

DEPO YÖNETİMİNDE PARTİ VE BÖLGE SİPARİŞ TOPLAMA STRATEJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT
Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
senyigit@erciyes.edu.tr

İlknur YAVUZ
Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
4011131702@erciyes.edu.tr
ilknurkymz@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, depo yönetiminde sıklıkla kullanılan iki farklı depolama stratejisi birbirleri ile 50 farklı örnek için karşılaştırılmış hangi stratejinin daha iyi performans gösterdiği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada parti ve bölge sipariş toplama stratejileri dikkate alınmıştır. Çalışmada dikkate aldığımız örneklerde, 2 toplayıcı ve 4 koridordan oluşan bir depo alanı ve bir toplayıcının maksimum 20 öge toplayabildiği 2 dalgadan oluşan bir sistem olduğu varsayılmıştır. Bu iki stratejiyi karşılaştırmak amacıyla 50 farklı örnek veri üretilmiş ve karşılaştırmalar bu örnek veriler üzerinden yapılmıştır. Stratejileri karşılaştırmak için amaç fonksiyonu toplanamayan toplam öge sayısı olan bir matematiksel model kullanılmıştır. Bu matematiksel model, 50 örnek verinin her biri için çalıştırılmıştır. Dikkate alınan 50 örnek verinin 30 tanesinde parti toplama stratejisinin (%60), 7 tanesinde bölge toplama stratejisinin (%14) daha iyi sonuç verdiği ve sadece 13 tanesinde (%26) stratejilerin performanslarının eşit olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde genellikle parti toplama stratejisinin bölge toplama stratejisinden daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Çalışmada bu durumun nedenleri ayrıca açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Depo yönetimi, sipariş toplama, parti sipariş toplama, bölge sipariş toplama

THE COMPARISON OF BATCH AND ZONE ORDER PICKING STRATEGIES IN WAREHOUSE MANAGEMENT

Abstract

In this study, two different storage strategies, which are frequently used in warehouse management, were compared for 50 different samples and it was tried to determine which strategy performed better. In the study, batch and zone order picking strategies are taken into consideration. Storage area consisting of 2 pickers, 4 corridors and a system consisting of 2 waves where a picker can accumulate a maximum of 20 items are considered as example design in the study. In order to compare these two strategies, 50 different sample data were produced and comparisons were made on these sample data. To compare these strategies, a mathematical model was used in which the objective function is the total number of elements that cannot be aggregated. This mathematical model is run for each of the 50 sample. It was determined that 30 of the batch picking strategy (60%), 7 of the zone picking strategy (14%) performed better and only 13 of the strategies (26%) were equal in performance from 50 samples under consideration. When the results were examined, it was generally determined that the batch order picking strategy outperforms the zone order picking strategy. The reasons for this situation are also explained in the study.

Keywords: Warehouse management, order picking, batch order picking, zone order picking

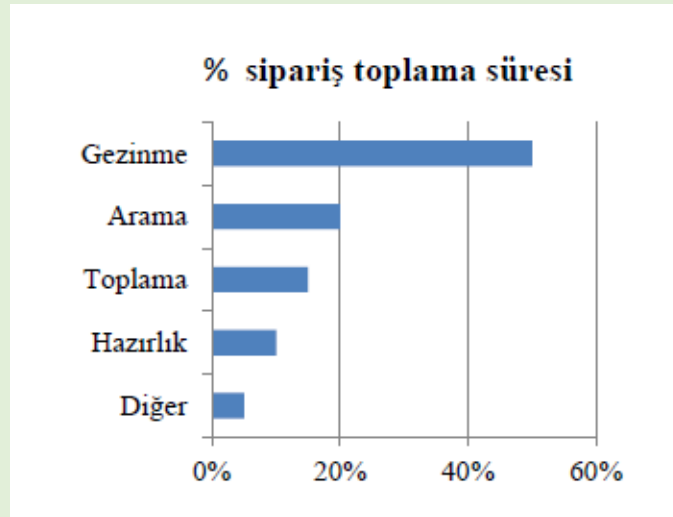
1. Giriş

Günümüz tedarik zincirleri, ürünleri dünyanın herhangi bir yerinden son hedeflerine taşımak için etkili lojistik sistemlere bağımlıdır. Müşteri siparişleri tarafından yürütülen, depolarda ve dağıtım merkezlerinde ürünlerin belirtilen depolama yerlerinden alınarak toplama noktasına getirilmesi sürecine sipariş toplama denir. Sipariş toplama faaliyetleri, tedarik zinciri yönetiminde, hem üretim sistemleri açısından hem de dağıtım işlemleri açısından kritik rol oynamaktadır.

