

Depo Raf Optimizasyonu ile Forklift Taşıyıcı Verimliliği Artırılması

Mehmet Onur OLGUN*¹

¹ Süleyman Demirel University, Engineering and Natural Sciences Faculty /Industrial Engineering, Isparta, Turkey

*onurolgun@sdu.edu.tr

Özet – Fabrikaların önemli noktalarından birisi de depolama ve taşıma ağlarıdır. Sağlıklı bir üretim istiyorsak düzgün depolama sistemine ve verimli taşıma ağına sahip olmamız gerekmektedir. Depolama sistemlerinin problemlerinde öne çıkanlardan birisi ise raflardan doğru şekilde mamul, yarı mamul toplanamamasıdır. Raflarda karışık, aynı koridora aynı ürünlerin depolanması, ağır ürünlerin üst raflara atanması gibi düzensizlikten kaynaklanan sorunlar doğmaktadır. Bu sorunlar akabinde üretimsel ve forklift taşıyıcı kaynaklı verimsizliğe sebebiyet vermektedir. Doğru yarı mamulün gerekli zamanda üretim hattına verilmemesi aynı şekilde forkliftlerin doğru zamanda ve hızlı bir şekilde transfer noktasına mamulün taşınmaması birer verimsizliktir. Müşteri siparişlerinin karşılanması veya üretim için gerekli olan ürün ve hammaddelerin sağlanması, hareketi ve depolanması, taşıma ağından depolama noktalarına transferi, toplaması, sınıflandırması ve sevkiyata hazır hale getirilmesi depolarda gerçekleştirilen önemli faaliyetlerdir. Depo içinde taşıma görevini sağlayan forklift taşıyıcı verimliliği üretimin hızlanması için önemlidir. Öncelikle raflara rastgele atanan ürünleri, Python yazılım dilini kullanarak önerilen sistemde optimize edilmiş şekilde raflara yerleştirilmesini sağlayan sistem hazırlanması amaçlanmıştır. Bu çalışmada, depo raf optimizasyonu konusunda kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan Best Worst Method(BWM) yöntemi kullanılmış, analiz ve modelleme, önem derece puanlandırması ile desteklenmiştir. Bu çalışma, ürün tiplerinin depodaki hareket sayısına göre değerlendirildiği ve depo yerleşimine göre rafların değerlendirildiği bir çalışmadır. Forklift taşıyıcı verimliliği sağlanarak üretimin hızlanacağı gözlemlenmiştir. Böylelikle optimize edilen sistemde kurulan yeni yazılım sistemiyle birlikte üretimin hızlandığı, forkliftlerin düzenli çalıştığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Depo Raf Optimizasyonu, Best Worst Metodu, Verimlilik, Simülasyon, Sistem Analizi

I. GİRİŞ

Lojistik faaliyetler içerisindeki depolama fonksiyonu, tedarik zincirinin sürekliliğini sağlayabilme açısından önemli rol oynamaktadır. Üretim faaliyetlerinin düzenli bir şekilde devam ettirilmesi isteği ve müşterilerin hızlı yanıt beklentileri depolamanın önemini arttıran etmenlerdendir. Herhangi bir ürüne ait tedarik zincirinin, farklı aşamalarında basit veya kapsamlı olabilecek birçok depolama faaliyeti ile karşılaşmak mümkündür. Hammadde kaynağından son tüketiciye kadar, birçok noktada depoların varlığı söz konusudur. Ayrıca tersine lojistik faaliyetleri içinde, depolara ihtiyaç duyulmaktadır. Depolarda gerçekleşen; ürünlerin raflara konulması,

siparişlerin toplanması, yükleme-boşaltma, elleçleme vb. işlemler başlı başına önemli birer maliyet unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Pazardaki yoğun rekabetin etkisiyle oluşan, dağıtım ağlarının ve operasyonlarının sürekli geliştirilmesi olgusu, yüksek performanslı depolara ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Tam zamanında üretim gibi yaklaşımların, tedarik zinciri yönetimi ile bütünleşmesi neticesinde, depolama sistemlerinin önemi daha da artmıştır. Daha etkin bir stok kontrol, daha düşük yanıt süreleri ve yüksek ürün çeşitliliği gibi ihtiyaçların ortaya çıkması, depolama operasyonlarının yönetiminin daha dikkatli ele alınması sonucunu doğurmuştur [1].

Depo yönetimi ve depolarda gerçekleşen operasyonların koordinasyonu, imalat ve hizmet süreçleri yönetiminin temel öğelerinden biri haline gelmiştir [2]. Bu kapsamda, depolarda gerçekleşen önemli faaliyetler Tablo 1’de ifade edilmiştir.

