



Beko

AGV Operasyonlarının Optimizasyonu

BEKO

Proje Ekibi

Yasemin Aras

Zeynep Aslan

Zeynep Yazıcı

Şirket Danışmanı

Çağla Akpınar

Malzeme Planlama Uzman Mühendisi

Akademik Danışman

Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner

PROJE ÖZETİ

Artan üretim hızları, çeşitlilik ve esneklik beklentileri, üretim sistemlerinin iç lojistik faaliyetlerini daha karmaşık ve hassas hale getirmektedir. Bu bağlamda, otomatik güdümlü araçlar (AGV – Automated Guided Vehicles), özellikle malzeme taşıma süreçlerinde sundukları esneklik ve izlenebilirlik avantajları nedeniyle birçok üretim tesisinde aktif olarak kullanılmaktadır. Ancak bu sistemlerin verimli çalışabilmesi için trafik akışı, görev dağılımı ve yerleşim tasarımı gibi birçok faktörün uyumlu şekilde yapılandırılması gerekmektedir. Bu proje, Beko'nun bulaşık makinesi üretim tesisinde kullanılan AGV sisteminin darboğazlarını tespit etmeyi, bu darboğazlara yönelik senaryo temelli iyileştirme alternatifleri üretmeyi ve sistem performansını artırmayı amaçlamaktadır.

Proje kapsamında ele alınan temel problem; AGV'lerin özellikle kavşak noktalarında karşılaştığı trafik sıkışıklığı, bu durumun neden olduğu gecikmeler olarak belirlenmiştir. Malzeme taşıma performansını etkileyen bu durum, genel üretim verimliliğini ve sistem stabilitesini de olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle projenin amacı, trafik yoğunluğunu ve bekleme sürelerini minimize ederek malzeme taleplerinin zamanında ve eksiksiz karşılandığı bir sistem tasarlamak ve bunu veri temelli bir simülasyon modeliyle test etmektir.

Bu doğrultuda, Arena Simulation programı kullanılarak mevcut sistem modellenmiştir. Modelin doğruluğu, Beko'dan temin edilen gerçek AGV yönlendirme verileriyle karşılaştırmalı analiz yoluyla test edilmiştir. Süpermarketlerin ve üretim istasyonlarının geçmiş ziyaret

oranlarıyla simülasyon çıktıları karşılaştırılmış; her istasyon için sapma oranları belirlenmiş ve toplam ortalama fark %5,49 olarak hesaplanarak modelin yüksek doğrulukta çalıştığı kanıtlanmıştır.

Model doğrulama süreci ardından sistemin performansını test etmek ve iyileştirme potansiyelini ortaya koymak amacıyla dört farklı senaryo geliştirilmiştir:

1. **Case 1 – Priority:** Malzeme türlerine göre AGV'lere öncelik ataması yapılması.
2. **Case 2 – Layout Change:** Kepe ve Montaj 1 süpermarketlerinin yerlerinin değiştirilmesi.
3. **Case 3 – AGV Assignment Change:** AGV'lerin üretim alanlarına göre yeniden dağıtılması (toplam sayı sabit kalacak şekilde).
4. **Case 4 – AGV Number Change:** Toplam AGV sayısının kademeli olarak azaltılarak optimum sayının belirlenmesi.

Her senaryo için "trafik kullanım oranı", "trafik bekleme süresi" ve "karşılanan talep sayısı" gibi performans kriterleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Senaryolar, hem mevcut sistemle hem de oluşturulan "bounding scenario" ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Özellikle Case 2 (Süpermarket Yerleşim Değişikliği) senaryosu, trafik bekleme süresinde %98,38'lik ve karşılanan talep sayısında %15,26'lık iyileşmeler sağlayarak istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar ortaya koymuştur. Bu nedenle, uzun vadeli çözüm önerisi olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte Case 4 (AGV Sayısının Azaltılması) senaryosu, sistemin toplam 32 olan AGV kapasitesinin 29'a düşürülmesiyle hala talep karşılayabilir durumda olduğunu göstermiştir. Bu nedenle düşük maliyetli ve hızlı uygulanabilir bir kısa vadeli çözüm olarak önerilmiştir. Diğer senaryolar ise bazı metriklerde istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermemiştir.

