

**BİLKENT ÜNİVERSİTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**



**ENDÜSTRİ PROJELERİ
2006**

Derleyenler

Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu

Yrd. Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara

Yayın Kurulu:

- Prof. Dr. Selim Aktürk (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Osman Alp (Bilkent Üniversitesi)
- Prof. Dr. Erdal Erel (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara (Bilkent Üniversitesi)
- Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu (Bilkent Üniversitesi)
- Bülent Sönmez (Danışman)
- Yrd. Doç. Dr. Haldun Süral (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Mehmet R. Taner (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal (Bilkent Üniversitesi)

Düzenleme Kurulu:

- Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Bahar Y. Kara (Bilkent Üniversitesi)
- Sibel Alumur (Bilkent Üniversitesi)
- İpek Keleş (Bilkent Üniversitesi)
- Mehmet Mustafa Tanrıkulu (Bilkent Üniversitesi)

ISBN: 975-6090-11-1

BASKI: A4 Ofset Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti. Mayıs 2006

İÇİNDEKİLER

Önsöz -----	i
Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanından-----	ii
Firmalardan -----	iv
Bulaşık makinası montaj hattı tasarımı Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası -----	1
Bayilerde tedarikçi yönetimli stok sistemi geliştirilmesi Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. -----	13
Çapraz yüklemeye dayalı bir ürün dağıtım sisteminin geliştirilmesi Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. -----	31
Envanter yönetimi ve stok optimizasyonu Cognis Kimya A.Ş. -----	49
Dağıtım lojistiği maliyetlerinin optimizasyonu Doğadan Gıda Ürünleri Sanayi ve Pazarlama A.Ş. -----	66
Ürün takip sistemi tasarımı Anadolu Efes Biracılık ve Malt San. A.Ş. Ankara Fabrikası-----	85
Talep tahmini ve tahmin bilgileri akış sisteminin tasarımı Eti Şirketler Grubu -----	107
Dağıtım ağı performans değerlendirme sistemi geliştirilmesi Eti Şirketler Grubu -----	123
Taşıyıcı takip sisteminin tasarımı Man Türkiye A.Ş. -----	138
Detay parça atölyesi için çizelgeleme çözümleri Tusaş Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. -----	154
Hücrel üretimle teslimat sürelerinin kısaltılması Tepe Mobilya Tic. A.Ş. -----	171
Ürünlerin rafta bulunabilirliğini arttırmak amaçlı sipariş takip sistemi tasarımı Unilever -----	192

Bugüne kadar bu programa katkıda bulunan şirketler:



2005-2006 döneminde bu programa katkıda bulunan kişiler:

Üniversitemizden,

Yrd. Doç. Dr. Levent Akdeniz (İşletme Bölümü)
Doç. Dr. Mustafa Akgül (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. Selim Aktürk (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Aslıhan Salih Altay (İşletme Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Osman Alp (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Emre Berk (İşletme Bölümü)
Prof. Dr. Erdal Erel (İşletme Bölümü)
Figen Eren (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. Nesim Erkip (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. Erhan Erkut (İşletme Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Murat Fadiloğlu (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Yavuz Günalay (İşletme Bölümü)
Prof. Dr. Ülkü Gürlü (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Doç. Dr. Oya Ekin Kardeş (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Doç. Dr. Osman Oğuz (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. Mustafa Ç. Pınar (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Doğan Serel (İşletme Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Alper Şen (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. Barbaros Tansel (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Emre Alper Yıldırım (Endüstri Mühendisliği Bölümü)

Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nden,

Yrd. Doç. Dr. Haldun Süral (Endüstri Mühendisliği Bölümü)

Sanayiden,

Güney Özaltan (Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası)
Serkan Tepe (Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası)
Tanzer Tunçalp (Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası)
Pınar Göçer (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Çetin Özataç (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Hakan Şentürk (Cognis Kimya A.Ş.)
Sabahnur Demirci (Doğadan Gıda Ürünleri Sanayi ve Pazarlama A.Ş.)
Cem Okur (Doğadan Gıda Ürünleri Sanayi ve Pazarlama A.Ş.)
Hamit Günaşan (Eczacıbaşı Artema)
Kemal Taşcıoğlu (Eczacıbaşı Artema)

Sedat Şahin (Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayii A.Ş. Ankara Fabrikası)
Etkin Binbaş1oğlu (Eti Şirketler Grubu.)
Engin Çölova (Eti Şirketler Grubu.)
Faruk Akpınar (Faf Vana A.Ş.)
Umut Çalışır (Faf Vana A.Ş.)
Cemil Demir (Man Türkiye A.Ş.)
Süleyman Koçak (Man Türkiye A.Ş.)
Ferhan Salman (Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası)
Ferah Aksüt (Procter & Gamble)
Gökhan Taşdemir (Procter & Gamble)
Bahadır Sanalan (Tusaş Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.)
Nejat Kutup (Knauf A.Ş.)
Songül Anıl (Tepe Mobilya Tic. A.Ş.)
Uğur Göksel (Unilever)
Bölent Sönmez (Yalın Enstitüsü danışmanı)

Teşekkür ederiz.

ÖNSÖZ

Bu kitap, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Üniversite-Sanayi İşbirliği Programı çerçevesinde 2005-2006 öğretim yılında gerçekleştirmiş olan sanayi projelerinin bazılarının özetlerini kapsamaktadır. Bu program, 1995 yılında sistem tasarımı derslerinin (bitirme projelerinin) sanayi projelerine dönüştürülmesi ile başlatılmıştır. Aradan geçen süre içinde çok sayıda farklı şirketle toplamda 148 proje gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda birlikte çalışılan şirketler arasında ARAS KARGO, ARÇELİK, ASELSAN, BİLKENT, COCA COLA, DOĞADAN, ECZACIBAŞI, EFES, EMEK ELEKTRİK, ERKUNT, ETİ, FAF, FRİTOLAY, FNSS, GATE, GIPTA, KNAUF, MAN, METEKSAN, MERKEZ BANKASI, MİLLİ PRODUKTİVİTE MERKEZİ, ONKOLOJİ HASTANESİ, ODESA, ORS, P&G, REAL, ROKETSAN, TAI, TEPE MOBİLYA, TÜRK SAT, TÜRK TRAKTÖR, UNILEVER, YURT İÇİ KARGO, YÜKSEK İHTİSAS HASTANESİ sayılabilir.

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

2002-2003 öğretim yılında yapılan projeleri sanayimizin seçkin kuruluşları ile paylaşmak, çeşitli sektörlerden gelen farklı firmaların birbirleriyle ve üniversite ile olan etkileşimini artırmak amacı ile Bilkent Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması'nı başlattık. Bu paylaşımı daha kalıcı ve yaygın kılmak için de "Endüstri Projeleri" kitabı serisini hazırlamış bulunmaktayız. Bu kitapta 2005-2006 öğretim yılında yapılan projelerden seçilenler, gizlilik ilkesine bağlı kalınarak özet halinde sunulmaktadır.

Kitaba girecek olan projelerin seçim aşamasında desteklerini esirgemeyen meslektaşlarımız Prof. Dr. Selim Aktürk, Yrd. Doç. Dr. Osman Alp, Prof. Dr. Erdal Erel, Yrd. Doç. Dr. Haldun Süral, Yrd. Doç. Dr. Mehmet R. Taner, Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal ve Bülent Sönmez 'e ve Sanayimizden Mustafa Atilla (Cyberpark), Mehmet Şakir Güvendi (McKinsey), Aydemir Özbek (Eczacıbaşı) ve Hakan Özcan'a (MAN) teşekkür ederiz. Ayrıca bu kitap projesine sağlamış olduğu destek ve katkılarından dolayı Rektörümüz Sn. Prof. Dr. Ali Doğramacı'ya çok teşekkür ederiz.

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

Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü 1995 yılında Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) adlı bağımsız kuruluş tarafından değerlendirildi ve akredite eşdeğerliliği aldı. Türkiye'de akredite eşdeğerliği alan ilk endüstri mühendisliği bölümü olması itibariyle bir ilke imza attı.

Akreditasyon sürecini üstün başarıyla sonuçlandırmanın kazandırdığı ivme ile, Endüstri Mühendisliği Bölümü aynı yıl **Üniversite-Endüstri İşbirliği** adı altında yeni bir program başlattı. Programın ana hedefi son sınıf öğrencilerine kapsamlı ve derinlikli bir mesleki deneyim kazandırmaktı. Programın başarısı için daha önce öğrenilmiş mesleki bilgilerin gerçek hayattan gelen ve önemli zorluklar içeren problemler üzerinde hayata geçirilmesi gerekiyordu. Aranılan niteliklere sahip problemleri tespit etmek üzere, Bölüm'den seçilmiş öğretim üyeleri seçkin endüstriyel kuruluşlarla görüşmeye başladı ve bu görüşmeleri her yıl giderek artan yoğunlukta sürdürdü. Bu görüşmelerde amaçlanan, o firmanın gündemine girmiş olan ve çözüm bekleyen gerçek problemlerin firma yetkililerince tespit edilmesini sağlamak ve öğrencilerden oluşmuş 4-6 kişilik proje takımlarına proje olarak verilerek çözümlenmesini sağlamaktı. Verilen problemin tam olarak anlaşılabilmesi, tanımlanabilmesi ve analizinin yapılabilmesi için öğrencilerin birçok kere firmaya giderek yerinde inceleme yapmaları gerekiyordu. Bu ziyaretlerde firma tarafından belirlenen yetkili bir kişi, yerinde gözlem ve saha çalışmalarının yapılmasında veya gerekli personel ile görüşmelerin yapılmasında öğrencilere yardımcı oluyordu. Kasım-Mayıs dönemini kapsayan çalışmalar sırasında öğrenci ekipleri, bir akademik danışman öğretim üyesinin de yol gösterimiyle, firmadan ve bağlantılı literatürden elde ettikleri bulguları değerlendirebilecekler, özgün ve nitelikli çözümler üreterek mesleki deneyimlerini önemli düzeyde arttırabileceklerdi. 1995'ten bu yana onbir yıldır başarıyla sürdürülen bu program düşünülen hedefleri önemli ölçüde tutturdu.

Her yıl ele alınan projelerin başarısı, ekipte yeralan öğrencilerin çalışma disiplini ve özverisine bağlı olduğu kadar, ele alınan problemin karmaşıklığından, firma yetkililerinin ve akademik danışmanın yönlendirmelerinden de belirli ölçülerde etkilenebilmektedir. Bazen akademik yönden çok da güçlü olmadığı söylenebilecek proje ekipleri, doğru yönlendirme ve tutkulu bir çalışma sonucu nitelikli projeler ve çözümler üretebiliyorken, daha başarılı olabileceği düşünülen bazı ekiplerin kendilerinden beklenenleri tam olarak veremedikleri gözlemlenebilmektedir.

Bu yıl üçüncüsü düzenlenen Bilkent Endüstri Mühendisliği Proje Yarışması ve Fuarı'nda bütün bir yılı özveri ile projeleri üzerinde çalışarak geçirmiş öğrencilerimizi kutlamak, seçkin nitelikleriyle ön plana çıkan projeleri ödüllendirmek, ayırdıkları zaman ve emek ile programın hedeflerine ulaşmasında büyük katkıları olan firma yetkililerine teşekkür etmek üzere bir araya gelmiş bulunuyoruz. Bir yıl boyunca koştururan, yoğun ve özverili çalışmalarıyla programın hedeflerine uygun şekilde yürümesinde büyük çabalar ortaya koyan programın koordinatörleri Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu ve Yrd. Doçent Dr. Bahar Yetiş Kara hocalarımıza ve asistanlarına da ayrıca teşekkür ediyorum.

Elinizde tuttuğunuz bu kitapçık, üniversite-endüstri işbirliği çerçevesinde yeniden şekillendirdiğimiz IE 477-478 Üretim Sistemleri Tasarımı dersimizde ortaya çıkan yoğun emek ve çabaların son ürünü. Bizler bu projelerin öğrencilerimize çok zengin deneyim kazandırdığını biliyoruz. Önümüzdeki yıl da üniversite-endüstri işbirliğimizin daha da ilerlemiş olarak devamını bütün kalbimle diliyorum.

Saygılarımla,

Barbaros Tansel
Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı

COCA-COLA Satış ve Dağıtım A.Ş. Doğu Bölgesi Genel Satış Müdürü'nden

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan “Bayilerde tedarikçi yönetimli stok sistemi geliştirilmesi” ve “Çapraz yüklemeye dayalı bir ürün dağıtım sisteminin geliştirilmesi” projelerinin, şirketimiz Doğu Bölgesi’nde uygulanmakta olan sistemlerin iyileştirilmesine yönelik atılan adımlara olumlu katkıları olmuştur.

Bayilerde tedarikçi yönetimli stok sistemi geliştirilmesi projesi ile uygulanmakta olan stok yönetimi sisteminin geliştirilerek bayi stoklarının optimizasyonu konusunda önemli adımlar atılmıştır. Bayi stok yönetiminde, yok satmak ile fazla stok bulundurarak envanter maliyetine katlanmak arasındaki optimum değenin kurulması ve bu seviyelerin sürekliliğinin sağlanmasına yönelik geliştirilen yazılımlar sistemimize dikkate değer iyileşmeler sağlayacak niteliktedir.

Çapraz yüklemeye dayalı bir ürün dağıtım sisteminin geliştirilmesi projesi ile Doğu Bölgesinde halen uygulanan taşıma sistemi sorgulanmış ve alternatifler değerlendirilmiştir. Toplam maliyetler içerisinde önemli bir miktarın taşıma maliyetlerinden kaynaklandığı düşünüldüğünde proje ile ortaya konulan alternatif çözüm önerileri, şirketimizin taşıma sistemi ile ilgili alacağı stratejik kararlara ışık tutacak nitelikte sonuçlar ortaya çıkarmıştır.

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

Doğu Bölgesi sistemlerinin iyileştirilmesine yönelik bu başarılı projelerden ötürü Bölümünüze ve öğrencilerinize teşekkürlerimizi sunarız.

Doğu Bölgesi Genel Satış Müdürü
Çetin ÖZATAÇ

DOĞADAN A.Ş. Genel Koordinatör'ünden

Türkiye'nin zengin florasında yetişen yararlı bitkileri lezzetli çaylara dönüştürmek amacıyla 1976 yılında bitki çayı üretimine başlayan Doğadan, 1998 yılında İsviçreli MKT Holding ile yaptığı ortaklık ile büyümesini ivmelendirerek bugün Türkiye bitki meyve çayı pazarının lideri konumundadır. Sürekli kendini yenileyen ve geliştiren organizasyon yapısı içerisinde Doğadan, üniversite ve sanayi arasındaki bilgi ve teknoloji transferini bir fırsat olarak değerlendirmeye devam etmekte ve geçen sene başarıyla biten ilk projenin ardından ikinci proje olarak Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri ile "Dağıtım Lojistiği Maliyetlerinin Optimizasyonu" projesini gerçekleştirmiştir.

Kuruluşumuz ve proje ekibi tarafından gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda Doğadan'ın bilimsel destek ihtiyacı hissettiği lojistik maliyetleri konusunda, tasarım çalışmaları devam eden ERP projesi ile entegre olabilecek yapıda sonuçlara ulaşılmıştır. Proje sonucu olarak lojistik maliyetlerimizin optimum seviyede olabilmesi için gerekli satın alma ve dağıtım stratejilerinin oluşturulması ve esnek yapının korunması sağlanabilmektedir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ile yapılan çalışmalarda desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu, Yrd. Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara hocalarımıza ve proje süresince desteklerini esirgemeyen akademik danışmanımız Sayın Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan'a teşekkürlerimizi sunarız.

Sekiz aylık çalışma döneminde proje ekibini gösterdikleri performanstan dolayı kutlar, katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Yeni atılacakları çalışma hayatında başarılar dileriz.

Serhan Bahçelioğlu
Genel Koordinatör

ETİ Şirketler Grubu Başkan Yardımcılığı (Planlama)’ndan

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan “Talep Tahmini ve Tahmin Bilgileri Akış Sisteminin Tasarımı” projesi başarı ile tamamlanmıştır.

Proje, detaylı bir veri analizi sonucunda önemli oranda “ürün talepleri”ni sayısal olarak açıklamayı başarmıştır. Aynı zamanda, niteliksel talep tahmin iş sürecinin tasarımı ve nihai talep tahminlerinin hedefler haline getirilmesi ile ilgili tasarım da projede ortaya konmuştur. Bu sistemin üzerinde işletileceği bir bilgi sistemi önerisi hazırlanmış ve örnek bir çalışma yapılmıştır.

ETİ Şirketler Grubunun Talep Tahmin Sistemi ile ilgili çalışmalarına temel teşkil edecek bu çalışmadan dolayı öğrencileri kutlar, bölüme ve akademik danışmanlara teşekkür ederim.

Etkin Binbaşioğlu
Grup Başkan Yardımcısı (Planlama)

ETİ Şirketler Grubu Başkan Yardımcılığı (Planlama)’ndan

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan “Dağıtım Ağı Performans Değerlendirme Sistemi Geliştirilmesi” projesi başarı ile tamamlanmıştır.

Proje, “Distribütörlük Sistemi” performans ölçütlerini ölçülebilir, nesnel bir şekilde ortaya koymuş ve performans değerlendirmesi için analitik bir metod önermiştir.

Birçok ölçütü içeren bu sistemin yönetilebilirliğine ise bir karar destek sistemi tasarımı ile katkıda bulunulmuştur. Karar destek sistemi, “izleme, seneryo analizi ve neden sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesi”ne imkan vermektedir.

ETİ Şirketler Grubunun Distribütörlük Sistemi Performans Değerlendirmesi ile ilgili çalışmalarına temel teşkil edecek bu çalışmadan dolayı öğrencileri kutlar, bölüme ve akademik danışmanlara teşekkür ederim.

Etkin Binbaşoğlu
Grup Başkan Yardımcısı (Planlama)

MAN Türkiye A.Ş. Lojistik Ambar Müdürlüğü'nden

MAN Türkiye A.Ş. ve Bilkent Üniversitesi işbirliğiyle yürüttüğümüz projelerimiz yıllardır başarıyla sürdürülmektedir. Geçtiğimiz sekiz ay boyunca üzerinde çalıştığımız “Taşıyıcı Takip Sistemi” projesi 2006 mayıs ayı itibariyle başarıyla tamamlanmıştır.

Projemizin çıkış kaynağı, MAN Türkiye A.Ş. yöneticilerinin uzun süredir üzerinde fikir yürüttüğü ve çözüm aradığı taşıyıcıların kontrol altına alınması gereğidir. Her ay fabrikamıza 18000 pozisyon malzeme farklı tiplerde taşıyıcılarla gelmektedir. Bu nedenle taşıyıcıların takip edilmesi fabrikamız için büyük önem arz etmektedir. Fabrikamıza en çok fayda getirecek taşıyıcı takip sisteminin tasarlanması ve uygulamaya geçirilmesi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Projemiz kapsamında, fabrikada kullanılmakta olan taşıyıcı tipleri belirlenmiş, sayımı yaptırılmış ve bütün taşıyıcı tiplerinin özelliklerini içeren bir veritabanı oluşturulmuştur. Yapılan çalışma MAN Türkiye A.Ş.'de kullanmakta olduğumuz ERP sistemi BAAN'la bütünleştirilmiş, böylelikle projenin sistemsel ayağı da tamamlanarak aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Projenin alt dalları olarak taşıyıcıların fabrika içerisindeki fiziksel akışında ve boş taşıyıcı alanlarının yerleşiminde düzenlemeler yapılmıştır. Ayrıca, proje esnasında yeni bir boş taşıyıcı alanı oluşturulması gerekli görülmüş ve belirlenen bu alanın yerleşim planı da yapıp kullanıma alınmıştır.

Taşıyıcıları takip eden bir sistem oluşturulması firmamıza katkı sağlamış ve taşıyıcı kayıplarından kaynaklanan ek maliyet ortadan kaldırılmıştır. Öğrencilerimiz de teorik bilgilerini ve analitik düşünme yeteneklerini gerçek bir problemin çözümünde kullanarak gelecekteki iş hayatları için önemli tecrübeler edindiler. Öğrenci arkadaşlarıma özverili ve profesyonel çalışmalarından dolayı teşekkür ediyor ve başarılı birer kariyer diliyorum. Ayrıca, şirketimizde böyle bir çalışmanın yapılmasını sağlayan ve iş dünyasına değerli mühendisler kazandıran Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne katkılarından dolayı çok teşekkür ediyorum.

Cemil DEMİR
Lojistik Ambar Mühendisi

Şemsettin TURAN
Lojistik Ambar Yöneticisi

**TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayii Malzeme ve Üretim Planlama
Müdürü’nden**

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından fabrikamızda yapılan “Detay Parça İmalathanesinde Tezgah Çizelgelemesi” konulu proje çalışması, öğrencilerin özverili ve başarılı çalışmaları sayesinde, TAI’nin bugün ve ileride pek çok açıdan faydalanabileceği bir çalışma olmuştur.

TAI olarak, proje çalışmasını yapan öğrencilere ve kendilerine projenin etkinliğinin arttırılmasında destek olan ve rehberlik eden öğretim üyelerine teşekkürlerimizi sunarız.

Saygılarımızla,

Mustafa Erdal KAZANCI
Malzeme ve Üretim Planlama Müdürü

TEPE MOBİLYA Tic. A.Ş.’den

Tepe Mobilya, 1968 yılında kurulmuş, ülkemizin en eski ve en büyük mobilya üretim kapasitesine sahip şirketlerinden biridir. Avrupa Topluluğu'nun kabul ettiği tüm normlara uygun kalitesi ve ayrıntılardaki titizliği ile ürün yelpazesini sürekli olarak yenilemekte ve zenginleştirmektedir.

Tüm ürünlerimizde, E1 normunda malzeme ve Avrupa standartlarına uygun, insan sağlığına ve çevreye zarar vermeden en son teknoloji kullanılarak, her türlü ev ve ofis mobilyaları yüksek kalitede ve çağdaş standartlara uygun bir şekilde üretilmektedir. Bu ürünler hem Tepe Home mağazalarında, hem de Tepe Mobilya'nın Türkiye’de yaygın 100 adet bayiinde müşterilere sunulmaktadır.

Tepe Mobilya, mobilya sektöründe faaliyet gösteren ve sayıları her geçen gün artan firmalardan çok farklı bazı özelliklere sahiptir. Örneğin döşemeli ürünlerde, müşterinin tercih ettiği kumaş özel olarak müşterinin dilediği modele döşenmekte ve teslim edilmektedir.

Mağazalarımızda 100 den fazla koltuk çeşidi, 2000’e yakın kumaş ve 20 renk hakiki deri ile döşemeli ürünlerde müşterilerimizin her türlü ihtiyacına cevap verilmektedir.

Döşemeli ürünlerimizi tamamen tarz olarak destekleyen sehpa takımlarımız, yemek odalarımız ve dolap ünitelerimiz, doğal kaplamalı ve yonga levha üzeri melamin kaplamalı olarak 250’yi aşkın farklı ürünle mağazalarımızda satışa sunulmaktadır.

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

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

Ülkemizin gelişmesinde Üniversite-Sanayi işbirliğine inanmaktayız. Bilime ve eğitime destek için Bilkent Üniversitesi Vakfına her türlü desteğimiz, her aşamada devam etmektedir.

Bilgi ve enerjilerini bu projede kullanmaktan kaçınmayan, Bilkent Üniversitesi Endüstri Bölümü proje ekibine ve Öğretim görevlilerine teşekkür ederiz...

İşbirliğimizin gelecek yıllarda da devamını dileriz..

Tepe Mobilya Tic.A.Ş.

UNILEVER'den

Unilever olarak insanların hayattan daha fazla zevk almalarına, kendilerini iyi hissetmelerine, iyi görünmelerine, kendilerine daha fazla güvenmelerine, yaşamdan daha fazla keyif almalarına ciddi katkı sağlayan, bu konuda iyi bir yardımcılık görevi üstlenen markalarla; **günlük hijyen,beslenme, kişisel bakım ihtiyaçlarını** karşılamayı amaçlamaktayız.

Dünya çapında ciddi bir geçmişi olan Unilever yıllardır piyasanın ve tüketicilerin içinde ve yanında olması sebebi ile ciddi deneyimler edinmiş olup, bu deneyim ve geçmişten gelen eşsiz miras gelecekte büyümemizin temelidir.

Unilever Türkiye, Türkiye'nin önde gelen fmcg (hızlı tüketim ürünleri) firmalarından birisi olarak faaliyet göstermektedir. Gerçek yerli-çok uluslu bir şirket olarak; bilgi birikimimizi uluslar arası uzmanlığımızı türkiye tüketicisinin hizmetine sunmaktayız.

Universite-sanayi işbirliğine çok önem veren şirketimiz 2005 yılında başarı ile yapılan ve 2. lik kazanan ve aynı zaman da şirketimizde uygulanmaya başlanan “dist score card” projesinden sonra 2. Ortak çalışmamız olan “OSA” projesine de son derece önem vermektedir.

Türkiye’de yaklaşık 116.000 perakende nokta bulunmakta, biz bunların 65.000 ine direkt kalan kısma ise indirekt olarak hizmet vermekteyiz. Tüketicinin mamülleri talep ettiği her noktada stokoutsuz olarak bulunmak son derece önemli.

Bu proje ile satış noktalarında belirlediğimiz sku’ların tüketicinin talep ettiği her an raflarda bulunmasına ciddi bir katkı sağlayacağı kanısındayız. Ölçümlerlerin belli periyotlarda yapılması ve anında aksiyona geçilmesinin sağlanacağı sistemin kurulması son derece önemlidir.Projenin aynı zamanda Unilever’in şuan ki altyapsına hızlı bir şekilde entegre olabilmesi ve uygulanabilirliğinin çok yüksek olması daha fazla değer katmaktadır. En önemlisi hayata geçirilebilir olmasıdır.

Bilkent öğrencileri, şirketimiz, piyasadaki müşterilerimiz için son derece faydalı, sektöre katkı sağlayan bu projenin yaratıcıları olan Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’ne ve proje grubuna teşekkürlerimizi sunuyoruz. Projelerin devamı dileğiyle.

Ahmet Coşar
VP Customer Development

Halil Erkman
Customer Development Director, General Trade East

Bulaşık Makinesi Montaj Hattı Tasarımı Projesi

Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası

Proje Ekibi

Nazlı Altunbaşak
Mehmet Ayrancı
Sezin Güner
A. Burak Paç
Serdar Türkmen
V. Egemen Ulusan

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Güney Özaltan, Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası Üretim Yöneticisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. Erdal Erel, Bilkent Üniversitesi İşletme Fakültesi

ÖZET

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi'nde montaj hatlarındaki 450 farklı modelin küçük üretim öbekleriyle üretimi, kapasite kullanımında verimin düşmesine neden olmaktadır. Bu projenin amacı, mümkün olduğunca az sayıda istasyonla hattın dengelenmesi ve verimin artırılmasıdır. Bunun için Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesine özgü bir montaj hattı tasarımı geliştirilmiş ve tasarım Java ve C++ programlama dilleri kullanılarak bir yazılıma dönüştürülmüştür. Geliştirilen tasarımın bir pilot uygulaması yapılmış ve bu deneme sonucunda yaklaşık %12 verimlilik artışı sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Hat Dengelemesi, Karma Üretim.

1. Firma Tanıtımı

1.1 Firma Tanıtımı

Ankara Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası, 1992 yılından bu yana Sincan Organize Sanayi Bölgesinde bulaşık makinesi üretimini sürdürmektedir. 1993 yılında seri üretime geçen fabrika, Türkiye'nin iç piyasasına ve başta Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere 55 farklı ülkeye 450'dan fazla modeliyle bulaşık makinesi satışı yapmaktadır. Son on yılda çok hızlı bir gelişme gösteren Arçelik; tam boy, yarı ankastre ve tam ankastre bulaşık makineleri gibi farklı türleri içeren geniş bir yelpazede üretim yapabilecek duruma gelmiştir.

1.2 Sistem Tanıtımı

Ankara Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası, üretimini Montaj-1 ve Montaj-3 olmak üzere iki ana montaj hattında gerçekleştirmektedir. Montaj-1 hattında günlük iki vardiyada 1600 bulaşık makinesi üretilirken, bu rakam Montaj-3 hattında 2200 makineye kadar çıkabilmektedir. Montaj-1'de üretilen modellerin arasındaki varyasyonun fazla olması ve hat üzerinde müşteriye özel ürünlerin üretilmesi, bu hattın sık sık yeniden dengelenmesini gerektirmektedir. Değişen piyasa koşulları Arçelik'in üretim miktarlarında değişiklik yapmasını zorunlu kılmış, geçtiğimiz 9 ay içerisinde üç kez kapasite arttırımına gidilmiştir. Üretim kapasitesindeki böylesi artışların gelecek yıllarda da devam etmesi beklenmektedir. Arçelik'in hızla artan yurt içi ve yurt dışı taleplerine cevap verebilmesi için, montaj hattının artan üretim miktarlarına ve azalan çevrim zamanlarına göre yeniden dengelenmesi gerekmektedir.

2. Projenin Tanımı

Üzerinde çalıştığımız Montaj-1 hattı üzerinde, ayda yaklaşık 110 farklı model küçük öbekler ve sık değişimlerle üretilirken, daha yeni bir hat olan Montaj-3 hattında üretimin daha büyük öbeklerle yapılması, Montaj-1 hattının Montaj-3'e kıyasla daha düşük verimlilikte çalışmasına neden olmaktadır. Değerlendirmelere göre, Montaj-1 hattındaki iş gücü verimliliği 0,88 makine/adam-saat iken, bu değer Montaj-3 hattında 0,98 makine/adam-saat seviyesindedir. Montaj-1 hattında üretim kapasitesinin ve verimin düşük olmasının sebeplerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Bir hat üzerinde bir ayda 110 farklı modelin üretilmesinden kaynaklanan çizelgeleme zorlukları,
- Küçük öbeklerle yapılan üretim yüzünden çok sık model değiştirme ihtiyacı,
- Aynı istasyondaki montaj sürelerinin, farklı ürün modellerine göre büyük değişkenlikler göstermesi.

Projemizin amacı, Montaj-1 hattında hedeflenen üretim kapasitesi artışının, istasyonlardaki iş gücü kaybını en aza indiren bir hat

dengelemesi ile sağlanması ve verimliliğin Montaj-3 hattında gözlemlenen iş gücü verimlilik değerlerine yaklaştırılmasıdır.

3. Analiz

Üretim hattının, yıl içinde artan üretim temposuna, hatta üretilecek yeni ürünlerin ve bu ürünlere özgü yeni operasyonların eklenmesine bağlı olarak yeniden dengelenmesi gerekmektedir. Örneğin, 2005 yılı Ekim ayında 550 makine/vardiya üretim temposunda çalışan Montaj-1 hattı, üretim hedeflerinin yükselmesiyle Kasım'da 650 makine/vardiya, 2006 yılı Şubat ayında ise 800 makine/vardiya üretim temposunda çalışacak hale getirilmiştir. Mevcut durumda, hattın dengelenmesi montaj hattından sorumlu kişi tarafından manuel yapılmaktadır. Dengelemenin manuel yapılması uzun bir zaman almaktadır. Bu uygulama, çeşitli faktörleri göz önünde bulundurarak hattın dengelenmesini sağlamakla birlikte, montaj işlemlerinin istasyonlara atanması sırasında zaman boşluklarının ortaya çıkmasına ve gerekenin üzerinde bir sayıda istasyon kullanımıyla üretim yapılmasına neden olmaktadır. Bu sorunları çözmek için, projede, dengelemeyi bilgisayar ortamında daha hızlı ve daha verimli yapmayı sağlayan, istasyonlarda oluşan boş zamanı azaltırken üretim ortamını ve işlemlerin özelliklerini de dikkate alan bir tasarım yöntemi geliştirilmesine karar verilmiştir.

3.1. Problem Analizi

İncelemekte olduğumuz Montaj-1 hattının dengelenmesi problemi, "Karma üretim montaj hattı dengeleme" problemi olarak tanımlanabilir.

Montaj hattında çok farklı modeller üretilmektedir. Bir modelin montaj hattındaki üretimi sırasında, 150'den fazla montaj operasyonundan, üretilen model ile ilgili olanlar yapılmaktadır. Probleme uygun bir çözüm bulabilmek için, hattın aşağıda verilen özellikleri dikkate alınmıştır:

- Sabit İşlem Zamanları: Montaj hattının incelenen bölümünde yapılan işlerin tamamı elle yapılmaktadır. Elle yapılan bu işlemler için ayrılması gereken zamanlar, içerdikleri iş parçacıklarının yapılması için gereken standart zamanlara göre hesaplanmaktadır. Montajı yapan işçinin yorgunluğundan veya montaj işleminde görülebilecek bir hatadan kaynaklanabilecek gecikmeler için hesaplanan sürelerde gecikme payları bırakılmaktadır. İşler tahsis edilen zamanlarda yapıldığı için bu sürelerin aşılması nadir rastlanan bir durumdur. İşler önceden belirlenen zamanlar içinde yapıldığı ve işçiler için belirlenen zaman aşılmadan kullandığı için, montaj işlem zamanlarının sabit olarak değerlendirilmesi uygun bulunmuştur. Bu özelliğiyle, Montaj-1 hattı, deterministik işlem zamanlarına sahip bir montaj hattı olarak ele alınmıştır.
- Hattaki üretim istasyonları arasında yarı mamüllerin biriktirebileceği ara stok alanları yoktur. Fakat dengelemenin

yapıldığı 39 istasyondan yalnızca 26 istasyon üretimde kullanıldığı için, kullanılan iki istasyon arasındaki boş istasyonlarda yarı mamül tutulabilmektedir. Öte yandan, ara stok tutulmaması, boş bırakılan 13 istasyon herhangi bir şekilde doldurulduğunda, hattın belli bölümlerinde üretimin durmasına neden olmaktadır.

- Eşzamansız Üretim: Montaj hattındaki istasyonlarda birbirinden bağımsız olarak işlemlere başlandığı gözlemlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, eşzamanlı üretimin yapıldığı hatlarda olduğu gibi her istasyonda aynı anda başlayıp aynı anda biten bir üretim görülmemektedir.
- Model değişimleri arasında kurulum zamanı yoktur.
- Operasyonların bir kısmı sabit bir istasyonda yapılmak zorundadır. Bunun sebebi ise operasyonun yapılabilmesi için gerekli olan aparat, piston ya da taşıyıcı sistemin belli bir istasyonda kurulu olmasıdır.
- Bir takım operasyonların aynı istasyonda bir arada yapılmaması gerekmektedir. Örneğin, bir operasyon ürünün ön tarafında yapılırken diğer bir operasyon ise arka tarafında yapılmak zorunda olabilir. Her istasyonda tek bir işçi bulunduğu için, bu tip işlerin aynı istasyona atanmaması gerekmektedir.
- Bir takım operasyonların aynı istasyonda ardarda yapılması gerekmektedir.

Bu özelliklere sahip bir montaj hattının dengelemesinin yapılması için montaj hattı, operasyonlar ve modellerle ilgili çeşitli verilere ihtiyaç duyulmuştur. Örneğin, operasyonların sabit oluşu ve aynı istasyonda bulunup bulunmaması gerektiği ile ilgili bilgilerin yanı sıra, operasyonların öncelik ilişkisini veren çizelgeye de ihtiyaç duyulmuştur. Fabrikada montaj hattından sorumlu kişinin oluşturduğu öncelik çizelgelerine göre, Montaj-1 hattı 4 ana bölüme ayrılabilir. Bir bölümdeki işlemlerin tamamı yapıldıktan sonra diğer bölüme geçilebilmektedir. İşlemler öncelik ilişkisine göre yapılacak şekilde istasyonlara yerleştirilirken, üretimde birbirinden ayıramayacak ve aynı istasyonda birlikte yapılması gereken işler, operasyon grupları halinde toplanmıştır. Bu gruplar dengelemede tek bir işlem gibi değerlendirilebilir ve hepsi aynı istasyona atanır.

İşlemler arasında, göz önünde bulundurulması gereken bir başka ilişki ise, bazı işlemlerin birbirine yakın istasyonlarda yapılması zorunluluğudur. İki işlem, ardışık istasyonlara ya da aralarına en fazla bir istasyon girecek şekilde atanmak zorunda olabilir. Örneğin, conta baskı sacına ve kapı sızdırmazlık contasına sabunlu su sürme operasyonu bu iki parçanın birleştirilmesinin hemen öncesinde yapılmak zorundadır. Eğer birleştirme işlemi sabun sürülmesi işleminin yapıldığı istasyonda ya da bir sonraki istasyonda yapılmıyorsa, sabun kuruyacaktır. Bu nedenle birleştirme işleminin sabunlamadan en geç bir

istasyon sonra yapılıyor olması sağlanmalıdır. Önerilen montaj hattı tasarımı, bu ilişkiler göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir.

Montaj hattı tasarımı için kullanılması gereken öncelik çizelgesinin düzenlenmesinde, modellere özgü işlemlerin öncelik ilişkilerini veren model öncelik çizelgeleri dikkate alınmıştır. Bu çizelgeler kullanılarak tüm modellerin işlemlerini içeren bir çizelge oluşturulurken, her model için geçerli olan öncelik ilişkileri de korunmuştur.

Tasarım için geliştirilen dengeleme algoritması, operasyonların sabitliği, bazı operasyonların birbirini takip etmesinin gerekliliği ve beraber yapılamayacak operasyonların farklı istasyonlarda tutulmasının zorunluluğu gibi kısıtları dikkate alarak mümkün olan en yüksek verime ulaşmayı hedeflemektedir.

3.2. Literatür Tarama

Montaj hattı dengeleme problemleri, montaj hattının amaçlanan işlevlerine göre farklı şekillerde incelenir. Birinci tip problemlerde, hattın sabit ve bilinen bir çevrim zamanıyla çalıştığı varsayılır ve bunu sağlayacak en düşük sayıda istasyonla bir hat dengelemesi hedeflenir. Hattın içerdiği istasyon sayısının sabit olduğu ikinci tip problemlerde, hat dengelemesi en kısa çevrim süresine ulaşılması amaçlanarak yapılır. Üçüncü tip problemlerde ise, istasyon sayısı ve çevrim zamanlarının çarpımı en düşük olacak şekilde, bu iki karar değişkeni birlikte ayarlanır (Becker ve Scholl, 2006). Ele aldığımız Montaj-1 hattı belirli bir çalışma temposuna sahip olduğu için, çevrim zamanı sabit ve verili kabul edilmiştir. Bu nedenle, Montaj-1 hattında ele aldığımız problem birinci tip bir problemdir. Projede, en yüksek verimliliği en az işçi sayısı ile sağlamak için, en düşük istasyon sayısı ile hat dengelemesinin yapılması hedeflenmiştir. Literatürdeki hat dengeleme problemleri taranmış, karma üretim hat dengeleme problemini ele alan çeşitli çözüm yöntemleri değerlendirilmiştir. Birden fazla modeli çeşitli biçimlerde bir araya getirerek dengeleme sağlayan geliştirdiğimiz çözüm yöntemi, diğer bir deyişle Bloklamalı Bileşik Ürün Modeli yöntemi, Yöntembilim bölümünde ayrıntılarıyla anlatılmaktadır.

Çoklu ürün grubunun, bileşik yapay bir ürün altında bir araya toplanmasından sonra, bu bileşik ürünün hat dengelemesinin yapılması gerekmektedir. Algoritmamızı geliştirirken, hat dengeleme literatüründeki buna paralel yaklaşımlar incelenmiştir ve çalışmamızda bunlardan faydalanılmıştır. Özellikle, literatürdeki mevcut algoritmaları inceleyen, belli başlı özelliklerine göre karşılaştıran ve başarılarını değerlendiren makaleler göz önünde bulundurulmuştur (Scholl ve Becker, 2006). Sonuç olarak, istasyon çevrim sürelerini sabit tutarken kullanılan istasyon sayısını en aza indirmeyi amaçlayan problemimiz için, incelenen makalelerdeki yöntemlerden esinlenen, ama hattın

kendine özgü özelliklerinden ötürü, bunlardan farklı ve yeni bir yöntem geliştirilmiştir.

4. Yöntembilim

Mevcut dengelemede üretilen toplam 110 model, operasyon benzerlikleri dikkate alındığında 14 ana model altında incelenmiştir. Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesinde kullanılan mevcut yöntemde bu 14 model arasından tüm ürünleri temsil eden bir model seçilerek bu modele göre bir hat dengelemesi yapılmaktadır. Modelin seçilme nedeni, çok sayıda model için ortak olan operasyonları içermesidir. Böylelikle, karma üretim hat dengeleme problemi, tekli model üretim hat dengeleme problemine indirgenmiş ve problemin çözümü kolaylaşmıştır. Fakat bütün modeller dikkate alınmadığı için, seçilen model dışındakilerin üretimi yapılırken verim kayıpları görülmektedir. Seçilen modelde bulunmayan fakat diğer modellerde bulunan operasyonların hat dengelemesine eklenmesiyle çevrim süresinin aşılması ve bazı modeller için çok fazla istasyon boş zamanının ortaya çıkması görülen verim kayıplarının nedenleridir.

Hem problemi tekli model üretim hat dengelemesine indirip analizini kolaylaştırmak hem de 14 modelin tüm operasyonlarını göz önünde bulundurmak için bileşik ürün modeli önerilmiştir. Burada, elimizdeki 14 farklı modele ait operasyonların öncelik çizelgeleri dikkate alınarak, bütün operasyonları içeren hayali bir model elde edilmiştir. Bu model, tüm operasyonları içeren hayali bileşik model göz önüne alındığında istasyonlarda verimliliği arttırırken (kaybolan zamanları azaltırken), uygulamaya geçildiğinde model farklılıklarından dolayı değişen istasyon zamanları nedeniyle, kaybolan zamanların ortaya çıktığı görülür.

Model değişiklikleri nedeniyle kaybolan zamanları azaltmak için, bileşik ürün modelinde yer alan tüm operasyonlar içindeki alternatif operasyonlar birleştirilip bloklamalı bileşik ürün modeli elde edilmiştir. Eğer herhangi iki operasyon, modellerin hiç birinde beraber görülüyorsa ve öncelik çizelgelerinde model değişikliklerine göre birbirlerinin yerine yazılabiliyorsa, bu operasyonlara alternatif operasyonlar denir. Her modelde böyle iki operasyondan en fazla biri bulunur. Bu operasyonlar birbirleriyle yer değiştirebildiğinden, bu yöntemle dengeleme yapılırken alternatif operasyonlar tek bir operasyon gibi düşünülerek aynı istasyona atanır ve operasyon süresi olarak da zamanı büyük olan operasyon kullanılır. Bu sayede, iki operasyonun ataması ayrı ayrı yapıldığında istasyonlarda her modelde görülmesi kesinleşen boş zamanlar engellenmiş veya azaltılmış olur. Bu nedenle, alternatif operasyonların iki operasyonun sürelerinin maksimumu göz önüne alınarak birlikte atanması, kaybolan zamanları azaltıp istasyonların değişik modellere göre kullanım yüzdelelerini

yükseltmiştir ve verimliliği arttırmıştır. Bloklamalı bileşik modelin mevcut dengelemeye ve bileşik ürün modeline göre verimliliği artırdığı ektteki grafiklerde görölmektedir (Bkz. Ek 1).

Hiçbir modelde bir arada bulunmayan ve her üründe değişimli olarak bulunan operasyonların yanı sıra, sadece bir ürüne özgü bir takım operasyonlar da vardır. Bu operasyonların atandığı istasyonlarda, bunları gerektirmeyen modeller üretilirken boş zamanlar ve verim kayıpları ortaya çıkmaktadır. Mevcut durumda fabrikada elle yapılan dengelemelerde de gözlemlendiği gibi, bu türlü ek işleri standart işlerden ayrı istasyonlara toplayarak, bunları içermeyen modeller üretildiğinde istasyonu tamamen boş bırakmak mümkündür. Bu şekilde boş istasyonda çalışan işçinin başka bir alanda çalışmaya kazanılması mümkün olur ve toplam işlem zamanı az olan ürünlere daha az işçilik ayrılarak daha yüksek bir verim sağlanır. Modellerde bulunan ek işlerin bir istasyonda toplanması mümkün olduğunda atamanın bunu sağlayacak şekilde yapılması, işçinin boşa geçidiği zamanı azaltarak genel verimliliği arttıracaktır.

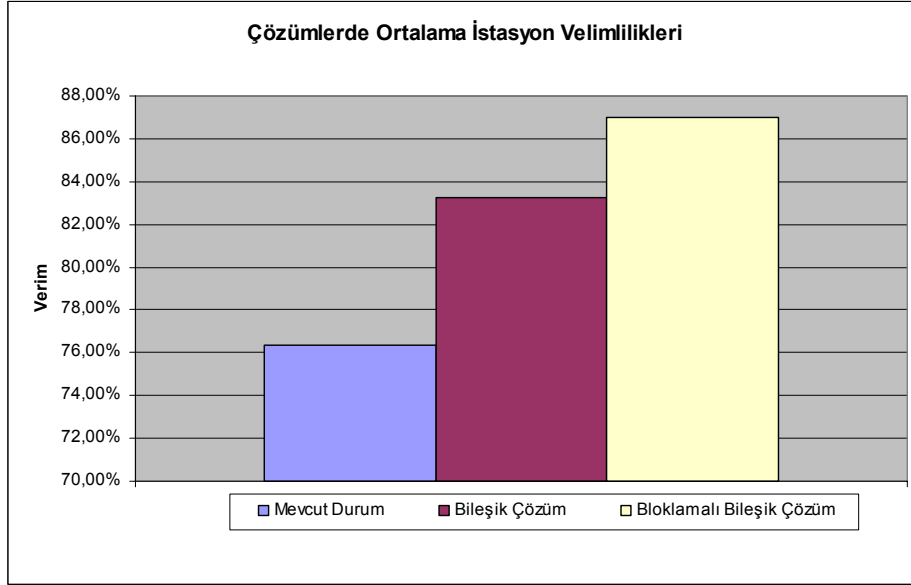
Sonuç olarak, ek operasyonları dikkate alması ile birlikte birden fazla operasyonu birleştiren bloklamalı bileşik ürün modelinin kullanılması ve hat tasarımının belirlenmesine yardımcı olacak programın bu yöntem üzerinden çalıştırılması kararlaştırılmıştır.

5. Uygulama ve Sonuçlar

Önerilen yöntemle elde edilen hat dengelemeleri, fabrikada mevcut teknikle yapılan dengelemelerle karşılaştırıldığında, önerilen hat tasarımının verimliliği arttırıcı nitelikte olduğu görölmüştür. Geliştirilen yöntemle bulunan sonuçlar, firmada hat dengelemelerini yapan kişiyle birlikte incelenerek uygulanabilirliği değerlendirilmiş, fabrikada kullanılabilir hale gelmesi için gerekli eklemeler ve değişiklikler yapılmıştır. Uygulanabilir hale gelen çözüm yönteminin kodlandığı program, fabrikada kullanılan bilgisayarlara yüklenerek hat dengelemesinden sorumlu kişi tarafından kullanılması planlanmaktadır.

5.1. Yöntemin Mevcut Çözümle Karşılaştırılması

Geliştirilen çözüm yönteminin kodlandığı yazılım ile bulunan sonuçlar, fabrikadaki mevcut hat dengelemesiyle karşılaştırıldığında, önerilen Bloklamalı Bileşik Çözüm yönteminin, istasyonlarda oluşan zaman boşluklarını azaltarak genel verimde %12 düzeyinde bir artış sağladığı gözlenmiştir (Bkz. Şekil 1).



Şekil 1. Mevcut ve Önerilen Çözümlerin Verim Karşılaştırması

5.2. Kodlama

Geliştirilen hat dengeleme tasarımının kullandığı çözüm yöntemleri, Java programlama diliyle kodlanarak çalıştırılmıştır. Kod, kapalı sıralama (implicit enumeration) yöntemi kullanılarak yazılmış olup, dengeleme için en iyi sonucu vermektedir. Ayrıca, Java dilinde yazılan kod, fabrikada bilgisayarlara yüklenmeyi kolaylaştırmak için C++ diline çevrilmiştir. Elimizde bulunan operasyon grupları, zamanları ve öncelikleri hakkındaki verileri inceleyerek, hat dengelemesini yapan algoritmanın girdilerini hazırlayan programımız, ortaya çıkan çözümü ve verimlilik değerlerini MS Excel tabloları ve geliştirdiğimiz arayüz yoluyla raporlamaktadır. Çözümlerin karşılaştırılması için ekte bulunan grafik (Bkz. Ek 1), bu raporlar kullanılarak oluşturulmuştur, bunun yanında, geliştirdiğimiz grafiksel arayüz sonuçların daha kolay anlaşılır bir biçimde sunulmasını sağlamaktadır (Bkz. Şekil 2).

6. Genel Değerlendirme

2006 yılı Şubat ayında 800 makine seviyesine çıkarılan vardiya temposu için, elle yapılan dengelemeye göre daha yüksek verim sağlayan çözüm yöntemimiz, bundan sonraki tempo ve ürün değişikliklerinde kullanılmak üzere fabrikadaki bilgisayarlara yüklenme aşamasındadır.

Proje, hedeflenen hızlı ve verimli bir dengeleme yazılımının geliştirilmesiyle şirket ihtiyacına cevap vermiş durumdadır. Geliştirilen yazılımın şirkete olan katkısı iki başlık altında incelenebilir:

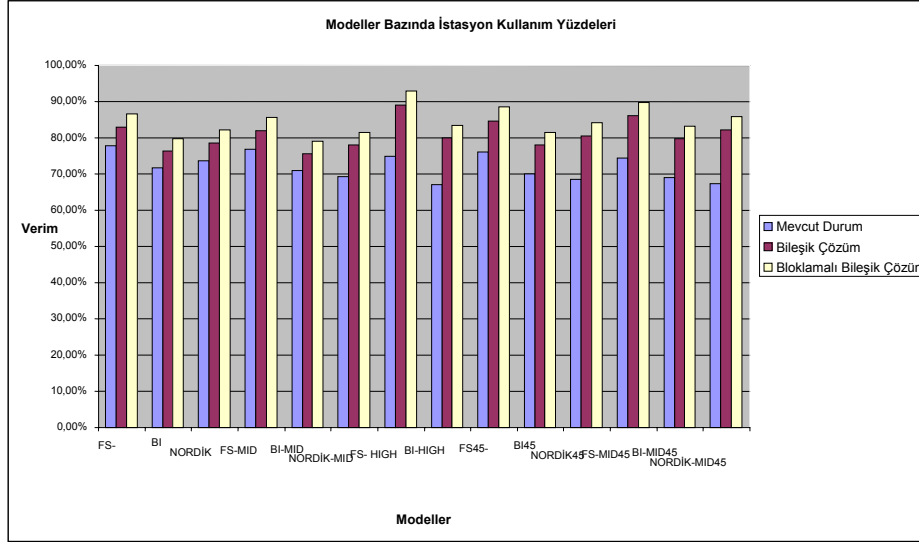
- Verimlilikteki Artış: Geliştirilen çözüm yöntemi ile elde edilen hat dengelemesinin, mevcut dengeleme ile karşılaştırılmasından görüldüğü gibi, %10'un üzerinde bir verim artışı sağlanmıştır. Bu, uygulamanın yapıldığı ilk bölümde istasyon sayısının 26'dan 23'e düşürülerek hattın ilk bölümündeki işçi sayısında 3 kişilik bir azalma sağlamıştır. Bu, yılda 14.000 adam-saatlik iş tasarrufu sağlayan bir iyileştirme'dir. Hattın ilk bölümünde önerilen bu geliştirme, hattın bütününe yayıldığı takdirde daha büyük bir verim artışı sağlayacaktır.
- Kararlara Daha Hızlı Tepki: Mevcut durumda elle yapılan dengeleme, istasyonlarda daha fazla zaman kaybına neden olmanın yanısıra, uzun zaman gerektirmektedir. Hat dengelemesinin yeni tempolara uydurulması için gereken çalışma bir-iki hafta almaktadır. Bu da verilen tempo artışı kararının uygulanmasını geciktirmektedir. Geliştirilen yazılımla, verilen tempo değişim kararlarına, günlük bir değişim söz konusu olduğu durumlar da dahil olmak üzere, zaman geçirmeden gereken dengelemeyi çıkarmak mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

- Becker, C. ve Scholl, A. (2006), “A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing”, *European Journal of Operational Research*, sayı 168, s. 694-715.
- Scholl, A. ve Becker, C. (2006), “State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing”, *European Journal of Operational Research*, sayı 168, s. 666-693.
- Scholl, A. ve Klein, R. (1999), “Balancing assembly lines effectively - A computational comparison”, *European Journal of Operational Research*, sayı 114, s. 50-58.
- Scholl, A. ve Klein, R. (1997), “SALOME: A bidirectional branch and bound procedure for assembly line balancing”, *INFORMS Journal on Computing*, cilt 9, s. 319-334.
- <http://www.wiwi.uni-jena.de/Entscheidung/alb/>
- <http://sistem.ie.metu.edu.tr>
- <http://www.sistems.org/>

EKLER

Ek 1. Çözüm yöntemlerinin istasyon kullanım yüzdelerine göre karşılaştırılması



Bayilerde Tedarikçi Yönetimli Stok Sistemi Geliştirilmesi

Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.

Proje Ekibi

Burcu Biliker

Çağrı Cebe

Merve Çelen

Işıl Öndeş

Murat Hakan Öztürk

Kerem Zıraman

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Pınar Göçer, Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. Doğu Bölgesi Ofis

Koordinatörü

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Alper Şen, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği

Bölümü

ÖZET

Projemiz temel olarak Coca-Cola İçecek A.Ş. bayilerinde bulundurulması gereken stok miktarlarının tespitini yapacak, ürünler için gerekli siparişleri oluşturup gönderme kararı alacak ve bu karar verme süreçlerinin otomasyonunu sağlayacak karar verme sisteminin geliştirilmesini kapsamaktadır. Sistemimiz stok yönetimi kararlarını matematiksel modellerle temellendirmesinin yanında, ürün bulanabilirliğini önemli ölçüde arttıracak, stok yönetimi karar süreçlerinde iş gücü kazancı sağlayıp insan hatası ihtimalini düşürecek şekilde tasarlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Tedarik Zinciri, Envanter Yönetimi Politikaları, Servis Seviyesi, Sipariş Kararları Otomasyonu, Karar Sistemleri

1. Firma Tanıtımı

Uluslararası Coca-Cola Firmasının Türkiye temsilcisi olan Coca-Cola İçecek A.Ş. (CCİ) ülkemizde Coca-Cola ürünlerinin üretim, pazarlama ve dağıtım faaliyetlerini yürütmektedir. Bu projeyi okulumuza teklif eden CCİ Doğu Bölgesi Satış Müdürlüğü'nün çalışma alanı Zonguldak-Ankara-Antalya illerinin doğusunda kalan tüm illeri kapsamaktadır. Bu pazar alanı yüzölçümü olarak Türkiye'nin %75'ine, nüfus olarak %50'sine karşılık gelmekte ve CCİ'nin tüm ülke çapındaki satışlarının %35'i bu bölgede gerçekleşmektedir. CCİ kendi sektöründe şu anda %66'lık pazar payı ile lider durumdadır. CCİ'nin üretim kalitesi ve üretim verimliliği uluslararası standartları sağlayacak ölçüde oldukça yüksektir. Bu yüzden üretim harici tedarik, dağıtım ve pazarlama gibi operasyonel faaliyetlerde yapılacak iyileştirmeler şirketin piyasadaki rekabet gücünü daha da güçlendirecek ve kar potansiyelini arttıracaktır. Sektöre yeni girişlerle daha da artan rekabet, bu alanlardaki iyileştirme çalışmalarını stratejik açıdan önemli kılmaktadır.

2. Tedarik Zinciri Sistemi

CCİ bayileri şirketten bağımsız özel kuruluşlardır. Satış yoğunluğunun az olduğu küçük yerleşim birimlerindeki bayiler Konvansiyonel Bayiler olarak adlandırılmakta, pazarlama, fabrikaya sipariş verme ve stok bulundurma operasyonlarını kendileri yürütmektedirler. Satış yoğunluğunun fazla olduğu yerleşim merkezlerinde bulunan ve Karma Bayiler olarak adlandırılan bayilerde ise bayi stoklarının yönetilmesi, bayinin fabrikaya sipariş vermesi (Tedarikçi Kontrollü Envanter Yönetimi) ve ürünlerin satış alanlarına pazarlanması operasyonları, Alan Satış Merkezleri'ne bağlı CCİ elemanları tarafından yapılmaktadır. CCİ'ye bağlı çalışan Bayi Danışmanları bayilerin stok miktarlarının düzenlenmesini, fabrikaya sipariş verilmesini ve bayinin CCİ merkezi ile ilişkilerinde aracılık görevini üstlenmektedir.

Yüksek ve devamlı artmakta bulunan SKU çeşitliliği yüzünden, stok yönetimi ve sipariş kararlarından sorumlu Bayi Danışmanları'nın iş yükü artmış durumdadır. Bayi Danışmanları'nın iş yükünü azaltmak ve bayilerdeki stok yönetimini belirli bir standarda bağlamak için CCİ Doğu Bölgesi Satış Müdürlüğü Mart 2005'te ASR (Automatic Stock Replenishment) Projesini başlatmıştır. Daha önce internet üzerinden ya da telefon ile sipariş veren Bayi Danışmanları'na yardımcı olmak amacıyla, proje kapsamında üzerinden sipariş verilebilecek bir program tasarlanmıştır. ASR programı CCİ'nin bilgi iletişim sistemi olan BASIS üzerine kurulmuştur. BASIS sisteminin kurulu olduğu bayilerdeki anlık SKU stok seviyeleri ve bayinin yapmış olduğu satışlar, anında görülebilmektedir. Bayi Danışmanları'nın ASR'ye belli zamanlarda (genellikle ayda bir) her SKU için kendisinin uygun gördüğü minimum,

optimum ve maksimum stok değerlerini girmesi gerekmektedir. Her gece işleyen ASR programı girilen bu değerler ile o andaki stok seviyesini kontrol etmekte ve SKU miktarlarının optimum seviyeye ulaşabilmesi için gereken miktarlarda sipariş oluşturmaktadır. Siparişler oluşturulurken kamyon kapasiteleri göz önünde bulundurulmaktadır. ASR programını IT (Information Technologies) bölümünün başarılı bir çalışması ile 2005 sonbaharında kullanıma sokan CCİ Doğu Bölgesi Satış Müdürlüğü yönetimi, ASR programının şirketin tüm hedeflerini sağlayabilecek şekilde yeniden düzenlenmesi ve işlevselliğinde gözlenen hataların düzeltilmesi amacıyla üniversitemizle işbirliğine gitmiş bulunmaktadır.

3. Projenin Tanımı ve Kapsamı

Coca-Cola ürünleri genel olarak tüketicilerin alışveriş listesine dahil etmedikleri, görüldüğü zaman satın alınan ürünlerdir. Bu yüzden raf bulunabilirliğinin yüksek olması CCİ için hem karlılık hem de uzun vadedeki stratejik hedefler açısından büyük önem taşımaktadır. Üretim ve pazarlama işlerini uzun süredir başarıyla yürüten şirketin, özellikle Doğu Satış Bölgesi'nde satışını arttırabilmesi ve satış kaybetmemesi için yaşanan dağıtım sorunlarını gidermesi ve "ürün bulunabilirliğini" %100'e yakın bir seviyeye çekmesi gereklidir. Bu bakımdan firmanın tedarik ve dağıtım stratejisi olarak temel hedefi şöyle özetlenebilir: Bayilerde yeterli stok seviyesi bulundurarak, bayilerin müşterilerine hiçbir zaman "yok satmamasını" sağlamak; aynı zamanda gereksiz stok yüksekliğinden ve doğurduğu masraflardan kaçınmak.

Bu bağlamda projemizin temel amacı şöyle şekillenmektedir: i) ASR sistemini baştan düzenleyerek, sistemin Tedarik Zinciri ve Envanter Yönetimi disiplinlerinin geliştirdiği matematiksel modeller temelinde bayiler için optimum stok seviyelerini doğru şekilde hesaplamasını sağlamak, ii) bu optimum stok seviyelerini tespit ederken "yok satma" ve stok tutma masraflarını minimum seviyeye çekmek, iii) geliştirdiğimiz yeni sistemi ortaya çıkabilecek tüm sorunları aşarak firmada uygulamaya geçirmektir. Hedeflenen amaç, kısaca, CCİ için en uygun Envanter ve Tedarik politikasını tespit edip, programlamaktır.

4. Sistem Çözümlemesi

4.1. Gözlenen Sorunlar

Geçmişe yönelik yok satma oranları ve ortalama stok seviyeleri bilgisi bulunmadığı için bulunabilirlik oranının tam olarak yüzdesi tespit edilememekle beraber, bu oranın karma bayilerde %80'e vardığı yetkililerce tahmin edilmektedir. Eski sistemde stok tutma seviyelerinin yok satma olasılığı hesaplanmadan tespit edildiği düşünüldüğünde, projemizin en önemli katkısı yok satma oranlarını çok düşük seviyelere çekecek olmasıdır.

CCİ'nin satışları mevsimsellik göstermektedir. Havanın sıcak olduğu aylarda satışlar fazla olmakta, havanın soğumasıyla birlikte satışlar da düşmektedir. Ayrıca Ramazan Ayı'nda, yılbaşında ve özel promosyon dönemlerinde (Rock'n Coke gibi) satışlar artmaktadır. Özellikle yaz ayları döneminde fabrika deposu yok satar duruma düşmektedir. Satış hızının arttığı dönemlere geçiş süreçlerinde de fabrikanın stoklarının tükenmesi ve yüklemelerin yığılması gözlenmektedir. Bayi Danışmanları geçiş dönemlerinde fabrikanın yok satabileceği korkusuyla yapay olarak kendi bayilerinin stok miktarını arttırdıkları için fabrikada istenmeyen talep dalgalanmaları görülmektedir. Bundan ayrı olarak, bayilerin satışları ödeme ve promosyonlarla ilgili faktörlerden dolayı genelde ayın son haftasına yığılmış durumdadır. Bu durum da yine üretimin istemeyeceği şekilde bir talep dalgalanmasına yol açmaktadır. Bayiden kaynaklanan ve üretimi olumsuz yönde etkileyen bu talep dalgalanmaları, Tedarik Zinciri sisteminde "Dalgalanma Etkisi"nin var olduğunu göstermektedir (Bullwhip Effect) (Lee ve diğerleri, 1997). Projemizin uygulanmasıyla stok miktarı kararları program tarafından alınacağı için Dalgalanma Etkisi'nin azalacağını öngörmekteyiz.

CCİ yetkililerinin bayilere yaptıkları gezilerde birçok bayinin, satması gereken bazı ürün gruplarını stoklarında bulundurmadıkları fark edilmiştir. Bayiler genelde satış hızı yüksek olan ürünlere önem vermekte, satış hızı düşük olan ama belli tüketici çevresine hitap eden ürün gruplarını ihmal etmektedirler. Bayiler az satan ürünleri stoklarında bulundurup, finansal kaynaklarını envanter döngüsü yavaş olan bu ürünlere bağlamak istememektedirler. Fakat gelecekteki pazar payı, ürünlerin müşteriye tanıtılması, sevdirmesi ve stratejik planlar düşünüldüğünde bu ürünlerin tüm bayilerde bulunup, piyasaya satılması CCİ için çok önemlidir.

4.2. Sistem İçin Gerekli Kısıtlamalar ve Varsayımlar

Fabrika-bayi arası nakliyei sağlayan kamyonlar genellikle 14 palet kapasitesindedir. Bazı nadir durumlarda 16 palet taşıyabilen kamyonlar ve 20 palet taşıyabilen tırlar kullanılabilir. Bu yüzden kodlama aşamasında kamyon kapasiteleri değişken olarak, CCİ yetkilileri tarafından güncellenebilecek bir biçimde kullanılmıştır.

Kamyonların hepsinin tam dolu şekilde yola çıkması gerekmektedir. Bu bize CCİ tarafından verilen bir kısıttır. Kamyonlar tam doldurulmadığı takdirde ürünler giderken fazlaca sallanmakta, bu da gazlı olan ürünlerin kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır. CCİ'nin nakliye masraflarının stok tutma masraflarına göre yüksek olduğu göz önüne alındığında da, kamyon kapasitelerinin tam dolulukla kullanılması mantıklıdır.

Programımız sipariş kararlarını oluştururken siparişi verilen ürünlerin fabrika stoğunda var olduğunu varsayılacaktır. Üretim planlamasının programa tümleştirilmesi ve fabrika stoklarının kontrol altında tutulması proje kapsamımızda bulunmadığı için, bu varsayım gerekli görülmüştür. Stoktaki ürünlerin tüm siparişlere yeterli olmaması durumunda gerekli olan tahsis etme işlemi Sevkiyatçı'nın (ürün gönderiminden sorumlu kişinin) kontrolündedir.

CCİ'nin ve bayilerin maliyet yapısı da kendi sistemlerine özel nitelikler taşımaktadır. Genel olarak fabrikanın ve bayinin fiziksel stok tutma masrafları ürün başına çok düşük seviyededir ve bu maliyetler ürün miktarından bağımsız olan sabit giderlerdir (kira giderleri, eleman maaşları, araç giderleri gibi). Ülkemizde genel olarak nakliye masrafları yüksek, çalışan maaşları ve kira giderleri düşük olduğundan, nakliye masrafları fiziksel stok tutma masraflarına göre ürünün maliyetinde daha etkili olmaktadır.

5. Önerilen Yöntembilim ve Programlama

Geliştirilen programımızın amacı Bayi Danışmanları tarafından girilen satış hedefleri göz önüne alınarak, sisteme uygun tasarlanan envanter politikalarının gerektirdiği stok miktarlarının tespiti, bu miktarları sağlayacak şekilde bayinin satışlarına paralel sipariş miktarlarının oluşturulması ve bu sipariş miktarlarının kamyon kapasitesi göz önünde bulundurularak, gönderme emrinin verilmesidir. Tüm ihtiyaçları ve istekleri karşılayacak şekilde iki aşamalı bir program tasarımı uygun görülmüştür. Programın ilk kısmı Bayi Danışmanı'nın satış hedeflerini sisteme gireceği ve gereken durumlarda bu hedeflerde değişiklikler yapabileceği, kullanıcı ara yüzü bulunan bir "Karar Destek Sistemi" şeklinde oluşturulmuştur. Programın ikinci kısmı ise ilk kısımdan girdi olarak aldığı satış hedeflerine bağlı olarak tutulması gereken stok miktarlarını hesaplayacak ve bayinin yaptığı satışlara paralel sipariş oluşturacak bir "Karar Verme Sistemi" şeklinde tasarlanmıştır. Bayi Danışmanı matematiksel modellere dayalı olan programın ikinci kısmına müdahale edemeyecektir.

Java programlama dili kullanılarak hazırlanan programımızın ilk kısmını oluşturan, BASIS'in veritabanları ile iletişimi ve ara yüz kodlamaları IT bölümü yetkililerince üstlenilmiştir. Programın ikinci kısmının tümü ise grubumuz elemanlarınca programlanmıştır.

Programın iki ayrı bölümünün işlevsel ayrıntılarını şöyle açıklayabiliriz:

5.1. Birinci Kısım: Karar Destek Sistemi

CCİ bünyesinde yaptığımız incelemelerde ve görüşmelerde firmanın satış stratejisi, satış hedefleriyle sağlanan bir "itme" sistemi olarak gözlemlenmiştir. Satış hedefleri ürün ve pazarlama yapısından dolayı CCİ için önemli bir faktördür. Satış hedeflerine ulaşmak için bayi

tarafından gösterilen “satış çabası” ürünlerin satış hızında arttırıcı bir etkiye sahiptir. Bayiye daha fazla satmaya teşvik edecek yaptırımlar, promosyonlar ve ödüllendirmeler firma bünyesinde mevcuttur. Bu yüzden stok seviyelerini tespit ederken temel olarak satış hedeflerinin alınması doğru bir strateji olacaktır.

Alan Satış Merkezleri tarafından yapılan tahminler sonucu her bayi için aylık toplam koli bazında satış hedefleri tespit edilmektedir. Bu satış hedefi tüm SKU’ların toplamı şeklindedir (Polatlı Bayisi Mayıs Ayında toplam 150.000 koli ürün satar gibi). Stok miktarlarının tespiti ve sipariş kararları SKU bazında verilmek zorunda olduğu için bu genel tahminin SKU’lara dağıtılması gerekmektedir. Bu dağıtım işlemi önceden Bayi Danışmanları’nın tecrübelerine dayanılarak el yordamı ile yapılmaktaydı. Tasarlanan programda bir önceki ay bayinin gerçekleştirmiş olduğu satış yüzdeleri ölçüt olarak alınacak ve bir sonraki ayın toplam satış hedefi bu yüzdelerle dayanılarak hesaplanıp varsayılan değerler olarak atanacaktır. Varsayılan SKU yüzdelerini ve bunlara denk gelen koli miktarlarını Bayi Danışmanı program ara yüzünde görecektir ve bunları uygun bulursa onaylayacaktır. Uygun bulmadığında ise buradaki dağılım oranlarını veya koli miktarlarını değiştirebilecektir.

Ayrıca programdaki başka bir ara yüz yardımı ile Bayi Danışmanları’ndan aylık satış hedeflerini, o ayın haftalarına oranlamaları istenecektir (İlk hafta aylık hedefin %20’sini satabilir gibi). Bir Bayi Danışmanı’nın 5–6 bayiden sorumlu olduğu düşünüldüğünde 150’den fazla SKU için bu sistem iş yükünü önemli ölçüde azaltacaktır.

Tüm bu işlemlerden sonra Bayi Danışmanı’nın katkısı ile her bayi için haftalık olarak SKU bazında beklenen satış hedefleri elde edilmiş olacaktır. İkinci kısımda kullanılmak üzere de bu haftalık hedefler o haftanın iş günü sayısına bölünerek, günlük beklenen ortalama satış hedefleri tespit edilecektir.

5.2. İkinci Kısım: Karar Verme Sistemi

Gerçekleştirilen veri çözümlemeleri sonucunda, ürünlerin geçmiş satış hızlarının birbirlerinden çok farklı olduğu gözlemlenmesi nedeniyle ürünlerin bu farklı satış hızlarını birbirinden ayıracak belli gruplar altında toplanması gerekiyordu. Bu amaçla her bayi için “çok satan” ve “az satan” olarak iki grup oluşturulup, “çok satan” ürünler için (R,S) politikası ve “az satan” ürünler için (s,Q) politikası olmak üzere iki farklı sipariş politikası uygulandı. Farklı sipariş politikaları uygulanmasının en büyük nedenlerinden bir diğeri de, çok satılan ürünler için her türlü değişikliğe en kısa sürede yanıt verebilecek bir hedef envanter seviyesi belirlerken; az satan ürünler için envanterde bu ürünlerden her zaman belli bir miktar bulunmasını sağlayabilmektir.

Varolan sistem için uygulanabilirlik ve kolaylık açısından en uygun politika periyodik olması ve bir kamyonun dolmasını beklemeden sipariş verme fırsatını sunarak esnek bir sistem yaratması nedeniyle Cachon'un (2001) önerdiği (Q,S|T) politikasından yola çıkılarak elde edilen bir eşgüdümlü sipariş politikasıydı. Coca Cola'nın sipariş sisteminin eşgüdümlü olması nedeniyle, periyodik bir politikanın uygulanması sipariş düzenlenmesinin kolaylaşmasını ve sipariş maliyetlerinin düşmesini sağlayacaktı. Bu nedenle sürekli bir gözlemin sağlayacağı yararlar da düşünülerek, şirkette uygulanabilir en düşük, başka bir deyişle, sürekli gözleme en yakın gözlemleme periyodunun 1 gün olması kararlaştırıldı. Günlük çalışması gereken ve talebi değişken olan bir sistemin hatasız ve verimli işleyebilmesi için, ya da uygulanabilir olması için, (Q,S|T) politikasının gerektirdiği karmaşık hesaplamalardan ve eniyilikten ödün verilmesi gerekiyordu. Coca Cola'nın envanter dışındaki maliyetleri, sabit bir sipariş maliyeti ya da ana nakliye maliyeti içermediği için, başlangıçta, ürünlerin nakliye verimliliğini sağlayarak nakliye masraflarını azaltacak eşgüdümlü bir politika ile gönderilmesi gerekliliği gözardı edilebilir. Ana nakliye maliyetinin yokluğu, ürünlerin envanter konumlarının belirli bir seviyeye düşmesini beklemeden yenileme yapılabilmesine izin veren (R,S) politikası kullanımını uygun kıldı. Bu nedenle, her bayi ve her "çok satan" ürün için, basit bir politika olan (R,S) politikasından yararlanıldı. Bu politikada 1 günlük belirlenen R süresi içinde yapılacak olan gözlemler sonucunda, tüm ürünlerin envanter konumlarını, hesaplanan S seviyesine tamamlayacak kadar sipariş yaratılıyordu. (R,S) politikası, özellikle talebi zamanla değişen sistemlerde istenileceği gibi, S seviyesini düzenli olarak ayarlayabilme fırsatı da sunacaktı (Silver ve diğerleri, 1998). Aynı zamanda (R,S) politikası birim ölçülü hareketler varsayımını gerektirmediği, CCI'de de envanter yenilemeleri sürekli olmadığı ve bu nedenle işlemler toplu olarak gerçekleştiği için şirkete uygun bir politikaydı.

