



GAZİANTEP UNIVERSITY JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES

Journal homepage: <http://dergipark.org.tr/tr/pub/jss>



Araştırma Makalesi • Research Article

Manuel Sipariş Toplama Operasyonlarında Hata Tespit Uygulaması: Ağırlık Kontrol Noktası

Error Detection In Manual Order Picking Operations: Weight Check Point

Abdullah Oktay DÜNDAR^{a*} Alper Mustafa ÖLGER^b

^a Dr. Öğr. Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Lojistik Yönetimi Bölümü, Konya / TÜRKİYE

ORCID: 0000-0002-8508-165X

^b Yüksek Lisans Öğrencisi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Pazarlama ve Lojistik Bölümü, Konya / TÜRKİYE

ORCID: 0000-0002-8579-2347

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 7 Mayıs 2021

Kabul tarihi: 23 Şubat 2022

Anahtar Kelimeler:

Depo yönetimi,

Manuel sipariş toplama,

Hata tespiti,

Ağırlık kontrol noktası

ARTICLE INFO

Article History:

Received May 7, 2021

Accepted February 23, 2022

Keywords:

Warehouse management,

Manual order picking,

Error detection,

Weight check point

ÖZ

Bu çalışmada, manuel sipariş toplama operasyonlarında toplayıcı personel kaynaklı hatalı toplamaların tespit edilmesi için bir ağırlık kontrol sistemi önerilmektedir. Bu sistem ile hatalı toplamalar depo içerisinde tespit edilecek ve sevkiyattan önce hataların düzeltilmesi sağlanacaktır. Çalışma, toplam sevkiyatların %30'u karma paletlerden oluşan bir lojistik depoda gerçekleştirilmiş olup, önerilen ağırlık kontrol noktasından önceki ve sonraki 1 yıllık eksik gönderimlerin müşteri şikâyetleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada önerilen ağırlık kontrol noktasında 13.762 adet paletin belirlenen tolerans aralığının dışında olduğu tespit edilmiştir. Vardiya şefleri tarafından paletler tam sayıya tabi tutulmuş ve hatalar tespit edilmiştir. Belirlenen hatalar toplayıcılar tarafından giderilmesi sağlanmıştır. Önerilen sistem ile müşteriye hatalı sevk edilen koli sayısında %92,85'lik, müşteri şikâyetlerinde ise %82,35'lik bir azalma sağlanmıştır. Gerçekleştirilen çalışma ile manuel sipariş toplamada ağırlık kontrol noktasının hata oranlarını ve müşteri şikâyetlerini azaltmada önemli katkılar sağladığı gözlemlenmiştir.

ABSTRACT

In this study, a weight check system is proposed to detect incorrect picking caused by picker in manual order picking operations. With this system, faulty collections will be detected in the warehouse and errors will be corrected before shipment. The study was carried out in a logistics warehouse where 30% of the total shipments consisted of mixed pallets, and the effect of missing shipments for 1 year before and after the proposed weight check point on customer complaints was examined. It was determined that 13,762 pallets were outside the specified tolerance range at the proposed weight check point in the study. Pallets were fully counted by the shift chiefs and errors were detected. The identified errors were corrected by the pickers. With the proposed system, 92.85% reduction in the number of incorrectly shipped parcels to the customer and 82.35% reduction in customer complaints were achieved. With the conducted study, it has been observed that the weight check point in manual order picking makes significant contributions to reducing error rates and customer complaints.

* Sorumlu yazar/Corresponding author.
e-posta: aodundar@erbakan.edu.tr

EXTENDED ABSTRACT

In order picking, incomplete, excessive or wrong product picking errors may occur depending on the human or system. These errors cause re-transportation, re-handling, re-collection, product deterioration, damage and orders that cannot be met on time and increase the costs of the business. Therefore, although the technologies used in the order picking process reduce the possibility of error, an error control mechanism is required at the end of the process.

The purpose of this study is to present an error control mechanism to be used in manual order picking. For this purpose, a weight control system has been proposed to prevent missing product picking in manual order picking operations. The aim of the developed system is to prevent incomplete product collection, to improve the customer service level and to minimize the costs of return and contractual penalties arising from faulty shipments. The developed weight control system has been applied in the operations of a logistics warehouse that serves international companies and the results are discussed.

In the process with weight check point added, after the WMS system assigns a task to the picker, the picker receives an empty pallet. Euro pallets are used in the logistics warehouse where the application is made, and their weight varies between 18 kg and 23.5 kg. The picker weighs this pallet and records its empty weight to the system via a hand terminal. The WMS system calculates the expected pallet weight by adding up the total weight of the boxes assigned to the pallet and the empty pallet weight. After the picker completes the work order, the picker brings the pallet to the weight check point. The weight control system consists of a scale and a computer and works in integration with the WMS system.

When the completed pallet is placed at the weight check point, the expected weight of that pallet is first obtained from the WMS. Then, the tolerance range is 100 gr from the lightest parcel assigned to the pallet is calculated by subtracting. The reason for this is to try to catch at least one parcel error in weighing. However, if the result is less than 2000 gr., the tolerance range is determined as 2000. The reason for this is to prevent deviations caused by filling errors caused by production. 5-10 g deviation per small weight product, 1000 to 2000 gr. on the pallet causes deviations. Finally, the collected pallet is weighed, and if it is within the tolerance range, the pallet is packed and shipped. If the pallet is not within the \pm tolerance range, the collector receives a warning and the pallet is marked red. The shift supervisor compares the work order with the products on the pallet. If it is compatible, the pallet is shipped, if it is not, missing and faulty products are detected and the collector is ensured to harmonize the products on the pallet with the work order. After the pallet is aligned with the work order, it is brought to the weight check point to be weighed again. After confirming that the pallet weight is within the tolerance range, the shipment process is carried out.

In order to measure the effectiveness of the proposed system, a real-life application was made in the manual order picking process of a logistics warehouse serving international customers. In the warehouse where the application is made, order picking operation is carried out with a hand terminal. As long as the collection operation is completed, a pre-shipment weight check point has been added. 2018 and 2019 data were compared to measure the effectiveness of the weight check point. While no controls were made in 2018, it was determined that 13,762 pallets were outside the tolerance range at the weight check point in 2019. In the examination, it was determined that 25% of these pallets were heavier than expected and the remaining 75% were lighter. In some orders, a single product makes up the majority of the pallet. In such an order, the collector deducts from a full pallet containing the product. Less-reduced pallets, on the other hand, are heavy at the weight check point. Human-induced missing collections cause the pallets to be lighter. Pallets found to be out of tolerance were counted by the shift chiefs. The identified missing/excess parcel errors were corrected by the collectors and the shipments were made. While 643 defective parcels were shipped in 2018, this number decreased to 46 in 2019 and an improvement of 92.85% was achieved in faulty parcel shipments. Better results were obtained with the proposed system than the expected improvement (66.7%) at the beginning of the study. While there were 119 customer complaints in 2018, this number decreased to 21 in 2019 and a decrease of 82.35% was achieved. While one faulty parcel was collected from 214 pallets in 2018, one faulty parcel was collected from 3,099 pallets in 2019 and this number was improved by 1350%. While there was one customer complaint on 1,155 pallets in 2018, one customer complaint was made on 6789 pallets in 2019, and this number was improved by 487%. As can be seen, the proposed weight control point in order picking has prevented incorrect shipments in accordance with the purpose and contributed to a significant reduction in customer complaints, penalties due to customer complaints and return costs.

Despite the use of a weight check point, a small amount of faulty parcel collection has occurred and customer complaints have arisen. The reason for these complaints is that the tolerance range (minimum \pm 2000 gr.) is higher than the lightest parcel weight (500 gr.). 21.000 gr in orders. with 500 gr. There may be parcels between them. Particularly, \pm 5% filling deviations in heavy boxes prevent the weight check point tolerance from being small. For this reason, in some orders, it could not be determined whether especially light parcels were missing or excessive.

Giriş

Günümüz dünyası rekabetçi ortamında işletmeler, ürünleri yüksek kaliteli hizmet ve düşük maliyetle hızlı bir şekilde dağıtmak zorundadırlar. Depolama, müşteri talepleri doğrultusunda işletmelerin ürünleri teslim etme kabiliyetini belirlediğinden genel lojistik süreç içerisinde kilit bir role sahiptir (Reis ve Günthner, 2009). Depolama faaliyetleri ile müşteri siparişlerini zamanında karşılayan işletmeler, müşteri memnuniyeti ile birlikte tedarik zincirinin amaçlarına ulaşmasında da önemli katkılar sağlamaktadır (Hsu vd., 2005).