Bu proje sonucunda, Beko üretim tesisindeki mevcut AGV operasyonlarının darboğazları bilimsel olarak tespit edilmiş ve bu darboğazlara yönelik veri temelli, uygulanabilir çözüm önerileri sunulmuştur. Çalışmada kullanılan simülasyon modeli, hem doğruluğu test edilmiş hem de karar vericilere operasyonel düzeyde stratejik yönlendirmeler yapabilecek seviyede detaylı çıktılar sunmuştur. Bu bağlamda proje, üretim içi malzeme taşıma sistemlerinin optimizasyonunda etkili bir karar destek aracı işlevi görmek ve sektörde benzer problemlerle karşılaşan firmalara örnek teşkil edebilecek niteliktedir.

PERAKENDE MAĞAZA ZİNCİRLERİNDE COCA-COLA ÜRÜNLERİNİN RAFLARDA BULUNABİLİRLİĞİNİN ARTIRILMASI VE OTOMATİK SİPARİŞ SİSTEMİ

COCA-COLA İÇECEK (CCI)

Proje Ekibi

Helin Kahraman
Selin Ecemiş
İdil Yakut

Şirket Danışmanı

Yiğit Balçıklı
Ankara Bölgesi Satış Müdürü

Akademik Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Ece Zeliha Demirci Kaplan

Coca-Cola İçecek (CCI), hızlı tüketim ürünleri (FMCG) sektöründe Coca-Cola markalı içeceklerin Türkiye ve çevre ülkelerde üretim, satış ve dağıtımından sorumlu lider bir şirkettir. Türkiye genelinde geniş ve yaygın dağıtım ağıyla perakende mağazalara ürün tedarik ederken, stok tükenmeleri, aşırı stok bulundurma, manuel sipariş verme ve merchandising süreçlerindeki verimsizlikler müşteri memnuniyeti ve satış performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle saha satış temsilcilerinin siparişleri sezgisel yaklaşımlar ve kişisel deneyimlere dayandırması, mağazalar arasında stok dengesizliği, ürün eksiklikleri ve raf boşlukları gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu kapsamda, operasyonel problemlerin çözümü için veriye dayalı kapsamlı bir karar destek modeli geliştirilmiştir.

Çalışmada, Altınbilekler market zincirine ait gerçek satış verileri detaylı olarak analiz edilmiştir. Her bir ürün için günlük talep düzeyleri hesaplanmış, ardından ürünler önem derecelerine göre ABC analizine tabi tutulmuştur. Bu sınıflandırma doğrultusunda ürünler A, B ve C gruplarına ayrılarak stok kontrol stratejileri belirlenmiştir. Talep belirsizliğini daha doğru yansıtmak ve sipariş kararlarını daha sağlıklı modellemek amacıyla, her ürün grubuna ait talep dağılımları Python programlama dili kullanılarak simülasyon tabanlı yöntemlerle incelenmiştir.

Stok kontrolü açısından A grubu ürünlerde, yüksek talep hacmi ve kritik önemi nedeniyle stoklar düzenli periyotlarla sistematik şekilde gözden geçirilmekte; stok seviyesi önceden belirlenmiş minimum eşik değerinin altına düştüğünde, otomatik sipariş verilerek stok seviyesi optimal seviyeye tamamlanmaktadır. B grubunda ise stok kontrolü yine periyodik olarak gerçekleştirilmektedir; ancak sipariş miktarı stok seviyesini hedeflenen seviyeye getirecek şekilde belirlenmekte ve bu yaklaşım stok yönetiminde esneklik ve etkinlik sağlamaktadır. C grubunda ise

talep dalgalanmasının görece düşük olması nedeniyle, sabit sipariş miktarları düzenli aralıklarla verilmekte ve stoklar öngörülebilir, basit bir yöntemle yönetilmektedir. Tüm bu stok kontrol politikaları, %99 servis seviyesi hedefi doğrultusunda optimize edilerek stok tükenmelerinin minimize edilmesi ve stok maliyetlerinin etkin bir şekilde kontrolü sağlanmıştır.