(Q,S|T) politikasında, S seviyelerinin belirlenmesinde önemli bir etmen olan ardışıklama maliyetinin Coca Cola ürünleri için tam olarak belirlenmesi olası olmadığından, oluşturulan politika için S seviyelerinin belirlenmesinde kısıt olarak servis seviyeleri göz önünde bulunduruldu. Sözü edilen servis seviyesi, herhangi bir üründen bir yenileme döngüsündeki yoksaltmama olasılığı olarak belirlendi. S seviyelerinin belirlenmesinde servis seviyelerinin kullanılmasındaki en önemli nedenlerden biri de, CCI'nin amacının maliyeti düşürmek değil; var olan maliyetlerde ürün bulunurluğunu arttırmak olmasıydı. Ancak bu politikada da bir siparişte gönderilmesi gereken son kamyonun gönderilebilmesi için daha önce söz edilen işlemsel sorunlar nedeniyle tam dolu olması gerekliydi. Bu durum da siparişlerin gecikmesine neden

olabilirdi. Bununla başa çıkabilecek ve ilk başta gözardı edilen eşgüdümü tekrar sağlayabilmek için bölüm 5.2.2 ve 5.2.3'te ayrıntıları açıklanan esnek bir sipariş oluşturma algoritması geliştirildi.

İlk bakışta literatürde söz edilen eşgüdümlü yenileme politikalarının uygulandığı birçok sisteme çok benzer gibi görünse de, CCI sisteminin karmaşıklığı ve genişliği nedeniyle bu sistemlere çözüm olarak önerilen (s,c,S) (Balintfy, 1964), (Q,S) (Axsäter, 1990), (Q,S|T) (Cachon, 2001) gibi politikalarının uygulanması, hem sistemin genel yapısı, hem de gerektirdiği ayrıntılar nedeniyle olası değildi.

5.2.1. “Çok Satan” ve “Az Satan” Ürünler için S ve s Seviyelerinin Belirlenmesi

“Çok satan” ürünler için S seviyesi belirlenirken, yapılan veri çözümlemelerinde ırakdeğerlerin çıkarılması halinde gözlemlendiği üzere, tüm “çok satan” ürünlerin hafta içindeki günlük satış değerlerinin normal dağılım gösterdiği varsayıldı. S seviyesinin belirlenmesi için üç önemli etmen göz önünde bulunduruldu:

- Programın ilk kısmından gelen bir hafta için günlük satış tahminleri
- Geçen yıllardaki satışların hafta içindeki değişimleri
- İstenilen servis seviyesi

Sistem daha önce de söz edildiği gibi bir itme sistemi olduğundan, programın ilk kısmından gelen satış tahminleri, o hafta yapılacak satış için iyi bir ortalama satış değeri sağlayacaktı. Ortalamadan sapma için kullanılabilecek geçmiş tahmin hata verileri bayi düzeyinde tutulmadığından, Bollapragada ve Morton'un (1999) sınırlı geçmiş verilerine sahip ürünler için önerdiği yönteme paralel olarak, bir sonraki haftada olacak sapmanın, geçmiş satış verilerindeki hafta içinde var olan değişimlerle hesaplanmasına karar verildi. Bu doğrultuda, her bayi için, mevsimler arasındaki değişimleri de hesaplama katabilmek amacıyla geçmiş 96 günün satış verileri kullanılarak, teslimat ve gözden geçirme süresince gelebilecek talep için bir değişkenlik katsayısı hesaplandı. Ek 1.1'de gösterildiği gibi, 2 günlük teslimat süresi ve 1 günlük gözden geçirme süresinin toplamı olan 3 günlük satışların hafta içindeki ortalama değişkenlik katsayısı hesaplandı ve satış tahmini standart sapması elde edildi. Teslimat ve gözden geçirme süresi içerisinde gelecek talebin normal olduğu varsayılarak bu sürede gelebilecek talebi karşılayabilecek servis seviyesini elde etmek için tutulması gereken stok miktarını belirleyecek S seviyesi, Ek 1.2'nin ilk formülünde gösterildiği gibi standart normal dağılım ve satış tahmini standart sapması yardımı ile hesaplandı.

Bir üründen bir palete konulabilecek en küçük miktar bir sıra olduğu için, “az satan” ürünler aylık yaklaşık olarak bir sıradan az satan ürünler olarak belirlendi. Böylece bu tip ürünler için daha basit bir

politika olan (s,Q) politikası izlenebilecekti. Bu politika, “az satan” ürünlerin envanter konumları belli bir seviyeye geldiğinde bu ürünlerden bir sıra sipariş verilmesidir. (s,Q) politikası sürekli gözden geçirme gerektirmesine rağmen satış hızı çok yavaş olan bu ürünler için bir günlük gözden geçirme politikasının sürekli olduğu varsayılabilir. Yeniden sipariş verme noktası, “s”in hesaplanması Ek 1.2’deki ikinci formülde gösterilmektedir.

Stok seviyeleri belirlenirken kullanılacak servis seviyesinin belirlenmesi CCI yetkililerine bırakılmıştır. Ancak verecekleri kararlar için kendilerini yönlendirebilmek amacıyla her bayideki “az satan” ve “çok satan” ürünler için değişim eğrileri çizilerek, iki tip ürün için en karlı olacak servis seviyeleri konusunda önerilerde bulunulacaktır. Ek 3’te, bir bayi için çizilen değişim eğrisi üzerinde, iki ürün için de eğrinin eğiminin dikleşmeye başladığı nokta uygun servis seviyesi olarak önerilecektir. “Az satan” ürünler için bu seviye %97, “çok satan” ürünler için ise %95 olarak uygun görülmüştür.

5.2.2. Esnek Sipariş Verme ve Kamyon Doldurma Algoritması

Belirlenen stok seviyeleri kullanılarak oluşturulacak siparişlerin ertelenmemesi için geliştirilen ve Ek 2.1 ile Ek 2.2’de gösterilen esnek sipariş verme algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Tüm ürünler için s veya S seviyeleri belirlendikten sonra, her günün başında tüm bayilerdeki tüm ürünlerin stok durumları gözden geçirilecek ve envanter konumu bayide bulunması gereken hedef envanter konumundan düşük olan ürünlerin, eksik olan stok miktarları bulunacaktır. Tüm ürünler için olan toplam ihtiyaçlar palet birimine çevrilecektir. Öngörülebileceği gibi çevirme sırasında tamsayı olmayan palet sayıları elde edilmesi olasıdır. Tamsayı olmayan palet sayısı içeren siparişler için uygulanabilecek iki seçenek bulunmaktadır: en yakın alt tamsayıya veya üst tamsayıya yuvarlamak. Her iki seçeneğin de bir takım olumsuz sonuçları bulunmaktadır.

Alt tamsayıya tamamlandığında,

- Gitmesi gereken ürünlerin bir kısmı gönderilmemiş olacaktır.
- Bazı durumlarda kamyon, üst tamsayıya tamamlanmış paletlerden oluşuyor olsa kamyon dolacağı halde, alt tamsayıya tamamlandığında kamyonu dolduramadığı için kamyonun çıkması ertelenebilecektir.

Üst tamsayıya tamamlandığında,

- Fazladan ürün gönderilmiş olacaktır.
- Alt tamsayıya tamamlandığında az satan ürünlerin gönderilebilmesi için yer kalacağı halde, üst tamsayıya tamamlandığından az satan ürünlerin gönderilebilmesi için yer kalmama olasılığı artacaktır.

Bu olasılıkların üzerinde incelikte düşünüldü ve çıkabilecek sorunların etkilerini en aza indireyecek bir sistem tasarlanmaya

çalışıldı. Tasarlanan bu sistem, tamsayı olmayan palet sayılarını bir sorun olarak görmektense sisteme sağlanacak bir esneklik olarak görmekte ve aslında az satan ürünlerin stok durumlarının yenilenmesine ve kamyonların kapasitelerinin verimli şekilde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Sözü edilen esneklik, yukarıda anlatılan seçeneklerden birinin alt palet sayı sınırı, diğerinin ise üst palet sayı sınırı olarak kullanıldığı melez ve dinamik bir algoritma ile sağlanmaktadır. Bu algoritma, gerektiğinde kamyonu tam olarak doldurmak, gerektiğinde ise az satan ürünlere yer açmak için kullanılmak amacıyla tasarlandı.

Farklı ürün grupları için belirlenen toplam palet sayılarının, kamyon kapasitelerini en iyi şekilde değerlendirerek nasıl gönderilebileceği aşamalı bir algoritma ile belirlenmektedir. Bu algoritmanın genel bir akış şeması Ek 2.1’de bulunabilir. Bu aşamalı algoritmanın sonucunda gönderilecek toplam az satan ürün palet sayısı, toplam çok satan ürün palet sayısı ve toplam kamyon sayısı elde edilmektedir.

5.2.3. Palet Paylaştırma Algoritması

Bu noktada yapılması gereken, palet sayısında yaratılacak farkın hangi ürünler için yaratılması gerektiğine karar verilmesidir. Bunun için de sipariş karar sisteminin son aşaması olan paylaştırma algoritması devreye girmektedir. Bu aşamada öncelikle çok satan ürünlerin karlılıkları ve ihtiyaçlarının hedef envanter seviyesi içindeki yüzdesine; az satan ürünlerin ise yalnızca karlılıklarına bakılarak bir ağırlık atanmaktadır. Ek 2.2’deki akış şeması ile anlatılmaya çalışılan bu algoritmayla her üründen gönderilmesi gereken palet sayısı elde edilmektedir.

Az satan ürünler için karışık paletler oluşturulduğundan ve bu sebeple her paletteki sıra sayısı farklı olabileceğinden bu paletlerin otomatik olarak belirlenmesinin sağlıklı sonuçlar vermeyeceği öngörüldü. Bunun yerine Sevkiyatçı’ya verilecek program çıktısı içerisinde az satan ürünlerden toplam kaç palet ve her üründen kaç sıra gönderilmesi gerektiği önem sırasına göre verilerek, bu kişinin az satan ürün paletini bu çıktıya göre yaratması sağlanacaktır. Kodlanan algoritma 2 bayi ve 10 SKU için denemeye tabi tutulmuştur. Test aşamasında program birçok olasılık için denenmiş ve sonuçların bayilerin geçmiş siparişlerine kıyasla mantıklı seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Çıktıların bir örneği Ek 4’te görülebilir.

6. Uygulama Planı

Programımızın ilk kısmında kullanılacak bilgilerin mevcut olan veritabanlarından kolayca çekilebilmesi ve ara yüzlerin Bayi Danışmanları’nın talepleri doğrultusunda hazırlanabilmesi için CCİ yetkililerinden programlama desteği alınmaktadır. Programın ilk kısmının işlevsel algoritmaları grubumuz tarafından hazırlandıktan

sonra IT bölümü kodlamaya başlamıştır. Programımızın ikinci kısmının kodlanması ise grubumuz tarafından şu anda tamamlanmış olup programımız çalışır durumda bulunmaktadır. İlk kısmın da kodlanmasının bitmesiyle beraber iki bölüm birleştirilecek ve CCI yetkililerince seçilen iki bayi için bir hafta işletilecektir. Mayıs'ın ikinci haftası olması planlanan bu zaman diliminde grubumuz elemanları programın işleyişini kontrol altında bulunduracaktır. Oluşturulan siparişler bu aşamada birebir kontrol edilecek ve programın çıktılarının uygun kararlar olup olmadığı CCI yetkilileriyle beraber gözlemlenecektir. Yeni programın yürürlüğe girme aşamasında sistemin gözlemlenmesi ve gerekli müdahalelerin anında yapılması programın uzun vadede kullanılabilir olması açısından önem arz etmektedir. İki bayi için belli bir süre işletilecek olan programda gerekli görülen tüm değişiklikler yapıldıktan sonra CCI'nin belirleyeceği şekilde BASIS sistemine bağlı tüm bayilere yaygınlaştırılacaktır.

7. Genel Değerlendirme

Ülkemizin değişen ekonomik koşulları şirketlerin tedarik zinciri yapılarında bütünsel değişiklikleri gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda projemizin CCI'nin tedarik zincirini yeni koşullara uygun hale getireceğini ve sık değişen koşullara uyum sağlayabilecek bir tedarik zinciri sistem parçası oluşturacağını düşünmekteyiz. Enflasyon psikolojisi altında stok miktarını fazla tutmamak ve finansal para akışına hız vermek önemliyken, gelişen ekonomik koşullar ile birlikte şirketler rekabet psikolojisine yönelmiş ve yok satmamak için gerekli stok miktarlarını bulundurabilmek önem kazanmıştır. Projemizin yeni duruma uygun koşullar altında verilecek stok miktarı kararları ile tedarik zinciri bünyesinde hala etkisi belli olan enflasyonist psikolojik baskıyı kıracağını ummaktayız. Projemiz sonucunda CCI'de ürün bulunabilirliğinin önemli ölçüde artmasıyla uzun vadede şirketin stratejik üstünlüğünün ve dolayısı ile karlılığının artacağı tahmin edilmektedir. Bu tahmini doğrulayabilmek amacıyla, pilot bayiler için yaptığımız, mevcut durumun maliyetiyle, tasarladığımız sistemin, önerilen servis seviyeleri kullanılarak elde edilen maliyeti karşılaştırıldığında; stokta bulunan ürüne bağlanan nakit miktarında ortalama %65'lik bir iyileşme gözlemlenirken, ürün bulunurluğunun da yaklaşık %20 artacağı öngörülmüştür.

Projemiz tedarik zincirinin fabrika stoğu-bayi stoğu bölümünü düzenleme yanında, bu sistemi destekleyen ve bu sistemden etkilenen işlevlerde de tutarlılık ve esneklik sağlayacaktır. CCI yetkililerine kendi projemizi tamamlamamızın ardından tavsiyemiz şirket bünyesinde bir "satış tahmini iyileştirme" projesinin başlatılması olacaktır. Programımız sayesinde satış hedef tahminlerinin ve gerçekleşen satışların veritabanlarında tutulmaya başlanması bu tip bir proje için alt

yapı oluşturacaktır. Programımızın iki aşamalı tasarımı ileride yapılacak böyle bir projenin de tedarik zincirine eklenebilmesi açısından esneklik oluşturmaktadır. Programın ilk kısmında, tahmin ve satış hedefi oluşturulma sürecindeki iyileştirme çabalarıyla değişiklikler yapmak olasıdır. Programın matematiksel olan ve stok yönetim kararlarını veren ikinci kısmı ise işlevselliğini her koşulda sürdürebilecektir.

Merkezi İstanbul’da bulunan CCI Tedarik Zinciri Bölümü de şu anda fabrika stoklarının yönetimi konusunda benzer bir proje yürütmektedir. Bölüm yetkilileri projemizin başarılı olması halinde, ileride planladıkları CCI’nin fabrika - fabrika stoğu - bayi stoğu ürün akışı tedarik zincirinin bir bütün haline getirilmesi ve bunun tüm ülkeye uyarlanması süreçlerine doğrudan katkıda bulunacağına inanmaktadırlar.

Bütün bu faydalarının ötesinde programımızın temel kavramlarının ve içerdii matematiksel yaklaşımın, fazla sayıda SKU’ya sahip ve ürün akışının hızlı olduğu tüm sektörlerin tedarik zincirlerinin iyileştirilmesi ve karar sistemlerinin otomasyonu çabalarında faydalı olabileceğine ve güzel bir örnek oluşturacağına inanmaktayız.

KAYNAKÇA

- Axsäter, S. 1990. Simple solution procedures for a class of two-echelon inventory problems. *Operations Research*, Cilt: 38, Sayı: 1, s. 64–69.
- Balintfy, J. 1964. On a basic class of multi-item inventory problems. *Management Science*, Cilt: 10, s. 287–297.
- Bollapragada S. , T. E. Morton. 1999. A Simple Heuristic for Computing Nonstationary (s, S) Policies. *Operations Research*, Cilt: 47, Sayı: 4, s. 576-584.
- Cachon, G. 2001. Managing a Retailer's Shelf Space, Inventory and Transportation. *Manufacturing and Service Operations Management*, Cilt: 3, Sayı: 3, s. 211-229.
- Lee, H. L., P. Padmanabhan, and S. Whang.1997. Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science*, Cilt: 43, Sayı: 4, s. 546-558
- Silver E.A., D.F. Pyke ve Peterson R. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. New Jersey: John Wiley and Sons, 1998.

EKLER

D_T : Bir günlük satış tahmini
 L : Tedarik süresi
 R : Gözden geçirme süresi

S : Hedef seviyesi
 s : Yeniden sipariş verme noktası
 Servis seviyesi: $\Phi(k)$

Ek 1.1. Değişkenlik Katsayısı Hesaplanması İçin Örnek

Gün	Talep		Birleşim No	Tedarik süresi içinde gelebilecek olan talep (D_i)
1	d_1		1	$d_1+d_2+d_3 = D_1$
2	d_2		2	$d_2+d_3+d_4 = D_2$
3	d_3		3	$d_3+d_4+d_5 = D_3$
4	d_4		4	$d_4+d_5+d_6 = D_4$
5	d_5			
6	d_6			
7	d_7			

Tedarik süresi içinde gelebilecek talebin ortalaması : $\bar{D} = \sum_{i=1}^4 \frac{D_i}{4}$

Tedarik süresi içinde gelebilecek talebin standart sapması : $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 (\bar{D} - D_i)^2}{4}}$

Tedarik süresi içinde gelebilecek talebin değişkenlik katsayısı : $\frac{\sigma}{\bar{D}}$

Çok satan ürünler için satış tahmini standart sapması $= (R + L) \times D_T \times \frac{\sigma}{\bar{D}}$

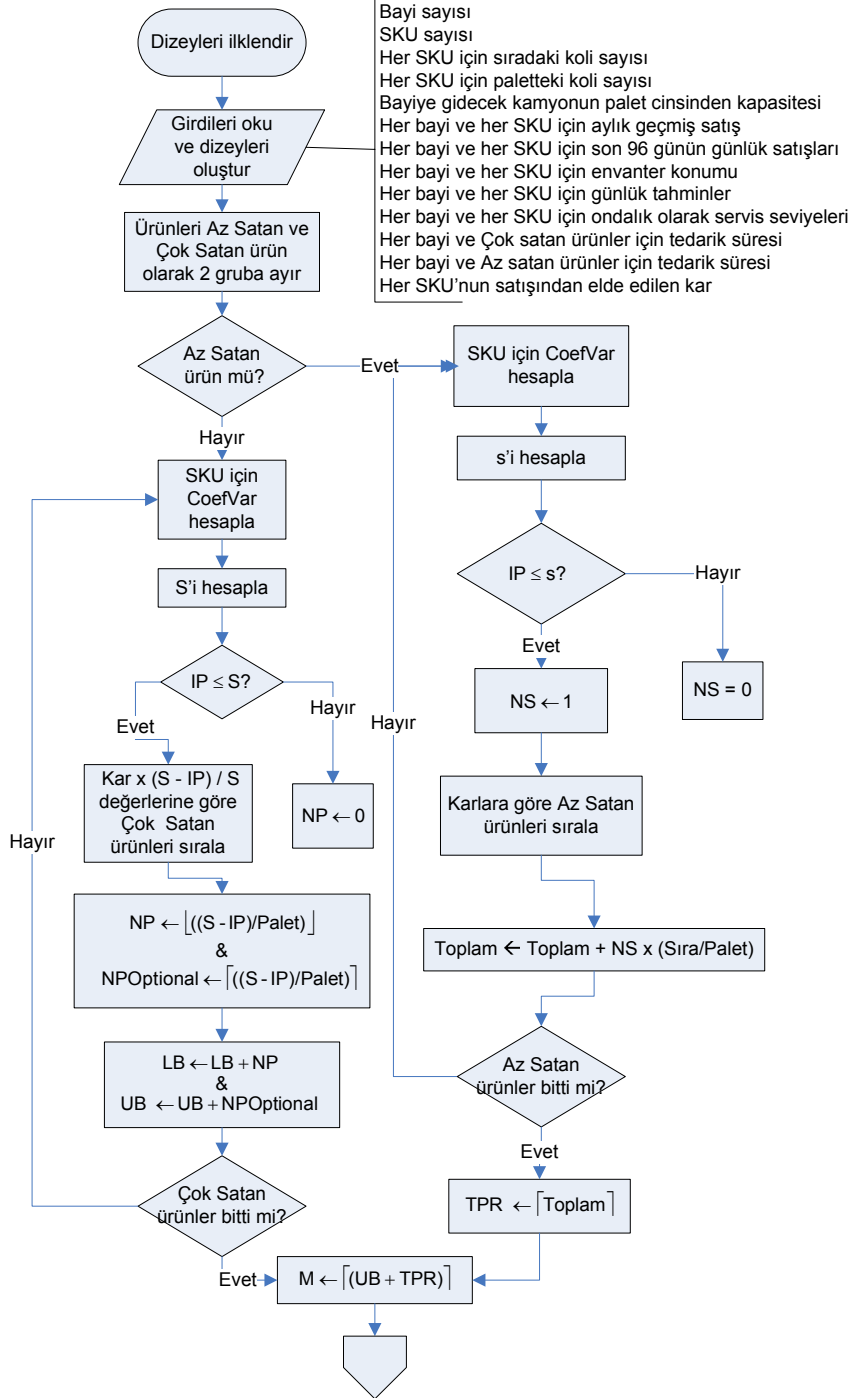
Az satan ürünler için satış tahmini standart sapması $= L \times D_T \times \frac{\sigma}{\bar{D}}$

Ek 1.2. Kullanılan Formüller

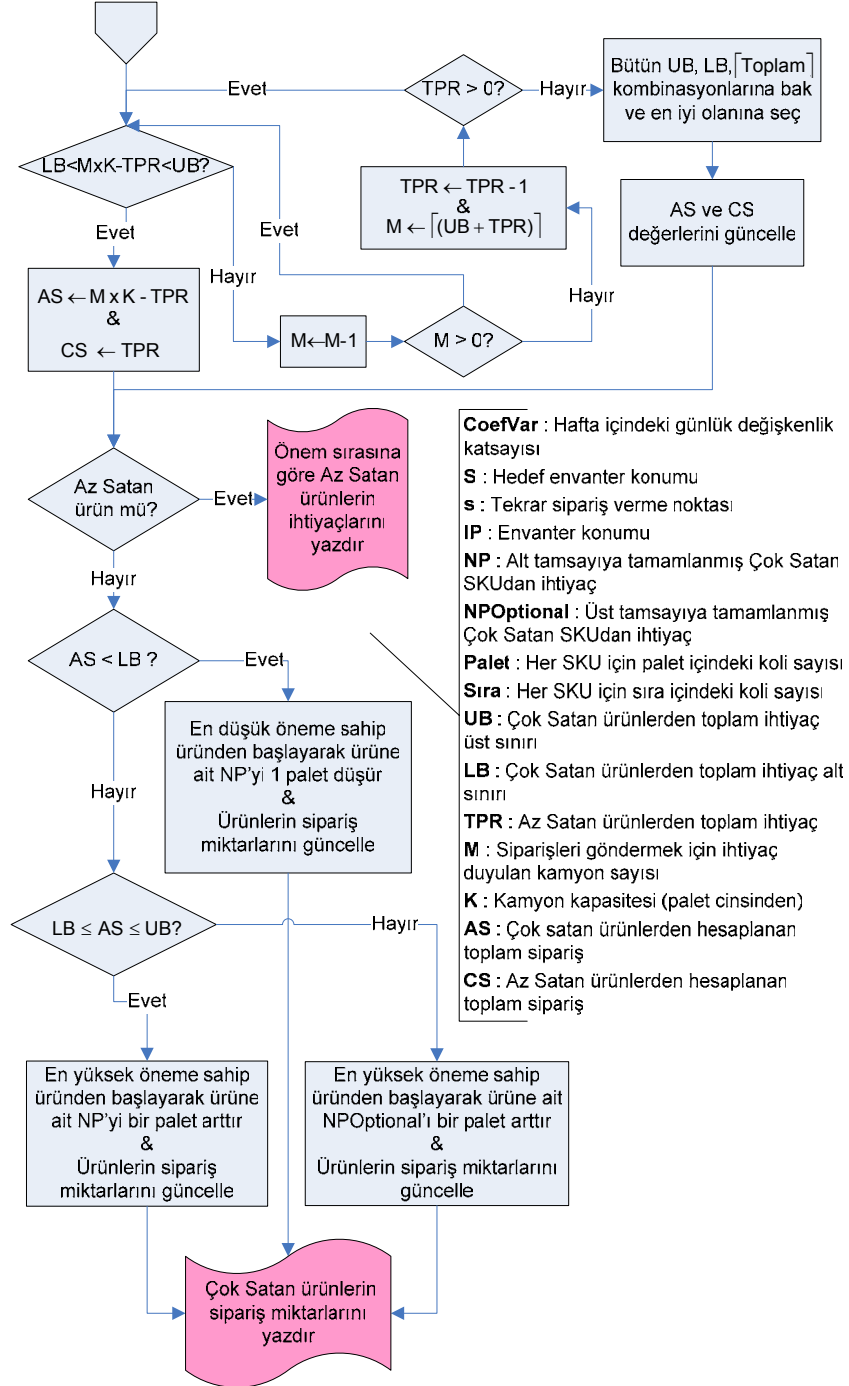
$$S = \left[k \times (R + L) \times D_T \times \frac{\sigma}{\bar{D}} \right] + [(R + L) \times D_T] \quad [1]$$

$$s = \left[k \times L \times D_T \times \frac{\sigma}{\bar{D}} \right] + (L \times D_T) \quad [2]$$

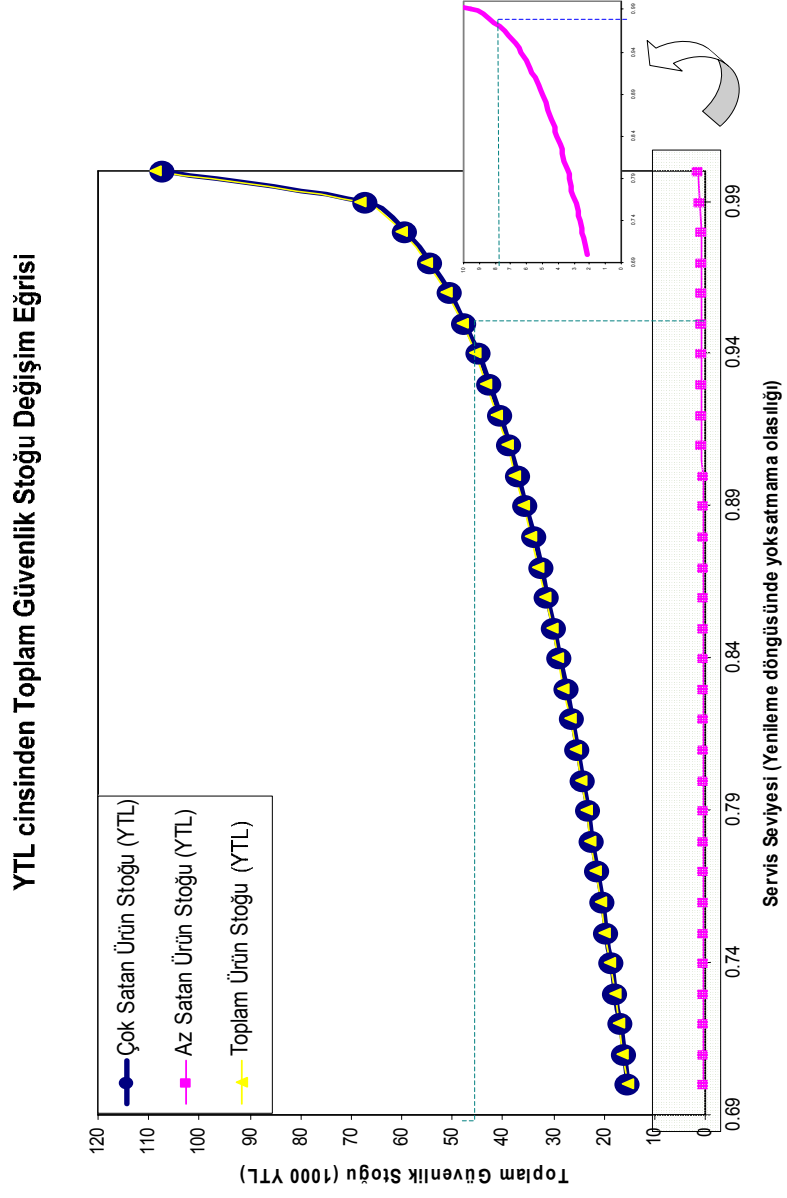
Ek 2.1. Esnek Sipariş Verme Algoritması Akış Şeması



**Ek 2.2. Esnek Sipariş Verme Algoritması Akış Şeması Devamı:
Kamyon Doldurma ve Palet Paylaştırma Algoritması Akış Şeması**



Ek 3. Bir Bayi İçin Değişim Eğrisi



Ek 4. Bayi Danışmanı'na Gidecek Program Çıktısı

Tarih: 05.05.2006



BAYİ SİPARİŞ DETAYLARI:

Gitmesi planlanan toplam kamyon sayısı: 2

Çok Satan Ürünler için toplam sipariş miktarı (palet cinsinden): 27

Az Satan Ürünler için toplam sipariş miktarı (palet cinsinden): 1

Bayi1 için çok satan ürünlerden gönderilmesi gereken palet sayıları aşağıdaki gibidir:

ÜRÜN NO	ÜRÜN İSMİ	SİPARİŞ (Palet)
152661	SKU1	18
291907	SKU2	2
291999	SKU3	2
310067	SKU4	1
427569	SKU5	1
450700	SKU6	1
460400	SKU8	1
556721	SKU9	1

Bayi1 için az satan ürünlerden toplam gönderilecek palet sayısı 1 olacak şekilde; öncelik sırasına göre gönderilecek az satan ürünler:

ÜRÜN NO	ÜRÜN İSMİ	SİPARİŞ (Sıra)
458220	SKU7	1

BAYİ2 SİPARİŞ DETAYLARI:

Gitmesi planlanan toplam kamyon sayısı: 1

Çok Satan Ürünler için toplam sipariş miktarı (palet cinsinden): 13

Az Satan Ürünler için toplam sipariş miktarı (palet cinsinden): 1

Bayi2 için çok satan ürünlerden gönderilmesi gereken palet sayıları:

ÜRÜN NO	ÜRÜN İSMİ	SİPARİŞ (Palet)
152661	SKU1	11
291907	SKU2	1
557821	SKU10	1

Bayi2 için az satan ürünlerden toplam gönderilecek palet sayısı 1 olacak şekilde; öncelik sırasına göre gönderilecek az satan ürünler:

ÜRÜN NO	ÜRÜN İSMİ	SİPARİŞ (Sıra)
310067	SKU4	1
427569	SKU5	1
450700	SKU6	1

Çapraz Yüklemeye Dayalı Bir Ürün Dağıtım Sisteminin Geliştirilmesi

Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.

Proje Ekibi

Akın Akyürük

Ali Can Akyüz

Hakan Kal

Taner Kandemir

Mesut Mavioğlu

İrem Üstündağ

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Pınar Göçer, Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. Doğu Bölgesi Ofis
Koordinatörü

Akademik Danışman

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

ÖZET

Bu çalışmada Coca Cola İçecek A.Ş.'nin Türkiye'nin doğu bölgesi için çapraz yüklemeye dayalı tren taşımacılığı alternatifinin uygulanabilir olup olmadığı incelenmiştir. İlk adımda, önerilen tren taşımacılığı alternatifinin mali getirisi oluşturulan matematiksel model ile ortaya çıkartılmıştır. Bu model Xpress IVE ortamında mevcut durum ve çeşitli senaryolar altında koşturulmuş ve firmaya çözüm önerileri sunulmuştur. Ayrıca modelin ilerki yıllarda değişen koşullar altında kullanılabilmesi için bir karar destek yazılımı geliştirilmiştir. Bir sonraki adımda tavsiye edilen tren taşımacılığı yönteminin uygulanabilirliğini tespit edebilmek için TCDD ve lojistik firmaları ile yapılan görüşmeler sonucunda bir pilot çalışma yapılmasına karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tren taşımacılığı, çapraz yükleme, konum belirleme ve atama, dağıtım sistemi tasarımı

1. Firma Tanıtımı

Coca-Cola İçecek A.Ş. (CCİ) Türkiye'nin en büyük alkolsüz içecek üreticisi ve dağıtıcısıdır. Ayrıca Coca Cola tüm dünya firmaları içinde marka değeri en yüksek firmadır. CCİ Coca Cola şişeleycileri arasında satış hacmi olarak Dünya'da 13. Avrupa'da ise 4. sırada yer almaktadır. Ayrıca Türkiye'de gazlı içeceklerde %66 pazar payı ile pazarın lideri durumundadır. CCİ, Türkiye piyasasına 12 marka ve 150'den fazla stok taşıma birimi (SKU) sunmaktadır. Türkiye genelinde 5 üretim tesisi vardır. Bu tesisler ile yılda 400 milyon ünite kasa üretebilmektedir. Coca-Cola'nın satış ve dağıtım operasyonları, Doğu, Batı ve Marmara olarak 3 ana bölgeye ayrılmıştır. CCİ ürünlerinin küçük bir yüzdesi de, Kıbrıs'a ve Irak'a ihraç edilmektedir. Coca Cola İçecek A.Ş. bünyesinde 1890 beyaz yakalı ve 710 mavi yakalı olmak üzere toplam 2600 kişi çalışmaktadır. Tüm Türkiye'de 500'den fazla CCİ bayisi vardır.

2. Projenin Tanımı

Projemizin kapsamı, Antalya-Zonguldak hattının doğusunda kalan Doğu Bölgesi dağıtım ağı ile sınırlıdır. Temel amaç, bu bölgenin dağıtım ağının analiz edilmesi, alternatif dağıtım stratejilerinin karşılaştırılması ve dağıtım maliyetlerinin azaltacak yeni bir sistem ortaya koymaktır. Buna göre mevcut dağıtım stratejisi olarak kamyon taşımacılığına dayalı doğrudan sevkiyat ile çapraz yükleme dayalı tren ve kamyon taşımacılığını içeren karma bir dağıtım stratejisi karşılaştırılacaktır.

Çapraz yükleme stratejisi, toplu halde gönderilen ürünlerin belirli transit noktalarda daha küçük birimlere ayrılması ve stok tutulmadan en kısa sürede hedeflenen noktaya gönderilmesini içermektedir. Bununla daha düşük maliyetli bir sistem geliştirilmeye çalışılacaktır. Buna ek olarak yapılan işletme fizibilitesi çalışmaları ile önerilen sistemin CCİ'nin mevcut sistemine uygun olup olmadığını belirlemek de projenin kapsamı içindedir.

CCİ Doğu Bölgesi'nde uygulanan mevcut taşıma sistemi daha önce analiz edilmemiş ve alternatif sistemlerle karşılaştırılmamıştır. CCİ, tren ve kamyon birlikte kullanımını içeren ve çapraz dağıtım stratejisine dayalı bir dağıtım sisteminin, uygulamaya geçilmesi halinde ekonomik fayda sağlayıp sağlamayacağını öğrenmek istemektedir.

3. Analiz

3.1 Mevcut Sistemin Analizi

CCİ'nin 3 ana bölgesinden yüz ölçümü bakımından en büyüğü olan Doğu Bölgesi'nde 206 bayiye Coca-Cola ürünleri dağıtılmakta ve halihazırdaki sistemde 150'den fazla SKU bulunmaktadır. 2005 yılında Doğu Bölgesi'ndeki bayilere dağıtım gideri 17.441.752 YTL olarak gerçekleşmiştir. Mevcut sistemde ürünlerin bayilere ulaştırılma süresi

istisnai hallerde 2 güne çıkabilse de ortalama olarak 1 gündür. Kış aylarında, sert hava koşulları en doğudaki illere ulaşımı zorlaştırabilmektedir. CCI, talepleri doğrudan sevkiyat yöntemi ile karşılamaktadır. Ankara ve Mersin fabrika ambarları hariç, Doğu Bölgesi'nde stok tutulan başka bir depo bulunmamaktadır. Genellikle her sevkiyat her bayiye doğrudan kamyonla yapılmaktadır. Sipariş bir kamyon tam olarak dolduğunda gönderilmektedir. 16, 20 ve 27.5 ton kapasitesinde 3 çeşit kamyon kullanılmaktadır. Ürünler kamyonlara, ağırlıkları ve hacimleri ürünlere göre değişen paletlerle yüklenmektedir. Yukarıda kapasiteleri verilen kamyonlar, sırasıyla, 14, 16 ve 24 palet taşıyabilmektedir. CCI, bayilere ve perakendecilere olan dağıtım operasyonlarını dış kaynak kullanımına giderek nakliye firmaları aracılığı ile gerçekleştirmektedir.

3.2 Problem

CCI, bayilere ve perakendecilere yaptığı dağıtımın maliyetini üstlenmektedir. Bu nedenle toplam dağıtım maliyetlerinin mümkün olan en aza indirilmesi şirket için öncelikli bir hedeftir.

CCI Doğu Bölgesi dağıtım ağının temel ihtiyacı, yukarıda da belirtildiği üzere toplam taşıma maliyetini en aza indiren bir dağıtım ağının tasarlanmasıdır. CCI, tren ve kamyon kullanılan, çapraz dağıtım stratejisine dayalı bir dağıtım sisteminin, Doğu Bölgesi'nde uygulanabilir olup olmadığını ve getireceği olası ekonomik faydaları öğrenmek istemektedir.

Dağıtım ağı tasarımı modelleri ile ilgili oldukça geniş bir literatür vardır. İncelediğimiz literatürdeki makalelerden bazıları aşağıda detaylandırılmıştır:

Basta ve Hindi (1994), açılacak ambar ve dağıtım merkezlerinin yerlerine, sayılarına ve büyüklüklerine karar veren bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen eniyileştirme modellerinin çözümü için dal-sınır yöntemini öngörmüşlerdir.

Jayaraman ve Pirkul (2001), problemi iki aşamalı olarak ele almışlardır. Birinci aşamada, açılacak tesislerin alt kümesi belirlenirken, ikinci aşamada ise müşteriler açılacak tesislere atanmaktadır. Bu iki aşamalı problemi çözen gösterim ve sezgisel yöntemle “Tesis-Ambar Problemi” adını vermişlerdir. Jayaraman ve Pirkul (1998), diğer bir makalelerinde ise çokbasamaklı ortamlarda, üretim ve dağıtım tesislerinin yerlerini belirleyen tümleşik lojistik modelleri üzerine analizlerini sunmuşlardır.

Çapraz yükleme merkezleri için eniyi yerleştirmenin belirlenmesini analiz eden Dobrusky (2003), çeşitli ürünlerin ulaşacağı yüzlerce konum içeren modelleri incelemektedir. Makalede, “konum atama” ve “kapasiteli konum” olmak üzere iki farklı yaklaşım mevcuttur.

Shapiro (2000), kitabında karışık tamsayı izlenceleme ile dağıtım merkezi konumlandırılması yöntemlerini analiz etmiştir. Amaçlanan, ambar ve taşıma maliyetlerinin enküçültülmesidir. Modelde, ambarların potansiyel konumları ve kapasiteleri, pazara olan uzaklıkları, ilgili maliyetler ve talepler kullanılmıştır.

4. Önerilen Yöntembilim

4.1 Genel Yaklaşım

Değişik dağıtım stratejileri incelendiğinde, tren yolu taşımacılığının diğer alternatifler arasında ön plana çıktığı görülmüştür. Demiryolunun Ankara ve Mersin tesislerine yakınlığı, hükümetin tren taşımacılığına uyguladığı teşvikler, CCI'nin sürekli sevkiyat uygulaması ve tren yolu taşımacılığının düşük maliyeti demiryolu alternatifine odaklanılmasının temel sebepleridir.

Önerilen sistem, mevcuttaki doğrudan sevkiyat stratejisini, çapraz yüklemeye dayalı tren taşımacılığı alternatifi ile birleştiren karma bir sistemdir. Oluşturulan eniyileme modelinde Ankara ve Mersin fabrikaları birer dağıtım merkezi olarak kabul edildiği için bayilere doğrudan sevkiyat çözümünün bir parçası olmaya devam etmektedir. Bu eniyileme modeli sayesinde ulaşılacak en kötü sonuçta bile toplam taşıma maliyeti mevcut sistemden yüksek olamayacaktır. Önerilen sistemde tren yolu taşımacılığı üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada ürünler, Ankara Fabrikası'ndan en uygun istasyon Beyiçbey'e ve Mersin Fabrikası'ndan Yenice tren istasyonlarına taşınacaktır. İkinci aşamada, istasyonlara taşınan ürünler model tarafından belirlenmiş transit dağıtım noktalarına tren vasıtası ile gönderilecektir. Bu dağıtım noktalarında kurulan merkezlerde, çapraz yükleme stratejisi gereğince stok tutulmayacaktır. Tren ile gönderilen ürünler birden fazla bayinin taleplerinden oluşacağı için ölçek ekonomisinden de faydalanmak mümkün olacaktır. Üçüncü aşamada, trenden indirilen ürünler bayi siparişlerine göre ayrılarak, kamyonlarla bayilere taşınacaktır. Ürünler, paletler halinde bayi siparişlerine göre fabrikada sınıflandırılacağı için dağıtım merkezlerinde kamyonlara yüklenirken ayrı bir işlem gerekmecektir.

Yukarıda bahsedilen tren taşımacılığı sistemi bazı stratejik kararların alınmasını gerektirmektedir. Bu kararlar dağıtım merkezlerinin yer ve sayısı, bu merkezlere bağlı olacak bayilerin belirlenmesi, satın alınacak veya kiralanacak trenlerin sayısının ve sevkiyat sıklığının belirlenmesi olarak özetlenebilir. Bu kararları alacak bir matematiksel model geliştirilmiş ve ileride de kararların alınmasını kolaylaştıracak bir kullanıcı arabirimi oluşturulmuştur.

4.2 Geliştirilen Model ve Çözüm Yöntemi

Kurulan model özel bir konum belirleme ve atama (location allocation) problemi modelidir. Amaç, bayi siparişlerini tam olarak karşılarken toplam taşıma maliyetlerini en aza indirmektir.

Modelin kurulumunda ilk adım olarak 13 aday dağıtım merkezi belirlenmiştir. Adayların belirlenmesinde talep yoğunlukları ve aday merkezlerin altyapısal yeterlilikleri temel faktör olarak alınmıştır. Yüksek talep hacmine sahip, tren istasyonlarına yakın büyük şehirlere öncelik verilmiştir. Buna ek olarak, bayilere yakınlık ve karayolları elverişliliği faktörleri de gözletilmiştir. Aday dağıtım merkezleri, Ankara'dan başlayan hat üzerinde Kayseri, Sivas, Amasya, Samsun, Erzincan, Erzurum ve Kars iken Mersin'den başlayan hat üzerinde Elazığ, Diyarbakır, Tatvan, Malatya, Batman ve Bingöl'dür.

Ankara ve Mersin'den yapılacak doğrudan sevkiyat stratejisini modele entegre edebilmek için buralar da aday dağıtım merkezi olarak belirlenmiş ve modelin Ankara ve Mersin'den doğrudan kamyonla sevkiyat kararları verebilmesi sağlanmıştır. Model böylece mevcut sistemi de bünyesinde barındıracak, daha az maliyetli bir sistem kurulamadığı durumda mevcut sistemle devam kararı alacaktır.

Matematiksel model ve modelde kullanılan parametre ve karar değişkenlerinin tanımı Ek 1'de verilmiştir. Amaç, toplam taşımacılık masraflarını asgariye indirmektir. Amaç fonksiyonunun ilk kısmı kiralanan trenlerin, ikinci kısmı ise satın alınan trenlerin dağıtım merkezlerine gönderilmesinin masraflarıdır. Üçüncü kısım satın alınan trenlerin yıllık sabit masrafını ve bakım masraflarını içermektedir. Dördüncü kısım bir dağıtım merkezi açmanın sabit masrafını temsil eder. Fonksiyonun son kısmı ise dağıtım merkezlerinden bayilere gönderilen aylık siparişlerin masraflarını içermektedir.

Kısıt [1] her bayiye bir dağıtım merkezinin hizmet etmesini sağlamaktadır. Kısıt [2] kapasiteyi belirlemektedir. Her tren (10 vagon) 500 ton taşıyabilecek bir kapasiteye sahiptir. Bu yüzden, bir dağıtım merkezine hizmet veren satın alınmış ve kiralanan trenlerin sayısı bu değerle çarpılarak, toplam kapasitenin ilgili bayilerin taleplerini karşılaması sağlanmaktadır. Bir dağıtım merkezi bir bayiye hizmet veriyorsa, kısıt [3] o dağıtım merkezinin açılmasını sağlar ve amaç fonksiyonuna ilgili sabit maliyeti ekler. Kısıt [4] satın alınacak trenin, kullanıldığı takdirde, yıllık sabit maliyetini amaç fonksiyonuna ekler. Kısıt [4] ve [5] satın alınan ve kiralanan trenlerin kullanımını sınırlar. Bu kısıtlar toplam tren seferi süresinin bir aydaki iş günü sayısını geçmemesini sağlar.

Bu modelin çıktısı, dağıtım merkezlerinin yerlerini ve bu dağıtım merkezlerine bağlanan bayileri verir. Ayrıca satın alınan ve

kiralanan tren sayıları ile trenlerin dağıtım merkezlerine yaptıkları yolculuk sıklığını vermektedir.

4.3 Varsayımlar

Mevcut dağıtım sisteminde Ankara ve Mersin fabrikaları belirli bölgeye ve buradaki bayilere hizmet vermektedir. Bu atamalar fabrikaların kapasite ve üretim planlarına göre belirlenmiştir. Bu atamaları değiştirmek projenin kapsamı dışında olduğu için model dağıtım ağı, iki ayrı bölümde incelenmiştir. Böylece, model iki alt-model halinde ele alınmış ve ayrı ayrı çözülmüştür. Alt modellerden biri Mersin fabrikası ve ona bağlı olan 95 bayii, diğeri ise Ankara fabrikası ve ona bağlı olan 111 bayii kapsamaktadır.

Tren taşımacılığı bazı özel kıstaslar ön görmektedir. TCDD'nin fiyatlandırma ve minimum taşıma ağırlığı sınırlandırmalarına göre bir tren 10 vagon oluşmaktadır. TCDD'nin Blok Taşıma İşletmeciliği olarak adlandırdığı bu politika sebebiyle, kiralanan veya satın alınan trenler en az 10 vagon ve katları cinsinden hesaplanmıştır. Bir trenin minimum taşıma kapasitesi TCDD tarafından 500 ton olarak belirlenmiştir. Ayrıca, TCDD'nin organizasyon politikaları sebebiyle tren bir dağıtım merkezine giderken ara istasyonlarda vagon bırakılmasına izin verilmemektedir.

Tasarlanan sistemin en önemli özelliklerinden biri dağıtım merkezlerinde stok tutulmayacak olmasıdır. TCDD, trenin dağıtım istasyonlarında 24 saat ücretsiz bekletilebilme hakkını tanımaktadır. Bu süre içerisinde dağıtım istasyonuna getirilen ürünlerin kamyonlarla bayilere gönderileceği öngörülmektedir. Bu organizasyon, CCİ tarafından sipariş bilgilerinin tren taşıma süresi içerisinde dağıtım merkezlerine ulaştırılmasıyla sağlanacaktır.

Geliştirilen modelde envanter maliyetleri gözönüne alınmamıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda Coca Cola'nın birim başına envanter maliyeti tutmadığı görülmüştür. Ayrıca alacaklar ve borçlar dengesinin sağlandığı bir durumda envanter maliyetlerinin bir sorun yaratmadığı öğrenilmiştir. CCİ tedarikçilerine 30 gün sonra ödeme yaparken, bayilerden 20 gün içinde alacaklarını tahsil etmektedir. Hammaddeler satın alındıktan sonra 10 gün içinde ürün olarak bayiye ulaştığında CCİ için herhangi bir envanter maliyeti oluşturmamaktadır. Önerilen sistemde de sevkiyatların bu 10 günlük süre içinde yapılmaya devam edeceği öngörülmektedir.

Bu modelde ele alınmayan ama önümüzdeki dönemde geliştirilebilecek bir başka unsur da sevkiyatların zaman çizelgelerinin çıkarılması olacaktır. Gönderilen kamyon ve trenlerin aylık çizelgelerinin çıkarılması, Coca Cola'nın üretim ve envanter planlamasını kolaylaştıracaktır. Böyle bir çizelgenin oluşturulması için

mevcut modelin çıktılarını kullanabilen bir algoritma geliştirilebilir veya çizelgeleme modele entegre edilebilir.

CCİ taşıma giderlerini yıllık bazda tutmaktadır. Bu yüzden önerilen sistemin maliyet hesapları da yıllık bazda tutulmuştur. Böylece geçmiş senelerde gerçekleşen taşıma maliyetleriyle karşılaştırma olanağı elde edilmiştir. Ayrıca, sistemin getireceği yatırım maliyetleri de bir yıla indirgenerek diğer maliyetlere eklenmiştir. Bu sayede tam bir karşılaştırma yapılabilmesi mümkün kılındığı gibi CCİ'nin kullandığı hesaplarla da uyum sağlanmıştır.

5. Yöntembilimin Uygulanması

5.1 Kullanılan Veriler

Modelden elde edilen sonuçların doğruluğu kullanılan parametrelerin gerçeği ne kadar yansıttığıyla yakından ilişkilidir. Modelde yer alan tren satın alma ve bakım masrafları TCDD'den alınmıştır ve CCİ'nin kullandığı yöntem doğrultusunda yıllık olarak hesaplanmıştır. Dağıtım merkezi açma, fabrikalardan istasyonlara taşıma ve yükleme-boşaltma maliyetleri CCİ'nin şu an taşımasını yapan nakliye firmasıyla beraber hesaplanmıştır. Trenlerin aday dağıtım merkezlerine gidiş süreleri; trenlerin yolda geçirdikleri süre ve CCİ'den alınan yükleme-boşaltma sürelerinin toplanmasıyla elde edilmiştir. Trenle gerçekleştirilen taşıma masrafları TCDD'den alınan, satın alınan ve kiralanan tren tarifeleri üzerinden hesaplanmıştır. Dağıtım merkezlerinden bayilere ürün taşıma masrafı hesaplanırken CCİ'den alınan kilometre başına taşıma maliyeti bilgileri kullanılmıştır. Bu maliyetler mesafe ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Modelde kullanılan tüm maliyetler ton cinsinden hesaplandığından CCİ'nin koli cinsinden talep verileri her SKU için ton haline çevrilmiştir.

Matematiksel model, açılan dağıtım merkezlerine atanmış olan bayilere yapılan sevkiyatın toplam maliyetini bir çıktı olarak vermektedir. Bu maliyetin mantıklı bir şekilde analiz edilebilmesi için, CCİ finans yöneticileriyle yapılan toplantıda aşağıda açıklanan yol belirlenmiştir. Modelin verdiği çıktı sonucu tren taşımacılığı öngörülen bayiler için gerçekleştirilen sevkiyatın birim ve toplam maliyeti hesaplanacaktır. Bu değerler, mevcut uygulamadaki kamyonla taşımanın birim ve toplam sevkiyat maliyeti ile karşılaştırılacaktır. Trenle sevkiyat yapılacak her bayi için bu hesaplar yapılarak, sistemin tren taşımacılığı öngördüğü bölümünün toplam maliyeti tespit edilecektir ve mevcut sistemle karşılaştırılacaktır.

5.2 Koşturumun Sonuçları

5.2.1 Ankara Hattı

Model çözümleriyle Ankara ve Erzurum'da iki adet dağıtım merkezi kurulmasına karar verilmiştir. Ankara'da kurulacak dağıtım merkezi şu an fabrikadan yapılan doğrudan sevkiyat stratejisini temsil

etmektedir. Erzurum'a kurulacak dağıtım merkezine çevredeki 13 bayi atanmıştır. Bu bayilerin taleplerini karşılayabilmek için model vagon kiralama ve satın alma seçeneklerinin her ikisini de seçmiştir.

CCİ şirket politikası olarak taşıma sistemini bir başka şirket aracılığıyla yürütmeyi uygun görmektedir. Modelin sonucu, trenle taşımanın nakliyecisi firmaya getireceği maliyeti hakkında bilgi verecektir. Uygun görülen trenle taşıma sistemine geçilmesi durumunda tren taşımacılığı yapılacak bayilerde toplam maliyet 1.024.445 YTL, mevcut sistemde ise 1.495.796 YTL olmaktadır. Böylece trenle taşınan hacim içinde %31,5'lik bir iyileştirme gerçekleştirilmiştir.

Yapılan hesaplarda Ankara hattının toplam talebinin %10'unun (toplam taşıma maliyetinin ise %20'sine eşdeğer) trenle taşındığı, kalan kısmının şu anda da kullanılan doğrudan sevkiyat yöntemiyle gönderildiği görülmüştür. Tren taşımacılığının sınırlı olmasına bayilerin demiryolu hattına uzak oluşu ve demiryolunun uzunluğu neden olarak gösterilebilir. Özellikle bayilerin Karadeniz sahil şeridi üzerinde yoğunlaşması, bu bölgelere dağıtım istasyonları üzerinden yapılacak tren taşımacılığını pahalı kılmaktadır.

5.2.2 Mersin Hattı

Model, Diyarbakır, Malatya Mersin ve Tatvan'da 4 yeni dağıtım merkezi açılmasına karar vermiştir. Mersin'de kurulacak dağıtım merkezi şu anda fabrikadan yapılan doğrudan sevkiyat stratejisini temsil etmektedir. Diyarbakır'a kurulacak dağıtım merkezine 24; Malatya'ya kurulacak dağıtım merkezine 10; Tatvan'a kurulacak dağıtım merkezine 13 bayi atanmıştır. Geriye kalan bayiler Mersin fabrikasından ürünlerini doğrudan dağıtım yoluyla almaya devam edecektir.

Model sonucuna göre öngörülen trenle taşıma sistemine geçilmesi durumunda toplam maliyet 4.220.706 YTL, mevcut sistemin devam etmesi durumunda ise 5.188.404 YTL olmaktadır. Ek 3'te Tatvan dağıtım merkezi için yapılan örnek hesaplamalar verilmiştir.

Yapılan hesaplarda Mersin hattının toplam talebinin %45'inin (toplam taşıma maliyetinin %68'sine eşdeğer) trenle taşındığı, kalan kısmının şu anda da kullanılan doğrudan sevkiyat yöntemiyle gönderildiği görülmüştür. Tren taşımacılığının bu kadar fazla olmasına bayilerin demiryolu hattına yakınlığı ve açılacak dağıtım merkezlerinin yakınlarında çok sayıda bayi bulunması neden olarak gösterilebilir.

5.3 Duyarlılık Analizleri

Modelin, CCİ'nin gelecekte karşılaşabileceği çeşitli durumlara nasıl tepkiler vereceğini görebilmek için farklı senaryolarla duyarlılık analizleri yapılmıştır. İlk senaryoda karayolu taşımacılığı maliyetlerinin üç yıl içinde %15 artacağı öngörülmüştür. Bu senaryonun seçilme nedeni petrol fiyatlarında gözlenen artış eğilimidir. İkinci senaryoda ise talep artışının sonuçlara etkisini inceleyebilmek için taşıma maliyetleri

sabit kalmak üzere talebin üç yıl içinde bugüne göre %33 artacağı varsayılmıştır. CCI'nin geçtiğimiz yıllarda ortalama %10'luk talep artışı yaşadığı gözlenmiştir. Böyle bir senaryonun yaratılması bu nedenle uygun bulunmuştur. Son senaryoda ise TCDD'nin blok tren uygulamasından kaynaklanan sevkiyat başına minimum 500 ton yük gönderilmesi kısıtı minimum 200 tona çekilmiştir. CCI, mevcut sistemde olduğu gibi önerilen sistemde de taşımaları bir lojistik firması aracılığı ile gerçekleştirecektir. Taşıyıcı firma CCI'nin taleplerini başka firmaların yükleri ile birleştirerek taşıyacağından bu kısıtın 200 tona kadar düşürülebileceği varsayılmıştır.

İlk senaryonun analizleri Ankara fabrikasından dağıtımı yapılacak bölge için gerçekleştirilmiştir. Standart koşturumda Ankara ve Erzurum'da birer dağıtım merkezi olarak açılmaktadır. Farklı senaryoların analizlerinden sonra da Ankara ve Erzurum'da dağıtım merkezleri açıldığı görülmüştür. Mevcut koşullarda Erzurum üzerinden gönderilen ürün miktarı toplam hacmin %10'u kadar olmasına rağmen şu an Erzurum'da bir dağıtım merkezi açmak hem dağıtım maliyetlerini azaltacak hem de ileride oluşacak uygulama zorluklarıyla başa çıkabilmek için tecrübe sağlayacaktır. Karayolu taşıma masraflarında %15'lik bir artış olacağı varsayıldığında, CCI ürünlerinin %25'inin tren yoluyla taşınmaya başladığı gözlenmektedir. Sevkiyat başına minimum yük gönderimi kısıtı 200 tona indirildiğinde, toplam taşıma masraflarında %5'lik bir düşüş gerçekleşmiştir. Bu düşüşün nedeni esnekleşen tren sevkiyatı sayesinde tren yoluyla taşınan ürün miktarındaki artıştır.

Duyarlılık analizlerinin ikinci kısmı Mersin fabrikasından dağıtımı yapılacak bölge için gerçekleştirilmiştir. Standart koşturumda Mersin, Diyarbakır, Tatvan ve Malatya'da birer dağıtım merkezi açılmaktadır. Yapılan 3 senaryo analizinde de aynı şehirlerde dağıtım merkezlerinin açıldığı görülmüştür. Karayolu taşıma masraflarında %15'lik bir artış gerçekleştiğinde, CCI ürünlerinin %61'inin tren yoluyla taşınmaya başladığı gözlenmektedir. Sevkiyat başına minimum yük gönderimi kısıtı 200 tona indirildiğinde, toplam taşıma masraflarında %4'lik bir düşüş görülmüştür.

5.4 Kullanılan Yazılım ve Donanım ile İlgili Bilgi

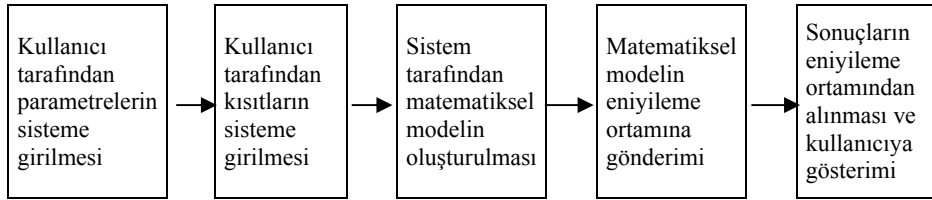
Projede matematiksel modelin eniyilenmesi aşamasında Xpress eniyileme paketi, karar destek sistemi oluşturulması aşamasında Visual Basic.NET programlama dili kullanılmıştır.

Xpress, doğrusal, karesel, tamsayı, rassal ve doğrusal olmayan matematiksel modellerin izlencelenmesine ve eniyilenmesine olanak tanıyan bir paket programdır. Birçok işletim sistemi ve platform ile uyumlu çalışabilmektedir. Visual Basic.NET nesneye yönelik

programlamaya olanak veren ve görsel olarak programlama yapılabilen bir programlama dilidir.

5.5 Karar Destek Yazılımı – *Distribution Network Optimizer*

Çapraz yüklemeye dayalı ürün dağıtım sistemini eniyilemek için oluşturulan matematiksel modelin CCI tarafından kolayca kullanılabilmesi ve ileride değişecek koşulların modele yansıtılabilmesinin kolaylaştırılması için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Bu yazılımın en önemli özelliği, modelin girdilerini CCI'nın kullandığı veri formunda alarak eniyileme ortamına uygun bir formata dönüştürmesidir. Geliştirilen sistemin temel unsurları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Karar Destek Sistemi

Sistem, Visual Basic.NET ile yazılmıştır. Verilerin sisteme girilmesi aşamasında, kullanıcıların MS Excel hesap çizelgelerinden kopyaladıkları verileri yapıştırmalarına izin verecek bir yol izlenmiştir. Bir sonraki aşamada kullanıcıların modele kısıtlar ekleyebilmelerini sağlayacak bir arayüz oluşturulmuştur. Bu sayede CCI açılacak dağıtım merkezlerine her ay gönderilecek tren sayılarına alt ve üst sınırlar koyabilecek, bir dağıtım merkezinin kesinlikle açılmasını ya da açılmamasını sağlayabilecektir. Sonraki aşamada, kullanıcı tarafından girilen veriler ve kısıtlar dikkate alınarak matematiksel model oluşturulmaktadır. Eniyileme ortamı olarak Xpress programı seçilmiştir. Matematiksel model Xpress programının modelleme dili MOSEL yardımıyla oluşturulmaktadır. Son iki aşamada, model Xpress'e gönderilir ve çözüm bir metin dosyası olarak eniyileme ortamından alınır. Bu metin dosyasında model çıktıları anlaşılır bir biçimde kullanıcıya sunulmaktadır.

Kullanıcı, veri giriş ekranından dağıtım sisteminin eniyileneceği bayilerin listesini ve bu bayilerin 12 aylık taleplerini sisteme girer. Bunların dışında kalan veriler bir Access veritabanında saklanmaktadır. Sistem bu veritabanına koşturum sırasında erişerek gerekli verileri elde eder. Eğer verilerde bir değişiklik varsa kullanıcı MS Access ile bu değişiklikleri sisteme yansıtabilir. Ek 2'de kullanıcı veri giriş ekranı için bir örnek verilmiştir.

Karar destek sistemi sayesinde, kullanıcı, matematiksel modeller hakkında bilgiye sahip olmasa bile yazılımın yönergelerini izleyerek istediği satış bölgesindeki dağıtım sisteminin eniyilemesini yapabilir; farklı dağıtım alternatiflerini sonuç dosyalarını kullanarak karşılaştırabilir.

6. Uygulama Planı

Yapılan proje, CCI Doğu Bölgesi'nin dağıtım ağını tümüyle değiştiren bir yapıda olduğu için kısa vadede geniş kapsamlı bir uygulama gerçekleştirmek mümkün değildir. Proje kapsamında yapılacak uygulama, Ankara ve Mersin fabrikalarından deneme sevkiyatlarıyla denenecektir. Bu gerçekleştirilecek sevkiyatların organizasyonu CCI ve TCDD yetkililerinin katıldığı bir toplantı ile belirlenmiştir. Deneme sevkiyatlarının planlaması tamamlanmış olup hangi taşıma firmasının bu denemeyi üstleneceği konusu teklif aşamasındadır.

Uygulama planı çerçevesinde ilk önce denemenin yapılacağı güzergah ve kullanılacak istasyonlar belirlenmiştir. Birinci güzergahta Ankara'dan Erzurum'a ikinci güzergahta ise Mersin'den Diyarbakır'a sevkiyat yapılacaktır. Erzurum ve Diyarbakır tercihleri Coca Cola üst düzey yetkilileri ile yapılan görüşmeler sonucunda seçilmiştir. Ayrıca, bu iki dağıtım merkezi modelin açtığı dağıtım merkezleri arasındadır. Böylece, deneme sevkiyatının model sonuçlarını da yansıtmayı sağlamaktadır. Bu şehirlerde kullanılacak istasyonlar ve indirme bindirme yapılacak peronların uygunluğu TCDD yetkilileri tarafından sağlanacaktır. Deneme sevkiyatında yollanacak ürün miktarı o haftanın bayi talepleri ve fabrika üretimi göz önüne alınarak belirlenecektir. Bu kararla, uygulama kolaylığının yanı sıra deneme uygulamasının model sonuçlarını sağlıklı yansıtmayı da göz önüne alınacaktır. Yollanacak ürün miktarının Coca Cola ile birlikte kararlaştırılmasından sonra gerekli vagon ve kamyon sayıları belirlenecek ve bu sayılar uygulama sevkiyatını üstlenecek firmaya bildirilecektir. Verilmesi gereken başka bir karar da tren taşımacılığında kullanılacak vagon tipidir. TCDD ile yapılan görüşmelerde yük taşımada kullanılabilecek vagon tipleri ile ilgili bilgiler alınmış ve Coca Cola'nın operasyonlarına Habis türü vagonların uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu vagonların en büyük özelliği yandan kaymalı kapıları sayesinde forkliftle palet yerleştirilmesine olanak sağlamalarıdır.

Deneme uygulaması sırasında yapılacak ölçümler, proje grubu tarafından belirlenmiştir. Birinci aşamada ürünlerin fabrikadan kamyonlara yükleme süreleri ölçülecektir. Ardından kamyonun belirlenen tren istasyonuna varma süresi ve mesafesi ölçülerek istasyona varış masrafı hesaplanacaktır. Daha sonraki aşamada ürünlerin kamyonlardan indirilip vagonlara yerleştirmesinin zaman etüdü

yapılacak ve bu sırada yaşanabilecek operasyonel zorluklar incelenecektir. Zorlukların tespitinden sonra yükleme için pratik bir yöntem belirlenecektir (olası yeni palet şekli, yüksekliği, vb). Bu aşamada trene yükleme için gerekli personel ve forklift sayıları da hesaplanarak bunlara karşılık gelen masraf kalemleri belirlenecektir. Bu adımdan sonra trenin belirlenen istasyona gidiş süresi ölçülerek, öngörülen taşıma sürelerinden sapma olup olmadığı tespit edilecektir. Aynı zamanda, trenin yolda olduğu süre boyunca, ürünlerde bozulma, devrilme veya çalınma gibi olumsuz koşulların oluşup, oluşmayacağı gözlenecektir. Son aşamada ise trenden indirilen yüklerin kamyonlarla, belirlenen bayilere ulaşma süreleri ve bu taşımanın gerektireceği masraflar belirlenecektir.

Sonuç olarak deneme sevkiyatı ile Coca Cola'ya tavsiye edilen tren taşımacılığı sisteminin uygulanabilirliği görülecektir. Ayrıca modelin öngördüğü maliyetlerle denemede gerçekleşen maliyetler de karşılaştırılabilecektir.

7. Genel Değerlendirme

7.1 Projenin firmaya getirmesi beklenen katkılar.

Projenin CCI'ye en önemli katkısı toplam taşıma maliyetlerini azaltmaktır. Koşturum sonuçları bölümünde yapılan analizlerde maliyet düşüşleri hakkındaki kesin rakamlar belirtilmiştir. Bu maliyet düşüşü CCI'ye rekabetçi bir avantaj sağlayacaktır. CCI'nin tren yolu taşımacılığını diğer rakiplerinden önce kullanmaya başlaması da bu konuda tecrübe kazanılması bakımından önemlidir. Önerilen sistemin bir başka kazancı da tren taşımacılığı ile yapılan sevkiyatların daha düzenli olması ve dolayısıyla CCI üretiminin daha düzenli olacağıdır.

7.2 İleriye dönük güncelleme / geliştirme konularında öneriler.

Geliştirilen matematiksel modelin gelecek yıllarda da çalıştırılabilmesi Coca Cola'nın dağıtım sisteminin değişen koşullara uyum sağlayabilmesi için önemlidir. Geliştirilen karar destek sistemi, bu konuda gereken esnekliği sağlamıştır. Değişen talep verileri, kapanıp/açılan bayiler, bir bölgeye gönderilebilecek tren sayısındaki değişiklikler, ve değişen taşıma maliyetleri karar destek sistemi sayesinde Xpress kullanmayı bilmeyen bir kullanıcı tarafından da değiştirilebilir hale gelmiştir. Daha temel değişiklikler gerektiğinde ise Xpress kullanılarak kısıtlar rahatlıkla değiştirilebilir ve/veya eklenip çıkarılabilir.

Mevcut durumda bir sevkiyatın yapılabilmesi için TCDD'nin blok tren uygulaması nedeniyle 500 tonluk yükün birleştirilmesi gerektiği varsayılmıştır. Bu varsayım için kullanılan kısıt bir lojistik firmasının bu yüklemeyi üstlenmesi durumunda değiştirilebilecektir. Firma Coca Cola'nın yükünü diğer müşterilerinin yükleriyle

birleştirebilecek böylelikle Coca Cola'dan 500 tonun altında ürün gönderilebilecektir.

Uygulamada sırasında meydana gelebilecek bir diğer değişiklik ise bölge bayilerinden birinin taşımayı üstlenmesi durumudur. Bu durumda tren ile dağıtım merkezine yollanan ürünler, hedef şehirdeki büyük bir kapasiteye sahip bir bayi tarafından diğer bayilere dağıtılacaktır. Bu sistem (bayilerin bölgedeki etkinliği göz önüne alındığında) bir lojistik firmasının dağıtımı üstlendiği durumla karşılaştırıldığında uygulama açısından kolaylıklar sağlayabilecektir.

Bu modelde envanter maliyetleri gözönüne alınmamıştır. Önümüzdeki dönemde bu maliyetlerin eklenmesi ile modelin gerçeği daha iyi yansıması sağlanabilir. Böylece dağıtım sistemi için uygun alternatifler aranırken taşıma masraflarıyla birlikte Coca Cola'nın ve bayilerin envanter taşıma maliyetleri de hesaba katılacaktır.

Bu modelde ele alınmayan ama önümüzdeki dönemde geliştirilebilecek bir başka unsur da sevkiyatların zaman çizelgelerinin çıkarılması olacaktır. Gönderilen kamyon ve trenlerin aylık çizelgelerinin çıkarılması, Coca Cola'nın üretim ve envanter planlamasını kolaylaştıracaktır. Böyle bir çizelgenin oluşturulabilmesi için mevcut modelin çıktılarını kullanabilen bir yöntem geliştirilebilir veya model içine bir çizelgeleme modülü entegre edilebilir.

