

Proje Ekibi

Ayşe Naz Güvez
Ece Sude Kılıç
Irmak Pehlivan
Selin Güngör

Şirket Danışmanı

Alptekin Demiray

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Kamyar Kargar

PROJE ÖZETİ

Ortadoğu Rulman Sanayi (ORS), 1982 yılında üç farklı kitanın merkezinde kurulmuş, mükemmel kalitesi, yüksek üretim ve bilgi sistemleri, üst düzey tasarım uzmanlığı, deneyimli kadrosu ve müşteri odaklı stratejisi ile bir rulman üreticisidir.

Proje kapsamında firmanın hem akıllı depo düzeni hem de sevkiyat sistemi incelenmiş, yapılan gözlemler ve görüşmeler doğrultusunda firmanın akıllı depo sevkiyat sürecinde sürecin verimliliğini doğrudan etkileyen bazı sorunlar yaşandığını tespit edilmiştir. Firmanın mevcut yaşadığı asıl probleme haftalık olarak sunulan akıllı depo sistemi sevkiyat planlamasının yetişememesi olarak karar verilmiştir. Firmanın hali hazırda içinde bulunduğu mevcut sistem incelendiğinde; firmanın haftalık teslim edilmesi gereken işlerin tamamına dair kararların depoda çalışanlar tarafından alındığı gözlemlenmektedir. Bu da çalışanlara sadece kaç adet ürünün ne zamana yetişeceği bilgisi verildikten sonra çalışanların tamamen tecrübelerine dayanarak yazılı olmayan bir planla anlık kişisel kararlarla işleri gerçekleştirdikleri anlamına gelmektedir. Mevcut düzen tamamen tecrübeye dayalı olup, mevcut çizelgenin hazırlanmasında herhangi bir modelleme veya matematiksel hesaplamalarda kullanılan herhangi bir yazılım bulunmamaktadır. Dolayısıyla, tüm bunların sonucunda haftalık siparişler yetişmemektedir. ORS'nin mevcut sistemi ve de yaşadıkları problem açık olmakla birlikte firma hâlihazırda bu problemi çözmekle ilgili bir uygulama gerçekleştirmemiştir. Proje kapsamında firmanın içinde bulunduğu mevcut işleyişinin tecrübeye dayalı düzenden arındırılması ve akıllı depo sistemi sevkiyat planlamasının optimizasyonu hedeflenmiştir.

Yapılan tüm gözlemlerden, görüşmelerden ve fikir alışverişlerinden sonra, firmanın eksikliğini çektiği haftalık akıllı depo planlama sevkiyat çizelgesi hazırlamak amacıyla, firmanın haftalık siparişlerinin yetişmesini sağlayacak ve bunu en optimum yolla gerçekleştirecek bir modelin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Oluşturulan model işçilerin ve robotun işlem sürelerini birbirinden ayıran hem temel talep kısıtını, hem robotların kapasite kısıtını göz ardı etmeyecek ve teslim tarihlerin aşılmaması şartıyla her işin mutlak suretle bitmesini sağlayacak şekilde, her bir işin hazırlanmasında geçen toplam maksimumun zamanın en aza indirilmesi amaç fonksiyonu ile optimal bir çizelge elde edilmesini sağlamıştır.

Çalışmada kurulan model GAMS yazılım programı aracılığıyla doğrulandıktan sonra, ki bu aşama da sistemde oluşabilecek çeşitli senaryolar kontrol edilip optimizasyon modelinin doğru olduğundan emin olmak adına fizibilite limitlerini kontrol edilmiştir, modelin ara yüzle birleşmesini sağlayabilmek adına GAMS yazılım programı kodu Python'a aktarılmıştır. Bu yazılımlar sayesinde, çizelgeleme sistemi, çalışanların deneyimine dayalı manuel bir sistemden otomatik ve daha hızlı bir sisteme aktarılmıştır.

ORS firması için çalışılan “Akıllı Depo Sistemi Sevkiyat Planlama Optimizasyonu” projesinin amaçlarından biri de tüm çalışmaların sonucunda, en uygun karar destek araçlarını son adımda devreye sokarak projeyi en faydalı şekilde tamamlamak olmuştur. Bu amaca iki farklı karar destek aracı tercih edilerek ulaşılmıştır; ilki, modeli desteklemek ve tüm çabayı şirket için daha kullanışlı ve görünür kılmak için hazırlanmış bir ara yüz, ikincisi ise firmadan alınan geri dönütler ile, zaman zaman özellikle acil işler çıktığında öznel kararlarda aldıkları gerçeğiyle, bu zamanlarda yararlanmaları için

öncelik sıralamasına karar vermede yardımcı olabilecek iyi bilinen bir yöntem olan 'Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)'dir. Her iki karar destek aracı da projeye başarılı bir şekilde dâhil edilmiştir. Ara yüz; firmanın haftalık işlerle alakalı tüm gerekli bilgileri girebileceği ve çalıştırılması sonucunda ise Excel sayfasında o haftanın her bir işinin hangi sırayla, hangi robota yapılmasını kapsayan haftalık çizelgesini görebileceği şekilde sonuçlanmıştır. AHP ise; firmanın öznel kararlar vermesi gerektiği zamanlar için müşteri önceliğini etkileyen tüm kriterleri sıralamıştır. Proje geliştirilen deterministik modelin yazılım programlamalarına aktarılması ve de karar destek araçlarıyla desteklenmesiyle hedefine ulaşarak tamamlanmıştır.