Tam zamanında üretim sistemleri ve e-ticaretin yaygınlaşması gibi nedenlere bağlı olarak depolar dar zaman dilimlerinde küçük ve çeşitli miktardaki sipariş emirlerini yerine getirmeye zorlanmaktadır. Bu sebeple sipariş toplama; hem hizmet kalitesini doğrudan etkilemesi hem de önemli bir maliyet unsuru olması açısından depo içerisindeki en önemli operasyon olarak karşımıza çıkmaktadır. Sipariş toplama, ilk başlarda tamamen manuel olarak yapılmakta iken zaman içerisinde operasyonun verimliliğini arttırmak için toplayıcıyı destekleyen teknolojik sistemler ve tam otomasyon sistemleri geliştirilmiştir. Ancak bu geliştirilen sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması küçük ölçekli depolarda kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Diğer taraftan operasyonun esnekliği kaybolmakta ve farklı siparişlere cevap vermek mümkün olamamaktadır. Bu nedenle sipariş toplama sürecinin esnekliğini koruyabilmek için operasyonda insan vazgeçilmez bir unsur olarak yer almaktadır. Sipariş toplama sürekli tekrarlanan ve yorucu bir operasyondur. Dolayısıyla her ne kadar destekleyici teknoloji bulunsa bile zaman içerisinde insanında hata yapması kaçınılmazdır. Bu hatalar; yorgunluk, dikkatsizlik, bilgi eksikliği ve moral bozukluğu gibi sebeplere bağlı olarak gerçekleşmektedir.

Sipariş toplamada insana veya sisteme bağlı olarak eksik, fazla veya yanlış ürün toplama hataları gerçekleşebilmektedir. Bu hatalar; tekrar taşıma, tekrar elleçleme, tekrar toplama, üründe bozulma, hasar ve zamanında karşılanamayan siparişlere neden olmakta ve işletmenin maliyetlerini arttırmaktadır. Dolayısıyla sipariş toplama sürecinde kullanılan teknolojiler hata olasılığını düşürse de sürecin sonunda bir hata kontrol mekanizmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; manuel sipariş toplama operasyonunda kullanılacak bir hata kontrol mekanizmasının sunulmasıdır. Bu amaçla çalışmada, manuel sipariş toplama operasyonlarında eksik veya fazla ürün sevkiyatını engelleyecek bir ağırlık kontrol sistemi (hata kontrol mekanizması) önerilmiştir. Geliştirilen sistemin amacı; eksik veya fazla ürün toplamayı engelleyerek, müşteri hizmet düzeyini iyileştirmek ve hatalı sevkiyatlardan kaynaklanan geri dönüş ve sözleşmelere bağlı ceza maliyetlerini en aza indirmektir. Çalışmada önerilen ağırlık kontrol sistemi; uluslararası işletmelere hizmet veren bir lojistik işletmesinin depo operasyonlarında uygulanmış ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Kavramsal Çerçeve

Tedarik zinciri içerisinde çok farklı noktalarda farklı amaçlar için depolar bulunsa da benzer faaliyetler yürütülmektedir. Bu faaliyetler; mal kabul ve kontrol, hatalı ve hasarlı ürün tespiti, ürünlerin yerleştirilmesi, elleçleme, paketleme vb. katma değerli faaliyetler ve sipariş toplama (Tompkins vd., 2010). Depolama yönetiminin amaçlarına ulaşması için tüm bu faaliyetlerin iyi bir planlama ile koordineli bir şekilde yürütülmesi önem arz etmektedir (Poon vd., 2011). Bu sebeple literatürde, farklı yöntemler kullanılarak depolamayla ilgili birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Çalışmalarda, firma karının arttırılması ve/veya depolama maliyetlerinin düşürülmesi üzerine odaklanılmıştır (Tunç vd., 2008).

Depolama faaliyetleri içerisinde sipariş toplama, hem emek yoğun olması hem de sürekli tekrarlanması gerektiğinden (Tsai vd., 2008), oldukça yüksek maliyetlere neden

olmakta ve hizmet kalitesini (hız) doğrudan etkilemektedir (De Koster vd., 2007). Grosse vd.(2017)'ne göre depoların operasyonel maliyetleri içerisindeki en büyük pay yaklaşık %50 ile sipariş toplama işleminden kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı depo yöneticileri tarafından üzerinde önemle durulması gerekmektedir (De Koster vd., 2007) .

Sipariş toplama; siparişlerin gruplandırılarak çizelgelenmesi, ürünlerin siparişlere siparişlerin ise toplayıcılara atanması, toplayıcıların siparişleri toplaması ve toplanan siparişlerin sevkiyata hazır hale getirilmesi gibi birçok işlemden oluşan faaliyetler dizisidir (Atmaca ve Öztürk, 2014). Dallari vd. (2009) sipariş toplama sistemlerini; toplayıcıdan-parçalara (picker-to-parts) sistemi, kutuya-toplama (pick-to-box) sistemi, topla-ve-sınıflandır (pick-and-sort) sistemi, parçalardan-toplayıcıya (parts-to-picker) sistemi ve tam-otomatik-toplama (completely automated picking) sistemi olmak üzere beş sınıfa ayırmışlardır. Toplayıcıdan-parçalara sistemi, en temel toplama faaliyeti olduğu için depolarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde toplayıcı, bir siparişteki parçaları veya birleştirilmiş siparişleri toplamak için koridorlar arasında yürümekte ya da bir aracı kullanmaktadır. Eğer birleştirilmiş bir sipariş toplanmış ise toplama işlemi tamamlandıca ürünler siparişlere göre ayrılmaktadır. Kutuya-toplama sisteminde toplama alanı, her bir bölge bir ya da daha fazla toplayıcıya atanacak şekilde bölgelere ayrılmaktadır. Tüm bölgeler birbirine konveyör bantlarla bağlı olup, bant üzerinde müşteri siparişini temsil eden kutular hareket ederek ürünler toplanmaktadır. Topla-ve-sınıflandır sisteminde, toplayıcılar birleştirilmiş sipariş gruplarında yer alan ürünlerin miktarı kadar ürünü toplamakta ve sınıflandırma alanı ile bağlantılı çalışan kapalı döngü konveyör sistemine bırakılmaktadır. Konveyör ile sınıflandırma alanına gelen ürünler sipariş bazında sınıflandırılarak toplanmakta ve siparişler tamamlandıca sevk etmeye hazır hale gelmektedir. Parçalardan-toplayıcıya sisteminde, siparişe uygun miktardaki ürünler otomatik bir araç yardımıyla depodan alınarak toplama istasyonlarına veya bölgesine sevk edilmektedir. Toplayıcılar her bir sipariş için gereken miktarda ürünü araçlardan aldıktan sonra araçta hala ürün bulunuyorsa, araç depolama alanına geri gönderilmektedir. Tam-otomatik-toplama sisteminde ise insansız olarak makineler, robotlar, konveyör vb. sistemlerden oluşan bilgisayar bütünleşik bir sistem tarafından sipariş toplama gerçekleştirilmektedir. Yukarıda anlatılan her bir sistemde otomasyon seviyesi giderek artmakta ve tam otomasyona geçilmektedir (Dallari vd., 2009). Süreçlerin yapılandırılarak tam otomasyona geçilmesi ile maliyetler önemli oranda düşürülebilmektedir. Ancak insan esnekliği makineler tarafından ikame edilemediği (Reif ve Günthner, 2009) için tam otomasyon sisteminde işletmeler istedikleri esnekliği kaybetmekte ve farklı müşteri taleplerine hızlı cevap verememektedir. Bu nedenle işletmelerin birçoğu sipariş toplama operasyonunu manuel ağırlıklı olan toplayıcıdan-parçalara sistemi ile gerçekleştirmektedir.

Son dönemde artan e-ticaret hacmi ile küçük miktarlarda binlerce ürünün 24 saat içerisinde toplanması, paketlenmesi, yüklenmesi ve müşteriye teslim edilmek üzere sevk edilmesi gerekmektedir. Ancak bu hacim artışı ve beraberinde getirdiği daha büyük depo yerleşim alanlarında, daha fazla adrese gidilmesi gerekliliği, toplayıcıdan-parçalara sipariş toplama sisteminin üstesinden gelemeyeceği bir büyüklüğe ve karmaşıklığa ulaşmıştır. Her ne kadar tam otomasyondaki performans değerlerine toplayıcıdan-parçalara sistemi ile ulaşmak mümkün olmasa da toplama performansının artırılması için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler; listeye toplama (pick-by-paper), el terminali ile toplama (pick-by-rf terminal), sesle toplama (pick-by-voice), ışıkla toplama (pick-by-light), araca monte ekranla toplama (pick-by-CMD (cart mounted display)) ve başucu göstergesi ile toplama (pick-by-HUD (head-up-display)) dır.

Listeye toplama sisteminde, toplayıcı ürünlerin konumunu, miktarını ve alınacak sırayı gösteren bir basılı liste yardımıyla ürünleri toplamaktadır. Özellikle küçük ölçekli depolarda

basit ve ucuz bir sistem olmasından dolayı yoğunlukla kullanılmaktadır. Ancak okuma ve yorumlama zorluklarından dolayı hata yapma riski oldukça yüksektir (Guo vd., 2014).

El terminali ile toplama, listeyle toplamanın basılı kağıt olmadan gerçekleştirilen bir çeşididir (Hompel ve Schmidt, 2006). Toplayıcı herhangi bir siparişe ait toplama bilgilerini depo yönetim sistemi (WMS) ile kablosuz olarak iletişim kuran RF terminali ekranında görebilmektedir (De Vries vd., 2016). Toplayıcı terminale entegre edilmiş barkod okuyucu ile ürün onaylarını yapabilmektedir. Ürün miktar bilgileri ise terminal ekranına girilerek depo yönetim sistemine gönderilmektedir.