Son olarak, proje kapsamında Coca-Cola İçecek ve Altunbilekler market zincirinin ihtiyaçlarına uygun olarak, Python programlama dili kullanılarak geliştirilmiş kullanıcı dostu, otomatik sipariş sistemine entegre bir arayüz tasarlanmıştır. Bu sistem, gerçek zamanlı satış verilerinin analizini temel alarak stok kontrol algoritmalarını otomatik biçimde uygulamakta ve sipariş süreçlerini tamamen manuel müdahaleye gerek kalmadan yürütmektedir. Böylece stok tükenmeleri önlenmekte, envanter seviyeleri optimal düzeyde korunmakta, stok maliyetleri ve satış kayıpları önemli ölçüde azaltılmaktadır. Arayüz ayrıca, dinamik raporlama, performans takibi ve simülasyon sonuçlarının görsel sunumu gibi gelişmiş fonksiyonlarla saha satış ekipleri ve market yöneticilerinin veri odaklı, etkin ve hızlı karar almasını desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Envanter yönetimi, ABC analizi,Otomatik sipariş sistemi,Stok kontrol politikaları.

Çok Modelli Tahminleme ve Anomali Tespiti ile ORS Üretim Planlamasını Destekleyen Karar Destek Sistemi

Proje Ekibi

Ayman Moubarak Laghmach
Doruk Büyükkiz
Nour Walid Ahmed Ahmed Bakr

Şirket Danışmanı

Alptekin Demiray

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Elif Zeynep Serper

PROJE ÖZETİ

Ortadoğu Rulman Sanayi (ORS), Türkiye merkezli, farklı sektörlerle yönelik yüksek kaliteli rulman üretimi gerçekleştiren ve geniş ürün portföyüyle faaliyet gösteren köklü bir sanayi kuruluşudur. Üretim planlama süreçlerinde etkin kararlar alabilmek için satış tahminlerinin doğruluğu kritik bir faktördür. Mevcut durumda, ORS'nin satış tahminleri ağırlıklı olarak geçmiş satış ortalamalarına dayalı olarak manuel yöntemlerle oluşturulmakta, bu da değişken müşteri talepleri ve piyasa belirsizlikleri karşısında yeterli esnekliği sağlamamaktadır. Sonuç olarak, hatalı tahminler stok fazlalığı veya yetersizliği, kapasite planlamasında aksaklıklar ve tedarik zincirinde aksamalar gibi önemli sorunlara yol açmaktadır.

Bu proje kapsamında, ORS'nin üretim planlama süreçlerini güçlendirmek amacıyla, 250 farklı ürünün 57 aylık satış verisi kullanılarak, çok modelli tahminleme ve anomali tespiti yöntemlerini bir arada kullanan kapsamlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Sistem, hem geçmiş verilerdeki olağandışı davranışları tespit ederek anomali uyarıları vermekte, hem de geleceğe yönelik talep tahminleri üretmek planlamaya güvenilir girdiler sağlamaktadır.

Anomali tespitinde, hem istatistiksel yöntemler (Çeyrekler Arası Aralık – IQR, Z-score) hem de makine öğrenmesi tabanlı algoritmalar (Isolation Forest, One-Class SVM) entegre edilmiştir. Bu sayede, farklı veri yapıları ve anomali tiplerine karşı esnek ve güçlü bir tespit mekanizması kurulmuştur. Tespit edilen anomaliler “zayıf”, “orta” ve “güçlü” olmak üzere üç seviyede sınıflandırılarak, operasyonel kararların daha gerçekçi ve hassas şekilde verilmesi sağlanmıştır.

Tahminleme modelleri olarak, zaman serisi ve makine öğrenmesi yaklaşımlarından Holt-Winters Üçlü Üstel Düzeltme, SARIMA, ETS ve XGBoost kullanılmıştır. Her ürün için en iyi performans gösteren model otomatik olarak belirlenip parametre optimizasyonu yapılmıştır. Böylece, ürünlere özgü yapısal özellikler dikkate alınarak daha isabetli tahminler üretilmiştir.