Sonuç olarak, ORS ile gerçekleştirilen "Akıllı Depo Sistemi Sevkiyat Planlama Optimizasyonu" projesinde firmanın mevcut sevkiyat planlaması çalışanın deneyimine dayalı bir sistemden zamanın ve kaynakların daha verimli kullanıldığı, robotların boşta kalma sürelerini minimize edebildiği, kullanıcı ara yüzü desteği ile günlük iş yükünü ve çalışanların fazla mesai ihtiyaçlarını tahmin edebildiği otomatik, hızlı ve en optimal planlamayı oluşturan bir sisteme dönüştürülmüştür. Çalışma süresince görülmüştür ki firmanın yaşadığı haftalık sevkiyatların yetişmeme ana probleminin sebebi mevcut sistemin işleyiş tarzıdır, herhangi bir otomasyona bağlı olmayan sadece tecrübeye dayalı bir sistem, firmanın sadece Gurobi lisansını alarak kullanabilecekleri yukarıda anlatılan projeyi hem sevkiyat çizelgelerin yetişmesini sağlamak hem de planlamanın en optimum şekilde olmasını gerçekleştirmek için uygulaması kuvvetle önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı depo sistemi sevkiyat planlama çizelgesi, Karar destek araçları, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

AYIRICI BÖLÜMÜ HAT DÜZENLENMESİ
EMEK ELEKTRİK

Proje Ekibi

Alper Özer
Doğuhan Özdemir
Hüseyin Batuhan Arı
Begüm Pektaş

Şirket Danışmanı

Nurkan Aktaş

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Kamyar Kargar

PROJE ÖZETİ

Emek Elektrik Endüstrisi A.Ş. bağımsız, uluslararası çalışan bir ölçü transformatörleri üreticisidir. Güvenilir ve yüksek kalitede ürünleri yerel ve uluslararası laboratuvarlarda defalarca test edilmiştir. Deneyimi yarım asırdır sistemde çalışan transformatörler ile sağlamlaşmış, her geçen gün kendini geliştirmiş ve yenilemiştir.

Emek Elektrik Endüstrisi A.Ş. 250 çalışanı ile, Ankara'da kurulu 27bin m² açık, 11bin m² kapalı alanlı tesislerinde faaliyet gösteren orta ölçekli orta-yüksek teknolojide ürünler üreten bir firmadır. 2019 itibarıyla 118 ülkeye ihracat yapmakta ve gelişen ülke pazarlarını yakından takip ederek gerek ulaştığı ülke, gerek müşteri ağı, gerekse büyümesini gün be gün arttırmaktadır.

Emek Elektrik Endüstrisi A.Ş.'nin faaliyet konusu, Transformatör, Kondansatör, Ayırıcı ve Elektromekanik teçhizatın üretim, test, pazarlama ve satışı ile yeni üretim alanları yaratmak için araştırma ve geliştirme faaliyetleridir.

Hat dengelemesi yapmaya çalışılan Emek Elektrik Endüstri A.Ş.'nin herhangi bir düzenli işleyen üretim hattı bulunmadığı gözlemlenmiştir. Üretim sipariş üstüne yapılmaktadır ve üretim hattında bu zamana kadar herhangi bir ölçüm yapılmamıştır. Üretimde çalışan operatörlerin sayısı sabit değildir. Mevcut iş yoğunluğuna göre diğer departmanlardan operatör alımı yapılmaktadır ve üretimin verimliliği ve kapasitesi tam olarak belirlenmemiştir. Emek Elektrik Akyurt Tesis'i'ne gitmeden önce yapılan varsayımlardan, çalışanların yaptıkları işe tam olarak yatkınlıklarının bir fark yaratıp yaratmayacağı dahi göz önünde bulundurulmuştur. Ancak bu şirketin istediği bir şey değildir, kendileri çalışanların her işe yatkın olmalarını tercih etmişlerdir. Hattın dengelenmesi problemini daha iyi anlayabilmek için de önce U şekilli hat tasarımı kullanılmıştır. Arena yazılım programı üzerinden de yine yapılan araştırmaların ardından varsayımda bulunan değerler ile bir model oluşturulmuştur. Bu varsayımların ardından sistemi dengelemek ve optimal şekilde çalışmasını sağlamak için gereken çalışmalar firma ile yürütülmüştür.

Şirketin çalışılan departman ile ilgili herhangi bir çalışması yoktur. Bu problemin bir endüstri mühendisliği öğrencisi açısından çözümüne yönelik, ilk olarak ayırıcı üretim bölümüne gidilerek firmanın seçtiği bir ürün üzerinde, operasyonların operatörler tarafından ne kadar zamanda gerçekleştiği belirlenmiştir ve gereken ölçümler yapılmıştır. Bağımlı ve bağımsız değişkenleri baz alarak gereken istasyon atamaları yapılmıştır. Literatür taraması sonucunda, probleme en uygun matematiksel model kullanılmıştır. Problemdeki kısıtlar modele aktarılmıştır. Ayırıcı bölümünün üretim kapasitesini belirlemek için elde edilen istatistikler GAMS yazılım programına aktarılmıştır.

Elde edilen sonuçlarda üretim kapasitesinin sınırlandırıldığı ve üretimde dar boğaza sebep olan faaliyetlerin önüne geçilemediği görülmüştür. Elde edilen modelde, operatör sayısı değiştirildiğinde olacak değişimler hesaplanarak optimum nokta tespit edilmeye çalışılmıştır.

Emek Elektrik Endüstrisi A.Ş., modelden elde edilen sonuçları kullandığı takdirde maliyet ve zaman açısından kazanımlar elde edecektir. Operatör sayısının süreçte yarattığı farklılıktan dolayı şirket, üretim süreci boyunca kullanacağı kaynakları modelden yola çıkarak karar verebilir. Aynı zamanda vereceği bu karar yardımıyla maliyeti düşürebilir. Yapılan çalışma sonucunda çevrim süresi %25 kadar azalacaktır.