KAYNAKÇA

- Basta T. ve Hindi K. S., ‘Computationally Efficient Solution of a Multiproduct, Two-Stage Distribution-Location Problem’, *Journal of the Operational Research Society*, Cilt. 45, Sayı. 11, S. 1316-1323, 1994
- Dobrusky F. G., ‘Optimal Location of Cross-Docking Centers for a Distribution Network in Argentina’, Master Tezi, Master of Engineering in Logistics, Engineering Systems Division, Massachusetts Institute of Technology, Haziran 2003
- Endüstri Mühendisliği Ansiklopedik Sözlüğü
<http://www.sistems.org/ems/>
- Jayaraman V. ve Pirkul H., ‘A Multi- Commodity, Multi-Plant, Capacitated Facility Location Problem: Formulation and Efficient Heuristic Solution’, *Computers and Operations Research*, Cilt 25, Sayı 10, S. 869 – 878, 1998
- Jayaraman V. ve Pirkul H., ‘Planning and Coordination of Production and Distribution Facilities for Multiple Commodities’, *European Journal of Operational Research*, Cilt 133, Sayı.2, S. 394-408, 2001
- Shapiro J. F., ‘Modeling the Supply Chain’, Duxbury Press, Aralık 2000

EKLER

Ek.1 Matematiksel Model

Kümeler:

$$M : \{1,2,\dots,m\}$$

– Satın alınabilecek trenler kümesi

$$N : \{1,2,\dots,n\}$$

– Kiralanabilecek trenler kümesi

$$T : \{1,2,\dots,12\}$$

– Aylar kümesi

$$I : \{1,2,\dots,i\}$$

– Bayi kümesi ($i = 77$ Mersin için ve $i = 123$ Ankara için)

$$J : \{1,2,\dots,j\}$$

– Aday dağıtım merkezi kümesi ($j = 10$ Mersin için ve $j = 7$ Ankara için)

Değişkenler:

$$X_m = \begin{cases} 1 & \text{eğer } m \text{ treni satın alındıysa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ bayisi } j \text{ dağıtım merkezine bağlandıysa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$C_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ dağıtım merkezi açıldıysa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$R_{njt} = t \text{ ayında kiralananan } n \text{ treni ile } j \text{ dağıtım merkezine yapılan yolculuk sayısı}$$

$$B_{mjt} = t \text{ ayında satın alınan } m \text{ treni ile } j \text{ dağıtım merkezine yapılan yolculuk sayısı}$$

Parametreler:

$$e_j = \text{Dağıtım merkezi } j \text{'nin sabit maliyeti: Bu değer forklift satın alma, işletme, alan kiralama ve işçi maliyetlerini kapsamaktadır.}$$

$$f_m = \text{Satın alınan } m \text{ treninin sabit maliyeti: Yıla indirgenen sermaye yatırımı ve yıllık bakım masrafı.}$$

$$d_{it} = i \text{ bayisinin } t \text{ ayındaki talebi: Aylık talepler geçmiş siparişleri olarak CCI'den alınmıştır. Aylık taleplerin birimi ton olarak belirlenmiştir.}$$

$$t_j = \text{Tren yoluyla } j \text{ dağıtım merkezine ulaşma süresi: Üretim tesislerinden dağıtım merkezine gidiş dönüşü kapsayan taşıma süresi.}$$

$$K_j = \text{Üretim tesislerinden } j \text{ dağıtım merkezine taşıma maliyeti: Satın alınan bir trenin (10 vagon) dağıtım merkezine gönderilmesinin aylık maliyeti.}$$

$$L_j = \text{Üretim tesislerinden } j \text{ dağıtım merkezine taşıma maliyeti: Kiralanan bir trenin (10 vagon) dağıtım merkezine gönderilmesinin aylık maliyeti.}$$

$$O_{ijt} = j \text{ dağıtım merkezinden } i \text{ bayisine } t \text{ ayındaki taşıma maliyeti: Bayilerin aylık taleplerinin eşleştirilen dağıtım merkezlerinden gönderilme masrafı.}$$

$$G_t = t \text{ ayında tren taşımacılığı yapılabilecek gün sayısı}$$

Model:

$$\text{Enküçült} \sum_{ijn} L_j R_{njt} + \sum_{ijm} K_j B_{mjt} + \sum_m f_m X_m + \sum_j e_j C_j + \sum_{tji} O_{ijt} Y_{ij}$$

s.t.

$$[1] \quad \sum_j Y_{ij} = 1 \quad ; \forall i$$

$$[2] \quad \left(\sum_n R_{njt} + \sum_m B_{mjt} \right) \cdot 500 \geq \sum_i d_{it} Y_{ij} \quad ; \forall j, t$$

$$[3] \quad Y_{ij} \leq C_j \quad ; \forall i, j$$

$$[4] \quad \sum_j B_{mjt} \leq A X_m \quad ; \forall m, t$$

(A: yeterince büyük)

$$[5] \quad \sum_j t_j R_{njt} \leq G_t \quad ; \forall n, t$$

$$[6] \quad \sum_j t_j B_{mjt} \leq G_t \quad ; \forall m, t$$

X_m , Y_{ij} , C_j sıfır-bir; R_{njt} , B_{mjt} tamsayı

Ek.2 Karar Destek Sistemi Veri Giriş Ekranı

Distribution Network Optimizer

Dosya Yardım

	1	2	3	4	5	6	7
AKCAABAT-OZTURK TIC	102,794	89,531	110,494	207,720	146,491	276,882	250.2
AKDAGMADENI	34,722	38,332	58,850	80,129	85,718	91,367	118.2
AKSARAY	388,006	211,792	527,038	327,694	390,980	549,432	681.1
AMASYA	210,492	119,573	236,428	248,767	322,642	454,854	364.3
ARAC	32,256	38,479	47,632	93,078	96,351	141,124	119.7
ARAKLI-AYCICEK	16,368	36,317	23,978	72,092	42,218	65,292	95.22
ARDAHAN-YUKSEL MES	48,897	67,247	66,675	78,465	73,455	109,846	92.37
ARTVIN-DEMIRGZ TIC	84,630	49,966	96,696	153,082	113,627	158,680	213.5
AVANOS	142,676	24,063	75,752	102,447	150,023	176,318	167.7
AYAS	28,344	53,024	36,853	42,408	85,640	93,369	107.6
AYBASTI-FAKIROGLU	18,197	19,380	35,536	50,043	76,503	135,360	163.8
BAFRA-OZEN	174,098	135,009	201,965	215,502	255,215	314,108	363.2
BARTIN	168,644	161,711	370,971	254,483	363,345	366,670	490.5
BAYBURT-BURGUL GIDA	31,029	48,101	63,445	87,916	80,399	114,302	141.0
BESIKDUZU-KARADENIZ	23,703	31,733	33,992	58,306	56,370	61,914	83.97
BEYPAZARI	...	...	...	...	...	...	...

Yapistir (Bayi Listesi) Yapistir (Talep Bilgisi) Devam



Ek.3 Tatvan Dağıtım Merkezi İçin Maliyet Hesapları

Aylık Talep (ton)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz	...	Ekim	Kasım	Aralık
AGRI	104	114	190	205	168	174	...	440	139	99
CALDIRAN	18	16	41	59	30	31	...	68	34	17
D.BEYAZIT	80	82	117	91	100	144	...	126	117	118
ERCIS	86	86	93	89	125	179	...	273	81	67
HAKKARI	77	115	145	127	222	253	...	273	152	83
KURTALAN	52	31	47	62	80	81	...	67	65	36
MALAZGIRT	40	77	83	67	52	100	...	157	61	31
MUS	76	66	119	127	130	156	...	243	131	65
PATNOS	38	17	68	65	67	97	...	82	47	34
SIRNAK	109	82	138	119	132	239	...	166	137	86
TATVAN	260	105	200	200	294	379	...	627	215	99
VAN	528	276	493	608	671	839	...	1653	567	235
Y.OVA	131	97	113	114	125	208	...	279	98	97
Toplam Talep	1496	1050	1657	1729	2029	2705	...	4012	1706	968

R*	0	1	0	0	1	5	...	4	1	1
B**	3	2	4	4	4	1	...	5	3	1
R ile taşınan	0	500	0	0	500	2500	...	2000	500	500
B ile taşınan	1500	1000	2000	2000	2000	500	...	2500	1500	500
Toplam(ton)	1500	1500	2000	2000	2500	3000	...	4500	2000	1000

R* : Kiralanan trenle yapılan sefer sayısı

B** Satın alınan trenlerle yapılan sefer sayısı

Ek.3 (devam)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(3)+(4)+(6)	(3)+(5)+(6)	(7)
	Mevcut Birim Taşıma (YTL/ton)	Mevcut Toplam Taşıma (YTL)	Dağıtım Merkezi - Bayi Taşıma (YTL/ton)	Kiralanan Tren Taşıma (YTL/ton)	Satın Alınan Tren Taşıma (YTL/ton)	Yüklene - Boşaltma (YTL/ton)	Kiralanan Tren Toplam Taşıma (YTL/ton)	Satın Alınan Tren Toplam Taşıma (YTL/ton)	Trenle Toplam Taşıma (YTL)
AGRI	62,8	151684,3	17,2	26,6	14,7	9,0	52,8	40,8	107017,8
CALDIRAN	58,0	30872,0	17,4	26,6	14,7	9,0	53,0	41,1	21842,4
D.BEYAZIT	65,9	92642,4	21,2	26,6	14,7	9,0	56,9	44,9	63092,4
ERCIS	56,3	97841,4	13,3	26,6	14,7	9,0	48,9	37,0	64213,8
HAKKARI	57,4	125252,8	20,1	26,6	14,7	9,0	55,7	43,7	95434,9
KURTALAN	47,1	36853,0	11,1	26,6	14,7	9,0	46,7	34,8	27212,9
MALAZGIRT	54,3	54977,3	10,4	26,6	14,7	9,0	46,0	34,0	34490,0
MUS	47,3	78132,2	9,6	26,6	14,7	9,0	45,2	33,2	54856,0
PATNOS	58,5	48461,9	12,7	26,6	14,7	9,0	48,4	36,4	30163,3
SIRNAK	46,6	80577,3	16,0	26,6	14,7	9,0	51,6	39,7	68515,8
TATVAN	49,7	178705,6	5,0	26,6	14,7	9,0	40,6	28,7	103037,2
VAN	56,8	484703,2	12,9	26,6	14,7	9,0	48,5	36,5	311668,1
Y.OVA	61,0	115849,6	21,7	26,6	14,7	9,0	57,3	45,3	86074,9

Envanter Yönetimi ve Stok Optimizasyonu

Cognis Kimya A.Ş.

Proje Ekibi

Vehbi Aykut Bolat
Mehmet Çekdemir
Mine Gülten Çevik
İsmail Alper Karaer
Süleyman Kardaş
Fatih Öztürk

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Hakan Şentürk, Cognis Kimya A.Ş.
Finans Kontrol Uzmanı

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Emre Berk, Bilkent Üniversitesi İşletme Bölümü

ÖZET

Cognis Kimya A.Ş.'nde envanter yönetimi, bilimsel ve analitik temellere dayalı bir sistem eksikliği sebebiyle verimli bir şekilde yürütülememektedir. Bu projenin amacı, Cognis Kimya A.Ş.'nde stok seviyelerini optimize eden ve envanteri verimli şekilde yöneten bir sistem tasarlamaktır. Tasarlanan bu sistemi uygulamak ve envanter yönetimine karar desteği sağlayacak analizleri yapabilmek amacıyla, Eclipse platformunda ve Java diliyle, İRİS adı verilen bir yazılım geliştirilmiştir. Yaptığımız benzetim koşullarında elde edilen parametreler uygulandığı takdirde, kapsam dahilindeki ürünlerin % 64'ünde envanter seviyesinde ortalama % 26 azalma, % 17'sinde servis seviyesinde ortalama % 10 artış sağlanabileceği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Birikmeli Poisson modeli, envanter yönetimi, stok optimizasyonu, (s,S) politikası.

1. İşletme Tanıtımı

Cognis Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş., 1963 yılında kurulmuş olan Türk Henkel Kimyevi Maddeler San. ve Tic. A.Ş.' den 2000 yılında ayrılarak, özel kimyasallar sektöründe faaliyetlerine bağımsız olarak devam etmektedir. Kocaeli-Gebze'deki fabrikası yılda yüz bin ton üretim yapabilecek kapasiteye sahiptir. Endüstri ve bakım kimyasalları üretmeye odaklanmış olan firmanın başlıca faaliyet alanları ise yağ kimyasalları, bakım kimyasalları, beslenme ve sağlık ürünleri, fonksiyonel ürünler ve proses kimyalarıdır. Net cirosu 169 milyon YTL olan firma 8 milyon YTL kayıtlı sermayeye sahiptir ve 2005 yılında 19 milyon YTL ihracat ve 39 milyon Avro ithalat yapmıştır. Firmada bilgi sistemi entegre olarak kullanılan SAP üzerinden yürütülmektedir. Personel sayısı 296 olan Cognis Kimya A.Ş.'nin bünyesinde 154 beyaz yakalı ve 142 mavi yakalı personel çalışmaktadır.

2. Projenin Tanımı

Türkiye kimya endüstrisi son üç yıla kadar yüksek kar marjları ile çalışan, rekabetin yoğun olarak yaşanmadığı karlı bir iş alanı idi. Türk ekonomisindeki değişimler, müşteri pazarındaki daralma, yerel ve global rakiplerin oluşturduğu rekabetçi ortamın yarattığı baskı ve bütün bunların sonucunda oluşan düşük karlı pazar ortamı, Cognis Kimya'yı karlılığını artırabilmek adına kendi iç yapısına dönerek maliyetlerini gözden geçirmeye zorlamıştır. 2005 yılı itibariyle firmanın ortalama envanter seviyesi on milyon Avro seviyesine ulaşmıştır. Firmanın yıllık cirosunun yüz milyon Avro olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu envanter maliyetinin karlılık açısından önemli olduğu açıktır. Bu bağlamda, firmadaki envanter yönetimini bilimsel ve analitik temellere dayalı bir sistem oturtmaya ve bu sistem dahilinde stok seviyelerini optimize etmeye yönelik politikaların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Proje kapsamında stok optimizasyonu üzerine odaklanmakla beraber, envanter yönetimine etki eden satış, tahmin, üretim planlama ve tedarik zinciri alanlarının incelenmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılması da sağlanmıştır. Bu projede, ortalama envanter miktarının %50'den fazlasını oluşturan ticari ve bitmiş ürünler üzerine odaklanılmış, hammadde ve yarımamül ürünler proje kapsamı dışında bırakılmıştır.

Cognis Kimya yönetimi, ticari ve bitmiş ürünlerde gerçekleştirilecek bir stok optimizasyonu ile iki temel faydanın elde edilmesini beklemektedir:

- 1.Yükseltilecek servis seviyeleri ile birlikte satış gelirlerinin artması,
- 2.Stok seviyelerinin düşürülmesiyle envantere bağlı fırsat maliyetinin azaltılması.

Bu iki ana fayda firmada nakit akışı rahatlığı yaratacak ve bu ek kaynak sayesinde kredi kullanımlarındaki faiz yükü azalacaktır.

3. Analiz

Cognis Kimya'nın ürün gamı endüstri kimyasalları ve bakım kimyasallarından oluşmaktadır. Kimya sektöründe gelişen teknoloji ve değişen pazar beklentileri doğrultusunda firmanın ürün gamı yıldan yıla farklılık göstermektedir. Firmanın tedarikçi havuzu hem büyüklükleri hem de dünya üzerindeki coğrafi konumları açısından büyük dalgalanmalar göstermektedir. Diğer yandan, müşteriler de KOBİ'lerden uluslararası şirketlere kadar geniş bir yelpazededir. Tüm bu etkenler rassallığı ve değişkenliği arttırmış, bu da başta envanter yönetimi olmak üzere iş modellerini daha karmaşık ve daha zor yönetilir hale getirmiştir.

3.1. Mevcut Sistemin Analizi

Bu bölümde Cognis Kimya'daki tedarik zinciri işleyişi özetlenecektir. Satış bölümüne gelen talepler, mevcut stok düzeyi elverdiği ölçüde doğrudan raftan karşılanır. Anında karşılanamayan talep miktarı, müşteri ile yapılan anlaşma çerçevesince ardışıklama durumuna düşer. Tedarik Zinciri bölümünün ana görevi, kalite standartlarına uygun mal alımlarının ve istenilen servis seviyelerini sağlayacak stok yönetiminin yapılmasıdır. Satış ve Operasyon Planlama birimi (*Sales and Operations Planning – SOP*) ise Satış ve Tedarik Zinciri bölümlerinin arasındaki bağlantıyı ve eşgüdümü sağlayarak, bu birimlerden aldığı bilgilerle siparişleri oluşturur.

Ticari ürünler, yurtdışından tedarik edilen, üretim süreçlerine sokulmadan doğrudan Cognis Kimya markasıyla iç piyasaya satılan ürünlerdir. Hammaddeler ise çoğunluğu yurtdışından olmakla beraber yurtiçinden de tedarik edilebilmektedir. Deniz ya da karayolu ile getirilen siparişlerin tedarik süresi yurtdışı siparişleri için iki ile altı hafta; yurtiçi siparişleri için ise üç ile beş gün arasında değişmektedir.

3.2. Problem

Firmada Satış ve Tedarik Zinciri bölümleri arasında, sisteme farklı açılardan bakmaları sebebiyle bir amaç çatışması olduğu gözlenmiştir. Satış bölümü stok seviyelerinin yetersizliğinden ve buna bağlı olarak servis seviyelerinin düşüklüğünden şikayet ederken, Tedarik Zinciri bölümü ise tutulan envanterin çok yüksek olmasından yakınmaktadır. Satış ve Tedarik Zinciri bölümlerinden gelen şikayetler firmadaki genel problemleri özetlemesi açısından önem taşımaktadır. Problemlerin başlıca göstergeleri şu şekildedir:

- Stok tutma birimlerinin (*Stock Keeping Unit – SKU*) bir kısmında yeterli stok tutulmamasından dolayı doğrudan raftan karşılanma seviyelerinin (servis seviyelerinin) düşüklüğü,
- SKU'ların bir kısmında daha düşük stok seviyeleri ile istenen servis seviyesi sağlanabilecek iken yüksek stok tutulması,

- Mevcut envanter yönetiminin analitik ve bilimsel temellere dayalı sisteme sahip olmaması ve kişilere bağımlı olması,
- Mevcut envanter yönetiminde performans ölçümü yapmanın zorluğundan dolayı firmanın stratejik hedeflerine yönelik envanter politikalarının uygulanamaması,
- Envanter yönetimi ile ilgili kişilerin sorumluluk ve yetkilerinin belirsizliğinin karar mekanizmalarında verimsizliğe yol açması.

Bütün bu göstergeler ışığında temel problem; Cognis Kimya’da verimli bir envanter yönetim sisteminin olmamasından dolayı stok ve servis seviyelerindeki dengesizliğin envanter maliyetlerini artırmasıdır.

3.3. Literatür Taraması

Öncelikle hem kimya sektöründe hem de diğer ilişkili sektörlerdeki yıllık ortalama envanter miktarları araştırıldı ve böylece Cognis Kimya’nın dünya ortalamasına göre performansı değerlendirilebildi. Daha sonra envanter problemine nasıl yaklaşmak gerektiği üzerine yoğunlaşıldı. Bu noktada, McKinsey & Company’ nin Cognis Almanya için yaptığı envanter projesinin raporu yararlanılan kaynaklardan oldu. Cognis Almanya’da da benzer bir envanter problemi üzerinde çalışılmış olduğundan dolayı, McKinsey&Company’nin raporundaki analizler ve değerlendirmeler Cognis Kimya’daki soruna nasıl yaklaşmamız gerektiği hakkında önemli ipuçları sağladı. Bunun yanında özellikle Silver, Pyke, Peterson (2004), hem envanter yönetimi ve politikaları hakkında hem de literatür taramasının ileriki aşamaları için önemli bir referans teşkil etti. Böylece envanter sistemi hakkında genel bilgi edinilerek problem bir bütün olarak ele alınmış hem de bulunan kaynaklarda duruma uygun olan kısımlar daha detaylı incelenerek çözüm metodolojisinin oluşturulmasında kullanıldı.

Ayrıca, Zipkin (2000) özellikle *Birikmeli Poisson Modeli*’ nin oluşturulmasında yoğunlukla faydalanılan kaynaklar arasında yer aldı.

4. Önerilen Yöntembilim

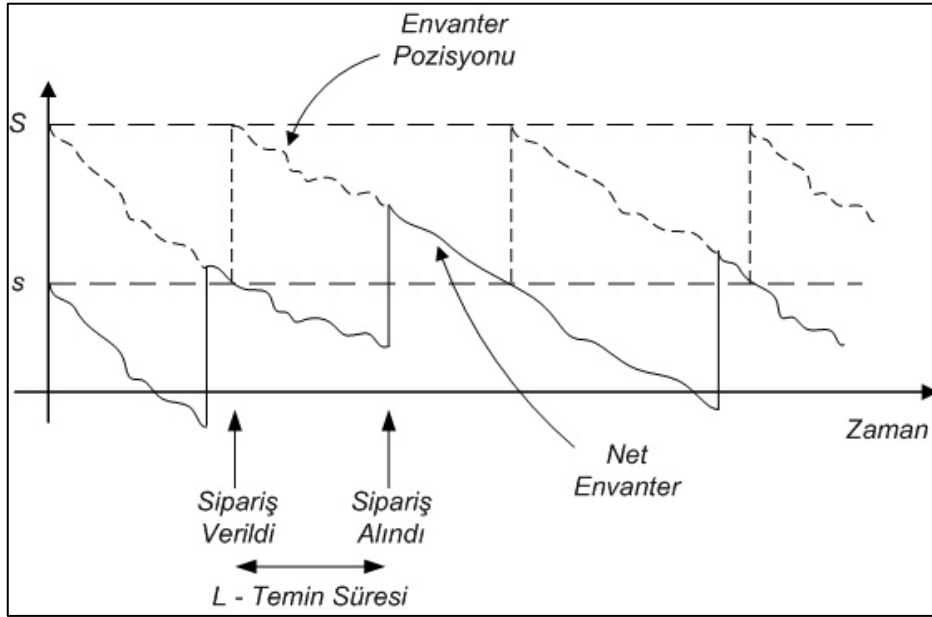
Sistemi optimize edecek parametreler gerekli analizler yapılarak belirlenmiş ve bu parametreleri hesaplayacak algoritmalar geliştirilerek yazılım haline getirilmiştir.

4.1. Genel Yaklaşım

Geçmiş yıllara ait satış verileri incelendiğinde, hem satış aralıkları hem de satış miktarlarında yüksek değişkenlik gözlenmiştir. SKU’lar mevsimsellik ve yönseme analizlerine sokulmuş fakat belirgin bir mevsimsellik ya da yönseme gözlenmemiştir. Böylece satış aralıkları ve satış miktarlarındaki yüksek değişkenliğin, mevsimselliğe ya da yönsemeye bağlı olmadığı tespit edilmiştir. Rassallığın yüksek olduğu ticaret şartlarında, şirketin de envanterini sürekli gözden geçirme yapabilecek altyapısının olduğu gözönünde bulundurulduğunda genel

envanter politikası olarak literatürde (s,S) olarak bilinen envanter politikasının uygulanmasına karar verilmiştir.

Bu modele göre, bir parçanın envanter pozisyonu, temin süresi boyunca oluşan talebin olasılık dağılımı gözönünde bulundurularak hesaplanmış “ s ” değerinin altına düştüğü anda, envanter pozisyonunu “ S ” değerine (azami envanter miktarı) kadar tamamlayan parti miktarı kadar sipariş verilmelidir. Bu mekanizma basit olarak Şekil 1’de görüldüğü gibi işlemektedir.



Şekil 1. Envanter Politikası

4.2. Geliştirilen Modeller ve Çözüm Yöntemleri

Uygulama kolaylığı, farklı parametreleri girdi olarak kullanmaları ve çözüm hassasiyetleri bakımından birbirinden farklı iki ana çözüm yöntemi geliştirilmiştir.

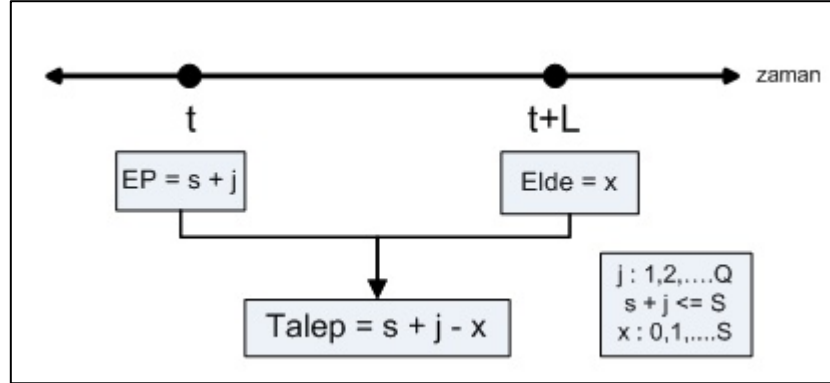
4.2.1. Birikmeli Poisson Modeli

Bu modelin amacı, ortalama yıllık envanter miktarlarını enazaltan ve belirlenmiş doğrudan raftan karşılama oranını (servis seviyesini) sağlayan (s,S) seviyelerini belirlemektir. Geçmişe ait satış verilerinin detaylı bir analizi sonucunda, SKU’ların ardışık satışları arasında geçen zamanın üstel dağılıma uyduğu dikkati çekmiştir. Ayrıca taleplerin birer birer gelmediği aksine farklı miktarda ve gruplar halinde geldiği tespit edilmiştir. Yapılan literatür araştırmalarında bu durumda rassal talebi en iyi yansıtacak olan dağılımın Birikmeli Poisson dağılımı olduğu belirlenmiştir. Geliştirdiğimiz modelde karşılanamayan taleplerin tamamen ardışıklama olduğu kabulü yapılmaktadır.

The diagram illustrates a queueing system with multiple servers. The states are labeled $S, S-1, S-2, \dots, s+2, s+1$. Transitions are labeled with rates: $\alpha_i * \lambda$ for transitions from S to $S-i$, and λ for transitions from $S-i$ to S . A legend defines λ as the demand arrival rate and α_i as the probability of i customers in the queue.

Sistemde herhangi bir anda gözlemlenen envanter pozisyonu, Şekil 2'deki Markov zinciri ile modellenenabilir. Buna göre hem talep geldiğinde hem de depoya mal girdiğinde envanter pozisyonu değişir yani Markov zincirinde gösterilen envanter pozisyonu belli hızlarla ve olasılıklarla bir durumdan diğerine geçer. Envanter pozisyonunun alabileceği değerler ise Şekil 2'de görüldüğü gibi S ve $s + 1$ arasındadır. Bu Markov zincirinin kararlı durum çözümü, envanter pozisyonunun herhangi bir anda alabileceği değerlerin olasılıklarını verir. Bu olasılıkların kullanımı ile herhangi bir anda envanter düzeyinin x olma olasılığı hesaplanabilir.

54



Şekil 3. Birikmeli Poisson Modelinde Talep Oluşumu

4.2.2 Bulgusal Yaklaşım Modeli

Bulgusal Yaklaşım Modeli' nin (Heuristic Model) amacı, verilen servis seviyesi ve ortalama hedef envanter seviyesi girdilerine bağlı olarak en uygun (s,S) parametrelerini hesaplamaktır.

Öncelikle *Bulgusal Yaklaşım Modeli'* nin çalışacağı bir benzetim modeli oluşturulmuştur. Bu benzetim modelinde, gerçek verilere uygun olarak satış aralıkları ve satış miktarları üretilir. Ardından bulgusal yaklaşım algoritmasından alınan (s,S) parametrelerine göre benzetim modeli sipariş verme noktalarını ve sipariş miktarlarını yaratır. Benzetim sonucunda elde edilen çıktılar doğrudan raftan karşılanmış talep oranı, stok dışı olma sayısı, ardışmarlamaya düşen talep miktarı ve ortalama envanter düzeyidir.

Girilen farklı (s,S) değerleri için yukarıdaki performans ölçütlerinin hesaplanabilir olması eniyiye yakın (s,S) değerlerinin de hesaplanabilir olmasını sağlamıştır. Algoritma, benzetim modeline farklı (r,S) girdileri sağlayarak çıkan performans ölçütlerine bağlı (s,S) değerlerini hesaplamaktadır.

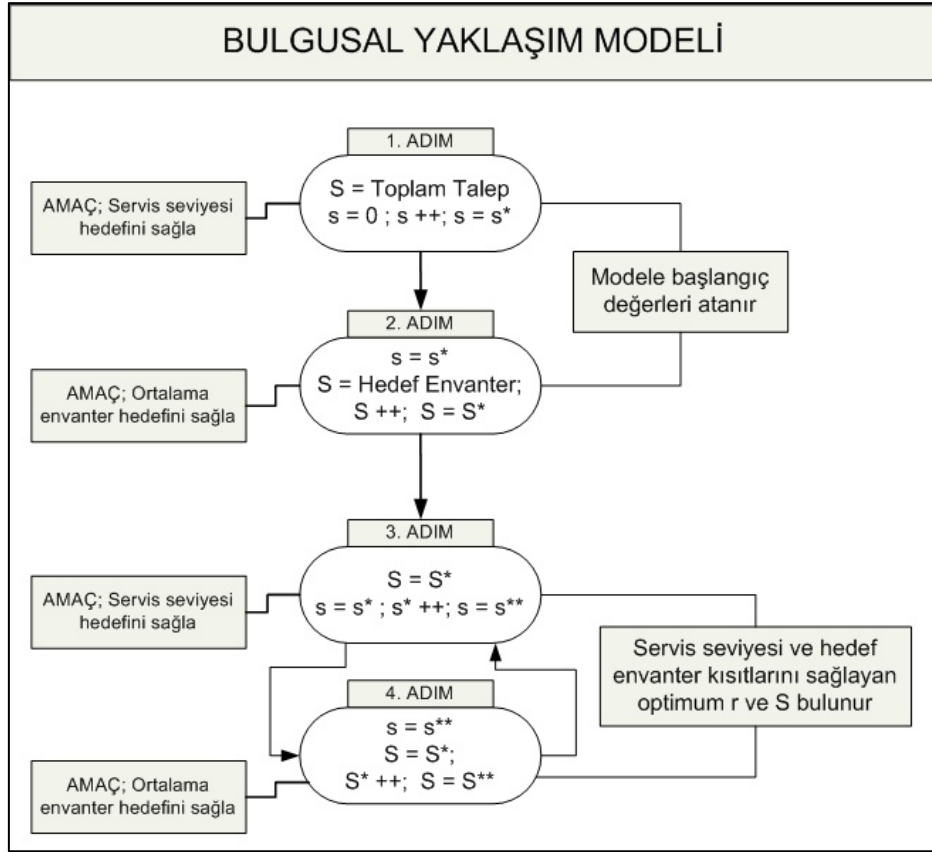
Bulgusal Yaklaşım Modeli' nin girdileri hedeflenen servis seviyesi, hedef ortalama envanter seviyesi, tedarik süresi, satış miktarlarının ve satışlar arası zamanın dağılım parametreleridir. Bu girdilere bağlı olarak benzetim sistemi üzerinden çalışan *Bulgusal Yaklaşım Modeli* çıktı olarak; eniyi (s,S) değerlerini ve ardışmarlamaya düşen talep miktarını vermektedir.

Algoritma ilk adımda, çalışılan dönemin toplam talebine bağlı olarak bir azami envanter miktarı (S) değeri belirler. S sabit tutulurken girilen servis seviyesi hedefi sağlanana dek sipariş verme noktası (s) değeri birer birer artırılır. Bu adım sonunda hedef servis seviyesi sağlanacak fakat servis seviyesini sağlamak adına ortalama envanter, hedeflenen envanter seviyesinin üzerinde olacaktır.

Algoritma ikinci adımda, servis seviyesi kısıtını kaldırarak ortalama envanter seviyesi hedefine odaklanır. İkinci adıma başlarken s

değeri doğrudan birinci adım sonunda hesaplanmış olan değer olarak alınır. S değeri ise ortalama hedef envanter değerine eşitlenir. Daha sonra s değeri sabit tutulup hedef envanter seviyesi sağlanana dek S değeri birer birer arttırılır. Böylece bu adımda servis seviyesi hedeften uzaklaşırken, ortalama envanter hedefi tutturulur.

Algoritma üçüncü adımda, (s,S) değerlerini ikinci adım sonunda bulunmuş değerler olarak alır. Bu adımda tekrar S sabit tutulurken, s servis seviyesini sağlayacak şekilde arttırılır. Dördüncü adımda, s değeri üçüncü adımdaki s olarak alınıp sabit tutulurken, hedef envanter seviyesi sağlanana dek S değeri birer birer arttırılır. Algoritmanın ilk iki adımı başlangıç adımlarıdır. Dördüncü adımın ardından algoritma tekrar üçüncü adıma döner. Yani bu döngü, hem servis seviyesi hem de ortalama hedef envanter seviyesi sağlanana kadar devam etmektedir (Bkz. Şekil 5)



Şekil 5. Bulgusal Yaklaşım Algoritması

Özetle bu döngü, yinelemeli bir şekilde (s,S) değerlerini hem hedef servis seviyesini hem de hedef envanter seviyesini sağlayacak değerlere getirmektedir.

5. Yöntembilimin uygulanması

Projemizde, *Birikmeli Poisson* ve *Bulgusal Yaklaşım* olmak üzere iki farklı model önerilmektedir.

5.1. Yöntembilimlerin Karşılaştırılması

İki model arasındaki temel farklılık, *Birikmeli Poisson Modeli*'nin teorik olarak eniyi sonucu garanti etmesiyken, *Bulgusal Yaklaşım Modeli*'nin eniyi sonucu her zaman garanti edemiyor olmasıdır. İki modelin uygulamada da farkları bulunmaktadır. *Bulgusal Yaklaşım Modeli*, hedef envanter ve servis seviyesi girdilerini temel alarak bu kısıtları sağlayan (s,S) değerlerini bulmak amacıyla kullanılır. *Birikmeli Poisson Modeli*, servis seviyesi ve sipariş miktarı girdilerini temel alarak, eniyi (s,S) değerlerini bulmak amacıyla kullanılır. *Birikmeli Poisson Modeli*'nin, *Bulgusal Yaklaşım Modeli*'ne kıyasla en büyük üstünlüğü eniyi sonuçları elde etmesiyken, koşturum süresinin *Bulgusal Yaklaşım Modeli*'nin koşturum süresine göre oldukça uzun olması en büyük dezavantajıdır. Her iki model için de aynı özelliklere sahip iki bilgisayarda, 100'er adet koşturum sonucu alınmıştır. *Bulgusal Yaklaşım Modeli*'nin koşturum süresi ortalaması 2 dakika 37 saniye iken, *Birikmeli Poisson Modeli*'nin ortalaması 34 dakika 42 saniye olarak tespit edilmiştir. Şirket yetkililerinden alınan geribildirim sonrasında *Birikmeli Poisson Modeli*'nin uygulamada, zaman kısıtından dolayı verimsizliğe sebep olacağı ortaya çıkmıştır.

Bulgusal Yaklaşım Modeli'nin eniyi sonuçlara ne kadar yaklaşabildiğini ölçmek amacıyla bir deney tasarlanmıştır. Rastgele seçilen 25 stok tutma birimi için her iki model de aynı talep miktarı ve servis seviyesi girilerek ortalama envanter miktarları hesaplanmıştır. Bu deney sonucuna göre, *Bulgusal Yaklaşım Modeli*'nin verdiği ortalama envanter seviyesi değerlerinin *Birikmeli Poisson Modeli*'nin verdiği teorik eniyi değerlere ortalama % 6'lık bir sapmayla yaklaştığı görülmüştür (Bkz. Ek 3). Ortalama koşturum süreleri ve eniyi değerlere yakınlık sonuçları göz önünde bulundurulduğunda *Bulgusal Yaklaşım Modeli*'nin kullanım açısından daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

5.2. Yöntembilimin Performans Değerlendirmesi

Projemizde önerilen *Bulgusal Yaklaşım Modeli*'nin uygulanmasıyla envanter sistemindeki değişimleri gözlemleyebilmek amacıyla tüm stok tutma birimlerini temsil etme yeteneğine sahip 80 SKU'luk örnek grup belirlenmiştir. Seçilmiş olan SKU'lar için *Bulgusal Yaklaşım Modeli* çalıştırılmış ve ilgili parametre değerleri bulunmuştur. Elde edilen parametre değerlerine bağlı ortalama envanter değerleri, Cognis Kimya'nın Ocak 2005'ten Ocak 2006'ya dek geçen 12 aylık süredeki gerçek ortalama envanter değerleriyle kıyaslanmıştır. Bu deneyde kullanılan örneklem hem SKU çeşitleri hem de zaman aralığı

olarak gerçek durumu temsil etme yeteneğine sahiptir. 80 SKU için elde edilen çıktılar üç ana başlıkta incelenebilir;

1. Servis seviyesinden memnun olunan SKU'larda, mevcut servis seviyesi korunmakla beraber ortalama envanter miktarında azalma sağlanması. Seçilmiş 80 SKU'nun 51 tanesinde bu durum gözlenmiştir ve ortalama envanter miktarında % 26'lık bir azalma sağlanmıştır.
2. Servis seviyesi düşük olan SKU'larda, mevcut sistemdeki ortalama envanter miktarı korunarak servis seviyesinde artış sağlanması. Seçilmiş 80 SKU'nun 14 tanesinde bu durum gözlenmiş ve servis seviyesinde % 10'luk bir artış sağlanmıştır.
3. Mevcut çalışılan sistemde hem servis seviyesi hem de ortalama envanter miktarı açısından memnun olunan SKU'larda bir değişiklik yapılmaması. Seçilmiş 80 SKU'nun 15 tanesinde ise bu durum gözlenmiştir.

Bu çalışmada, piyasa şartları ve firma hedefleri göz önünde bulundurularak A sınıfı SKU'lar için % 90 – 95, B sınıfı için % 85 – 90 ve C grubu için % 70 – 85'lik servis seviyeleri uygun görülmüştür. Yukarıdaki performans değerlendirmeleri bu kıstaslar gözönünde bulundurularak yapılmıştır.

5.3. İRİS Yazılımı Hakkında Bilgi

İRİS yazılımı *Bulgusal Yaklaşım Modeli*'ni ve *Birikmeli Poisson Modeli*'ni çalıştıran modülleri içermektedir. Bunların yanında karar destek amaçlı ABC sınıflandırması, müşteri analizi, stok seviyesi analizi ve tedarik süresi analizi modüllerini de içermektedir. Bütün bu analiz modülleri satış grafikleri, stok seviyesi grafikleri gibi görsel öğelerle güçlendirilmiştir. İRİS yazılımı Eclipse platformunda Java dilinde hazırlanmıştır. Cognis Kimya'da kurulu olan SAP yazılımının çıktılarıyla uyumlu olarak hazırlanmış olan İRİS, bu özelliğiyle önemli bir kullanım kolaylığı sağlamaktadır. İRİS yazılımı, firma yetkililerinin istekleri doğrultusunda oluşturulan kullanıcı dostu arayüzlere sahiptir (Bkz. Ek 4).

6. Uygulama planı

Elde edilen sonuçların firmaya aktarılmasının ardından, firma yetkilileriyle birlikte bir uygulama planı hazırlanmıştır. Bu plan kısa, orta ve uzun vade olarak üç aşamada hayata geçirilecektir.

Kısa vadedeki plan üç aylık bir dönemi kapsamaktadır ve Nisan 2006 itibarıyla uygulanmaya başlanmıştır. Bu plan çerçevesinde *İRİS* yazılımı firmaya kurulmuş ve kullanımı için gerekli eğitim kullanıcılara verilmiştir. Firma yetkilileriyle ticari ve bitmiş ürün olmak üzere toplamda 30 SKU belirlenmiş ve önerilen model uygulanmaya başlanmıştır. Bu süreçte, İRİS yazılımının kullanımına dair bazı zorluklarla karşılaşmıştır. Örneğin, model çıktılarının daha kolay

anlaşılması açısından görsel amaçlı grafikler eklenmiştir. Yine kullanım kolaylığı açısından birden fazla arayüz kullanılarak elde edilen sonuçlar, tek arayüzde toplanarak kullanım verimliliği artırılmıştır. Kısa vadede elde edilen sonuçlara bağlı olarak, orta vadede uygulama kapsamı, SKU'ların % 30'unu içerecek şekilde genişletilecektir. Bu süreç uygulama planının 3. ile 15. ayları arasında gerçekleşecek ve kademeli bir geçiş sağlanacaktır. Uzun vadede ise kaynaklar dahilinde bütün ürünler kapsam içine alınacaktır.

7. Genel Değerlendirme

Önerilen envanter yönetimi sistemi, stok optimizasyonunu sağlayan parametreleri hesaplayabilmesi göz önüne alındığında, Cognis Kimya için gerçek anlamda ilk ve tek karar destek sistemi olma özelliği taşımaktadır.

7.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

Bulgusal Yaklaşım Modeli ile elde edilen parametreler, tüm ürünleri temsil yeteneğine sahip 80 SKU'nun 2005 yılında gerçekleşmiş talep verileri ışığında kullanıldığında aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

- Ticari ve bitmiş ürünlerin oluşturduğu 1200 SKU'nun % 64'ünü oluşturan 768 ürünün ortalama envanter seviyesinde % 26'luk azalma öngörülmektedir. Bu azalmanın finansal karşılığı yaklaşık 1.2 milyon Avro'dur.
- Ticari ve bitmiş ürünlerin oluşturduğu 1200 SKU'nun % 17'sini oluşturan 204 ürünün servis seviyesinde ortalama % 10'luk artış öngörülmektedir. Bu artışın yıllık ciroya katkısı yaklaşık 750 bin Avro'dur.
- Ortalama envanter seviyesindeki düşüş stoğa bağlı fırsat maliyetinde azalma; diğer yandan servis seviyesindeki iyileştirme de toplam satışlarda artış sağlayacaktır. Bu iki ana iyileşme Cognis Kimya'nın nakit akışındaki sorunlarının çözümünde katkı sağlayacaktır.
- Servis seviyelerinin artmasıyla birlikte, Cognis Kimya müşterileri almak istedikleri malı istedikleri zaman bulma olanağına kavuşacaktır. Bu durum firmaya rekabetçi bir üstünlük sağlayacaktır. Öte yandan, müşterilerin de istedikleri ürünü istedikleri zaman bulmalarından dolayı firmaya olan bağlılıkları artacaktır.
- Projemizle birlikte Cognis Kimya'daki envanter yönetimi, kişilerden bağımsız, bilimsel ve analitik temellere dayalı bir sisteme kavuşmuştur.

Yapılan bu deneyin tüm ürünleri temsil yeteneğine sahip ürün grubuyla yapılması ve gelecek yıllarda kimya sektöründe fazla değişkenlik yaşanmayacağı göz önünde bulundurulduğunda; bu sonuçların sonraki yıllar için de geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

7.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

Cognis Global, tüm dünyadaki şirketlerinde envanter yönetim sistemlerini iyileştirmeye yönelik çalışmalarına 2005 yılı itibariyle başlamıştır. Projemiz, Cognis Türkiye’de gerçekleştirilen bu yöndeki uygulamaların önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bunun yanında 2005 yılı itibariyle, dünya çapındaki tüm Cognis şirketlerinde ortak bir SAP sistemine geçilmiştir. Projemiz dahilinde ortaya çıkan İRİS yazılımı SAP’ye uygun esnek yapısı sayesinde diğer Cognis şirketlerinde de kullanılabilecek bir niteliğe sahiptir.

Bu projede, ürün reçetelerinin ticari gizliliği sebebiyle hammadde ve yarı mamül ürünler kapsam dışı bırakılmıştır. Bu ürünler geliştirdiğimiz envanter yönetim sistemine dahil edilmek istenildiğinde, İRİS yazılımının açık kaynak kodlu olma özelliği sayesinde gerekli yamaların yapılmasıyla sisteme kolaylıkla dahil edilebilecektir.

KAYNAKÇA

Silver, E. A., Pyke D. F. And Peterson R. (1998), Inventory Management and Production Planning and Scheduling, John Wiley and Sons, Inc., USA.

Zipkin, P. H. (2000), Foundations of Inventory Management, The McGraw Hills Companies Inc., USA.

A. Tanwari, A. Lakhdar, C. Shaikh (2000), “ ABC analysis as a inventory control technique”, Quaid-E-Awam University Research Journal of Engineering, Science & Technology Volume 1, No.1, January-June.

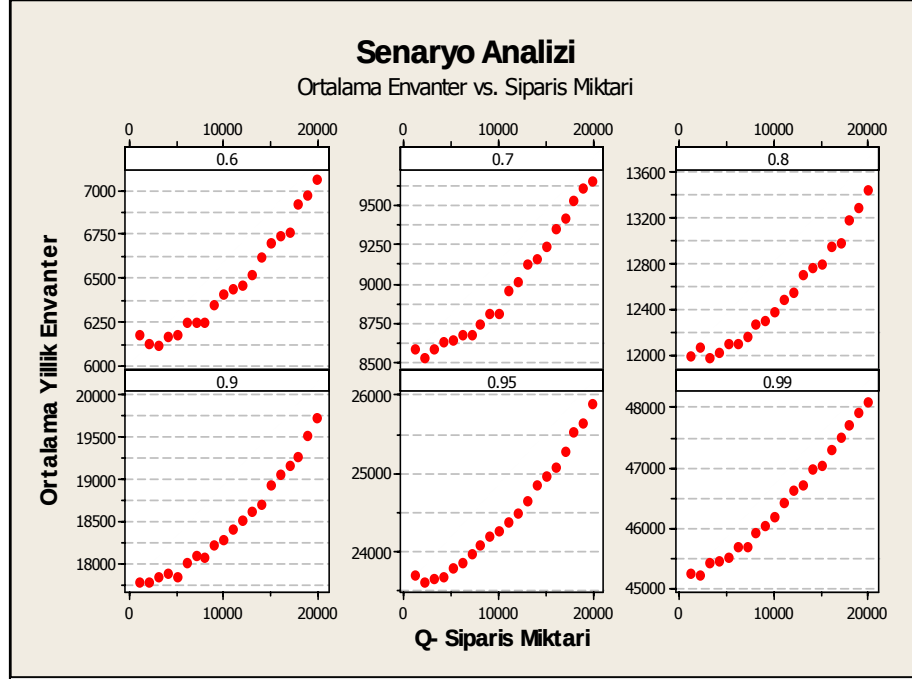
Ramanathan R. (2006), “ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization”, Computers & Operations Research - 33, 695–700.

Timothy S. Vaughan (2006), “Lot size effects on process lead time, lead time demand, and safety stock”, Int. J. Production Economics 100, 1–9.

Endüstri Mühendisliği Ansiklopedik Sözlüğü, url: systems.org/ems, 13 Mayıs 2006.

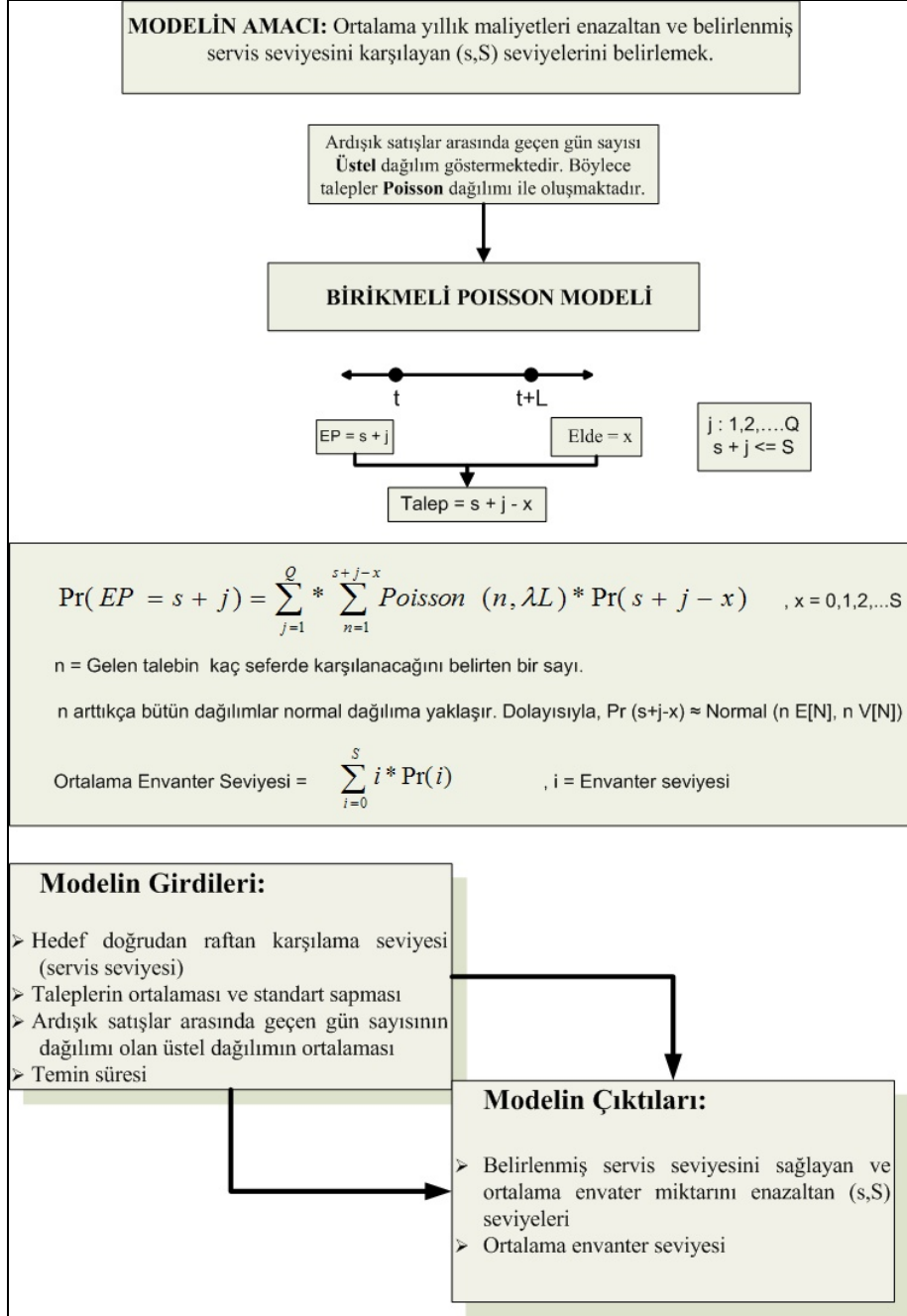
EKLER

Ek 1.

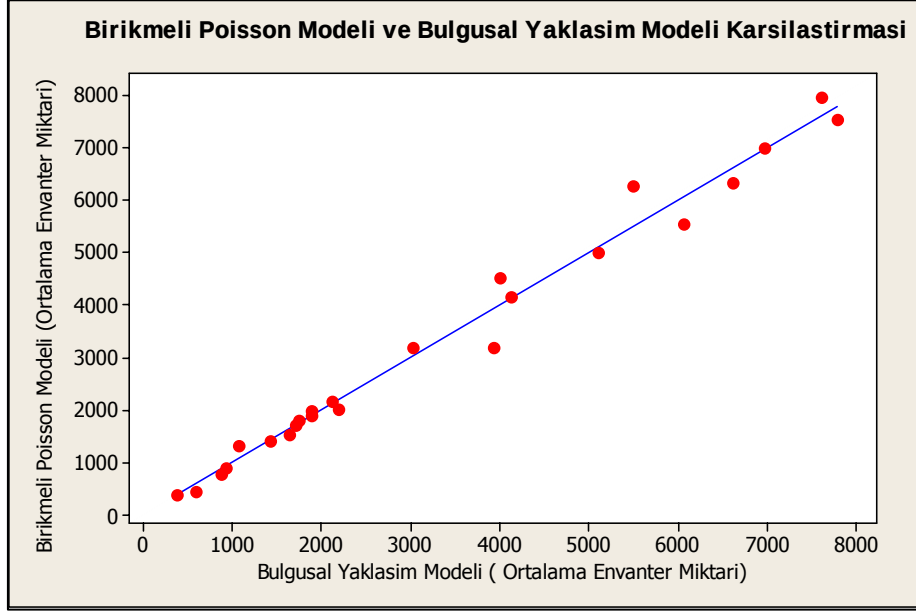


38056 kodlu ürün için farklı servis seviyeleri ve farklı sipariş miktarları (S-s) için yapılmış senaryo analizi.

Ek 2.

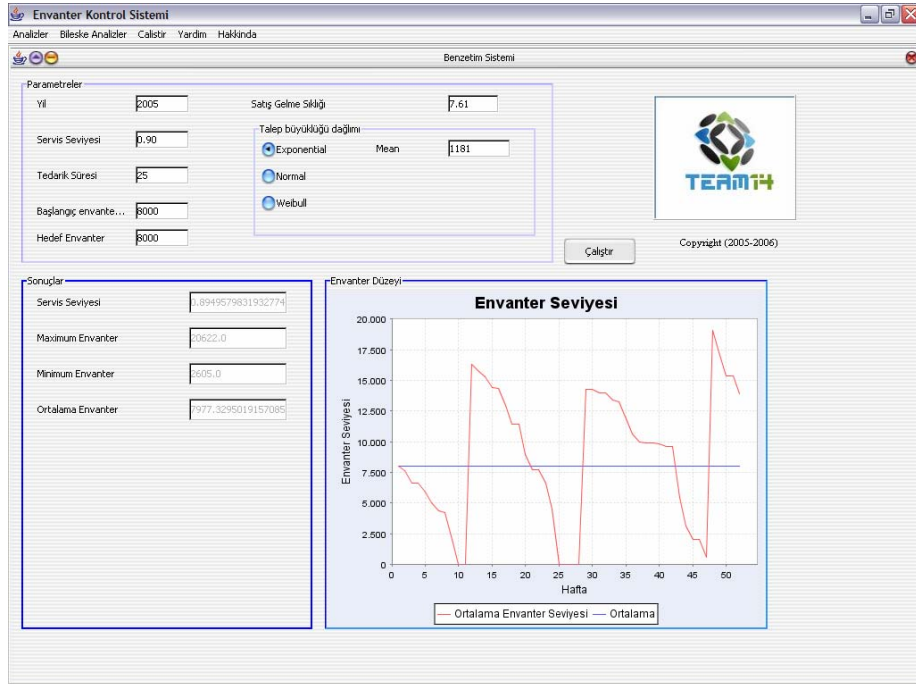


Ek 3.



İki model arasındaki fark ortalama olarak % 6 olarak bulunmuştur.

Ek 4.



Bulgusal Yaklaşım Modeli Çözüm Arayüzü

Envanter Kontrol Sistemi

Analizler Bileşke Analizler Çalıştır Yardım Hakkında

ABC Analizi

Copa Dosyası: n:\Tool\Envanter\data\Copa\year2005\COPA_2005.xls

Anahtar Dosyası: h:\sktop\Envanter_Sistem_Tool\Envanter\data\FER.xls

Sonuc Dosyası: envanter_sistem_tool\Envanter\result\abc_2005_fer.xls

Çalıştır

Copyright (2005-2006)

Tüm Sınıflar A Sınıf B Sınıf C Sınıf

Product Id	Frequency of De...	% Contribution (...)	% Netsale (EU)	% GrossSale (EU)	Net Sale (EU)	Gross Sales (EU)	Contribution (EU)
167186	289	15,566	19,13	18,849	17065043,42	17227205,95	2867285,85
167190	120	4,191	6,279	6,145	5600968,27	5615893,27	771969,14
186215	204	2,261	0,897	0,915	800597,69	836254,19	416484,66
167221	247	2,033	0,876	0,859	781064,18	785416,08	374443,94
162469	112	1,762	0,823	0,855	733872,15	781772,03	324470,45
247147	31	1,602	0,946	0,925	843692,46	845535,96	295109,89
186364	11	1,423	0,793	0,774	707758,32	707758,32	262180,57
162394	57	1,349	1,521	1,485	1356905,25	1356905,25	248516,28
162481	258	1,304	1,162	1,174	1036142,65	1073211,1	240106,31
167201	15	1,286	1,298	1,269	1158143,19	1159482,71	236836,42
162453	78	1,213	0,477	0,492	425544,42	450110,93	223365,54
162874	174	1,155	0,378	0,406	337521,46	371252	212779,05
335285	12	1,105	1,012	0,988	903056,2	903056,2	203609,33
162839	166	0,98	0,674	0,734	601114,62	671064,33	180596,73
162410	121	0,974	0,581	0,58	518223,71	530004,14	179375,31
162426	114	0,911	0,595	0,618	530590,13	564819,54	167809,27
172788	127	0,89	0,541	0,53	482266,86	484546,28	163893,78
162450	71	0,8	0,383	0,377	341389,46	344253,22	147401,42
167170	106	0,787	2,951	2,881	2632177,13	2632751,78	145042,86
162863	78	0,786	0,768	0,857	684746,32	782859,6	144870,71
162468	159	0,78	0,326	0,325	291095,62	297124,91	143680,4
162475	85	0,756	0,316	0,329	281965,47	300311,02	139287,66
162472	151	0,748	0,289	0,304	258227,68	278243,57	137784,1

ABC – Ürün Sınıflandırma Analizi Arayüzü

Envanter Kontrol Sistemi

Analizler Bileşke Analizler Çalıştır Yardım Hakkında

Stok Analizi

Anahtar Dosyası: x:\p\Envanter_Sistem_Tool\Envanter\data\haw_jay.xls

Stok Dosyası: Envanter_Sistem_Tool\Envanter\data\stock\year2005

Sonuc Dosyası: h:\sktop\Envanter_Sistem_Tool\Envanter\result\stoc.xls

Çalıştır

Copyright (2005-2006)

Tüm Ürünler

Product Id	% Avg Monthly Stock (KG)	% Avg Monthly Stock (EU)	Avg Monthly Stock (KG)	Avg Monthly Stock (EU)	Type
302733	0,958	3,021	22212,75	38635,365	HAW
274783	0,858	2,901	19901,946	37099,345	HAW
38058	0,391	1,778	9069,583	22738,661	HAW
642122	0,23	1,756	5341,708	22452,971	HAW
163374	0,643	1,687	14919,5	21571,582	HAW
56158	0,449	1,655	10401,208	21164,494	HAW
317676	0,473	1,394	10978,353	17830,108	HAW
642990	0,577	1,307	13389,167	16715,192	HAW
162964	0,109	1,193	2520,417	15259,332	HAW
642117	1,526	1,13	35373,083	14445,478	HAW
302732	0,635	1,129	14715,167	14442,722	HAW
681915	0,532	1,114	12330,417	14240,717	HAW
519660	0,311	1,098	7219,042	14043,122	HAW
40142	0,437	1,093	10134,85	13974,475	HAW
49488	0,11	1,046	2555,833	13376,221	HAW
67669	0,73	1,035	16923,333	13237,159	HAW
408492	0,768	0,981	17818,023	12552,413	HAW
162958	0,249	0,936	5771,562	11965,072	HAW
162916	0,954	0,935	22115,767	11961,464	HAW
48099	0,014	0,922	329,067	11791,539	HAW
642565	0,367	0,919	8499,5	11757,083	HAW
430037	0,739	0,913	17124	11678,683	HAW
166838	0,384	0,861	8900	11011,451	HAW

Stok Analizi Arayüzü

Dağıtım Lojistiği Maliyetlerinin Optimizasyonu

Doğadan Gıda Ürünleri Sanayi ve Pazarlama A.Ş.

Proje Ekibi

Aslı Altunbaşak
Ahmet Sinan Atik
Umutcan Dönmez
Eray Eskikan
Berk Hazer
Nefise Karayaylalı

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Cem Okur, Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş.
Satınalma ve Lojistik Müdürü

Akademik Danışman

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

ÖZET

Doğadan Gıda A.Ş'nin tedarik zinciri maliyetlerinin büyük bir kısmını dağıtım maliyetleri oluşturmaktadır. Bu projenin amacı, kullanıcı dostu bir maliyet analizi sistemi geliştirerek taşıma ile ilgili birim maliyetlerin hepsinin sistematik bir metotla azaltılmasıdır. Yapılan incelemeler sonucunda bu maliyetlerin azaltılması için en uygun yöntemin tamsayıli programlama olduğu belirlenmiştir. Yurtiçi son ürün sevkiyatı, yurtiçi hammadde alımı ve yurtdışı hammadde alımı için hazırlanan modeller Microsoft Windows platformu üzerinde, Excel Solver Premium kullanılarak geliştirilmiştir. Yapılan ön uygulamalarda, geliştirilen programların taşıma maliyetlerinde %1 - %5 arasında değışen azalmalar sağladığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Maliyet analizi, lojistik, optimizasyon

1. İşletme Tanıtımı

2004 yılında AC Nielsen araştırma şirketi tarafından gerçekleştirilen marka araştırmasına göre meyve çayları kategorisinde en çok bilinen marka seçilen Doğadan Gıda A.Ş., 2003 yılında sahip olduğu %55 pazar payı ile Türkiye'nin en çok satan meyve çaylarını üretmektedir. ISO 9001:2000 kalite belgesi, HACCP kalite yönetimi sertifikası, ISO 14001 çevre güvenliği belgesi ve OHSAS 18001 çalışan güvenliği sertifikasına sahip olan Doğadan Gıda A.Ş. 2005 yılı itibariyle 80 çeşidin üzerinde meyve çayı, bitki çayı, yeşil çay ve sağlıklı yaşam çayı üretmektedir. Firmanın üretim kapasitesi yıllık 770 milyon poşet çay civarındadır. 2004 yılından itibaren lider olduğu Türkiye pazarını genişleten Doğadan Gıda A.Ş. Amerika, Almanya, Norveç, İngiltere, Kazakistan, Azerbaycan, Nijerya ve Japonya'ya yoğun bir şekilde ihracat yapmaktadır.

2. Projenin Tanımı

Doğadan Gıda A.Ş.'nin tedarik zincirindeki maliyetlerinin büyük bir kısmını dağıtım lojistiği masrafları oluşturmaktadır. Özellikle son ürün sevkiyatında ve hammadde alımında bu faaliyetleri verimli bir şekilde yönetebilmek ve bu faaliyetlerin sonunda ortaya çıkan maliyetleri azaltabilmek için bilimsel temellere dayanan bir sisteme ihtiyaç duyulmuştur. Projenin amacı Doğadan Gıda A.Ş.'nin taşımacılık faaliyetlerinde ortaya çıkan maliyetlerin tamamının bilimsel bir metotla azaltılmasıdır. Bu sayede yalnız lojistik masrafları değil, bu süreçte ortaya çıkan tüm maliyetler topluca azaltılacaktır.

Doğadan Gıda A.Ş.'nin lojistik faaliyetleri hem yurtiçi hem de yurtdışı taşımacılığını kapsamaktadır. Yurtdışından çay hammaddesi ve filtre kâğıdı ithal eden firma diğer hammaddelerini (iplik, etiket, ambalaj, koli, vs.) yurtiçinden tedarik etmektedir. Son ürünler ise iç piyasaya ve yurtdışına sevk edilmektedir. Ancak Doğadan A.Ş., yurtdışına yapılacak sevkiyatları sadece siparişi veren firmanın Türkiye sınırlarındaki anlaşmalı olduğu firmalara ulaştırmakla yükümlüdür. Bu nedenle proje kapsamında, ihraç edilecek ürünler de yurtiçi sevkiyatı olarak ele alınmıştır.

Doğadan Gıda A.Ş.'nin beklentisi, yapılan projenin taşıma masraflarını azaltmasıdır. Firmanın içinde bulunduğu ERP projesiyle yapılacak programların bütünleşmesi de yöneltilen diğer bir istektir. Bu yüzden bütün programlar MS Excel tabanlı yapılmıştır. Ayrıca, yurtdışı ithalatında kullanılabilecek alternatif taşıma yöntemleri (demiryolu, denizyolu) araştırmasının yapılması da şirketin diğer bir isteğidir.

3. Analiz

3.1. Mevcut Sistemin Analizi

Yurtiçi son ürün sevkiyatı sürecinde Doğadan Gıda A.Ş., farklı lojistik firmalarıyla çalışmaktadır. Fabrikadan son ürünleri teslim alan

lojistik firmaları, bunları Türkiye'nin çeşitli noktalarına (marketlere, distribütörlere, perakendecilere, vs.) taşımaktadır. Doğadan Gıda A.Ş. sipariş üzerine ürün sevkiyatı yaptığı için Türkiye'nin hangi noktasından sipariş gelirse oraya sevkiyat yapılabilir. Bu yüzden son ürün sevkiyatında kaç nokta arasında taşımacılık yapıldığına dair bir sınır yoktur. Herhangi bir müşterinin verdiği sipariş, ürünün varış yeri farketmeksizin, ertesi gün eline geçmektedir. Doğadan Gıda A.Ş. günde ortalama 50 adet son ürün sevkiyatı yapmaktadır. Son ürün sevkiyatında Türkiye genelindeki belirli noktalarda hangi kargo şirketiyle çalışılacağı önceden yapılan bir değerlendirmeyle kesinleştirilmiştir. Ancak yapılan incelemelerde diğer kargo şirketlerini kullanmanın maliyet açısından daha avantajlı olduğu birçok durumla karşılaşılmıştır.

Yurtiçi hammadde alımında iki adet lojistik firması ile çalışılmaktadır. İstanbul'dan jelatin ve karton kutu, İzmir'den DPZ ve etiket, Gaziantep'ten ise iplik tedarik edilmektedir. İzmir ve Gaziantep için için tedarik süresi 2 gün iken İstanbul için 1 gündür. Verilen siparişlerin miktarı ve zamanı genellikle stok seviyelerine bağlıdır. Stok seviyesi belirli bir miktarın altına indiğinde sipariş verilmektedir. Yurtiçi hammadde alım sürecinde, Doğadan Gıda A.Ş. son bir sene içinde %95 oranında tek bir kargo firmasıyla çalışmıştır. Ancak son ürün sevkiyatında olduğu gibi yurtiçi hammadde alımında da diğer kargo şirketinin maliyet açısından daha avantajlı olduğu durumlara rastlanılmıştır.

Doğadan Gıda A.Ş., dağıtım lojistiği maliyetlerinin en fazla olduğu kısmın yurtdışı hammadde alımında gerçekleştiğini belirtmektedir. Şu anda yaklaşık 35 tip hammaddenin ithalatını gerçekleştiren firma için bu ürünlerin temin süresi yaklaşık 15 gündür. Lojistik şirketinin Doğadan Gıda A.Ş.'ye sağladığı avantajlardan bazıları kapıdan kapıya hizmet vermesi ve ithalatın yapıldığı ülkedeki gümrük işlemlerini gerçekleştirmesidir. Lojistik faaliyetlerinin bu kısmında siparişler, tedarik süreleri düşünülerek 4 aylık ihtiyaçların takibi ile verilmektedir. Sipariş zamanlarına karar verirken yargısal yöntemler yerine sistematik bir yöntem kullanmanın daha yararlı olacağı düşünülmüştür. Öte yandan lojistik firmasının taşıma bedellerinde indirim yaptığı bazı durumlar bulunmaktadır. Yurtdışı hammadde alımında yalnız tek kargo firmasıyla çalışıldığı için burada önemli olan hangi kargo firmasıyla taşıma yapılacağını seçmek değil; siparişleri kargo firmasının indirim yapabileceği durumlara göre ayarlamak ve ürünleri bu durumlara göre getirebilmektir.

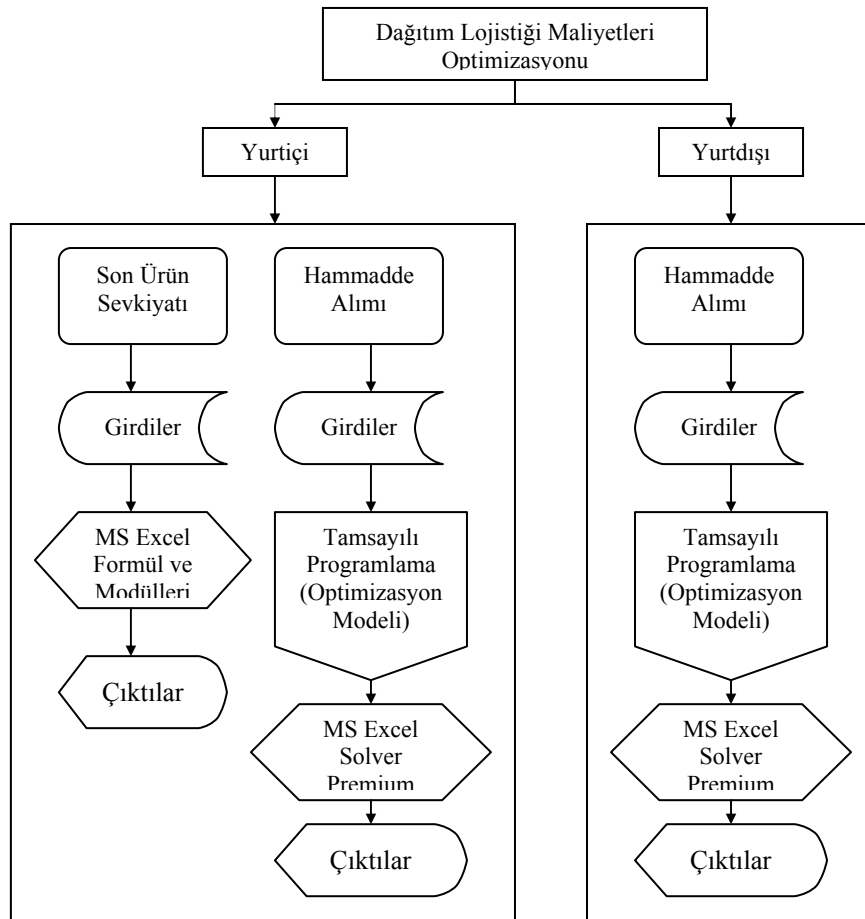
4. Önerilen yöntembilim

Problemlerin yapıları incelendiğinde ve bu problemlere bulunacak çözümler düşünüldüğünde önerilebilecek en uygun yöntembilimin optimizasyon modelleri geliştirmek olduğu ortaya çıkmıştır. Çünkü

hammadde alım süreçlerinde birçok maliyet unsuru (hammadde bedeli, navlun bedeli, envanter bedeli, vs.) ve birçok kısıt (hammadde ihtiyacının karşılanması, kargo şirketlerinin uyguladığı özel durumlar, vs.) bulunmaktadır. Belirtilen kısıtların ışığında toplam maliyetlerin en aza indirilebilmesi için bilimsel bir metot olan optimizasyon modelleri kullanmak en uygun seçenektir. Ayrıca, önerilen modellerdeki karar değişkenleri tamsayı olduğu için tamsayılı programlama ana metot olarak seçilmiştir.

4.1. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

Modellerin yurtiçi ve yurtdışı olarak bölünmesinin temel nedeni bu iki süreçteki maliyet unsurlarının ve kısıtların farklılığıdır. Yurtiçi hammadde alımında yaklaşık olarak 5 olan maliyet unsuru sayısı yurtdışı hammadde alımında 15'e çıkarken kargo firmalarının uyguladığı prensipler de yurtiçi ve yurtdışı için farklıdır. Şekil 1'de yurtiçi ve yurtdışı taşımacılığı için geliştirilen modellerin ve çözümlerin akış şemaları görülmektedir.



Şekil 1. Geliştirilen Modeller ve Çözüm Yöntemleri

4.1.1. Yurtiçi Son Ürün Sevkiyatı

Yapılan incelemeler sonucunda yurtiçi son ürün sevkiyatında temel amaç taşıma maliyeti en az olan kargo şirketini bulmak olduğu için bu amaca yönelik Microsoft Excel tabanlı bir program hazırlanmıştır. Programın girdileri her ayrı sevkiyatın toplam kilogramı (KG), desisi ($\text{dm}^3/3000$ olarak hesaplanan özel bir lojistik ölçüsü), fatura bedeli ve istikametidir. Belirtilen girdilerle çalışacak program, kullanıcıya bu sevkiyatı en az maliyetle yapacak kargo şirketini bildirecektir.

Doğadan Gıda A.Ş. yurtiçi son ürün sevkiyatı için Express Kargo, UPS Kargo ve Yavuz Kargo ile çalışmaktadır. Firmadan öncelikle kargo şirketlerinin birim taşıma fiyatları tedarik edilmiştir. Belirtilen kargo şirketlerinden Express Kargo'nun taşıma maliyeti desiye ve ürünün gideceği uzaklığa bağlı olarak değişmektedir. Uzaklıklar şehir bazlıdır. Örneğin, ikisi de Antalya'nın ilçesi olan Kaş ve Manavgat'a yapılan sevkiyatlar için kargo şirketi aynı ücreti talep etmektedir. UPS Kargo'nun maliyeti sadece desiye bağlıdır. Yavuz Kargo ise hem desiye hem uzaklığı göz ardı etmekte, taşınan her palet için sabit bir birim fiyat talep etmektedir. Son ürünlerin taşınmasında kargo şirketleri tarafından uygulanan bazı farklı durumlar bulunmaktadır. UPS Kargo, Express Kargo'nun tayin ettiği desi miktarının 1.25 katını kabul etmektedir. Öte yandan, palet başına taşıma bedeli diğer kargo firmalarından daha fazla olan Yavuz Kargo, bazı durumlar söz konusu olduğunda taşıma bedelinde indirim gitmektedir. 10 palet ve 18 paletlik aralıkta sabit bir ücret talep eden Yavuz Kargo, bu çaptaki bir sevkiyat için diğer kargo şirketlerinden daha avantajlı konuma geçebilmektedir. Bütün bu istisnalar, Doğadan Gıda A.Ş. için son derece önemlidir. Bu yüzden bunların hepsi, programa Microsoft Excel'in çeşitli formülleri ve modülleri aracılığıyla tanıtılmıştır ve program bu farklı durumlara cevap verebilmektedir.

Yapılan programa kullanıcı aynı anda 250 taşıma işlemi girebilecektir. Program, en uygun taşıyıcı firmayı seçmek için gereken bilgileri ise Doğadan Gıda A.Ş.'nin üzerinde çalışıyor olduğu ERP sisteminden temin edecektir. Ayrıca, firmanın isteği üzerine, ileride sisteme eklenebilmesi için programa hayali bazı kargo firmaları tanıtılmıştır. Tanıtılan bu hayali firmalar, programa esneklik kazandırmakta ve zaman içerisinde Doğadan Gıda A.Ş.'nin çalışmak isteyebileceği şirketlerin de şu an çalışılan şirketlerle karşılaştırılmasına imkân sağlamaktadır. Programın kullanıcı ekranını gösteren Microsoft Excel çıktısı Şekil 2'de görülmektedir.

Microsoft Excel - yurtici_sevkiyat_son

FileEditViewInsertFormatToolsDataWindowHelp

</

Şekil 2. Yurtiçi Son Ürün Sevkiyatı Programının Kullanıcı Ekranı

4.1.2. Yurtiçi Hammadde Alımı

Yurtiçi hammadde alım problemi şirketin isteği üzerine iki kısımda incelenip çözülmüştür. İlk kısım 4 aylık hammadde ihtiyacını girdi olarak alıp bu ihtiyacın hangi sıklıkla (haftada bir, iki haftada bir veya ayda bir) getirilmesinin toplam maliyeti en aza indireceğini bulmaktadır. İkinci kısımda ise 5 günlük (1 haftalık) hammadde ihtiyacı verildiğinde, program bu ihtiyacın o hafta içindeki hangi günlerde ne kadar getirilmesinin maliyetleri en aza indireceğine karar verecektir. Bu iki kısmın birbirine karıştırılmaması için ilk kısma “4 aylık program” ikinci kısma ise “haftalık program” adı verilmiştir.