Tablo 1. Depolarda gerçekleşen önemli faaliyetler

-Ürünlerin depoya alınması
-Ürünlerin kontrolü
-Yanlış ve eksik ürünlerin tespiti
-Ürünlerin raflara yerleştirilmesi
-Sipariş toplama işlemi
-İleçleme
-Ambalajlama-paketleme
-Çapraz sevkiyat faaliyetleri
-Stok kontrol faaliyetleri

Forklift, insan gücünün taşıyamayacağı büyüklükte ağırlıklara sahip nesnelere, depo, liman, antrepo, fabrika gibi alanlarda, önündeki kaldıraç ile kaldırıp istiflemek üzere tasarlanan iş makinasıdır. İlk olarak 1800’lü yıllarda kullanılmaya başlayan kendisi küçük ama mahareti büyük olan bu iş makinaları, her geçen gün hayatımızda daha çok yer almaya başlamıştır. İnsanların taşımalarının mümkün olmadığı yükleri kaldırma, taşıma ve istifleme gibi özellikte tasarlanmıştır. Taşıma kapasitesine göre değişiklik göstermekte olup, bu kapasite oranı 0,5 ton ile 40 ton arasında farklılık göstermektedir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Depolarda yürütülen faaliyetlerin başında sipariş hazırlama gelmektedir. Sipariş Gruplama Problemi (SGP), bir turda birlikte hazırlanacak siparişlerin sayısının belirlenmesi problemidir. Sipariş hazırlama depo içerisinde gerçekleştirilen rutin bir faaliyet olması nedeniyle yapılan küçük iyileştirmeler bile büyük kazançlar sağlayabilmektedir. [3], sipariş hazırlamayı insanlar tarafından gerçekleştirildiği depolarda emek yoğun, otomatik olarak yapıldığı depolarda ise yüksek maliyetli bir operasyon olarak ifade etmektedir. Sipariş hazırlama ve dağıtım sırasında depo içerisinde dolaşılacak mesafeyi azaltarak depolama maliyetleri üzerinde önemli tasarruflar sağlanabilmektedir. Maliyet üzerinde büyük bir etkiye sahip olması nedeniyle depo ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmalar çoğunlukla sipariş gruplama faaliyeti üzerine odaklanmaktadır.

Aşağıdakiler gibi farklı kriterlere göre sipariş grupları oluşturabilir:

- Sipariş durumu
- Başlangıç tarihi veya bitiş tarihi
- Yönlendirme grubu
- Depo

- İş merkezi, görev veya makine
- Gerekli araçlar
- Ana öğe veya öğe kodları aralığı veya öğe özellikleri
- Kullanılan malzemeler

Kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan BWM Yöntemini bu çalışmada kullanılmıştır. Kriter ağırlıklandırma gerektiren birçok karar verme problemlerinde kullanılmıştır. Modelin adımları aşağıda 5 adımda açıklanmıştır [4].

Adım 1: Kriterlerin belirlenmesi

Adım 2: En İyi (en çok istenen, en önemli) kriterin ve En Kötü (en az istenen, en az önemli) kriterin belirlenmesi

Tanımlama karar vericinin görüşüne dayanır ve kriterlerin değerleri bu adımda dikkate alınmaz ve herhangi bir karşılaştırma yapılmaz.

Adım 3: En iyi kriterin önceliğinin belirlenmesi $A(\text{en iyi}) = (a(\text{en iyi}(1)), a(\text{en iyi}(2)), \dots, a(\text{en iyi}(n)))$ 1-9 arasında sayı kullanarak diğer tüm kriterlere göre en iyi kriterin önceliği belirlenir.

Adım 4: En kötü kriterin önceliğinin belirlenmesi $A(\text{en kötü}) = (a(\text{en kötü}(1)), a(\text{en kötü}(2)), \dots, a(\text{en kötü}(n)))$ 1-9 arasında ikili karşılaştırma ölçeği kullanarak diğer tüm kriterlere göre en kötü kriterin önceliği belirlenir.

Adım 5: En uygun ağırlıkları belirlemek [5].

Önem Derecesi	Kriterlerin Karşılaştırılması için Sözlü Anlatım
1	Eşit derecede önemli
2	Eşit olarak orta derecede önemli
3	Orta derecede daha önemli
4	Orta derecede çok daha önemli
5	Güçlü olarak önemli
6	Güçlü olarak çok önemli
7	Çok güçlü olarak önemli
8	Çok güçlü olarak daha önemli
9	Oldukça çok önemli