Şirketin vizyon ve misyonunu göz önünde bulundurarak, Emek Elektrik Endüstri A.Ş.'de hat dengeleme çalışmaları yapılmıştır. Üretim alanındaki düzensiz işleyiş, üretim kapasitesinin tam olarak bilinmemesi, iş yoğunluğuna göre operatörlerin üretim planlamada farklı roller üstlenmesi gibi problemler baz alınarak, şirketin ayırıcı hattı dengelenmiş ve şirket ile paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hat dengeleme, darboğaz, U şekilli hat tasarımı



DEPO YERLEŞİM OPTİMİZASYONU
FNSS

Proje Ekibi

Doğa Can Akyol
Bensu Gökmen
Damla Ardıç
Selin Salcı

Şirket Danışmanı

Selin Deniz
Planlama ve Envanter Kontrol, Malzeme Planlama Mühendisi

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Vedat Bayram

PROJE ÖZETİ

Sistem çalışması, FNSS firması için malzemelerin ve bu malzemelerin kullanıldığı ürünlerin sürekli bir akış içinde olması demektir. Bu akışta firma, kendisi için gerekli olan parçaların tedarik aşamasını ve tedarik sonrası prosedürleri de takip etmektedir. Tedarik edilen parçalar sezgisel olarak belirli gruplamalara (proje grubu, istasyon grubu) göre depo içine yerleştirilmektedir. Belli gruplara üyelikleri olan parçaların uygun şekilde konumlandırılmaması bu parçalar depodan toplanırken zaman ve işgücü kaybı gibi sistemin genel verimliliğini etkileyen sorunlara neden olmaktadır. Bu noktada beraber çekilmesi gereken parçaların depo alanlarına uygun şekilde, sayıda yerleştirilmesi ve içerikleri göz önünde bulundurularak yapılması işlemleri önem taşımaktadır. Firma bünyesinde ortaya çıkan veya çıkması muhtemel sorunlar arasında ürün talebine yönelik parça toplama sürecindeki sürecin uzun sürmesi ve buna bağlı olarak sistemin iç işleyişi yer almaktadır.

Projenin amacı, depoya yeni gelen ürünleri depodan çekilirken en kısa sürede toplanmasına imkan verecek şekilde depo içine yerleştirmektir. Depo konumlandırma problemi, sipariş toplama sürelerini azaltarak hangi depolama alanlarının kullanılacağına ve hangi ürünlerin hangi depolama alanlarına yerleştirileceğine karar verir. Projenin amaçları, kullanılan depolama alanlarının sayısını, aynı projeye ait olan ürünlerin arasındaki mesafeyi ve aynı istasyon gruplarına ait ürünler arasındaki mesafeyi azaltmaktır. Bu kapsamda doğrusal olmayan karışık tamsayılı bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Çalışma için belirlenen performans kriterleri, sipariş toplama süresi ve çalışanların ürünleri toplamak için depoda kat ettikleri toplam mesafe olarak belirlenmiştir. Problem GAMS yazılımı ve arayüzü aracılığıyla ve Cplex çözücüsü kullanılarak çözülmüştür.

Problemin çözümü, ürünlerin atandığı depolama yerlerini, depolama yerlerine atanan ürünlerin miktar bilgisini ve hangi depolama yerlerinin kullanıldığını içermektedir. Çalışmanın sonunda, depo için yeni bir yerleşim düzeni elde edilmiştir. Geliştirilen bu model ile birlikte çekilme sıklığı yüksek, aynı proje grubuna ve istasyona üyeliği olan parçalar arasındaki mesafenin azaldığı ve operatörlerin depoda geçirdikleri sürenin azaldığı gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında, önerilen çözümle sistemde %83,18 oranında iyileşme olacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Depolama yeri ataması, Depo yerleşim optimizasyonu, Doğrusal olmayan karışık tam sayılı programlama



DEPO YERLEŞİM PLANI OPTİMİZASYONU
TIRPORT

Proje Ekibi

Kaan Altan
Mert Başbarut
Murat Deniz

Şirket Danışmanı

Şeyda Nur Boztepe
İş Analisti

İsa Çağlar
İş Analisti

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ali İrfan Mahmutoğulları

PROJE ÖZETİ

TIRPORT sahip olduğu konum tabanlı teknolojiler ve geliştirdiği kişiselleştirilmiş iş modelleri ile sürücülerin uygun yüke saniyeler içinde ulaşmasını sağlayan, nakliye firmalarını, yük veren fabrika ve şirketleri, taşıma kooperatiflerini buluşturan, lojistik operasyonların etkili bir şekilde yönetilmesi ve denetlenmesine imkan sağlayan dijital bir buluşma yeri olup, öncelikli hedefi yük verenleri TIRPORT onaylı güvenilir sürücülere ulaştırmak ve sürücülerin daha iyi şartlarda hayatlarını sürdürebileceği bir topluluk (TIRPORT Community) yaratmaktır.

Bu projede TIRPORT'un lojistik sektöründeki know-how'ı kullanılarak "depo yerleşim planı optimizasyonuna" yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Projede amaç, depoya ürünleri en kısa yolu kat ederek nasıl yerleştirilebileceğini bulmaktır. Aynı zamanda, depo içinde ürün taşıma sürecinde verimliliği artırarak enerji tüketimini en aza indirmek ve zamandan tasarruf edilmesi amaçlanmıştır.

Depo yerleşim planı için gezgin satıcı problemi (GSP) formülasyonunu temel alarak bir optimizasyon modeli geliştirdik. Bu modeli, GSP formülasyonu ve aynı zamanda en yakın komşu algoritması ayrı ayrı kullanılabilir olmak üzere Python üzerinde çalışacak şekilde oluşturduk. Bu modelle birlikte, sipariş edilen ve depo içerisine yerleştirilecek olan ürünleri en kısa mesafe kat edilecek şekilde yerleştirmeyi hedefledik. Farklı sipariş listelerinde olan aynı ürünleri birlikte taşınacak şekilde yerleştirilip, en uygun rota hesaplanmaktadır. Ayrıca, ürünler talep miktarına göre depo girişine en yakın olacak yerleştirilmektedirler. Böylece, gelen her sipariş için en uygun rotalama ve atama gerçekleştirilmektedir.

Geliştirilen modelle gerçekleştirilen vaka analizlerinden yola çıkarak en uygun atama ve rotalama verisine ulaşılabilindiği sonucuna varılmıştır. Yazılan Python koduyla beraber, deponun büyüklüğü değiştirilebildiği gibi yeni sipariş eklemeleri de yapılabilmektedir. Bu açıdan, farklı türden depolar için kullanılabilecek esneklikte bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Depo Yerleşim Planı, Gezgin Satıcı Problemi (GSP), En Yakın Komşu Sezgiseli, Rotalama ve Atama

Proje Ekibi

Öykü Saraçoğlu
Hazal Düger
Elif Melek Mutlum
Bora Gökbayır

Şirket Danışmanı

Ergün Yıldırım
Teknik Değişiklik Yöneticisi

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Vedat Bayram

PROJE ÖZETİ

MAN Türkiye A.Ş. (MANAŞ), Almanya merkezli ağır ticari araç üreticisi MAN Truck & BUS AG' nin Türkiye bölümüdür. Şirket 1966 yılında MAN ve Ercanlar A.Ş. MAN Kamyon ve Otobüs Sanayi A.Ş. arasında ortak girişim olarak kurulmuştur. Şirketin merkezi ve fabrikası Ankara Akyurt'ta bulunmaktadır.