Müşteri siparişlerindeki eğilimler, az sayıda ve yüksek miktarlarda siparişlerin çok sayıda ve düşük miktarlarda siparişlere dönüştüğünü göstermektedir. Diğer yandan, talep edilen sipariş teslim süreleri ise her geçen gün kısalmaktadır. Bu değişimler, işletmelerin piyasada rekabet edebilmeleri için etkin ve esnek bir sipariş toplama sistemi benimsemelerini gerektirmektedir (Tuna ve Tunçel, 2012). Ayrıca sipariş toplama, toplam dağıtım merkezi işletme maliyetine yüksek (yaklaşık% 50) katkıda bulunması nedeniyle verimlilik artışı için bir dağıtım merkezinde en yüksek öncelikli etkinlik olarak tanımlanmıştır (Tompkins vd. 2003).

Depolarda en fazla zamanın harcandığı sipariş toplama sürecinin etkinliği, depolama sistemleri (raflar), depo yerleşim düzeni ve kontrol mekanizmalarına bağlıdır (Roodbergen ve De Koster, 2001). Depolama etkinliğini arttırmak için birçok yöntem önerilir. Birinci yöntem seyahat mesafesini en aza indirmek için ürünlerin raflardan alındığı en uygun toplama rotalarının belirlenmesini, ikinci yöntem olan bölgelere ayırma, sadece kendisine belirlenmiş alanda konumlandırılan siparişin sipariş toplayıcı tarafından toplanmasını içermektedir (Chen vd. 2005).

Belirli kısıtlar ve parametreler göz önünde bulundurularak sipariş toplama süresini veya mesafesini kısaltacak şekilde sipariş toplama sürecinin planlanması son yıllarda birçok çalışmaya temel oluşturmaktadır. Bu çalışmalarda Grafik 1'de görüldüğü gibi gezinme sipariş toplama süresinin %50'sini oluşturduğu için minimize edilmesi önceliklidir.



Grafik 1. Sipariş toplama süresinin bileşenleri (Tompkins vd., 2003)

Bir sipariş toplama sistemi tasarlanırken bir tasarımcı hangi toplama sisteminin hedeflerine daha uygun olduğuna dikkat etmelidir. Çalışmanın odak noktası, çeşitli toplama stratejilerini değerlendirmek ve bir depo sistemi için en iyi toplama stratejisini seçmek üzerine kurulmuştur. Toplama stratejisinin birincil hedefi, çıktıyı en yüksek düzeye getirmek veya maliyeti veya yanıt süresini en aza indirmektir.

1.1. Sipariş Toplama Yöntemleri

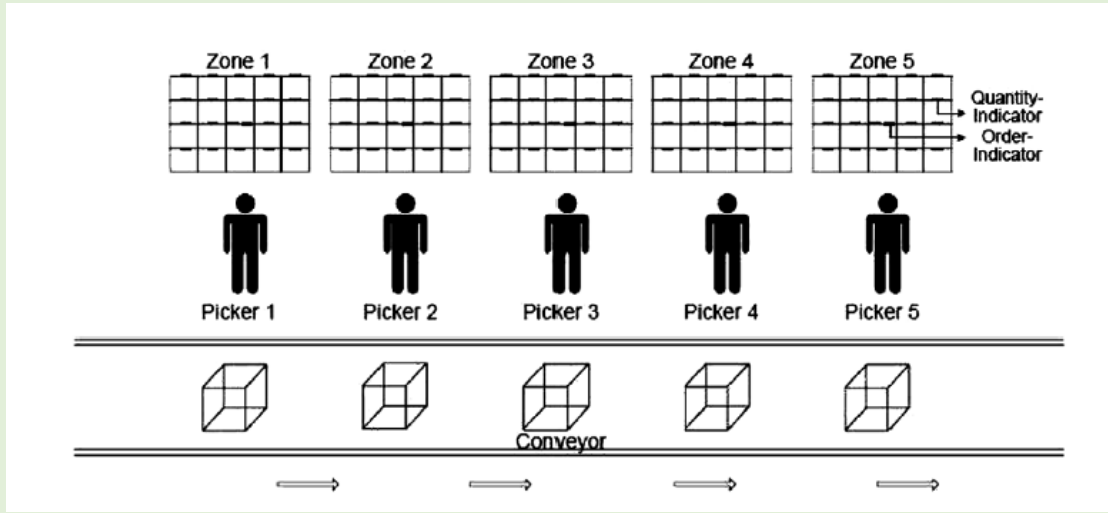
Kesikli Toplama: Bir toplayıcının, bir turda bir müşteriye ait olan sadece tek bir siparişin tamamını topladığı sipariş toplama stratejisi, kesikli toplama olarak adlandırılmaktadır (Parikh ve Meller, 2008). Bu modelde, toplayıcı ilgili sipariş satırındaki ilk adresten ürünleri topladıktan sonra, sipariş tamamlanana kadar bir sonraki satırda bulunan ürünün lokasyonuna gider ve bu şekilde toplama işlemine devam eder. Parikh ve Meller'e (2008) göre bu tip toplama, kolay uygulanabilir olmasına rağmen orta ve büyük hacme sahip olan depolarda insan yoğun olabilir. Bunun yanında bu tip siparişlerde tüm sipariş tek bir kişinin üstünden geçtiği için uzun süren sipariş tamamlama zamanları geç teslimata ve müşteri memnuniyetsizliklerine de sebep olabilmektedir. Bu nedenle kesikli toplama stratejisi, bu çalışmada alternatif bir sipariş toplama stratejisi olmak için uygun olmadığından değerlendirmeye alınmayacaktır.