Her iki program için kullanılan bilgi aynıdır, fakat modeller ve karar verme mekanizmaları farklıdır. Haftalık programda günlük talep tam olarak bilinmesine ve programa bu bilgilerin girilmesine rağmen 4 aylık programda günlük kullanılan ya da talep edilen ihtiyaç bilinmemekte, her gün aynı miktarda ürün kullanıldığı varsayılmaktadır. Aynı zamanda haftalık program bir ürünün hangi gün ve ne kadar miktarda getirileceğini tam olarak söyleyebilmesine rağmen 4 aylık program ürünleri toplu halde, programın belirttiği aralıklarla getirmektedir.

4 aylık programa, yurtiçinden tedarik edilen dokuz tip hammaddenin 4 aylık toplam talebi, beş farklı tedarikçinin hammaddeler için önerdiği birim fiyatı, hammadde birim fiyatlarını Avro cinsinden tayin eden tedarikçi firmalar için o günün Avro kuru, getirilen her hammadde için fatura bedeli ve Yavuz Kargo'nun

taşımacılık faaliyetlerinde uyguladığı sabit sigorta katsayısı girilmektedir. Program da taşıma, envanter ve hammadde maliyetlerinin toplamını en aza indiren sipariş sıklığının haftalık mı, iki haftalık mı yoksa aylık mı olduğuna karar vermektedir. 4 aylık program hazırlanırken önemli varsayımlarda bulunulmuştur. Örneğin stok maliyetleri hesaplanırken fabrikadaki hammadde kullanımının her gün için aynı olduğu kabul edilmiştir, ayrıca firmanın isteği doğrultusunda ürünün siparişinden sonraki temin süresi göz ardı edilmiştir (yani ürün sipariş edildiği gün Doğadan Gıda A.Ş.'ye giriş yaptığı varsayılmaktadır) ve son olarak sipariş miktarları da sabit kabul edilmiştir (örneğin herhangi bir hammadde için 4 aylık talep 4000 KG ise ve program aylık sıklıklarda sipariş önerdiyse bu hammadde dört ay boyunca her ayın başında 1000 KG miktarında getirilecektir). Modeli kurmak için firmadan alınan bilgiler 4 aylık hammadde talebi, tedarikçi firmaların her ürün için belirlediği birim fiyat ve her hammadde için bir paletin aldığı miktardır. Bu bilgilerle, 4 aylık talebe cevap veren ilk model oluşturulmuştur. (Model 1 ve açıklaması için Ek – 1'e bakınız.) 4 aylık programın kullanıcı ekranını gösteren Microsoft Excel çıktısı Şekil 3'te görülmektedir.

	A	B	C	D	E	F	G
1	MALZEME ADI	MİKTAR		MALZEME ADI	YTL(1)	YTL(2)	
2	JELATİN (kg)	3.960		JELATİN (kg)	5.6560	5.656	
3	İPLİK (kg)	1.753		İPLİK (kg)	7.7000	7.700	
4	C-21 DPZ (kg)	46.514		C-21 DPZ (kg)	4.2960	4.100	
5	C-24 DPZ (kg)	23.432		C-24 DPZ (kg)	4.3860	4.100	
6	C-21 KUTU (adet)	3.116.805		C-21 KUTU (adet)	0.0591	0.059	
7	C-24 KUTU (adet)	1.558.626		C-24 KUTU (adet)	0.0574	0.051	
8	İP LUK KUTU (adet)	156.950		İP LUK KUTU (adet)	0.0532	0.051	
9	C-21 ETİKET (kg)	B		C-21 ETİKET (kg)			
10	C-24 ETİKET (kg)	B		C-24 ETİKET (kg)			
11							
12							
13							
14	Euro Kısmı	Yavuz Kargo Sigorta Katkısı					
15	1,6165	0,0015					
16	Haftalık Sipariş Toplam Maliyet	2 Haftalık Sipariş Toplam Maliyet	Aylık Sipariş Toplam Maliyet				
17	635638,0929	667456,6266	676038,442				
18							
19							
20							
21	4 aylık Süreğle Yurtiçinden						
22	Hazırda Sipariş Malietini En	Haftalık Sipariş					
23	Aza İndiren Sistem.						
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32	Eide Kalan Malzeme Cinsi	1 Haftanın Sonunda Kalan Mikdar	Yavuz Kargıyla Gelecek Palet Mikd	Expresizle Gelecek Miktar(KG veya Desi)	Malzemenin Alınacağı Firma		
33	JELATİN (kg)	0	0	€20	Firma 2		
34	İPLİK (kg)	0	0	97.38888889	Firma 2		
35	C-21 DPZ (kg)	0	4	126.55555556	Firma 2		
36	C-24 DPZ (kg)	0	1	801.77777778	Firma 2		
37	C-21 KUTU (adet)	0044,100007	0	0	Firma 1		
38	C-24 KUTU (adet)	0	0	1384,912	Firma 2		
39	İP LUK KUTU (adet)	0	0	205.5297619	Firma 2		
40	C-21 ETİKET (kg)	0	0	0	Firma 5		
41	C-24 ETİKET (kg)	0	0	0	Firma 5		
42							
43							
44	Eide Kalan Malzeme Cinsi	2 Haftanın Sonunda Kalan Mikdar	Yavuz Kargıyla Gelecek Palet Mikd	Expresizle Gelecek Miktar(KG veya Desi)	Malzemenin Alınacağı Firma		
45	JELATİN (kg)	0	0	0	Firma + 1		

Şekil 3. 4 Aylık (Yurtiçi Hammadde Alımı) Programının Kullanıcı Ekranı

Yurtiçi hammadde alımının ikinci kısmı olan haftalık programa göre, bir haftanın günlük ihtiyaçları programa girilecek ve program bu

hammadde ihtiyaçlarının hangi günlerde ve hangi miktarlarda getirilmesi gerektiğine en ekonomik şekilde karar verecektir. Haftalık programda, 4 aylık programda göz ardı edilen temin etme süreleri önem kazanmıştır. Yani hammadde sipari inin yapıldığı gün ürünler fabrikaya ulaşamaz. Toplam 9 çeşit hammaddenin 4'  bir günde geri kalan 5'i ise iki günde temin edilebilmektedir. Bu problemin çözümü, taşıma ve stok maliyetleri arasında iyi bir denge kurmayı gerektirmektedir çünkü günlük ihtiyaç miktarları birleştirilerek sipariş edilen hammaddeler envanter birikimine sebep olurken günlük siparişler sevkiyat maliyetlerini arttırmaktadır. Çözümde kullanılan model Ek – 2'deki modele oldukça benzemektedir. (Model 2 ve açıklaması için Ek – 2'ye bakınız.)

4.1.3. Yurtdışı Hammadde Alımı

Yurtdışı hammadde alımında amaç gerekli hammaddenin hangi zaman aralıklarıyla (iki hafta, bir ay veya iki ay) getirileceğini hesaplamaktır. Bu hesaplamalar için birçok maliyet unsuru kullanılmaktadır. Bu maliyet unsurları şunlardır: hammaddenin fatura tutarı, sigorta maliyeti, Kaynak Kullanımı Destekleme Fonu (KKDF), Tarım ve Köy İ leri Bakanlığı (TKİB) analiz bedeli, ithalat navlun bedeli, ardiye, müşteri hizmetleri bedeli, i nakliyat bedeli ve KDV. Burada ithalat navlun bedeli ürünün taşıma maliyeti; ardiye ise gümrükte tutulan ürünün stok maliyetidir. İ nakliyat bedeli ise ürünün gümrükten fabrikaya taşıma bedelidir.

Yurtdışından hammadde ithal edilmesi sürecinde bazı özel durumlar bulunmaktadır. Bunlardan birincisi Doğadan Gıda A. .'nin politikasıyla ilgilidir. Yurtdışı ta ımacılığını yapan tırların kapasitesi 26 palettir ve bir tır içinde birden fazla tip hammadde taşımanın bir sakıncası yoktur. Ancak bir sipari te aynı tip hammaddeyi birden fazla tırla taşımanın bazı kısıtları vardır. Belirli bir sipari te ihtiyaç miktarı palet cinsinden 26'nın katları olan sayıları açan hammaddelerin bu sayıları a an kısmı, orijinal ihtiyaın %10'unun altındaysa artan kısım ithal edilmez; eğer %10'u a ıyorsa ithal edilir. Bu  zel durum modelde dikkate alınmıştır. Başka bir özel durum da KKDF ile ilgilidir. Bu durum ise verilen siparişin fatura bedelinin ne zaman ödendiğine bağlıdır. Doğadan Gıda A. .'nin herhangi bir ürünün fatura bedelini ürün yurtdışından yola çıktıktan sonra 90 gün içinde ödeme opsiyonu vardır. Ancak bu bedel ürünün gümrüğe gelme süresi olan 15 gün içinde ödenirse, firma KKDF bedelinden muaf tutulmaktadır. Yani firma ya ürün bedelini erken ödeyip envantere para bağlayacak ya da vadesini kullanıp KKDF bedelini ödeyecektir. Bu  zel durum da modele yansıtılmıştır.

Yurtdışı hammadde alım programına, kullanıcı, girdi olarak sayısı 30'u açan hammadde tiplerinin her biri için dört aylık ihtiyaı (kg

cinsinden), bir paletin kg cinsinden kapasitesini, Avro cinsinden birim fiyatlarını ve KKDF, sigorta, navlun, ardiye, müşteri hizmetleri, iç nakliye, KDV sabit katsayı çarpanlarını girecektir. Bir paletin kaç kg kapasitesi olduğu her hammadde için değişmektedir ve kargo firması kg cinsinden fiyat verdiği için bu kapasiteler önemlidir. Modelde, firmaya esneklik sağlamak için artan hammadde tipi eğilimi de göz önünde bulundurularak, şu anki hammadde tipi sayısının daha üstünde bir rakam olan 35 tip hammadde olduğu varsayılmıştır.

Doğadan Gıda A.Ş.'nin yurtdışı hammadde alım sürecinde birlikte çalıştığı kargo firması kilogram başına taşıma ücreti talep etmektedir. Ancak tüm bir tır doldurulduğunda bu hesap yapılmaz; kargo şirketi sabit bir tüm tır ücreti uygular.

Bütün bu girdiler ve özel durumlar göz önüne alınarak Model 3 oluşturulmuştur. (Model 3 ve açıklaması için Ek – 3'e bakınız.) Yurtdışı hammadde alım programının kullanıcı ekranını gösteren Microsoft Excel çıktısı Şekil 4'te görülmektedir.

A	B	C	D	E	F	G
MAZEME ADI	MIKTAR (kg)	Birim Fiyat (Euro)	KG/Palet			
1	1	5.000	5	350	Sigorta Katsayısı	0,0015
2	2	45.000	4	500		
3	3	8.000	7	350	KKDF Katsayısı	0,03
4	4	25.000	10	550		
5	5	6.000	4	400		
6	6	32.000	6	500	TIGB Bedeli (€ / Hammadde Tipi)	250,00
7	7	4.000	7	350		
8	8	7.000	5	500		
9	9	9.500	4	350	Parsiyel Navlun Bedeli (€ / Kg)	0,02556
10	10	65.000	7	550		
11	11	7.400	10	400		
12	12	15.000	4	600	Tam Tır Navlun Bedeli (€ / Tır)	3000
13	13	3.000	6	350		
14	14	1.500	7	600		
15	15	4.500	5	350	1. Ardiye Çarpanı	0,001
16	16	12.000	4	550		
17	17	32.000	7	400	2. Ardiye Çarpanı	15
18	18	4.500	10	500		
19	19	5.500	4	350	3. Ardiye Çarpanı	0,005
20	20	1.000	6	500		
21	21	25.000	7	350	4. Ardiye Çarpanı	35
22	22	6.000	5	550		
23	23	32.000	4	400	5. Ardiye Çarpanı	1,135
24	24	4.000	7	500		
25	25	7.000	10	350	Müşteri Hizmetleri Bedeli Çarpanı	0,01
26	26	9.500	4	500		
27	27	5.000	6	350	İç Nakliyat Bedeli Çarpanı	0,02
28	28	45.000	7	550		
29	29	8.000	5	400	KDV	0,18
30	30	65.000	4	600		
31	31	7.400	7	500	Faiz	0,14
32	32	15.000	10	350		
33	33	3.000	4	550		
34	34	1.500	6	400		
35						
36						
37	2 Haftalık Siparişle Toplam Maliyet	Aylık Siparişle Toplam Maliyet	2 Aylık Siparişle Toplam Maliyet			
38	4753005,43	4768790,545	6272140,959			
39						
40						
41	4 Aylık Süreyle Yurtdışından Hammadde Sipariş Maliyetini En Aza İndiren Yöntem	2 Haftalık Sipariş				
42						
43						
44						

Şekil 4. Yurtdışı Hammadde Alımı Programının Kullanıcı Ekranı

5. Yöntembilimin Uygulanması

5.1. Yurtiçi Son Ürün Sevkiyatı

Yurtiçi son ürün sevkiyatı programında, şirketin isteği doğrultusunda şu anda üzerinde çalışmakta oldukları ERP programından

veri aktarabilecekleri ve kullanım açısından kolay bir yazılım olan MS Excel kullanılmıştır.

Projenin performansını ölçmek için Doğadan Gıda A.Ş.'den daha önce gerçekleştirilmiş 250 adet sevkiyatın des, kg, varış yeri ve fatura bedeli alınmış ve hazırlanmış olan programa girilmiştir. Bu sevkiyatların şirkete olan maliyeti ile bulunan maliyet karşılaştırıldığında yurtiçi son ürün sevkiyatının taşıma masraflarında %1,65 oranında azalma sağladığı görülmüştür. Ancak, bu projenin şirket tarafından kullanımı şu an üzerinde çalışılan ERP projesinin bitiminden sonra başlayacaktır.

5.2. Yurtiçi ve Yurtdışı Hammadde Alımı

Projenin yurtiçi ve yurtdışı hammadde alım kısımlarında problemin çözümü için tamsayı programlama modelleri kurulmuştur. Bu modelleri çözebilmek amacıyla, şirketin de istekleri göz önünde bulundurularak Microsoft Excel'in bir eklentisi olan, 8000 adet karar değişkeni ve kısıtlama kapasitesine sahip Excel Solver Premium kullanılmıştır.

Yurtiçi hammadde alım programının performansını ölçmek için Doğadan Gıda A.Ş.'den son dört ayın hammadde ihtiyacı ve bunların taşınması için ödenen taşıma masrafları alınmıştır. Dört aylık ihtiyaç programa girildiğinde bulunan taşıma masraflarının, gerçekleşen masraflardan %4,86 oranında az olduğu görülmüştür.

Yurtdışı hammadde alım programı ise son dört aylık siparişlerin taşıma maliyetlerini %3,62 oranında azaltmıştır.

6. Uygulama planı

Geliştirilen programların uygulama planları Doğadan Gıda A.Ş.'nin üzerinde çalışmakta olduğu ERP projesiyle paralel bir gelişim göstermektedir çünkü programların girdileri ERP programından çekilecektir ve ERP projesinin tamamlanmamış olması nedeniyle programlar henüz uygulama aşamasına gelmemiştir. Öte yandan program çıktıları eski verilerle karşılaştırıldığında maliyetlerde önemli ölçüde azaltma yapması, Doğadan Gıda A.Ş.'nin bu programları kullanacağını bir göstergesidir ve şirketten alınan telkinler de bu yöndedir. ERP projesinin Temmuz ayında sonlacağını tahmin eden Doğadan Gıda A.Ş. yetkilileri ile Mayıs ayı içinde programların kullanılmasına yönelik bazı bilgilendirici toplantılar düzenlenecektir.

7. Genel Değerlendirme

7.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

Proje kapsamında geliştirilen programlar, Doğadan Gıda A.Ş.'nin maliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturan taşıma maliyetlerini azaltmakta ve hem esnek olan tasarımı hem de kurulma aşamasında olan ERP yazılımı ile uyumluluğu açısından Doğadan Gıda

A.Ş.'nin beklentilerini tam olarak karşılayabilmektedir. Projenin firmaya kazandırdığı katkılar ise şöyle özetlenebilir:

- Yurtiçi son ürün sevkiyatı için oluşturulan program sayesinde, sevkiyat hizmeti veren kargo şirketleri sadece sağladıkları hizmet kalitesine göre değil, hizmetlerinin maliyetine göre de karşılaştırılabilecektir. Böylece ürün sevkiyatlarında, her taşıma için en düşük maliyetli şirket belirlenebilecek ve ileride Doğadan A.Ş.'nin çalışabileceği şirketler de programa girebilecektir. Nitekim, yukarıda da belirtildiği gibi bu programla sevkiyat maliyetlerinde aylık %1,65'lik bir azalma sağlanmıştır. Bu uygulamanın bir diğer getirisi ise, Doğadan Gıda A.Ş.'nin çalıştığı şirketler üzerindeki etkisidir. Maliyet unsurunun artık önemli olduğunu bilen firmalar için, hizmeti daha ucuza sağlamak önem kazanacak, bu da yine Doğadan için olumlu bir sonuç olacaktır.
- Yurtiçi ve yurtdışı hammadde alımında ise, sipariş sıklık ve miktarlarının bilimsel bir metotla belirlenmesi, taşıma ile ilgili maliyetlerin toplu olarak azaltılmasını sağlamıştır. Bu sayede, stok ve taşıma maliyetleri arasında iyi bir denge kurulabilmiş; toplam maliyeti en aza indirgeyen en uygun sipariş miktarı ve sıklığı bulunmuştur. Programların geçmiş veriler kullanılarak çalıştırılması sonucu, yukarıda da belirtildiği gibi, yurtiçi alımda taşıma masrafları %4,86 oranında azalacaktır. Şirket için çok önemli olan yurtdışı hammadde alım programında ise bu azalma %3,62 oranındadır. Hammadde alım programlarının bir diğer faydası ise sipariş miktarına karar verme aşamasını hızlandırmasıdır.

7.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

Doğadan Gıda A.Ş. şu anda sadece farklı lojistik şirketleriyle çalışmakta ve yurtdışı hammadde alımında sadece kara yolunu kullanmaktadır. Fakat bunların yanında, farklı taşıma şekilleri bulunmaktadır. Taşıma maliyetlerini azaltmaya yönelik yapılan programlara ek olarak, demiryolu ve denizyolu taşımacılığı da incelenmiştir.

7.2.1. Demiryolu ve Denizyolu Taşımacılığı

Demiryolu taşımacılığı kendi içinde birçok avantaj bulundurmaktadır. Bu avantajlardan en önemli iki tanesi, yüksek taşıma kapasitesi sayesinde düşük navlun olanakları sağlaması ve kötü hava koşullarından etkilenmemesidir. Bu avantajlar göz önüne alındığında demiryolu taşımacılığının Doğadan Gıda A.Ş. için uygun olabileceği düşünülmüştür. Ancak görüşülen kargo firmalarından hiçbiri Doğadan A.Ş.'nin vazgeçilmez olarak gördüğü kapıdan kapıya hizmeti sağlayamadığı için demiryolu taşımacılığı ile ilgili çalışmalar durdurulmuştur.

Günümüzde dünya ticaretinin yaklaşık %80'i deniz yolu ile yapılmaktadır (Ağbal ve diğerleri, 2003). Yapılan araştırmalar bu rakamın bir tesadüf olmadığını, denizyolu taşımacılığının birçok avantajının olduğunu ortaya koymuştur. Demiryolu taşımacılığına benzer avantajlar taşıyan denizyolu taşımacılığı (yüksek kapasite sayesinde düşük navlun bedelleri, kötü hava koşullarında kesintisiz hizmet) bunun yanında Doğadan Gıda A.Ş.'nin isteklerine cevap verirken bazı özel avantajlar daha kazanacaktır.

- Denizaşırı taşımacılıkta getirilen ürünler birçok limana uğramakta, hatta bazı durumlarda gemiden gemiye ürün transferi gerekmektedir. Bu durum da ciddi zaman kayıplarına neden olmaktadır. (Ece, 2001) Ancak Doğadan Gıda A.Ş. ithalatı Almanya'dan yaptığı için böyle bir durum söz konusu değildir. Bu yüzden ithal edilen mal doğrudan Almanya'dan Türkiye'ye ulaşacaktır.
- Denizyolu taşımacılığı yapan kargo firmaları araştırılırken çoğu firmanın Doğadan Gıda A.Ş.'nin lojistik faaliyetlerinde en önemli kıstas olarak kabul ettiği "kapıdan kapıya" hizmetini verdiği anlaşılmıştır.
- Denizyolu taşımacılığının geleceği dünyada olduğu gibi Türkiye'de de parlak görünmektedir. Denizyolu firmaları her geçen gün yeni hizmetler geliştirmekte ve taşımacılığı daha da kolay hale getirmektedirler. Bu durum da Doğadan Gıda A.Ş.'nin bu hizmetlerden faydalanması anlamına gelmektedir.

Türkiye'nin önde gelen 10 kargo firmasıyla yapılan görüşmelerde Doğadan Gıda A.Ş.'nin istekleri de belirtilerek navlun teklifleri alınmıştır. Teklifler değerlendirildiğinde denizyolu taşımacılığındaki navlun bedelinin karayolundan palet başına 34,5€ daha ucuz olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak Türkiye'deki liman ve gümrük masrafları Doğadan Gıda A.Ş.'nin şu anda yararlandığı gümrük masraflarından daha fazladır ve bu durum navlundaki kazancı ortadan kaldırmaktadır. Hizmet kalitesi ve navlun bedellerindeki avantaja rağmen gümrükte ortaya çıkan olumsuz durum denizyolu alternatifini de şu an için uygulanamaz kılmaktadır. Bu yüzden bu alternatif de Doğadan Gıda A.Ş.'ye tavsiye edilememektedir. Sonuç olarak, firmanın yurtdışı hammadde alımına karayoluyla devam etmesi en doğru karardır.

KAYNAKÇA

Ece, J. N. (2001), “Liman Ekonomisi”, Dünya Gazetesi, İstanbul
Ağbal, A. , Akgün, T. , Aydın, S. , Akova, H. , Bahadır, N. , Birkan, İ. ,
Erdağı, O. , Erdem, Y. , Ekzen N. , Fırat, M. , Gümüş, Ş. , Işındağ,
H. , Örs, H. , Özden, Y. , Tokgöz, H. , Yarıkkas, N. (2003),
VİZYON 2003 Ulaştırma ve Turizm Paneli, Ankara, 8.
<http://www.kadifeli.com>

EKLER

Ek 1. Yurtiçi Hammadde Alımı (4 Aylık Model – Model 1)

Karar Değişkenleri

X_{ijk} = k tedarikçisinden j kargo firmasıyla taşınmak üzere sipariş edilen i tipi ürün için gereken palet sayısı

Burada;

i = Jelatin(1), İplik(2), C-21 DPZ(3), C-24 DPZ(4), C-21 Karton kutu(5), C-24 Karton kutu(6), 10 parçalık karton kutu(7) , C-21 Etiket (8), C-24 Etiket(9),

j = Express Kargo (1), Yavuz Kargo (2),

k = Firma 1 (1), Firma 2 (2), Firma 3 (3), Firma 4 (4), Firma 5 (5)'i temsil etmektedir.

Y_{ik} = Y. Kargo'nun k tedarikçisinden i tipi ürün taşıdığı dolu tır sayısı

z_{ik} = Y. Kargo'nun k tedarikçisinden i tipi ürün taşıdığı dolu tır(lar)dan arta kalan palet sayısı

$$w_{ik} = \begin{cases} 1, & z_{ik} \leq 10 \\ 0, & z_{ik} > 10 \end{cases}$$

T_{ik} = Y. Kargo k tedarikçisinden i tipi ürünün kısmi nakliyat bedeli

TY_{ik} = Y. Kargo k tedarikçisinden i tipi ürünün toplam nakliyat bedeli

Parametreler:

d_i = i tipi ürün için kg cinsinden 4 aylık talep

dd_i = i tipi ürün için kg cinsinden günlük talep = $d_i / 126$

c_{ik} = k tedarikçisinden YTL cinsinden i ürününün kilogram başına fiyatı

a_i = kg cinsinden i ürününün bir palettteki miktarı

$n = \{30, 14, 7\}$, α_m = Envanter sabiti = $0.14 \times ((n-t)/360)$, $t=1,2,...,n$

(Program 4 aylık toplam ihtiyacı ya haftalık, ya iki haftalık ya da aylık aralıklarla getirmeye karar verecektir. Örneğin $n = 14$ için, program iki haftalık sipariş sıklığı ile getirilen ürünün maliyetini hesaplamaktadır. 't' geçen gün sayısı, 0.14 ise vade yüzdesidir. Bu formülle bir sonraki sipariş için kalan gün sayısından geçen gün sayısı çıkarılır. Stok maliyeti hesaplanır.)

b_n = n gün için gereken sipariş adedi ($b_{30} = 4$, $b_{14} = 9$, $b_7 = 18$)

E = Express Kargonun sabit çarpanı = 0.13 YTL

m_i = i tipi ürün için Express Kargo'nun uyguladığı bir palettteki desi veya kilogram miktarı

K = KDV sabiti = 0.18, S = Sigorta Sabiti = 0,0015, $\varepsilon = 0.000001$

Enküçült

$$\sum_{i,j,k} X_{ijk} a_i c_{ik} + \sum_{t=1}^n \alpha_t c_{ik} (a_i X_{ijk} - t((dd_i))) + \sum_i \left(m_i * E * \sum_k X_{ik} \right) +$$

$$(1+K) * \sum_{i,k} TY_{ik} + S * \left((1+K) * \left(\sum_{i,k} TY_{ik} \right) \right)$$

Kısıtlamalar

$$\sum_{j,k} X_{ijk} a_i \geq (d_i / b_n) \quad \forall i, j, k$$

$$\left. \begin{array}{l} Y_{ik} \geq (X_{i2k} / 18) - 1 + \varepsilon \\ Y_{ik} \leq X_{i2k} / 18 \end{array} \right\} \quad \forall i, k$$

$$\left. \begin{array}{l} z_{ik} = X_{i2k} - 18Y_{ik} \\ z_{ik} \leq 10 + 7(1 - w_{ik}) \end{array} \right\} \quad \forall i, k$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{ik} \geq 60z_{ik} - 600(1 - w_{ik}) \\ T_{ik} \geq 600(1 - w_{ik}) \end{array} \right\} \quad \forall i, k$$

$$TY_{ik} = T_{ik} + 600Y_{ik} \quad \forall i, k$$

$$w_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i, k$$

$$X_{ijk} \geq 0 \text{ tamsayı} \quad \forall i, j, k$$

$$Y_{ik}, z_{ik} \geq 0 \text{ tamsayı} \quad \forall i, k$$

$$T_{ik}, TY_{ik} \geq 0 \text{ tamsayı} \quad \forall i, k$$

Ek 2. Yurtiçi Hammadde Alımı (Haftalık Model – Model 2)

Karar Değişkenleri

X_{ijkt} = t zamanında k tedarikçisinden j kargo firmasıyla taşınmak üzere sipariş edilen i tipi ürün için gereken palet sayısı

Burada;

$t = -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5$

I_{it} = t zamanında i tipi ürünün palet cinsinden envanter miktarı

Y_{ikt} = t zamanında Y. Kargo'nun k tedarikçisinden i tipi ürün taşıdığı dolu tır sayısı

z_{ikt} = t zamanında Y. Kargo'nun k tedarikçisinden i tipi ürün taşıdığı dolu tır(lar)dan arta kalan palet sayısı

$$w_{ikt} = \begin{cases} 1, & z_{ikt} \leq 10 \\ 0, & z_{ikt} > 10 \end{cases}$$

T_{ikt} = t zamanında Y. Kargo k tedarikçisinden i tipi ürünün kısmi nakliyat bedeli

TY_{ikt} = t zamanında Y. Kargo k tedarikçisinden i tipi ürünün toplam nakliyat bedeli

Parametreler:

d_{it} = t zamanında i tipi ürün için palet cinsinden günlük talep

α' = Günlük tutulan Envanter sabiti = 0.14 / 360

Enküçült

$$\sum_{t=-1}^4 \sum_{i,j,k} X_{ijkt} a_i c_{ik} + \alpha' \sum_{t=1}^5 \sum_{i,k} c_{ik} I_{it} a_i + \sum_{t=-1}^4 \sum_i \left(m_i * E * \sum_k X_{i1kt} \right) + (1+K) * \sum_{t=-1}^4 \sum_{i,k} TY_{ik} + S * \left(\sum_{t=-1}^4 \left((1+K) * \left(\sum_{i,k} TY_{ikt} \right) \right) \right)$$

Kısıtlamalar

$$\sum_{j,k} X_{ijk(t-1)} + I_{i(t-1)} - d_{it} = I_{it}, \quad i=1,5,6,7 \quad t=1,\dots,5$$

$$\sum_{j,k} X_{ijk(t-2)} + I_{i(t-1)} - d_{it} = I_{it}, \quad i=2,3,4,8,9 \quad t=1,\dots,5$$

$$\left. \begin{aligned} Y_{ikt} &\geq (X_{i2kt} / 18) - 1 + \varepsilon \\ Y_{ikt} &\leq (X_{i2kt} / 18) \end{aligned} \right\} \quad \forall i, k, t$$

$$\left. \begin{aligned} z_{ikt} &= X_{i2kt} - 18Y_{ikt} \\ z_{ikt} &\leq 10 + 7(1 - w_{ikt}) \end{aligned} \right\} \quad \forall i, k, t$$

$$\begin{aligned}
& \left. \begin{aligned} T_{ikt} &\geq 60z_{ikt} - 600(1 - w_{ikt}) \\ T_{ikt} &\geq 600(1 - w_{ikt}) \end{aligned} \right\} & \forall i, k, t \\
& TY_{ikt} = T_{ikt} + 600Y_{ikt} & \forall i, k, t \\
& w_{ikt} \in \{0,1\} & \forall i, k, t \\
& X_{ijkt} \geq 0 \text{ tamsayı} & \forall i, j, k, t \\
& Y_{ikt}, z_{ikt}, I_{it} \geq 0 \text{ tamsayı} & \forall i, k, t \\
& T_{ikt}, TY_{ikt} \geq 0 \text{ tamsayı} & \forall i, k, t
\end{aligned}$$

Ek 3. Yurtdışı Hammadde Alım Modeli (Model 3)

Karar Değişkenleri

$X_i = i$ tipi üründen getirilen palet sayısı; $i = \{1, 2, \dots, 35\}$

$Y_i = i$ tipi ürün için taşınan dolu tır sayısı

$z_i = i$ tipi ürün için dolu tırlardan arta kalan palet sayısı

$$w_i = \begin{cases} 1, & \text{ürünün fatura bedeli 15 gün sonra ödenirse} \\ 0, & \text{ürünün fatura bedeli 90 gün sonra ödenirse} \end{cases}$$

Yn = Dolu tırlardan kalan ürünler için oluşturulacak yeni dolu tır sayısı

zn = Yeni dolu tırlardan arta kalan palet sayısı

$$u_i = \begin{cases} 1, & z_i > 0.1 X_i \\ 0, & z_i \leq 0.1 X_i \end{cases}$$

$zu_i = i$ tipi ürün için dolu tırdan arta kalan ve orijinal miktarın

%10'undan büyük olan palet sayısı

$F_i = i$ tipi ürün için KKDF bedeli veya 75 günlük fatura bedeli faizi

Parametreler

$c_i = i$ tipi ürünün kilogram başına birim fiyatı

M_i = Bir paletin i tipi üründen alabileceği kilogram miktarı

$\bar{M}$ = Ağırlıklı ortalama palet ağırlığı

S = Sigorta çarpanı = 0.015, K = KKDF çarpanı = 0.03,

T = TKIB sabiti = 250 €

N_s = İthalat navlun çarpanıları, $s = 1, 2$

A_j = Ardiye bedeli çarpanları, $j = 1, \dots, 5$

H = Müşteri hizmetleri çarpanı = 0.01, I = İç nakliyat çarpanı = 0.02

V = KDV bedeli çarpanı = 0.18

b_n = n gün için gereken sipariş adedi ($b_{60} = 2$, $b_{30} = 4$, $b_{14} = 9$)

f = faiz oranı = 0.14, g = ürün bedeli ödeme vade günü = 75, $M = 1000$

Enküçült

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^{35} X_i M_i c_i + S \sum_{i=1}^{35} X_i M_i c_i + \left(\sum_{i=1}^{35} F_i \right) + T \left(\sum_{i=1}^{35} Y_i + \sum_{i=1}^{35} u_i \right) + N_1 * \bar{M} * zn \\ & + N_2 \left(\sum_{i=1}^{35} Y_i + Yn \right) + \left(\left(\sum_{i=1}^{35} X_i M_i A_1 A_2 \right) + \left(\sum_{i=1}^{35} X_i M_i A_3 \right) + A_4 \right) * A_5 + \\ & I \sum_{i=1}^{35} X_i M_i + \sum_{t=1}^n \alpha_{in} (c_i (X_i M_i - t(dd_i))) + \\ & H * ((1) + (2) + (5) + (6)) + V * ((1) + (2) + (4) + (5) + (6) + (7) + (8) + (10)) \end{aligned}$$

Kısıtlamalar

$$X_i M_i \geq d_i / b_n \quad \forall i$$

$$\begin{cases} Y_i \leq (X_i / 26) \\ Y_i \geq (X_i / 26) - 1 + \varepsilon \end{cases} \quad \forall i$$

$$\begin{cases} z_i \geq 0.1 X_i + \varepsilon u_i - M(1 - u_i) \\ z_i \leq 0.1 X_i + M u_i \\ z_i = X_i - 26 Y_i \end{cases} \quad \forall i$$

$$\begin{cases} zu_i \geq z_i - M(1 - u_i) \\ zu_i \leq z_i + M(1 - u_i) \\ zu_i \leq M u_i \end{cases} \quad \forall i$$

$$\begin{cases} Y_n \geq \left(\left(\sum_{i=1}^{35} zu_i \right) / 26 \right) - 1 + \varepsilon \\ Y_n \leq \left(\sum_{i=1}^{35} zu_i \right) / 26 \end{cases} \quad \forall i$$

$$z_n = \left(\sum_{i=1}^{35} zu_i \right) - 26 Y_n \quad \forall i$$

$$\begin{cases} F_i \geq K X_i M_i c_i - M w_i \\ F_i \leq K X_i M_i c_i + M w_i \\ F_i \geq ((X_i M_i c_i f * g) / 365) - M(1 - w_i) \\ F_i \leq ((X_i M_i c_i f * g) / 365) + M(1 - w_i) \end{cases} \quad \forall i$$

$$w_i, u_i \in \{0, 1\} \quad \forall i$$

$$X_i \geq 0 \text{ tamsayı} \quad \forall i$$

$$Y_i, z_i, zu_i \geq 0 \text{ tamsayı} \quad \forall i$$

$$T_{ik}, TY_{ik}, F_i \geq 0 \text{ tamsayı} \quad \forall i$$

$$Y_n, z_n \geq 0 \text{ tamsayı} \quad \forall i$$

Ürün Takip Sistemi Tasarımı

Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayii A.Ş Ankara Fabrikası

Proje Ekibi

Pınar Akçayöz
Avşar Çetin
Zeynep Ekin Eryol
Neşe Kılıç
Emre Sakallı
Gökhan Yılmaz

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Sedat Şahin, Anadolu Efes Biracılık Ankara Fabrikası
Mamül Depo Yöneticisi

Akademik Danışman

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

ÖZET

Anadolu Efes Ankara Fabrikası mamül depo yönetimi yasal, operasyonel ve kalite kaynaklı nedenlerle üretim tarihi ve yeri bilinen bir ürünün hangi distribütöre ya da bayiye gönderildiği bilgisini kayıt altına alacak bir izlenebilirlik sistemine ihtiyaç duymuştur. Bu projenin amacı, Ankara Fabrikası'nın ihtiyaç duyduğu izlenebilirlik sistemini gerekli teknik altyapı, güncellenmiş depo süreçleri ve maliyet analizleri ile birlikte tasarlamaktır. Çalışma, Efes özelinde izlenebilirlik problemini kavramsal düzeyde çözmenin yanı sıra, tasarım sürecinde yapılan sektör anketi ile gıda güvenliği konusunu Türkiye'deki gıda şirketlerinin gündemine sokmayı başarmıştır.

Anahtar Sözcükler: Tedarik zinciri, gıda güvenliği, izlenebilirlik sistemi, FIFO, barkod, RFID.

1. İşletme Tanıtımı

Türkiye’de bira denince akla gelen ilk marka olan Efes Pilsen, 1969 yılında faaliyetlerine İstanbul ve İzmir’de kurulu iki bira fabrikasıyla Anadolu Endüstri Holding A.Ş. (Anadolu Grubu) çatısı altında başlamıştır. Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayii A.Ş. (Anadolu Efes), bugün dünyanın çeşitli bölgelerine yayılmış 14 bira, dört malt fabrikası ve bir şerbetçi otu tesisiyle Avrupa’da en çok tüketilen on bira markası arasındadır. Efes, Almanya, Amerika, İngiltere, Fransa ve Rusya gibi 50’nin üzerinde ülkeye ihracat gerçekleştirmektedir. Şirketin Türkiye’nin yanı sıra Rusya, Moldova, Sırbistan, Romanya ve Kazakistan’da yatırımları bulunmaktadır.

Efes İçecek Grubu’nun toplam bira üretim kapasitesi yıllık 20 milyon hektolitreye olup toplam malt üretim kapasitesi ise yaklaşık 150.000 tondur. Grubun İstanbul, İzmir, Ankara, Adana ve Lüleburgaz’da bira; Afyon ve Çumra’da malt fabrikaları ve bir şerbetçiotu tesisi bulunmaktadır. Şirket, Türkiye’de % 79 pazar payı ile sektör lideridir. Efes çalışanlarının % 43’ü mavi yakalı, % 57’si ise beyaz yakalıdır. Efes Ankara Fabrikası’nın üretim kapasitesi günlük 60.000 kasadır ve deposunda Türkiye’deki diğer dört fabrikadan gelip burada depolanan (konsinye) ürünlerle birlikte toplam 80 çeşit ürün bulunmaktadır.

2. Proje Tanımı

Son yıllarda, diğer tüm sektörlerde olduğu gibi, gıda sektöründe de tedarik zincirlerinin kapsamı büyümüş ve yönetimi karmaşıklaşmıştır. Günümüzde *gıda güvenliği* de tedarik zinciri kapsamı içerisinde ele alınması gereken konulardan birisidir. Ülkemizde gıda güvenliği alanındaki temel çalışmalar Avrupa Birliği uyum yasaları çerçevesinde başlamıştır. 2005 yılında çıkarılan 5179 sayılı yasayla gıda güvenliğinin tüm tedarik zinciri boyunca sağlanması zorunluluğu getirilmiştir.

Yasa, sektörde üretici konumunda bulunan şirketlere, “*gıda, gıdanın elde edildiği hayvan, bitki ya da gıda maddesinde öngörülen veya ortaya çıkması beklenen herhangi bir maddenin tespit edilmesi için hammadde temini, üretim, işleme, depolama, dağıtım ve satış ile ilgili tüm aşamalarda izlenebilirliği tesis etmek*” zorunluluğunu getirmiştir. Mevcut durumda Ankara Fabrikası’nda hammadde temini, üretim, işleme ve depolama aşamalarında izlenebilirlik, var olan merkezi bilgi sistemi ile sağlanmaktadır. İzlenebilirlik konusunda Ankara Fabrikası’nın ihtiyacı, fabrikadan ürünlerin dağıtımının yapıldığı diğer Efes fabrikaları, distribütörler, bayiler ve müşteriler, belirlenerek buralara hangi son kullanma tarihli ürünlerin gönderildiğinin izlenmesidir.

Bu noktada proje grubumuz, Ankara Fabrikası’nda üretilen ürünlerin dağıtım ve satışlarının yapıldığı distribütörlerde takibini sağlayacak, ürün takip bilgilerini kayıt altına alacak ve bu bilgileri gerek

duyulması halinde ilgili mercilere süratle iletebilecek bir sistemin tasarlanmasını amaçlamaktadır. Proje, ürünlerin depoya gelmesi ve depodan çıkıp distribütörlere ulaşması ile ilgili süreçleri kapsamaktadır.

3. Analiz

3.1. Mevcut Sistemin Analizi

Ankara Fabrikası, İlk Gelen İlk Çıkar (FIFO) ilkesi çerçevesinde, son kullanma tarihi en yakın olan ürünleri öne gelecek şekilde sıralamakta ve yükleme yapılırken de bu sırayı gözeterek ürünleri depodan çekmektedir. Ancak, depodan çıkan belli bir tarihli, belli bir fabrikada üretilmiş ürünün hangi distribütöre, hangi tarihte gönderildiği bilgisi mevcut sistemde tutulamamaktadır. Mevcut yükleme süreçleri ürün izlenebilirliğine olanak tanımamaktadır. Proje sonucunda depolama ve yükleme süreçleri dağıtım sonrasında ürün takibini mümkün kılacak şekilde yeniden tasarlanacaktır.

3.2. Sistemdeki Sorunlar

Mamül depoda yapılan inceleme ve gözlemler sonucunda izlenebilirlik ile ilgili olarak aşağıdaki alanlarda geliştirmeler yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır:

- Yüklemeden sonra hangi tarihli ürünlerin hangi dağıtıcıya gönderildiği bilgisine ulaşmak varolan sistem üzerinden mümkün olmamaktadır.
- Mamül depodaki yerleşim düzeni ve depo ile ilgili kapasite problemleri, depodaki en eski ürünlerin yerlerini bulmayı zorlaştırmaktadır. Bu durum FIFO ilkesinin etkin şekilde uygulanmasını zorlaştırmaktadır.
- Yükleme sırasında farklı tarihli ürünler içeren karışık paletler oluşturulduğundan, palet üzerinden ürün takibi mümkün değildir.

3.3. Literatür Taraması

Literatür taraması üç konu üzerine yoğunlaşmıştır: Ürün izlenebilirliği hakkında çıkarılan kanunlar, takip sistemlerinde kullanılan teknolojiler ve depo yönetim sistemleri.

Projenin gerekliliklerini doğru şekilde belirleyebilmek için gıda güvenliği yasalarının araştırılmasına öncelik verilmiş ve bu konuyla ilgili olarak hazırlanan ve 05/06/2004 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanan 5179 sayılı yasa incelenmiştir.

Bu yasa, şirketlere tedarik zinciri üzerinde büyük miktarda veri toplama ve depolama zorunluluğu getirmektedir. Bu sebeple, literatür araştırmamızın teknoloji ayağı veri otomasyonu sağlayan RFID (Radyo Frekanslı Tanımlama) ve barkod teknolojileri üzerine yoğunlaşmıştır.

Kurulacak sistemin etkin çalışması hatasız işleyen depo süreçlerine bağlı olduğundan, araştırmamız depo yönetim sistemlerini

de kapsamıştır. Bu araştırmada odaklanılan konular, sorumlulukların tanımlanması, depo adreslemesi ve depo trafiğinin düzenlenmesidir.

3.4. Sektör Araştırması

Literatür taramasıyla paralel olarak bir de sektör anketi çalışması yürütülmüştür. Anketin bir örneği Ek-1’de bulunabilir. Bu anket 26 firmaya yollanmış ve 17’sinden cevap alınabilmiştir. Elde edilen bilgilere göre; firmaların büyük çoğunluğu fatura üzerinden ve/veya barkod sistemleriyle ürünlerini bayilerden son kullanıcıya satılma kadar izleyebilmektedirler. Bazı firmalar ise RFID ve barkod gibi sistemlerle bu takibi son kullanıcıları da kapsayacak şekilde genişletebilmişlerdir. Anketimiz göstermiştir ki, firmaların büyük çoğunluğu ürünlerini gerekli durumlarda 24 saat içinde toplayabilmektedirler. Bu anketten çıkan bir başka çarpıcı sonuç ise henüz bir ürün takip sistemi olmayan firmaların tamamına yakınının bu konu ile ilgili devam eden bir çalışmalarının olduğudur.

4. Önerilen Yöntembilim

Ankara Fabrikası’nın özel koşulları ve dünyada kullanılan izlenebilirlik sistemleri göz önünde bulundurularak fabrika yönetimine üç çözüm alternatifi sunulmuştur.

4.1. Efes Temel İzlenebilirlik Metodu (TİM)

TİM, kamyonlaştırma sırasında yüklenen ürünlerin hangi siparişe gönderildiğinin manuel olarak bir veritabanına aktarılması fikrine dayanır. Veritabanı ile birlikte çalışan kullanıcı arayüzü sayesinde de istenildiği anda hangi ürünlerin hangi dağıtıcıya gönderildiği bilgisine erişilir.

TİM’in üstünlüğü, kayıt sürecinde en az miktarda bilgi girişiyle izlenebilirliğin sağlanmasına olanak vermesidir. TİM, paletlere atanan numaralar üzerinden kayıt işlemlerini gerçekleştirir. Bu numaralardan palet içindeki ürünlerin son kullanma tarihi, üretim yeri ve dolum parti numarasına ulaşılabilir.

Karışık paletlerde paletin içine yerleştirilen her ürünün orijinal palet numarası ve bu numaradan kaç ürünün bu palet içine konulduğu bilgisi veritabanına kaydedilir. Böylece, palet bazlı takip sağlanır.

TİM’in veri giriş süreci, bu sorumluluğun forklift operatörleri ve kontrolörler arasında uygun bir şekilde paylaştırılmasıyla bir külfet olmaktan çıkar. Bilgi girişi, yükleme alanına yerleştirilecek olan bir kişisel bilgisayar üzerinden gün sonunda ya da forklift operatörlerine dağıtılacak el bilgisayarlarıyla yapılabilir. Dahası, yükleme alanına kurulacak kablosuz ağ ile gerçek zamanlı bilgi girişine olanak sağlanabilir.

Avantajlar

- Düşük maliyetlidir.
- 2-3 ay gibi kısa bir süre içinde kullanıma hazır hale getirilebilir.

- Minimum sistem değişikliği gerekir, yapısal değişiklik yoktur.
- Ankara Fabrikası'nın diğer fabrikalardan ayrı hareket edebilmesini sağlar.

Dezavantajlar

- İnsan hatasına görece daha açıktır.
- Takip edilebilen en küçük birim palettir.
- Son kullanıcıya yönelik olarak geliştirilmesi görece daha zordur.

4.2. Barkod Metodu

Kolay ve doğru veri girişine olanak tanıyan barkod sisteminin kurulum maliyeti yüksektir ve sistemde önemli değişiklikler gerektirir. Sistem, paletlere hat çıkışlarında basılan barkod etiketlerinin, kamyonlaştırma sırasında el bilgisayarlarıyla okutulup kayıt altına alınmasına dayanır. Paletlere basılan numaralar, o palette bulunan ürünlerin son kullanım tarihi, üretim yeri ve parti numarası bilgisini içermektedir. Hat çıkışlarına yerleştirilen barkod yazıcıları, ERP'den alınan verilere göre paletlere barkod basar. Karışık palet durumunda ise TİM'de olduğu gibi karışık palete eklenen her ürünün orijinal palet numarası ve eklenen ürün miktarı bilgisi sisteme kaydedilir.

Avantajlar

- İnsan hatasına daha az açıktır, hızlı veri girişine olanak verir.
- Daha etkin stok yönetimine olanak verir.
- Son kullanıcıya doğru geliştirilmesi mümkündür.

Dezavantajlar

- Kurulum ve işletme maliyeti yüksektir.
- Barkod okuma hataları görülebilir.
- Barkod dayanıklılığı ve kullanışlılığı sorun yaratabilmektedir.

4.3. RFID Metodu

RFID, ürün etiketi ile okuyucu/yazıcı arasındaki veri transferinin radyo dalgaları aracılığı ile sağlandığı bir teknolojidir. RFID etiketlerinin içinde antenler bulunur ve bu antenlerin okuma sırasında yaydığı radyo dalgaları, okuyucu tarafından algılanıp sayısal bilgiye dönüştürülerek ürünün benzersiz olarak tanımlanması sağlanır. RFID sisteminin en büyük özelliği çok az çaba ile çok sayıda ürünü aynı anda kayıt altına alabilmesidir. Böylece ürün takip ve kontrol süresi önemli ölçüde azaltılarak daha hızlı ürün akışı sağlanır.

RFID etiketli ürünler kamyonlara yüklendikten sonra depo çıkışına yerleştirilecek okuyucular sayesinde hangi ürünlerin hangi kamyonu yüklendiği bilgisi kaydedilecektir. Radyo dalgalarının maddeler arasından geçebilmesi sayesinde etiket, görülebilir bir konumda olmadan da okunabilir. Bu özellik, ortalama 200.000 kasa ürün bulunan Efes deposunda tek tek etiket okutma sorununu ortadan kaldıracaktır.

Avantajlar

- Minimum insan ve sevkiyat hatası ile çalışır.
- Görüş alanı sorunu olmadan pek çok etiket aynı anda okunabilir.
- Etiketlerde daha fazla bilgi tutulabilir.
- Etiketler daha dayanıklıdır.

Dezavantajlar

- Sistemin kurulum ve işletme maliyetleri yüksektir.
- Yeni bir teknoloji olduğundan standartları değişmektedir.

5. Kavramsal Tasarım

Firmayla yapılan görüşmeler sonucunda RFID ve barkod sistemlerinin birlikte ve tüm fabrikalarda kullanıldığı “Karma Çözüm” için maliyetleri de içeren bir fizibilite raporu hazırlanmasına karar verilmiştir. Oluşturulan karma çözüm, ancak Efes’in bütün fabrikalarında uygulandığı takdirde amacına hizmet edebilmektedir. Diğer tüm durumlarda çözüm, diğer fabrikalardan gelen konsinye mallar nedeniyle, eksik kalmaktadır. Ayrıca barkod ve RFID ekipmanının oldukça yüksek ilk yatırım maliyetlerine sahip olması da uygulamanın proje kapsamı dışında bırakılmasında etken olmuştur.

Bu çözüme göre, geri dönüşlü ürünlere (mavi kasa, fiçi) RFID etiketleri, bu ürünlerin paletlerine ise kontrol amacıyla barkod etiketleri basılacaktır. Geri dönüşsüz ürünlerde (tavalı ve kutulu ürünler) sadece paletlere barkod etiketleri basılacaktır.

Bu çözüme göre kavramsal tasarım hazırlanırken depodaki süreçler, ürünlerin depoya alınması ve ürünlerin kamyonu yüklenerek ilgili distribütöre gönderilmesi olarak ikiye ayrılmıştır. Bu süreçler RFID ve barkod teknolojileri için ayrı ayrı tasarlanmıştır. Süreçlerin şekilsel gösterimleri Ek 2’de bulunabilir.

5.1. Ürünleri Depoya Yerleştirme

Ek 2 – Şekil 1’in başında da görüldüğü gibi hattan çıkıp paletlenen ürünlere barkod etiketleri basılır. Bu barkoda basılan etiket numarası, ERP’den çekilen ürün bilgilerine göre izlenebilirlik sisteminde oluşturulmaktadır. Bu ürün bilgileri, ürünün adı, son kullanma tarihi, üretim yeri ve parti numarasını kapsamaktadır. Forklift operatörleri etiketlemesi biten paletleri hat sonundan alırlar ve FIFO ilkeleri doğrultusunda depoya yerleştirirler. Ek 2 – Şekil 2’de ise konsinye malların geçirdiği depolama süreci gösterilmiştir. Konsinye ürün getiren araçtan ürünler indirilir. Bu ürünlerin barkod etiketleri, forklift operatörlerinin ellerindeki barkod okuyucularla okutulduktan sonra ürünler depoda uygun yerlere yerleştirilir. Barkod bilgileri kablosuz ağ üzerinden izlenebilirlik sistemine kaydedilir. Depoya yerleştirme ile ilgili tüm süreçlerde her aşamada depo yönetimi izlenebilirlik sistemine müdahale ederek gerekli gördüğü veri değişikliklerini yapabilir.

Ek 2 – Şekil 3 ise RFID depolama sürecini göstermektedir. RFID etiketli ürünlerde, hat sonlarında birer RFID yazıcısı bulunur. ERP’den alınan ürün bilgileri, kasalanmış ürünler üzerine önceden yerleştirilmiş RFID etiketlerine radyo dalgaları aracılığı ile kaydedilir. Daha sonra bu ürünler paletlenir ve her palet ayrıca barkod ile etiketlenir. Palettteki etiket numarası, palet içinde hangi ürünlerin bulunduğu bilgisini içermektedir. Bu etiketlemedeki hedef, veritabanında tutulması gereken veri miktarını en aza indirmektir. Etiketleme işlemi tamamlanan paletleri, forklift operatörleri depoda uygun yerlere yerleştirir.

5.2. Yükleme ve Sevkiyat

Barkod etiketli ürünlerin yükleme ve sevkiyat süreci Ek 2 – Şekil 4’te gösterilmiştir. Bu süreç, depo yönetiminin gelen siparişler doğrultusunda yükleme emirleri oluşturmasıyla başlar. Daha sonra bu emirler kablosuz ağ sistemi aracılığıyla yükleme alanındaki forklift operatörlerinin ellerindeki taşınabilir bilgisayarlara gönderilir.

Yüklenecek ürünlerin etiketini okutan forklift operatörü, ürünün sevkiyata uygunluğunu izlenebilirlik yazılımı aracılığıyla kontrol eder. Forklift operatörleri, yüklenmesinde sakınca olmayan ürünler için emirler doğrultusunda iki farklı yükleme süreci uygulayabilir. Karışık paletler oluşturulurken, karışık palete katılan her ürünün orjinal barkod numarası okutulur ve orjinal paletlerden kaç ürünün karışık palete eklendiği izlenebilirlik ön kayıtlarına geçirilir. Tam paletlerde ise sadece palet etiketi okutulur ve izlenebilirlik ön kayıtlarına tam palet olduğu bilgisi girilir. Ön kaydı yapılan ürünler ilgili kamyonu yerleştirilir ve siparişin irsaliyeli faturası sürücüye teslim edilir. Kapı sayımı ve son kontrollerden sonra siparişin sistemden çıkışı onaylanır ve izlenebilirlik ön kayıtları kalıcı kayıtlara çevirilir.

RFID teknolojisinde ise yükleme süreci farklılık göstermektedir. Ek 2 - Şekil 5’te gösterildiği gibi, fabrika girişinde araçlara tanımlayıcı RFID etiketi verilir ve bu etiket numarası izlenebilirlik yazılımı üzerinden kamyon ve sürücü bilgisiyle eşlenir. Depo yönetimi ise bilgi sisteminden siparişleri çeker ve fabrikaya giriş yapan araç etiket numarasıyla siparişleri ilişkilendirir. Sipariş için hazırlanan yükleme emirleri kablosuz ağ sistemi aracılığıyla yükleme alanındaki forklift operatörlerinin taşınabilir bilgisayarlarına gönderilir. Operatörler bu emirler doğrultusunda paletlerin etiketlerini okutup sevkiyat yasağı olmayan ürünleri bu siparişe atanan araca yerleştirir. Yükleme tamamlandan araçların sürücülerine yüklenen siparişin irsaliyeli faturası teslim edilir.

Daha sonra aracın son sayımı yapılır ve hatalı yükleme yapılmışsa araç yükleme alanına geri yollanır. Son kontrolleri geçen araç, depo çıkışına yönlendirilir. Buradaki RFID antenleri, aracın etiketini ve araç üzerindeki ürünlerin etiketlerini okur. Bu bilgiler izlenebilirlik yazılımı

ile bilgi sistemi üzerinde eşlenir. Böylece depodan mamül çıkışı tamamlanmış olur.

6. Ekipman Gereksinimleri

6.1. Sistem Yönetim Yazılımı

Mevcut ERP sistemine bütünleşik çalışması gereken sistem yönetim yazılımının sahip olması gereken özellikler Ek-3'te belirtilmiştir. Piyasada bulunan ürünler bu ihtiyaçlardan çok daha fazlasını sağlayabilen depo yönetim yazılımlarıdır. Bu nedenle yazılımın geniş kapsamlı sürümleri alınıp mevcut depo yönetimi süreçleri buna göre değiştirilmeli ya da dar kapsamlı sürümleri Efes'e özel çözüm olarak düşünülmelidir.

6.2. Barkod Ekipmanı

Etiketler: Piyasada bulunan barkod etiketleri, fiyat ve performans açısından farklılık göstermediğinden sistemde kullanılacak barkod etiketlerinin markası satın alma kararında etken değildir. Kullanılacak barkod etiketlerinin özellikleri Ek-3'te belirtilmiştir.

Barkod Yazıcı: Piyasadaki tüm yazıcılar, baskı hızı gereksinimleri konusunda yeterlidir. Barkod yazıcılarının özellikleri Ek-3'te belirtilmiştir. Her dolum hattı çıkışında palet etiketleri için baskı yapacak bir adet barkod yazıcı ve etiketleri paletlere yapıştırmak için otomatik yapıştırma makinesi bulunacaktır.

Barkod Okuyucu: Barkodların okunması işlemi forklift operatörleri, karışık palet hazırlayan işçiler ve kontrolörler tarafından gerçekleştirilecektir. Taşınabilir okuyucuların temel özellikleri Ek-3'te belirtilmiştir. Ayrıca, forkliftlere sabit okuyucu takılarak okuma işlemi kolaylaştırılabilir. Bunun için forkliftlere özel bir terminal bilgisayar veya el okuyucusunun oturtulacağı ekipman gerekecektir. Her forklift operatörü ve karışık palet işçisi için birer adet barkod okuyucu, her kontrolör için birer RFID ve barkod okuyucu gerekecektir.

6.3. RFID Ekipmanı

Sistemin başarımını radyo dalgalarının sağlıklı iletimi belirleyeceği için son karar verilmeden önce depoda mutlaka kapsamlı bir ön çalışma yapılmalıdır.

RFID Etiketleri: RFID etiketlerinin tekrar kullanılabilir olması için etiketlerin kasa ve fiçilerin içine gömülmesi planlanmaktadır. Etiket özellikleri Ek-3'te belirtilmiştir. Burada etiketlerin sahip olması gereken en önemli özellik UHF frekansında çalışmasıdır çünkü bu frekans yüksek okuma hızı ve menzil sağlamaktadır.

Yazıcı: Kasa ve fiçilerdeki sabit RFID etiketleri, RFID yazıcıları tarafından radyo dalgaları aracılığıyla yazılacaktır. RFID yazıcının sahip olması gereken özellikler Ek-3'te belirtilmiştir. RFID yazıcılar her kasalı şişe ve fiçi dolumu yapan hattın sonunda birer adet olacaktır.

Okuyucu: El terminalleri dışında, RFID etiketlerinin okunması anten ve okuyucu ikilisinden oluşan bir sistemle gerçekleşecektir. Anten ve okuyucunun sahip olması gereken özellikler Ek-3'te belirtilmiştir. Alınması gereken anten ve okuyucu sayısının Efes fabrika depolarında yapılacak ön çalışmayla belirlenmesi gerekmektedir.

7. Maliyetler

7.1. Yatırım Maliyeti

Yukarıda belirlenen ölçütler ışığında, piyasada bulunan ürünler marka ve modelleri ile belirlenmiştir. Gerekli ekipman sayılarını belirlemek için ihtiyaç duyulan bazı bilgiler mamül deponun içinde bulunduğu genişletme çalışmaları sonrasındaki durumuna bağlı olduğundan yapılan hesaplamalar bazı noktalarda varsayımlara dayanmaktadır.

Çalışmamızın gelecekte de firma tarafından kullanılabilir olması için değişken maliyetlere dayalı bir yapı oluşturulmuştur. Böylelikle gerekli bilgiler kesin olarak elde edildiğinde veya varolan bilgiler değiştiğinde toplam maliyet kolayca hesaplanabilecektir.

Tablo 1. İlk Yatırım Maliyetleri

Ekipman	Adet	Birim Fiyat (\$)	Toplam (\$)
Barkod Maliyetleri			
Sistem Yazılımı	1	48.000	48.000
Barkod Yazıcı	20	1.778	35.560
Barkod Okuyucu (Kontrolör)	26	2.800	72.800
Barkod Okuyucu (Operatör)	96	1.035	99.360
Etiket yapıştırma makinesi	20	17.816	356.320
Diğer (Pil, sarj aleti vb.)			15.000
		Toplam:	627.040
RFID Maliyetleri			
RFID Etiket	1.000.000	1	1.000.000
RFID Yazıcı	10	4.500	45.000
RFID Anten	40	600	24.000
RFID Okuyucu	10	2.500	25.000
		Toplam:	1.094.000
		Genel Toplam:	1.721.040

Barkod etiketleri ilk yatırım maliyeti yerine yıllık işletme maliyetine dahil edilmiştir. Bunun nedeni etiketlerin sistem uygulamaya geçtikten sonra üretilecek ürünlere palet bazında tek kullanımlık yazılacak olmasıdır.

RFID dalgalarının metal ve sıvı bulunan ortamlarda başarımlarının öngörülemez şekilde değişmesi nedeniyle gerekli RFID anten ve okuyucu sayıları ancak fabrika depolarında yapılacak çalışmalardan

sonra kesin olarak belirlenebilecektir. Yukarıdaki sayılar, fabrika başına ortalama iki okuyucu ve sekiz anten varsayımına dayanmaktadır.

Bu hesaplar ışığında, seçilen Barkod-RFID Karma çözümünün tüm Efes fabrikalarında uygulanması için ilk yatırım maliyeti toplamda 1.721.040 \$'dır. Tablo 1'den de anlaşıldığı üzere ilk yatırım maliyetinin büyük bölümünü RFID etiketleri oluşturmaktadır. Aslında piyasada çok daha ucuz (0,05-0,1 \$/adet) tek kullanımlık etiketler bulunmaktadır. Bu iki etiket türünün maliyetlerinin karşılaştırılabilmesi için kasalarla ilgili daha detaylı bilgilere (örneğin bir kasanın ömrü dahilinde ortalama kaç kez döndüğü) ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, firmadan bu tür bilgiler alınamamıştır.

7.2. İşletme Maliyetleri

İşletme maliyetleri doğrudan ve dolaylı maliyetler olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

7.2.1. Doğrudan İşletme Maliyetleri

Doğrudan işletme maliyetleri etiket, elektrik ve toner maliyetlerinin yanında sistemin bakım maliyetlerini kapsamaktadır. Yedek parça ve ekipman için yapılan yatırımlar da doğrudan işletme maliyetleri içinde değerlendirilmiştir.

Elektrik: Bir barkod ya da RFID yazıcısının ortalama gücü bekleme sırasında 15-40 Watt, baskı sırasında ise 300-400 Watt kadardır. Barkod okuyucular ve diğer ekipman da düşünüldüğünde sistemin ortalama gücü yazıcı başına 150 Watt olarak alınabilir. Bu da fabrika başına yıllık yaklaşık 2000 kilowatt-saatlik bir enerji tüketimine karşılık gelmektedir.

Toner: Toplu halde satın alındığında etiket başına toner maliyeti 0,02 ¢ civarındadır. Fabrika tam kapasite çalıştırıldığında günde 60.000 etiket basılması gerekmektedir. Kış sezonu düşünüldüğünde günlük etiket tüketimi 30.000 olarak alınabilir. Bu da fabrika başına yıllık 1.500 dolar değerinde toner tüketileceği anlamına gelir.

Etiket: Barkod etiket maliyetleri, RFID etiket maliyetleri ile karşılaştırıldığında ihmal edilebilir düzeydedir. Yılda 450.000 civarında kasa ve fiçinin hurdaya ayrıldığı düşünüldüğünde yıllık etiket maliyeti yaklaşık 450.000 dolar olacaktır.

Yedek Parçalar: Servis sağlayıcılardan alınan bilgilere göre, yedek parçaların yıllık maliyeti, bu parçaların fabrikada depolanmasıyla ortaya çıkan fırsat maliyeti ile birleştirildiğinde, satın alınan malzemelerin maliyetinin yaklaşık % 10'una denk gelmektedir.

Bakım Masrafları: Ekipmanlar her gün düzenli olarak kontrol edilip ertesi güne hazır hale getirilmelidir. Planlanmış ve planlanmamış bakımlara sıklıkla ihtiyaç duyulacağından, Efes'in bakımdan sorumlu personel çalıştırmasını gerektirmektedir. Bakım maliyeti, bakımdan

sorumlu personelin çalışma giderleri olarak alınabilir. Bir tam zamanlı teknisyen bakım ihtiyaçlarını karşılamak için yeterlidir.

7.2.2. Dolaylı İşletme Maliyetleri

Sistemin işleyebilmesi için gerekli olan çalışan eğitimleri servis sağlayıcı firmalar tarafından düzenlenmektedir. Barkod ya da RFID okuyucu donanımlarını kullanan tüm depo çalışanlarının sistem konusunda yarım günlük eğitim alması yeterlidir.

8. Sistemde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

Kurulacak kablosuz ağın güvenliği, oluşturulacak veritabanının yönetimi, seçilecek ekipmanın bakımı ve özellikle okuyucuların batarya süresinin ne kadar olduğu izlenebilirlik sistemi için kritik konulardır.

8.1. Veritabanı Yönetimi

Veritabanının önemi depoya alınan ve depodan distribütörlere gönderilen günlük ürün ve her ürün için tutulması gereken bilgi miktarı düşünüldüğünde daha iyi anlaşılır. Günümüzde terabaytlara ulaşan verileri kurtarmak uzun zaman aldığı için izlenebilirlik sisteminin veritabanındaki risk yönetimi önemlidir.

8.2. Kablosuz Ağ ve Güvenlik

Kablosuz ağ sistemi, depodaki süreçler ve Kurumsal Kaynak Planlama (KKP) arasındaki ilişkiyi hızlı ve etkili bir şekilde sağladığından, Karma Çözüm için çok önemlidir.

Kablosuz ağ sisteminde dikkat edilmesi gereken nokta ağın sınırlarının kesin ve net olarak belirlenmemesidir. Mamül depoya kurulacak kablosuz ağda veri taşıyan sinyaller, deponun sınırları dışına kamusal alana taşabilmektedir. Bu nedenle kurulacak kablosuz ağda güvenlik, ihmal edilmemesi gereken bir konudur.

Kablosuz ağlara özel çeşitli güvenlik tedbirleri bulunmaktadır. Bunların başlıcaları, SSID kullanımı, cihaz kimlik doğrulama sistemi, MAC adresi filtreleme ve kablosuz ağlarda şifreleme teknolojisi WEP olarak sıralanabilir. Bunlara ek olarak Efes yönetimi aşağıdaki konulara da özen göstermelidir:

1. Kablosuz ağı VPN ve ACL ile korumak,
2. Eğer WEP kullanıma açık değilse erişim noktalarını asla kablolu ağa bağlamamak,
3. Erişim noktalarını asla güvenlik duvarının arkasına koymamak.

8.3. Teknik Ekipman

Kasa ve fiçilerin içine gömülecek etiketlerin kullanım ömrü depo koşullarına göre değişkenlik göstermektedir. Ancak er ya da geç etiketler okunamaz hale gelecektir. Bu durum sistemin veri güvenliği açısından çok önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu sorunu aşmak için etiketler düzenli olarak kontrol edilmeli ve yıpranmış, düzgün çalışmayan etiketler tespit edildiğinde bunlar yenilenmelidir. Düzenli

kontrol sayesinde sistemde etiketlerden kaynaklanacak aksamalar ortadan kaldırılmış olur.

Sistemin bir diğer yaşamsal parçası da okuyuculardır. Okuyucuların sürekli olarak çalışabilmelerinde önemli olan nokta enerjidir. Okuyucuların çalışma süreleri bataryanın dayanma süresiyle kısıtlıdır. Bu nedenle, şarj esnasında kullanılmak üzere yedek okuyucular alınmalıdır. Kullanılmış olan okuyucular şarj edildiği sırada, yedek okuyucular veya bataryalar kullanılarak sistemin durması engellenmiş olur.

9. Genel Değerlendirme

Kurulacak olan izlenebilirlik sisteminin etkin şekilde kullanılmasıyla Efes firması, markası ve ürünlerine büyük katma değer sağlanabilir. Böylelikle, izlenebilirlik sistemi sadece ilgili yasayı yerine getiren bir yatırım olmaktan çıkarak, firmaya fayda sağlayacaktır.

9.1. İzlenebilirlik Sisteminin Getirileri

İzlenebilirlik sistemi, doğru şekilde kullanıldığında gıda firmaları için pek çok fırsat yaratmaktadır. Gelecekte karşılaşılabilecek olası bir piyasadan ürün toplama operasyonu, bu sistemin sağladığı bilgiler sayesinde etkin şekilde yönetilebilir. Bu sisteme sahip olmayan bir firmanın piyasadaki tüm bayilerden tüm ürünleri toplamaktan başka çaresi yoktur. İzlenebilirlik sistemi sahibi bir firma ise sadece toplanacak ürünleri bulunduran bayilerini belirleyebilir ve doğrudan bu bayilere ulaşarak ürünleri toplayabilir. Dolayısıyla operasyonun maliyeti ve yürütülme süresi belirgin şekilde azalacaktır.

9.2 İzlenebilirlik Sisteminin Sunacağı Fırsatlar

- Etkin şekilde kullanılan bir izlenebilirlik sisteminde yükleme ve dağıtım süreçleri, kontrol altına alınacağı için kullanıcı hataları azalacaktır. Yine de hata yapıldığı takdirde sorun kolaylıkla farkedilip, sorunun kaynağına ulaşılabilir. Böylece süreçlerin etkinliği artacak ve hataların sebep olduğu masraflar düşecektir.
- Mamül depoda bulunan tüm ürünlerin üretim ve son kullanma tarihlerinin bilinmesi sayesinde, raf ömrü yaklaşan ürünler hızlı şekilde tespit edilerek bu ürünler eskimeden depodan sevk edilebilirler. Ayrıca, depoda ne kadar ürün bulunduğunun kesin olarak bilinmesi sayesinde de üretim kararları daha doğru şekilde verilecektir.
- Sistem gelecekte bayi ve distribütörlere kadar genişletilebilir ve hatta Efes yönetimindeki merkezi sistemle birleştirilebilir. Bu sayede Efes bayilerinin depolarında bulunan, giriş ve çıkış yapan ürünler anlık şekilde izlenebilecektir. Bunun sonucunda literatürde *kamçı etkisi* olarak adlandırılan, tedarik zincirinde alt basamaklara indikçe talep belirsizliğinin artması olgusuna bağlı sorunlar azalacaktır. Bayilerin stok seviyelerinin ve satış

bilgilerinin gerçek zamanlı olarak Efes tarafından görülebilmesi sayesinde Efes fabrikaları üretim, depolama ve dağıtım faaliyetlerini önceden doğru şekilde planlayabilecektir. Şüphesiz, bunun sonucunda mamül stok seviyesi ve stoğa bağlı maliyetler azalacaktır.

- Tüm tedarik zinciri boyunca kurulacak bir sistem iyi bir pazarlama aracı olarak kullanılabilir. ABD ve Avrupa'daki tüketiciler ve perakendeciler giderek artan şekilde, aldıkları ürünlerin nereden geldiği bilgisini talep etmektedir. Dolayısıyla, yakın bir gelecekte Türk tüketicisinin de benzer taleplerde bulunacağını öngörmek güç değildir. Efes, izlenebilirlik sistemi sayesinde sattığı ürünlerin nereden geldiği bilgisini tüketicilere sunarak marka imajını güçlendirebilir, olası bir sahtecilik durumuna karşı markasını daha kolay koruyabilir ve en önemlisi, tüketicilerin Efes markasına olan güvenini ve bağlılığını arttırabilir.

KAYNAKÇA

- Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun, 05/06/2004, URL: www.kkgm.gov.tr/Mevzuat/5179/5179.htm
- Gıda ve Gıda ile Temasta Bulunan Madde ve Malzemelerin Piyasa Gözetimi, Kontrolü ve Denetimi ile İşyeri Sorumluluklarına Dair Yönetmelik, 30/03/2005, URL: [www.kkgm.gov.tr/Mevzuat/5179 /piyasa_gozetimi.htm](http://www.kkgm.gov.tr/Mevzuat/5179/piyasa_gozetimi.htm)
- Tracking and Tracing Applications in the Food and Beverage Industries, 01/02/2005, URL: literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/food-wp001_-en-p.pdf
- Bar Coding and RFID: The Key to Traceability and Safety in theFoodservice Supply Chain, 01/01/2005, URL: [http://rfid.bluestarinc.com/resources/Zebra% 20Barcoding%20 and% 20RFID.pdf](http://rfid.bluestarinc.com/resources/Zebra%20Barcoding%20and%20RFID.pdf)
- A Brief Guide to Barcode Printing, 01/01/2005, URL: [http:// www.aisciplus.de/pdf/manuals/barcode.pdf](http://www.aisciplus.de/pdf/manuals/barcode.pdf)

EKLER

Ek 1. Sektör Anketi

Sayın yetkili,

Bildiğiniz gibi 5/6/2004 tarihinde Resmi Gazete’de 5179 sayılı “Gıdaların Üretimi, Tüketimi Ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Karamamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun” yayımlanmıştır. Bu kanun gereğince gıda, gıdanın elde edildiği hayvan, bitki ya da gıda maddesinde öngörülen veya ortaya çıkması beklenen herhangi bir maddenin tespit edilmesi için üretim, işleme ve dağıtım ile ilgili tüm aşamalarda izlenebilirlik tesis edilmesi gerekmektedir.