MAN Türkiye A.Ş.' de sapma, üretimde kullanılan bir parçada meydana gelen bir değişiklik olarak tanımlanmaktadır. Sapma sistemi işleyişinde, sapmaların Teknik Onay Departmanı tarafından sisteme yazıldığı ve yazılan sapmaların uygulanma zamanının ilgili çalışanlar tarafından belirlendiği gözlemlenmiştir. Bu sistemde, sıklıkla farklı parça tipleri için sapmalar yazıldığı ve bunların zaman zaman yüksek hurda miktarları ve maliyetlerine yol açabildiği görülmüştür. Firma bu sistem içerisinde uygulama zamanlarına insan eli ile karar verdiği için hurda miktarını azaltıcı optimum uygulama zamanını seçmek için endüstriyel bir sisteme ihtiyaç duymaktadır. Firmada satın alma kararları ve miktarları meydana gelecek sapmalar göz önüne alınarak verilmeye çalışılsa da parametrelerin fazlalığı sebebi ile yüksek hurda miktarları ile karşılaşılma potansiyeli vardır. Firma sapma uygulama kararlarını mümkün olduğunca geciktirerek ve böylece stoktaki parça miktarını eriterek yüksek hurda miktarını tecrübi olarak azaltmaya çalışmaktadır. Ancak sapma uygulama kararları sadece zararı azaltmaya yönelik bir tedbir olacağı için tek başına sistemin işleyişini iyileştirmeye yeterli olmayıp, sistemin en iyi işleyişi için parçanın ilgili tüm maliyetlerini (satın alma, sabit sipariş ve hurda maliyetleri) ve sapma belirsizliğini dikkate alan ve satın alma, envanterde bulundurma ve sapma uygulama kararlarını birlikte optimize eden bir karar destek mekanizmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada böyle bir karar destek mekanizmasının altyapısını oluşturacak bir matematiksel optimizasyon modeli geliştirilmiştir.

Parçaların satın alma maliyetlerinde ölçek ekonomisini temsil eden bir parçalı doğrusal içbükey fonksiyon kullanılmıştır. Geliştirilen optimizasyon modelinde amaç, satın alma maliyetleri, elde tutma maliyetleri ve hurda maliyetlerini içeren toplam maliyeti minimum seviyeye indirmektir. Model satın alma zaman ve miktarlarına, envanter seviyelerine ve sapmanın uygulanma zamanına birlikte karar vermektedir. Problem GAMS yazılımı ve arayüzü aracılığıyla ve Cplex çözücüsü kullanılarak çözülmüştür.

Modelin aldığı kararlar sonucunda sapmayı yazan teknik sorumlunun olası sonuçları öngörebilmesi ve ilgili hurda maliyetlerini insan eli ile hesaplamasına gerek kalmadan görebilmesi sağlandığı gibi model aynı zamanda tecrübesiz mühendislerin sürece hâkim olabilmesi adına yardımcı bir karar destek mekanizması oluşturmaktadır. Sapmanın optimal zamanda uygulamaya geçirilmesi, şirketin elindeki stokları en fazla seviyede tüketmesine ve parçalara bağlı maliyetlerin en aza indirilmesine, üretim aşamasındaki saklama ve sipariş maliyetlerini en alt seviyede tutmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, geliştirilen karar mekanizması bu maliyetlerin hesaplanma süreçlerinde görev alan satın alma, lojistik ve teknik onay gibi birimlerdeki iş yükünde de bir azalma ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sapma sistemi, Sapma uygulama zamanı optimizasyonu, Satın alma ve envanter optimizasyonu

**FİNANSAL ORAN TAHMİN ARACI - KOVAN
HAVELSAN**

Proje Ekibi

Ecesu Demirtaş
Elif Kalkan
Fatma Aybüke Babacan

Şirket Danışmanı

Efe Saltık (İş Süreçleri Mühendisi)

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ali İrfan Mahmutoğulları

PROJE ÖZETİ

HAVELSAN, bir Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı şirketi olarak 1982 yılında kurulmuştur. Tecrübesi, uzman kadrosu ve yüksek teknoloji tabanlı yazılım ağırlıklı özgün çözüm ve ürünleri ile Türkiye'nin en büyük yazılım şirketlerinden biridir. HAVELSAN; komuta kontrol ve savunma teknolojileri, eğitim ve benzetim teknolojileri, bilgi ve iletişim teknolojileri, iç güvenlik ve siber güvenlik çözümleri üretmektedir.

HAVELSAN, dünyanın en başarılı yüz savunma sanayii şirketinin yer aldığı “Defense News Top 100” listesinde yer almaktadır. Şirketin büyüklüğü 300 milyon USD ve AR-GE çalışmaları için yapılan harcamaları yaklaşık 450 milyon TL civarındadır. Onaylı beş AR-GE merkezi bulunmaktadır. Simülasyon/Simülatör teknolojileri ile dünyada ilk beşte ve ISO500'de 153. sırada yer almaktadır.