Kullanıcıların analiz süreçlerini kolaylıkla yönetebilmeleri için grafik tabanlı sezgisel bir kullanıcı arayüzü tasarlanmıştır. Bu arayüz, veri yükleme, parametre tanımlama ve analiz başlatma gibi işlemleri basitleştirirken; çıktı olarak Excel tabanlı detaylı raporlar ve grafiksel görseller sunmaktadır.

Sonuç olarak, geliştirilen karar destek sistemi, ORS'nin mevcut manuel tahminleme süreçlerinin sınırlamalarını ortadan kaldırarak, üretim planlamasında esneklik, doğruluk ve erken risk farkındalığı sağlamıştır. Gelecekte sistemin gerçek zamanlı veri akışları ile entegrasyonu ve ERP tabanlı üretim yönetim sistemleri ile bütünleşmesi, operasyonel verimliliği daha da artırma potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Çok modelli tahminleme, anomali tespiti, karar destek sistemi, üretim planlama, makine öğrenmesi, zaman serisi analizi veri görselleştirme.

**TEDÜ İÇİN VERİ ANALİZİNE DAYALI KARAR DESTEK SİSTEMİ
YKS ADAY ÖĞRENCİ SIRALAMA, KONTENJAN VE FİYATLANDIRMA ANALİZİ**

TED ÜNİVERSİTESİ

Proje Ekibi

Kerem Demir

İbrahim Ergen

Rüştü Atahan Özçelik

Şirket Danışmanı

Çağatay Tekinay

Akademik Danışman

Doç. Dr. Endüstri Müh. Bölüm Başkanı Mehmet Rüştü Taner

Dr. Öğr. Üyesi Ece Zeliha Demirci Kaplan

PROJE ÖZETİ

TED Üniversitesi (TEDÜ), Ankara’da bulunan özel, kâr amacı gütmeyen bir yükseköğretim kurumudur. 7 Temmuz 2009 tarihinde Türk Eğitim Derneği (TED) tarafından kurulmuş olup, akademik faaliyetlerine 2012–2013 eğitim-öğretim yılında başlamıştır. TEDÜ, entelektüel meraka sahip, eleştirel düşünen ve bütüncül bir anlayışla yetişmiş bireyler yetiştirmeyi hedeflemektedir.

Bu proje, TEDÜ’nün 2025 yılı için eğitim ücretlerini ve kontenjanlarını belirlerken yaşadığı karar alma zorluklarını veri temelli şekilde ele almak amacıyla yürütülmüştür. Temel amaç, üniversitenin sıralamasını koruyarak veya iyileştirerek kontenjan ve fiyat düzeylerini optimize etmek; bu süreçte karar vericilere senaryo bazlı analiz imkânı sunmaktır.

Bu doğrultuda, çoklu doğrusal regresyon modelleri geliştirilmiş ve analizler Minitab yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmalı analiz için Sabancı, Kadir Has, Atılım, Çankaya, TOBB, Başkent, Bilkent ve Hacettepe üniversitelerinin ilgili bölümlerine ait son beş yıla yönelik veriler toplanmıştır. Bu veriler üzerinden Minitab programında yaptığımız analizler sonucunda, sıralamayı etkileyen faktörleri belirledik. PDR, Psikoloji, İngilizce Öğretmenliği, Endüstri, Bilgisayar, Makine ve Elektrik Elektronik Mühendislikleri, Görsel İletişim ve Tasarım, İngiliz Dili ve Edebiyatı ve Mimarlık ile yaptığımız Regresyon Analizleri doğrultusunda Sıralamayı etkileyen en önemli faktörlerin Döviz Cinsinden Eğitim Ücreti (\$), Kontenjan, hangi Üniversite olduğu ve Burs Oranı olduğu belirlenmiştir.

Anlamlı etkisi gözlemlenmeyen değişkenler arasında ise; ulusal akreditasyon, kampüs alanı, servis hizmeti, spor bursu, yurt kapasitesi, YÖK öğrenci sayıları, döviz kuru ay bazlı verileri, TÜFE/ÜFE oranları ve ulaşım süresi gibi değişkenler yer almaktadır.