Sesle toplama sisteminde ise toplayıcı mikrofon ve kulaklık aracılığıyla bilgisayar sistemi ile iletişime geçmekte, tüm talimatlar bilgisayar tarafından sesli olarak verilerek toplayıcı yönlendirilmekte ve ses tanıma sayesinde kontrol sağlanmaktadır (Schwerdtfeger, 2010). Bilgisayar sistemi toplayıcının konumu belirlemekte ve gitmesi gereken rafa yönlendirmektedir. Toplayıcının kaç adet ürün alması gerektiği rafa geldiğinde bilgisayar tarafından bildirilmektedir. Toplayıcı ise aldığı ürün miktarını sesli olarak bilgisayara iletmektedir. Diğer taraftan veri girişi için ses sistemi kullanıldığından, toplayıcı her iki elini de serbest bir şekilde aktif olarak kullanabilmektedir (Dujmešić vd., 2018). Bu sistem sayesinde sipariş toplama verimliliği artmakta ve toplama hataları önemli oranda azaltılabilmektedir. Ancak ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, gürültülü depo ortamında sesli tanıma ve iletişimde güçlükler ve toplayıcının gün boyu monoton bir sese maruz kalması gibi zorlukları bulunmaktadır (Schwerdtfeger,2010).

Işıklı toplama sisteminde, toplayıcı rafın altına veya üstüne monte edilmiş bir ışığın yanması ile doğru rafı bulmaktadır. Raftaki küçük ekranda alınacak ürün miktarı gösterilmektedir. Toplayıcı gerekli miktardaki ürünü aldıktan sonra işlemi onaylamak için bir butona basmaktadır. Bu sistemde depolama alanı görsel olarak tanımlandığından ve toplanacak ürün miktarları için ekran kullanıldığından, toplamada geçen ölü zamanlar azalmakta ve toplayıcının performansı artmaktadır. Ancak sistem; yüksek ilk yatırım maliyetlerine, gelişmiş bir yönetim sistemine ve organizasyonel çabaya ihtiyaç duymaktadır (Baechler vd., 2016).

Araca monte ekranla toplama sistemi ise listeyle toplama sisteminde kullanılan listelerin toplama aracına monte edilmiş bir ekrana yansıtılması ile sipariş toplama operasyonunun gerçekleştirilmesidir. Bu sistem, listeyle toplama sistemine göre çok daha iyi bir performans göstermektedir (Guo vd., 2015).

Başucu göstergesi ile toplama sisteminde toplayıcı sipariş listelerini ve sırasını gösteren bir gösterge (HUD) takmaktadır. Toplayıcı ürünü sipariş kutusuna bıraktığında gösterge bir sonraki ürüne ait tabloyu görüntülemektedir. Bu sisteme örnek olarak Google Gözlük uygulaması verilebilir. En büyük avantajı çok hafif olması ve ek bilgisayar gerektirmeden yeterli işlem gücüne sahip olmasıdır (Guo vd., 2015).

Literatür Araştırması

Sipariş toplama, yüksek maliyetli olması ve hizmet kalitesini etkilemesi sebebiyle depolama faaliyetleri içerisinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Bu yüzden literatürdeki çalışmalar sipariş toplama maliyetlerini ve süresini azaltmak amacıyla depo tasarımı (Roodbergen ve Vis, 2006), ürün yerleştirme (Jarvis ve McDowell,1991;Ito ve Kato, 20016), sipariş birleştirme (Yu ve De Koster, 2009) ve rotalama (Hwang vd.,2004) gibi yöntemlere odaklanmaktadır. Diğer taraftan sipariş toplama sürecine makineler ve bilgisayar sistemlerini dahil ederek sürecin otomatikleştirilmesi ve etkinliğinin artırılması ile ilgili çalışmalar da gerçekleştirilmektedir (Leung vd., 2020; Đukić vd., 2010; Tapia vd.2019). Ancak sipariş toplamada her ne kadar otomasyon sistemleri verimlilik ve performansta önemli iyileştirmeler

sağlasa da esneklikleri nedeniyle toplayıcı olarak insanın yeri makinelere bırakılamamaktadır. Bu bölümde sipariş toplama sürecinin herhangi bir noktasında insanın yer aldığı çalışmalar ile ilgili kısaca bilgi verilecektir.

Petersen ve Aase (2004) yapmış oldukları çalışmada, toplama, depolama ve rotalama kararlarının sipariş toplayıcı hareketleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yazarlar her seferinde bir sipariş toplanan, rastgele depolama yapılan ve basit bir rotalama tekniği kullanılan bir simülasyon modeli üzerinde çalışmışlardır. Küçük sipariş miktarlarında sipariş birleştirmenin en fazla tasarrufu sağladığını ve sınıflandırmaya veya hacme dayalı depolama politikalarının da neredeyse sipariş birleştirme kadar tasarruf sağladığını bildirmişlerdir. Petersen vd. (2004) bir manuel sipariş toplama deposunda sınıf tabanlı depolama (Class-based storage) yöntemi ile operasyon verimliliğini arttırmaya çalışmışlardır. Kullanılan yöntem ile toplayıcıların seyahat sürelerinde %12 ile %26 arasında iyileştirme sağlandığı bildirilmiştir. Reif ve Günthner (2009) artırılmış gerçeklik ve görüntü ile toplamanın objektif ve önemli bir lojistik operasyonda uygulamasını incelemiş ve sipariş toplama üzerinde büyük ölçüde geliştirici bir etki yarattığını tespit etmişlerdir. Grosse ve Glock (2013) sipariş toplama sürecinde insan öğrenmesinin yaygınlığını tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışmada farklı öğrenme eğrileri kullanılarak sipariş toplama sürecine etki eden depo tasarımı veya çalışma planları yapılırken insan öğrenmesinin dikkate alınması gerektiği bildirilmiştir. Guo vd. (2014) listeyle toplama, ışıkla toplama, arabaya monte ekranla toplama ve başucu göstergesi ile toplama yöntemlerini doğruluk, hata türleri, görev süresi, öznel görev yükü ve kullanıcı tercihleri açısından değerlendirmişlerdir. Yazarlar, arabaya monte ekranla toplama ve başucu göstergesi ile toplama yöntemlerinin değerlendirilen kriterler açısından daha üstün olduklarını bildirmişlerdir. Grosse vd.(2015) sipariş toplamada insan faktörünü temel alarak planlanan (tasarlanan) sipariş toplama sistemlerinde dikkate alınması gereken konuları belirlemişlerdir. Bunlar, insanların sipariş toplama sistemlerin merkezinde yer aldığından çalışan-sistem etkileşimin sistemin performansı ve işçi sağlığı açısından belirleyici olduğu, çalışanların birbirinden farklı olduğu, insandan kaynaklı hataların her zaman meydana gelebileceği, çalışanlarda öğrenme, unutma, can sıkıntısı ve yorgunluk meydana gelebileceği ve çalışanların iş sağlığı ve güvenliği sorunlarına maruz kalabileceğidir. Funk vd.(2015) çalışmalarında, sipariş toplama operasyon performansını arttırmak için artırılmış gerçeklikle desteklenmiş hem sabit hem de mobil sistemlerin avantajlarını birleştiren OrderPickAR isimli hareketli kamera-projektör toplama aracı geliştirmişlerdir. Sistemde 3 çift kamera-projektör kullanılmış ve iki çifti araçtaki işlenmiş siparişlere ait kutulara dönükken, bir çifti ise raftaki ürünlere dönük olarak planlanmıştır. Sistemde projektörler ürün seçmek ve depolamak için rafları vurgulamak için tasarlanmıştır. Yazarlar, geliştirilen sistemin geleneksel sistemlere göre 2 kat daha hızlı olduğunu ve hata oranlarını 9 kata kadar düşürdüğünü bildirmişlerdir. Wu vd.(2016) çalışmalarında, Amerika'daki sipariş toplamaların %80'inin manuel olarak yapıldığından hareketle desteklenmemiş listeyle toplamayı (pick-by-paper), ağırlık kontrolü ile desteklenmiş ışıkla toplama (pick-by-light), başucu göstergesi ile toplama (pick-by-HUD) ve birleştirilmiş ışıklı başucu göstergesi ile toplama (pick-by-light and HUD) sistemleri ile deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Sipariş hazırlandıktan sonra kontrol noktasında geliştirilen algoritma ile ağırlık kontrol edilmektedir. Sipariş kabul edilebilir ağırlık sınırları içindeyse toplayıcı bir sonraki siparişe geçmekte, değil ise hatalı, eksik veya fazla ürün toplayıcı tarafından düzeltilmekte ve sipariş tekrar kontrol edilmektedir. Yazarlar en fazla hatanın (15) listeyle toplamada olduğu ve en az hatanın (1) ise ışıkla toplama sisteminde olduğunu bildirmişlerdir. Gajšek vd. (2017) çalışmalarında, manuel sipariş toplama operasyonunda insan unsurunu ele alan literatürdeki çalışmaları incelemişlerdir. Yazarlar, çalışma sonucunda sipariş toplamayla ilgili bütünsel ve sistemik bir yaklaşıma dayalı birçok iyileştirme alanı olduğunu bildirmişlerdir. Grosse vd.(2017) yapmış oldukları çalışmada, insan faktörünün sipariş toplama