HAVELSAN, kamu kurumları, askeri kurumlar ve özel sektör firmalarının kurum içi iş süreçlerinin güvenilir, kolay ve izlenebilir yönetimi için ilk yerli ve milli ERP sistemi olan KOVAN'ı geliştirmeye başlamıştır. Bu sistemin oluşturulmaya başlanması altında yatan en temel faktör ülkemizin yerli ve milli bir ERP programının olmaması ve bu durumun bazı önemli sorunlara neden olmasıdır. Bu sorunlardan birkaçı aşağıdaki gibidir:

- Türkiye'de ERP yazılımı kullanan tüm firmalar başta SAP olmak üzere yabancı kaynaklı ERP programları kullanmaktadır. Bu durum, şirketler bu sistemleri kullanırken dolaylı olarak yurt dışına veri aktarımı sağlanmasından dolayı birtakım güvenlik sorunlarına olanak sağlayabilir. Özellikle Türk Savunma Sanayii bünyesindeki firmalar için oldukça kritik olan bu durum; veri gizliliği anlaşmaları imzalanmış olsa da herhangi bir uluslararası siyasi durumda gizliliğe yönelik bir tehdit teşkil edebilir.
- Yabancı kaynaklı ERP programları -özellikle SAP- kapsamlı ve başarılı programlar oldukları için oldukça pahalıdır ve döviz kuru üzerinden satın alınmaktadır. Ek olarak satın alma sonrası uygulama içi ücretler nedeniyle çok yüksek maliyetlere tekabül etmektedir.
- Kullanımı zor ve karmaşık olan SAP sisteminin kullanımı sırasında olası hataların artmasıdır. Öğrenmesi zor olduğu için kullanıcıya zaman, firmaya da para kaybettirir.

Tüm bu sorunların üstesinden gelebilmek ve yerli ve milli bir ERP sistemine sahip olmak amacıyla HAVELSAN, KOVAN projesini başlatmıştır. Projede yer alınan bölüm olan finans bölümü, ilk olarak KOVAN'da kurulması hedeflen üç temel bölümden biridir. Üzerinde çalışılan proje ise KOVAN için bir “Finansal Oran Tahmin Aracı” oluşturmaktır.

Proje kapsamında tasarlanan “Finansal Oran Tahmin Aracı”nın temel amacı, tahminleri gerçekleştirilen bir sonraki dönemin finansal oranlarının gerçek değere olabildiğince yakın bir tahmin çıkarmasıdır. Bir diğer deyişle hata payını en

aza indirmektedir. Bu bağlamda ilk olarak şirketlerin finansal verileri Kamuoyu Aydınlatma Platformu (KAP) üzerinden çekilmiştir ve ilgili finansal oranlar (Cari Oran, Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar/Kaynak (Pasif) Toplamı Oranı ve Stoklar/Dönen Varlıklar Oranı) 2009-2020 yılları arası için 3 aylık, 6 aylık, 9 aylık ve yıllık olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler, her 12 şirket için ayrı ayrı csv dosyaları içerisinde toplanmıştır. Daha sonrasında, Finansal Oran Analizi Aracı'nın algoritması oluşturulması için kullanılacak tahmin modelleri ve program dili belirlenmiştir. Finansal oran analizi için oluşturulacak araçta Simple Exponential Smoothing, Linear Regression, Moving Average, Holt-Winters ve Autoregression tahmin modelleri Python yazılım dili kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan veri setleri, daha iyi bir analiz yapılabilmesi için veri setinin mevsimselliği bozulmadan Python üzerinden genişletilmiştir. 12 şirketin finansal oran verilerini içeren bu csv dosyaları, oluşturulan algorithmada çalıştırılıp elde edilen tahmin değerleri not edilmiştir. Kullanılan modellerin hata paylarını karşılaştırmak amacıyla tahmin değerleri ve orijinal değerler kullanılarak Mean Square Error (MSE) hesaplaması yapılmıştır. Sapmaların daha iyi gözlemlenebilmesi amacıyla da 2 boyutlu grafik Python kullanılarak çizilmiştir. Bu yapılan işlemler sonucunda da programın kullanıcılarına elde edilen sonuçları tek bir çıktıyla analiz etmesi sağlanmıştır.

Finansal Oran Tahmin Aracı'nın ilgili verilerle çalıştırılması ile elde edilen sonuçların grafik ve MSE ile analiz edilmesiyle birlikte modellerin çok düşük hata payına sahip oldukları görülmüştür. Modellerin, firmalar arası ve sektörler arası hata paylarında değişimler olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun sebebinin de farklı firma ve sektörlerde değişkenlik gösteren mevsimsellik ve/veya trend özellikleri olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılmış olan araç çalıştırıldığında tüm modellerin vermiş olduğu tahmin değerleri, MSE değerleri ve grafiği kullanıcıya sunulduğundan, kullanıcı bu beş modelin verdiği sonuçları ayrı ayrı görebilmektedir ve modeller arası hata payı karşılaştırması yapabilmektedir. Bitirme projesi kapsamında, 12 şirketin 2009-2020 arası verileri uygulamanın analizi için kullanılmıştır. Uygulama tüketici kullanımına sunulmadan önce HAVELSAN tarafından daha geniş veri setleriyle çalıştırılıp analizleri yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: Finansal Oran Tahmin Aracı, Simple Exponential Smoothing, Linear Regression, Moving Average, Holt-Winters, Autoregression

**Last Mile Warehousing
TIRPORT**

Proje Ekibi

Bora Kaan Sarıözlü
Eda Demirci
İbrahim Bilal Zorlu
Ozan Kartal

Endüstri Mühendisliği
TED Üniversitesi
06420 Ankara

Şirket Danışmanı

İsa Çağlar
TIRPORT İş Analisti

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Vedat Bayram

PROJE ÖZETİ

TIRPORT, yük veren ve yük taşıyanları dijital bir platformda birleştirerek; Kamyonculara kendilerine uygun yüklere anında erişim olanağı sağlayan, yük verenlere ise yüklerine uygun binlerce kamyoncuya erişerek yüklerin uçtan uca gerçek zamanlı görünürlüğünü sağlayan dijital bir platformdur. Lojistik, bilişim, teknoloji, taşımacılık, nakliye, son kilometre taşımacılığı, SaaS (Servis olarak yazılım), TIRPORT'un müşterilerine sunduğu ürün ve hizmetleri arasındadır.