Analiz sonucunda elde edilen regresyon modeli kullanılarak, üç boyutlu "Sıralama – Döviz Cinsinden Eğitim Ücreti – Kontenjan" grafiği oluşturulmuştur. Bu grafik, farklı kontenjan ve fiyat seviyelerinin sıralamaya olası etkilerini görselleştirmektedir. Örneğin, kontenjan %10 artırıldığında tahmini sıralamadaki değişimin ne olacağı gibi sorular, bu grafik üzerinden analiz edilebilmektedir. Proje kapsamında ayrıca, bu analizi kullanıcı dostu bir hale getirmek için bir What-If Analizi Arayüzü geliştirilmiştir. Bu sistem sayesinde karar verici, öğrenim ücreti, kontenjan ve burs oranı gibi girdileri kullanarak tahmini sıralamayı hesaplayabilmekte, benzer programları sunan üniversitelerle kıyaslama yapabilmektedir. Arayüz, karar vericinin bize ihtiyaç duymadan analiz gerçekleştirmesini mümkün kılmaktadır.

Alternatif bir çözüm yöntemi olarak Simülasyon Tabanlı Kontenjan Belirleme yaklaşımı da uygulanmıştır. Bu aşamada Minitab'te elde edilen regresyon denklemi ve TEDÜ'nün geçmiş sıralama verileri kullanılmıştır. Karar verici, döviz cinsinden eğitim ücreti, kontenjan ve varsa ek burs oranını sisteme girerek, tahmini sıralamayı ve bu sıralamanın desirability (arzu edilebilirlik) skorunu elde edebilmektedir. Ayrıca, önceki yılın en başarılı ve en düşük puanlı öğrencisiyle kıyaslama yapılarak sıralama tahmininin ne kadar kabul edilebilir olduğu değerlendirilmektedir. Finansal açıdan ise, minimum ücret olarak TEDÜ'nün 2024 döviz bazlı ücreti, maksimum ücret olarak ise Sabancı Üniversitesi'nin 2024 fiyatı esas alınarak ciro üzerinden desirability hesaplaması yapılmıştır.

Bu proje kapsamında, TED Üniversitesi'nin kontenjan ve öğrenim ücreti kararlarını daha sağlıklı ve veri temelli biçimde almasına katkı sağlanmıştır. Farklı üniversitelerin geçmiş verileri analiz edilerek sıralamayı etkileyen temel faktörler belirlenmiş, çoklu regresyon modeli aracılığıyla sıralama, fiyat ve kontenjan arasındaki ilişki matematiksel olarak ortaya konmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışmayla TED Üniversitesi'nin rekabetçi konumunu güçlendirecek, aynı zamanda öğrenci kalitesini korurken sürdürülebilir gelir hedeflerine ulaşmasını sağlayacak karar destek yapıları oluşturulmuştur. Proje çıktıları, yalnızca TEDÜ değil, benzer sorunları yaşayan diğer yükseköğretim kurumları için de uygulanabilir bir model sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Veri Analizi, Regresyon Modeli, Kontenjan Optimizasyonu, Fiyatlandırma Stratejisi, Simülasyon, Desirability Fonksiyonu, Minitab, Eğitimde Veri Tabanlı Karar Verme, What-If Analizi



PROTOTİP ARAÇLARIN ZAMAN ÇİZELGELEMESİ VE OPTİMİZASYONU MAN TÜRKİYE



Proje Ekibi

Ece Yılmaz

Helin Soydemir

Ahmet Uludağ

Şirket Danışmanı

Selen Tulum

Proje Planlama Müdürü

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ece Zeliha Demirci Kaplan

PROJE ÖZETİ

Köklü geçmişi ile Dünya'nın üretim ve mühendislik devi MAN'ın Almanya dışındaki ilk üretim tesisi MAN Türkiye, yıllık 2.000 otobüslük kapasiteye sahip olan üretiminin %85'ini başta Avrupa olmak üzere toplam 41 ülkeye otobüs ihracatı gerçekleştiriyor. MAN Türkiye Akyurt bölgesindeki tesislerinde, MAN ve NEOPLAN marka otobüs üretimi ve diğer MAN fabrikaları için elektrik ve elektronik parça imalatı da yapılıyor.