AB yasalarında “ürün takip sistemleri” oluşturma zorunluluğu uzun bir süredir yer almaktadır. ABD hükümeti de konuyla ilgili çalışmalar yapmaktadır. Ülkemizde ise gerekli yasa çıkarılmıştır ve sektörde çalışan şirketler için izin verilen uygulama süresi 2006 yılının Mart ayında dolacaktır. Bu nedenle şirketlerimizin mevcut durumu ve denetim mekanizmalarının işlevselliği merak konusudur.

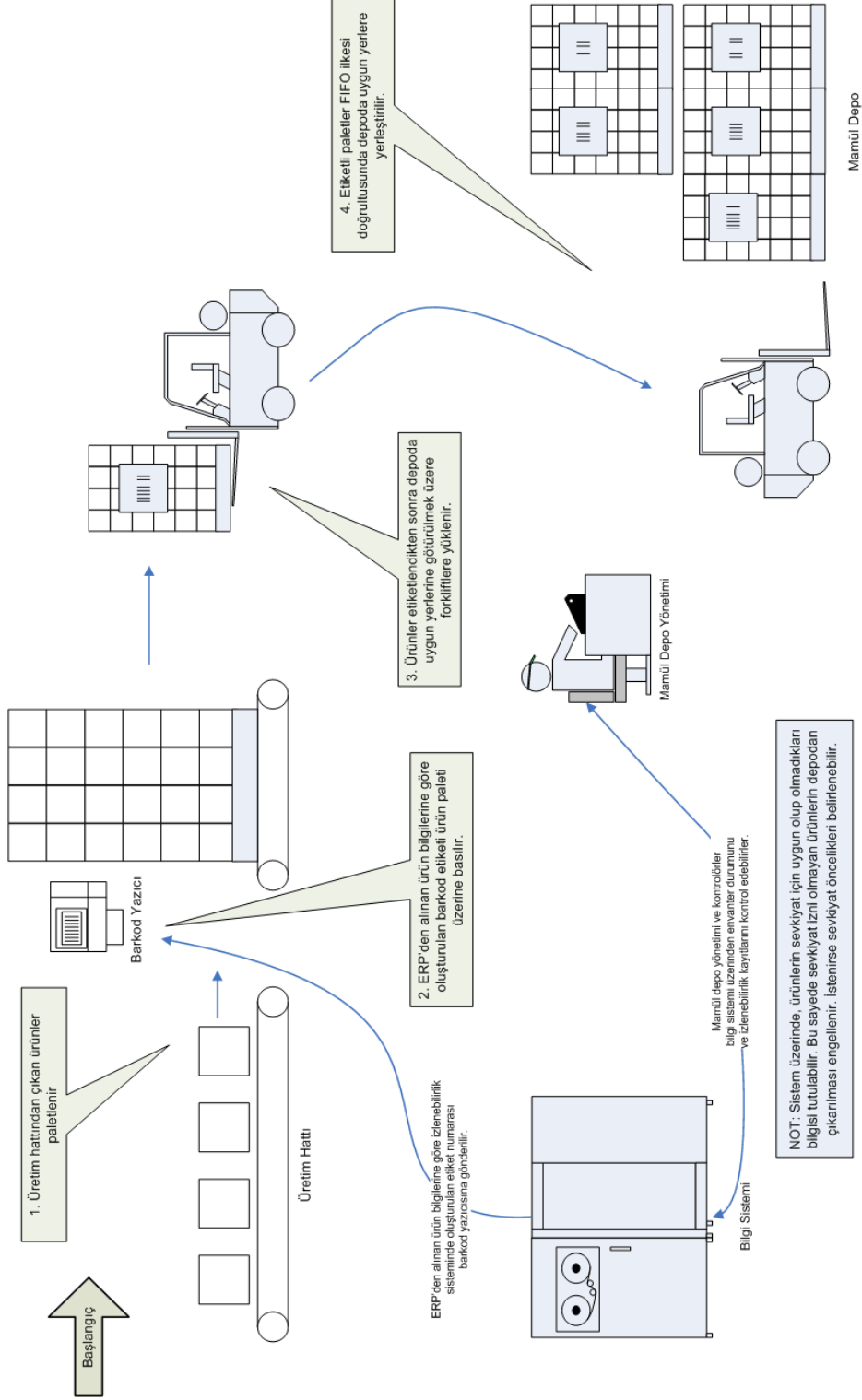
Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, ülkemizdeki şirketlerin konuya olan ilgisini ve mevcut durumlarını belirlemek üzere aşağıdaki anketi hazırlamıştır. Sizin gibi seçkin kuruluşların bu çalışmamıza katkı sağlaması gıda güvenliği konusunda ülkemizin gelecekte yaşayabileceği problemlere hazırlıklı olmasına yardımcı olacaktır.

Zaman ayırdığınız için şimdiden teşekkür ederiz.

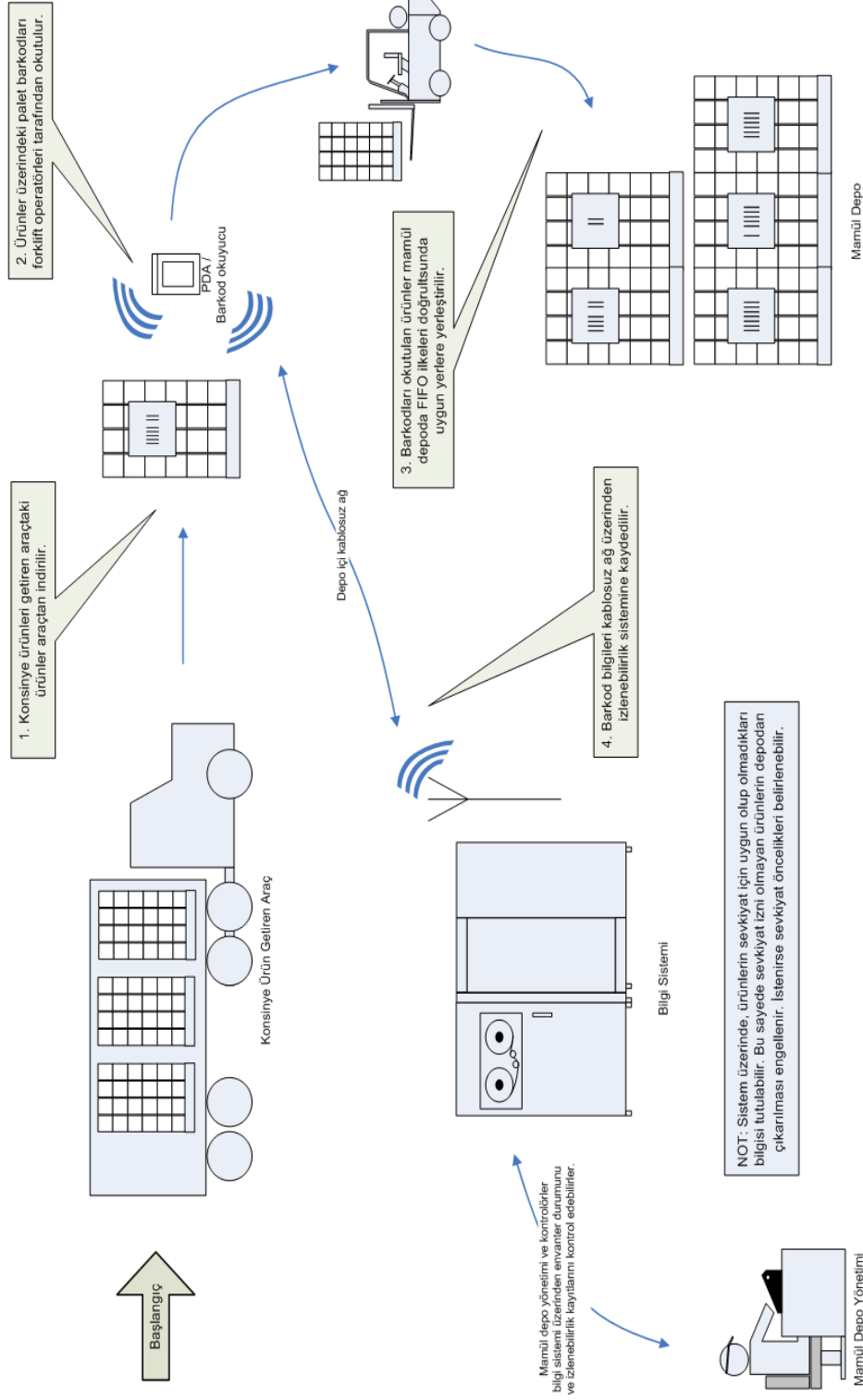
- 1- Ürünlerinizi depo(lar)dan çıktıktan sonra her an takip etmenizi sağlayan bir sisteminiz var mı?
☐ EVET ☐ HAYIR
- 2- Yukarıdaki soruya cevabınız “evet” ise ürünlerinizi takip etmek için hangi yöntem ya da yöntemleri kullanıyorsunuz?
☐ Fatura üzerinden ☐ Barkod ile ☐ RFID ile
☐ Firmanın anlaşmalı olduğu aşağıdaki dağıtım şirket(ler)i aracılığıyla
1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ ☐ Diğer: ☐
- 3- İlk soruya cevabınız “evet” ise ikinci soruda belirttiğiniz yöntem(ler) ile ürünlerinizi tedarik zincirinizde hangi aşamaya kadar izleyebiliyorsunuz?
☐ Bayi ya da dağıtımçıya ulaşmaya kadar
☐ Bayilerden son kullanıcıya satılmaya kadar
☐ Son kullanıcılar da dahil olacak şekilde
- 4- İlk soruya cevabınız “evet” ise ikinci soruda belirttiğiniz yöntem ile ürünün takibini ne kadar sürede sağlayabiliyorsunuz?
☐ 1 saatten az ☐ 1-24 saat arası ☐ 1-3 gün arası ☐ 3 günden fazla
- 5- Mevcut bir ürün takip sisteminiz yoksa bu konu ile ilgili devam eden proje ya da çalışmanız var mı?
☐ EVET ☐ HAYIR

Anketimize katılan siz ve şirketinizin ismi gizli tutulacaktır. Anket sonuçlarında verilen cevaplara göre oluşacak yüzdeler çalışmalarımızda kaynak olarak kullanılacaktır.

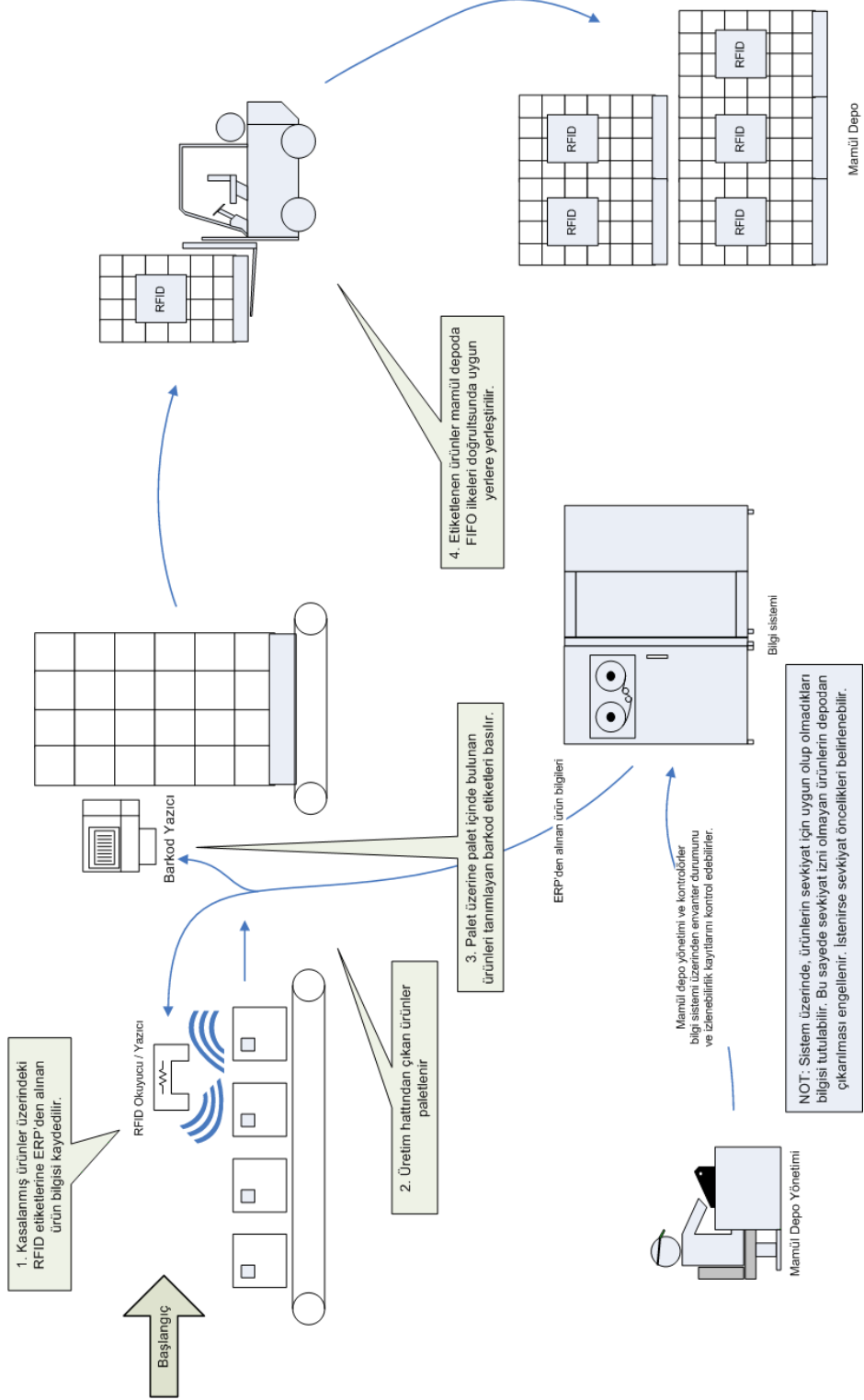
Ek 2. Şekil 1. Barkodlu Ürünlerin Hattan Depoya Geçirilmesi



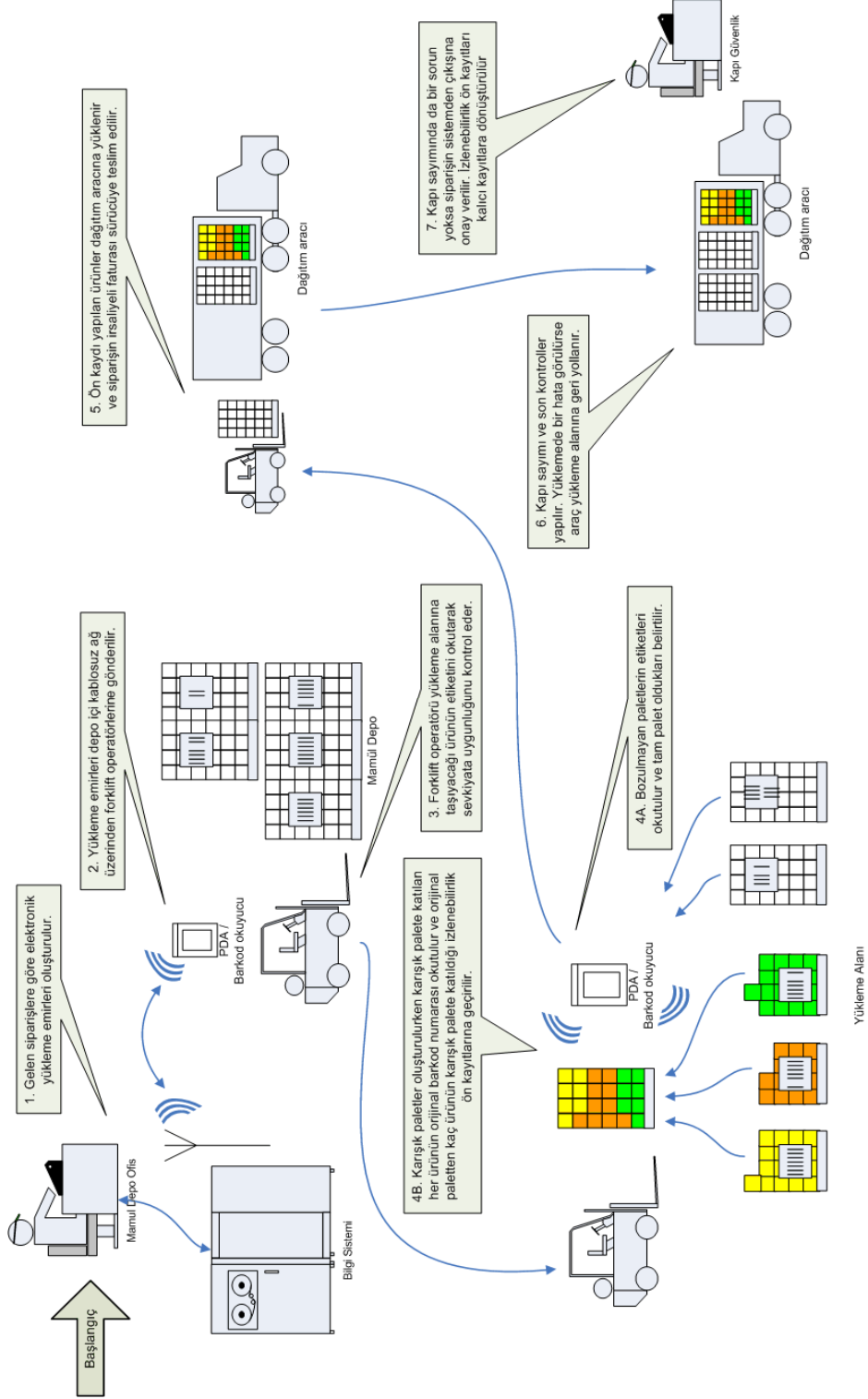
Ek 2 . Şekil 2. Barkodlu Konsinye Ürünlerin Depoya Alınması



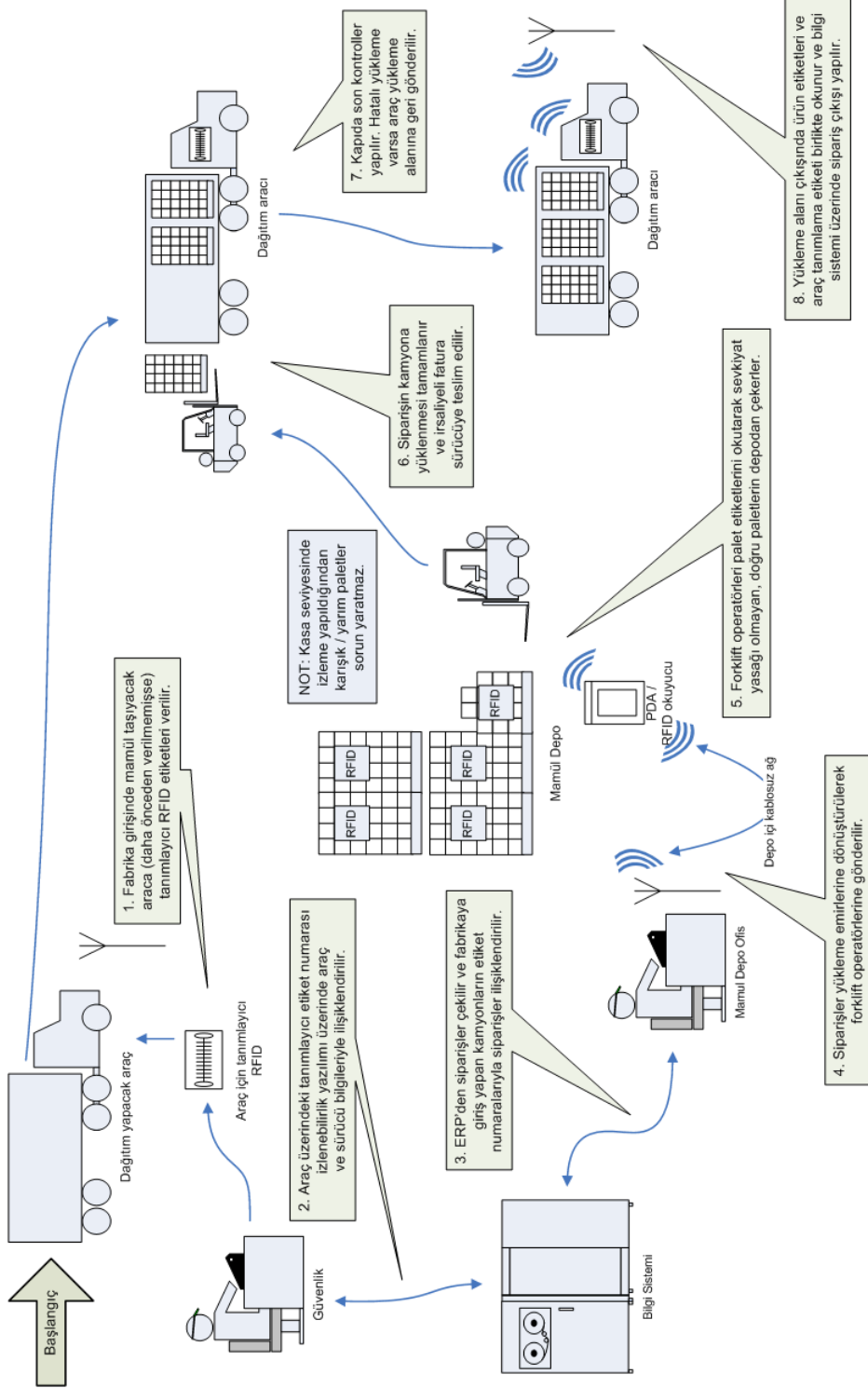
Ek 2 . Şekil 3. RFID Etiketli Ürünlerin Hattan Depoya Geçirilmesi



Ek 2 . Şekil 4. Barkodlu Ürünlerin Araçlara Yüklenmesi



Ek 2 . Şekil 5. RFID Etiketli Ürünlerin Araçlara Yüklenmesi



Ek 3. Sistem Gereksinimleri

A. Sistem Yönetim Yazılımı

- Üretilen ürün bilgilerini SAP'dan alıp, etiket bilgilerini oluşturabilmeli ve bu bilgilerin etiketlere yazılmasını sağlayabilmelidir.
- Depodan çıkan ürünlerin kayıtlarını tutup, bunları SAP'a geçirebilmelidir.
- Depoda bulunan ürünlerin izlenmesini ve yönetimini sağlayabilmelidir.

B. Barkod Ekipmanı

I. Etiketler

- Paletlerin üzerinde kolaylıkla görülebilmesi için 170-210 mm genişliğinde olmalıdır.
- İşletme masrafı daha az olduğu için ısısal yazıcılarla kullanılabilir olmalıdır.
- Depo koşullarına dayanıklı olmalıdır.

II. Yazıcı

- Yazıcı 170-210 mm arasında baskı yapabilmelidir.
- Garanti süresi uzun ve kapsamı geniş olmalıdır.
- Gelecekte tamamen RFID sistemine geçilebilir. Bu yüzden, RFID de yazabilecek şekilde geliştirilebilmelidir.
- Streçlenen paletlere etiket otomatik basılması için etiket yapıştırma makineleri ile beraber çalışabilmelidir.

III. Okuyucu

- Yaygın olarak kullanılan 802.11 kablosuz ağ standardını desteklemelidir.
- Sekiz saatlik mesai sırasında kesintisiz çalışmayı sağlayacak kadar uzun pil süresi olmalıdır. Değiştirilebilir piller kullanılmalı ve piller aletten ayrı şarj edilebilmelidir.
- El aletlerinin RFID de okuyabilmesi sistemin esnekliğini arttıracaktır.
- Okunan bilgi, sisteme gönderilmeden önce değiştirilebilmelidir (ADF sistemi).
- 5-10 metre mesafeden barkod okuyabilmelidir.

B. RFID Ekipmanı

I. Etiketler

- Yüksek okuma hızı ve menzili nedeniyle UHF frekansında çalışmalıdır. Okunma menzili en az beş metre olmalıdır.
- Tercihen EPC standartlarını desteklemelidir. Ayrıca AB ETSI yasasına uygun olması da faydalı olacaktır.

- Etiket boyutları ve dayanımı ile kasa ve fiçılara takılmaya elverişli olmalıdır.
- Etiketle ürün kodu, üretim yeri, tarihi, üretim saati ve parti numarası bilgileri yazılabilecek kadar bilgi tutulabilmelidir.
- Etiketin içindeki bilgiler uzun süre bozulmadan ve çevreden etkilenmeden saklanabilmelidir.

II. Yazıcı

- Etiketlerde kullanılan RFID standardını desteklemelidir.
- Hattın dakikada 12,5 olan kasa dolum hızında yazım yapabilmelidir.

III. Okuyucu

- UHF frekansında çalışmalıdır.
- Yükleme alanından çıkan kamyonu veya bir palet içindeki tüm kasaları bir geçişte doğru olarak okuyabilmelidir.

Talep Tahmini ve Tahmin Bilgileri Akış Sisteminin Tasarımı

ETİ Şirketler Grubu

Proje Ekibi

Mustafa Çekiç
Fatih Demirci
Çağlayan Karataş
Ali Öztüre
Mehmet Özyörük

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Engin Çölova Sistem Analisti
Hakan Bulur Sistem Analisti

Akademik Danışman

Prof. Dr. Nesim Erkip
Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

ETİ'deki mevcut talep tahmin sisteminde, özellikle ürün bazında yapılan tahminlerde, talep miktarları ile tahmin edilen değerler arasında belirgin farklılıklar gözlenmektedir. Bu farklılıklar, tedarik zincirinin çeşitli aşamalarında ETİ şirketinde önemli maddi kayıplara sebep olmaktadır. Projenin amacı, istatistiksel metotlar vasıtasıyla yapılan tahminleri sezgisel yöntemlerle yapılan tahminlerle sentezleyerek, ETİ firmasına daha sistematik işleyen ve ürün bazında daha isabetli tahmin yapabilen bir talep tahmin sistemi kazandırmaktır. Oluşturulan yeni sistemde, her ürünün incelenerek, talep karakteristiğini en iyi yansıtan istatistiksel metotlar belirlenmiş, aynı zamanda talepte dalgalanmalara yol açan pazardaki ani değişikliklerin etkisini de yapılan tahminlere yansıtmak üzere sezgisel tahminlere dayalı detaylı bir veri akışı oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Talep tahmini, İstatistiksel tahmin metotları, Sezgisel tahminler, Veri akışı oluşturma, İstatistiksel ve sezgisel yöntemlerin birleştirilmesi

1. İşletme Tanıtımı

ETİ, 1963 yılında bisküvi üretmek için kurulan ilk tesisi ile ticari hayatına başlamıştır. Sektöre girdiği günden itibaren emin adımlarla ilerleyen firma, 1967’de Türkiye’deki Türk mühendislerin planlarıyla inşa edilen ilk otomatik bisküvi üretim tesisini kurmuştur. Bugün sektörde, dünya standartlarında üretim yapan 5 fabrikası ile hizmet veren ETİ, 2006 yılının başında dünyanın en prestijli ödülllerinden birisi olan ve her yıl Japonya’da verilen “Mükemmellik Ödülü”nü almaya hak kazanmıştır. ETİ, tüketicisine 300’den fazla SKU’dan oluşan geniş bir ürün yelpazesi ile hitap ederek müşterisine verdiği önemi göstermektedir. Beş fabrikada yapılan yıllık 300,000 tondan fazla üretimin yaklaşık %20’si ihracata yöneliktir. İhracat yapılan ülkelerin başında Balkan Ülkeleri, Arap Ülkeleri ve Türk Cumhuriyetleri gelmektedir. Sürekli gelişip büyüme hedefinin yanı sıra, çalışanlarının memnuniyetini de gözeten ETİ, 631’i beyaz yakalı olmak üzere toplam 2998 çalışana istihdam sağlamaktadır.

2. Projenin Tanımı

Mevcut talep tahmin sistemindeki en önemli problem, gerçekleşen talep miktarları ile tahmin edilen değerler arasındaki farklardır. Bu farklar özellikle ürün bazında yapılan tahminlerde belirgin şekilde gözlenmektedir. Bu sebeple, proje, ETİ’nin pazardaki yaklaşık 200 ürünü için en isabetli tahminleri yapmayı ve tahminlerin üretim kısıtlarını da göz önüne alarak haftalık üretim siparişlerine dönüştürülmesini amaçlamaktadır. Bir başka deyişle, ETİ Talep Tahmin Sistemi Tasarımı Projesindeki temel amaç müşteriye sunulan tüm ürünler için nicel ve nitel faktörleri en uygun biçimde birleştirerek gerçek talep değerleri için en isabetli haftalık tahminleri oluşturmaktır.

Proje kapsamında, tasarlanacak talep tahmin sisteminin öncelikle hangi ürünleri kapsayacağı belirlenmiştir. ETİ ile yapılan görüşmeler sonucunda projede tahmin edilecek talep değerlerinin, ürünlerin iç pazardaki satışlarına ait olması kararlaştırılmıştır. Ayrıca proje kapsamında tahmin edilecek değerler, pazarda ETİ ürünlerine olan tüketici talebi olarak öngörülse de, mevcut bilgi ve verilerin yetersizliğinden dolayı “talep” kavramı distribütörlerin ETİ’den gerçekleştirdikleri çekiş miktarları olarak belirlenmiştir. Proje kapsamında tasarlanacak sistemin ETİ’nin tüm üretimini planlayan Üretim Envanter Yönetim Sistemi’ne (ÜEYS) uyumlu olması gerekmektedir. Bununla birlikte proje, sadece ürünlerin talep tahminlerinin gerçekleştirilmesiyle sınırlandırılmayarak, aynı zamanda talep tahmin sürecinin ne şekilde işleyeceğini gösteren sistematığın oluşturulmasını da kapsamaktadır.

Talep ve tahmin arasında özellikle ürün bazında yapılan tahminlerde belirgin şekilde gözlenen farklılıklar, tedarik zincirinin

farklı basamaklarında yüksek envanter maliyetleri, hammadde alımındaki belirsizlikler ve talebin karşılanamamasından kaynaklanan gelir kayıpları gibi bir çok probleme yol açmaktadır. Bu sebeple ETİ, yeni geliştirilecek talep tahmin sistemi ile bu problemlerin en düşük seviyeye indirilmesini beklemektedir. Firmanın bir diğer beklentisi ise talep tahmin sürecinde etkin rol oynayan birimler arasındaki bilgi akışının daha sistematik hale getirilip bilgi akışındaki kayıpların en aza indirilmesidir.

3. Analiz

3.1. Mevcut Sistemin Yapısı

Halen ETİ’de kullanılmakta olan talep tahmin sistemi temel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Mevcut sistemin ilk aşaması tahminlerin pazarlama şirketine iletilmesidir. Bu tahminler distribütörlerin yaptıkları tahminlere, distribütör yöneticilerinin ve bölge müdürlüklerinin kendi görüşlerini eklemeleri suretiyle oluşturulmaktadır. İkinci aşamada ise, pazarlama şirketi, kendine ulaşan tahminleri, yıllık bütçe bilgisi ve daha önceden belirlenmiş distribütör hedefleri doğrultusunda bir kez daha değiştirip son tahminleri oluşturmaktadır. Sistemin son aşaması ise oluşturulan aylık bazdaki nihai tahminin, bir ayın haftalarındaki talebin farklılık gösterdiği gerçeği gözönüne alınmaksızın haftalık üretim siparişlerine dönüştürülmesidir.

3.2. Şikayet ve Gözlemler

Mevcut sistemde oluşturulan tahminler ürün toplamı bazında iyi sonuçlar vermelerine rağmen ürün bazında yapılan tahminlerin gerçek değerlerden oldukça uzaklaştıkları görülmüştür. Ürün bazında yapılan analizlerde, mevcut sistem tarafından oluşturulan tahminlerin gerçekleşen sevkiyat miktarlarından yaklaşık %55 oranında saptığı belirlenmiştir (Bkz Ek-1). Mevcut sistemde üzerinde düşünülmesi gereken bir diğer nokta ise ürünlerin gruplandırılarak, bu gruplar üzerinden aylık tahminlerin yapılmasıdır. Mevcut prim sisteminin etkisi ile distribütörler, grup toplamı için olan hedefi tutturup prim alabilmek adına makul sayılamayacak çekişler yapmaktadırlar. Yeni oluşturulacak sistemde, şu anda kullanılan prim sistemin uygulanabilmesi için kurulan grup mantığı sorgulanmalıdır. Mevcut prim sisteminin, talep tahmin sistemi üzerinde yarattığı bir diğer olumsuz etki ise, distribütörlerin primden faydalanma kaygısı içine girdikleri ayların son haftalarında, üretim şirketinden yaptıkları aşırı miktardaki çekişlerdir. Bu çekişler, aylık tahminin haftalara bölünmesi aşamasında üretimde kapasite problemlerine yol açtığı gibi aynı zamanda pazarda ETİ ürünlerine olan gerçek talebi olduğundan farklı yansıtmaktadır.

Sistemdeki talep tahmin süreci incelendiğinde ise, alt kanala en yakın pazarlama birimi olan distribütörlerin yaptığı tahminlerin,

distribütör yöneticileri ve bölge müdürlükleri tarafından, yıllık bütçe hedefi, kapsam bilgisi, bölgesel büyüme hedefleri gibi bilgiler dahilinde değiştirildiği gözlenmiştir. İlk etapta, uygulanan prosedür ETİ'nin kurumsal çıkarlarını koruması açısından makul gözükse de, talep tahmininde rol oynayan her birimin, diğer birimlere karışmaksızın, SKU bazında kendi tahmini yapması ve yapılan tahminlerin daha sonra analiz edilerek birleştirilmesi, talebin en isabetli biçimde tahmin edilmesi konusunda kritik rol oynayacaktır. Mevcut sistemin istatistiksel kısmında da belirgin yetersizlikler gözlenmiştir. Distribütörlerin geçmiş yıllardaki çekişleri doğrultusunda oluşan ürünlerin talep karakteristiği incelenmeksizin, ilgili ürünlere pazarlama şirketi tarafından belirlenen metotlar uygulanmaktadır. Bu işlemin oldukça zaman alıcı ve maliyetli olmasından dolayı nihai tahminleri yapan pazarlama şirketinin istatistiksel metotlara yeteri kadar önem vermediği gözlenmiştir. Pazarlama şirketinin, istatistiksel metotlara önem vermemesinin ardında yatan temel sebep ise sezgisel tahminlerin olduğu gibi istatistiksel metotlarla oluşturulan tahminlerin de performanslarının ölçülmemesidir. Tahmin performanslarının ölçüldüğü yeni bir sistemde, karar verme mekanizması olan Pazarlama Şirketi hangi tahminlere ne kadar güvenebileceği konusunda fikir sahibi olacaktır.

3.3 Problem Tanımı

ETİ'de gerçekleşen talep miktarları ile tahmin edilen değerler arasındaki farklar kendilerini özellikle ürün bazında yapılan tahminlerde göstermekte ve üretim şirketinin tedarik zincirinin çeşitli basamaklarında gerçekleşen operasyonlarını olumsuz şekilde etkilemektedir. Örneğin, talep tahmin değerlerinin yüksek olması üretim şirketinin envanter maliyetlerini arttırmakta, düşük olması ise talebin karşılanamamasından doğan gelir kayıplarına neden olmaktadır. Aynı zamanda talep değerlerinin üretim planlamasının en önemli girdisi olması ve yapılacak planları şekillendirmesi tahmin değerlerinin önemini bir kat daha arttırmaktadır.

4. Önerilen Yöntem

4.1. Genel Yaklaşım

Evrensel bir talep tahmin sistemi, pazar bilgisi, rakip hareketleri, pazarlama aktiviteleri gibi bilgilerin değerlendirilip kullanıldığı sezgisel tahminlerle, geçmiş verilere ağırlık vererek geleceği tahmin edebilen istatistiksel metotlarla oluşturulan tahminlerin sentezinden oluşmaktadır. Bu iki farklı tahmin yönteminin birbirini tamamlayıcı bir mantıkla çalışması beklenmektedir. Sistemde, nihai tahminlerin oluşturulmasının ardından, üretim şirketi için aylık tahminler, belirlenen algoritmaya göre "üretim siparişi olarak" haftalara bölünürken, son tahmin farklı bir algoritma vasıtası ile distribütörlere hedef bilgisi olarak iletilmektedir.

4.2. Geliştirilen Modeller ve Çözüm Yöntemleri

4.2.1 Modellerin Kurulmasından Önce Yapılan Analizler

Proje kapsamında tahmin edilecek talep değerleri, distribütörlerin üretim şirketinden haftalık olarak çektikleri ürün miktarları olduğu için, yapılan ilk analiz haftalık çekiş miktarlarının incelenmesidir. Analizler sonucunda distribütörlerin haftalık çekiş miktarlarının ay içerisinde eşit dağılmadığı belirlenmiştir. Sonuçlara göre ay sonlarına doğru (3. ve 4. haftalar) çekiş miktarları daha yüksek seviyelere çıkmaktadır (Bkz. Ek-2). Bunun sebebi pazarlama şirketi operasyonlarını aylık bazda gerçekleştirirken, üretim şirketinin planlarını haftalık bazda yapmasıdır. Diğer bir sebep ise, distribütörlerin daha fazla prim almak için ay sonlarına doğru çekiş miktarlarını artırmalarında etkili olan prim sistemidir. Haftalar arasında oluşan bu farkı engellemek ve talep değerlerini etkileyen faktörleri daha iyi incelemek için talep değerleri aylık olarak toplanmış ve diğer analizlerde bu aylık toplam değerler kullanılmıştır

Her ürün için aylık değerler belirlendikten sonra gerçekleştirilen ikinci analiz ise tüm ürünlerin zaman serileri grafiklerinin incelenmesidir. Her ürün için 36 aylık çekiş miktarları grafikler üzerinde incelenerek tahminlerin ayırt edici özellikleri belirlenmiştir. İlk olarak, 36 aylık değerler otokorelasyon analizine sokularak 1'den 12'ye kadar olan zaman aralıkları için otokorelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Otokorelasyon katsayı grafiklerinden, ürünlerde trend, mevsimsellik ve seviye (level) bileşenlerinden hangilerinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; mevsimsellik için, otokorelasyon katsayısı, 12. zaman aralığında %5 önem limitinin (significance limit) üzerinde ise, ilgili ürünün mevsimsel bir talep karakteristiği gösterdiği sonucu çıkartılmıştır (Hanke.1998). Bir ürünün trend etkisi altında olması içinse otokorelasyon katsayılarının muhtelif zaman periyotları için sıfırdan farklı ve limitlere yakın olması gerekmektedir (Bkz. Ek-3). Mevsimsellik ve trend özelliği göstermeyen ürünlerde, eğer otokorelasyon katsayıları ortalama etrafında limitleri geçmeyecek şekilde dalgalanıyorsa, bu ürünlerin belli bir seviyede (level) seyrettiği sonucuna varılmıştır. Talebin karakteristik özelliklerinin incelenmesinin ardından ürünler, mevsimsel ürünler, seviyedeki ürünler (level), trend etkisi altındaki ürünler ve açıklanmayan ürünler olarak 4 gruba ayrılmıştır. Mevsimsel ürünlerde ürünün talep karakteristiği, trend etkisi altında yüksek bir mevsimsel sapma gösterirken, seviyedeki (level) ürünlerde, ürünün talep karakteristiğini belirli bir ortalama ve hata bileşeni oluşturmaktadır. Ayrıca bazı ürünlerde, sevkiyatta görülen aşırı yüksek değerler, herhangi bir sevkiyat olmaması ve ürün seviyesindeki değişimler gibi faktörlerden kaynaklanan sapmalar açıklanamamıştır. Bu nedenle, açıklanamayan ürünler konusunda fikir

sahibi olmak için ETİ'ye danışılmıştır. Ürünlerin karakteristik özelliklerini belirlemek için yapılan bu analizin en önemli sonucu ise pazarlama şirketi tarafından belirlenmiş ürün gruplarındaki ürünlerin farklı özellikler gösterdiklerinin farkedilmesidir (Bkz Ek-4). Bu yüzden ürünler bireysel olarak incelenerek kendilerine özgü istatistiksel tahmin metotları belirlenmiştir.

Ürünlerin satış karakteristiklerine göre gruplandırılmasının ardından, tüm ürünlerin ve ürün gruplarının toplam satış hacmindeki yerlerine göre firma için önemine karar verebilmek adına ABC analizi yapılmıştır. ABC analizinde, ürün gruplarının ağırlıklı ortalama satış fiyatları hesaplanarak, ürün grupları, en fazla önem taşıyandan en az önem taşıyana doğru sıralanmıştır (Silver.1998). Bu sıralamaya göre, toplam satış hacminin %51.86'sını oluşturan 7 ürün grubu A kategorisini, toplam satış hacminin %36.83'ünü oluşturan 13 ürün grubu B kategorisini, toplam satış hacminin %11.83'ünü oluşturan 10 ürün grubu da C kategorisini oluşturmıştır. Ayrıca her ürün için, ilgili ürünün 2005 yılı satış miktarının tüm ürünlerin 2005 yılı toplam satış miktarlarına oranları hesaplanarak, ürünler için bireysel ABC analizi de yapılmıştır. Bu analize göre 198 üründen 37 tanesi toplam satışın %63.19'unu kapsayarak A grubunu oluşturmıştır. B grubundaki 103 ürün toplam satışın %33.43'ünü oluşturmuş, geriye kalan 58 ürün ise satışın ancak %3.38'lik bölümünü sağlamış ve C grubunda yer almıştır. Ürünler için yapılan ABC analizi, talep tahminindeki öncelikler, istatistiksel metotların parametrelerinin belirlenmesi ve revizyon limitlerine karar verilmesi gibi konularda kullanılmıştır.

4.3 Önerilen Çözüm Yöntemi

Analizler sonucunda ürünler, talep karakteristiklerini belirleyen bileşenlere göre gruplara ayrılmıştır. Daha sonra ürünlerin talep tahminlerini gerçekleştirecek yöntemlerin belirlenmesi aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada tahminlerin mümkün olduğu kadar isabetli gerçekleştirmeleri için, ürünlerin özelliklerine göre kullanılacak istatistiksel metotlar ile bu metotların sonuçlarını tamamlayacak sezgisel tahminler belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, tüm ürünler için belirleyici bileşeni gözönüne alan bir istatistiksel metotla, ürünün pazarda bulunduğu süreyi dikkate alan sezgisel metot birleştirilmiştir.

4.3.1 İstatistiksel Tahmin Metotları

Yapılan sınıflandırmanın ardından, her tip ürün için bir tahmin metodu geliştirilmiştir. Öncelikle, mevsimsel ürünlerde hareketli ortalama (12) (Moving Average) metodu uygulanarak, trend etkisi gözlenmeye çalışılmıştır. Hareketli ortalama (12) ile 12 aylık talepten oluşan bir yıllık toplam talep düzgünleştirilerek, mevsimselliğin etkisinden kurtarılmış ve ürünlerden mevsimsellik etkisi çıkartıldıktan sonra, trendin ürün üzerinde belirgin bir etkisi olup olmadığı daha kolay

gözlenmiştir. Bu uygulama mevsimsel ürünler için tahmin metoduna karar verme aşamasında yarar sağlamıştır.

Trend ve mevsimsellik etkisi altındaki ürünler için Winter metodu, belli bir seviyede seyreden ürünler için ise üstel düzleme metodunun kullanılmasına karar verilmiştir. Mevsimsel ürünlerin sevkiyat değerleri, trend doğrusu etrafında sabit sapmalar gösterdiği için, Winter'ın toplamsal (additive) metodunun kullanılması uygun görülmüştür. Mevsimsel ürünlerde, metodun performans ölçütlerinden biri olan MAD'yi (Mean Absolute Deviation) minimize eden parametreler deneme yanılma yöntemi ile bulunmuştur. Trend etkisi altındaki ürünler için de aynı metod kullanılmıştır. Bu süreçte, trend etkisi altında olduğu düşünülen ürünlerin, mevsimsellik katsayısı daha düşük seçilmiştir. Ayrıca belirli bir seviyede takip eden ürünlerin, üstel düzleme metodu parametreleri tespit edilirken de deneme yanılma yöntemine başvurulmuştur.

4.3.2 Veri Akışı ve Sezgisel Tahminler

Tüm ürünler için tahmin metodları ve bu metodların parametreleri belirlendikten sonra talep tahmini sürecindeki veri akışları ve birimler arasındaki etkileşimler belirlenmiştir. Mevcut durumda Eti Pazarlama Şirketi'nin yıllık bütçe hedefi, talep tahmininin başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Fakat diğer birimlerin talep değerleri üzerindeki görüşleri ve tahminleri göz önüne alınmadığı için bir şekilde yararlı olabilecek veriler ortadan kaybolmaktadır. Bilgi ve verilerin kaybolmaması istendiği için, tüm birimleri içine alan bir veri akış sistemi tasarlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak ürünler, yeni ürünler ve olgun ürünler olarak ikiye ayrılmıştır. Yeni ürünler grubu ETİ'nin piyasaya süreceği ve piyasaya sürülmesinin üstünden 24 ay geçmemiş ürünleri kapsamaktadır. Aynı zamanda bu ürünler daha önce benzeri piyasaya sunulmamış ürünler (örneğin çikolata) ve daha önce bir benzeri piyasaya sunulmuş ürünler (örneğin muzlu ETİ Cin) olarak 2 ürün grubuna ayrılmıştır. Yeni ürünler dışındaki diğer bir ana ürün grubu olan olgun ürün grubunu ise pazarda ikinci yılını doldurmuş ürünler oluşturmaktadır. Bu sınıflandırmanın nedeni yukarıda belirtilen istatistiksel tahmin metodları ile yapılan analizlerin en az 24 aylık veriyle gerçekleştiriliyor olmasıdır.

Ürünleri sınıflandırdıktan sonra her ürün grubu için veri ve bilgi akış süreçleri geliştirilmiş ve bu süreçleri daha iyi özetleyecek akış şemaları oluşturulmuştur. Akış süreçleri ile distribütörlerin, distribütör yöneticilerinin, bölge müdürlüklerinin ve pazarlama şirketinin hangi bilgileri kullanarak tahminlerini nasıl yapabilecekleri belirlenmiştir. Örneğin, olgun ürünler için yapılan tahmin sürecinin aşamaları şöyle özetlenebilir;

- Her birim kendi tahmin değerlerini pazarlama şirketine bildirir. Bunu gerçekleştirirken kendi kontrolü altındaki birimin geçmiş yıldaki çekiş miktarını, bu miktarın yüzde değerini ve performansını değerlendirmelerinde kullanabilecektir.
- Pazarlama şirketi ürün için belirlenmiş modeli ve parametreleri kullanarak istatistiksel tahmin yaptırır ve elinde bulunan dört tahmin değerini değerlendirerek son kararını verir.
- Pazarlama şirketi nihai tahmin değerlerini belirlerken bütçe hedefi, reklam bilgileri, ekonomik göstergeler ve büyüme bilgilerini kullanacağı gibi birimlerin tahminlerini de daha önceki tahmin performanslarına göre değerlendirecektir.
- Son tahmin değerine karar verildikten sonra bu miktar birimlerin daha önce verdikleri tahmin oranlarında bölüştürülerek birimlere hedefleri olarak bildirilir.

Nihai talep değerleri belirlenirken pazarlama şirketine yardımcı olması için çeşitli öneriler de sunulmuştur. Bu önerilerin oluşturulmasında veri analiz kısmında belirtilen uyumluluk çizelgesi değerleri kullanılmıştır. Belirtilen sapma-ortalama (Quality of fit) oranı düşük olan, diğer bir deyişle belirlenmiş modelin ürünün talep değerlerine uygunluğu yüksek bulunan ürünlerde istatistiksel metottan elde edilen tahmin değerlerinin belirlenmiş limitler göz önüne alınarak değiştirilmesi öngörülmüştür.

4.3.3 Aylık Sevkiyatın Haftalara Bölüştürülmesi

Veri akışı ve talep tahmin değerleri kararlaştırıldıktan sonra bu miktarların üretim şirketinin kullanabileceği biçime, yani haftalık tahminlere dönüştürülme işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi üretim şirketinin karşılaştığı en büyük sorunlardan biri çekiş miktarlarının ay başlarında düşükken ay sonlarına doğru artarak envanter maliyetlerini yükseltmesidir. Bunu engellemek için nihai tahminler bir ayın haftalarına bölünürken geçmiş yılın haftalık yüzde değerleri kullanılmıştır. Bir önceki yıl içinde haftalarda gerçekleşmiş çekiş yüzdeleri her ürün için belirlenerek her hafta için (ayın 1. haftası, 2. haftası, 3. haftası ve 4. haftası) ortalama yüzde değerleri hesaplanmıştır.

4.3.4 Talep Tahmin Veri Tabanı

Talep tahmin sisteminin en önemli elemanlarından biri olan veri ve bilgi akışlarını daha sistematik ve daha hızlı bir şekilde gerçekleştirmek için web tabanlı bir veritabanı tasarlanmıştır (Bkz. Ek-5.1). Bu veritabanında her distribütöre, distribütör yöneticisine ve bölge müdürlüğüne tahminlerini pazarlama şirketine iletebilmeleri için farklı şifreler verilmiş olup, sadece sorumlu birime gerekli bilgiler sunulmuştur. Başka bir deyişle, eklerde verilmiş akış şemalarında “Verilecek Bilgiler” kısmında belirlenmiş bilgiler sadece sorumlu birimlerin kullanımına sunulmuştur. Örneğin, herhangi bir distribütör

yöneticisi sadece kendine bağlı olan distribütörlerin bir sene önceki satışlarını, geçmiş aylardaki satışlarını, satış yüzdelerini ve performanslarını görebilmektedir (Bkz. Ek-5.2). Bölge müdürlükleri ise sadece kendi bölgelerinde faaliyet gösteren yöneticilerin bilgilerine sahiptir. Benzer şekilde ETİ Pazarlama Şirketi'ne de tüm birimlerin sezgisel tahminleri sunulmuştur. Ayrıca pazarlama şirketinde gerçekleştirilecek olan istatistiksel tahminler için önerilen metotları kullanmaya yardımcı olan Excel sayfası hazırlanmıştır.

5. Yöntemin Uygulanması

Ürünlerin tahmin metotları belirlendikten sonra, ürünlerin talep özelliklerinin belirlenmiş metotlarla olan uyumlulukları değerlendirilmiştir. Bu süreçte, ilk olarak, her ürün için belirlenen metodun verdiği değerlerin standart sapmasının ilgili ürünün ortalama sevkiyatına olan oranları hesaplanmıştır. Bu değerlendirmede, ortalama sevkiyat, aylık sevkiyat miktarlarının ortalaması alınarak bulunurken, standart sapma; ürünlerin MAD değerlerinin-satış karakteristiğine göre Winter veya üstel düzleme yönteminden alınıp, 1.25 ile çarpılmasıyla bulunmuştur (Willis.1987). Analiz sonucunda oluşturulan model uyumluluk çizelgesi (Quality of fit table), seçilen modelin ilgili ürünü ne kadar iyi veya kötü açıkladığı konusunda fikir vermektedir. Bu çizelgede belirtilen oranlardan 0.40'ın üstünde olan değerler kritik olarak değerlendirilmiştir (Bkz Ek-6). Daha sonra yapılan bir analizde ise 0.40'ın üstünde uyumluluk değeri olan ürünlerin toplam satışın sadece %12.46'sını oluşturduğu belirlenmiştir. Uyumluluk değeri %40'ın üzerinde olan ürünlerden özellikle A grubuna dahil olanlar için tahmin metotları tekrar incelenerek istatistiksel tahminler için daha iyi modeller geliştirilecektir.

Belirlenen metotların ürünlerin gerçek talep değerleriyle uyumlulukları, 2005 yılı için bu modelleri kullanarak yapılan tahminlerle de ölçülmüştür. Özellikle A grubu ürünlerde 2005 yılının her ayı için aylık talep miktarları tahmin edilmiş ve gerçekleşmiş değerlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma MAD ve MAPE (Mean Absolute Percentage Error) değerleri hesaplanarak yapılmıştır (Bkz Ek-7). Bu karşılaştırmada, ürünler için bulunan uyumluluk dereceleriyle benzer sonuçlar elde edilmiş, modellerle uyumluluk dereceleri yüksek olan ürünler için MAD ve MAPE değerlerinin "quality of fit" değeri 0.40'ın üstünde olan ürünlerin değerlerine oranla daha küçük olduğu gözlenmiştir.

Aynı zamanda, belirlenen istatistiksel tahmin metotlarının parametrelerinin ve gerektiği takdirde metotların değerlendirilebilmesi için izleme sinyali (tracking signal) kullanılarak istatistiksel tahminlerin sürekli makul sonuçlar vermesi planlanmıştır. Eğer tahmin modelleri belirlenen güvenlik limitlerinin dışında hatalara yol açarak gerçek

değerlerden çok farklı sonuçlar verir ve bunu belirli bir süre devam ettirirse modelin gözden geçirilmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır. Bu durumlarda ürüne ait sevkiyat değerleri tekrar analizlere sokularak karakteristikleri belirlenmekte ve gerekli görüldüğü takdirde ürünün sınıfı (level, trend veya mevsimsel) değiştirilerek uygun metodun parametreleri belirlenerek istatistiksel tahminlerde kullanılmaktadır. Aynı şekilde, sistem kullanıldığı süre içinde bu metot ve parametrelerin izlenmesine devam edilir.

6. Uygulama Planı

ETİ şirketi için tasarlanan Talep Tahmin Sistemi, genel anlamda, tüm pazarlama birimlerinin katılımlarıyla gerçekleşen sezgisel tahminlerin alınma sürecini ve bu süreci takip eden pazarlama şirketinde gerçekleştirilen son tahminin oluşturulma sürecini kapsamaktadır. İstatistiksel ve sezgisel tahminler bu sistemin en önemli elemanları olup, birbirilerini tamamladıkları için herhangi birinin eksikliği sistemin performansını olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenle sistemin elemanlarının birlikte uygulanabilmesi tedarik zincirindeki operasyonel problemlerin çözülebilmesi için büyük bir önem teşkil etmektedir.

Pazarlama Şirketi tarafından kullanılacak istatistiksel metotlar için hazırlanmış Excel sayfaları istatistiksel tahminlerin kısa bir süre içinde hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Uygulamadaki asıl problem sezgisel tahmin sürecinde kendisini göstermektedir. Türkiye genelindeki 148 distribütörün tahminlerini sistemde iletebilmeleri gelişmiş bir altyapıyı gerekli kılmaktadır. Her ne kadar tasarımı gerçekleştirdiğimiz web tabanlı veri tabanı sezgisel tahminlerin distribütörlerden hızlı bir şekilde toplanmasını sağlasa da, tüm distribütörlerin katılımı altyapı eksikliklerinden dolayı sağlanamamaktadır. Bu sorun da sistemimizde çok önem verilen “temiz veri”nin kaybına neden olmaktadır ki, bu durum sistemin performansında önemli bir düşüşe yol açabilecektir. Önerilen sistemin performansı hakkında fikir vermesi açısından öncelikle küçük bir pilot bölgede uygulanması düşünülse de hayata geçirilememiştir. Bunun nedeni, önerilen sistemin sezgisel kısmındaki tahminlerin oluşması için Türkiye’deki tüm distribütörlerin aktif katılımına ihtiyaç duyulmasıdır.

Aynı zamanda sistemin çıktılarının ancak Haziran ayının başında alınabilebilecek olması, projenin sonuçlarının sayısal olarak değerlendirilmesini imkânsız kılmaktadır. Bu nedenle tasarlanan sistemin belirlenecek birkaç pilot ürün için önümüzdeki aylarda mevcut sistemle eşzamanlı olarak çalıştırılıp, her iki sistemin tahmin isabet oranlarının karşılaştırılması öngörülmüştür. Sistemde son tahminin oluşturulması aşamasında önemli bir yere sahip olan, birimlerin ve istatistiksel tahminlerin performans bilgileri de en azından iki aylık bir uygulamayı gerektirmektedir.

7. Genel Değerlendirme

7.1. Projenin Firmaya Getireceği Katkılar

Önermekte olduğumuz talep tahmin sisteminin ETİ Şirketi'ne en önemli faydalarından biri, mevcut sistemde yeteri kadar önem verilmeyen geçmiş talep verilerinin daha bilinçli kullanılmasını sağlamaktır. Tüm ürünler için geçmiş verilerin analiz edilerek belirleyici bileşenlerin açığa çıkarılması ve bu bileşenleri ön plana çıkaran tahmin metodlarının kullanılması gelecekte pazarda oluşacak talebin daha isabetli tahmin edilmesini sağlayacaktır.

Aynı zamanda, tasarlanan sistem, sezgisel tahmin sürecini daha sistematik hale getirerek oluşturulan tahminlerde daha etkin rol oynamasını sağlayacaktır. Örneğin, son tüketiciye yakınlığı sebebiyle tüketici hareketlerini ve davranışlarını daha iyi tahmin edebilen distribütörlerin, sistemde aktif rol oynamaları tahmin performansını yükseltebilecek bir fayda olarak görülebilir. Aynı şekilde, veri akışının düzenlenerek belirli bir yapı kazandırılması, birimler arasında gerçekleşen etkileşimin tahmin sürecinin karar verme aşamasında yardımcı bir mekanizma olarak çalışmasını sağlayacaktır. Tüm bu katkılar daha isabetli tahminlerin yapılmasına olanak sağlayarak tedarik zincirinin çeşitli basamaklarında ve üretimde maliyet azalmalarını sağlayacaktır.

Sistemin ETİ şirketine daha uzun vadede kazandıracağı en önemli faydalardan biri de tasarlanan sistemin talep tahmininde görevli insanların kendi performanslarını görerek, kendilerini eğitebileceği ve geliştirebileceği bir otokontrol ortamı sağlamasıdır.

7.2. İleriye Dönük Geliştirme Olanakları

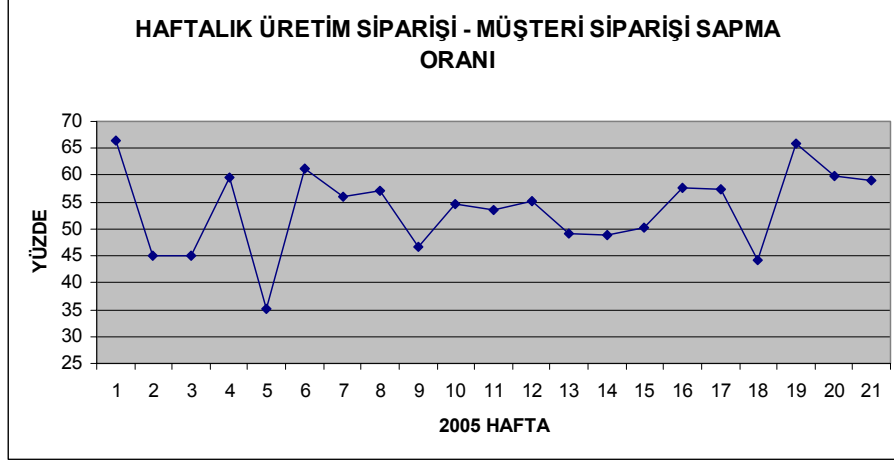
Daha önce de belirtildiği gibi sistemde tahmin edilmeye çalışılan talep değeri distribütörlerin üretim şirketinden çekecekleri ürün miktarlarıdır. İdeal bir sistemde tahmin edilmesi gereken değerler, tüketicilerin satış noktalarından aldıkları ürün miktarları olmasına rağmen şu anda hiç bir şekilde POS (Point Of Sale) verilerine ulaşılamadığı ve distribütörlerin envanterlerini nasıl yönettiklerine ait herhangi bir bilgi bulunmadığı için distribütörlerin çekiş miktarlarının tahmin edilmesi uygun görülümüştür. Fakat tasarlanan sistem, ETİ'nin talep tahmin sürecinde yer alacak uygulamaların ve yöntemlerin nasıl gerçekleştirilebileceği konusunda bir öneri olmakla beraber, gelecekte POS verilerine veya distribütörlerin envanter durumları konusunda sağlanacak bilgilere göre revize edilebilir. Diğer bir deyişle, sistemde hangi verilerin kullanıldığından çok, verilerin nasıl analiz edilerek tahminlerin nasıl oluşturuldukları daha önemli bir yere sahiptir. Bu yüzden projeyi ETİ'ye sunduğu sistematik ve tahmin yöntem bilimine göre değerlendirmek daha doğru olacaktır.

KAYNAKÇA

- Hanke, and A. G.Reitsch. Business Forecasting. Chicago: Prentice Hall International Editions, 1998.
- Willis Raymond E. A guide to Forecasting for Planners and Managers. New Jersey: Prentice Hall, 1987.
- Silver, Pyke, and Rein Peterson. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- Wichern, and J. E. Hanke. Bussiness Forecasting. Orlando: Pearson International Edition, 1999.
- Wheelwright, and S. Makridakis. Forecasting Methods for Management. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- Vollman, Berry, D. C. Whybark, and F. Robert Jakobs. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management. New York: McGraw Hill, 1992.

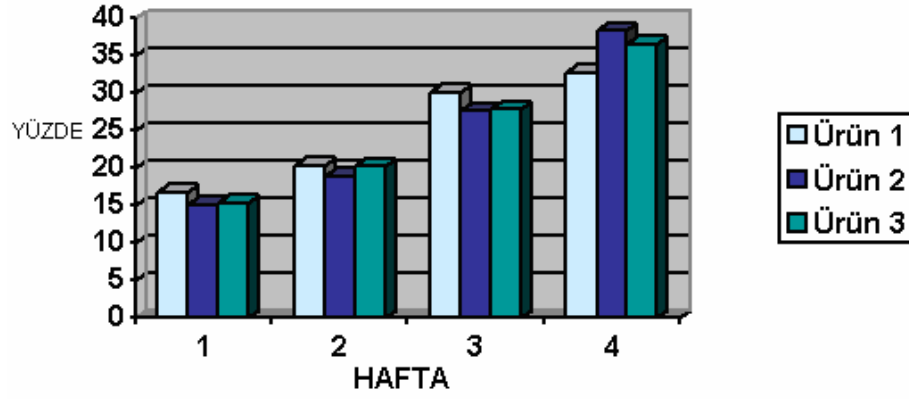
EKLER

Ek 1. Mevcut talep tahmin sistemi haftalık sapma oranı

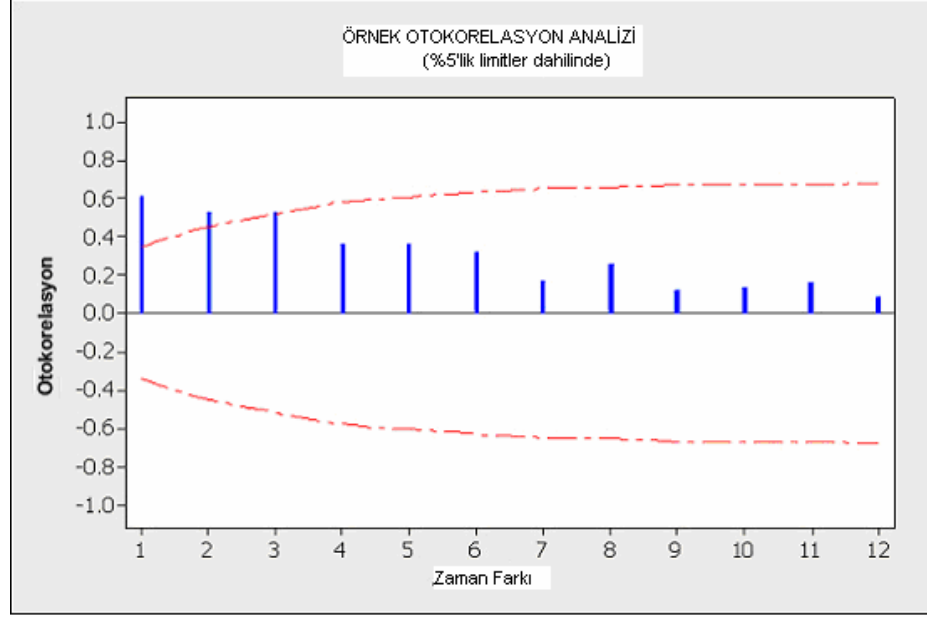


Ek 2. Sevkiyat miktarlarının ay içindeki değişkenliği

Ay İçindeki Haftalık Sevkiyat Yüzdeleri



Ek 3. Trend özelliği gösteren bir ürün için otokorelasyon analizi



Ek 4. Ürünlerin sınıflandırılması

Grup Numara	Ürün Kodu	Ürün Adı	Ürün Özelliği			ABC Analizi	
			Mevsim.	Trend	Seviye	Grup	Ürün
17	U605	S.....		√		B	B
17	U686	K.....	√			B	B
17	U342	P.....			√	B	C
17	U325	K.....	√			B	B
17	U166	Y.....		√		B	A

Ek 5.1. Web tabanlı tahmin sistemi giriş ekranı

Logon Form - Microsoft Internet Explorer

Address: http://139.179.217.242/login.asp

ETI

ETI Tahmin Veritabanı Giriş Ekranı

Kullanıcı Adı: Şifre: Logon

Done Trusted sites

Ek 5.2. Web tabanlı tahmin sistemi distribütör yöneticisi ana sayfası

Back Forward Stop Search Favorites Go Links

Address: http://139.179.217.242/DISYON3ANAGIRIS.htm

ETI

DISTRIBUTOR YONETICISI 3

ETI

TAHMIN GIRIS EKRANI

DISTRIBUTOR YONETICISI NO: SIFRE: FORM SERI NO: 00013

URUN KODU: TAHMIN EDILEN MIKTAR:

ACIKLAMA:

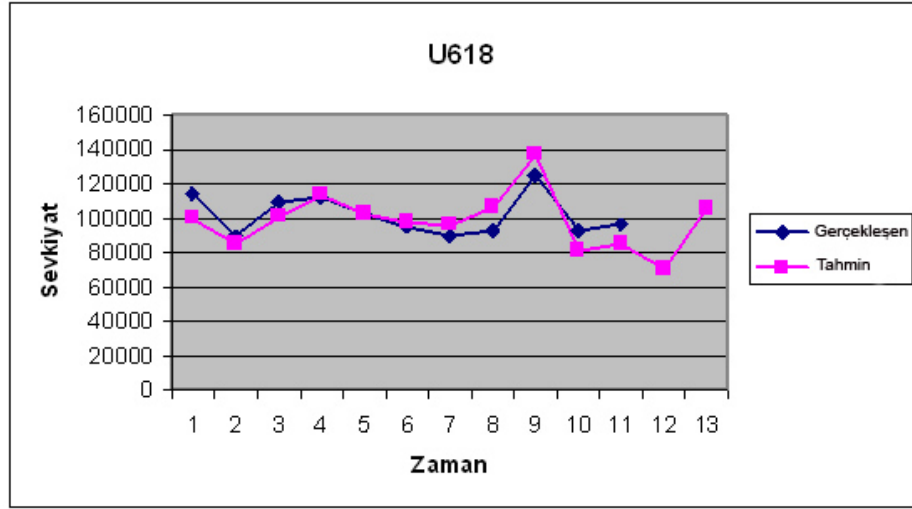
Distribütör Yöneticisi 3 için Gerekli Bilgiler ve bağlı olduğu distribütörlerin performansları:

[Distribütör Tahminleri](#) [Distribütör Performansları](#) [Distribütörlerin SKU Bazlı Yüzdeleeri](#)

Ek 6. Tahmin metotlarının uyumluluk tablosu

Grup No	Ürün Kodu	Ürün Adı	Ürün Özelliği			ABC Analizi		Uyum Oranı
			Mevsm.	Trend	Seviye	Grup	Ürün	
13	U739	E.C....		√		B	B	0.107
13	U371	Pr...	√			B	B	0.155
13	U727	M...			√	B	B	0.418
13	U618	C...	√			B	A	0.080
13	U362	C...	√			B	B	0.098
13	U176	P...	√			B	B	0.116

Ek 7.1 Örnek tahminler grafiği



Ek 7.2 Örnek tahmin değerleri ve hata oranları

U618 G13						
Zaman	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri(İst.)	Üst limit	Alt Limit	Hata Yüzdesi	Hata(et)
2005-1	114.384	100.437	116.257	84.617	0,12	13947,00
2005-2	89.551	85.301	101.596	69.005	0,05	4250,50
2005-3	109.992	101.267	117.179	85.355	0,08	8725,00
2005-4	112.501	113.939	129.822	98.055	0,01	1438,00
2005-5	103.279	103.022	118.492	87.552	0,00	257,00
2005-6	95.462	97.987	112.971	83.004	0,03	2525,40
2005-7	89.608	96.399	111.113	81.684	0,08	6790,50
2005-8	92.831	106.730	121.362	92.099	0,15	13899,00
2005-9	125.190	137.275	152.077	122.474	0,10	12085,00
2005-10	92.780	81.289	96.597	65.981	0,12	11491,10
2005-11	96.654	85.249	100.761	69.736	0,12	11405,50
2005-12	-	70.652	86.398	54.905	-	-
2006-1	-	105.667	121.551	89.784	-	-
					0,08	7892,18
					MAPE	MAD

Dağıtım Ağı Performans Değerlendirme Sistemi Geliştirilmesi

Eti Şirketler Grubu

Proje Ekibi

Mustafa Akyüz
Metehan Aydın
Mustafa Aydoğdu
Ahmet Münir Gül
Feyza İnaç
Filiz Sağlam

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Engin Çölova, Sistem Analisti
Hakan Bulur, Sistem Analisti

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Yavuz Günelay, Bilkent Üniversitesi İşletme Fakültesi

ÖZET

Eti hızlı tüketim mamülleri sektöründe faaliyet gösteren Türkiye'nin en büyük gıda üreticilerinden birisidir. Tüm Türkiye'de faaliyet göstermesi nedeni ile dağıtım ağının performansı Eti için çok önemlidir. Dağıtımlar, Eti'ye bağlı olarak çalışan 147 özel distribütör tarafından yürütülmektedir. Bu distribütörlerin performanslarının ölçümünde ciddi eksiklikler vardır. Bu amaçla performansın nasıl, hangi kriterlerle ve hangi aralıklarla ölçülmesi gerektiği üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bunun sonucunda performans ağacı dediğimiz, performans kriterlerinden oluşan yapılar oluşturulmuş, her bir kriterin değeri de "Analitik Sıradüzensel Süreç" yöntemi ile Eti'nin önceliklerine göre ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen veriler ile performansın rahatça ölçülebileceği internet tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Dağıtım Ağı, Distribütör, Satış Temsilcisi, Kritik Başarı Faktörü, Anahtar Performans Ölçütü, Analitik Sıradüzensel Süreç

1. Firma Tanıtımı

Eti Gıda, 1961 yılında "Eti Bisküvi Fabrikası - Firuz Kanatlı" adı altında bir şahıs işletmesi olarak kurulmuştur. 1972 yılında bu işletme Eti Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. ticari ünvanıyla bir aile şirketi haline getirilmiştir.

20 Ocak 1962 tarihinde günde 3 ton gibi küçük bir kapasiteyle üretime başlamıştır. Bu tarihten itibaren Eskişehir'deki Merkez fabrikada, 1964'de küçük, 1967, 1970, 1972, 1973, ve 1975'de büyük çaplı bisküvi üretim kapasite artışları gerçekleştirilmiştir. 1978 yılında Bozüyük (Bilecik) Etimiek Üretim Tesisi kurulmuştur. Bu tesis, 1994 ve 1998 yıllarındaki yatırımlarla Topkek ve Popkek üretimine geçmiş, en son 2001 yılında Turti üretmeye başlamıştır. Eskişehir Merkez Fabrikası Aralık 1999'da üretimine son vermiştir. Şirket bu tarihten itibaren tüm bisküvi üretimini, Eskişehir Organize Sanayi Bölgesindeki yeni tesislerinde yapmaya başlamıştır.

Eti Gıda bugün 5 fabrikasında, bisküvi, kraker, sağlık ürünleri, kek, turta, çikolata, çikolatalı ürünler, gofret, kızarmış ekmek ve kahvaltılık hububatlar üretmektedir.

Eti Gıda, 2006 yılında, her yıl Japonya'da verilen, dünyanın en prestijli ödülleriinden birisi olarak görülen "Mükemmel Fabrika" ödülünü almaya hak kazanmıştır. Böylece Eti, bu ödülü Türkiye'ye getiren ilk bisküvi üreticisi olmuştur. Eti Gıda bünyesindeki Araştırma Geliştirme Bölümü 25 uzman personeliyle, Grup üretim şirketlerinde üretilmek üzere yeni ve orijinal ürünler geliştirmektedir.

Eti Gıda ürünlerini Türkiye ve Uluslararası pazarlarda, bir Eti Grubu Şirketi olan Eti Pazarlama Sanayi ve Ticaret A.Ş. kanalıyla pazarlamaktadır.