Bu çalışmanın ana hedefi, İstanbul içerisinde (Avrupa ve Asya yakaları olmak üzere) matematiksel modelleme aracılığıyla tesis yerleştirmeleri yapılarak (Ana depolar ve Last Mile Warehouse- LMW) müşteri tarafından talep edilen ürün veya ürünlerin 30 dakika içerisinde hızlı ve eksiksiz bir şekilde teslimat noktasına ulaştırılmasını sağlamaktır. Bahsi geçen "Last Mile Warehouse", şehir içinden müşterilere hızlı teslimatı sağlamak için oluşturulan Asya ve Avrupa yakalarında konumlandırılan depolara verilen genel isimdir. Bu depolar oldukça basit bir sıralama ile hizmet vermektedir. Lojistik operasyonları, iki yakanın da dışında konumlandırılmış olan ve müşteri taleplerini karşılayabilecek kadar yüksek kapasitelere sahip, tedarikçi veya büyük depoların ilgili ürünleri LMW'lara aktarmasıyla başlar. Ardından, çeşitli taşıtlar (motor ve transit araçlar) aracılığıyla talep edilen ürün veya ürünler 30 dakika gibi kısa bir süre içerisinde nihai müşteri lokasyonlarına ulaştırılır. Last Mile Warehouse sistemini klasik depolama sistemlerinden ayıran temel fark, ürünlere katma değer sağlayarak hizmet vermesidir. Proje sahipleri ve kullanıcıları adına, kısa vadeli taşımacılık organizasyonlarının ürünlere katma değer sağlayamaması bulundukları sektör için oldukça önemli bir fırsattır. Bundan dolayı, yakın gelecekte Last Mile Warehousing konsepti sektöründe öncü bir role sahip olacaktır.

Proje için hazırlanmış olan matematiksel model iki aşamalı bir modeldir ve 30 dakika içerisinde teslimat garantisi vermektedir. Ana depolardan LMW'lara ve oradan da nihai müşteri lokasyonuna olan mesafe, tesis açma maliyetleri ve sabit maliyetler, depoların kapasiteleri, gönderimi planlanan ürünler ve son olarak zaman kısıtlamasını sağlayan bu parametreler modelin başlıca parametreleridir. Amaç fonksiyonu tesis açma, taşımacılık ve depolarda ürün tutma maliyetlerini minimize etmektedir. Ürünlerin talep edilen süre içerisinde müşterilere ulaştırılamaması durumunu temsil etmek üzere, amaç fonksiyonunda bir ceza maliyeti kullanılmaktadır. Karar değişkenleri, ana depolardan LMW'lara oradan da son müşteriye ürün akışını, hangi depodan hangi müşteriye gönderimin sağlanacağını, tesislerin açılmasını ve LMW'larda depolanan ürün miktarını temsil etmektedir. Problem GAMS yazılımı ve arayüzü aracılığıyla ve Cplex çözücüsü kullanılarak çözülmüştür.

Projede İstanbul, Avrupa ve Asya yakası olmak üzere ikiye bölünmüştür. Asya bölgesi için nüfusun en kalabalık 21 mahallesi dikkate alınarak 12 adet aday LMW belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 30 dakikalık gönderim çalışmasında Avrupa yakası içerisinde 45 depodan 22'sinin açıldığı ancak bir adet bölgeye zamanında gönderim sağlanamadığı için ceza maliyeti uygulandığı gözlemlenmiştir. Asya bölgesi içinse, 12 aday depodan 9'unun açıldığı gözlemlenmektedir.

Projenin asıl amacı olan 30 dakikalık gönderim dışında kalan çalışmalarda, gönderim süresi farklılaştığı zaman maliyetler azalmakta olup, daha az depo açılımı gözlemlenmektedir. Firmaya, yüksek maliyetten kaçınmak için Avrupa bölgesinde 60 dakika baz alınan sistemin çalıştırılması tavsiye edilmiştir. Öte yandan, Asya bölgesinde ise teslimatlar kusursuz bir şekilde planlanan zaman aralığında son müşteriye ulaştırılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Tesis yerleştirmesi, Lojistik, Son km. ulaştırma, Son km. depolama

**MALZEME BESLEME YÖNTEMİ ve MİKTARI İYİLEŞTİRİLMESİ,
ÜRETİM İÇİ STOK MİKTARI AZALTILMASI
ERKUNT TRAKTÖR**

Proje Ekibi

Dilan Bingöl
Destan Çırakoğlu
Buket Kömürcüoğlu
Begümsu Özer

Şirket Danışmanı

Özlem Sarıkaya
Kıdemli Kurumsal Performans Uzman Mühendisi

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ali İrfan Mahmutoğulları

PROJE ÖZETİ

Erkunt Traktör, ülkemizin traktör üretimi sektöründe faaliyet gösteren büyük ölçekli firmalarından birisidir. 2003 yılında Ankara'da kurulmuş olup halen üretimine Ankara'da devam etmektedir. Türkiye'de ilk yerli tasarımı traktörü üreten firmadır ve ülkemizin ilk 500 sanayi kuruluşundan birisidir. Erkunt Traktör aynı zamanda yan kuruluşu olan ArmaTrac'la ürünlerini ihraç eden ilk traktör firmasıdır ve ArmaTrac 17 ülkede faaliyet göstermektedir.

İmalat sektöründe faaliyet gösteren firmaların üretim süreçlerinde verimliliği düşüren birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden birisi de üretim süreçlerinde kullanılacak malzeme ve parçaların saklanması ve üretim aşamasında bu malzeme ve parçaların doğru zamanda ve yerde bulunmasıdır. Erkunt Traktör de bu amaçla malzeme besleme yöntemlerinin iyileştirilmesi ve üretim içi stokların azaltılması amacıyla bir çalışma gerçekleştirmek istemektedir.

Erkunt Traktör, bir parçayı bulma ve üretim yerine teslim etme süresini en aza indirecek bir model oluşturulmasını istemiştir. Ayrıca tekerlekler ve motorlar, büyük ve hacimli oldukları için üretim sürecinde işgal edilen eşya alanlarını en aza indirmek de şirketin amaçlarından biridir. Ayrıca firma çözümün sürdürülebilir olması amacıyla bu problemin çözümü için bir karar verme aracına sahip olmayı hedeflemektedir.