Firmanın üretim bazındaki temel sorunlarından birisinin özelleştirme gerekli araçlarda ürünün müşteriye belirtilen teslim tarihindeki sapmalardan kaynaklı gecikmeler olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple gecikmeleri minimize edecek aynı zamanda teslim tarihi tahminlerini iyileştirecek karma tamsayılı doğrusal programlama ile Aggregated Scheduling Model (Birleştirilmiş Çizelgeleme Modeli) oluşturulmasında karar kılınmıştır.

Sorunların çözümüne ulaşımını sağlayacak model 3 adımlı bir çözüm metodolojisine sahiptir. İlk adım Tampon Süre Tahmini (Buffer Time Estimation Model), ikinci adım Birleştirilmiş Çizelgeleme Modeli (Aggregated Scheduling Model), üçüncü adım ise Anlık Kontrol Mekanizması (Instant Control Mechanism) olarak planlanmıştır. Araç özelleştirmeleri, teknik ekip çalışma süreleri, araçların banta alınış ve müşteriye teslim edildikleri tarihler gibi veriler elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak, araçların üretiminde gerekli tampon sürelerin tahmin edilmesi için Minitab ile doğrusal olmayan regresyon analizleri yapılmış ve yeni bir tahmin modeli elde edilmiştir. Modelden elde edilen çıktılar ise

izelgeleme modelinde girdi olarak kullanılmıştır. GAMS ile kodlanan bu model üretim planındaki tüm prototip araçları kapsayarak teslim tarihlerini, araçların cezai işlemlere tabi olup olmadıkları ve üretim için gerekli maliyetleri kritik faktörler kabul ederek optimal çizelgelemeyi sağlamaktadır. Çıktıların detaylı analiz edilebilmesi için oluşturulan kod Phyton ile yeniden yazılarak duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Bunların yanında üretim periyodu içerisindeki aksilikleri minimuma indirmek amacıyla araç durumlarının kontrolünün sağlanması için anlık kontrol mekanizması geliştirilmiştir. Tampon süre tahmin modeli, çizelgeleme modeli ve anlık control mekanizması için gerekli arayüzler oluşturulmuştur ve üretim sürecine entegre edilmek üzere hazırlanmıştır.

Sonuç olarak, geliştirdiğimiz proje kapsamında tampon sürelerinin daha doğru hesaplandığı ve teslimat zamanlarının optimize edildiği bir model oluşturulmuştur. Bu sayede üretim verimliliğinin artırılması, kâın maksimize edilmesi ve müşteri güveninin güçlendirilmesi gibi birçok hedefe ulaşılmasına katkı sağlayacağımıza inanıyoruz.

Anahtar Kelimeler: Doğrusal Olmayan Regresyon, Aggregated Scheduling Model, Buffer Time Estimation Model, Instant Control Mechanism, Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama, Duyarlılık Analizi

TÜRK TRAKTÖR

Proje Ekibi

Defne Şahal

Berk Koç

Tolga Korkmaz

Muhammed Ortakaya

Şirket Danışmanı

Utku Coşgun

Proses Mühendisi

Akademik Danışman

Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner

PROJE ÖZETİ

Türk Traktör, Türkiye'nin tarım makineleri alanındaki öncü kuruluşlarından biridir ve CNH Industrial ile Koç Holding ortaklığında faaliyet göstermektedir. 1954 yılında kurulan şirket, Türkiye'nin ilk traktör üreticisi olarak tarım sektörünün makineleşme sürecine öncülük etmiştir. Ankara'daki merkezi ve üretim tesisinin yanı sıra, Sakarya Erenler fabrikasıyla birlikte üretim kapasitesini artırmıştır. Geniş ürün yelpazesi, güçlü mühendislik altyapısı, yerli üretim kabiliyeti ve yaygın servis ağı ile Türk Traktör, sadece Türkiye pazarına değil, dünyanın birçok ülkesine de traktör ve tarım ekipmanı ihraç ederek global ölçekte söz sahibi bir marka haline gelmiştir.