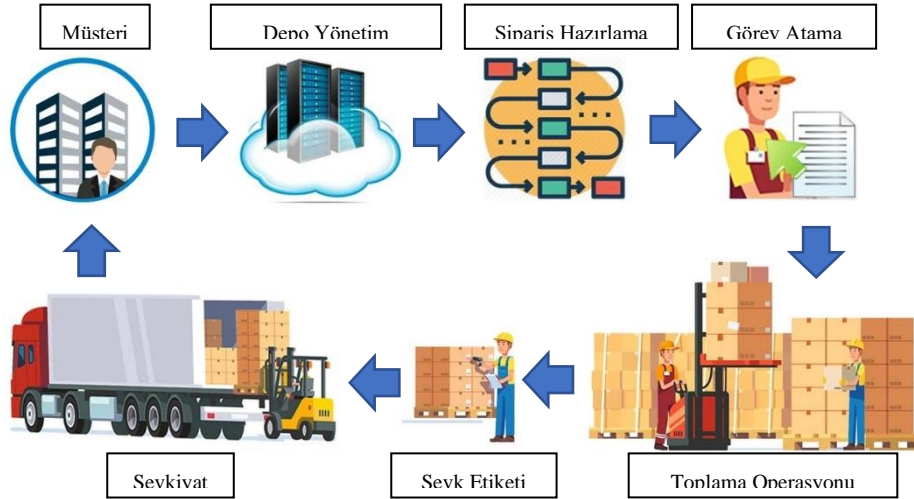
operasyonları üzerindeki önemini incelemişlerdir Analiz sonuçları, sipariş toplama ile ilgili önceki araştırmalara yönetim odaklı verimlilik kriterlerinin egemen olduğunu ve sipariş toplama sistemlerinin tasarımı ve yönetiminde insan faktörüne açıkça dikkat edilmediğini göstermektedir. Kretschmer vd. (2017), çalışmalarında toplayıcı olarak çalışanların sıhhatlerini, iş yeteneklerini ve performanslarını arttırmak için sipariş toplamada kullanılan sistemleri ve teknolojik ekipmanları incelemişlerdir. Çalışanların bilişsel yük, kapasite, performans ve strese yatkınlık açısından bireysel olarak farklı oldukların, gelecekte insanların makinelerle değiştirilemeyeceğinden hareketle sipariş toplamada kullanılacak teknolojik ekipman ve kullanıcı ara yüzlerinin çalışana göre özelleştirilebilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Sham ve Hussin (2018) manuel sipariş toplamada verimliliği arttırmak amacıyla akıllı yük arabası uygulaması geliştirmişlerdir. Akıllı yük arabası dokunmatik ekran, barkod ve RFID sistemi, paket ve araba modülü ve hataları azaltıp verimliliği arttıracak diğer isteğe bağlı sistemlerden oluşmaktadır. Çalışmada geliştirilen uygulama ile normal yük arabaları android sistem üzerinde çalışan bir mobil uygulamayla akıllı hale gelmektedir. Bunun için sisteme deponun sayısal haritasının, depodaki envanterin ve sipariş listelerinin entegre edilmesi gerekmektedir. Thomas vd.(2018) çalışmalarında, sipariş toplamada insan kaynaklı hataların azaltılması için Radyo frekansı tanımlama (RFID) tabanlı bir doğrulama sistemi önermişlerdir. Geliştirilen sistem başucu göstergesi ile toplamaya entegre (pick-by-HUD with RFID) edilmiş ve buton doğrulamalı ışıkla toplama, barkod doğrulamalı listeye toplama ve doğrulamasız listeye toplamaya göre düşük hata oranları ve iş yükü ile daha hızlı toplamaya olanak sağladığı bildirilmiştir. Zhao vd. (2019) toplayıcıdan parçalara sisteminin uygulandığı bir manuel sipariş toplama operasyonu için genetik algoritma yaklaşımı le iki amaçlı bir model önermişlerdir. Modelde işçilerin yorgunluğu ve iş yükü dikkate alınmıştır. Model toplayıcılar için çizelgeme ve dinlenme sayılarını belirlemektedir. Geliştirilen model bir vaka çalışması üzerinden uygulanmıştır. Fan ve An (2020) manuel sipariş toplamada ölçeklenebilir ve giyilebilir bir arttırılmış gerçeklik sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistem önceki çalışmalardan farklı olarak depo zemini ile ilişkilendirilmiş bir navigasyon sistemi kullanmaktadır. Sistem bir otomobil montaj hattında uygulanmış ve mevcutta kullanılan listeye toplama yöntemine göre insan hatalarının azaltıldığı ve toplam verimliliğin arttığı bildirilmiştir. Zhao vd. (2020) manuel sipariş toplama operasyonunda toplayıcıların iş yükünün dengelenmesi için bir model önermişlerdir. Modelin verimli ve etkili bir şekilde çözümlenmesi için yinelemeli yerel arama algoritması (Iterated Local Search Algorithm) geliştirmişlerdir. Geliştirilen model ve yöntem bir gerçek hayat problemi üzerinde denenmiştir. Winkelhaus vd. (2021) ikame edici ve destekleyici teknolojilerin kullanıldığı sipariş toplama operasyonunu Sipariş Toplama 4.0 olarak tanımlamışlar ve kavramsal bir çerçeve sunmuşlardır. Çalışmada Sipariş Toplama 4.0 “ bireysel ve heterojen müşteri siparişlerinin bir depodaki çok çeşitli mallardan küçük parti boyutlarında verimli ve sürdürülebilir bir şekilde derlendiği sosyoteknik bir sipariş toplama sistemidir. Bu nedenle, Sipariş Toplama 4.0, insan faktörleri hedeflerinin yanı sıra destekleyici ve ikame edici teknolojilerin yüksek düzeyde otomasyonunu dikkate alır.” şeklinde tanımlanmıştır. Füchtenhans vd. (2021) akıllı aydınlatma sistemlerinin üretim ve lojistik gibi endüstriyel ortamlarda kullanımını ele alan bir literatür taraması yapmışlardır. Çalışmada akıllı aydınlatma sistemlerinin sipariş toplama operasyonunda sağladığı verimlilik potansiyeli tartışılmıştır.

Manuel sipariş toplama ile ilgili literatür incelendiğinde çalışmaların genelde, sipariş toplama stratejilerinin karşılaştırılması, toplama operasyonunu destekleyici teknolojilerin geliştirilmesi ve bu teknolojilerin insan üzerindeki etkileri üzerine odaklandığı görülmektedir. Hata tespit etmek amacıyla ağırlık kontrol noktası uygulanması ile ilgili sadece bir tane deneysel çalışma bulunmakta olup yeterli çalışmaların olmadığı görülmüştür. Bu çalışmada manuel sipariş toplamada hata tespiti için ağırlık kontrol noktası uygulaması lojistik bir

deponun gerçek hayat problemine uygulanmaktadır. Depoda AS/RS (Automated Storage and Retrieval System) otomatik depolama sistemi tam paletleri toplama noktasına beslemekte, karma paletler ise toplayıcılar tarafından toplanmaktadır. Bu nedenle ağırlık kontrol noktası sadece karma paletler için uygulanmıştır. Uygulama gerçek hayat probleminin ele alındığı bir yıllık verileri içerdiğinden literatüre önemli derecede katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Problem Tanımı

Çalışma uluslararası faaliyet gösteren şirketlere hizmet üreten Konya’da yerleşik bir lojistik depoda gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yapıldığı lojistik depoda ürün kolileri 0,5 kg ile 21 kg arasında değişmekte olup karma palet sevkiyatları iş hacminin %30’nu oluşturmaktadır. Ürünlerin satışı gerçekleştirildikten sonra depo bölümüne sipariş hazırlama ile ilgili iş emri gelmekte, depo yönetim sistemi (warehouse management system) programı teslim edilecek noktalara göre siparişleri hazırlamaktadır. Bu aşamada program tarafından ne kadar tam palet, ne kadar karma palet sevk edileceği belirlenmektedir. Tam palet ve karma palet olarak sevk edilecek siparişler belirlendikten sonra siparişin hazırlanma süreci başlamaktadır. Öncelikle karma paletler hazırlanmaktadır. Depo yönetim sistemi karma palet siparişlerini planlayıp hazırladıktan sonra toplayıcılara palet bazında iş emirleri ataması yapmaktadır. Her toplama görevi için gidilecek lokasyon sayısı siparişin çeşitliliğine göre değişmektedir. Depoda el terminali ile sipariş toplama gerçekleştirilmektedir. Depoda gerçekleştirilen olağan karma palet toplama süreci Şekil.1’deki gibidir.