Erkunt Traktör'de MTO (make-to-order: sipariş üzerine üretim) ve MTS (make-to-stock: stok için üretim) stratejileri de kullanılmaktadır. Ağırlıklı olarak SPS, Kanban, Jundate ve Hat Yanı Besleme olmak üzere dört farklı besleme yöntemiyle eşya taşınması yapılmaktadır. Her bir besleme aracının kapasiteleri, taşıyabilecekleri malzemeler ve ağırlıkları farklılık göstermektedir.

Öncelikli olarak, depo ve nakliye problemleri ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Projenin ilk aşamasında prototip bir optimizasyon modeli oluşturulup, bu model GAMS yazılımı programı kullanılarak çözdürülmüştür. Firma ile yapılan görüşmeler sonucunda model geliştirilmiş ve gerçek hayat verileri de dahil edilerek bu model Gurobi yazılım programı ile çözdürülmüştür.

Önerilen matematiksel model, üretim sürecinde oluşacak her bir taşıma işleminin, hangi araç tarafından, ne zaman taşınması gerektiğine karar veren bir modeldir. Bu kararlar verilirken, taşınan malzemeleri teslimat işlemlerinin gereksinim duyuldukları zamana en yakın bir şekilde tamamlanması gözetilmiştir. Önerilen matematiksel modelin çözümü bir optimizasyon yazılımı gerektirmektedir. Ancak bu yazılımı kullanmanın mümkün olmadığı durumlarda da çözüm elde edilmesi adına ayrıca bir sezgisel yöntem geliştirilmiştir. Bu sezgisel, siparişleri taşıma süreleri ve istenilen

teslimat zamanlarına göre araçlara atamaktadır. Sezgisel yöntem, Python programlama dili ile kodlanmış ve her bir taşıma aracı için bir çizelge oluşturulmasını sağlamıştır.

Projenin sonucunda firmaya önerilen matematiksel model ile malzeme besleme yöntemlerinin optimize edilmesi ve üretim içi stokların azaltılması mümkün olacaktır. Ayrıca önerilen sezgisel yöntem de firmaya kullanım kolaylığı ve fazladan bir yazılıma ihtiyaç olmadan bir çözüm elde edebilme imkânı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Malzeme besleme yöntemi optimizasyonu, Üretim içi stok miktarı, Sezgisel algoritma

MONTAJ HATTI DENGELEME
Emek Elektrik Endüstrisi A.Ş.

Proje Ekibi

Deniz Dağlar
Ezgi Kurşun
İpek Elçin Demirel
Aslıcan Çınar

Şirket Danışmanı

Nurkan Aktaş
Profesyonel Proje Yöneticisi

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Vedat Bayram

PROJE ÖZETİ

1969 yılında kurulan Emek Elektrik Endüstrisi A.Ş., elektromekanik sektöründe uzmanlaşmış bir firmadır. Emek Elektrik hem yerel hem de küresel pazarlara tedarik etmek için ölçü transformatörleri, kapasitörler ve ayırıcılar üretmektedir. Emek Elektrik, elektromekanik sektöründe Avrupa'nın en büyük üreticilerinden biri olmakla birlikte üretilen ana ürünler akım trafoları, gerilim trafoları, epoksi ürünler, yüksek gerilim kondansatörleri, ayırıcılar, topraklama anahtarları olarak sıralanmaktadır.

Öncelikle, belirli bir montaj hattının bulunmayışı firmanın temel sorunlarından biri olarak ele alınmıştır. İşlerin belirli bir sırayla, belirli istasyonlarda belirli işçilerle yapılmamasından dolayı ürünlerin üretim hızı belirlenememekte ve bir günde kaç ürün tamamlanacağı tahmin edilememektedir. Bu sorunları çözmek amacıyla çevrim süresini minimize eden ve aynı zamanda uygun sayıda istasyon açıp bu istasyonlara işçi ve iş ataması yapan bir model geliştirmenin uygun olacağına karar verilmiştir. İlk aşama olarak da firmadaki şu anki sisteme ait ölçüler alınmıştır. En çok üretilen ürünün -ATH-170- ölçümlere göre bir trafosunun montajının tamamlanması (fırında geçirilen süre hariç) toplam 105 dakika sürmektedir. Montaj hattında çalışan mevcut toplam işçi sayısı 18'dir. Yapılan gözlemlere göre bir montaj süresince toplam 37 tane iş olduğu tespit edilmiştir.

Bu kapsamda çevrim süresini minimize eden doğrusal olmayan karışık tamsayılı bir matematiksel formülasyon geliştirilmiştir. Kısıtlar kümesinde de her işin yalnızca bir istasyona atanması, iş atamalarının iş önceliğine göre yapılması, bir istasyona atanan işçi sayısının toplam işçi sayısından fazla olmaması, bir istasyona atanan işçi sayısının o istasyondaki işçiler tarafından kullanılabilecek maksimum alanı aşamayacağı, her istasyon için atanan alanın o istasyona atanan işlerin toplam alan gereksinimlerine eşit veya daha büyük olması, bir istasyona atanan bir işin tamamlanma süresinin çevrim süresinden büyük olmaması, istasyonlar tarafından kullanılan toplam birim alanlarının ancak montaj katının toplam alanı kadar olabileceği, bir istasyonun kullandığı birim alan sayısının bir istasyona atanabilecek maksimum birim alan sayısından az veya ona eşit olması gereklilikleri yer almaktadır. Problem GAMS yazılım ve arayüzü ve Cplex çözücüsü kullanılarak programı üzerinden kodlanarak bir sonuca ulaşılmış ve bir ürünün tamamlanma süresinin 28.4 dakikaya kadar düşürülebileceği görülmüştür.

Bununla birlikte alternatif çözüm yollarını gözlemlemek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu duyarlılık analizi için farklı amaç fonksiyonlarına sahip 2 yeni model daha oluşturulmuştur. İlk ek model toplam işçi sayısını, ikincisi ise toplam istasyon sayısını minimize etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, analizi daha da genişletmek için farklı parametre değişiklikleri yapılmış ve 7 farklı sonuç daha elde edilmiştir.