2. Projenin Tanımı

Eti Gıda, bisküvi, kek, kraker ve bar çikolata ürünleri ile hızlı tüketim malları sektöründe faaliyet göstermektedir. Sektördeki marka bağımlılığının çok düşük olması nedeni ile ikame oranları çok yüksektir. Aynı zamanda, ani alımlar da (acıkan müşteri bakkala gider ve o an karar verir) sektörün önemli bir özelliğidir. Dolayısı ile, rafta bulunabilirlik ve tanzim teşhir sektörün temel gerekleridir. Ayrıca, yüksek raf devir hızlarından dolayı raftaki stokların hızlı ve düzenli bir şekilde yenilenmesi gerekmektedir. Talebin zamanında müşteriye ulaşması için dağıtım ve lojistik konularının hızlı tüketim malları sektöründe oldukça kritik bir önemi vardır.

Eti Gıda, perakendeci noktalarındaki raf stoklarının sektör gereklerine uygun olarak beslenmesi için, ürünlerinin dağıtımını distribütörler aracılığıyla yapmaktadır. Eti'nin sektörel amaçlarını gerçekleştirmesinde distribütörlerin önemi büyüktür. Bu önemi kavramak için distribütörlük sistemi çok iyi anlaşılmalıdır. Distribütör,

Eti'nin belirlemiş olduğu bölgelerde, ürünlerin dağıtımından sorumlu olan ve kendi öz sermayesine sahip, üretici firmayla ortak menfaatlerinin olmasının yanı sıra bağımsız çalışan bir kuruluştur.

Distribütörlerin performansı, doğrudan Eti'nin dağıtımdaki başarısını göstermektedir. Bu projenin amacı da, i) distribütörlerin performansının hangi faktörlere bağılı olduğunu saptamak, ii) bu faktörlerin dağıtım ağı üzerindeki ağırlıklarını belirlemek, ve iii) performansın ölçülmesi amacıyla bir karar destek sistemi geliştirmektir. Böylelikle, distribütörlere verilecek primlerin de geliştirilen sistem yardımıyla hesaplanması da sistemin bir çıktısı olacaktır.

3. Analiz

3.1. Mevcut Sistemin Analizi

Eti Gıda bünyesindeki distribütörler, bölge müdürlüklerine bağılı olarak çalışmaktadırlar. Sekiz bölge müdürlüğüyle distribütörler arasındaki bağlantı, distribütör yöneticileri aracılığıyla sağlanmaktadır. Distribütör yöneticisi, distribütörün Eti ile alakalı her faaliyetinde yer alan ve distribütörle bölge müdürlüğü arasındaki iletişimi gerçekleştiren, Eti bünyesindeki bir çalışandır. Distribütör, üretici firmanın üzerindeki satış ve dağıtımdan kaynaklanan riskin hiyerarşik olarak satış zincirindeki alt katmanlara aktarılmasındaki en önemli unsurdur. Risk etkisini azaltmanın yanı sıra, distribütörlük sisteminin bir diğeri önemli yararı da, dağıtıma odaklanmış distribütörler sayesinde servis kalitesini ve seviyesini arttırmaktır. Bir diğeri yararı ise, Türkiye genelindeki dağıtım operasyonunu parçalayarak daha kolay yönetilebilir bir sistem oluşturmaktır.

Üretim alanında, Ankara Bölge Müdürlüğü'nde ve Hedef Gıda distribütöründe yaptığımız çalışmalar sonucunda aşağıdaki problemler saptanmıştır.

- Mevcut performans sistemi, sadece distribütör prim sistemi odaklıdır. Distribütörlük satış kanalı geneline yayılmış bir performans ölçme ve değerlendirme sistemi bulunmamaktadır.
- Mevcut prim sisteminden dolayı, kotayı tutturmak amacıyla distribütörlerin siparişleri ay sonunda artmaktadır. Bunun sonucunda üretim aşamasında bir ay boyunca ürün yetiştirme, stok seviyelerinin yükselmesi ve sevkiyattaki dalgalanmadan dolayı yükleme ve sevkiyat planlama zorlukları gibi problemler yaşanmakta ve buna ek olarak tedarik zincirindeki diğeri halkalar da olumsuz etkilenmektedir. Ay içinde siparişte oluşan bu dalgalanma “Kamçı Etkisi” ile tedarik zincirinin bütününe etkilemekle birlikte, bu etki daha önceki aşamalarda daha çok hissedilmektedir.
- Distribütörlerin, satış temsilcilerini değerlendirmesinde standart bir sistem kullanılmamaktadır. Eti ile distribütör arasındaki ilişkide

kullanılan performans ölçütlerine benzer kriterlerin, distribütör ve satış temsilcileri arasında da kullanılması gerekmektedir.

- Kullanılan prim sistemi hızlı tüketim mamülleri sektöründe çok önemli bir yere sahip olan raf rekabetini yeterince içermemekte, sistem büyük oranda distribütörün hedef gerçekleştirme oranına dayanmaktadır.

Eti'nin misyonu, tüketicinin ihtiyaç duyduğu ürünlerin; uygun zamanda, uygun yerde, uygun “tanzim teşhir” koşullarında bulunmasını sağlamaktır. Bunları gerçekleştirecek anahtar performans ölçütleri ve kritik başarı faktörlerinin, tedarik zinciri koordinasyonu ve raftaki rekabet gerçeğinin de hesaba katılarak belirlenmesi ve bunların sisteme hiyerarşik bir yapı içinde konumlandırılması gerekmektedir. Bunun yanında, geliştirilen sistemin yeniden gözden geçirme şartlarının ve gözden geçirme aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir.

3.2. Problem

Eti, dağıtım ağında önemli bir yere sahip olan distribütörlerin yönetimine, denetimine ve değerlendirilmesine büyük önem vermektedir. Bu ise etkili çalışan, kapsayıcı ve adil bir distribütör performans ölçümü ile mümkündür.

Eti'nin mevcut distribütör performans ölçüm sisteminde satış hedefi tutturma, distribütörün genel performansında çok büyük bir ağırlığa sahiptir. Bu sebepten dolayı distribütörler genel performanslarını arttırmaya çalışırken, kendilerini sadece satış hedefi tutturmaya odaklamakta ve diğer performans kriterlerini göz ardı etmektedirler. Distribütörler primlerini büyük oranda satış performansından aldıkları için, satış harici konularda başarılı olmasalar bile sadece satış performanslarının yüksek olmasından dolayı yüksek primler alabilmektedirler.

Diğer bir problem de, satışa dair çok karışık kriterler içerdiğinden prim sisteminin distribütörler tarafından anlaşılabilmesidir. Primlerin kolay hesaplanmasını sağlayacak herhangi bir sistem de bulunmamaktadır. Bu nedenle distribütörlerin bir kısmı Eti'den gereken prim desteğini alamamaktadırlar.

Sonuç olarak problem, distribütörlük sisteminin bütününe kapsayan, adil Anahtar Performans Ölçütleri'nin (APÖ), Kritik Başarı Faktörleri'nin (KBF) ve bunların ölçüm ve değerlendirilmesini sağlayacak bir karar destek sisteminin bulunmayışıdır.

4. Önerilen Yöntembilim

Sistem tasarımının ilk aşamasında KBF'lerin, arkasından da APÖ'lerin belirlenmesi gerekmektedir. Bunu yaparken Eti'nin performans ölçümünde önceliklerinin neler olduğu analiz edilmiş sonra da bu analizlere dayalı kriterler havuzu oluşturulmuştur. Eti'den bir grup yetkili yardımıyla, oluşturulan havuzdan seçilen performans

kriterleri ve başarı faktörleri ile distribütör performans ağacı oluşturulmuştur (Bkz. Ek 1). Distribütör için seçilen ölçütlerin arasından, satış temsilcisinin performansını gösteren kriterler, yine bu yetkili grup yardımı ile seçilmiş ve satış temsilcisi performans ağacı oluşturulmuştur (Bkz. Ek 2).

Performansın hangi kriterlerle ölçüleceği netleştikten sonra (Bkz. Ek 3) her kriterin toplam puan içindeki ağırlığını belirlemek gerekmektedir. Analitik Sıradüzensel Süreç (ASS), projemizde oluşturulan performans ağaçlarını ağırlıklandırmada kullandığımız kolay uygulanabilir bir tekniktir. Performans ölçütlerinin belirlenmesi ve bu ölçütlerden performans ağaçlarının oluşturulmasından sonra Eti yöneticilerinin distribütör performansıyla ilgili tercihlerinin geliştirdiğimiz performans ağaçlarına yansıtılması gerekmektedir. Bu yapılanların sonunda da distribütörlerin performansını ölçme ve değerlendirmede kullanılacak, internet tabanlı bir Karar Destek Sistemi hazırlanması gerekmektedir.

5. Yöntembilimin Uygulanması

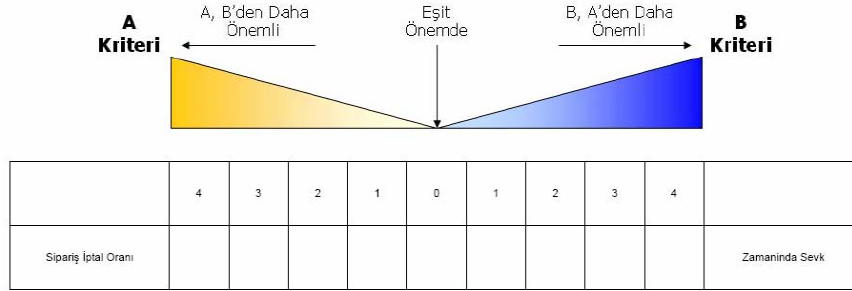
5.1. Kritik Başarı Faktörleri ve Anahtar Performans Ölçütlerinin Belirlenmesi

Ankara Bölge Müdürlüğü, Eti Pazarlama Sanayi ve Ticaret A.Ş. ve Hedef Gıda yetkilileriyle yaptığımız çalışmalar sonucunda distribütör performansı ölçümünde kullanılacak KBF'ler belirlenmiştir. Bu KBF'lere bağlı olarak da ilk APÖ havuzu oluşturulmuştur. Eti Gıda'nın sistem analistleri ile yapılan çalışmalardan sonra bu havuzdan bazı APÖ'ler elenmiş, bazıları da değiştirilmiştir. KBF ve APÖ'lerin belirlenmesinin ardından bunlardan distribütörler ve satış temsilcileri için ayrı performans ağaçları oluşturulmuştur.

5.2. Analitik Sıradüzensel Süreç

Oluşturulan performans ağaçlarındaki performans ölçütlerinin bir üst kademeye ve genel performansa olan etkisinin hesaplanması için ASS metodu kullanılmıştır. ASS uygulama aşamasına geçildiğinde, matematiksel olarak kolaylık sağlanması için bir kademedeki performans ölçütleri bir üst kademedeki performans ölçütüyle birleşirken toplam ağırlıklarının 1 olmasına karar verilmiştir.

Her kademenin performans ölçütleri, ikili karşılaştırma matrisi adı verilen, Microsoft Excel'de oluşturduğumuz tablolara girilmektedir. Bu tablolara girilecek değerler ikili karşılaştırma esasına dayanmaktadır. Buna göre tablodaki bir performans ölçütü diğer bir ölçüte göre örneğin 2 kat daha önemliyse bunun tersi olarak da ikinci ölçüt birinci ölçüte göre 0,5 kat daha önemli sayılmaktadır. Tabloya girilen değerler bu esasa göre belirlenmektedir (Bkz. Şekil 1).



Şekil 1. ASS Değerlendirme Çizelgesi

Bundan sonraki aşamada ise, Excel'de oluşturduğumuz bu tabloların doldurulmasını kolaylaştırmak için daha basit ve kullanıcı dostu ikili karşılaştırma formları hazırladık (Bkz. Şekil 2).

Ekipman Yeterliliği									
Satış Aracı Yeterliliği									Depo Yeterliliği
Sıcak Satış Aracı									Soğuk Satış Aracı
Sıcak Satış Aracı									Teslimat Aracı
Soğuk Satış Aracı									Teslimat Aracı
İklimlendirilmiş Depo									İklimlendirilmemiş Depo

Şekil 2. ASS Değerlendirme Formu

Bu formlarda APÖ'ler ikili olarak karşılaştırılmakta ve her kademedeki ağırlıklarının toplamaları 1 olacak şekilde ağırlıklandırılmaktadırlar.

ASS, Ağırlıklandırma işlemlerinin basitçe yapılmasını sağlamanın yanında, yapılan karşılaştırmalardaki tutarsızlık katsayısını da ortaya çıkarmaktadır.

İkili karşılaştırmalar esasına dayanan bu teknik, yöneticilerin performansla ilgili tercihlerinin, yapılandırılan performans ağaçlarına yansıtılmasına yaramaktadır.

5.2 Karar Destek Sistemi

KBF ve APÖ'lerin ağırlıklandırılmalarının ardından, bunların ölçüm ve değerlendirilmelerinin yapılabilmesi için bir karar destek sistemi yapılmıştır. Sistem temel olarak, distribütörlerden alınan verilerle KBF ve APÖ'leri hesaplamaktadır.

Program başlıca dört bölümden oluşmaktadır: i) KBF ve APÖ'lerin mevcut ve geçmiş durumlarının görülebildiği bölüm, ii) kriterler hakkında yorumların (neden-sonuç ilişkileri) bulunduğu bölüm, iii) varsayımlar yapılarak ileriye dair performans tahminlerinin yapılabildiği bölüm ve iv) veri girişlerinin yapıldığı bölüm (Bkz. Ek 4).

Kullanıcının, performans ağacını istediği şekilde izleyebilmesi için programın ana penceresinde performans ağacı bulunmaktadır. Bu ağaçtan seçilen KBF yada APÖ hakkında detaylı bilgi yine aynı ekranda gösterilmektedir. Bu ekranda KBF ve APÖ'lerin günlük yada aylık durumları detaylı olarak izlenebilir.

Sistemde herhangi bir kriterin durumunu izleyebilen kullanıcı, bu kriterin düşük olmasına neden olabilecek etkenleri ve sonucunda oluşacak aksaklıkları da kritere ait pencerede görebilmektedir. APÖ'ler hakkındaki yorumlar ve grafiksel analizler etkili bir karar destek mekanizması oluşturmuştur.

Daha önce belirttiğimiz gibi distribütörler ay içindeki durumlarını günlük olarak izleyebilmektedirler. Ay sonuna dair son performanslarının da yaklaşık değerini sistemden görebileceklerdir. Bu sayede distribütör performansını iletirmek için nereye odaklanacağını daha iyi anlayacaktır. Örneğin eski sistemde distribütör prim alabilmek için sadece satışa yönelmekteydi, şimdi ise olası bir problemin satış dışında 5 ayrı sebebi olabilir.

Son bölüm ise veri aktarma bölümüdür. Burada, distribütörün giderlerini gireceği bölüm dışında tüm veriler Eti tarafından programa aktarılmaktadır. Günlük olarak Eti'ye ulaşan veriler yine günlük olarak programa aktarılmaktadır.

Programın teknik kısmında ise veritabanı olarak MS SQL, programlama dili olarak ise C# gömülü ASP.NET kullanılmıştır. Uygulama geliştirme ortamı olarak MS SQL ve ASP.NET'i kapsayan Visual Studio seçilmiştir.

6. Genel Değerlendirme

Bu projede, geliştirdiğimiz sistem sayesinde mevcut satış hedefine dayalı prim sisteminin yerine, distribütörün performansını daha geniş kapsamlı ölçebilen birden çok kritik başarı faktöründen oluşan yeni bir performans ölçme ve değerlendirme sistemi oluşturulmuştur. Böylelikle, eski sistemde performans değerlendirmede neredeyse %100'e yakın ağırlığa sahip olan satış performansı, yeni sistemle birlikte %22 ağırlığa sahip olacaktır. Bu da siparişlerdeki ay sonu

yığılmaları başta olmak üzere çoğu problemleri önleyecektir. Ek olarak, yeni sistemle birlikte, hızlı tüketim malları sektörünün temel gereklerinden olan rafta bulunabilirlik oranında artış yaşanacağını öngörmekteyiz.

Tasarladığımız sistemle birlikte, dağıtım ağında önemli yere sahip olan satış temsilcileri kendi performanslarını istediği zaman istediği şekilde görebileceklerdir. Kendi performanslarını görebilme şansına sahip olan satış temsilcileri ilerisi için kendilerini daha rahat düzelterek performanslarını arttırabileceklerdir.

Oluşturduğumuz sistemle birlikte her distribütör kendi performansını istenilen zamanda görebilecek, eğer performansı düşükse bunun olası nedenlerini sistem aracılığıyla öğrenebilecek ve önlemlerini bu geri besleme mekanizmasına göre alabilecektir.

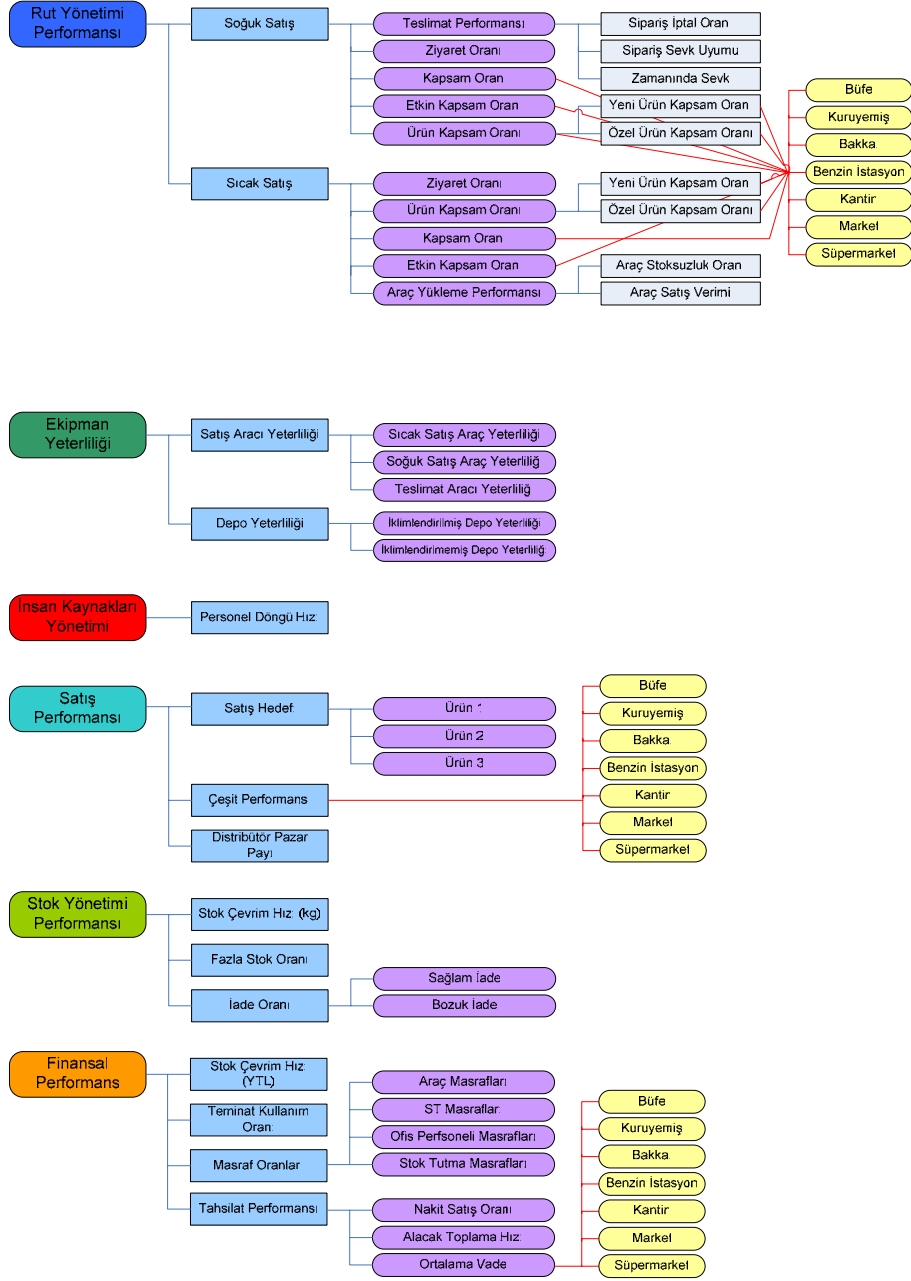
KAYNAKÇA

Saaty, T. L. (1980), The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill International Book, New York.

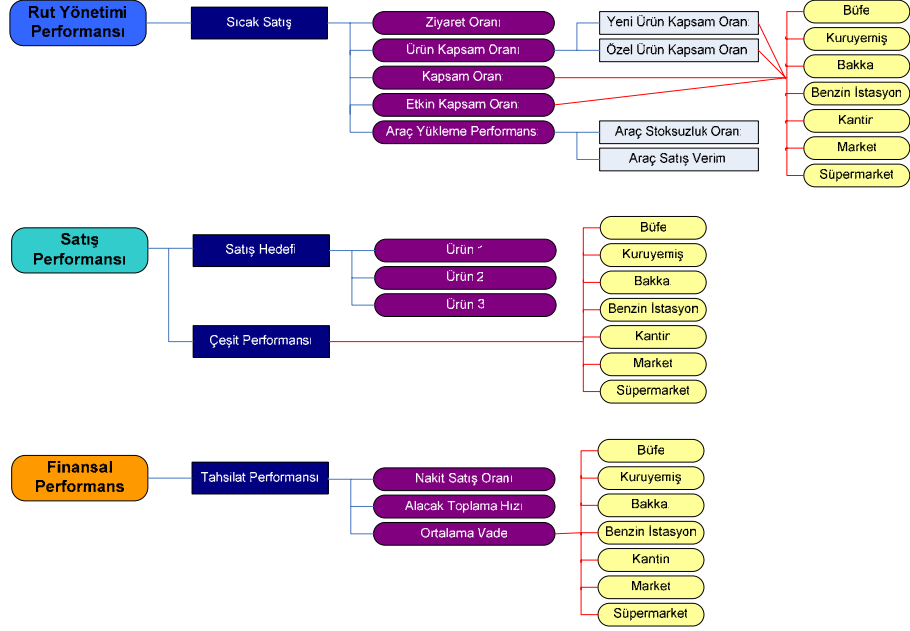
http://www.stat.fi/isi99/proceedings/arkisto/varasto/kim_0217.pdf

EKLER

Ek 1. Distribütör Performans Ağacı



Ek 2. Satış Temsilcisi Performans Ağacı



Ek 3. Anahtar Performans Ölçütleri

[illegible]

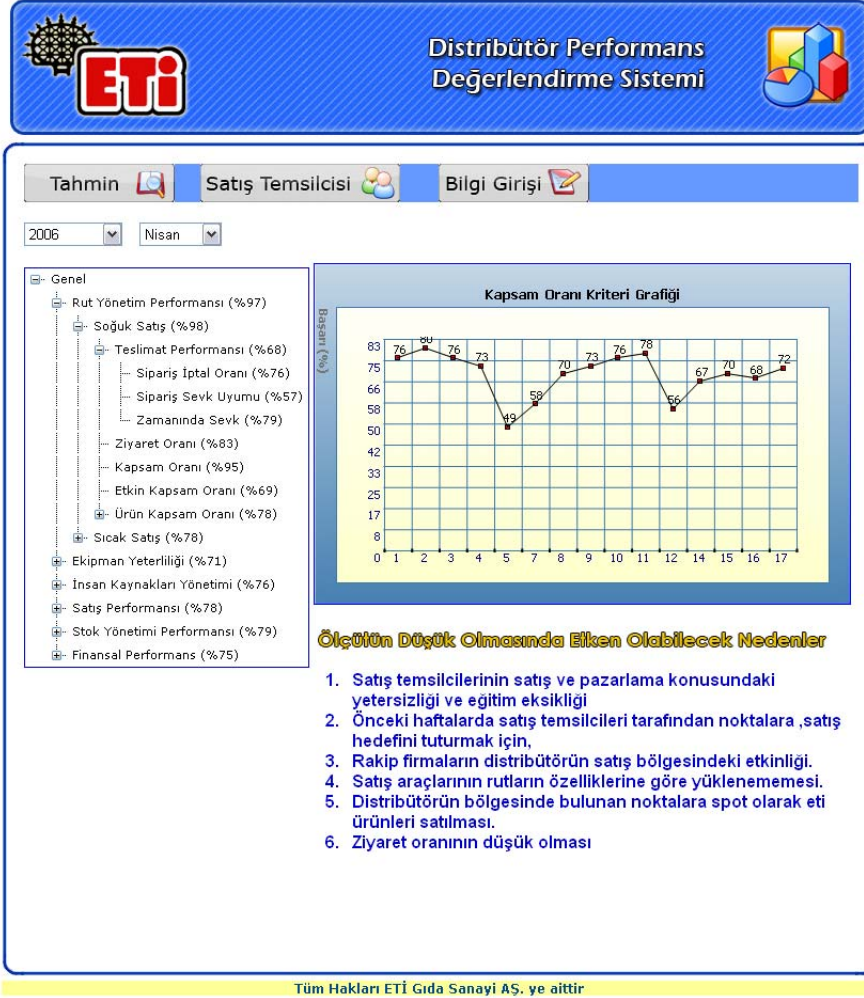
Ek 3. Anahtar Performans Ölçütleri (Devamı)

		Araç Satış Verimi	Üniteri üzerinden ortalama	Toplam satılan ürün / Toplam yüklenen ürün	(Görüşülen 100) / Hedef	kg / Koli	Hafta
Ekleme							
Ağaç		Açıklama		Formül	Endeksleme	Birim	Degerlendirme Periyodu
1	2	3	4	5			
Ekleme							
Satis Araci Yeterligi		Hedefin alinda olmas istemeyen durumdur				Araç Sayısı	Ay
	Sokak Satış Aracı Yeterligi			Satış olmasi gereken / Satış olmalı		(Görüşülen 100) / Hedef	Araç Sayısı
	Sokak Satış Aracı Yeterligi			Satış olmasi gereken / Satış olmalı		(Görüşülen 100) / Hedef	Ay
	Trafik Araci Yeterligi			Satış olmasi gereken / Satış olmalı		(Görüşülen 100) / Hedef	Ay
	Depo Yeterligi			Satış olmasi gereken / Satış olmalı		(Görüşülen 100) / Hedef	Ay
	Kilometrelik Depo Yeterligi			Satış olmasi gereken / Satış olmalı		(Görüşülen 100) / Hedef	Ay
	Depo Yeterligi			Satış olmasi gereken / Satış olmalı		(Görüşülen 100) / Hedef	Ay
Ağaç		Açıklama		Formül	Endeksleme	Birim	Degerlendirme Periyodu
1	2	3	4	5			
Ekleme							
Personel Depo Hiz		Bir personelin firmada ortalama geliri <th></th> <th></th> <th></th> <th></th>					
Ağaç		Açıklama		Formül	Endeksleme	Birim	Degerlendirme Periyodu
1	2	3	4	5			
Ekleme							
Satis Hesabi		Üniteri üzerinden ortalama		Görüşülen satış / Hedef satış		YTL	Ay
	Ürün 1					(Görüşülen 100) / Hedef	YTL
	Ürün 2					(Görüşülen 100) / Hedef	YTL
	Ürün 3					(Görüşülen 100) / Hedef	YTL
	Çeşitli Performans Destekler	Satış noktası üzerinden ortalama Birim karları için		Satılan çet satış / Karar biriminde hedef çet satış		(Görüşülen 100) / Hedef	Ay
	Pazar Payı	Pazar payı				(Görüşülen 100) / Hedef	Ay

Ek 3. Anahtar Performans Ölçütleri (Devamı)

Ağaç					Açıklama	Formül	Endeksleme	Birim	Değerlendirme Periyodu
1	2	3	4	5					
Stok Yönetimi Performansı									
Stok Çekim Hızı (kg)					Toplam satış / Ortalama stok	$\frac{\text{Gerçekleşen} \cdot 100}{\text{Hedef}}$	%		Ay
Faaliyet Stok Oranı					Bellekten max. stok gün oranından fazla olan stok miktarı / Toplam stok	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	%		Ay
İade Oranı					Toplam iade / Toplam satışlar	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	kg		Ay
Sevgiyen İade					Sevgiyen İade / Toplam satışlar	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	kg		Ay
Büyük İade					Büyük İade / Toplam satışlar	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	kg		Ay
Finansal Performans									
1	2	3	4	5	Açıklama	Formül	Endeksleme	Birim	Değerlendirme Periyodu
Stok Çekim Hızı (YTL)					Toplam satış / Ortalama stok	$\frac{\text{Gerçekleşen} \cdot 100}{\text{Hedef}}$	%		Ay
Teminat Kullanım Oranı					Ne kadar teminat kullanılıyorsa o kadar risk vardır	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	%		Ay
Masraf Oranları					Yeni hedefler ne kadar az ise o kadar iyidir	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	YTL		Ay
Araç Masrafları					Araç masrafları	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	YTL		Ay
ST Masrafları					Özellikle ST personeli	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	YTL		Ay
Öne Personel Masrafları					Bilgiye göre personel depoları için satış gel.	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	YTL		Ay
Stok Tutma Masrafları					Stok tutma masrafları	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	YTL		Ay
Tanıtım Performansı									Ay
Ne kadar Satış Oranı						$\frac{\text{Gerçekleşen} \cdot 100}{\text{Hedef}}$	%		Ay
Alacak Toplama Hızı					100 - Toplam alacaklar / Son quartetdeki (60 gün) toplam vade süreleri	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	Gün		Ay
Ortalama Vade					Satış Makamı için vade süreleri - Bütün kanallar için	$\frac{\text{Hedef} \cdot 100}{\text{Gerçekleşen}}$	Gün		Ay

Ek 4. Program



Taşıyıcı Takip Sisteminin Tasarımı

MAN Türkiye A.Ş.

Proje Ekibi

Selen Ekeryılmaz

Gizem Özer

Yunus Poyraz

Ali Tuncer

Hakan Yazar

Serdar Yıldız

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Cemil Demir, MAN Türkiye A.Ş.

Lojistik- Endüstri Mühendisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. Barbaros Tansel, Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

MAN Türkiye A.Ş.'de taşıyıcıların takip edilememesi, iş gücü kaybının yanı sıra üretimin aksamasına kadar varabilen sorunlara neden olabilmektedir. Bu projenin amacı, fabrikaya tedarikçilerden gelen ve tedarikçilere geri dönen taşıyıcıların sayısı ve çeşidini kayıt altına alacak bir takip sisteminin tasarlanmasıdır. MAN Türkiye A.Ş.'de kullanılmakta olan ERP sistemi BAAN'a entegre bir Taşıyıcı Takip Sisteminin yanı sıra, boş taşıyıcıların yerleştirileceği alanların tespiti ve tedarikçi bazında ayarlanması da projenin bir diğer koludur. Proje sonunda MAN Türkiye A.Ş., tasarlanan Taşıyıcı Takip Sistemi ve Yeni Boş Taşıyıcı Ambarı'nı hemen kullanıma geçirmiştir.

Anahtar Sözcükler: Bilgi Sistemi, Yerleşim Planı

1. İşletme Tanıtımı

MAN Türkiye A.Ş. Ankara fabrikası 1984 yılından bu yana, Esenboğa havaalanı yolu üzerindeki tesisinde üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Ticari üretim kalitesi ve artan kapasitesi ile özellikle otobüs üretiminde konumunu güçlendiren MAN Türkiye A.Ş., 2004 yılında günlük otobüs üretim kapasitesini % 50 arttırarak günde altı otobüs üretebilecek kapasiteye ulaşmıştır ve bunun sonucunda, firmanın Avrupa'daki otobüs üretim üssü olmayı hedeflemektedir.

Toplam satışları içerisinde ihracatın payını sürekli arttırmayı hedefleyen MAN Türkiye A.Ş., 2001 senesini rekor bir ihracat artışı ile tamamlamıştır. MAN Türkiye A.Ş. 2001 yılında gerçekleştirdiği yoğun pazarlama faaliyetleriyle bir yıl öncesine göre % 82'lik artış ile toplam 679 otobüs ihraç etmiş ve 92,5 milyon Avro tutarında ihracat geliri sağlamıştır. MAN Türkiye A.Ş. başta Almanya, Fransa, İtalya, Avusturya ve Norveç olmak üzere toplam 35 ülkeye ihracat yapmaktadır.

MAN Türkiye A.Ş.'de 428 beyaz yaka, 1560 mavi yaka olmak üzere toplam 1988 kişi çalışmaktadır. Çalışanların 66 İstanbul Satış ve Servis Merkezi'nde görev yapmaktadır.

2. Projenin Tanımı

Projenin temel amacı, MAN Türkiye A.Ş.'de kullanılmakta olan bütün taşıyıcıların çeşitliliğini, adedini, saha içerisindeki akışını ve yan sanayiye geri gönderilmesini kontrol eden bir Taşıyıcı Takip Sistemi tasarlanmasıdır. Raporda kullanılan taşıyıcı sözcüğü, malzeme taşınmasında ve saklanmasında kullanılan palet, aparat ve sepetleri ifade etmektedir(Bkz. Ek1). Tasarlanacak sistemin verimli çalışması için boş taşıyıcıların akışının düzenlenmesi ve boş taşıyıcı alanlarının organize edilmesi de projemizin kapsamı içinde yer almaktadır.

Taşıyıcı takip sisteminin tasarlanması ile fabrikada bulunan ve şu anda kullanılmakta olan taşıyıcıların çeşidi, adedi ve lokasyonu bilgilerinin tutulması sağlanacaktır. Oluşturduğumuz bu sistem aracılığı ile taşıyıcı, iş gücü ve zaman kayıpları, gereksiz forklift trafiği ve taşıyıcıların tedarikçilere gönderiminin aksamaması gibi sorunlara çözüm getirilecektir.

Her ay fabrikaya yaklaşık 18000 kalem malzeme farklı tiplerde taşıyıcılarla gelmektedir. Bu nedenle taşıyıcıların takip edilmesi firma için büyük önem arz etmektedir. Malzemelerin sağlam bir şekilde veya en az hasarla taşınması taşıyıcıların önemini artırmıştır. Bu nedenle taşıyıcıların takibi büyük bir dikkatle ele alınması gereken bir problem haline gelmiştir.

MAN Türkiye A.Ş.'nin projeden en önemli beklentisi firmaya taşıyıcı giriş ve çıkışının kontrol altına alınması ve bu şekilde oluşan birçok sorunun önlenmesidir. Ayrıca, fabrika içerisinde boş taşıyıcı

alanlarının belirlenmesi ve bu boş taşıyıcı alanlarının planlanması ve organizasyonunun yapılması da beklenmektedir. Bu yolla taşıyıcıların firma içerisinde dolaşım süreci kontrol altına alınmış olacaktır.

3. Analiz

3.1 Mevcut sistemin analizi

Malzemeler fabrikaya tesselüm bölümünden giriş yapmakta ve daha sonra ilgili ambarlara sevkedilmektedir. Üretimde kullanılacak malzemeler ambarlardan komisyonlama bölgelerine gönderilmekte ve bu bölgelerde taşıyıcılar boşaltılmaktadır. Boşalan taşıyıcılar boş taşıyıcı alanlarına giderken malzemeler ise ilgili komisyonlama arabalarıyla üretime gönderilmektedir. Boş taşıyıcı alanlarında biriktirilen taşıyıcılar çeşitli aralıklarla tedarikçisine geri gönderilir. Bu döngünün aksamadan yürütülmesi; tedarikçilerle olan ilişkiler, üretime malzeme sağlanması, fabrika içi düzen, forklift trafiği ve işgücü kullanımı açılarından önem taşımaktadır.

3.1.1 Sistemin yapısı

Sistem; merkezi tesellüm birimi, ambarlar, komisyonlama alanları, üretim birimi, fabrika içi geçici taşıyıcı bekletme bölgeleri ve boş taşıyıcı alanları gibi parçalara ayrılmıştır. Fabrikada bir merkezi tesellüm birimi, 11 ambar, iki üretim alanı, iki komisyonlama alanı ve üç boş taşıyıcı alanı bulunmaktadır. Tesellüm biriminden fabrikaya giren taşıyıcıların bazıları tesellüm alanında boşaltılmakta ve sisteme hiç girmemektedir. Büyük bir kısmı ambarlarda depolanmakta ve üretimde malzeme ihtiyacı olunca komisyonlama alanlarına getirilen taşıyıcılar burada boşaltılmaktadır. Çok az bir kısmı ise üretime doğrudan girmekte ve burada boşaltılmaktadır. Fakat mevcut durumda taşıyıcıların takibini yapan bir sistem olmadığı için çeşitli aksaklıklar olmakta ve bu da üretim ve lojistik birimlerinde, tedarikçi ilişkilerinde ve malzeme temininde çeşitli sorunlara neden olmaktadır.

3.1.2 Şikayetler, öneriler, gözlemler

Bu bağlamda yaptığımız gözlemleri ve aldığımız şikayetleri şu şekilde özetleyebiliriz:

- Fabrikada bulunan taşıyıcıların çeşit, adet ve lokasyon bilgilerine ulaşamamaktadır. Ayrıca hangi taşıyıcının hangi tedarikçide olduğu konusunda belirsizlikler yaşanmaktadır. Bu da taşıyıcı kayıplarına ve tedarikçilere geri gönderim sırasında problemlere neden olmaktadır.
- Boş taşıyıcı alanlarının kullanışlı bir şekilde organize edilmemiş olması taşıyıcıların bulunmasında, kamyonlara yükleme ve boşaltılmasında sorunlara neden olmaktadır.
- Merkezi tesellüm birimi taşınacağı için yeni bir boş taşıyıcı alanı belirlenmesi ve tasarlanması gerekmektedir.

- Üretim biriminde boşalan taşıyıcıların üretimde çalışanlar tarafından düzenli bir şekilde yerleştirilmemesi taşıyıcıların lojistik birimi çalışanları tarafından toplanmasını zorlaştırmaktadır.
- Taşıyıcıların verimli bir şekilde takip edilememesi, tedarikçilerden fabrikaya malzeme akışını da olumsuz etkilemektedir.

3.2 Problemler

Mevcut sistemde taşıyıcıların fabrika içerisindeki döngüsü, sistemde takibi ve boş taşıyıcı alanlarının organizasyonu konularında çeşitli problemler bulunmaktadır. Yapılan gözlemler, alınan şikayetler ve öneriler doğrultusunda mevcut problemler üç başlık altında tanımlanabilmektedir:

Taşıyıcı problemi: Sistemde mevcut taşıyıcıların büyük bir çoğunluğu kayıt altında olmadığından fabrikada kaç tip taşıyıcı olduğu ve bu taşıyıcılardan kaç adet ve nerede olduğu bilgileri tutulamamaktadır.

Boş taşıyıcı alanları problemi: Boş taşıyıcı alanlarının iç yerleşimi kullanışlı bir organizasyona sahip değildir.

Akış problemi: Üretimde boşalan taşıyıcıların gelişigüzel yerlere ve düzensiz bir şekilde bırakılması bu taşıyıcıların bulunmasında ve taşınmasında aksaklıklara neden olmaktadır.

3.2.1 Literatür taraması

İlk olarak firmanın Almanya'daki merkezinde kullanılan Bever sistemi alternatif olarak düşünülmüştür. Tedarikçilerden gelen sepetlerin kayıtlarının ERP sistemi dışında kullanılan ayrı bir program olan Bever'le tutulması, kullanıcılara ek yük getirdiği için, bu programın uygun olmadığı kanısına varılmıştır. Ayrıca, TNT lojistik şirketinin müşterilerine sunduğu Paktrak (Taşıyıcı Yönetimi) programının da çok geniş kapsamlı ve internet üstünden kullanılan bir sistem olduğu için firmaya uygun olmadığı kararına varılmıştır.

4. Önerilen Yöntembilim

Taşıyıcı Takip Sisteminin tasarımı sırasında, taşıyıcıların kayıt altına alınması, boş taşıyıcıların depolanacağı alanların belirlenmesi ve fabrika içerisindeki hareketlerin organize edilmesi önerilmiştir.

4.1. Genel yaklaşım

Projenin karar aşamasında, Taşıyıcı Takip Sisteminin MAN Türkiye A.Ş.'de kullanılan BAAN sistemine entegre olarak çalışması uygun görülmüştür.

4.2. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

Önerilen çözüm yöntemlerinin ilkinin taşıyıcıların kayıt altına alınması oluşturmaktadır. Bu aşamada, MS Access kullanılarak taşıyıcı bilgilerini içeren bir veritabanı oluşturulmasına karar verilmiştir. Bir

sonraki adımda ise BAAN'a entegrasyon gerçekleştirilmiştir. Bunlara ek olarak sistemin düzgün çalışması için boş taşıyıcı alanlarının ve sistemdeki taşıyıcı hareketlerinin organizasyonu üzerine çalışmalar yapılması önerilmiştir.

4.3. Veritabanı

Taşıyıcı takip problemini çözebilmek için öncelikle MAN Türkiye A.Ş.'de kullanılan tüm taşıyıcıların kayıt altına alınması gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için firmadaki bütün boş taşıyıcı ambarları gezilerek firmada kullanılmakta olan yerli taşıyıcı çeşitleri, boyut, hacim, ağırlık, renk, taşıma kapasitesi gibi bütün özellikleriyle beraber belirlenmiştir. Ayrıca hangi taşıyıcının hangi firmaya ait olduğu, ne amaçla kullanıldığı tespit edilmiş ve bütün taşıyıcıların fotoğrafları çekilmiştir. Taşıma kapasitesi gibi tespit edilemeyen ayırt edici özelliklerin elde edilmesi için 26 yerli tedarikçi firma ile e-posta ya da faks yoluyla iletişime geçilmiştir. Firmada kullanılan yabancı taşıyıcılar ise kayıt altında olduğundan, yabancı taşıyıcı çeşitleri ve özellikleri ile ilgili gerekli bilgilere firmanın intranet sisteminden ulaşılmıştır. Fabrikada yapılan alan çalışması sonucunda 74 çeşit yerli ve 42 çeşit yabancı taşıyıcı olmak üzere toplam 116 çeşit taşıyıcı tespit edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Tespit edilen her bir yerli taşıyıcı çeşidi için taşıyıcının özelliklerini ve fotoğrafını içeren birer MS Excel sayfası hazırlanmıştır (Bkz. Ek 1).

Firmada kullanılan tüm taşıyıcılar kayıt altına alındıktan sonra tüm yerli ve yabancı taşıyıcıların özelliklerini içeren ve sistemde taşıyıcıların takibini sağlayan bir veritabanı hazırlanmıştır (Bkz. Ek 2). Veritabanında hazırlanan formlar ile MAN Türkiye A.Ş.'de ya da tedarikçi firmalarda hangi tip taşıyıcıdan kaç adet bulunduğunun tespiti yapılabilecek ve sisteme yeni taşıyıcı çeşidi, malzeme veya ambar girilmesi mümkün olacaktır. Firma veritabanının BAAN'a entegre çalışabilmesini sağlamak için gerekli bir başka işlem olan, taşıyıcılara parça numarası atanması işlemini gerçekleştirmiştir. Gerekli olduğunda çalışanların başvurabileceği taşıyıcı kataloğu hazırlanmıştır (Katalogun örnek sayfası için bkz. Ek 1). Firma tarafından mart ayı sonunda yaptırılan taşıyıcı sayımından itibaren Taşıyıcı Takip Programı aktif olarak BAAN üzerinden kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca tedarikçiler taşıyıcılara atanan parça numaraları konusunda bilgilendirilmiş ve taşıyıcıların da malzemeler gibi irsaliye üzerinden parça numaralarıyla takip edilmesi sağlanmıştır.

4.4. Boş taşıyıcı alanının yerleşim planı

MAN Türkiye A.Ş.'de yapılan bir düzenleme ile merkezi tesellüm biriminin yeri değiştirilmiştir. Yapılan bu değişiklik sonucunda, yeni merkezi tesellüm biriminin karşısında, yeni bir boş taşıyıcı alanı oluşturulması önerilmiştir. Yedi metre genişliğinde ve 105 metre

uzunluğundaki bu alan yeni boş taşıyıcı alanı olarak tasarlanmıştır. Tasarım yapılırken öncelikle bu alanda yer alacak taşıyıcılar ait oldukları tedarikçi firmalara göre gruplandırılmıştır. Yeni boş taşıyıcı alanında 14 tedarikçi firmaya ait taşıyıcı bulunmasına karar verilmiştir. Daha sonra ambar sorumlularıyla görüşülerek kullanılan taşıyıcıların MAN Türkiye A.Ş.'ye aylık giriş çıkış miktarlarının yaklaşık değerleri elde edilmiştir. Bu değerlere % 10-20 tolerans da eklenerek yerli taşıyıcılar için yeni bir boş taşıyıcı alanı tasarlanmıştır (Bkz. Ek 3). Yeni boş taşıyıcı alanına her iki yönden de araç giriş çıkışı yapılabildiği için alandaki tedarikçi sıralamasında sınırlayıcı bir etken yoktur. Bu yüzden ambar sorumlularına kolaylık olması açısından tedarikçi firmalar alana alfabetik olarak yerleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar doğrultusunda toplam dört metre genişliğinde ve 73 metre uzunluğunda bir alan kullanılmıştır. Kullanılmayan kısım ise sisteme girebilecek yeni tedarikçiler için ayrılmıştır.

4.5. Akış organizasyonu

İlk olarak yerleşim planı üzerinde çalışılarak taşıyıcıların fabrika içerisindeki akışı ile ilgili ayrıntılı bilgi toplanmıştır. Bu kapsamda, MAN Türkiye A.Ş.'ye giriş yapan taşıyıcıların nereye bırakıldığı, hangi yolları izleyerek hangi ambarlara gönderildiği ve üretim alanına gidecek olan taşıyıcıların izlediği güzergahlar belirlenmiştir. Sonuçta boş taşıyıcıların boş taşıyıcı ambarlarına geri gönderimi için belirli bir rota bulunmadığı tespit edilmiştir. Firma tarafından hazırlanan bir aylık ambar analiz raporları kullanılarak ambarların hangi üretim bölgelerine malzeme gönderdikleri, bunların yüzdesel dağılımı ve malzemelerin ambar bazında dağılımı belirlenmiştir. Bu bağlamda fabrikaya giren taşıyıcılar üç farklı güzergah izleyerek farklı yöntemlerle boşaltılmaktadır. İlk yöntemde fabrikaya gelen taşıyıcı tesellüm alanında boşaltılarak boş taşıyıcı alanına gönderilmekte, malzemeler ise fabrikanın kendi taşıyıcılarına yüklenmektedir. İkinci yöntemde dolu taşıyıcılar önce ambarlarda depolanmakta, üretimde malzeme ihtiyacı olduğu zaman dolu taşıyıcılar boşaltılmakta ve boşalan taşıyıcılar boş taşıyıcı alanına gönderilmektedir. Son yöntemde ise taşıyıcılar (özellikle cam vb. malzeme taşıyan aparatlar) üretime doğrudan girmekte ve üretim alanında boşaltıldıktan sonra boş taşıyıcı alanlarına gönderilmektedir (Bkz. Ek 4). Bu üç yöntem incelendiğinde en çok problemin üretimde ve ambarlarda boşalan taşıyıcıların boş taşıyıcı alanlarına toplanması esnasında olduğu gözlenmiştir.

Bütün bu analizler sonucunda taşıyıcıların üretimden boş taşıyıcı alanlarına gönderilmesindeki karışıklıkları önlemek amacıyla, üretim alanlarının yanında firma tarafından taşıyıcı bekletme bölgeleri oluşturulmuştur.

4.6. Test

Taşıyıcı Takip Programının BAAN sistemine entegre bir şekilde kullanıma başlanmasından sonra sistemin gösterdiği değerler ile boş taşıyıcı ambarlarında bulunan taşıyıcı sayısını karşılaştırarak sistemin doğru işleyip işlemediği kontrol edilmiştir. Bulunan hataların sebepleri araştırılarak düzeltilmiştir.

5. Yöntembilimin Uygulanması

Projenin ilk aşaması olan taşıyıcı problemini çözmek için taşıyıcılarla ilgili tüm veriler toplanmış ve veritabanı oluşturulmuştur. Toplam 116 çeşit taşıyıcı tespit edilerek bütün özellikleriyle veritabanına girilmiştir.

Projenin diğer bir aşaması ise yeni bir boş taşıyıcı alanı belirlemek ve organize etmektir. Daha önce tespit ettiğimiz taşıyıcıların ilgili oldukları malzemeler ve tedarikçileri gözönüne alınarak yeni merkezi tesellüm biriminin karşısında oluşturacağımız yeni boş taşıyıcı alanında hangi tedarikçi firmalara ait taşıyıcıların saklanacağı kararlaştırılmıştır. Yedi metre genişliğinde ve 105 metre uzunluğunda olan bu alana 14 adet farklı tedarikçiye ait taşıyıcılar yerleştirilmesine karar verilmiştir. Bu yerleşimi en iyi şekilde organize etmek için veri toplanmış ve bu verinin analizi sonucunda yerleşim planı yapılmıştır. Bu kapsamda, her bir tedarikçiye ait geri gönderme frekansı ve iki geri gönderim arasında ambarda biriken ortalama taşıyıcı adedine ait son üç aylık veriye ulaşılmıştır. Sonuçta yeni boş taşıyıcı alanında her taşıyıcı tipine ayrılacak alan tespit edilmiştir. Bu tespit yapılırken birikebilecek azami taşıyıcı miktarına % 10-20 tolerans eklenerek ambarın aşırı dolması engellenmiştir.

Problemin bir diğer aşaması olan akış sorununu incelerken MAN Türkiye A.Ş. tarafından hazırlanan bir aylık ambar analiz raporları kullanılarak hangi üretim bölgelerine malzeme gönderdikleri, bunların yüzdesel dağılımı ve malzemelerin ambar bazında dağılımı belirlenerek sistem hakkında genel bilgi sahibi olunmuştur. Firma tarafından oluşturulan geçici bekletme alanları sayesinde üretim alanlarından çıkan taşıyıcılar boş taşıyıcı alanlarına götürülene kadar belirlenen noktalarda düzenli bir şekilde biriktirilerek taşıyıcıların düzensiz hareketinden kaynaklanan aksaklıklar ortadan kaldırılmıştır.

6. Uygulama Planı

Proje iki alanda uygulamaya geçmiştir;

6.1. Boş taşıyıcı alanı

Taşıyıcıların yan sanayiye gidip gelme sıklıkları, ortalama birikme miktarları ve kullanılacak alan göz önünde bulundurularak yeni boş taşıyıcı alanının tasarımı yapılmıştır. Tasarım, Autocad programı kullanılarak çizilmiş ve kullanıma uygun hale getirilmiştir. Üst yönetimin görüş ve düşünceleri alınmış, yapılan tasarımın uygun

olduğuna karar verilmiştir. Tasarımın işlevsel olup olmadığını kontrol etmek için ambar görevlilerinin bilgilerine başvurulmuş, düşünceleri değerlendirilmiştir. Ambar tasarımı tamamlandıktan sonra çizim işlemine geçilmiştir. Bu çizim yapılırken fosforlu ve kalın boya yerine normal boya kullanılmış böylece maliyet indirimine gidilmiştir. Ayrıca firmaya yeni bir taşıyıcı geldiğinde boş taşıyıcı alanının hepsi kullanılmadığı için uygun yer mevcut olup, yeni taşıyıcının yeri, belirlenmiş yöntemle uygun olarak hemen çizilebilmektedir.

6.2. ERP Entegrasyonu

Literatür çalışmaları ve varolan sistemlerin incelenmesinden sonra, MAN Türkiye A.Ş.'ye en uygun sistemin BAAN'a entegre bir taşıyıcı takip sisteminin olduğuna karar verilmiştir. Bu sayede hem kullanıcılar tek program üstünden gelen taşıyıcıların bilgisini girebilecekler hem de yeni bir programa alışma süreci geçirmeden anında bu arayüzü kullanmaya başlayabileceklerdir (BAAN arayüzü, bkz. Ek 5).

BAAN'a entegre bir taşıyıcı takip sisteminin ilk adımı olarak şu anda fabrikanın elinde hangi taşıyıcıdan kaç adet olduğu bilgisine ulaşılması gerekmektedir. Bu yüzden sistem uygulamaya geçmeden önce taşıyıcıların sayılması gerekmektedir. Sayımın kolay yapılabilmesi için ekip olarak geniş çapta bir çalışma yürütölmüştür. İlk olarak o ana kadar yapılan çalışmalardan bahsetmek ve kullanılacak Taşıyıcı Takip Programı'nın içeriğiyle ilgili bilgi vermek için, tesellüm biriminde çalışan görevlilere bilgilendirme sunumu yapılmış ve fikir alışverişinde bulunulmuştur. Ayrıca, hem yerli taşıyıcılar hem de üniversal taşıyıcılar için katalog ve kitapçık oluşturulmuştur. Üç sayfadan oluşun yerli taşıyıcı kataloğunda taşıyıcıların küçük fotoğrafları, hangi firma tarafından gönderildikleri ve boyutları yer almaktadır. Bu sayede sayım esnasında karşılaşılan bir taşıyıcının belli başlı ayırtedici özellikleri bilindiği için kitapçığa bakarak vakit kaybetmek yerine hızlı bir sayım yapılması sağlanmıştir. Birbirine benzeyen taşıyıcılarda ise taşıyıcıların bütün özelliklerini ve büyük ebatla fotoğraflarını içeren kitapçıktan faydalanılmıştir.

Sistem kullanılmaya başlandıktan bir hafta sonra, sistemin düzenli işleyip işlemediğini görmek amacıyla tespit edilen bütün taşıyıcılar içinden örnekleme methoduyla sekiz adet taşıyıcı seçilmiş ve bunların BAAN'daki adetleriyle fabrikadaki gerçek değerleri karşılaştırılmıştir. Bu çalışma sonucunda bazı taşıyıcıların sayısının yanlış olduğu gözlemlenmiştir. Temel sorunun aynı tip malzemeyi getiren taşıyıcıların BAAN'a işlenmesinde olduğu anlaşılmıştır. Örnek vermek gerekirse, Webasto adlı firmadan MAN Türkiye A.Ş., belediye ve seyahat olmak üzere iki farklı tip klima alınmaktadır. Her ne kadar Webasto'dan gelen taşıyıcı sayısı toplamda doğru gözöксе de, giriş

işlemini yapan görevli bütün klima taşıyıcılarını seyahat kliması taşıyıcısı olarak girdiği için fabrika içinde hiç belediye tipi otobüs kliması taşıyıcısı bulunmadığı göze çarpmıştır. Bu sorunun giderilmesi için bu işlemde sorumlu olan görevliyle görüşülmüştür. Görevli işlerinin yoğunluğu sebebiyle taşıyıcılara yeterli vakit ayıramadığını ve eğer irsaliyede gerekli açıklama olursa işinin kolaylaşacağı geribildirimini vermiştir. Bu nedenle, tedarikçi firmalar malzeme gönderirken irsaliyelerine malzemelerin parça numaralarının yanı sıra, malzemelerle beraber gönderdikleri taşıyıcıların da tarafımızdan atanan taşıyıcı parça numaralarının işlenmesi konusunda bilgilendirilmiştir.

Taşıyıcı Takip Sisteminin düzenli olarak işlemesi ve hataların en aza indirilmesi için görev dağılımı şu şekilde yapılmıştır: Sistemde taşıyıcı giriş çıkışı ambar görevlileri tarafından yapılırken, denetleme görevi ise ambar direktörü tarafından yürütülecektir. Ayrıca sistemdeki verilerin doğruluğunu kontrol için yıl içinde yapılacak çeşitli taşıyıcı sayımlarıyla güncel değerler kontrol edilecektir.

7. Genel Değerlendirme

Mart ayı sonunda kullanıma geçen Taşıyıcı Takip Sistemi fabrikada kullanılan taşıyıcıların takibine olanak sağlarken, malzeme taşınmasında çıkacak aksaklıkları da önemli ölçüde engellemektedir. Projenin kapsamında tasarlanan ve organize edilen boş taşıyıcı alanları da sistemin düzenli ve verimli çalışması açısından önemli bir basamak olmuştur.

Ayrıca, taşıyıcıların BAAN sistemine giriş ve çıkış işlemleri, malzeme giriş çıkışı ile aynı yöntem kullanılarak yapılmaktadır, bu da kullanıcılar için ek bir yük getirmemektedir. Tasarladığımız boş taşıyıcı alanında taşıyıcıların konulacağı alanların belli olması hem ambar çalışanlarının hem de forklift sürücülerinin işlerini önemli ölçüde kolaylaştırmıştır.

Son olarak tasarlanan sistem herhangi bir yazılım ve ekipman gerektirmediği için firmaya hiçbir ek maliyet getirmemektedir.

7.1 Projenin firmaya getireceği katkılar

Yaklaşık sekiz aylık bir çalışmanın sonucu ortaya çıkan bu sistem firmanın karşılaştığı taşıyıcı takibi, taşıyıcı akışı ve boş taşıyıcı alanı problemlerine kesin bir çözüm getirmiştir ve firmanın beklentilerini tam anlamıyla karşılamıştır. Projenin firmaya getirdiği faydalar şu şekilde sıralanabilir:

- Projenin ana hedefi olan boş taşıyıcı takibi, BAAN'a entegre ve çalışanların kolaylıkla kullanabileceği bir sistemle sağlanmıştır. Bu sistemle fabrikada hangi tür taşıyıcıdan kaç tane olduğu bilinebilecek ve aynı zamanda firmanın ortak olduğu taşıyıcıların hangi tedarikçide olduğu bilgisine ulaşılabilecektir. Bu bağlamda taşıyıcı kayıplarından doğacak maliyet önlenmiş

olacaktır. Bir taşıyıcının maliyeti 1000-1500 YTL arasında değişmektedir. Bu da taşıyıcı kayıplarının önlenmesinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

- Yeni boş taşıyıcı alanının organize edilmesi ve planlanması ile taşıyıcılar alanda kolaylıkla bulunabilmektedir. Bu da iş gücü kaybını ve gereksiz forklift trafiğini önlemektedir. Ayrıca bu alan sayesinde taşıyıcıların kamyonlara yüklenmesi esnasında, geri saflarda kalan taşıyıcılara ulaşılmasında kaybedilen süre ve iş gücü kaybı engellenmiştir. Özellikle her tedarikçiye ayrı bir alan atanması ve her firmanın taşıyıcılarının bir arada olması boş taşıyıcıların tedarikçi kamyonlarına yüklenmesinde de büyük kolaylıklar sağlamaktadır.
- Yapılan çalışmalar fabrika içi düzen ve görüntü açısından büyük önem taşımaktadır. Yeni boş taşıyıcı alanının hayata geçirilmesiyle, fabrika içinde taşıyıcıların yarattığı düzensizlik görüntüsü ortadan kalkmıştır.
- Bu sistem tedarikçilerle çıkacak taşıyıcı problemlerini de önleyebilecek niteliktedir. Örneğin tedarikçide taşıyıcılardan kaç adet olduğu sistem yardımıyla belgelenebileceği için tedarikçi aksini iddia ettiği taktirde bu belgelere başvurulabilecektir.

7.2 İleriye Dönük Geliştirme Olanakları

Uygulamada olan sistem son derece esnek tasarlanmış olup yeni eklentilere ve geliştirilmeye açık durumdadır. Sistem üzerinde yapılabilecek geliştirmeler ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Hali hazırda fabrikada uygulanmaya başlanmış olan barkod sistemi taşıyıcılar için de uygulanabilir. Yani ERP sisteminde tanımlanmış olan taşıyıcılar için barkod çıktıları alınabilir ve taşıyıcıların da diğer malzemeler gibi barkod okuyucularla giriş ve çıkışları yapılabilir. Mevcut sistem bu geçişin kolayca yapılabileceği şekilde tasarlanmıştır.
- Taşıyıcıların parça numaraları üzerlerinde bulunmadığı için çalışanlar taşıyıcıları tanımakta zorluk çekebilmektedirler. Fakat, bütün taşıyıcılar MAN Türkiye A.Ş.'ye ait olmadığı için üzerlerine kalıcı etiket ya da barkod konulamamaktadır. Bu sorun, gelecekte taşıyıcıların üzerine tedarikçi firmalarla anlaşarak çözüme kavuşturulabilir.
- Taşıyıcılar sadece fabrika içinde yada tedarikçi firmada olmak üzere ERP sistemi üzerinden takip edilebilir durumdadır. Buna ek olarak, taşıyıcılar fabrika içinde de takip edilebilir duruma getirilebilir. Yani taşıyıcılar üretim, tesellüm, ambar ve komisyonlama birimlerinde de takip edilebilecek konuma kolaylıkla getirilebilir.

KAYNAKÇA

- Ballou, Ronald H., Business Logistics Management, Prentice Hall, 1992
- James F. Robenson, William C. Copacino, The Logistics Handbook, Maxwell Macmillan Canada, 1994
- John J. Coyle, Edward J. Bardi, C. John Langlely, The Management of Business Logistics, West Publications, 1992
- http://www.tntlogistics.com/en/press_office/download_centre/index.asp
- http://www.mackblackwell.org/research/finals/arc2003/mbtc2003_final_report.htm
- http://www.baumerident.com/pdfs/broschueren/container_logistics.pdf
- <http://www.tntcontainerlogistics.com/>
- <http://www.supplychainlogistics-consulting.co.uk/warehouse-layout.html>

EKLER

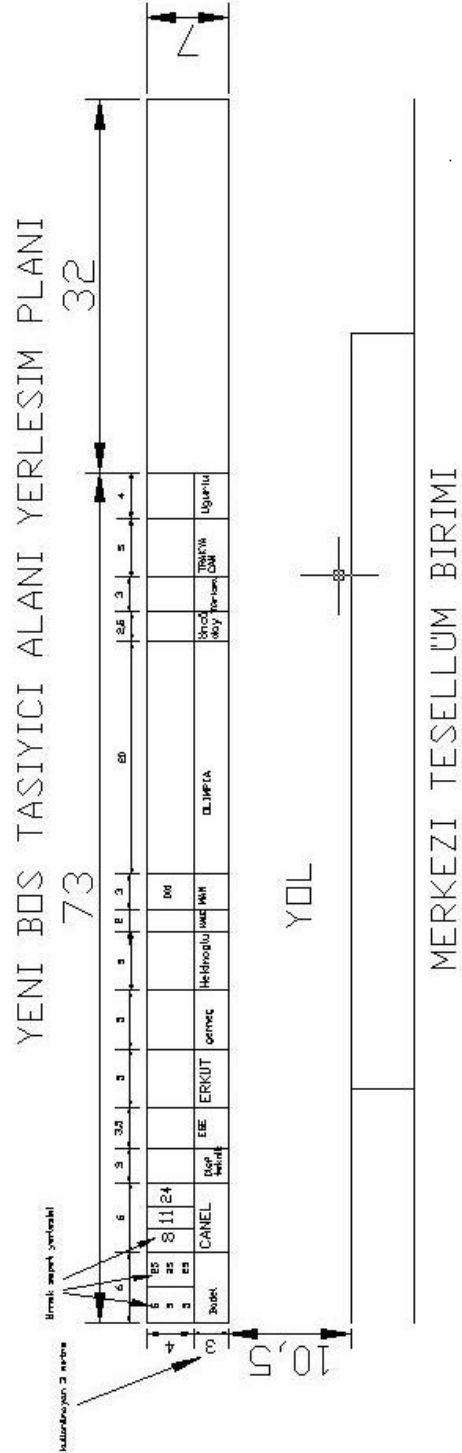
Ek 1. Örnek Katalog Sayfası

BALL		Taşıyıcı					
Kod:	72						
5V0190.0001							
1. Geliştirme	☐						
2. Örnek	☐						
3. Seri	☐						
Renk:							
mavi							
Packlos:							
Katlanma:							
Var ☒	Yok ☐						
Tarih:							
Teknik Bilgiler							
Kütle	Uzn.	Geniş.	Yüksek.	Hacim	m³	Ağırlık	kg
	mm	mm	mm		m³		
Dış	2300	1450	1220	Taban Alan	3.33	Dara	
İç	2070	1230	1100	Dış Hacmi	4.07	Taşı. kap.	
Katlanmış			520	İç Hacmi	0.28	Üst kap.	
Kullanım Alanları				Bilgi			
Koltuk				Voğel			
				Firma Kodu			
				5V0190			

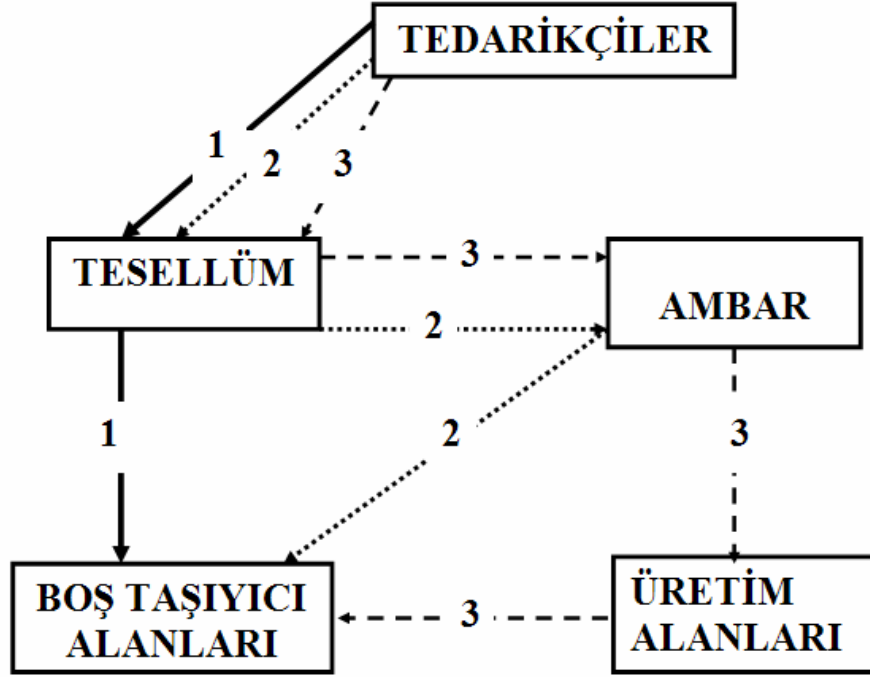
Ek 2. MS Access veritabanının arayüzü



Ek 3. Yeni boş taşıyıcı alanı yerleşim planı



Ek 4. Şematik olarak fabrika içi taşıyıcı akışı



1. —————→ Tesellümde boşaltılan taşıyıcıların
izlediği güzergah
2.→ Ambarda boşaltılan taşıyıcıların
izlediği güzergah
3. - - - - -→ Üretimde boşaltılan taşıyıcıların
izlediği güzergah

Ek 5. BAAN'a entegrasyon

tiitm0101m005 : Artikeldaten verwalten - LD [312]

Datei Bearbeiten Gruppe Workflow Optionen Sortierung Extras Zusatzoptionen Hilfe

Maske 1 Maske 2 Maske 3 Maske 4 Maske 5 Maske 6

Artikel 1C0480.0010 C.F.MAIER-FAR KAPAĞI SEPETİ

German Desc

Turkish Desc C.F.MAIER-FAR KAPAĞI SEPETİ

English Desc

Allgemeine Daten

Material

Größe

Standard

Gewicht [kg] 0,000

Suchbegriff I C.F.MAIER-FAR KA

Suchbegriff II 1C0480.0010

Artikelart EK-Teil

Artikelgruppe 900988 Sepetler

Produktart 30 LKW AND BUS

Selektionscode

Signalcode

USt-Code KDV KDV

Text Nein

Freigabegrund

Ersetzung

Allgemeine Daten

Process-Produkt Nein

RPT-Artikel Nein

Versionsgesteuert Nein

K-Artikelbez. akt. Unrelevant

Aktuelle Version

Herstellkosten

Herstellkostenkomp. 988 Sepetler

Umsatz nach Herstk. 0,00

Materialkosten 0,00

Bearbeitungskosten 0,00

Letzte Änderung

Bewertungsverfahren Verrechnungspre

Herstellkostentyp

der Standard-HK

Drawing Nein

<Ctrl><Shift>[C]: Artikeldaten kopieren zoom

Şekil 1. BAAN'a taşıyıcı özelliklerinin girildiği arayüz

tdilc1120m000 : Envanter Hareketleri Girişi [312]

Dosya Düzen Grup Workflow Seçenekler Sırala Gereçler Özel Yardım

Form 1 Form 2

Proje 1A0059.0001 ALPIN-BASAMAK SEP Envanter 0,0000

Parça Kodu 1A0059.0001 ALPIN-BASAMAK SEP Ayrılm. Env. 0,0000 Devam

Konteyner Kalm G. 900988

Ambar 201 Sepetler ambarı Sip.deki 0,0000

Giris Tar. 22-03-2006

Sıra Numarası 1

İşlem Tipi Envanter Ayarlama Sebp Kd TES Test Amaçlı Çıkışlar

Ambar Sip. 0

İlişki 312 MAN TÜRKİYE A.Ş.

Sipar. Tar. 22-03-2006

Planl. Tarihi 22-03-2006 İşlem Tarihi 22-03-2006

Planl. Miktar 1,0000 stk Potans 0,00

Teslim Mikt. 0,0000 stk

Hedef Ambar

İşlem Statüsü Aktif

Text Hayır

ekle

Şekil 2. Örnek taşıyıcı girişi

Detay Parça Atölyesi İçin Çizelgeleme Çözümleri

Tusaş Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.

Proje Ekibi

Hatice ÇALIK
Aytül GÜNGÖR
Esra HAĞUR
Aysun KILIÇ
Elçin KISACIK
Aydanur TOKER

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Bahadır Sanalan, Tusaş Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. Endüstri
Mühendisi İşgücü Kapasite Planlama ve Yöntem Analizi Uzmanı

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rüştü TANER, Bilkent Üniversitesi Endüstri
Mühendisliği Bölümü

ÖZET

TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayi'nde (TAI) parça çeşidinin fazla olması ve talebin gün geçtikçe artması nedeniyle etkin çizelgeleme yapılması önem kazanmaktadır. Projenin hedefi, üretilen parçaların %60'dan fazlasının geçtiği, kritik olarak belirlenmiş altı iş merkezine atanan işlerin çizelgelemesinde kullanılacak uygun bir yöntem bulunmasıdır. Bu amaç doğrultusunda çeşitli sezgisel yaklaşımlar geliştirilerek algoritmalar oluşturulmuş ve bu algoritmalar Java programlama dilinde kodlanmıştır. Kurulan sistem yardımıyla örnek bir verimlilik karşılaştırması çalışması da yapılmış, bu çalışma sonunda iş merkezi bazında %100, tüm sistem bazında toplam gecikme sürelerinde %14'e varan iyileşme sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çizelgeleme, toplam ağırlıklandırılmış gecikme, paralel makinaların elverişlilik kısıtları, katile çizelgeleme, tekil makinalar, sezgisel yaklaşımlar.

1. Firma Tanımı

15 Mayıs 1984 tarihinde Türk Ticaret Kanunu ve Yabancı Sermayeyi Teşvik Kanunu uyarınca kurulan TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. (TAI), hava platformlarının tasarımı, geliştirilmesi, imalatı, entegrasyonu, modernizasyonu ve satış sonrası hizmetleri alanlarında faaliyet göstermektedir. Hissedarları Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı (TSKGV), Savunma Sanayii Müsteşarlığı (SSM) ve Türk Hava Kurumu (THK)'dur. 95.000 metrekaresi üretim, 55.000 metrekaresi idari ve destek tesisleri olmak üzere, toplam 150.000 metrekaresel kapalı alanı olan TAI, 5.000.000 metrekaresel bir alan üzerine kurulmuştur. 1984'te tek projeyle başlayan TAI bugün 637 mühendis, 649 idari personel ve 1451 teknik personel ve 50'ye yakın farklı projesi ile bir "Dünya Şirketi" olma hedefine ulaşmıştır.

TAI imal ettiği parça ve komponentleri ABD, Almanya, Avusturya, Belçika, Fransa, İspanya, Hollanda, İsviçre, İtalya, Kanada, Kore Cumhuriyeti, Mısır, Pakistan ve Yunanistan gibi bir çok farklı ülkelerdeki müşterilere pazarlamaktadır. Agusta, Airbus, Boeing, CASA, Eurocopter, Lockheed Martin, Northrop Grumman, MDHI, Sikorsky, Sonaca, ve diğer şirketler nezdinde, sahip olduğu deneyimle TAI ayrıcalıklı bir yerdedir.

Akıncı-Ankara'da bulunan uçak üretim tesisi, yüksek teknoloji ürünü makina ve teçhizatlarla donatılmış olup, parça imalatından uçak montajı, gelişmiş laboratuvar ve test sistemleri, uçuş testleri ve teslimi, tasarım/geliştirme tesis ve atölyeleri ile son derece geniş bir üretim kabiliyet ve kapasitesine sahiptir.