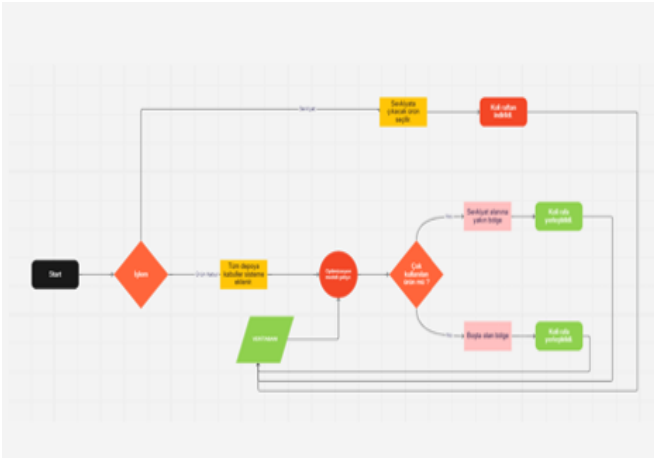
Şekil 1. BWM Kullanılan Karşılaştırma Ölçeği

Bu ölçeği göz önünde bulundurarak yapılan çalışmada ürünler raflara önem derecesine göre sıralanacaktır.

III. BULGULAR

Çalışmada Türkiye’de faaliyet gösteren bir otomotiv şirketinin depolama alanı incelenmiştir. Veriler ışığında forklift verimliliklerine, yoğunluk yerlerine ve üretim hızındaki verimlilikleri

bulunmuştur. Sistemde ürünler boş olan rafa yerleştirilmektedir. Sistem kabul ve sevkiyat olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Arka kısımda kodlarla birlikte çalışan SQL'le birlikte veri giriş çıkışlarını kontrol edilmekte ve arka planda 5 forklift çalışmaktadır. 10 raf ve 10 ürün veri girişi sisteme kaydedilmiştir. Tasarıma göre rafları numaralandırılmış ve forklift önceliklerini sisteme göre yazarak modelleme yapılmıştır. Yaptığımız değerlendirmeler sonucunda şablon şeması oluşturularak kullanacağımız sistem şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Program Akış Şeması

Depo raf düzenlemesinde öncelikle ürünlerin doğru raflara yerleştirilerek forklift verimliliğini sağlamaktır. Çalışmada forkliftlerin verimliliğinin artması için doğru ürünün doğru rafa yerleşmesi gerekmektedir. Önceki sistemde ürünler rastgele şekilde raflara yerleştirilmektedir. Ürün ve rafların önem derecesi belirlendikten sonra önerilen sistemimi Şekil 3.de verilen Python yazılımına göre yenilenmiştir.

```

import sqlite3

conn = sqlite3.connect('PRODUCT_DISTRIBUTION.db')

def find_uygun_raf(bos_raflar, OnemDerecesi):
    uygun_raf = None
    for raf in bos_raflar:
        if raf[2] == 'Bos':
            if uygun_raf is None or (raf[3] != '' and int(raf[3]) <
int(uygun_raf[3])):
                uygun_raf = raf
    return uygun_raf

islem = input("İşleminiz nedir? (Kabul/Sevkiyat): ")

if islem == "Kabul":
    UrunID = input("Hangi ürünü kabul ediyorsunuz? ")

    cursor = conn.cursor()
    cursor.execute(f"SELECT * FROM Urunler WHERE UrunID='{UrunID}'")
    urun = cursor.fetchone()

    if urun:
        OnemDerecesi = urun[1] # Veritabanından OnemDerecesi'ni al
        cursor.execute(f"SELECT * FROM Raflar WHERE Durum='Bos'")
        bos_raflar = cursor.fetchall()

        uygun_raf = find_uygun_raf(bos_raflar, OnemDerecesi)

        if uygun_raf:
            cursor.execute(f"UPDATE Raflar SET Durum='Dolu',
HangiUrun='{UrunID}' WHERE RafID='{uygun_raf[0]}")
            conn.commit()
            conn.close()
            print("Ürün başarıyla depoya kabul edildi")
            print(f"Ürünler: {UrunID}, Raflar: {uygun_raf[0]}")
        else:
            print("Ürün kabul edilemedi, geçersiz ürün kodu")

    elif islem == "Sevkiyat":
        UrunID = input("Hangi ürünü sevkiyat ediyorsunuz? ")

        cursor = conn.cursor()
        cursor.execute(f"SELECT * FROM Urunler WHERE UrunID='{UrunID}'")
        urun = cursor.fetchone()

        if urun:
            cursor.execute(f"SELECT * FROM Raflar WHERE
HangiUrun='{UrunID}'")
            Raflar = cursor.fetchone()

            if Raflar:
                cursor.execute(f"UPDATE Raflar SET Durum='Bos',
HangiUrun='' WHERE HangiUrun='{UrunID}'")
                conn.commit()
                conn.close()
                print(f"Ürünü: {UrunID} {Raflar[0]} rafından sevkiyat
edebilirsiniz")
            else:
                print("Ürün sevkiyat edilemedi")
        else:
            print("Ürün kabul edilemedi, geçersiz ürün kodu")

```

Şekil 3. Geliştirilen Python Yazılım Kodu

IV. TARTIŞMA

Forklift verimliliğinin artmasında depo raf optimizasyonu üzerine yapılan çalışmalarda istenilen sonuçlara ulaşılmıştır. Forklift verimliliğine etki eden sadece raf optimizasyonu değildir. Depo yerleşimi, çalışan verimliliği gibi kısımlarda etkenler içerisindedir. Raf optimizasyonunu üzerinde çalışarak depo düzenini

sağlanmakta ve çalışan güvenliğini de korunmaktadır.