Şekil 1: Karma palet sipariş toplama süreci

İş emrini alan toplayıcı elektrikli istif araçları kullanarak sipariş listesinde bulunan ürünleri sırayla toplamaya başlamaktadır. Toplayıcı el terminaline düşen sipariş bilgilerine göre birinci ürünün bulunduğu lokasyona gitmekte, ürün barkodunu okutmakta ve aldığı ürün miktarını terminale girerek bir sonraki ürüne geçmektedir. İş emirleri tamamlandıktan sonra palet ambalajlanmakta ve sevk etiketi yapıştırılarak sevke hazır hale getirilmektedir. Karma paletler ve tam paletler yükleme alanında birleştirilmekte, araçlara yüklendikten sonra süreç tekrar başa dönerek yeni siparişler hazırlanmaya başlamaktadır. Sipariş toplama operasyonlarında görevin tam ve doğru olarak gerçekleşip gerçekleşmediği toplayıcıların sorumluluğundadır.

Sevk edilen siparişlerin doğruluğu teslim noktasındaki mal kabul esnasında kontrol edilmektedir. Teslim noktasındaki müşteri personeli, fiziksel kontrol ile mal kabulünü gerçekleştirmektedir. Süreçten de anlaşıldığı üzere mevcut durumda toplanan siparişin

doğruluğu son noktada müşteri tarafından kontrol edilmektedir. Sipariş toplamada gerçekleşen eksik veya fazla toplamalar müşteriye yansımakta ve müşteri eksik veya fazla ürün tespit eder ise müşteri şikâyet portalına kayıt açmaktadır. Açılan her şikâyet için lojistik depo, müşterisine belli bir oranda ceza ödemek zorundadır.

Çalışmanın yapıldığı lojistik depo, 2018 yılında sipariş toplama sürecinde miktar kontrolünü tamamen toplayıcılar üzerinden yaparak sevkiyatlarını gerçekleştirmiştir. 2018 yılında karma palet toplama operasyonunda toplanan koli sayısı, karma palet sayısı, müşteride tespit edilen eksik veya fazla koli sayısı ve operasyondan kaynaklı hataların sebep olduğu müşteri şikâyet sayısı Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: 2018 Yılı Karma Palet Operasyon Bilgileri

2018				
Aylar	Toplanan Koli Sayısı	Karma Palet Sayısı	Eksik/Fazla Koli Sayısı	Müşteri Şikâyet Sayısı
Ocak	624.132	11.891	32	4
Şubat	692.334	12.222	61	8
Mart	733.344	12.474	27	4
Nisan	610.676	11.140	166	9
Mayıs	707.130	12.559	27	14
Haziran	596.179	10.803	1	1
Temmuz	602.123	11.090	248	57
Ağustos	670.083	11.922	15	3
Eylül	611.183	11.793	24	1
Ekim	645.610	12.960	22	6
Kasım	518.967	9.718	16	9
Aralık	425.590	8.902	4	3
Toplam	7.437.351	137.474	643	119

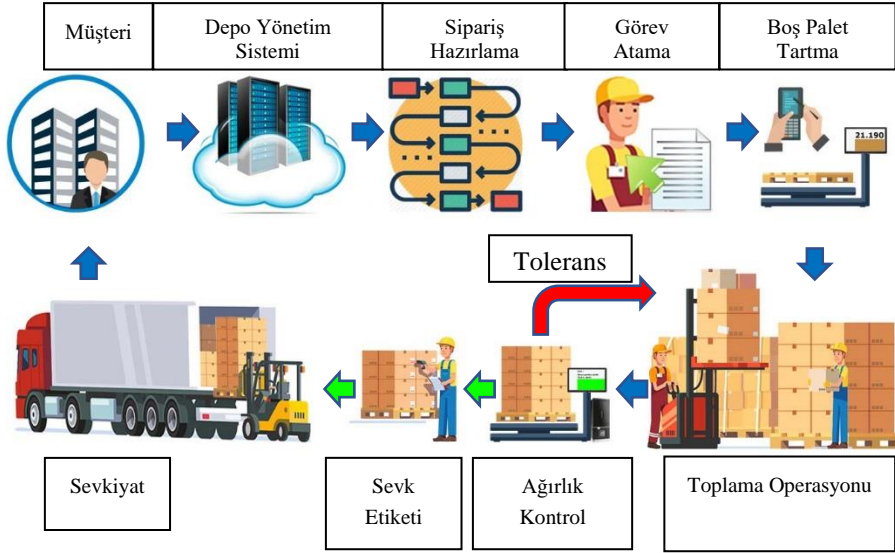
Tablo 1’de görüldüğü gibi 2018 yılında 7.437.351 adet koli, 137.474 adet palette toplanmış ve müşteriye sevk edilmiştir. Müşteride 643 adet eksik veya fazla koli hatası tespit edilmiş ve bu hatalar 119 şikâyetle raporlanmıştır. Eksik veya fazla koliden kaynaklanan 213,8 palette bir koli hatası, 1155,2 palette ise bir müşteri şikâyeti gerçekleşmiştir.

Uygulamanın yapıldığı lojistik depoda el terminali ile sipariş toplama operasyonu, yukarıda anlatıldığı üzere manuel olarak iş görenler tarafından gerçekleştirilmektedir. Emek yoğun bu operasyon sırasında istenmeyen hatalı toplama gerçekleşebilmektedir. Hatalı gönderimler, müşteri şikâyetlerine ve operasyonların tekrarlanması gibi maliyetlere neden olmaktadır. Dolayısıyla, depo içerisinde bu operasyonların etkinliği ve verimliliği maliyetleri önemli ölçüde etkilemektedir. Bu hatalı toplamalar dikkatsizlikten, yorgunluktan, süre baskısından, stresten ve tecrübe eksikliğinden kaynaklanabilmektedir. Her ne kadar işletmeler tecrübeli iş gören çalıştırsa bile yukarıda belirtilen farklı nedenlerden dolayı hala süreç içerisinde istenmeyen hatalı toplamalar gerçekleşebilmektedir. Bu sebeplerle, depodan ürün sevkiyatı gerçekleşmeden görevin tam ve doğru olarak gerçekleşip gerçekleşmediğini kontrol edecek toplayıcılar haricinde bir mekanizmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Böylelikle hata ve eksiklikler sevkiyat öncesi tespit edilerek geri dönüş maliyetleri, tekrarlanan operasyon maliyetleri, müşteri şikâyetleri ve müşteri şikâyetlerinden kaynaklanan ceza maliyetleri engellenebilecektir.

Ağırlık Kontrol Noktası

Bu çalışmada, sipariş toplama operasyonundan kaynaklı hatalı toplamaları ve müşteri şikâyetlerini azaltmak amacıyla karma palet toplama sürecinin sonuna ağırlık kontrol noktası

önerilmektedir. Sipariş toplama operasyonu tamamlandıktan sonra, sevkiyat öncesi ağırlık kontrol mekanizması geliştirilmiştir. Önerilen sistemin tüm mali giderleri uygulamanın yapıldığı işletme tarafından karşılanmış ve ağırlık kontrol mekanizmasının WMS ile entegrasyonu işletmenin IT ekibi tarafından sağlanmıştır. Değiştirilmiş yeni sipariş toplama süreci Şekil 2'deki gibidir.



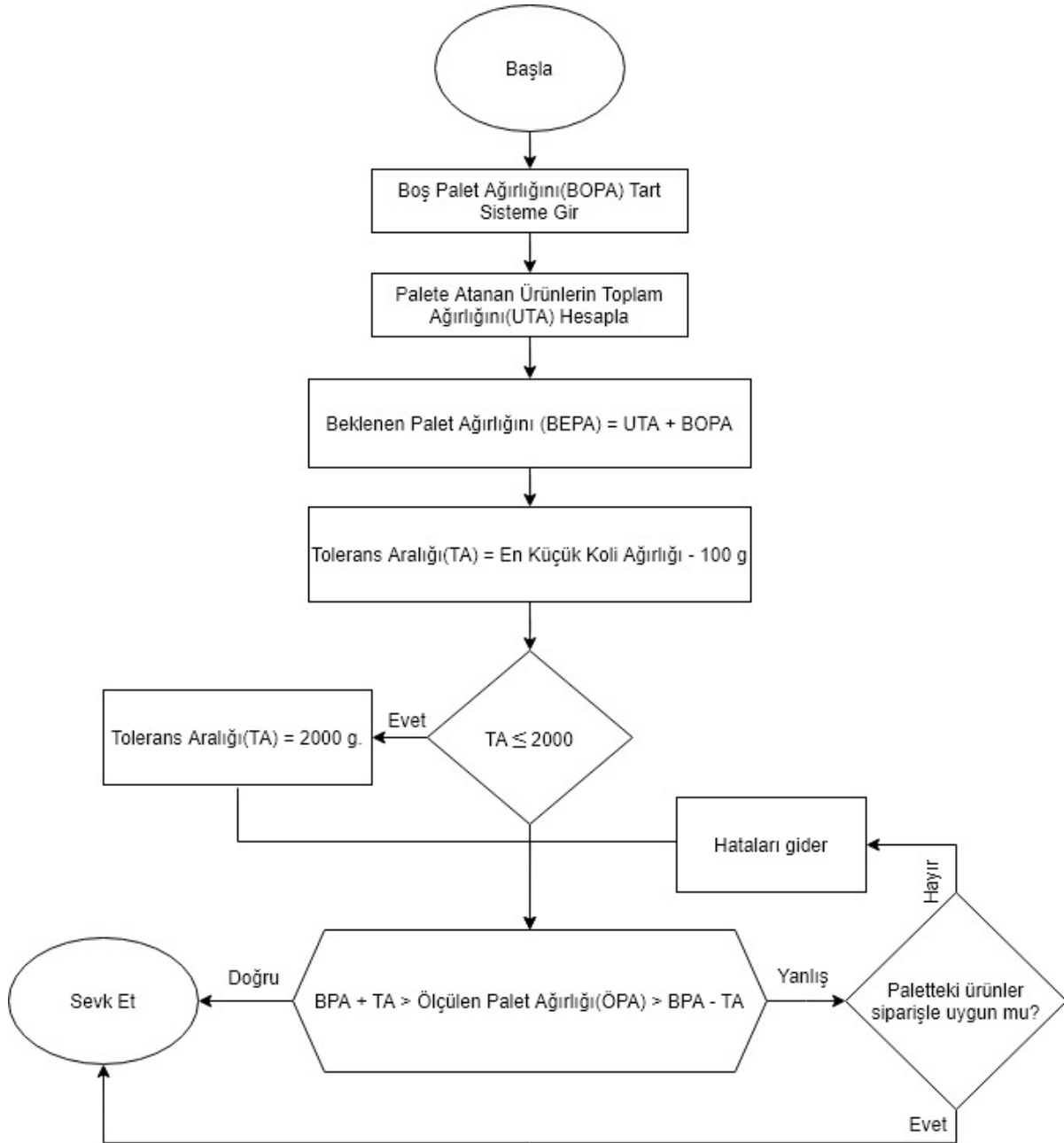
Şekil 2: Ağırlık Kontrol Noktası Eklenmiş Sipariş Toplama Operasyonu