TAI çalışmalarını sabit ve döner kanatlı askeri ve ticari hava platformlarının üretim, modernizasyon, modifikasyon ve sistem entegrasyonu programları ile satış sonrası hizmetleri üzerine yoğunlaştırmıştır. Bunun yanı sıra F-16 Savaşan Şahinler, CN-235 hafif nakliye/deniz karakol/gözetleme uçakları, SF-260D eğitim uçakları, Cougar AS-532 arama kurtarma (SAR), silahlı arama kurtarma (CSAR) ve genel maksat helikopterlerinin ortak üretimi gibi uçak gövde ve parça imalatı alanında deneyim sahibi olan TAI'nin, kendi tasarladığı insansız hava aracı, hedef uçağı ve zirai ilaçlama uçağı gibi ürün geliştirme programları da mevcuttur. Üretilen parçaların bakım, onarım ve revizyonunun yapılmasının yanı sıra yönetim bilgi sistemleri ve yazılım geliştirilmesi gibi konularda da faaliyetler vardır.

2. Proje Tanımı

Güçlü üretim teknolojisi ve farklı özelliklerde birçok makinaya sahip olmasına ve yılda 2000'den fazla çeşitte, 100,000'e yakın parçanın işlem görmesine karşın, işletmede makina çizelgelemesi yaparken belirli bir sistem kullanılmamaktadır. Bu nedenle de bazı işler çok erken yapılırken, bazı işler artan iş yükü nedeniyle planlanan bitiş

tarihi geçmiş olmasına rağmen hâlen kuyrukta beklemektedir; bu da sipariş teslimatlarında gecikmelere ve stok maliyetinde artışa neden olmaktadır.

Bu proje, işletmede üretimin merkezi olarak tanımlanan detay parça imalat atölyesinde gerçekleştirilmiştir. Projede hedeflenen, üretilen parçaların %60'dan fazlasının geçtiği, kritik olarak belirlenmiş 106, 114, 115, 153, 154 ve 551 nolu altı iş merkezine atanan işlerin çizelgelemesinde kullanılacak uygun bir yöntem bulunması, böylece işlerin daha verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi ve bu yöntemlerin diğer bölümlere de örnek teşkil etmesidir. (Bu iş merkezlerinin tesis içi yerleşimi Ek 1. de görülebilir) Amaçlar daha ayrıntılı olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- İşlerin planlanan bitiş tarihine göre toplam gecikmelerinin azaltılması ve planlanan zamanlara uygunluk sağlanması,
- Bu kritik iş merkezlerindeki kapasitenin daha verimli kullanımı ve böylece toplam üretim kapasitesinin artması,
- Çizelgeleme bilgisayar destekli bir sistemle yapılacağı için insana bağlı hataların en aza indirgenmesi

3. Sistem Analizi

3.1. Mevcut Sistemin Yapısı

TAI'nin Akıncı-Ankara'da bulunan yüksek teknoloji ürünü makina ve teçhizatla donatılmış olan üretim tesisi, parça imalatından uçak montajı, uçuş testleri ve teslimine kadar son derece geniş üretim kabiliyetlerine sahiptir. Ancak üretimin çok yoğun olması iş merkezlerinde çizelgeleme yapılmasında güçlük yaratmaktadır. Özellikle TAI'nin Detay Parça İmalat Atölyesi'nde bulunan ve TAI'de üretilen parçaların çoğunun geçtiği altı kritik iş merkezi (106, 114, 115, 153, 154 ve 551) işlerin zamanında yetişmesi açısından önem taşıyan merkezlerdir.

- 106 numaralı iş merkezinde üç adet bilgisayar destekli pres bulunmaktadır. CNC preslerden biri iki eksenli olup; sadece kendisiyle uyumlu parçaların işlenmesi için kullanılabilir. Diğer iki pres ise altı eksenlidir, ancak biri daha uzun parçaların da işlenebilmesine olanak sağlayacak boyutlardadır. Bu preslerin yukarıda bahsedilen özelliklerinden dolayı elverişlilik kısıtları bulunmaktadır. Bir başka deyişle bazı parçalar her üç makina da işlenebilirken, sadece iki makina ya da sadece tek makina da işlenebilen parçalar da mevcuttur.
- 114 numaralı iş merkezinde, şekillendirme işlemi diyaframlı şekil verme presi ile gerçekleştirilmektedir. Her seferinde farklı sayılardaki parçalar kafiyele halinde işlem görmektedirler. Her kafiyeledeki parça sayısı, parça kalıp boyutlarına ve tezgahın kısıtlı alanına bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca parçalar işlem

görecekları basınç bilgisine göre yüksek basınçlı ve alçak basınçlı olmak üzere iki grupta sınıflandırılmakta ve ancak aynı gruptaki parçalar beraber işlem görebilmektedir. 154 numaralı iş merkezinde ise aynı işlem daha küçük parçalar için uygulanmaktadır.

- 153 numaralı iş merkezinde her parçanın teker teker işlem gördüğü, gerdirmeli ve çekmeli şekil verme presi bulunmaktadır. 115 numaralı iş merkezi ise aynı işlemin daha büyük parçalar için uygulandığı çalışma alanıdır.
- 551 numaralı iş merkezinde parçalar özelliklerine göre iş ailelerine ayrılmaktadır. Fırın kapasitesi göz önünde bulundurularak aynı iş ailesine ait parçalar gruplandırılmakta ve aynı işlem süresince fırında tutulmaktadır. Fırınlama süresi ve ısısı iş ailelerinin özelliklerine göre değiştiği için; farklı iş ailelerine ait olan parçalar aynı anda işlem görememektedirler. Ayrıca işlem başladıktan sonra, bitiş anına kadar fırına parça eklemek ya da fırından parça çıkarmak da mümkün değildir.

İş yoğunluğu nedeniyle kritik bir duruma sahip olan proje kapsamındaki iş merkezlerinin çizelgelemesi, TAI'deki diğer iş merkezleriyle beraber ve farklı özellikleri göz önünde bulundurulmaksızın yapılmaktadır. Her işin iş merkezleri için planlanan bitiş tarihleri, işlerin planlanan teslim tarihleri, işlem süreleri ve ortalama kuyrukta bekleme sürelerinden yola çıkılarak hesaplanır. Bunun sonucunda planlamacılar her iş merkezi için o gün yapılması gereken işleri önceliklerine göre sıralayarak iş merkezlerindeki operatörlere iletirler. İşlerin öncelikleri işin aciliyetine göre belirlenir ve iş emirlerinin bulunduğu zarflara verilen renklerle belirtilir.

3.2. Problem Tanımı

Çizelgeleme yapılırken iş merkezlerinin farklı özelliklerinden kaynaklanan kısıtlamaların hesaplamalara katılamaması sebebiyle yapılan plana uygunlukta sorunlar yaşanmaktadır. Ayrıca gün içinde öncelikli işlerin gelmesinin ve diğer belirsizliklerin, yapılan çizelgenin uygulanabilirliğini azalttığı gözlemlenmiştir.

Bu sebeplerden dolayı, sözü geçen kritik iş merkezlerinin özelliklerini ve gün içinde gerçekleşebilecek belirsizlikleri de dikkate alan özel çizelgelerin oluşturulması, iş merkezlerinin daha etkin kullanımını getireceği gibi asıl amaç olan işlerin zamanında yetiştirilmesini de sağlayacaktır.

3.2.1. Literatür Taraması

Literatürde çizelgeleme üzerine pek çok kaynak bulunmasına rağmen, projemizdeki iş merkezleri farklı özelliklere sahip olması nedeniyle bu özellikler üzerine yoğunlaşmış kaynaklardan daha çok yararlanılmıştır. Özellikle tekil makinalarda planlanan bitiş tarihi kısıtlaması, paralel makinalarda elverişlilik kısıtlaması ve kafiye

izelgeleme konuları araştırmanın temel taşlarını oluşturmuştur. Ayrıca TAI ile ortak belirlenen, toplam ağırlıklandırılmış gecikmenin en aza indirgenmesi performans ölçütü de araştırmadaki kriterlerden birisi olmuştur. Problemin kapsamı nedeniyle bu tür izelgelemelerin makul zamanlarda yapılması ancak sezgisel yöntemler kullanılarak mümkün olabilmektedir, dolayısıyla araştırma bu doğrultuda ilerlemiştir.

Literatürde çok yaygın bulunan, planlanan bitiş tarihi kısıtlaması olan tekil makinaların çizelgelenmesi için Michael Pinedo'nun, "*Scheduling: Theory, Algorithms and Systems*" kitabında açıklamış olduğu 'Görünür Gecikme Maliyeti (ATC) Sezgisel Yaklaşımı' uygulanmıştır. Bu yöntem kullanışlı ve amaca uygun olduğu için tercih edilmiştir.

Parçaların kafiye halinde işlem gördüğü iş merkezleri için literatürdeki araştırmalar iş ailelerinin olması ve parça boyutlarının değişken olup olmaması durumlarına göre dört ana gruba ayrılmaktadır. Proje kapsamındaki iş merkezlerinde farklı boyutlardaki aynı gruba ait parçalar kafiye halinde işlem görmektedir. Bu kriterlere uygunluk gösteren, ancak performans ölçütü önerilen ölçütten farklı olan üç araştırmayla karşılaşıldı: Kempf et al. (1998), ΣC_i ; C_{max} ; Dobson ve Nambimadom (2001), $\Sigma w_i C_i$; Koh, Koo, Kim ve Hur (2004), C_{max} . Bu alışmalar arasından, Samsung Elektro-Mekanik İşletmeleri'nin seramik kapasitör üretiminde karşılaştıkları fırın çizelgeleme probleminden yola çıkılarak Koh, Koo, Kim ve Hur tarafından geliştirilen araştırma, TAI'deki probleme büyük ölçüde benzerlik göstermekteydi. Bu araştırmada önerilen 'Biggest Weight First Fit Batching(BWFB)' (Yüksek Ağırlıklı Olan Önce Girer) algoritması, belirlenen performans ölçütünü sağlayacak 'Görünür Gecikme Maliyeti Sezgisel Yaklaşımı (ATC)' ile birleştirilerek kullanılmıştır.

Paralel makinaların bulunduğu 106 numaralı iş merkezinin elverişlilik kısıtları, Centeno ve Armacost'un (1997) yapmış olduğu bir çalışmaya benzerlik göstermektedir. Bu alışma bir yarı iletken üretim firmasında karşılaşılan çizelgeleme probleminin maksimum gecikmeyi en aza indirme ölçütü kullanılarak yapılmıştır. Ancak projede önerilen performans ölçütü ağırlıklandırılmış toplam gecikmeyi en aza indirmek olduğu için araştırmadaki algoritma değiştirilerek kullanılmıştır.

4. Önerilen Yöntembilim

4.1. Genel Yaklaşım

Proje kapsamındaki iş merkezleri için sahip oldukları ayırt edici özellikler dikkate alınarak toplam ağırlıklandırılmış gecikmeyi en aza indirecek sezgisel yöntemler geliştirilmiştir.

4.2. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

4.2.1. 115 ve 153 nolu iş merkezleri:

Bu iş merkezleri için planlanan bitiş tarihi kısıtlaması olan tekil makinaların değiştirilmiş “Görünür Gecikme Maliyeti Sezgisel Yaklaşımı (ATC)” kullanılarak çizelgelenmesi amaçlanmıştır. Bu yaklaşım “Ağırlıklı En Kısa İşlem Zamanı (WSPT)” ve “En Az Serbestlik (MS)” kurallarının birleşiminden oluşmuş bir yöntemdir.

Sezgisel yaklaşım basamakları:

- 1: Her gün için $t = 0, 1, \dots, T$ (T : Mesai süresi)
O gün iş merkezi önünde bulunan her parça için aşağıda belirtilen formül kullanılarak bir indeks hesaplanır.

$$I_j(t) = \left[\frac{w_j}{p_j} \exp\left(-\frac{\max(d_j - p_j - t, 0)}{K\bar{p}}\right) \right]$$

K : Ölçekleme katsayısı (deneysel olarak bulunur)

$\bar{p}$: Kalan işlerin işlem sürelerinin ortalaması

p_j : Her işin işlem süresi

d_j : Her işin planlanan işlemsel bitiş süresi

w_j : Her işin ağırlığı

Bu indeksler büyükten küçüğe doğru sıralanır.

- 2: En yüksek indekse sahip parça makinaya atanır.
 t , makinaya her atama yapıldığında, atanan parçanın işlem süresi eklenerek güncellenir.
($t = t +$ makinaya atılan parçanın işlem süresi)
- 3: Eğer mesai süresi bitmemiş ve çizelgelenmemiş bir iş kalmışsa birinci adıma geri dönülür.
Eğer mesai süresi bitmiş ve makinaya atanmamış parçalar varsa bu parçalar ertesi günün parça listesine eklenir ve tarih güncellenir.

4.2.2. 551 nolu iş merkezi (Fırın):

Fırın, değişken parça boyutları ve birbiriyle uyumsuz iş ailelerinin bulunduğu tekil bir makina olup, “Toplam Ağırlıklandırılmış Gecikme (TWT)” ölçütü kullanılarak çizelgeleme yapılması amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için “Görünen Gecikme Maliyeti Yaklaşımı (ATC)” ve “Yüksek Ağırlıklı Olan Önce Girer (BWFB)” sıralaması kullanılacaktır.

Bu yaklaşımları etkileyen fırının kapasite kısıtlaması, makina kapasitesi 1 kabul edilmesi ve parça boyutlarının normalize edilmesiyle yonteme eklenmiştir. Ayrıca farklı ailelerden parçaların aynı öbeğe girmesini engelleyecek bir kısıtlama da oluşturulmuştur.

Sezgisel yaklaşım basamakları:

- 1: Her gün için $t = 0, 1, \dots, T$ (T : Mesai süresi)
İş merkezinin önünde bekleyen parçalar iş ailelerine göre ayrılır.
Her iş ailesi için, parçaların indeksleri hesaplanır ve bu parçalar indekslerine göre azalan sıraya koyulur.
- 2: İş ailelerindeki parçalar, indeks sırasına göre makinaya atılacak olan öbeği oluşturmak üzere gruplandırılır. Her iş ailesindeki her bir iş, hacmine göre girebileceği ilk öbeğe atanır. Bu gruplama makinaya girecek olan parçaların hacimlerinin toplamı fırının hacimini geçmeyecek şekilde yapılır. Eğer bir parça boyutları nedeniyle bir gruba giremiyorsa o parça için yeni bir kfile oluşturulur.
Aynı grubun içinde sadece aynı iş ailesinin elemanları bulunabilir.
Bu işlem öbeğe konmamış hiçbir parça kalmayana kadar devam eder.
- 3: Her bir kfile için $h = (p^k / \sum_{j \in k} [I_j(t)])$ değeri hesaplanır. (Burada p^k , k öbeğindeki her işin işlem süresi ve I_k , k öbeğindeki işlerin indeksleridir)
En küçük h değerine sahip olan kfile makinaya atılır.
 t değeri $t = t +$ makinaya atılan öbeğin işlem süresi şeklinde güncelleştirilir.
Makinaya atılan işler bulundukları iş ailesi kümesinden düşülür.
- 4: Eğer mesai süresi bitmediyse ve hala makinaya atılmamış parçalar varsa 2. adıma dönülür.
Eğer mesai süresi bitmişse ve henüz yapılmamış parçalar varsa bu parçalar ertesi günkü parça listesine eklenir ve tarih güncellenir.

4.2.3. 114 ve 154 nolu iş merkezleri:

Yukarıda anlatılan sezgisel yöntemler 114 ve 154 nolu iş merkezlerindeki makinaların çizelgelemeleri için de uygundur. Farklı olarak bu iş merkezlerinde işler uygun basınca göre iş ailelerine ayrılmaktadır. Dolayısıyla aynı yaklaşım bu iş merkezlerinde de modifiye edilerek kullanılmıştır.

4.2.4. 106 nolu iş merkezi:

Elverişlilik kısıtlaması olan paralel makinaların çizelgelenmesi amacı doğrultusunda “Görünen Gecikme Maliyeti (ATC)” yöntemi paralel makinalarda kullanılabilecek hale getirilmiştir. Bu yöntemle parçalar, yukarıda tanımlanan indeksleri ve de hangi makinalarda işlenebilir oldukları dikkate alınarak çizelgelenmiştir.

Sezgisel yaklaşım basamakları:

- 1: İş merkezinin önünde bekleyen $t = 0, 1, \dots, T$ (T : Mesai süresi)
Her makina için c_i (c_i : i makinasının boşaldığı zaman) 0 alınır.
 $c_1 = 0, c_2 = 0, c_3 = 0$
- 2: t zamanında kullanılabilir olan her makina için, o makinada işlenebilecek parça kümeleri oluşturulur. Her kümede her parça için I_j indeksi hesaplanır.
Her kümedeki I_j indeksleri büyükten küçüğe doğru sıralanır.
En yüksek indekse sahip parça, yapılabileceği makinalar arasından en az esnek olanına atanır.
Atanan parça bulunduğu tüm kümelerden düşülür.
 $c_i = c_i + p_j$ ($p_j = i$ makinasına atanan parçanın işlem zamanı) olacak şekilde güncellenir.
 $t =$ en küçük c_i olacak şekilde güncellenir.
- 3: Eğer mesai süresi bitmediyse ve hala makinaya atılmamış parçalar varsa 2. adıma dönülür.
Eğer mesai süresi bitmişse ve henüz yapılmamış parçalar varsa bu parçalar ertesi günkü parça listesine eklenir ve tarih güncellenir.

Algoritmaların hazırlanmasından sonra programlama aşaması için firmayla görüşülmesi sonucunda programın mevcut sisteme uygun olan Java programlama diliyle hazırlanmasına karar verildi.

5. Test Aşaması

Önerilen yöntemin performansını ölçmek için iki farklı test uygulanmıştır. İlkinde mevcut sistemden alınan Temmuz-Ekim 2005 tarihleri arasındaki geçmiş veriler kullanılarak 3 iş merkezi için önerilen yöntemin performans değeri hesaplanmıştır. İkinci testte ise ilk testte rasgele oluşturulan veriler operatörlerin yardımıyla toplanmıştır. Ardından önerilen yöntem güncel datalar ve bu veriler kullanılarak test edilmiş, performans değeri hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ışığında fabrikada mevcut sistem ile önerilen yöntem arasındaki performans farkları ve hangi sistemin hangi noktalarda iyi olduğu tespit edilmiştir.

5.1. İlk Test Aşaması

5.1.1. Varsayımlar

Parçaların tamamının geliş tarihi bilgisine ulaşamadığı için, tüm parçaların planlanan başlangıç tarihinde işleme hazır şekilde iş merkezlerinde bulunduğu varsayımı yapılmıştır. İndekslerde yer alan “K” değeri deneme yöntemiyle belirlenmiş olup; en iyi sonucu 3 verdiği için K değeri 3 olarak alınmıştır. 106 nolu iş merkezine özel, her işin yapılabildiği makina bilgisi sistemde tutulmadığı için, bu bilgi iki terimli dağılım (binomial) kullanılarak oluşturulmuştur. (Birinci makinada yapılabilen işler tüm makinalarda, ikinci makinada yapılabilenler ise üçüncü makinada da yapılabilmektedir)

5.1.2. Test Sonuçları

Testlerin sonuçları bir tablo halinde derlenmiş olup, tablodaki gecikme değeri iş emirlerinin gün bazında toplam gecikmesi, gecikme/iş emri kriteri iş emri başına düşen toplam gecikme ve maximum gecikme bilgisi ise test aşamasında görülen en yüksek gecikme değeri alınmak suretiyle belirlenmiştir. Mevcut sistemde yöntemin tüm iş merkezleri için test edilmesine yeterli bilgiler bulunmadığı için geçmiş verilerle ancak **115, 106, 153** nolu iş merkezleri test edilebilmiştir:

Tablo 1. 115, 153 ve 106 numaralı iş merkezleri için test sonuçları

	Temmuz-Ekim (gün)	Mevcut Durum	Benzetim	İyileşme(%)
115	Gecikme	3306	38	98,85
	Gecikme / İş Emri	20,53	0,08	99,61
	Maksimum Gecikme	53	13	75,47
153	Gecikme	608	186	69,41
	Gecikme / İş Emri	7,79	0,76	90,25
	Maksimum Gecikme	11	37	-
106	Gecikme	64105	1989	96,9
	Gecikme / İş Emri	26,15	0,85	96,75
	Maksimum Gecikme	97	24	75,26

Tabloda görüldüğü gibi toplam gecikme değerinde TAI'nin sistemine göre %98'e varan azalma gözlenmiştir. İş emri başına düşen gecikme hesaplandığında ise % 99'a varan iyileşmeler söz konusudur. Ayrıca 115 ve 106 numaralı iş merkezlerinde maksimum gecikme %75 oranında azalmıştır. Ancak 153 numaralı iş merkezi için maksimum gecikme konusunda bir iyileşme görülmemektedir. Bunun nedeni ise indeksi küçük olan bir işi geciktirmede mahsur görülmemesidir.

Geçmiş verilerle yapılan test sonucunda önerilen modelin, kullanılan mevcut sistemden bütün kriterlerde daha iyi sonuç verdiği görülmüş ve bir sonraki adım olan modelin güncel verilerle test edilmesine karar verilmiştir. Güncel verilerle yapılan testlerin temel amacı diğer istasyonlardan kaynaklanan gecikmeleri de göz önünde bulundurarak mevcut sistemle önerilen yöntem arasındaki performans farklılıklarını tespit edebilmek ve varsayımları ortadan kaldırarak daha gerçekçi bir sonuç elde etmektir.

5.2. İkinci Test Aşaması

İkinci test aşamasında, sistemde tutulmayan ancak önerilen yöntem için gerekli olan veriler operatörler tarafından tutularak

programda kullanılmış ve daha gerçekçi bir performans kriterleri hesaplanmıştır.

İkinci test aşamasındaki kriterler gün bazında toplam gecikme, var olan gecikme ve çizelgeden kaynaklanan gecikmedir. Var olan gecikme, parçaların istasyona geldikleri tarihe kadar olan gecikmedir. Bir başka ifadeyle, bazı parçalar iş merkezine geldiklerinde önceki istasyonlardan kaynaklanan gecikmeden dolayı planlanan bitiş tarihini zaten aşmışlardır. Çizelgeden kaynaklanan gecikme ise toplam gecikmeden var olan gecikmenin çıkarılmasıyla elde edilmiş ve sadece çizelgelemenin sonucu olan net gecikmedir.

Tablo 2. 106, 551, 114 ve 153 numaralı iş merkezleri için test sonuçları

	(gün x iş adedi)	Mevcut Durum	Benzetim	İyileşme (%)
106	Toplam Gecikme	101337	86932	14,2
	Var Olan Gecikme	86730	86730	-
	Çizelgeden Kaynaklanan Gecikme	14607	202	98,6
551	Toplam Gecikme	106299	101100	4,89
	Var Olan Gecikme	101100	101100	-
	Çizelgeden Kaynaklanan Gecikme	5199	0	100
114	Toplam Gecikme	33994	29789	12,34
	Var Olan Gecikme	29789	29789	-
	Çizelgeden Kaynaklanan Gecikme	4196	0	100
153	Toplam Gecikme	2805	2777	1
	Var Olan Gecikme	2777	2777	-
	Çizelgeden Kaynaklanan Gecikme	28	0	100

Güncel verilerle yapılan testlerin sonucunda çizelgeden kaynaklanan net gecikmede, başka bir deyişle bütün işlerin o iş merkezine zamanında gelmesi durumunda yaşanan gecikmede, %100'e varan iyileşmeler gözlenmektedir. Fakat işlerin iş merkezlerine planlanan zamandan daha geç gelmesi nedeniyle toplam gecikmede ancak %10 civarında iyileşmeler sağlanabilmektedir. Varolan bu gecikmenin sebebi ise önerilen yöntemin sistemin tamamında değilde sadece altı iş merkezinde uygulanmasıdır.

6. Uygulama Planı

TAI ile yapılan görüşmeler sonucu firmanın içinde bulunduğu durum değerlendirilmiş ve firma tarafından projenin hayata geçirilme kararı henüz kesinleştirilmemiştir. TAI uygulamaya geçme kararı

verdiğinde yapması gerekenler makul bulunmuş aşağıdaki uygulama planı ile belirtilmiştir.

- Öncelikle Java kodu yazılarak hazırlanan çizelgeleme programının TAI'nin kullandığı bilgi işlem sistemine entegre edilmesi gerekmektedir. Hazırlanan program TAI'nin hali hazırda kullanmakta olduğu ERP sistemine yeni bir modül olarak eklenebileceği gibi ayrı bir program olarak da çalıştırılabilir.
- Programın çalışması için gerekli olan girdilerin TAI'nin var olan sisteminden çekilmesi gerekmektedir. Ancak gerekli bazı parça bilgileri sistemde bulunmadığı için, bu bilgiler tutulmaya başlanmalıdır. Sistemde tutulmaya başlanması gereken bilgiler: 114 ve 154 nolu iş merkezleri için kalıp boyutları ve uygulanacak basınç bilgisi, 106 nolu iş merkezi için makinaların elverişlilik bilgisi, fırın için parça boyutlarıdır. TAI'nin sisteminde zaten var olan ve çizelgeleme programı için sistemden çekilmesi gereken diğer bilgiler: parça işlem süreleri, parçaların planlanan bitiş tarihleri, parça numaraları, iş emri miktarları, parça kalınlıkları ve madde cinsi bilgileridir.
- Programın verimli bir şekilde kullanılabilmesi için çıktı bilgisinin sade, anlaşılabilir ve kullanımı kolay olmasını sağlamak gerekmektedir. Bu da program kullanıcılarına danışarak hazırlanacak uygun bir arayüz tasarımıyla mümkün olacaktır. Arayüzün öncelikle programın hesapladığı çizelgelemeyi göstermesi gerekmektedir. Bunun dışında ise operatörün kendi kararlarına göre parçaların sırasını değiştirdiğinde meydana gelecek çizelgeleme ve bunun sonucu değişecek olan yeni gecikme değeri gibi bilgilerin de görülebilmesi arayüzün kullanılabilirliğini arttıracaktır. Ek olarak en iyi değeri veren çizelgelemenin de saklanıp, bir düğme ile her zaman bu çizelgelemeye geri dönülebilecek olması bir başka artı olacaktır. Ayrıca bu değişimlerin sadece ok tuşları gibi basit simgelerle gerçekleştirilebilir olması da arayüzün daha kullanıcı dostu olmasını sağlayacaktır. Ayrıca bir giriş ekranı ile farklı yetkilere sahip kullanıcılar ayrılıp, bir sonraki aşamaya yönlendirilmektedir. Sadece yetkili kişiler kullanıcı isimlerini ve şifrelerini kullanarak bu menüyü geçebilir. Ara yüzün bu özelliği programın daha güvenilir bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Bu şartlara uyan, kafiye çizelgelemesi için kullanılacak, arayüz tasarımları Ek 2. ve Ek 3 de görülebilir.
- Uygulama planının son adımı ise programı kullanacak olan operatör veya planlamacıların program ve arayüzün kullanımı hakkında bilgilendirilmesidir.

Yukarıda belirtilen planda uygulama işleminin süresini belirleyen başlıca iki adım söz konusudur. Sistem zaten TAI'de uygulanabilir

şekilde hazırlandığı için, bilgi işlem bölümünün yaklaşık iki hafta gibi bir sürede gerekli düzenlemeleri yaparak, programın mevcut sistemde kullanılabilir hale getireceği öngörülmektedir. Uygulamaya geçişi geciktirecek asıl işlem ise yeni bilgilerin sisteme giriş aşamasıdır ve bu dönemin de üç ay kadar sürmesi beklenmektedir. Uygulama için gerekli bu iki süreç eş zamanlı olarak farklı personeller tarafından gerçekleştirileceği için projenin uygulamaya geçişinin tamamlanma süresi üç ay olarak kabul edilebilir. İlk iki hafta boyunca hazırlanmış olduğumuz çizelgeleme programının TAI'nin programına uygun hale getirilmesinden bilgi-işlemde çalışan bir personel, farklı iş merkezlerinde sisteme girilmesi gereken yeni bilgilerden de bu üç ay boyunca dört teknisyen sorumlu olacaktır.

Uygulama süresince yaşanması muhtemel zorluklar, TAI'nin bazı konularda göstereceği biraz dikkatle önlenebilir. Örneğin, önerilen çizelgeleme çözüm programının TAI'nin sistemine elverişli hale getirme aşamasında, ekleme ve değişiklikler yapıldığında sorun yaşanmaması için bu görevden sorumlu bilgi-işlem personeli program hakkında yeterli bilgiye sahip olmalıdır. Aynı özen sistemden çekilecek bilgilerin programın girdi dosyası formatına uygun olması konusunda da gösterilmelidir. Grubumuz bu konularda TAI'ye gerekli desteği vermeye hazırdır.

Bahsedilen olası teknik sorunların çözümünden sonra dikkat edilecek bir başka önemli nokta ise yeni uygulamaya kullanıcılar tarafından gösterilecek tepkinin azaltılmasıdır. Operatörler bu uygulamanın TAI'ye sağlayacağı yararlar konusunda özellikle haberdar edilmelidir ki yeni uygulamaya yönelik olası istemsiz yaklaşımlar engellenebilsin.

7. Genel Değerlendirme

7.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

Yaklaşık sekiz aylık bir çalışmanın ürünü olan bu proje, zamanında üretim hedeflerini karşılaması açısından TAI için çok yararlı bir sistemdir. Projenin şirkete kazandırdığı diğer katkılar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Önerilen yöntem çizelgeleme prosedürünü otomasyona bağlayarak insana bağlı karar alımından kaynaklanan hataları azaltacaktır.
- İşlerin operasyonel bitiş tarihine göre öncelik sırasında üretilmesi sağlanacaktır.
- Planlanan bitiş tarihlerine uygunluk sağlanacak ve sonuç olarak gecikme en aza indirgenecektir.
- Planlanan bitiş tarihlerine daha fazla uyum sağlanacağı için TAI ve müşterileri arasındaki ilişki güçlenecektir.
- Planlanan bitiş tarihi yaklaşmış ya da öncelikli olan işler daha önce yapılacağı için kapasite daha etkin bir şekilde kullanılmış olacaktır.

- Önerilen sistem, projelerin önceliklerine göre ağırlık vermeye imkan sağlayacak esnekliğe de sahiptir.

7.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

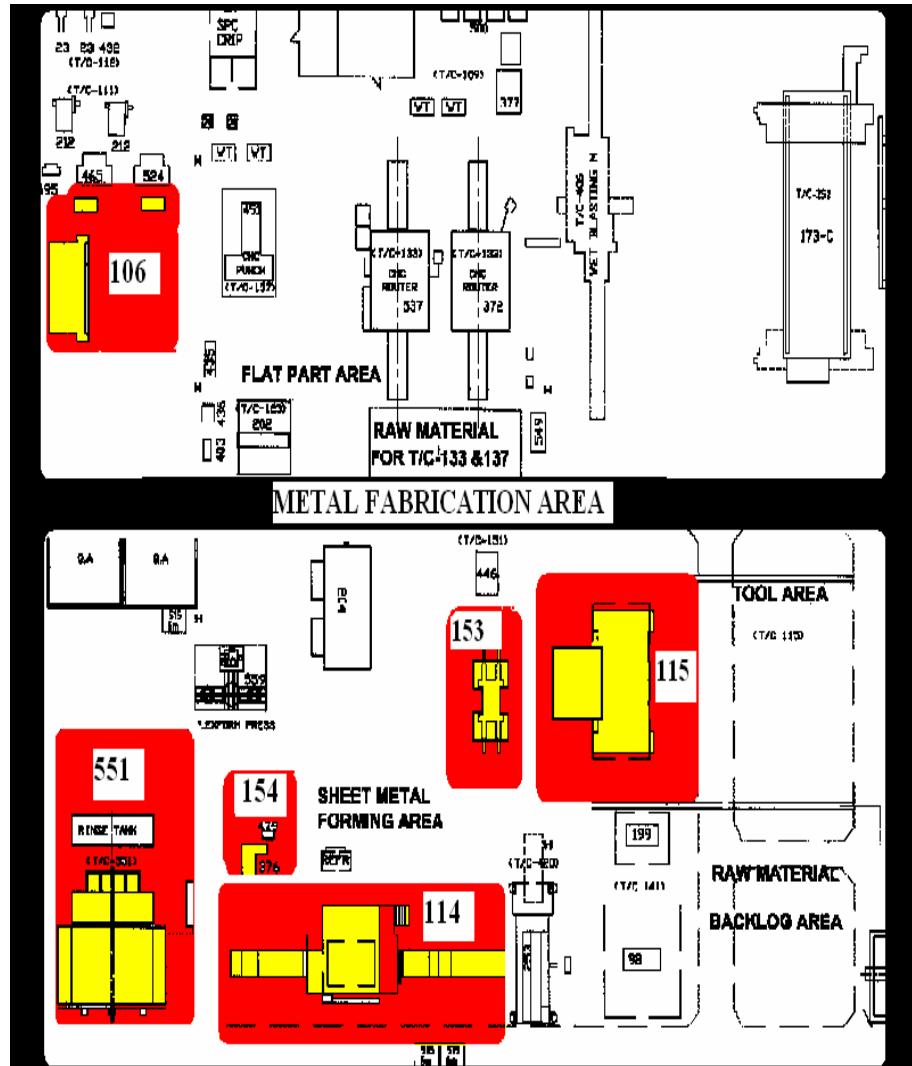
Sadece altı iş merkezi için önerilen program, iş merkezlerinin farklı özelliklerini dikkate alacak gerekli değişiklikler yapıldıktan sonra TAI'nin arzusuyla şirketin diğer iş merkezleri için de kullanılabilir. Önerilen yöntem bilimin bahsedildiği gibi üretim sisteminin bütününe uygulandığında ise gecikmelerin “0” a kadar düşmesi ve %100 oranında bir iyileşmenin görülmesi beklenmektedir. Programın bu iyileştirme etkisi önerilen yöntemin diğer iş merkezlerine uygulanması için de örnek teşkil edecektir.

KAYNAKÇA

- Armacost, R. L., Centeno, G. (1997), "Parallel machine scheduling with release time and machine eligibility restrictions", *Computers and Industrial Engineering* 33, 273-276.
- Dobson, G., Nambimadom, R.S. (2001), "The batch loading and scheduling problem", *Operations Research* 49, 52–65.
- Hur, W.S., Kim, D.C, Koh, S.G., Koo, P.H. (2005), "Scheduling a single batch processing machine with arbitrary job sizes and incompatible job families", *International Journal of Production Economics* 98, 81-96.
- Kempf, K.G., Uzsoy, R., Wang, C.S. (1998), "Scheduling a single batch processing machine with secondary resource constraints", *Journal of Manufacturing Systems* 17, 37–51.
- Pinendo, M. (2001), *Scheduling: Theory, Algorithms and Systems* (2nd Edition), Prentice Hall, New York.

<http://www.tai.com.tr>

Ek 1. Tesis İç Yerleşimi



Ek 2. Operatörler için Arayüz Örneği (Kafile Çizelgelemesi İçin)

Operatörler için tasarlanmış ve yetkileri doğrultusunda kullanabilecekleri bir kafile çizelgeleme ara yüzü örneği aşağıda görülmektedir. Bu ara yüz sayesinde operatörler, çizelgeleme programının sonucunu veya eğer planlamacılar (daha üst yetkiye sahip kişiler) tarafından bu çizelge üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmışsa sonuç çizelgesini görebilirler. Bunun yanı sıra işleme ne zaman başlamaları gerektiğini ve işlemin yaklaşık ne kadar süreceğini de bu ara yüz aracılığıyla görebilirler. Ara yüzün diğer bir özelliği de operatöre bir sonraki kafileyi de görme imkanı sağlayarak işlerin hazırlama sürelerinin kısaltılmasını sağlamasıdır.

Tarih:

4/28/2006

İşlem Başlama Zamanı:

15:30

İşlem Süresi:

00:30

Kafile Numarası:

6

İş Çizelgeleme Sayfası

Toplam Ağırlıklandırılmış Gecikme: 53

En İyi Çizelge

No	Seri No	Parça No	Operasyon No	Miktar	Geliş Tarihi	Planlanan Bitiş Tarihi
1	FA18012	M532F50043400	60	2	2/24/2006	11/15/2006
2	F271138	M532D21035200	50	1	2/24/2006	2/20/2006
3	F271680	M532F51006000	12	1	2/24/2006	2/21/2006
4	F271680	M532F500036700	25	9	2/24/2006	2/27/2006
5	FA18955	M532F430330000	50	6	2/26/2006	2/22/2006
6	F269444	M534F200021000	50	1	1/5/2006	3/15/2006
7	F269445	M534F200021200	25	1	1/5/2006	3/15/2006
8	FA18895	M534F913000100	25	3	2/24/2006	12/7/2006
9	T66197Y	F17046-201	50	1	1/4/2006	11/7/2006
10	T66198Y	F17046-202	50	1	1/6/2006	11/7/2006
11	T66402Y	F17047-202	12	5	1/6/2006	11/7/2006
12	T66232Y	F17046-201	40	1	1/5/2006	11/7/2006
13	T66234Y	F17046-202	1201	6	1/6/2006	11/7/2006
14	T66650Y	F17046-201	30	1	1/4/2006	11/7/2006
15	T66651Y	F17046-202	30	1	1/6/2006	11/7/2006
16	T67149Y	F18022-201	12	2	1/17/2006	7/1/2006
17	T68435Y	F18025-201	12	1	2/16/2006	12/16/2006
18	T68450Y	F18025-207/1	70	1	1/6/2006	12/16/2006
19	T68465Y	F18025-203/1	70	12	1/17/2006	12/16/2006
20	T68468Y	F18025-202/1	25	1	1/17/2006	12/16/2006
21	T69301Y	F18023-301	25	24	1/30/2006	7/1/2006
22	T70730Y	F16234-111	40	1	2/24/2006	12/22/2006
23	T70732Y	F16237-111	50	1	2/24/2006	12/22/2006

Çizelgeyi İşleme Koy

Sonraki Kafile

Ek 3. Mühendisler için Arayüz Örneği (Kafile Çizelgelemesi İçin)

Aşağıdaki ekran en üst yetkiye sahip kullanıcıların göreceği arayüzdür. Bu arayüz sayesinde kullanıcılara programın verdiği sonuçta değişiklikler yapabilmeye esnekliği sağlanmıştır. Örneğin, istenildiği durumda kafilelerin içeriği değiştirilebileceği gibi kafilelerin işlem görme sıraları da değiştirilebilir. Ayrıca yapılan bu değişiklikler sonucu toplam ağırlıklandırılmış gecikmedeki artışların gözlenebilecek olması kullanıcıların daha doğru karar vermesini sağlayacaktır. Bunun yanı sıra kullanıcı her kafilenin ne zaman işlem göreceğini ve işlem süresinin ne kadar olduğunu da takip edebilmektedir.

İş Çizelgeleme Sayfası

Tarih: 4/28/2006

Kafile Numarası: 14

İşlem Başlama Zamanı: 17:00

İşlem Süresi: 00:30

Toplam Ağırlıklandırılmış Gecikme: 50

Kafile Sırasını Değiştir

Öbeğe Eklenebilecek Diğer İşler

No	Seri No	Para No	Operasyon No	İhtikar	Geliş Tarihi	Planlanan Bitiş Tarihi
1	FA18012	M632F560043400	60	2	2/24/2006	11/15/2005
2	F271138	M632F501036200	50	1	2/24/2006	2/20/2006
3	F271660	M632F510060000	12	1	2/24/2006	2/21/2006
4	F271600	M632F530036700	25	9	2/24/2006	2/27/2006
5	FA18955	M632F430030000	50	6	2/26/2006	2/22/2006
6	F269444	M634F200021000	50	1	1/5/2006	3/15/2006
7	F269445	M634F200021200	25	1	1/5/2006	3/15/2006
8	FA18955	M634F913000100	25	3	2/24/2006	12/7/2005
9	T661897	F17046-201	50	1	1/4/2006	11/7/2005
10	T661897	F17046-202	50	1	1/6/2006	11/7/2005
11	T664021	F17047-202	12	5	1/6/2006	11/7/2005
12	T666231	F17048-201	40	1	1/5/2006	11/7/2005
13	T666231	F17048-202	1201	6	1/6/2006	11/7/2005
14	T666501	F17048-201	30	1	1/4/2006	11/7/2005
15	T666511	F17048-202	30	1	1/6/2006	11/7/2005
16	T671491	F18022-201	12	2	1/17/2006	7/1/2005
17	T684351	F18025-201	12	1	2/16/2006	12/16/2005
18	T684501	F18025-202	70	1	1/6/2006	12/16/2005
19	T684651	F18025-203	70	12	1/17/2006	12/16/2005
20	T684651	F18025-202	25	1	1/17/2006	12/16/2005
21	T693011	F18023-301	25	24	1/30/2006	7/1/2005
22	T707301	F16234-111	40	1	2/24/2006	12/22/2005
23	T707321	F16237-111	50	1	2/24/2006	12/22/2005

Çizelgeyi Kabul

Öbeğe Eklenebilecek Diğer İşler

No	Seri No	Para No	Operasyon No	İhtikar	Geliş Tarihi	Planlanan Bitiş Tarihi
1	F254024	330A220200-30	1201	3	1/27/2006	4/17/2006
2	F260640	330A211276-54	15	3	12/16/2005	4/19/2006
3	F261110	332A20551-30	50	3	2/7/2006	5/5/2024
4	FW06754	1665302-919	50	5	2/22/2006	3/24/2006
5	FW06759	1665302-919	50	7	2/22/2006	4/25/2006
6	FW06829	1665302-919	25	5	2/22/2006	6/23/2006
7	FW06830	1665302-919	40	6	2/22/2006	8/25/2006
8	FW06753	1665210-954	7	9	2/24/2006	3/24/2006
9	FW06757	1665210-954	70	4	2/23/2006	4/25/2006
10	FW06758	1665210-954	7	5	2/23/2006	6/23/2006
11	FW06828	1665210-954	45	5	2/23/2006	6/23/2006
12	F266298	SS1048-2	20	5	2/27/2006	4/28/2006
13	F267303	96203-95001-111	45	3	2/7/2006	4/21/2006
14	F267326	96203-95001-115	50	3	2/7/2006	4/21/2006
15	F267334	96203-95001-122	15	3	2/7/2006	3/2/2006
16	F272062	96203-95001-114	15	3	2/7/2006	4/21/2006
17	F272064	96203-95001-117	50	3	2/7/2006	4/21/2006
18	F272065	96203-95001-118	50	3	2/7/2006	4/21/2006
19	F272132	96203-95001-113	50	3	2/7/2006	7/28/2006
20	F274476	70201-06156-115	45	3	2/27/2006	4/28/2006
21	F275457	70201-06156-111	25	12	2/10/2006	7/14/2006
22	F275485	96203-95001-181	40	15	2/24/2006	6/6/2006
23	F277365	96203-95001-111	20	3	2/24/2006	5/25/2006

En İyi Çizelgeye Geri Dön

Hücresel Üretimle Teslimat Sürelerinin Kısaltılması

Tepe Mobilya

Proje Ekibi

Ceyhun Halil Bozkurt

Yüce Çınar

Bade Kayayurt

Berna Sevinçli

Şefik Okan Tamer

Avni Deniz Usluoğlu

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Songül Anıl, Tepe Mobilya Kalite Geliştirme Yöneticisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. M. Selim Aktürk, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği
Bölümü

ÖZET

Tepe Mobilya Fabrikası'nda döşemeli ürünlerin teslimat sürelerinin azaltılması fabrika ve ürünlerin satışlarını gerçekleştiren Tepe Home için büyük önem taşımaktadır. Bu projede fabrikanın hücresel üretime geçişi için bir yöntembilim geliştirildikten sonra, bu yöntembilim bir pilot hücrede uygulanmış, olumlu sonuç alınmış ve bu yöntembilimi destekleyen web tabanlı olarak çalışabilen PHP programlama dili ve Oracle 9.2 veritabanının kullanıldığı “Üretim Takip ve Bilgilendirme Sistemi” programı hazırlanmıştır. Geliştirilen bu yöntembilim ile döşemeli ürünlerin teslimat sürelerinde İstanbul siparişleri için % 14,5’lik, Ankara siparişleri içinse % 8,29’luk bir azalma sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Hücresel Üretim, planlama, çizelgeleme, teslimat süresi

1.İşletme Tanıtımı

Tepe Grubu'nun bir üyesi olan Tepe Mobilya 1969 yılında kurulmuştur. Tepe Mobilya Tesisleri Ankara Bilkent'de 100.000 m² açık ve 55.000 m² kapalı alan üzerinde faaliyet göstermektedir. Üretilen ürünlerin yaklaşık % 8'i Dubai'ye ihraç edilmektedir. Tepe Mobilya'da yaklaşık 110 beyaz yakalı, 750 mavi yakalı personel görev yapmaktadır.

Tepe Mobilya modüler tasarım doğrultusunda oturma ve yemek odası grupları, çocuk, genç ve ebeveyn yatak odaları, ofis mobilyaları üretimi yapmaktadır. Ayrıca Tepe Mobilya, standard üretimin dışında oteller ve turizm kompleksleri, eğitim yapıları, iş merkezleri, konferans salonları, sağlık yapıları, mağazalar, havaalanları gibi projelerde de yer almaktadır. Tepe Mobilya aylık 12.000 masif ürün, 50.000 m² kumaş, 60.000 kg metal, 130.000 m² panel üretimi yapmaktadır. Bu ürünlerin satışı yurtiçi ve yurtdışındaki Tepe Home mağazalarından ve diğer bayilerden gerçekleşmektedir. Tepe Mobilya'nın yeni faaliyete geçen Dubai mağazası ihracaatın büyük bölümünü oluşturmaktadır.

2. Projenin Tanımı

Bu proje, Tepe Mobilya fabrikasının döşemeli ürünler atölyesinde yapılmaktadır. Tepe Mobilya'nın çalışma politikası siparişe göre üretim esasına dayanır. Siparişin verilmesinden müşteriye teslimine kadar geçen süre, üretimde müşteri memnuniyeti açısından çok önemlidir. Bu projenin amacı, döşemeli ürünlerde bu süreyi birtakım süreç iyileştirmeleri yaparak kısaltmaktır. İstanbul Tepe Home siparişlerinde üretim süresi 6 gün, teslimatla birlikte toplam süre 12 gün; Ankara Tepe Home siparişlerinde üretim süresi 14 gün, teslimatla birlikte toplam süre 21 gündür. İstanbul Tepe Home mağazasına ait siparişlere, şirketin pazarlama politikası bağlamında öncelik tanınmaktadır.

2.1. Proje Kapsamı ve Firma Beklentileri

Bu projenin incelediği sistemin sınırları kumaşın tedarikçilerden ve üretilen model iskeletinin de stoktan teminiyle başlar. Fabrikadaki üretim, kumaşların ürün modeline göre kesildiği kesim, kesilen kumaşların dikildiği dikim, dikilen kumaşların ürün iskeleti ile birleştirildiği kaplama, kaplanmış parçaların birleştirildiği montaj, kalite kontrol ve ambalaj aşamalarından geçer ve ürünün sevkiyatıyla son bulur. Ayrıca bölümler arası malzeme taşınması bu projenin kapsamına girmektedir. Bu kapsam çerçevesinde, kumaş döşemeli ürünler olan tekli, ikili, üçlü koltuk, berjer, sandalye, puf ve yastıklar incelenmektedir.

Tepe Mobilya'da, ürünlerin teslimat sürelerini üç ayrı bölümde incelemek mümkündür. İlk kısım müşterinin siparişi vermesiyle başlar ve üretim çizelgelemesinin yapıldığı ana kadar sürer. İkinci kısım üretim zamanı ve son kısım ise üretimden sonraki ambarda bekleme ve

sevkiyat sürelerini kapsar. Bu durumda, ilk ve son bölümler birtakım şirket politikalarına ve raporlama esaslarına dayandığı için süreç iyileştirme analizleri sadece üretim zamanı üzerinde yapılmıştır. Tepe Mobilya’da üretim kesim, dikim, kaplama, montaj, kalite kontrol ve ambalajlama bölümlerinden oluşur. Ancak, zaman etüdü çalışmaları yapıldıktan sonra darboğazın 4 gün içerisinde tamamlanan kesim, dikim ve kaplama bölümlerinde olduğu ortaya çıkmıştır. Bu yüzden, bu projede darboğaz yaratan ve 4 gün süren üretim süreçlerinin üzerinde çalışılmıştır.

Tepe Mobilya’nın döşemeli ürünlerindeki teslimat süresinin kısaltılması, sipariş üzerine imalat yapan bu fabrika için müşteri memnuniyetinin artması anlamına gelmektedir.

Diğer bir amaç ise firmanın üretim sırasında yaşadığı iş çizelgelemesi sorununu çözmektir. Tepe Mobilya’da iş çizelgelemesi üretimin kesim, dikim, kaplama ve montaj bölümleri için ayrı ayrı ustabaşları tarafından kağıt üzerinde yapılmaktadır.

3. Analiz

3.1. Mevcut Sistemin Analizi

Üretim kesim, dikim, kaplama, montaj, kalite kontrol ve paketleme bölümlerinden oluşur. Teslimat süresinin uzamasının en büyük nedeni ürünlerin kesim, dikim ve kaplama bölümlerinde geçirdikleri süreden kaynaklanmaktadır. Siparişler kesim bölümüne 3 iş günü sonra gelmektedir. Kesim bölümünün ustabaşısı işçilere her gün için bir günlük, yani 510 dakikalık, iş yüklemektedir. Her günün sonunda kesilen yarı mamuller ile üretim izleme formları dikim bölümüne gelmektedir ve bir sonraki gün aynı şekilde çizelgelemesi yapıp dikim işlemleri tamamlanmaktadır. Benzer şekilde, bir sonraki süreç olan kaplama bölümüne ertesi gün üretilmek üzere nakledilmektedir. Kaplama, montaj, kalite kontrol ve ambalajlama bölümleri arasındaki yarı mamul bekleme süresi kesim, dikim ve kaplama bölümleri arasındaki bekleme sürelerine göre daha azdır (Bkz. Ek 1).

Tepe Mobilya’da döşemeli üretim iki atölyede gerçekleşmektedir. Birinci atölyede, bütün ürünlerin kumaşlarının kesimi, dikimi ve iskeleti bu atölyenin alt katında üretilen ürünlerin kaplaması yapılmaktadır. Ayrıca, bu atölyede kesim işlemi olduğu için tüm kumaş stokları burada bulunmaktadır. İkinci atölyede ise, geri kalan ürünlerin kaplaması yapılmaktadır. Bu ürünlerin iskeletleri bu atölyenin hemen yanındaki masif atölyesinde üretilmektedir. Bu iki atölye arasındaki mesafe ise yaklaşık 500 metre’dir. Atölyelerin yerleşim planları iskelet taşıma mesafelerinin en aza indirilmesi amacı ile tasarlanmıştır.

3.2. Problemler

Üretimde yer alan kesim, dikim ve kaplama bölümlerinin planlama sıklığının birer gün olması toplam üretim süresinde artmaya neden olmaktadır. Planlama sıklığı bir gün olduğu için, bir bölümde işlemi tamamlanan yarı mamullerin bir sonraki bölüm için iş çizelgelemesi ertesi gün için yapılmaktadır. Bu da, işlemi bir bölümde bitmiş yarı mamullerin günün geri kalan kısmını bekleyerek geçirmesine neden olmaktadır. Bu durum, üretim süresini uzatması açısından en önemli problemi oluşturmaktadır. Bölümler arası bu bekleme sürelerinin en aza indirgenmesi teslimat süresinin kısalmasına neden olacaktır. Döşemeli ürünlerin proje kapsamına dahil olan üretim süreleri 4 gündür ve bu sürenin % 63'ünü bölümler arası bekleme süresi oluşturmaktadır.

Döşemeli ürünler kumaş ve iskelet olmak üzere iki kısımdan oluşur. Tepe Mobilya'da iskeletler stoğa üretilmektedir. Bir ürünün üretimine dikimden sonra devam edebilmesi için iskeletin de hazır olması gerekmektedir. Tepe Mobilya'da iskelet ve kumaş üretimi aynı zamanda bilgisayar üzerinden takip edilmediğinden zaman zaman uyumsuzluk göstermektedir. Kaplamadan önce iskelet beklenmesi teslimat süresinin uzamasına neden olmaktadır. Aynı zamanda, dikim bölümü kesimden ve kaplama bölümü de bir önceki süreç olan dikimden iş gelmediği sürece ileriki zamanlarda ne üretileceğini takip edememektedir. Bölümlerin eşgüdümlü bir şekilde çalışması uyumsuzluktan çıkan sorunları önleyecektir. Bu takip kağıt üzerinde olmak yerine bilgisayar üzerinden yapıldığı takdirde teslimat süresine pozitif yönde etki sağlayacaktır.

4. Önerilen Yöntembilim

4.1. Genel Yaklaşım

Hücreselel üretimi uygulayan fabrikaların ürünlerindeki teslimat süresi %46 ile %61 arasında kısalmıştır (Hyer ve Wemmerlov, 2001). Buna göre, mevcut sistemde yapılan gözlemler sonucu Tepe Mobilya'nın teslimat süresini en çok uzatan bekleme sürelerinin hücreselel üretimle azaltılacağı düşünülmüş ve yöntembilim olarak hücreselel üretim uygulaması önerilmiştir.

Tepe Mobilya atölyeleri için önerilen çözüm yolunda kesim, dikim ve kaplama işçilerinden uygun sayıda hücreler oluşturularak hücreselel üretime geçiş hedeflenmektedir. Fabrikanın kısıtları da gözönünde bulundurulduğunda, kesim bölümü hücrelerin dışında tutulmuştur. Bunun nedeni, ikinci atölyede kesim için gerekli olan kumaş envanterinin bulunmamasıdır. Bu atölyede kumaş envanteri sağlansa bile, bir fabrika politikası olan aynı müşterinin siparişinin kumaşını aynı kumaş topundan kesme politikası bozulmaktadır. Her siparişin içinde birden fazla ürün bulunmakta ve bu ürünlerin kumaş

kesiminin aynı kesim işçisi tarafından, aynı kumaş topundan kesilmesi gerekmektedir. Bunun sebebi ise, kumaş toplarında çıkabilecek ton farkını engellemektir. Fakat bir siparişin içindeki değişik ürünler farklı hücrelerin kapsamına gireceğinden ve aynı işçi tarafından kesilemeyecek olmasından ötürü fabrika politikası sağlanamamaktadır.

Bu kısıtlar göze alındığında, hücrelerin dikim ve kaplama bölümlerinden oluşmasına karar verilmiştir. (Bkz. Ek 2). Kesim bölümü birinci atölyede bulunduğu yerde kalacak, dikim ve kaplama bölümlerinden oluşan hücreler ise birinci ve ikinci atölyeye dağıtılacaktır. Bu dağıtım, ürünlerin iskeletlerinin üretiminin hangi atölyeye yakın olduğuna göre değişmektedir. Burada, taşınması zor olan iskeletlerin mümkün olduğunca az mesafe taşınması hedeflenmektedir. Sonuç olarak, iskeleti birinci atölyede üretilen ürünler yine birinci atölyedeki hücrelerde ve iskeleti ikinci atölyede üretilen ürünler ise ikinci atölyedeki hücrelerde üretilecektir. Ayrıca, hücreler ürün rotalarına göre oluşturulurken, makineler da hücrelere uygun biçimde dağıtılacaktır.

Kesim işlemi tamamlanan ürünler ustabaşı tarafından belli aralıklarla hücrelerin başındaki kendilerine ait havuzlara getirilecektir. Bu havuzlardan alınan işler dikim işleminden sonra hücrelerin kendilerine ait kaplama havuzuna gelecek ve buradan da kaplama işlemine geçeceklerdir. Son olarak, montaj departmanında tüm ürünler tekrar birleşeceklerdir.

4.2. Geliştirilen Modeller

Tepe Mobilya'da 15 kesim işçisi, 27 dikim işçisi ve 36 kaplama işçisi görev almaktadır. Kumaşların kesimi için her işçinin özdeş makası vardır. Kumaşların dikimi için toplam 24 klasik dikiş (Makine kodu: 401), 5 konveksiyon dikiş (410), 3 baza (402), 2 fermuar (403) ve 3 overlok (404) makinesi bulunmaktadır. 27 dikiş işçisinin 3 tanesi overlok makinesini kullanmakla görevlendirilmiştir. Kaplama işçileri ise yine özdeş kaplama tabancaları kullanmaktadır.

4.2.1. İşçi Atama Modeli

Hücrelere işçi ataması bir matematik model yardımıyla yapılmıştır (Bkz. Ek 3). İşçilere ustabaşları tarafından 1'den 5'e kadar yeteneklerine ve tecrübelerine göre not verilmiştir. İşçi atama modeli "minimum sapma amaç fonksiyonuna" sahiptir. Modelin amacı her hücrenin dikim ve kaplama işçilerinin not toplamının mutlak farkını enküçültmektir, çünkü hücre verimliliği sadece işçilerin sahip olduğu yeteneklere değil aynı zamanda aynı hücre üyeleriyle karşılıklı olumlu etkileşime bağlıdır. Hücreler arası işçi notu farkının en aza indirgenmesi, notu düşük işçilerin kendilerini daha verimli geliştirmelerini, hücre içinde sinerji ve motivasyonun bozulmadan hücreler arası rekabet oluşması sağlayacaktır. Böylece, hücreler arası

performans farkları yaşanmayacak ve üretim bir bütün halinde devam edecektir. Aynı zamanda, hücreler içi not farkının da enküçültülmesine karar verilmiş ve modele dikim ve kaplama bölümleri için ayrı ayrı kısıtlar eklenmiştir. Her hücrenin dikim ve kaplama işçilerinin notları için her bölümün işçilerinin not ortalaması (D_{min} , K_{min}) olarak düşünülen alt sınırlar konulmuştur. Yani, her hücrenin iki bölümü de ortalama ya da daha fazla not toplamına sahip olacaktır. Ayrıca hücrelere atanacak işçi sayısı daha sonra ayrıntılı bir şekilde anlatılacak olan hücrelere yüklenen rota ve iş yüküne bağlı olarak belirlenmiştir. Daha sonra, “İşçi atama modeli” her hücre sayısı denenerek Xpress Solver’da çözülmüş ve en iyi sonuç hücre sayısı 5 olduğunda elde edilmiştir. Bu modelin sonucunda işçilerin hangi hücrede görev alacakları tasarlanmış ve atanmış işçilerle hücrelerin not toplamı belirlenmiştir (Bkz. Ek 4).

4.2.2. Hücrelere Rota ve Ürün Atanması

İkinci aşamada ise hücrelere dikiş makinelerinin atamaları yapılmıştır. Tüm ürünler 5 farklı dikiş makinesinden değişik sıralarda geçmektedir. İlk aşamada tüm ürünlerin dikim bölümünde izlediği makine sıralamalarının bulunması amacıyla rotalama çalışması yapılmıştır. Bu rotalara göre hücrelere makineler atanmış ve o rotalardan geçen ürünler de hücrelere dağıtılmıştır. Sonuç olarak, birinci atölye için 4, ikinci atölye için 10 farklı rota çıkmıştır. Bütün ürünler rotalara göre gruplandırılmıştır.

Her rotadan geçen ürünlerin 2005 yılı talep verileri alınarak her rotanın ayrı ayrı iş yükü oranları hesaplanmıştır. Sonuç olarak, birinci atölyede üretilen ürünlerin toplam talep yüzdesi 36,2, ikinci atölyede üretilen ürünlerin toplam talep yüzdesi 63,8 olarak bulunmuştur. Hücre sayısı 5 olarak belirlendiğinden bu yüzdeler göz önüne alındığında bu hücrelerin 2’sinin birinci, 3’ünün ikinci atölyeye konmasına karar verilmiştir. Birinci atölyenin rotalarına göre 9 adet klasik dikiş, 3 adet konveksiyon dikiş ve 1 adet overlok makinesi atanmıştır. Geri kalan 13 adet klasik dikiş, 2 adet konveksiyon, 3 adet baza, 2 adet fermuar ve 2 adet overlok makinesi ikinci atölyeye yerleştirilmiştir. Daha sonra, talep oranları iş yoğunluğuyla orantılı olduğundan, hücrelere rota atarken bu yoğunluğun dengeli olması göz önünde bulundurulmuştur. Birinci atölyedeki 4 farklı rota birinci atölye ürünlerinin toplam talep oranı ikiye bölünerek bu iki hücreye dengeli biçimde yerleştirilmiştir. Aynı şekilde ikinci atölyedeki 10 farklı rota da, üç ayrı hücreye dengeli biçimde dağıtılmıştır. İkinci atölyede overlok makinesinin birçok ürünün rotasında bulunmasından ve sadece iki adet olmasından dolayı, bu üç hücreden overlok makinesi bulunan ilk iki hücreye yüklenme diğer hücreye nazaran daha fazladır. Bu yüzden işçi atama modelinde iş yükünü dengeleyebilecek ayarlama yapılmıştır. İkinci atölyedeki 3.

hücreye makine kısıtlamasından dolayı diğer iki hücrenin yarısı kadar iş yükü verilmiştir. (Bkz. Tablo 1).

Tablo 1. Hücrelere İş Yükü Dağılımı

	<i>Atölye 1</i>		<i>Atölye 2</i>		
<i>Hücre</i>	1	2	1	2	3
<i>İş Yükü (%)</i>	52	48	41	39	20

Sonuç olarak, ikinci atölyede 1. ve 2. hücrelere 6 dikim işçisi ve 3. hücreye 3 dikim işçisi atanmıştır. Buna bağlı olarak, özdeş ekipmanların kullanıldığı kaplama bölümündeki işçiler dikim işçilerinin sayısına orantılı bir şekilde modele yazılmıştır. Bu atamalar yapıldıktan sonra model tekrar çalıştırılmış ve hücre sayısı için en iyi sonuç yine 5 bulunmuştur. Hücrelere atanan rotalara göre fabrikanın sahip olduğu makinelerin hücrelere dağılımı yapılmıştır (Bkz. Ek 5).

4.2.3. Yerleşim Planı

İşçi ve makine atamaları tamamlandıktan sonra bu hücrelerin ait olduğu atölyelerdeki yerleştirme planları yapılmıştır. Kesim bölümü şu an üretimini gerçekleştirdiği yerde aynı şekilde üretime devam edecektir. Hücrelerin yerleştirme planı yapılırken atölyelerde kullanılabilecek alanlar, işçilerin üretimlerini gerçekleştirirken kullandıkları makinelerin alanlarıyla birlikte ihtiyaç duyacakları toplam alanlar ile stok alanları ölçülmüş ve hücreler bu ölçümler doğrultusunda atölyelere yerleştirilmiştir. Bu yerleştirme planında daha önce bahsedildiği gibi birinci atölyeye iskeleti bu atölyenin alt katında üretilen ürünlerin olduğu hücrelerin (Bkz. Ek 6), ikinci atölyeye ise iskeleti yine ikinci atölyenin yanında üretilen ürünlerin olduğu hücrelerin yerleştirilmesine dikkat edilmiştir (Bkz. Ek 7). Ayrıca, kaplanan ürünlerin bekleme alanları fabrika alanı kısıtlarının izin verdiği ölçüde bir sonraki süreç olan montaj bölümüne yakın olacak şekilde ayarlanmıştır. Autocad programı kullanılarak çizilen bu yerleşim planı fabrikaya verilecektir.

4.2.4. İş Planlaması ve Çizelgeleme

Yerleştirme planı yapıldıktan sonra iş planlaması ve çizelgeleme üzerinde geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Şimdiki sistemde bir gün olan planlama sıklığı, aslında bir sonraki bölümde üretime devam edebilecek yarı mamuller için uzun bekleme sürelerine neden olmaktadır. Saptanan yeni planlama sıklığı, ürünlerin hem bölümler arası taşınma sıklığı, hem de işçilere ustabaşları tarafından verilen iş planlaması sıklığı olacaktır.

Tepe Mobilya'dan son bir ayın siparişlerinin ayrı ayrı kesim ve dikim bölümlerindeki üretim süreleri alınmış ve ortalama her siparişin bu iki bölümden çıkış süreleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu sürelerin

ortalaması alınmıştır. Sonuç olarak kesim bölümünde yaklaşık olarak her 112 dakikada ve dikim bölümünde ise her 146 dakikada bir sipariş tamamlanmakta ve yarı mamuller üretimin devamı için ertesi günü beklemektedir. Böylece, kesim bölümünden sonraki planlama ve yarı mamullerin taşınma sıklığı kesim ve dikim bölümleri arası için 120 dakikadır. Dikim ile kaplama bölümleri arasındaki planlama sıklığı ise 150 dakika olarak bulunmuştur. Bu saatler işçiler tarafından daha kolay uygulanabilmesi için tam saatlere çevrilmiş olup fabrikanın yemek ve çay molalarına göre ayarlanmıştır.

4.2.5. Sistemin İşleyişi

Hücresel üretimin Tepe Mobilya'da işleyişini özetlemek gerekirse, Tepe Mobilya müşterileri siparişlerini verdikten sonra üretimin ilk sürecine kadar işlemler aynı şekilde ve sürede ilerleyecektir. Kesim bölümünde ustabaşı işçilerin iş çizelgelemesini günlük değil 120 dakika aralıklarla daha sonra detayları anlatılacak olan bilgisayar programında yapacaktır. Daha sonra belirlenen sıklıklarda kesimi biten yarı mamuller ait oldukları hücrelerin önündeki dikim havuzlarına taşınacaktır. Ayrıca, fabrikanın üretim esnasında yarı mamullerin takibinde kullandığı “üretim izleme formu” hücresel üretime uygun hale getirilip birtakım değişikliklere tabi tutulmuştur. (Bkz. Ek 8). Yeni “üretim izleme formu” ürünlerin ait oldukları atölye ve hücre numaralarını içermektedir. Kullanım kolaylığı açısından atölye numaraları şekillerle, hücre numaraları ise renklerle bu formlarda belirtilmiştir. Her kombinasyonda form hazır bulundurulacak ve siparişler uygun formlara yazılarak takip edilecektir. Üretim izleme formu ışığında, kesim bölümünden her hücrenin dikim havuzuna taşınan ürünlerin, dikim işlemi için çizelgelemesi yine dikim ustabaşı tarafından 120 dakikada yapılıp bilgisayara aktarılmaktadır. Dikim işleminden geçen ürünler aynı hücre içerisindeki kaplama havuzuna bırakılacaktır. Kaplama bölümünün çizelgelemesi yine ustabaşı tarafından belirlenen 150 dakikalık planlama sıklığında yapılıp bilgisayara aktarılacaktır. Kaplaması biten ürünler montaj bölümüne aktarılacak ve kaplamadan sonraki aşamalar mevcut sistemde olduğu gibi devam edecektir, çünkü darboğaz kaplama bölümünden sonra bitmektedir (Bkz. Ek 9).

4.2.6. Maliyet Analizi

Önerilen yöntemibilim için gerekli çalışmalar yapıldıktan sonra bu sisteme geçişin fabrikaya getireceği ek maliyet hesaplanmıştır. Hücresel üretime geçişte gerekli olan yerleşim planı değişikliği genel olarak fabrikalarda yüksek maliyete sebep olmaktadır. Fakat Tepe Mobilya'da taşınması gereken makineler dikim bölümü için dikiş makineleri, kaplama bölümü için ise kaplama tabancalarıdır. Bu makinelerle beraber bu bölümlere ait masaların da taşınması zor olmadığı için yerleşim planı değişikliğinin yüksek maliyete sebep

olması beklenmemektedir. Bu taşıma işlemi için fabrika 20 işçinin bir günlük fazla mesai yapmasının gerekliliğini uygun görmüştür. Bütün bunlara ek olarak daha sonra ayrıntılı bir şekilde anlatılacak olan “Üretim Takip ve Bilgilendirme Sistemi” adındaki bilgisayar programı için gerekli olan palm ve monitör gibi cihazların ve diğer masrafların da maliyete eklenmesiyle aşağıdaki tablo ortaya çıkmıştır (Bkz. Tablo 2).

Tablo 2. Maliyet analizi

<i>Masraflar</i>	<i>Birim fiyat (YTL)</i>	<i>Adet</i>	<i>Tutar (YTL)</i>
<i>20 işçinin bir gün fazla mesai ücreti</i>	67,5	20	1.350
<i>Palm cihazı</i>	730	4	2.920
<i>17’’ LCD Monitör</i>	360	4	1.440
<i>Diğer masraflar (elektrik, su , yemek vs.)</i>	-	-	≈ 500
Toplam ≈ 6.210 YTL			

* Palm ve monitörler için markaların ortalama fiyatları baz alınmıştır.

5. Yöntembilimin Uygulanması

5.1. Geliştirilen Yazılım: Üretim Takip ve Bilgilendirme Sistemi

Hücreselel üretimin fabrikada etkin bir biçimde uygulanabilmesi için her işletim sistemi altında web tabanlı olarak çalışabilen PHP programlama dili ve Oracle 9.2 veritabanının kullanıldığı bir yazılım programı geliştirilmiştir. “Üretim Takip ve Bilgilendirme Sistemi” adındaki programın asıl amacı kesim, dikim, kaplama, montaj, iskelet üretim bölümleri ve kumaş stok kontrolü arasında etkili bir bağlantı kurmaktır. Bu program sayesinde, bir ürün kesim bölümünde üretilmeye başlandığı andan, ambarlara gönderildiği ana kadar, tüm bölümlerdeki ustabaşları, o ürünün iskelet kontrolünü yapan iskelet bölümü ustabaşı ve üretim müdürleri tarafından izlenebilecektir. Ustabaşlarının üretimi izlemesi amacıyla her bölüme bilgilendirme ekranları yerleştirilecektir. Ustabaşlarına, Oracle üzerinde görülecek işlere atadıkları işçilerin isimlerini, işçilerin bu işlere başlama ve işleri bitirme zamanlarını kayıt altına kolayca alabilmeleri için “palm” aleti tahsis edilecektir.

Oracle’den ürünlerin rota ve zaman bilgilerine ulaşabilen “Üretim Takip ve Bilgilendirme Sistemi”, bir sonraki bölümün ustabaşına hangi ürünlerin ortalama ne kadar zaman sonra kendi bölümlerine geleceğini bildirecek ve çizelgelemelerini işler kendi bölümlerine gelmeden yapabilme imkanı tanıyacaktır. Bu sayede daha etkili ve hızlı çizelgeleme yapılması sağlanmaktadır. Ayrıca üretim müdürlerinin de istekleri doğrultusunda işçilerin performanslarının en etkili şekilde ölçülmesi de sağlanacaktır. Diğer bir deyişle, bu sistem

sayesinde hangi işçinin hangi işi, ne kadar zamanda yaptığı sistem tarafından kayıt altına alınıp üretim müdürlerine raporlanacaktır. Olası iskelet problemlerinin de önüne geçmek amacıyla, kesim işlemi başlayan ürünün iskeletinin hazır edilmesi, stokta olmayan iskeletlerin ise, ürün kaplama bölümüne gelene kadar üretilmesi sağlanacaktır. Ayrıca üretim müdürleri, üretim alanına gelmeden ürünlerin hangi bölümde hangi işçi tarafından işlem görmekte olduğunu izleme imkanına sahip olacaktır (Bkz. Ek 10-11-12).

6. Uygulama Planı

Tepe Mobilya'da hücresele üretimin uygulanması pilot bir hücre seçilerek gerçekleştirilmiştir. İkinci atölyenin iki numaralı hücresi içerdiği makine çeşitliliği sebebiyle pilot hücre olarak seçilmiştir. Fabrika bu uygulama için 2 kesim, 2 dikim ve 3 kaplama işçisi tahsis etmiştir. Bu işçi sayıları, bu hücrenin gerçek işçi sayılarının 1/3'üne denk gelmektedir. Ayrıca, seçilen işçilerin ustabaşları tarafından verilen notları ortalamaya yakın olacak şekilde ayarlanmıştır. Tüm dikim işçilerinin not ortalaması 3,20, tüm kaplama işçilerinin ise 3,28'dir. Pilot hücrede dikim işçilerinin not ortalaması 3,50, kaplama işçilerinin not ortalaması ise 3,33 olarak ayarlanmıştır. Bunun nedeni, işçilerin notlarına bağlı olan performans farklılıklarından kaynaklanacak sorunları en aza indirmektir.

İkinci atölyenin ikinci hücresinde, iki gün içerisinde üretime başlayacak ürünler ayrılıp üretim sürelerine bakılmış ve işçi sayılarıyla orantılı olması açısından bu hücrenin toplam üretim sürenin yaklaşık 1/3'üne denk gelecek siparişler seçilmiştir. Ayrıca bu uygulamada, toplam işçi kapasitesinin %11'i kullanılıp, toplam iş yükünün %9'u üretilmiştir. Bu sayıların birbirine yakın olması nedeniyle, pilot uygulamanın tam uygulamayı temsil edeceği düşünülmektedir.

Uygulama üretimi 4 iş günü sürmüştür ve bu süreç içerisinde 9 adet müşteri siparişi üretilmiştir. Sonuç olarak, bu siparişlerde toplam 9 farklı model olmak üzere 11 adet üçlü koltuk, 1 adet ikili koltuk, 8 adet tekli koltuk, 2 adet berjer, 2 adet çek-yat ve bu siparişlere ait 39 adet yastık üretilmiştir.