Raf optimizasyonu üzerine yapılan çalışmalarda üretimde hızın arttığı gözlemlenmiştir. Etkin depo yerleşimi bir firmanın, sürekli değişen ve gelişen sektördeki yoğun rekabet ortamında, rakip firmaların önüne geçebilmesi için en önemli unsurlardan biridir. Yazılımı geliştirirken matematiksel model için kullandığımız kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan BWM yöntemiyle ürünlere ve raflara atanan önem dereceleri depo raf optimizasyonu üzerinde önemli rol oynar.

Mevcut depodaki ürünlerin listesi çıkartılarak ürünlerin önem dereceleri sıralanmıştır. Depo yerleşimi göz önünde bulundurularak raflara önem dereceleri atanmıştır. Problemin çözümü için depoda kullanılmak üzere matematiksel model kurulmuştur. Bu modelin ana hedefi, ürünlerin depo içi birim taşıma miktarlarını minimize etmek ve forklift verimliliğini arttırmaktır. Çalışma yapılan fabrika üzerinde tam otonom üretim şekline geçilmediği için çalışan güvenliği ele alınarak hızlar sabit kalmamaktadır. Forkliftler üzerinde bulunan sensörler sayesinde forkliftlere atamalar yapılabilmektedir.

V. SONUÇLAR

Müşteri siparişlerinin karşılanması veya üretim için gerekli olan ürün ve hammaddelerin sağlanması, hareketi ve depolanması, taşıma açısından depolama noktalarına transferi, toplaması, sınıflandırması ve sevkiyata hazır hale getirilmesi depolarda gerçekleştirilen önemli faaliyetlerdir. Depo içinde taşıma görevini sağlayan forklift verimliliği üretimin hızlanması için önemlidir. Çalışmada forklift verimliliğini ele alarak depo raf optimizasyonu sağlanmıştır. Sürec boyunca veritabanından alınan veriler python programının üzerinde işleyerek programı çalıştırmıştır. Yeni kullanan sistemde ürünlere kolay erişim sağlanmakta ve forklift trafiği azalmış bulunmaktadır. Depo raf optimizasyonu konusunda kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan BWM yöntemi kullanılmış, analiz ve modelleme, önem derece puanlandırması ile desteklenmiştir. Bu çalışma, ürün tiplerinin depodaki hareket sayısına

göre değerlendirildiği ve depo yerleşimine göre rafların değerlendirildiği bir çalışmadır.

Gelecek çalışmalarda yapılacak olan farklı verimlilik sağlayan yöntemler olacaktır. Şu an ki yaptığımız çalışmada elimizdeki verilerden yararlanarak ve önceliklerimizi belirleyerek bu çalışma yapılmıştır. Depo içerisinde ulaşım önemlidir. Üretimi hızlandıran unsurlardan biridir. Ürüne kolay erişim ve hızlı ulaşım önceliğimiz olmuştur. Depo raf optimizasyonu ile forklift verimliliğini sağlama çalışmamız daha gerçeğe yakın problemler üzerinde çalışabilmeyi mümkün kılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Gu, Jinxiang, Marc Goetschalckx ve Leon F. McGinnis: "Research on Warehouse Operation: A Comprehensive Review", *European Journal of Operational Research*, C. CLXXVII, No: 1, 2007, pp. 1-21.
- [2] Önüt, Semih, Umut R. Tuzkaya ve Bilgehan Doğaç: "A Particle Swarm Optimization Algorithm for The Multiple-Level Warehouse Layout Design Problem", *Computers & Industrial Engineering*, C. LIV, 2008, pp. 783-799.
- [3] Le-Duc T., De Koster R., "Travel distance estimation and storage zone optimization in a 2-block classbased storage strategy warehouse", *International Journal of Production Research*, 43 3561–3581, 2005.
- [4] Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57.
- [5] Demir, G., & Bircan, H. (2020). Kriter Ağırlıklandırma Yöntemlerinden Bwm Ve Fucom Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Bir Uygulama. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(2), 170-185. <https://doi.org/10.37880/Cumuiibf.616766>