Sonuç olarak, bütün bu geliştirilen alternatif modeller ve çözümler değerlendirildiğinde uygulamaya en uygun modelin 1000 saniye çevrim süresiyle istasyon sayısı minimizasyonu amaç fonksiyonlu model olduğu ve bir ürünün 66.67 dakikada tamamlanabileceği hat tasarımı olduğu görülmüştür. Emek Elektrik Endüstrisi geliştirilen bu modeli hayata geçirerek bir ürünün tamamlanma süresini azaltarak (neredeyse yarı süreye düşürerek) daha verimli bir üretim hattına sahip olabilir.

Anahtar Kelimeler: Hat dengelemesi, İşçi ve iş ataması, Çevrim süresi minimizasyonu



**PERSONEL VE DEPO PLANLAMA
FNSS**

Proje Ekibi

Eda Onay
Mehmet Genç
Yiğit Şan Yayalar
Çetin Elmadağ

Şirket Danışmanı

Melis Ürgen ve Cem Küçükaslan

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Kamyar Kargar Mohammadinezhad

PROJE ÖZETİ

FNSS, ihtiyaca özel, etkin, güvenilir ve yenilikçi paletli ve tekerlekli zırhlı araçlar tasarlayan, üreten ve alanında dünya liderleri arasında kabul edilen bir kara savunma sistemleri firmasıdır. Kullanıcı memnuniyetine çok uzun vadeli bakan FNSS, teslim ettiği ürünlerin ömür devrinin ötesine geçmesini hedeflemektedir. Bu hedef doğrultusunda ortaya çıkabilecek yeni ihtiyaçlara da çözüm üretebilmesini mümkün kılan, güvenilir iş birlikleri kurmasıyla da fark yaratmaktadır. Şirketin "Ürün Destek Bölümü" teslim ettiği araçların ömür devri boyunca idamesi için eğitim ve satış sonrası hizmet sağlamaktadır. Kullanıcıya sağladığı hizmetlerin daha hızlı ve verimli olmasını sağlamak adına çeşitli uygulamalar geliştirmekte, yedek parça optimizasyonu yapmakta ve müşteri desteğini sağlamaktadır. Her ne kadar mevcut sistemleri kapsamlı olsa da bölümün asıl amacı sistemlerini değişen koşullara uygun bir program ile saha faaliyetlerini planlamaktır.

FNSS Ürün Destek Bölümü, müşterilerine daha iyi hizmet verebilmek ve optimum bir stok yönetimi sağlamak için araçların bulunduğu bölgelere depo açmak ve depolardan sorumlu teknik temsilci atamayı planlamaktadır. Bu kapsamda da projeden beklenti açılacak olan bu depoların ve görevlendirilen personelin optimum sayısını bulmaktır. Bu nedenle projenin içeriği ve çözülmesi gereken problem, envanter yönetim planı hazırlamak ve araçların kullanıma hazır seviyesini mümkün olduğunca yüksek tutmak için ilgili bölgelere yerleştirilecek depoları açmaktır. FNSS tarafından üretilen araçlar, garanti kapsamında ve garanti sonrası bakım onarım sözleşmeleri kapsamında son kullanıcıya teslim edildikten sonra çeşitli bölgelere gönderilir. Bu sebeple projenin amacı, stok planlaması ile depo yeri kararına da çözüm bulmaktır.

Depoların sayısının ve kurulacağı bölgelerin belirlenmesi, yeni raf tiplerinin önerilmesi, görevlendirilecek personel sayısı ve stoklarda bulundurulacak parça sayısı ile depolar arası stok transfer kurallarına karar verilmesi konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çalışmanın kısıtları, nakliye maliyetleri (bölgeler arası mesafeler), açılacak maksimum depo sayısı, depo kapasitesi ve depolara görevlendirilecek personel sayısı olarak belirlenmiştir. Ek olarak FNSS tarafından verilen ve çalışmaya faydalı olan parametreler, araç sayısı, parça/malzeme boyutları, araçların kilometre ve saat bazında kullanım oranları ve bölgeler/şehirlerdir. Bunun yanında, FNSS tarafından verilen ve çalışmalarımıza faydalı olan parametreler ve ek veriler, araç sayısı, parça/malzeme boyutları, araçların kilometre ve saat bazında kullanım oranları ve bölgeler/şehirlerdir.

Firmanın sorunlarına çözebilmek adına makale araştırmalarımızdan edinilen bilgiler ve danışmanlarla yapılan tartışmalar sonucu literatürdeki "P-Medyan" ve "Maksimum Lokasyon Kapsama" problemlerinden ilham alarak, başta GAMS adlı programda geliştirilen daha sonra Python'a taşınan bir matematik model oluşturulup çözdürülmüştür. Kurulan formülasyonun optimize ettiği kararlar ve amaçları ise depoların konumlanacağı şehirleri ve sayısını belirlemek, nakliye

maliyetlerini yani uzaklıkları minimize etmek ve parçaların/malzemelerin dağıtımını belirlemek olmuştur. Bu modeli kurabilmek, parçaların dağıtım oranlarına ve depoların açılacağı bölgeleri seçebilmek için ise bütün talep noktalarına bir skor atanması gerektiğinden, firmanın sağladığı verilerden yola çıkarak araç sayısı ve onların kullanım miktarları (km ve saat olarak) harmanlanarak skorlar belirlenmiştir.

Şirketin parça iletimlerini yapabilmesi için kurduğumuz modeli Python'a taşıyarak Türkiye haritasını içeren, bir parçanın tüm depolardaki sayısını gösteren, istenen parçanın seçilen bölgeye hangi depodan temin edilmesi gerektiği hakkında direktif veren bir ara yüz oluşturulmuştur. Ek olarak, depo açılmış olan şehirlerin depolarının tipleri, bu şehirlerin envanterlerinde tutulması gereken parçaların toplam hacmine bağlı olarak belirlenmiştir. Operasyonel kararlar olmasına rağmen uzun vadede bu atamalar baz alınabilirler. Minimum depo sayısı olan 8 ve maksimum sayı 12'yi karşılaştırarak yapılan duyarlılık analizlerinden elde edilen bir diğer sonuç ise %77.76 oranındaki maliyet azaltması olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Personel ve depo planlama, P-Medyan Problemi, Maksimum Lokasyon Kapsama Problemi, Duyarlılık Analizi