Uygulama için seçilen siparişlerin kesim ve dikim bölümlerinde geçirecekleri süreler, planlama sıklığına karar verilirken olduğu gibi, iki bölüm için de çıkarılmış ve ortalaması alınmıştır. Bu ortalamalar kesim bölümü için 103 dakika, dikim bölümü içinse 157 dakika olarak saptanmıştır. Bu sayılar daha önce karar verilen planlama sıklığı ve bölümler arası yarı mamul taşıma sıklığıyla uyum gösterdiği için yine aynı zaman aralıkları pilot hücre için uygulanmıştır.

Uygulamanın ilk gününde sadece kesim işlemi, ikinci gününde kesim ve dikim işlemleri gerçekleşmiş, geri kalan iki günde ise ürünlerin dikim ve kaplama süreçleri tamamlanmıştır. Kesim bölümü

pilot hücre uygulaması için seçilen siparişlerin kesimine mesai saatinin başında başlamıştır, fakat fabrika dikim ve kaplama bölümlerinde uygulama için seçilen işçilerin daha önce başladıkları siparişleri bitirdikten sonra uygulamaya dahil olmaları önkoşulunu koymuştur. Uygulama süresince pilot hücrede üretilip tamamlanması beklenen fakat uygulamaya dahil olmayan bu ürünlerin Tepe Mobilya'nın tam anlamıyla hücresel üretime geçişindeki iş yoğunluğunu temsil ettikleri varsayılmıştır. Bu koşuldan kaynaklanan bekleme süreleri, her sipariş için tutulan bekleme sürelerine eklenmiştir. Ayrıca, üretilen iki sipariş kaplama sürecinden dikim işçileri tarafından yapılan hatadan dolayı tekrar dikim bölümüne dönmek zorunda kalmış ve hatalar düzeltildikten sonra tekrar kaplama bölümüne aktarılmıştır. Bir diğer siparişte ise, iskeleti henüz hazır olmadığı için bir süre ürünün iskeletinin gelmesi beklenmiştir. Karşılaşılan bu sorunlar yine bekleme sürelerine dahil edilmiştir.

Pilot hücre uygulamasında karşılaşılan bir diğer sorun ise işçilerin hücresel üretim mantığına uzak olmasıdır. Bu noktada, işçilerin sistemi öğrenme sürelerinin uzunluğu dolayısıyla zaman kaybı yaşanmıştır. Bu sorun, uygulamanın kalan günlerinde işçilere hücresel üretim mantığı ve sağlayacağı yararların fabrika üst yönetiminin de katkılarıyla anlatılmasıyla en aza indirgenmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak, tüm uygulama süresince üretimin başında bulunulup uygulamada üretilen siparişlerin proje kapsamındaki kesim, dikim ve kaplama bölümlerindeki geçirdikleri süreler ile bölümler arası bekleme süreleri ayrı ayrı tutulmuş ve incelenmiştir. Uygulama için seçilen siparişlerin üretim süreleri ortalama olarak 750 dakika, ortalama bekleme süreleri ise 405 dakika olarak tespit edilmiştir.

7. Genel Değerlendirme

Bu projede kesim, dikim ve kaplama bölümlerindeki üretim süreçleri için çözüm yolları üretilmiştir. Bu süre şimdiki sistemde teslimat süresinin 4 gününü oluşturmaktadır. Üretim süresinin içerisine ürünlerin bu üç bölümde geçirdikleri süreler, bölümler arası taşınma süreleri ile bölümler arasındaki bekleme süreleri dahil edilmiştir. Üretim ve taşınma süreleri sabit olup değiştirilemeyeceğinden bekleme süresini en aza indireyecek çözümler Tepe Mobilya'ya önerilmiştir.

7.1. Projenin Firmaya Getireceği Katkılar

Pilot hücrenin uygulanmasından elde edilen bilgilere göre fabrikaya katkıları şu şekilde özetlenebilir.

- Siparişlerin bekleme süreleri incelendiğinde, son bir ayın siparişlerindeki bekleme süreleri ortalama olarak 1290 dakika olarak bulunmuştur. Önerilen yöntem bilim uygulandığında ise bu süre 405 dakikaya kadar düşmüştür. Yani sadece bekleme süresinde %68'lik bir düşüş elde edilmiştir.

- Bu sonuç proje kapsamında incelenen 4 günlük sürenin 2,26 güne kadar düşürüldüğü anlamına gelmektedir. İncelenen sürede %43,5'lik bir düşüş saptanmıştır.
- Yapılan uygulamayla seçilen siparişlerin teslimat süreleri ise İstanbul siparişleri için 12 günden 10,26 güne düşürülmüştür. Sonuç olarak teslimat süresinde % 14,5'luk bir azalma elde edilmiştir.
- Bir önceki maddede hesaplanan değer Ankara siparişleri için hesaplandığında, 21 gün olan teslimat süresi 19,24 güne düşürülmüştür. Bu da, teslimat süresinde % 8,29'luk bir düşüş anlamına gelmektedir.

Ürünlerin dikim ve kaplama süreleri oranlandığında yaklaşık 1:2 sonucu elde edilmektedir. Fabrikadaki işçi sayıları bu orana uyum göstermediği için hücrelere atanan dikim işçilerinin kaplama işçilerine oranında 1:2 sağlanamamıştır. İdeal model hücrelerdeki kaplama işçilerinin dikim işçilerinin sayısının iki katı olması ve aradaki güvenlik süresinin kaldırılmasıdır, fakat bu sorun fabrika işçi sayısı kısıtı yüzünden ancak dikim ve kaplama bölümleri arasına bir güvenlik süresi konularak çözülmüştür. Bu güvenlik süresi, aynı zamanda planlama ve taşınma sıklığı olan 150 dakikadır. Bu süre yine işçi sayısı kısıtı nedeniyle kesim ve dikim bölümleri arası için de 120 dakika olarak belirlenmiş ve uygulamanın sonuçları bu doğrultuda olmuştur. İki ayrı güvenlik süresinin olması bekleme zamanını, aynı zamanda teslimat zamanını, ortak bir güvenlik süresi olan ideal sisteme göre artırmıştır. Pilot hücre uygulamasında tek bir güvenlik süresi saptanmadığı için elde edilen sonuçların minimum azalma olacağına karar verilmiştir. Tepe Mobilya için güvenlik sürelerinin ayrı ayrı hesaplanmasının nedeni insan gücüne bağlı üretim yapmasının işçilerin gerçekleştirmiş olduğu üretim sürelerinde sapmalara neden olmasıdır. Ayrıca, güvenlik sürelerinin ayrı ayrı hesaplanmasının bir diğer nedeni ise, işçilerin yapmış olduğu hatalardan dolayı yarı mamullerin bir önceki bölüme geri dönüşlerinden kaynaklanacak sorunların teslimat süresine yansımaları engellemektir.

Teslimat süresindeki üretim ve ürünlerin bölümler arası taşınma süreleri kısaltılamaz. Bu süre uygulamada üretilen siparişler için ortalama 772 dakikadır. Bu değerler fabrikanın “tam zamanında imalat” mantığıyla çalışması halinde elde edebileceği değerlerdir. Bu süre, şimdiki sistemde 4 gün olan ve proje kapsamında incelenen sürenin indirgenebilecek minimum değeridir.

Sonuç olarak fabrikanın bu koşulları düşünüldüğünde teslimat süresinin minimum azalması uygulamadan elde edilen sonuç olan %14,5'tur. Bölümler arasındaki güvenlik süreleri azaltıldığında ve de yukarıda anlatılmış olduğu gibi fabrikanın işçi kısıtları üretim

süreleriyle uyum gösterdiğinde teslimat süresinin azalması % 87,33'e kadar çıkabilmektedir.

Uygulamanın sonucunda elde edilen teslimat süreleri kullanılmış ve fabrika yetkililerinin yaptığı tahmin analizleri sonucunda satışlarda en az %5'lik bir artış görüleceği hesaplanmıştır.

Bunlara ek olarak, hücresel üretim için hazırlanan "Üretim Takip ve Bilgilendirme Sistemi" programı pilot hücre uygulanmasında kullanılamamıştır. Tepe Mobilya'da hücresel üretimin tam anlamıyla uygulanması sırasında, bu programın kesim, dikim, kaplama ve iskelet üretim bölümlerinin eşgüdümlü çalışmasını sağladığından daha önce bahsedilen problemlerin azalmasına neden olacağı düşünülmekte ve teslimat süresini olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir.

Tepe Mobilya'da hücresel üretime geçiş için daha önce belirtilen gerekli maliyetin düşük olması ve sistemden beklenen diğer katkılar da göz önüne alındığında hücresel üretimin müşteri memnuniyetini artıracığı ve fabrikanın satışlarını olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

Ayrıca, bu proje için yapılmış olan işçi performans değerlendirmeleri, ürünlerin her bölüm için ayrı ayrı üretim sürelerinin ölçüm ve rota çalışmaları fabrikanın Oracle sistemindeki eski bilgilerle güncellenmiştir.

Neticede, bu projede fabrikanın beklentisi olan düşük maliyetle teslimat süresinin kısaltılması gerçekleştirilmiştir.

7.1. İleriye Dönük Geliştirme Olanakları

Hücresel üretimin teslimat süresini kısaltmasına ek olarak bu sistem fabrika tarafından tam anlamıyla uygulanıp benimsendiğinde hızlı geri bildirimle ilgili olarak ürün kalitesinde artma ve hücreler içi sinerji ve hücreler arası rekabet oluşması ile zamanla aynı hücre içinde bulunan işçilerin birbirinden etkilenmeleri nedeniyle öğrenme hızlarının artması beklenmektedir.

Bunların dışında, bu proje kapsamında ele alınamayan fakat Tepe Mobilya'nın karşılaştığı sorunlar proje süresince saptanmıştır. İlk olarak, "iş çizelgeleme problemi" döşemeli ürünler atölyesinin bir sorunudur. Daha önceden anlatıldığı gibi, iş çizelgelemesi her bölümün ustabaşları tarafından elle yapılmaktadır. Bu da, zaman kaybına neden olmakta ve çoğu zaman da verimli bir iş çizelgelemesi yapılmasını engellemektedir. Bu nedenle, iş çizelgelemesinin belirlenen planlama sıklıklarında Tepe Mobilya'ya göre geliştirilmiş bir bilgisayar programında yapılmasının iş çizelgelemesinde karşılaşılan sorunları en aza indirgeyeceği düşünülmektedir.

Diğer bir sorun ise, döşemeli ürünler atölyesinde karşılaşılan iskelet problemidir. Tepe Mobilya'da iskeletler stoğa üretilmektedir, ancak iskeletler envanter yeri sorunu olduğu için kısıtlı sayıda

üretilmektedir. Bu da, üretimin zaman zaman aksamasına neden olmaktadır. Tepe Mobilya’da stok yeri kısıtlaması olmasına rağmen bu alanın daha verimli bir hale getirilebileceği düşünülmektedir. Bu alanın kapasitesinin raf sistemiyle iki katına çıkarılabileceği fabrikaya bir çözüm yolu olarak önerilmiştir.

KAYNAKÇA

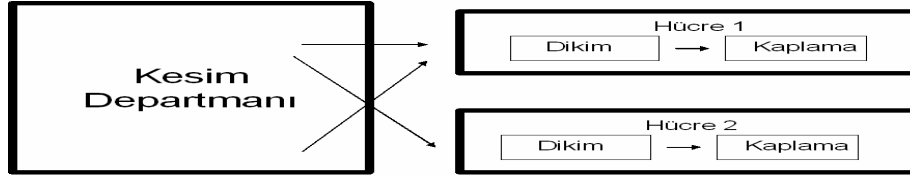
- Leung Joseph Y-T. (2004), "Handbook of Scheduling: Algorithms, Models, and Performance Analysis", CRC Press.
- Shahrukh A Irani. (1999), "Handbook of Cellular Manufacturing Systems" Wiley-IEEE.
- Nancy Hyer, Urban Wemmerlov. (2001), "Reorganizing the Factory: Competing Through Cellular Manufacturing", Productivity Press.
- The Productivity Development Team. (1999), "Cellular Manufacturing: One Piece Flow for Work teams", Productivity Press.
- R. Gary Parker. (1995), "Deterministic Scheduling Theory", CRC Press.
- Daniel Quadt. (2004), "Lot-Sizing and Scheduling for Flexible Flow Lines", Springer Production.
- Gallagher C.C., Wright W.A. (1986), "Group Technology Production Methods in Manufacture", Ellis Harwood Limited
- http://www.mmo.org.tr/endustrimuhenisligi/2003_2/hucresel_uretim_uygulamalari.htm

EKLER

Ek 1. Fabrikanın Üretim Sistemi



Ek 2. Önerilen Sistem



Ek 3. İşçi Atama Modeli

Parametreler

r_i : i işçisinin notu ($i = 1, 2, \dots, 60$)

c: hücre sayısı

a_j : Hücrelerdeki dikim işçisi sayısı

$D_{\min}$: Dikimdeki her hücrenin minimum toplam notu

b_j : Hücrelerdeki kaplama işçisi sayısı

$K_{\min}$: Kaplamadaki her hücrenin minimum toplam notu

Karar Değişkenleri

$X_{i,j}$ = i işçisi j hücreinde görevliyse 1; değilse 0 ($i = 1, 2, \dots, 60$;

$j = 1, 2, \dots, c$)

s_{ij}^+ = mutlak değer pozitif farkı

s_{ij}^- = mutlak değer negatif farkı

d_j = Dikimdeki her j hücrenin not toplamı ($j = 1, 2, \dots, c$)

c_j = Kaplamadaki her j hücrenin not toplamı ($j = 1, 2, \dots, c$)

v_j = Her j hücrenin iki bölümünün not toplamı ($j = 1, 2, \dots, c$)

$$\text{Enküçült} \sum_{\substack{i \neq j \\ i < j}}^c (s_{ij}^+ + s_{ij}^-) \quad \forall i, j$$

- İşçi yerleştirme kısıtları (her işçi sadece bir hücrede mutlaka görev alacak)

$$\sum_{j=1}^c X_{i,j} = 1 \quad \forall i \in [1]$$

Dikim Bölümü

- Dikimdeki her hücrenin işçilerinin toplam not kısıtları

$$d_j = \sum_{i=1}^{24} r_i * X_{i,j} \quad \forall j \in [2] \text{ (dikimdeki işçilerin numaraları: 1, 2, \dots, 24)}$$

- Hücre büyüklüğü kısıtları

$$\sum_{i=1}^{24} X_{i,j} = a_j \quad j = 1,2,...,5 \quad [3]$$

- Dikim bölümünde hücre içi dengeyi sağlayan kısıtlar (dikim bölümünde minimum hücre notundan daha kötü hücre kurulamaz)

$$d_j \geq D_{\min} \quad \forall j \quad [4]$$

Kaplama Bölümü

- Kaplamadaki her hücrenin işçilerinin toplam not kısıtları

$$c_j = \sum_{i=25}^{60} r_i * X_{i,j} \quad \forall j \quad [5] \text{ (kaplamadaki işçilerin numaraları: 25,26,..60)}$$

- Hücre büyüklüğü kısıtları

$$\sum_{i=25}^{60} X_{i,j} = b_j \quad j = 1,2,...,5 \quad [6]$$

- Kaplama bölümünde hücre içi dengeyi sağlayan kısıtlar (kaplama bölümünde minimum hücre notundan daha kötü hücre kurulamaz)

$$c_j \geq K_{\min} \quad \forall j \quad [7]$$

- İki bölüm için her hücrenin işçilerinin not toplamı kısıtları

$$v_j = d_j + c_j \quad \forall j \quad [8]$$

- Amaç fonksiyonundaki mutlak fark denklemlerini ait olduğu sapma değişkenlerine eşitleyen kısıtlar

$$v_i - v_j = s_{ij}^+ - s_{ij}^- \quad \forall i,j \quad (\text{denklem a}) \quad [9]$$

- Negatif olmama ve tam sayı kısıtları

$$X_{i,j} = 0,1 \quad [10]$$

$$s_{ij}^+, s_{ij}^-, v_j, d_j, c_j \text{ negatif olmayan tam sayı } \forall i,j \quad [11]$$

Ek 4. Hücrelerin Not Dağılımı

Atölye 1

Hücre 1	Bölümlere göre not dağılımı	Toplam Not
Dikim	3+3+3+3+4	16
Kaplama	3+4+4+4+4+4	23
Toplam		39

Hücre 2	Bölümlere göre not dağılımı	Toplam Not
Dikim	4+4+4+4	16
Kaplama	3+4+4+4+4+4	23
Toplam		39

Atölye 2

Hücre 1	Bölümlere göre not dağılımı	Toplam Not
Dikim	1+2+2+3+3+4	15
Kaplama	1+2+3+3+3+3+3+3+3	24
Toplam		39

Hücre 2	Bölümlere göre not dağılımı	Toplam Not
Dikim	2+2+3+3+3+4	17
Kaplama	1+2+2+2+3+3+3+3+3	22
Toplam		39

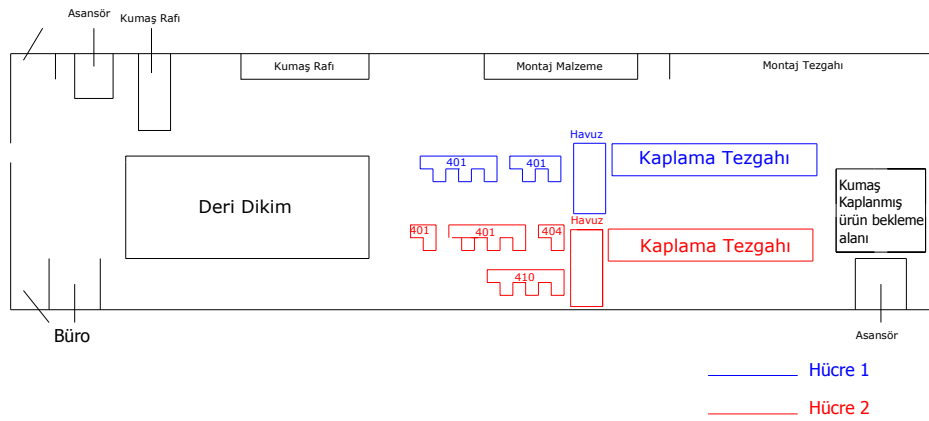
Hücre 3	Bölümlere göre not dağılımı	Toplam Not
Dikim	3+5+5	13
Kaplama	4+4+4+4+5+5	26
Toplam		39

Ek 5. Hücrelerin İşçi ve Makine Sayıları

	<i>Atölye 1</i>		<i>Atölye 2</i>		
	<i>Hücre 1</i>	<i>Hücre 2</i>	<i>Hücre 1</i>	<i>Hücre 2</i>	<i>Hücre 3</i>
	Dikim : 5 işçi	Dikim : 4 işçi	Dikim : 6 işçi	Dikim : 6 işçi	Dikim : 3 işçi
Makine Sayıları	5 adet 401	4 adet 401	6 adet 401	6 adet 401	3 adet 401
		1 adet 404	1 adet 404	1 adet 402	1 adet 402
		3 adet 410		1 adet 403	1 adet 403
				1 adet 404	1 adet 410
	Kaplama: 6 işçi	Kaplama: 6 işçi	Kaplama: 9 işçi	Kaplama: 9 işçi	Kaplama: 6 işçi

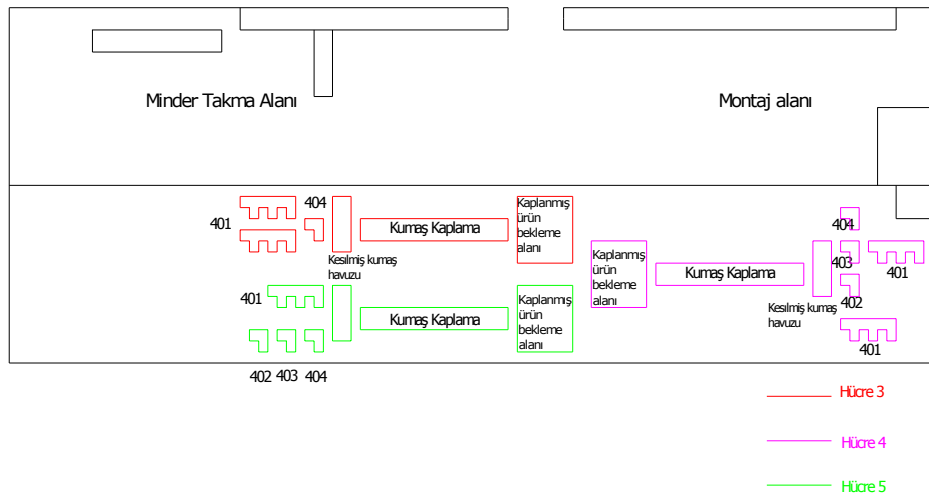
Ek 6. Atölye 1 Yerleşim Planı

Atölye 1



Ek 7. Atölye 2 Yerleşim Planı

Atölye 2

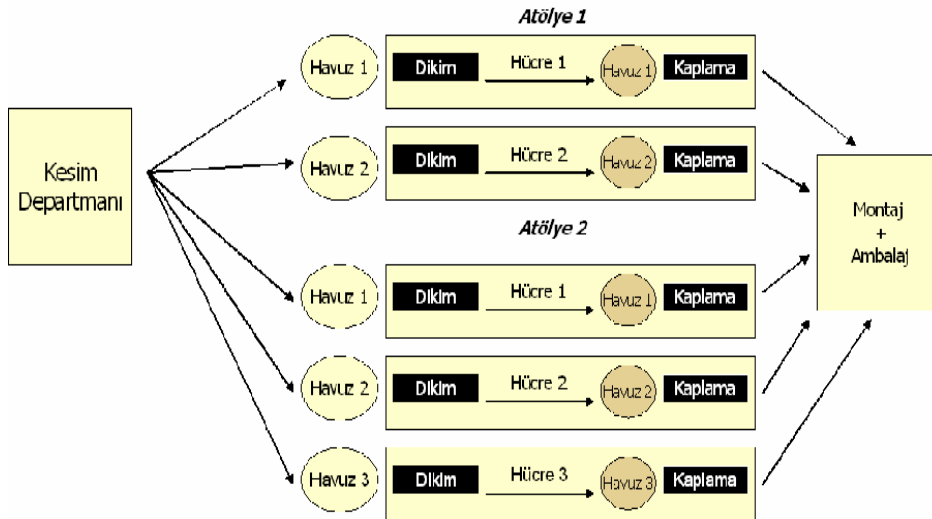


Ek 8. Üretim İzleme Formu

Döşeme Atölyesi Üretim İzleme Formu				
Atölye Şekli		Hücre Rengi		
Atölye Şekli Gelecek		1. Hücre Rengi	2. Hücre Rengi	3. Hücre Rengi
Sipariş bilgileri	Hazıra/Müşteri Sipariş No:			
	Müşteri/Bayi adı:			
	Sipariş Miktarı/Teslim Tarihi:			
	Yarı mamul kodu:			
	Cila Renk Kodu:			
	Kumaş Kodu:			
	Atölye No:	Hücre No:		
	Kesim	Kesilen Ürün Miktarı:	Kesim Operatör Kodu:	
Dikim	Dikilen Ürün Miktarı:	Dikim Operatör Kodu:		
Kaplama	Kumaş Kaplama Operatörün Kodu:			
Montaj	Montaj Operatör Kodu:			
Onay	Döşeme Ustabaşı:	Kalite Kontrol Sorumlusu:		
Sürekli Geliştirme (Planla - Uygula - Kontrol Et - Önlem Al) İçin Görüşler				

Atölye 1	Atölye Şekilleri	Hücre Renkleri		
	1	Hücre 1	Hücre 2	
Atölye 2	2	Hücre 1	Hücre 2	Hücre 3

Ek 9. Hücre Tasarımı



Ek 10. Üretim Takip ve Bilgilendirme Sistemi Kesim Atama Ekranı

TEPE MOBİLYA :: RAPORLAR

Ana Sayfa | Yardım | Çık

MuhasebeSevkiyatSatışÜretimPlanlamaYönetimHücresel İş PlanıSistem Yönetimi

Kesim Atama

Sip.No	Ürün	Sip.Tarihi	Teslim Tarihi	Musteri		
350494	LUA15KL09	30/01/2006	25/03/2006	TEPE HOME ISD DEPO	Mehmet.KUS	Ata
350494	LUA12KL09	30/01/2006	25/03/2006	TEPE HOME ISD DEPO		Ata
350494	LUA11KL09	30/01/2006	25/03/2006	TEPE HOME ISD DEPO		Ata
350494	JES11KL09	30/01/2006	25/03/2006	TEPE HOME ISD DEPO		Ata
350367	LUA15KL09	30/01/2006	30/03/2006	TEPE HOME ISD DEPO		Ata
350367	LUA12KL09	30/01/2006	30/03/2006	TEPE HOME ISD DEPO		Ata
350367	JES11KL09	30/01/2006	30/03/2006	TEPE HOME ISD DEPO		Ata
350367	LUA11KL09	30/01/2006	30/03/2006	TEPE HOME ISD DEPO		Ata

Ek 11. Üretim Takip ve Bilgilendirme Sistemi Dikim Takip Ekranı

TEPE MOBİLYA :: RAPORLAR

Ana Sayfa | Yardım | Çık

MuhasebeSevkiyatSatışÜretimPlanlamaYönetimHücrese İş PlanıSistem Yönetimi

Dikim Takip

İş No	Sip.No	Kalem	Süre	Miktar	T.Süre	Çalışan	Teslimat Tarihi	Durumu	
141	347807	KRZ05SNZ09	40	6	240	Aykut YILDIZGÖRÜR		KAPANDI	Kaydet
142	348773	VNT02YB	60	1	60	Mehmet KUS	15/06/2006	KAPANDI	Kaydet
(Kapat) (Pdf) (Yazdır)									
Sıra No :		Operasyon	Kaynak No		Açıklama		Süre		
1		DOSEME DİKİM STD.OPERASYONU	401		DİKİS MAKİNASI		60 DK		
144	350494	LUA15KL09	72	1	72	Ahmet DENEME	25/03/2006	KAPANDI	Kaydet
145	350494	LUA11KL09	72	1	72	Aykut YILDIZGÖRÜR	25/03/2006	KAPANDI	Kaydet
147	350373	LUA12KL09	72	1	72	Tolga TANILKAN	29/03/2006	KAPANDI	Kaydet
150	350373	JES11KL09	25	1	25	Tolga TANILKAN	29/03/2006	ÇALIŞILIYOR	Kaydet
161	347807	KRZ05SNZ09	40	6	240	Ahmet DENEME		BEKLİYOR	Kaydet
163	350369	JES11KL09	25	2	50	Ahmet DENEME	07/03/2006	ÇALIŞILIYOR	Kaydet

Hakkımızda | Site Haritası | Yardım | Bize Ulaşın | ©2006 Aykut Yıldızgöür

Hakkımızda | Site Haritası | Yardım | Bize Ulaşın | ©2006 Aykut Yıldızgöür

Ek 12. Üretim Takip ve Bilgilendirme Sistemi Kaplama İzleme Ekranı

TEPE MOBİLYA :: RAPORLAR

Ana Sayfa | Yardım | Çık

MuhasebeSevkiyatSatışÜretimPlanlamaYönetimHücrese İş PlanıSistem Yönetimi

Kaplama İzleme

İş No	Sip.No	Kalem	Süre	Miktar	T.Süre	Çalışan	Teslimat Tarihi	Durumu	Güvenlik Süresi
141	347807	KRZ05SNZ09	40	6	240	Aykut YILDIZGÖRÜR		KAPANDI	2 : 17 : 22
(Kapat) (Pdf) (Excel)									
Sıra No Değiştiren Statusu Değişiklik Tarihi									
1 Aykut YILDIZGÖRÜR ATANDI 16.04.2006 23:43:04									
2 Aykut YILDIZGÖRÜR ÇALIŞILIYOR 16.04.2006 23:44:39									
3 Aykut YILDIZGÖRÜR BEKLİYOR 16.04.2006 23:45:52									
4 Aykut YILDIZGÖRÜR ÇALIŞILIYOR 16.04.2006 23:46:31									
5 Aykut YILDIZGÖRÜR KAPANDI 16.04.2006 23:46:48									
142	348773	VNT02YB	60	1	60	Mehmet KUS	15/06/2006	KAPANDI	2 : 17 : 22
(Kapat) (Pdf) (Yazdır)									
Sıra No : Operasyon Kaynak No Açıklama Süre									
1 DOSEME DİKİM STD.OPERASYONU 401 DİKİS MAKİNASI 60 DK									
144	350494	LUA15KL09	72	1	72	Ahmet DENEME	25/03/2006	KAPANDI	2 : 17 : 22
145	350494	LUA11KL09	72	1	72	Aykut YILDIZGÖRÜR	25/03/2006	KAPANDI	2 : 17 : 22
147	350373	LUA12KL09	72	1	72	Tolga TANILKAN	29/03/2006	KAPANDI	2 : 17 : 22
150	350373	JES11KL09	25	1	25	Tolga TANILKAN	29/03/2006	ÇALIŞILIYOR	----
161	347807	KRZ05SNZ09	40	6	240	Ahmet DENEME		BEKLİYOR	----
163	350369	JES11KL09	25	2	50	Ahmet DENEME	07/03/2006	ÇALIŞILIYOR	----

Hakkımızda | Site Haritası | Yardım | Bize Ulaşın | ©2006 Aykut Yıldızgöür

Hakkımızda | Site Haritası | Yardım | Bize Ulaşın | ©2006 Aykut Yıldızgöür

Ürünlerin Rafta Bulunabilirliğini Arttırmak Amaçlı Sipariş Takip Sistemi Tasarımı

UNILEVER

Proje Ekibi

Kübra Gül
Engin Güven
İpek Kulan
Osman Ocak
İdris Özçelik
Canan Sultan Polat

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Uğur Göksel, Unilever Ankara Bölge Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Dr. Ülkü Gürler, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği
Bölümü

ÖZET

Özellikle hızlı tüketim sektöründe son yıllarda büyük önem kazanan rafta bulunabilirlik, sektördeki rekabetçiliğini artırmak isteyen şirketlerin mutlaka yatırım yapması gereken bir konu haline gelmiştir. Bu projenin amacı, Unilever için rafta bulunabilirliği ölçebilecek bir sistem geliştirmek, tedarik zincirinde yapılacak incelemeler ile Unilever ürünlerinin rafta bulunmama sebeplerini ağırlıklarına göre tespit etmek ve rafta bulunmamaya neden olan süreçteki darboğazın çözülmesiyle rafta bulunabilirlik oranlarını artırmaktır. Geliştirilen sistemle rafta bulunabilirlik ölçülür hale getirilmiş ve yaklaşık %10 artırılmıştır, bu artışın şirkete yılda \$2.58 milyon kazanç sağlanması öngörülmektedir.

Anahtar Sözcükler: SKU (Stock Keeping Unit), rafta bulunabilirlik, sebep yüzdeme

1. İşletme Tanıtımı

Bütün dünyada, 100'den fazla ülkede faaliyet gösteren, ürünleri 150'nin üzerinde ülkede satılan, 284.000 kişiye iş olanağı sağlayan Unilever'in ürünlerini her gün dünyada 150 milyon kişi satın almaktadır. Sosyal sorumluluk projeleri için yılda ortalama 50 milyon dolar ayıran Unilever'in 2005 yılı cirosu 39.6 milyar Euro, kârı ise 5.3 milyar Euro'dur.

Türkiye'deki ilk yatırımını 1952 yılında gerçekleştiren Unilever gıda, dondurma, ev bakım, kişisel bakım ve profesyonel gıda sektörlerinde faaliyet göstermektedir. Ülkemizde Çorlu, Çayırova, Gebze ve Rize bölgelerinde toplam 7 fabrikası ile üretimlerini sürdürmektedir. Omo, Rinso, Domestos, Yumoş, Cif, Elidor, Dove, Clear, Rexona, Lux, Axe ve Signal markaları altında ev ve kişisel bakım ürünlerinin üretim ve pazarlamasını sürdüren Unilever, Türk gıda ve dondurma sektörlerinde Sana, Rama, Becel, Knorr, Calve, Komili, Lipton ve Algida markaları altında margarinden hazır çorbaya, zeytinyağından çaya ve dondurmaya kadar çok geniş bir ürün portföyü ile hizmet vermektedir. Bu ana markalar ise 467 SKU altında çeşitlenmektedir ve bu sayı kod değişiklikleri ile tüketici promosyonlu mamuller dahil bir yıl içerisinde 1200 civarında olabilmektedir. Unilever Türkiye'nin toplam 4,560 üzerinde çalışanı vardır.

Unilever Satış Sistemi Müşteri Yönetim Direktörlüğü altında Doğu ve Batı bölge müdürlüklerinden oluşmaktadır. Projenin gerçekleştirildiği Ankara Satış Ofisi ise bu müdürlüklere bağlı 12 bölgeden biridir ve Doğu Bölge müdürlüğüne bağlıdır. Ankara Satış Ofisine bağlı Zirve ve Dalarslan distribütörleri bulunmaktadır. Bu distribütörler satış hacmi olarak tüm Türkiye'de 1. ve 6. sırayı almaktadır.

2. Projenin Tanımı

Hızlı tüketim malları sektöründe ürünlerin kalitelerinin ve üretim teknolojilerinin birbirine yakın, benzer hammaddeden ve benzer enerji ve iş gücü ile üretildikleri gerçeği paralelinde, küresel pazarda seçim kriteri olarak, rafta bulunabilirlik ve satın alma fiyatı ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla, son tüketici dilediği malı, dilediği zaman, dilediği yerde, dilediği koşullarda ve kabul ettiği fiyata alma hakkına kavuşmuştur. Ürünlerin son tüketiciye kadar izlediği yolun gözlenebilmesi rekabetin yoğun olduğu pazarda firmalara stratejik avantajlar sağlayabilecektir. Dolayısıyla "rafta bulunabilirlik" kavramı Unilever'in sıcak gündeminde, öncelikli konulardan biridir.

Bu projede, Unilever ürünlerinin Ankara perakende kanalında rafta bulunabilirlik süreçlerinin analizi, rafta bulunabilirlik oranlarının artırılması ve bulunabilirliğinin ölçülebilmesi için bir sistem tasarlanması amaçlanmıştır. Projede satış noktası kapsamında

Ankara’da Zirve ve Dalarslan adlı 2 distribütörden sevkiyat yapılan 38 SM (süper market), 123 BM (market) ve 3169 BA (bakkal), ürün kapsamında ise Unilever’in gıda, deterjan ve kozmetik kategorisindeki tüm SKU’ları bulunmaktadır. Amaçlar daha ayrıntılı olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Satış noktalarında rafta bulunabilirliği en güvenilir ve doğru yoldan ölçebilecek, üst yönetime en hızlı yoldan doğru rapor ve veriler sağlayabilecek bir ölçüm sistemi geliştirilmesi,
- Ürünlerin distribütörden son tüketiciye kadar olan akış sürecinin incelenmesi, rafta bulunabilirliği olumsuz etkileyen sebeplerin bulunarak kategorize edilmesi ve bu sebeplerin etki yüzdelерinin ayrıntılı bir çalışmayla hesaplanması,
- Sebep ve süreç analizi sonucu ortaya çıkacak olan iyileştirme alanlarında gerekli çözüm önerilerinin hayata geçirilerek rafta bulunabilirliğin artırılması.

3. Analiz

3.1. Mevcut Sistemin Analizi

Unilever, müşterilerini satış ciroları ve tedarik süreçlerindeki farklılıklar dikkate alınarak 3 ana kategoriye ayırmıştır. Bunlar:

- BA adı verilen bakkallar ve BM/SM olarak adlandırılan süper marketlerden oluşan geleneksel kanal,
- KA adı verilen, bulunduğu şehir/bölgede zincir market olarak yer alan daha büyük çaptaki yöresel zincir kanalı,
- NA’lar ise Türkiye çapında satış yapan ulusal zincir kanalını oluşturmaktadır.

Bu satış noktalarında izlenen sipariş alım süreci ve sevkiyat sistemi de çeşitlilik göstermektedir. Ulusal zincirlerde sevkiyat fabrikadan doğrudan marketlerin ana depolarına yapılırken, yöresel zincirlerde ve birden fazla şubesi olan geleneksel marketlerde sevkiyat bölgeye en yakın distribütörden bu marketlerin depolarına gerçekleştirilmektedir. Deposu olmayan bakkallarda ise sevkiyat distribütörden doğrudan bakkalın rafına yapılmaktadır. Distribütörlerin stok seviyeleri Unilever tarafından sürekli kontrol edilerek belirlenen optimal seviyede tutulmaktadır. Sevkiyat sisteminin farklılık gösterdiği yerlerde satış ve sipariş alım süreçleri de farklılık göstermektedir. Projenin kapsamı içinde yer alan bakkallar ve süpermarketler için satış temsilcileri, önceden belli olan bir güzergahı izleyerek, müşterinin cirosuna bağlı olarak haftalık veya iki haftalık ziyaretleri sırasında siparişleri almaktadırlar.

Satış temsilcilerinden uymaları beklenen **ideal sipariş alım süreci** şu şekildedir:

- a) Bitmiş ve azalmış ürünler not alınır,
- b) Bitmiş ve azalmış ürünler için sipariş alınır,

- c) Promosyon ve indirimli ürünler hakkında müşteri bilgilendirilir ve bu ürünler için sipariş alınmaya çalışılır.

Bu sipariş sürecinde Unilever ürünlerinin satılması satış temsilcisi ile bakkal sahibinin karşılıklı görüşmesi ve pazarlığı sonucunda gerçekleştirilmektedir. Satışlar stokların sayılması ve optimum siparişin verilmesi yolundan çok, satış temsilcisinin ikna kabiliyetine bağlıdır. Satış temsilcileri aldıkları siparişleri bilgi girişi yaptıkları janus adı verilen cep bilgisayarları yardımı ile sisteme girerler. Her akşam piyasadan dönen satış temsilcileri januslardaki sipariş bilgilerini bilgisayara aktarırlar ve bu bilgiler merkezi olarak görünür hale gelir. Satış temsilcileriyle yapılan piyasa ziyaretlerinde pek çok satış temsilcisinin sürecin ilk aşamasındaki bitmiş ve azalmış ürünlerin not alınması işlemini gerçekleştirmediği gözlenmiştir.

Her bir kategori için marketlerin ve Unilever'in ortak olarak belirledikleri bir satış listesi vardır. Satış listeleri, Unilever'in ilgili kategorideki marketlerin raflarında bulundurmak istediği ve marketin de satmayı kabul ettiği SKU'lardan oluşur.

Bu sistemi anlamak adına yapılan ön çalışma sonrasında rafta bulunabilirliği olumsuz olarak etkileyen etmenler gözlemlenmiş ve aşağıdaki gibi kategorilendirilmiştir:

- *Satış sorunu:* Bölgeye göre değişen ürün çeşitliliğinin rafta bulunabilirliği etkilemesi, müşterinin çeşitli sebeplerle ürünü bu noktalardan almamasına bağlı olarak marketlerin bu ürünlerin satışına sıcak bakmaması ve satış temsilcisinden kaynaklanan sorunlardır.
- *Teslimat sorunu:* Sevkiyat sırasında meydana gelebilecek aksaklıklar, distribütörde veya Unilever ana deposundaki yetersiz stok seviyesinden kaynaklanan siparişi alınan ürünün marketlere ulaşamaması sorunudur.
- *Depodan rafta çıkamama sorunu:* Ürün marketin deposunda olmasına rağmen ürünün çeşitli sebeplerden dolayı rafa çıkmaması sorunudur. (Bkz. Ek 1)

3.2. Problem

Rafta bulunabilirlik üzerine çalışmaların belli bir anlam ifade edebilmesi için öncelikle rafta bulunabilirliğin ölçülmesi gerekmektedir. Literatürde Radyo Frekans Kimlik Belirleme teknolojilerinden başlayarak, barkod verilerinin kullanılmasına kadar çok çeşitli ölçüm yöntemlerinden bahsedilse de en doğru sonuç veren yöntemin "Elle Sayım Yöntemi" yani raflara bizzat gidilerek ürünlerin rafta bulunup bulunmamasını gözlemek olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, rafta bulunmamanın sebeplerinin tespiti için Cruen, Corsten ve Bharadwaj tarafından, 29 ülkede, 661 perakende satış noktasında, 71,000 kişiye yapılan anket sonucu, konu hakkında dünyadaki en kapsamlı çalışma

olan “Retail Out-of-Stocks: A Worldwide Examination of Extent, Causes and Consumer Responses” (2002) raftan geriye doğru işleyen ağaç metodunu önermektedir. Bu doğrultuda proje amaçlarından biri olan rafta bulunmama sebepleri yüzdelendirken bu method kullanılmıştır. Önce müşteride olmayan, ancak bulunması gereken ürünler tespit edilmiş, bulunmama sebepleri ilk olarak müşteride incelenmiş, önceki sipariş alımlarında siparişlerin alınıp alınmadığı kontrol edilmiş, o müşteriyle ilgilenen satış temsilciyle görüşülerek ürünün rafta bulunmama sebebi derinleştirilmiş ve son olarak siparişi alınıp müşteriye ulaşmayan ürünler için de distribütör sorgulanarak problemler tespit edilmiş ve yüzdelenmiştir.

4. Önerilen Yöntembilim

Aktivite planı yapılmadan önce Unilever’in tedarik zincirini, sipariş ve sevkiyat süreçlerini, market içi ve dışındaki aktivitelerini kapsayan, satış sistemini tam olarak anlama amaçlı saha çalışmaları yapılmıştır. Satış temsilcileri, distribütörler, dağıtıcılar, market aktivite elemanları ve satış müfettişleri ile piyasada 1,5 aya yakın birlikte çalışılmış ve sonucunda tüm sistemin analizi gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında proje amaçlarına ulaşabilmek için aktivite planı çıkartılmıştır.

4.1. Aktiviteler:

4.1.1. Ölçüm Sistemi İçin

Projenin iki ana amacından biri olan rafta bulunabilirliği ölçebilecek bir sistem geliştirmeden önce rafta bulunabilirlik konusunda Unilever’in mevcut durumunu analiz etmek ve projenin etkilerini daha sonra ölçebilmek için kapsamlı bir çalışma başlatılmıştır. Literatürde en doğru sonuçları verdiği belirtilen elle ölçüm yöntemi benimsenmiş ve bu doğrultuda tüm Ankara’da iki hafta süren bir rafta bulunabilirlik ölçüm çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada 11 BA günde tek ziyaret, 7 BM/SM günde ikişer ziyaret, 5 KA ve 3 NA noktası günde üçer ziyaretle incelenmiştir. Ölçüm çalışması sonrasında yapılan analizler sonucu farklı satış kanalları ve ürün kategorilerinde Tablo 1’deki sonuçlara ulaşılmıştır.

<i>Kategoriler</i>	BA	BM&SM	KA	NA
SKU sayısı	40	104	147	147
Gıda	% 70,74	% 60,57	% 88,40	% 82,45
Deterjan	% 64,36	% 58,68	% 85,78	% 67,32
Kozmetik	% 55,45	% 48,93	% 80,65	% 64,38
Genel	% 64,40	% 57,12	% 84,47	% 70,65

Tablo 1. Rafta Bulunabilirlik Ölçüm Sonuçları

Elle ölçüm yöntemi güvenilir bir yöntem olmasına rağmen maliyet ve zaman açısından rafta bulunabilirliği ölçmek için verimli bir yöntem değildir. SKU (467) ve market sayısının (3300) çokluğu nedeniyle maliyet dikkate alınmasa bile verilerin toplanması ve işlenebilir bir şekilde bilgisayara aktarılması son derece verimsiz bir süreçtir. Ayrıca bu yöntemin uygulanabilmesi için Unilever Ankara satış ofisinin sadece tahmini 40 kişi istihdam etmesi gerekmektedir.

Rafta bulunabilirliği en az maliyetle ve en verimli bir şekilde ölçebilmek için el terminallerinin kullanılabileceği düşünülmüştür. El terminaline yüklenecek ek bir yazılımla verinin el terminaline girilmesi daha sonra da Uniweb'e (merkezi sistem) girişi yapılması ile süreçteki kağıda not alma ve daha sonra bilgisayara aktarma gibi verimsiz işlemler otomatize edilmiş olacak, ayrıca yapılan çalışmalar merkezi olarak da analiz edilebilecektir. Bu süreci, satış temsilcilerinin zaten ideal sipariş alım süreçlerinde tanımlanan ancak pratikte gerçekleştirilmeyen rafta bulunmayan ve azalmış ürünlerin not alınması işlemi için düşünülürse, satış temsilcilerinin bu ölçümü yapmaları mantıklı gözükmemektedir. Böylece hem en verimli şekilde Ankara'daki tüm marketlerde rafta bulunabilirlik ölçümü yapılmış olacak, hem de bu işlem ne ek işgücü gerekecek, ne de şirkete ek bir maliyet getirecektir. Burada iki sipariş alım zamanı içindeki talebin farklı sipariş alım aralıkları için birbirini temsil eder şekilde dağılım gösterdiği varsayılmaktadır. Satış temsilcileri her marketi, teslimatın yapılmasından en az 2 gün önce ve iki teslimat arasında bir kere ziyaret etmekte ve bu zamanlarda ölçümlerini gerçekleştirmektedirler.

4.1.2. Bulunabilirliği Artırmak İçin

Projenin bir diğer amacı olan rafta bulunabilirliğin artırılması için ilk önce Unilever'in pazarlama ve satış stratejileri incelenmiştir. Unilever, sosyoekonomik açıdan her kesimin satın alabildiği, yoğun ve günlük olarak tüketilen ürünler üretmektedir. Bu gerçeğe uygun olarak

Unilever'in satış hedefleri şu şekilde oluşmaktadır: Eğer bir perakendeci Unilever'le aynı kategoride ama rakip bir firmanın ürününü satıyorsa, o perakendecide o kategoride Unilever ürünlerinin de mutlaka bulunması hedeflenmektedir. Eğer rakip ürün satılmıyorsa, bu perakendecinin bulunduğu bölgede o ürüne talep olmadığının göstergesi olabilir. Bu durumda, Unilever ürünlerinin satılması için çaba gösterir, ancak bu ilk durumdaki kadar önemli değildir. Belli market kategorileri için belirlenen ve o market kategorilerinde satılması amaçlanan ürünlerden oluşan listelerdeki tüm ürünlerin en az %95 oranında rafta bulunması Unilever'in kendisine koyduğu hedeftir.

Rafta bulunabilirliği artırabilmek için rafta bulunmamanın sebeplerinin ağırlıklarına göre tesbit edilmesi ve süreçteki darboğazı oluşturan problemin bulunarak bu probleme odaklanması planlanmıştır. Bu amaçla çok kapsamlı bir çalışma başlatılmıştır. Ankara'nın değişik bölgelerindeki 57 BA ve 20 BM/SM'de 2 ayrı SKU listesi üzerinden var-yok bilgileri alınmış, yok olan ürünlerin olmama sebepleri marketin yetkili elemanları, satış temsilcileri ve distribütörlerle yapılan birebir görüşmeler ile tespit edilmiştir. Gözlenen 35 sebep satış, sipariş, distribütör ve pazarlama problemleri adı altında 4 ana kategoriye ayrıştırılmış ve tespit edilen 1755 adet rafta bulunmama durumu üzerinden 35 sebebin ağırlıkları belirlenmiştir(Bkz. Ek 2). Elde edilen sonuçlara göre rafta bulunmamanın belirlenen 4 ana problem alanına göre yüzdesel dağılımı şu şekildedir; BA'lar için %72 satış, %26 sipariş, %1 distribütör, %1 pazarlama problemleri; BM/SM'ler için ise %57 satış, %36 sipariş, %6 distribütör ve %1 pazarlama problemleri. En yüksek oranda gözlenen satış problemleri kategorisi içinde rakibin ürünlerinin daha hızlı satılmasından, diğer gramajın daha hızlı satılmasından, marketin bütçesinin ürünü almak için yeterli olmamasından, o bölgede o ürüne talep olmamasından, o ay üründe promosyon olmamasından vb. kaynaklanan ürünü satamama sorunları yer almaktadır. Bu sebeplerden bir kısmı rakip, market ya da bölgenin seçimine bağlı olup bu proje kapsamında değiştirilmesi mümkün olmayan sebeplerdir. Rafta bulunabilirlik sürecinde darboğazı oluşturan sebep ise takip ve tahmin sorunları başlığı altındaki, hem satış temsilcisinin hem de market sahibinin ürünün bittiğinin farkında olmaması ya da eksik sipariş alınıyor olmasıdır. Unilever'in SKU sayısının fazlalığı (467) düşünüldüğünde satış temsilcilerinin zaman içinde farkında olmadan sadece belli SKU'ları satar ve diğerlerini unuttur duruma gelmeleri beklenebilen bir sonuçtur. Rafta bulunabilirliği artırmak için, aslında marketin ürünü satın almaya hazır olması ancak var olan ürün çokluğu içinde o ürünün siparişinin unutulması sonucu satılamamasından kaynaklanan bu probleme odaklanması gerekmektedir. Uygulamaya başlanan ölçüm sistemi bu sorunu da

çözecek şekilde tasarlanmış ve rafta bulunmamanın en büyük nedeni olan tahmin ve takip problemleri ortadan kaldırılmıştır.

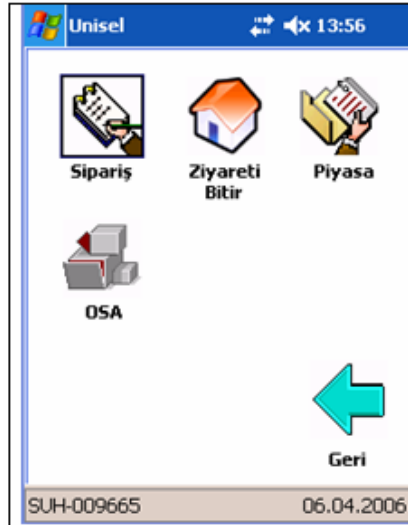
5. Yöntem Bilimin Uygulanması

Satış temsilcilerinin kullandıkları Symbol PDT8100 marka el terminallerine eklenecek yazılımın tasarım çalışmaları proje ekibi tarafından gerçekleştirildikten sonra Unilever'in İstanbul'daki genel müdürlüğüne bizzat gidilerek kodlama ve programın el terminaline yüklenme işlemleri bilgi işlem departmanına yaptırılmıştır.

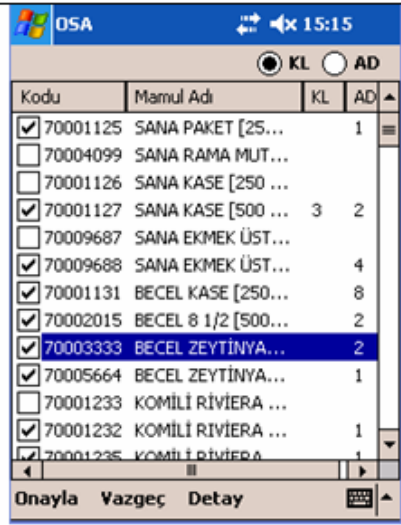
Yazılım VB.NET ve C# programları kullanılarak Microsoft SQL Server 2000 Windows CE Edition (SqlServerCE) veritabanı üzerinde geliştirilmiştir. Gün içinde satış temsilcilerinin güzergahları üzerindeki marketlerden sipariş alırken el terminaline girdikleri rafta bulunabilirlik ile ilgili veriler normal sipariş verileriyle birlikte akşam piyasadan döndükten sonra Oracle PL/SQL programa dili ile yazılmış Oracle 8i tabanlı Uniweb programına eklenecek ve merkezi olarak veriler analiz edilebilecektir(Bkz. Ek 4).

El terminallerine eklenen yazılım şu şekilde çalışmaktadır:

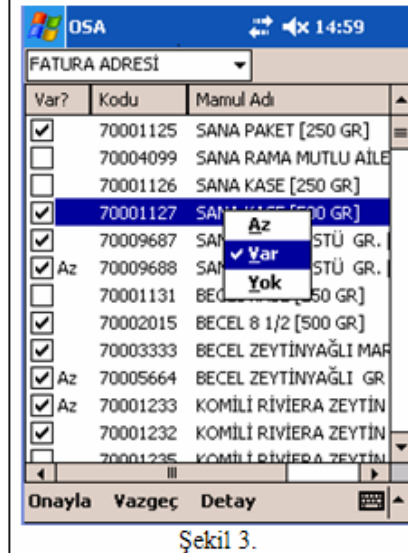
Satış temsilcileri sipariş almak için el terminalinde market müşteri seçeneğini seçtikten sonra Şekil 1'de görülen ekranla karşılaşır. Bu ekrandaki, geliştirilen yazılımla sonradan eklenen rafta bulunabilirlik anlamındaki "OSA" menüsüne girildiğinde Şekil 2'deki gibi başka bir ekran görüntülenmektedir. Rafta bulunan ürünler barkodları okutularak veya elle işaretlendikten sonra istenirse raftaki ürün miktarı da ekranın üst tarafından birim seçilerek girilebilmektedir. Bununla birlikte azalan ürünler de sipariş sürecinde önemli olduğundan Şekil 3'te görüldüğü gibi, az, var ve yok seçenekleri de rafta bulunabilirlik ölçümleme sonucunu etkilemeyecek şekilde menüye eklenmiştir. En son olarak "Onayla" seçilerek işlem kaydedilmektedir. Bu işlemler sonucunda markette o an bulunan ürünler el terminaline girilmiş olur. Barkodla okutulmayan veya elle girilmeyen ürünler ise "rafta yok" kabul edilir. Böylece ziyaret edilen markette rafta bulunabilirlik ölçümü gerçekleştirilmiş olur. İdeal sipariş alım sürecinin ilk basamağını oluşturan bu işlemlerden sonra sipariş alımına geçen satış temsilcisine el terminalinde listeli ürünlerden o an markette bulunmayan ve sipariş alım sürecinin ilk basamağında "az" olarak işaretlediği ürünler gösterilmektedir. Böylece satış temsilcisinin ve market sahibinin rafta olmayan ürünleri el terminalinin ekranında görmeleri sağlanarak bu ürünlerin siparişinin alınması gerçekleştirilmektedir. Bu yolla hem rafta bulunabilirlik en doğru şekilde ölçülmüş hem de en önemli rafta bulunmama sebebi olan ve süreçte darboğazı oluşturan, biten ürünlerin farkına varmama sorunu çözülerek rafta bulunabilirlik artırılmıştır.



Şekil 1.



Şekil 2.



Şekil 3.

6. Uygulama Planı

Şubat ayında tasarımına başlanan yazılımın geliştirilmesi Mart ayı içerisinde yapılırken programın esas uygulayıcıları olacak satış temsilcilerinin programı benimsemeleri için iki haftalık piyasa ziyaretleri yapılmıştır. Bu ziyaretler boyunca siparişlerini alırken terminalin otomatik yapacağı işlemleri elle yapmaları ve listeli SKU'ların var-yok tespitlerini kağıda not almaları istenmiştir. Bu çalışmadan önce ilk olarak satış temsilcilerine bulunabilirlik çalışmasının birebir satışlara olacak faydalarından bahsedilmiştir. 2 hafta süren ve bütün Ankara'yı kapsayan bu ön çalışmadan çok olumlu geri bildirimler alınmış ve satış temsilcileri birebir listeli ürünler

üzerinden böyle bir var-yok çalışması yapılmasının yararı konusunda hemfikir olmuşlardır. Bu çalışma sonunda hem satışların hem de SKU çeşitliliklerinin arttığı gözlenmiştir.

Nisan ayında yazılımın tamamlanmasından sonra bir el terminaline yazılım yüklenmiş ve proje ekibi tarafından test edilmiştir. Yapılan testler olumlu sonuç verdikten sonra pilot uygulama alanı olarak seçilen Ankara'da kullanılan tüm el terminallerine program yüklenmiştir. Yazılımın kullanıcıları olacak satış temsilcilerinin programı öğrenmeleri ve benimsemeleri için ise iki günlük bir eğitim programı düzenlenmiştir. Bu eğitimde rafta bulunabilirliği ölçmenin ve programın işlerine önemli bir ek yük getirmeden satışlarına büyük katkılar sağlayacağı konusunda ikna edilmiş ve programı en hızlı ve verimli nasıl kullanabilecekleri anlatılmıştır.

Uygulamanın ilk birkaç günü test amaçlı değerlendirilmiş ve proje ekibi de uygulamada çıkabilecek sorunları yerinde görmek ve zaman etüdü çalışmalarında bulunmak için satış temsilcileriyle beraber piyasaya çıkmıştır. Piyasaya ziyaretlerinden önce daha verimli olacağı öngörülen barkot okutma yönteminin, ürünlerin raflarda barkotları arkaya gelecek şekilde dizildiğinden verimsizliğe neden olduğu, onun yerine listeden el terminali üzerindeki oklarla ilerlemenin çok daha kullanışlı olduğu gözlenmiştir. Programın kullanılıp kullanılmayacağını belirleyecek olan zaman etüdü çalışmalarına göre, ilk gün için harcanan ortalama süre 6 dakikadır. Bu değerler ve programa alışma ve öğrenme süreci göz önünde bulundurulduğunda programın verimliliği teyit edilmiş ve uygulamaya devam edilmesine karar verilmiştir. Yapılacak zaman etüdü çalışmaları sonucunda bu süreler çok daha aşağıya çekilebilecektir. Daha sonra yapılan zaman etüdü çalışmalarında sürenin 6 dakikanın da altına düştüğü gözlenmiştir. Satış temsilcileri programın sipariş sürecini kolaylaştırdığı, düzenlediği ve rafta olmayan ürünler konusunda farkındalık yarattığını kendileri de yaşayarak gözlemiş, bu da programı benimsemelerini sağlamıştır.

Program 18 Nisan'dan beri satış temsilcileri tarafından kullanılmaktadır. Analiz için yeterli verinin toplanmasından ve programın etkilerinin gözle görülür hale gelmesinden sonra rafta bulunabilirlikte yaklaşık %10'luk bir artışın sağlanması öngörülmektedir. Literatürdeki çalışmaların sonuçları göz önünde bulundurulduğunda rafta bulunabilirlikteki bu artışın ciroya katkısının %5 olması beklenmektedir. Ankara için bu artış yılda \$2.58 milyona denk düşmektedir. Projenin Türkiye genelinde uygulanmaya başlanması ile Unilever'in yıllık satış cirosu paralelinde ciro artışının \$21.5 milyona kadar çıkabilecek potansiyeline sahip olduğu görülmektedir.

Pilot olarak Ankara'da uygulanan programdan gelecek verilerin raporlanmasını ve analizini sağlayacak ve gelecek verilere göre aksiyon

alınmasını sağlayacak ek yazılım ise tüm Türkiye’de uygulanabilecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Program, İstanbul merkez ofiste bulunan ana sunucular üzerinden çalışacak ve raporlamalar bütün Türkiye’den gelen verilerin merkez ofiste işlenmesiyle gerçekleşecektir.

7. Genel Değerlendirme

Projenin amaçları olan rafta bulunabilirliği ölçecek yöntem geliştirilmiş ve uygulamaya sokulmuştur. Rafta bulunmamanın sebepleri ağırlıklarına göre belirlenmiş ve rafta bulunabilirliği artıracak yöntem ölçüm yöntemiyle örtüştürülerek rafta bulunabilirlikte ortalama %10, ciroda ise yılda yaklaşık \$2.58 milyonluk artış sağlanması öngörülmektedir.

7.1. Projenin firmaya getirdiği katkılar

Bir senelik bir çalışmanın ürünü olan bu proje, şirket hedeflerini karşılaması açısından Unilever için çok uygun bir sistemdir. Projenin şirkete kazandırdığı tüm katkılar ana katkılar ve yan katkılar olarak sınıflandırılabilir:

Ana Katkılar:

- Unilever, Ankara’daki BA1, BA2, BK ve BM kategorisindeki satış noktalarında her zaman için rafta bulunabilirlik değerlerini görebilme avantajına sahip olabilmektedir. Dolayısıyla artık Unilever için ölçülebilir bir rafta bulunabilirlik söz konusudur.
- Unilever ürünlerinin rafta bulunmamasının en büyük sebebi olan takip problemi, diğer bir deyişle satış temsilcisinin ve market sahibinin bitmiş ürünü gözden kaçırması ihtimali ortadan kaldırılmıştır.
- Satış temsilcilerinden izlemeleri gereken ideal sipariş alım sürecindeki bitmiş ürün bilgilerinin kaydedilmesi, kağıtlar yerine el terminallerine aktararak sürecin tam olarak işlemesi ve sistematik bir hale gelmesi sağlanmıştır.
- MAE’lerin (Market Aktivite Elemanı) satış müfettişlerinin kontrolünde sürekli yapmış oldukları penetrasyon çalışmaları (Rafta bulunabilirlik ölçümlemesi çalışmaları) artık tek bir yerde depolanır hale getirilerek sonuçlar sadece çalışmayı yaptıran satış müfettişinin değil tüm Unilever’in yararlanabileceği hale gelmiştir.

Yan Katkılar:

- Satış noktalarının öncelikli olarak bulundurması gereken SKU listeleri oluşturularak müşteriye cebindeki parasını hangi ürüne harcaması gerektiği bilgisi verilmiş, dolayısıyla da marketlerdeki çeşitlilik artmıştır.
- Uniweb’den (merkezi sistem) SKU’lara, müşterilere, promosyon sınıfına, satış temsilcilerine göre rafta bulunabilirlik ölçümleri mümkün hale gelmiş, bu sayede olası rafta bulunabilirlik yükseliş

veya düşüşlerine göre planlamaya gitme ve aksiyon alma olanağına sahip olunmuştur.

- Satış temsilcisi müşterideyken teker teker katalogdaki ürünleri tarama probleminden kurtulmuş, rafta olması gereken ürünün satışına odaklanabilir hale gelmiştir.
- Unilever, rafta bulunabilirliği ölçmek için ekstra maliyetlere ve zaman kayıplarına girmekten kurtulmuştur.

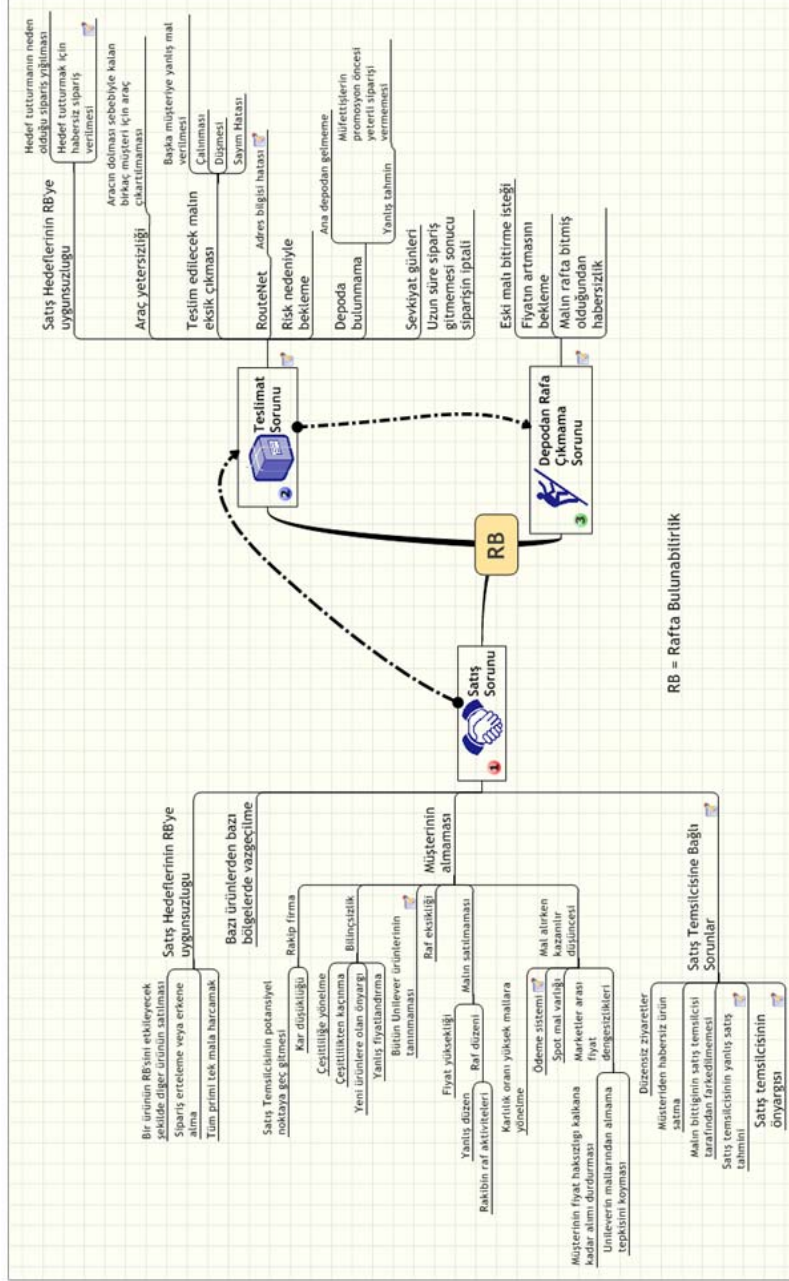
7.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

El terminali yazılımı şu anda yetkin olduğu BM/SM(Büyük/Süper Market) ve KA (Key Account) kategorilerinde kullanılmamaktadır. Bunun yanında sadece Ankara’da ve sadece BA (Bakkal) kategorisinde uygulanmaktadır. Bu bilgiler ışığında projenin ileriye dönük geliştirme olanakları şu şekilde sıralanabilir:

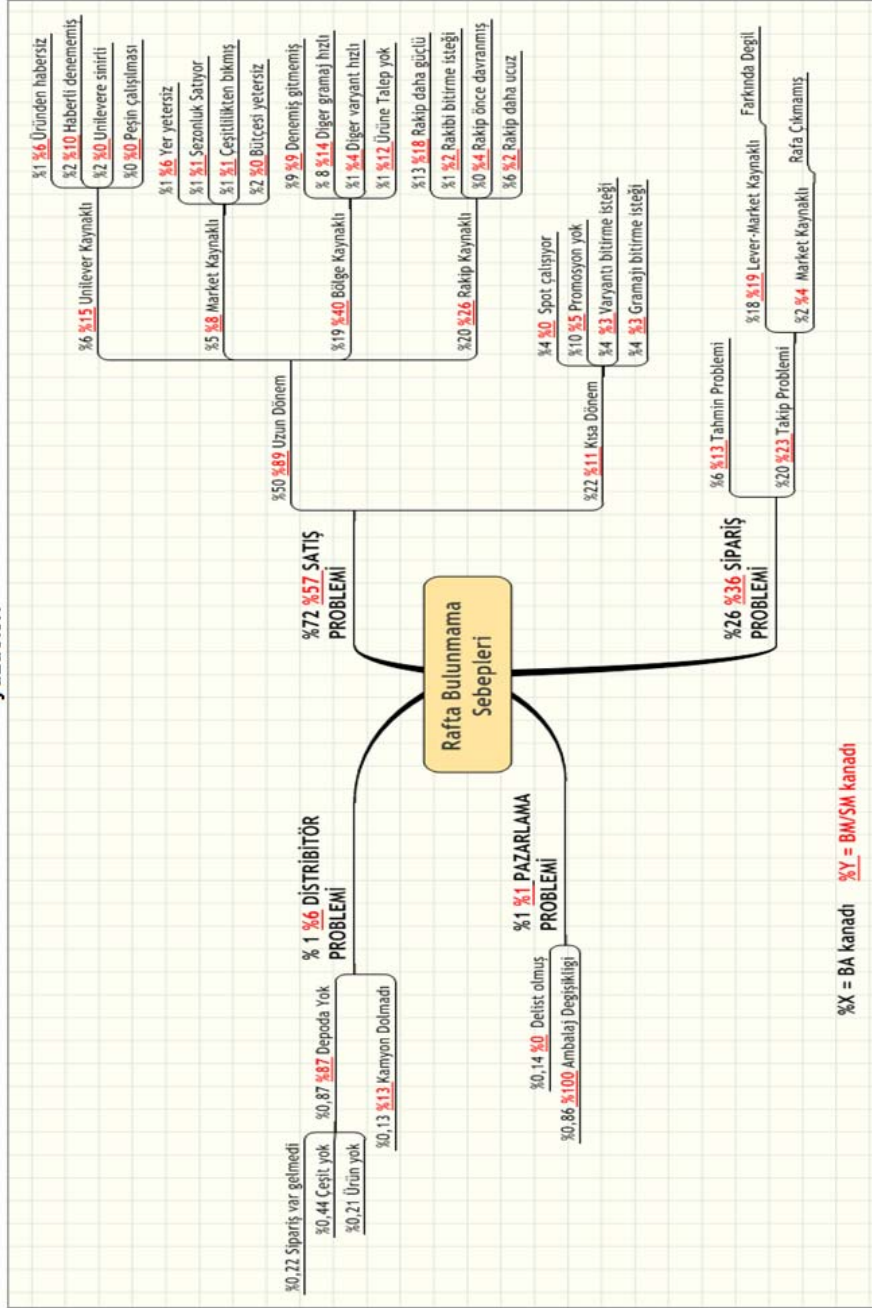
- El terminali yazılımı istendiği zaman BM/SM ve KA müşteri türlerinde kullanılabilir, bu sayede rafta bulunabilirlik sonuçları daha kapsamlı hale gelebilir.
- Program birkaç küçük düzenlemeyle sadece Ankara’da değil tüm Türkiye’de kullanılır hale getirilebilir ve bu sayede hem şehir şehir hem de tüm ülkede Unilever ürünlerinin rafta bulunabilirlik açısından analizi yapılabilir.
- Alınacak stok seviyeleriyle müşteriler için optimum stok seviyeleri ek bir yazılımla rahatlıkla hesaplanabilir. Dolayısıyla stokta bulunan ürün miktarına ve bir sonraki teslimat zamanına dek optimum sipariş miktarı da rahatça bulunabilir.
- Şu an satış temsilcileri ve satış müfettişleri için kullanılan hedef sistemi tamamen rafta bulunabilirliği artıracak şekilde tekrar düzenlenebilir. Diğer bir ifadeyle rafta bulunabilirlik çıktıları hedef sistem için iyi bir girdi olabilir.

EKLER

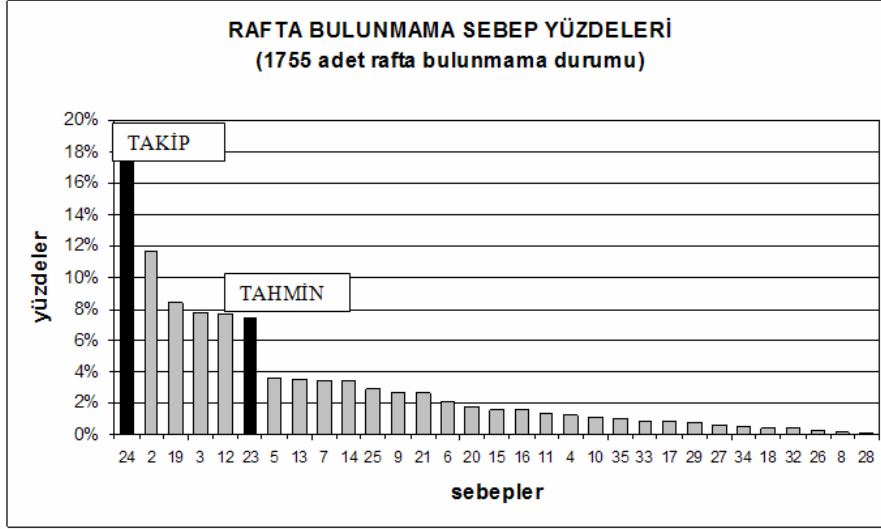
Ek 1. RB (Rafta bulunabilirlik)



Ek 2. Rafta bulunmama sebepleri ve yüzdeleri



Ek 3. Rafta bulunmama sebep yüzdeleri



Ek 4.

OSA - OSA Kriter Seçim Ekranı - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Address: http://univpn:88/univweb/osa_sec7but=skriter=18bolge=01

Tarih Aralığı (gg-aa-yy): 18-04-2006 / 19-04-2006

Hiyerarşi: **SAP Kodu:**

Bölge: 10 - BATI **Distribütör:** 101300 - ZİRVE GIDA

Promosyon Sınıfı: BA - BAKKALA
BA1 - GT BAKKAL (SILVER)
BA2 - GT BAKKAL (BRONZE)
BK - GT KEYACCOUNT (GOLD)
BM - GT MARKET (SILVER)

İlçe:

PSE: SUP-001468 MURAT DEMIRKIRAN **Müşteri No:** UL

Rapor Türü: OSA - Müşteri Bazında OSA Bilgileri **Brand:** HEPSİ

[OSA Raporları](#)
[Unidis Raporları](#)
[Ana Menü](#)

Done

start Microsoft Outlook ... http://webserver/... OSA - OSA Kriter S... SAP(1) - 152.109... ALFATURA TR 09:41