Bu proje kapsamında, Türk Traktör'ün traktör gövde üretim hattında yer alan CNC makinelerinin üretim verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir. Mevcut üretim kapasitesini artırmak amacıyla, toplam akış süresinin minimize edilmesi temel amaç olarak belirlenmiştir. Üretim sürecini etkileyen iki önemli parametre üzerinde durulmuştur; bu parametreler, makinelere atanan işler ve işlerin operatörlere dağılımıdır. Bu iki kritik faktörün optimize edilmesiyle, süreç akışındaki darboğazların azaltılması ve toplam üretim süresinin kısaltılması amaçlanmıştır.

Projede öncelikle, üretim hattındaki CNC makineleri için iş atama ve operatör atama problemleri ayrı ayrı incelenmiş ve her iki problem için matematiksel optimizasyon modelleri geliştirilmiştir. İş atama

modeli, farklı işlerin uygun makinelerde işlenme sırasını belirlerken, operatör atama modeli işlerin operatörler arasında verimli bir şekilde dağıtılmasını sağlamaktadır. Her iki modelde de karar değişkenleri ve kısıtlar detaylı olarak tanımlanmış, amaç fonksiyonu ise akış süresini ve iş gecikmelerini minimize etmek üzerine kurulmuştur.

Modellerin çözümünde, Python programlama dili üzerinde çalışan ve herkese açık olarak erişilebilen OR-Tools isimli matematiksel modelleme kütüphanesinden yararlanılmıştır. Bu kütüphane sayesinde, karmaşık karar modelleri etkin bir şekilde tanımlanabilmiş ve çözülebilmektedir. OR-Tools'un sunduğu optimizasyon araçları ile geliştirilen matematiksel modeller Python ortamında esnek, hızlı ve tekrar üretilebilir bir şekilde analiz edilmiştir.

Geliştirilen matematiksel modellerde, Türk Traktör'ün üretim verileri kullanılmaya çalışılmış ve elde edilen çözümler değerlendirilmiştir. Firmanın veri paylaşımı konusundaki kısıtlı yaklaşımı nedeniyle 1 günlük gerçek üretim verisine erişim mümkün olmuştur. Bu nedenle, Excel ve Minitab araçları kullanılarak, 1 günlük mevcut veriye dayanan Poisson rassal dağılımı ile 29 günlük üretim verisi sentetik olarak üretilerek 30 günlük üretim verisi elde edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, geliştirilen optimizasyon modellerinin geçerliliğini ve uygulama etkinliğini değerlendirmek amacıyla çeşitli sezgisel (heuristic) yöntemlerden de yararlanılmıştır. Parça atama modeline alternatif olarak Shortest Processing Time (SPT) sezgiseli uygulanmış; operatör atama modeliyle beraber ise çözüm sürecini hızlandırmak ve modelin arama alanını daraltmak amacıyla non-preemptive ve preemptive Earliest Due Date (EDD) sezgisel yöntemleri kullanılmıştır. Bu sayede, model tabanlı yaklaşımlar ile sezgisel yöntemler karşılaştırılmış; elde edilen sonuçlar üzerinden performans farklılıkları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Sonuç olarak, matematiksel optimizasyon modelleri kullanılarak yapılan iş ve operatör atamalarının, mevcut yöntemlere kıyasla üretim verimliliğinde anlamlı iyileşmeler sağladığı gözlemlenmiştir. Model sonuçları, toplam akış süresinde azalma ve toplam üretim kapasitesinde artış gibi somut kazanımlar getirmiştir. Bu sayede Türk Traktör'ün üretim süreçlerinde etkin bir kaynak kullanımı sağlanmış, işgücü ve makine kapasitelerinin daha verimli yürütülmesine olanak tanınmıştır.