Ağırlık kontrol noktası eklenmiş süreçte WMS sistemi toplayıcıya görev atadıktan sonra toplayıcı boş bir palet almaktadır. Uygulamanın yapıldığı lojistik depoda euro paletler kullanılmakta olup ağırlıkları 18 kg ile 23,5 kg arasında değişmektedir. Toplayıcı bu paleti tartarak boş ağırlığını el terminali aracılığı ile sisteme kaydetmektedir. WMS sistemi palet atanan kolilerin toplam ağırlığı ile boş palet ağırlığını toplayarak beklenen palet ağırlığını hesaplamaktadır. Daha sonra toplayıcı iş emrini tamamladıktan sonra paleti ağırlık kontrol noktasına getirmektedir. Ağırlık kontrol sistemi bir tartı ve bilgisayardan oluşmakta ve WMS sistemi ile entegre olarak çalışmaktadır. Ağırlık kontrol sisteminin çalışma prensibi Şekil 3'te gösterilmiştir.

Tamamlanan palet ağırlık kontrol noktasına yerleştirildiğinde öncelikle WMS'den o palet için beklenen ağırlık miktarı alınmaktadır. Daha sonra tolerans aralığı palet için hafif koliden 100 gr. çıkartılarak hesap edilmektedir. Bunun sebebi tartımda en az bir koli hatasını yakalamaya çalışmaktır. Ancak eğer sonuç 2000 gr.'dan küçük ise tolerans aralığı 2000 olarak belirlenmektedir. Bunun sebebi ise üretimden kaynaklı dolum hatalarının sebep olduğu sapmaları engellemektir. Her bir küçük gramajlı üründe 5-10 gr.'lık sapma palette 1000 ila 2000 gr. sapmalara neden olmaktadır. Son olarak toplanan palet tartılmakta \pm tolerans aralığında ise palet ambalajlanarak sevk edilmektedir. Eğer palet \pm tolerans aralığında değil ise toplayıcı uyarı almakta ve palet kırmızı olarak işaretlenmektedir. Vardiya şefi iş emri ile paletteki ürünleri karşılaştırmaktadır. Eğer uyumlu ise palet sevk edilmekte, uyumlu değil ise eksik ve hatalı ürünler tespit edilerek toplayıcının paletteki ürünleri iş emri ile uyumlu hale getirmesi sağlanmaktadır. Palet, iş emri ile uyumlu hale getirildikten sonra tekrar tartılmak için ağırlık kontrol noktasına getirilmektedir. Palet ağırlığının \pm tolerans aralığında olduğu onaylandıktan sonra sevk işlemi gerçekleştirilmektedir.

Literatürde manuel sipariş toplama operasyonunda ağırlık kontrol noktası ile hata tespitine yönelik bir çalışma olduğu daha önceki bölümlerde belirtilmişti. Bu çalışmada Wu vd.

(2016) daha önce hiçbir tecrübesi olmayan toplayıcıların %66,7'sinin hatalı ürün, %66,7'sinin fazla ürün ve %22,2'sinin eksik ürün topladığını ağırlık kontrol sistemi ile tespit ettiklerini bildirmiştir. Bu veriler ışığında çalışmamızda ağırlık kontrol sistemi ile hataların en az %66,7'sinin tespit edilmesi beklenmektedir.



Şekil 3: Ağırlık Kontrol Akış Şeması

Çalışmanın Kısıtları

Bu çalışmada önerilen ağırlık kontrol noktasının en önemli kısıtı tolerans aralığıdır. Üretim sisteminden kaynaklı \pm dolum farklılıkları tolerans aralığı kullanmayı zorunlu hale getirmektedir. Çalışmada tolerans aralığı \pm 2000 gr. olarak belirlenmiş olup bunun altındaki hatalar tespit edilememektedir.

Bir diğer kısıt ise zaman aralığıdır. Uygulamanın yapıldığı depo 2016 yılında faaliyete

başlamıştır. 2018 verilerine göre depoda ortalama aylık 620.000 adet, günlük ise 25.000 adet koli toplanmaktadır. İşletme, iş yükünün fazlalığından dolayı tam sayım vb. farklı yöntemlerle önerilen sistemin kıyaslanmasını zaman kaybı olarak değerlendirmiştir. Bu sebeple çalışma 2019 yılında yapılmasına rağmen sistemin verimliliği 2018 yılı ölçümleri ile kıyaslanmıştır. Çalışmada yer alan toplayıcıların %75'i deponun açılış tarihinden itibaren çalışmakta olup en az 3 yıllık bir tecrübeye sahiptirler. Ancak yine de zaman içinde edinilen tecrübeler hataların azalmasında rol oynayabilir. Diğer bir husus ise sipariş yapılarının değişmesidir. Zaman içinde siparişler daha büyük koliler veya daha küçük koliler içerebilir. Bu durum hatalarda belli oranlarda artış veya azalışlara sebep olabilir.

Bulgular

Aşağıda ağırlık kontrol süreci ile ilgili bir örnek verilmiştir. Tablo 2'de toplayıcıya gönderilen iş emrindeki 1 palete toplanacak ürün bilgileri yer almaktadır.

Tablo 2: Bir palete toplanacak ürün bilgileri

Sipariş No:	S000001			
Palet No:	P000001			
Ürün Kodu	Ürün Adet	Koli Adet	Birim Koli Ağırlık(gr.)	Toplam Ağırlık(gr.)
XXXXXX1	672	14	5.375	75.250
XXXXXX2	42	7	645	4.515
XXXXXX3	252	7	4.126	28.882
XXXXXX4	160	10	11.830	118.300
XXXXXX5	528	22	3.047	67.034
XXXXXX6	66	11	487	5.357
XXXXXX7	160	10	11.840	118.400
Palet Toplamı:	1.880	81	37.350	417.738

Ürün bilgileri incelendiğinde UTA'nın 417.738 olduğu ve paletteki en hafif kolinin 487 gr. olduğu görülmektedir. TA'yı hesaplamak için 487 den 100 çıkartılınca 387 kalmakta ve bu sonuç 2000 den küçük olmaktadır. Dolayısıyla bu örnekte TA 2000 gr. olarak uygulanacaktır. Toplayıcı boş paleti tartmış ve BOPA'yı 22.400 gr. olarak tespit etmiştir. Dolayısıyla WMS sistemi BEPA'yı 440.138 olarak hesaplamıştır. Toplayıcı toplama operasyonunu tamamladıktan sonra paleti kontrol ağırlık noktasına getirerek tartmıştır. Tartımlara ait bilgiler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Palet Tartım Bilgileri

	Palet No	BEPA	ÖPA	Min. Tolerans	Max Tolerans	Min. Kg.	Fark	Sonuç
1. Tartım	P000001	440.138	437.400	438.138	442.138	0.487	2.738	RET
2. Tartım	P000001	440.138	439.400	438.138	442.138	0.487	0.738	ONAY

İlk tartımda ÖPA 437.400 olarak ölçülmüştür. Bu ölçümün tolerans aralığının dışında olduğu tespit edildiğinden sistem onay vermemiştir. Vardiya şefi yaptığı kontrol sonrası XXXXXX6 kodlu üründen 2 koli eksik toplandığını tespit etmiştir. Belirlenen eksiklikler toplayıcı tarafından tamamlandıktan sonra palet tekrar tartılmış ve ÖPA'nın tolerans sınırları içinde olduğu görülmüş ve sevkiyat için onay verilmiştir.