Proje kapsamında elde edilen bulgular ve geliştirilen modeller, üretim hattının sürekliliğinin artırılması ve kapasite artırımını hedefleyen gelecekteki çalışmalar için önemli bir referans niteliği taşımaktadır. Ayrıca, benzer üretim ortamlarında uygulanabilecek genel bir optimizasyon yaklaşımı sunması bakımından sektöre katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: İşçi ve iş ataması, Akış süresi minimizasyonu, Üretim süresi, Makine kullanımı, Matematiksel model, Sezgisel yöntem



**SAHA OPERASYONLARI İÇİN ENTEGRE BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ: TEKNİSYEN ATAMA VE
ROTA OPTİMİZASYONU İÇİN GA-ACO TABANLI BİR YAKLAŞIM
FNSS**

Proje Ekibi

Faruk Buğra Yılmaz

Ata Paksoy

Emre Özdemir

Şirket Danışmanı

Fatih Ülger

Akademik Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Elif Zeynep Serper

PROJE ÖZETİ

FNSS Savunma Sistemleri A.Ş., 1986 yılında Ankara’da kurulmuş olup, Türkiye'nin önde gelen savunma sanayii kuruluşlarından. Nurol Holding (%51) ve BAE Systems (% 49) ortaklığıyla kurulan şirket; paletli ve tekerlekli zırhlı muharebe araçları, mühendislik araçları, amfibi sistemler ve silah kuleleri tasarlayıp üretmektedir. FNSS, proje bazlı ve yüksek teknolojiye dayalı üretim modeli olan Engineer-to-Order (ETO) yaklaşımı ile müşteriye özel çözümler sunan FNSS, dünya çapında 4.000’in üzerinde zırhlı aracı teslim etmiş durumdadır.

FNSS’nin faaliyet gösterdiği saha hizmet süreçleri, özellikle bakım ve onarım alanlarında yüksek operasyonel karmaşıklık içermektedir. Görevlerin coğrafi olarak dağınık konumlanması, farklı uzmanlık gereksinimleri ve sınırlı teknisyen kaynakları, planlama süreçlerinin hız ve doğruluğunu kritik hâle getirmektedir. Mevcut durumda bu süreçler otomasyon desteği olmaksızın yürütülmekte; teknisyen atama ve rota planlama kararları manuel olarak ayrı ayrı verilmektedir. Bu durum, karar alma süreçlerinde zaman kayıplarına ve sistematik planlama eksikliğine yol açmakta; kaynak verimliliğini azaltmakta ve görevlerin zamanında tamamlanmasını güçleştirmektedir.

Bu kapsamda geliştirilen proje, teknisyen atama ve çok duraklı rota planlama kararlarını bütüncül biçimde ele alan, çok ölçütlü bir karar destek sistemi sunmaktadır. Model, teknisyenlerin yalnızca yetkin oldukları görevlere atanmasını, görevlerin teslim sürelerine uygun şekilde sıralanmasını ve iş yükü, seyahat süresi ile gecikme gibi performans kriterlerinin eş zamanlı olarak optimize edilmesini hedeflemektedir.

Küçük ölçekli senaryolarda karma tamsayılı doğrusal programlama (MILP) ile optimal çözümler elde edilmiştir. Daha büyük problem örnekleri için Genetik Algoritma (GA) ve Karınca Kolonisi Optimizasyonu (ACO) yöntemlerinin birbirlerini tamamlayacak şekilde birlikte kullanıldığı özgün bir hibrit algoritma geliştirilmiştir. GA, uygunluk, kapasite ve uzmanlık kısıtlarını dikkate alarak atama kararlarını üretirken;

ACO, her teknisyen için rota sırasını optimize ederek seyahat süresini ve gecikmeleri en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

Geliştirilen sistem, sentetik verilerle test edilmiştir. Küçük ölçekli senaryolarda MILP modeli ile aynı düzeyde çözüm kalitesi sunarken, büyük ölçekli örneklerde MILP'ye kıyasla hesaplama süresini önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca, mevcut manuel yaklaşımlara göre çok daha sistematik, hızlı ve sürdürülebilir bir karar destek altyapısı sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Teknisyen Atama, Rota optimizasyonu, Genetik Algoritma, Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Hibrit Sezgisel Yöntemler