Önerilen bu sistem, uygulamanın yapıldığı lojistik depodaki sipariş toplama operasyonu sürecine Ocak 2019 tarihinde eklenmiştir. 2019 yılında karma palet toplama operasyonuna ait ret verilen palet sayısı, tolerans miktarından eksik/fazla ölçülen palet sayısı ve bunların

ortalama eksik/fazla miktarları ile yapılan düzeltmeler sonucunda müşteride çıkan eksik/fazla koli sayısı ve bunlara bağlı müşteri şikâyet sayısı Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: 2019 Yılı Karma Palet Operasyon Bilgileri

2019									
Aylar	Toplanan Koli Sayısı	Karma Palet Sayısı	Ret Verilen Palet Sayısı	Tolerans Dışı Fazla Ölçülen Palet Sayısı	Palet Başına Ortalama Fazla Ölçüm (Gram)	Tolerans Dışı Eksik Ölçülen Palet Sayısı	Palet Başına Ortalama Eksik Ölçüm (Gram)	Tolerans Limiti İçerisinde Gönderilen Eksik/Fazla Koli Sayısı	Müşteri Şikâyet Sayısı
Ocak	655.428	12.401	854	124	8.770	730	-11.500	2	1
Şubat	653.516	12.022	719	221	8.520	498	-12.742	1	1
Mart	683.519	12.113	1.201	364	7.580	837	-10.555	6	4
Nisan	647.732	12.277	1.109	385	6.900	724	-11.478	0	0
Mayıs	665.597	12.071	1.040	177	11.740	863	-9.785	5	3
Haziran	541.536	9.828	957	201	12.100	756	-13.574	5	1
Temmuz	717.796	13.304	1.539	255	8.500	1.284	-22.116	0	0
Ağustos	679.351	12.453	1.425	411	9.660	1.014	-14.789	12	5
Eylül	697.655	13.062	1.530	322	8.770	1.208	-14.567	1	1
Ekim	653.174	12.508	1.264	303	6.820	961	-7.855	0	0
Kasım	584.147	11.319	1.032	401	7.540	631	-11.587	0	0
Aralık	475.09	9.211	1.092	341	6.850	751	-16.422	14	5
Toplam	7.654.541	142.569	13.762	3.505	8.355	10.257	-13.530	46	21

Tablo 4'de görüldüğü gibi 2019 yılında 7.654.541 adet koli, 142.569 adet palette toplanmıştır. Ağırlık kontrol noktasındaki tartımlarda 13.762 paletin tolerans aralığının dışında olduğu tespit edilmiştir. Bu paletlerin yaklaşık olarak her dört tanesinden birinin beklenenden daha ağır, üç tanesinin ise daha hafif olduğu belirlenmiştir. Ağırlığı fazla ölçülen paletlerde ortalama fazlalık 8.355 gr. iken eksik ölçülenlerde -13.530 gr.'dır. Vardiya şefi tam sayım yaparak hataları tespit etmiş ve hataların tamamı toplayıcılar tarafından giderildikten sonra tekrar tartım yapılarak onay alınmış ve sevkiyat gerçekleşmiştir. Sevk edilen paletlerden müşterideki kontrol sonrası 46 adet koli hatası tespit edilmiş ve bu hatalar 21 şikâyetle rapor edilmiştir. Ağırlık kontrol noktasının sürece eklenmesi ile 3099,3 palette bir koli hatası, 6789 palette ise bir müşteri şikâyeti gerçekleşmiştir.

Sonuç

Depoların tedarik zinciri içerisinde stratejik önemi her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle depoların içerisinde gerçekleştirilen operasyonların hizmet kalitesi, maliyetler ve müşteri memnuniyeti üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Depo içerisindeki operasyonların %50 ila 60'ı sipariş toplama operasyonundan kaynaklanmaktadır. Her ne kadar sipariş toplama destekleyici teknolojiler ve otomasyon sistemleri geliştirilse de, esnekliği nedeniyle insan sipariş toplama operasyonunun en önemli unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak insan doğası gereği hata yapmaya eğilimlidir. Sipariş toplamada insan hatasından kaynaklı hatalı toplamalar ise geri dönüş maliyetlerine, operasyonların tekrarlanmasına ve müşteri şikâyetlerine neden olmaktadır. Dolayısıyla sevkiyat öncesi sipariş toplamaya bağlı hatalarının tespit edilerek önemli maliyet tasarruflarının sağlanacağı ve daha az müşteri şikâyetinin gerçekleşeceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı sipariş toplama sürecinde operasyonlara bağlı hataların sevkiyat öncesi tespit edilerek iyileştirilmesidir. Bu amaçla çalışmada sevkiyat öncesi olası hataları tespit etmek için sürecin sonuna bir ağırlık kontrol mekanizması eklenmesi önerilmiştir. Ağırlık kontrol noktası ile toplayıcılar siparişteki olası hataları belirlemekte veya siparişin doğruluğunu teyit etmektedir. Böylelikle hatalı sevkiyatlar engellenerek müşteri hizmet düzeyi

yükseltilmekte ve işletme olası geri dönüşlere ve sözleşmelere bağlı ceza maliyetlerine katlanmamaktadır.

Önerilen sistemin etkinliğini ölçmek amacıyla uluslararası müşterilere hizmet üreten bir lojistik deponun manuel sipariş toplama sürecinde gerçek hayat uygulaması yapılmıştır. Uygulamanın yapıldığı depoda el terminali ile sipariş toplama operasyonu gerçekleştirilmektedir. Sürece toplama operasyonu tamamlandıktan sonra sevkiyat öncesi ağırlık kontrol noktası eklenmiştir. Ağır kontrol noktasının etkinliğini ölçmek için 2018 ve 2019 yılı verileri karşılaştırılmıştır. 2018 yılında hiç kontrol yapılmazken, 2019 yılında ağırlık kontrol noktasında 13.762 adet paletin tolerans aralığı dışında olduğu tespit edilmiştir. Yapılan incelemede bu paletlerin %25'nin beklenenden ağır, kalan %75'nin ise hafif olduğu belirlenmiştir. Bazı siparişlerde paletin büyük bir çoğunluğunu tek bir ürün oluşturmaktadır. Böyle bir siparişte toplayıcı ürünün yer aldığı tam bir paletten eksiltme yapmaktadır. Az eksiltelen paletler ise ağırlık kontrol noktasında ağır gelmektedir. İnsan kaynaklı eksik toplamalar ise paletlerin daha hafif olmasına sebep olmaktadır. Tolerans dışında olduğu tespit edilen paletler vardiya şefleri tarafından tam sayıya tabi tutulmuştur. Belirlenen eksik/fazla koli hataları toplayıcılar tarafından giderilerek sevkiyatlar gerçekleştirilmiştir. 2018 yılında 643 hatalı koli sevk edilmiş iken, 2019'da bu sayı 46'ya düşmüş ve hatalı koli sevkiyatında %92,85'lik bir iyileşme sağlanmıştır. Önerilen sistem ile çalışmanın başında beklenen iyileşmeden (%66,7) daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. 2018 yılında 119 müşteri şikâyeti gerçekleşirken, 2019'da bu sayı 21'e düşmüş ve %82,35'lik bir azalma sağlanmıştır. 2018 yılında 214 palette bir hatalı koli toplanırken, 2019'da 3.099 palette bir hatalı koli toplanmış ve bu sayı %1350 iyileştirilmiştir. 2018 yılında 1.155 palette bir müşteri şikâyeti gerçekleşirken, 2019'da 6789 palette bir müşteri şikâyeti gerçekleşmiş ve bu sayı %487 iyileştirilmiştir. Görüldüğü gibi sipariş toplamada önerilen ağırlık kontrol noktası amaca uygun şekilde hatalı sevkiyatları önemli oranda engellemiş ve müşteri şikâyetlerinin, müşteri şikâyetlerine bağlı cezaların ve geri dönüş maliyetlerinin önemli oranda azalmasına katkı sağlamıştır.

Ağırlık kontrol noktası kullanılmasına rağmen az da olsa hatalı koli toplama gerçekleşmiş ve müşteri şikâyetleri oluşmuştur. Bu şikâyetlerin oluşma sebebi ise tolerans aralığının (en küçük ± 2000 gr.) en hafif koli ağırlığından (500 gr.) daha fazla olmasıdır. Siparişlerde 21.000 gr. ile 500 gr. arasında koliler olabilmektedir. Özellikle ağır kolilerdeki ± 5 dolun sapmaları, ağırlık kontrol noktası toleransının küçük olmasını engellemektedir. Bu sebeple bazı siparişlerde özellikle hafif kolilerin eksik veya fazla olup olmadığı tespit edilememiştir. Ağırlık kontrol noktasının en önemli eksikliği hatayı tespit ettikten sonra hangi ürün grubunun eksik veya fazla olduğunu belirleyememesidir. Wu vd. (2016)'nın yaptığı çalışmada katılımcılar hangi ürünlerin eksik veya fazla olduğunu belirlemenin zor ve sıkıcı olduğunu özellikle büyük miktarda siparişlerde daha da zorlaştığını söylemişlerdir. Bu nedenle çalışmamızda ağırlık kontrol noktası hata tespit ettikten sonra tam sayım kontrolü ikinci bir olarak vardiya şefleri tarafından yapılmış ve toplayıcıların eksik/fazla ürün belirlemek yerine ürün toplamaya odaklanmaları sağlanmıştır. Diğer taraftan hataların hangi ürün gruplarından kaynaklandığının %100 tespiti için RFID veya hologram etiketler uygulanabilir. Ancak bu sistemler ağırlık kontrol noktası sistemine göre hem ilk yatırım hem de işletme maliyetleri açısından çok pahalıdır. Bu sebeple özellikle küçük ölçekli depolarda ağırlık kontrol sistemi önemli maliyet avantajları da sağlamaktadır.

Bu çalışma gelecekte yapılacak olan farklı manuel sipariş toplama yöntemlerinde uygulanacak olan ağırlık kontrol noktası ile ilgili çalışmalara temel oluşturmaktadır. Araştırmacılara gelecekte ağırlık kontrol noktası ile yapılan hata türlerinin tespiti, ağırlık kontrol noktasının toplama sürelerine etkisi ve tolerans aralığının optimize edilmesi ile ilgili çalışmalar önerilmektedir.

Kaynakça

- Atmaca, E., & Öztürk, A. (2014). Literatür araştırması: sipariş toplama politikaları ve otomatik depolama ve boşaltma sistemleri (AS/RS). *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 120-134.
- Baechler, A., Baechler, L., Autenrieth, S., Kurtz, P., Hoerz, T., Heidenreich, T., & Kruell, G. (2016, January). A comparative study of an assistance system for manual order picking--called pick-by-projection--with the guiding systems pick-by-paper, pick-by-light and pick-by-display. In *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (pp. 523-531). IEEE.
- Dallari, F., Marchet, G., & Melacini, M. (2009). Design of order picking system. *The international journal of advanced manufacturing technology*, 42(1-2), 1-12.
- De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European journal of operational research*, 182(2), 481-501.
- De Vries, J., De Koster, R., & Stam, D. (2016). Exploring the role of picker personality in predicting picking performance with pick by voice, pick to light and RF-terminal picking. *International Journal of Production Research*, 54(8), 2260-2274.
- Dujmešić, N., Bajor, I., & Rožić, T. (2018). Warehouse processes improvement by pick by voice technology. *Tehnički vjesnik*, 25(4), 1227-1233.
- Đukić, G., Česnik, V., & Opetuk, T. (2010). Order-picking methods and technologies for greener warehousing. *Strojarstvo*, 52(1), 23-31.
- Fang, W., & An, Z. (2020). A scalable wearable AR system for manual order picking based on warehouse floor-related navigation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 109(7), 2023-2037.
- Funk, M., Shirazi, A. S., Mayer, S., Lischke, L., & Schmidt, A. (2015, September). Pick from here! An interactive mobile cart using in-situ projection for order picking. In *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (pp. 601-609).
- Füchtenhans, M., Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2021). Smart lighting systems: state-of-the-art and potential applications in warehouse order picking. *International Journal of Production Research*, 59(12), 3817-3839.
- Gajšek, B., Đukić, G., Opetuk, T., & Cajner, H. (2017). Human in manual order picking systems. In *Conference Proceedings-Management of Technology-Step to Sustainable Production*.
- Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2013). An experimental investigation of learning effects in order picking systems. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Grosse, E. H., Glock, C. H., & Neumann, W. P. (2017). Human factors in order picking: a content analysis of the literature. *International Journal of Production Research*, 55(5), 1260-1276.
- Grosse, E. H., Glock, C. H., Jaber, M. Y., & Neumann, W. P. (2015). Incorporating human factors in order picking planning models: framework and research opportunities. *International Journal of Production Research*, 53(3), 695-717.
- Guo, A., Raghu, S., Xie, X., Ismail, S., Luo, X., Simoneau, J., ... & Starner, T. (2014, September). A comparison of order picking assisted by head-up display (HUD), cart-mounted display (CMD), light, and paper pick list. In *Proceedings of the 2014 ACM International Symposium on Wearable Computers* (pp. 71-78).
- Guo, A., Wu, X., Shen, Z., Starner, T., Baumann, H., & Gilliland, S. (2015). Order picking with head-up displays. *Computer*, 48(6), 16-24.
- Hompel, M., & Schmidt, T. (2006). *Warehouse management: automation and organisation of warehouse and order picking systems*. New York: Springer Science & Business Media.
-

-
- Hsu, C. M., Chen, K. Y., & Chen, M. C. (2005). Batching orders in warehouses by minimizing travel distance with genetic algorithms. *Computers in industry*, 56(2), 169-178.
- Hwang, H., Oh, Y. H., & Lee, Y. K. (2004). An evaluation of routing policies for order-picking operations in low-level picker-to-part system. *International Journal of Production Research*, 42(18), 3873-3889.
- Ito, Y., & Kato, S. (2016, September). An apriori-based approach to product placement in order picking. In *2016 IEEE International Conference on Agents (ICA)* (pp. 114-115). IEEE.
- Jarvis, J. M., & McDowell, E. D. (1991). Optimal product layout in an order picking warehouse. *IIE transactions*, 23(1), 93-102.
- Kretschmer, V., Eichler, A., Spee, D., & Rinke, G. (2017). Cognitive ergonomics in the intralogistics sector. In *Interdisciplinary Conference on Production, Logistics and Traffic*, Darmstadt.
- Leung, K. H., Lee, C. K., & Choy, K. L. (2020). An integrated online pick-to-sort order batching approach for managing frequent arrivals of B2B e-commerce orders under both fixed and variable time-window batching. *Advanced Engineering Informatics*, 45, 101125.
- Petersen, C. G., & Aase, G. (2004). A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking. *International Journal of Production Economics*, 92(1), 11-19.
- Petersen, C. G., Aase, G. R., & Heiser, D. R. (2004). Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(7), 534-544.
- Poon, T. C., Choy, K. L., Chan, F. T., Ho, G. T., Gunasekaran, A., Lau, H. C., & Chow, H. K. (2011). A real-time warehouse operations planning system for small batch replenishment problems in production environment. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8524-8537.
- Reif, R., & Günthner, W. A. (2009). Pick-by-vision: augmented reality supported order picking. *The Visual Computer*, 25(5-7), 461-467.
- Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. (2006). A model for warehouse layout. *IIE transactions*, 38(10), 799-811.
- Schwerdtfeger, B. (2010). Pick-by-vision: Bringing hmd-based augmented reality into the warehouse. Unpublished Doctoral thesis. Technical University of Munich, Germany. Retrieved 5 August 2020 from: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/992985/file.pdf>
- Schwerdtfeger, B., Reif, R., Günthner, W. A., Klinker, G., Hamacher, D., Schega, L., ... & Tumler, J. (2009, October). Pick-by-Vision: A first stress test. In *2009 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 115-124). IEEE.
- Sham, R., Wahab, S. N., & Hussin, A. A. A. (2018). Smart trolley apps: a solution to reduce picking error. *International Journal of Supply Chain Management*, 7(5), 294-302.
- Tappia, E., Roy, D., Melacini, M., & De Koster, R. (2019). Integrated storage-order picking systems: Technology, performance models, and design insights. *European Journal of Operational Research*, 274(3), 947-965.
- Thomas, C., Panagiotopoulos, T., Kotipalli, P., Haynes, M., & Starner, T. (2018, October). RF-pick: comparing order picking using a HUD with wearable RFID verification to traditional pick methods. In *Proceedings of the 2018 ACM International Symposium on Wearable Computers* (pp. 168-175).
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities planning*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Tsai, C. Y., Liou, J. J., & Huang, T. M. (2008). Using a multiple-GA method to solve the batch picking problem: considering travel distance and order due time. *International Journal of Production Research*, 46(22), 6533-6555.
- Tunç S., Kutlu, B., Zincidi, A., & Atmaca, E. (2008). Depo sisteminde sipariş toplama sürecinin
-

- iyileştirilmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(2).
- Winkelhaus, S., Grosse, E. H., & Morana, S. (2021). Towards a conceptualisation of Order Picking 4.0. *Computers & Industrial Engineering*, (159), 107511.
- Wu, X., Haynes, M., Guo, A., & Starner, T. (2016, September). A comparison of order picking methods augmented with weight checking error detection. In *Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers* (pp. 144-147).
- Yu, M., & De Koster, R. B. (2009). The impact of order batching and picking area zoning on order picking system performance. *European Journal of Operational Research*, 198(2), 480-490.
- Zhao, X., Liu, N., Zhao, S., Wu, J., Zhang, K., & Zhang, R. (2019). Research on the work-rest scheduling in the manual order picking systems to consider human factors. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 28(3), 344-355.
- Zhao, X., Liu, N., Zhao, S., Wu, J., Zhang, K., & Zhang, R. (2020). Research on the work-rest scheduling in the manual order picking systems to consider human factors. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 28(3), 344-355.
-