Parti Toplama: Parti toplama işleminde, birkaç sipariş birlikte toplanır veya gruplandırılır ve bir toplayıcı belirli bir partideki tüm öğeleri alır (Bartholdi vd., 2001). Siparişi toplayan kişi, parti içinde yer alan ürünleri birleştirilmiş bir toplama listesi kullanarak, bir geçişte tüm siparişleri toplar. Genellikle toplayıcı, her bir sipariş için kartonlarla ayrılmış bölümlere sahip, çok katlı toplama arabası kullanır. Parti büyüklüklerinde, belirli bir işlem için parti başına genelde 4-12 sipariş ile çalışılır. Partiler halinde toplama sistemleri, aynı parçaları içeren siparişlerin birleştirilmesi gibi yaygın bir mantıkla düzenlenebilir. Sipariş başına düşük sayıda toplama gerektiren işlemlerde partiler halinde toplama metoduyla, sipariş toplayıcıya aynı alanda iken ilave toplamalar yapmasına müsaade edilerek dolaşma süreleri oldukça azaltılabilir. Birden çok siparişin aynı anda toplanıyor olmasından ötürü, siparişlerin karışmasını önlemek için bazı sistem ve prosedürler gerekli olacaktır. Çok işlek operasyonlarda partiler halinde toplama metodu, genellikle bölgesel toplama ve otomatikleştirilmiş malzeme taşıma yöntemleri birleştirilerek kullanılır. Partiler halinde toplama işlemlerinde maksimum verimliliği sağlamak amacıyla siparişler; yeterli sayıda aynı türden parti oluşturacak toplamalar oluşana dek sistemde biriktirilmelidir. Burada oluşacak gecikme, aynı gün içinde teslimatı gerektiren durumlarda sakınca doğurabilir.

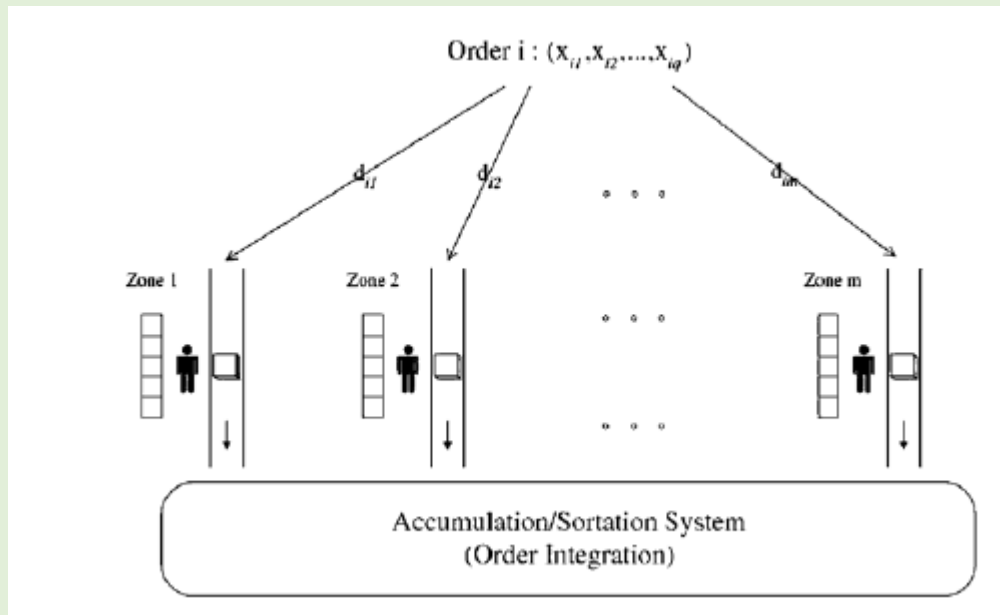
Parti toplama stratejilerinin iki türü bulunur: topla ve sırala (pick-and-sort) ve toplarken sırala (sort-while-pick) (Tompkins ve ark., 2003). Pick-and-sort parti toplama işleminde, toplayıcılar öğeleri toplarken müşteri siparişlerine göre sıralamazlar. Sepet kapasitesi, toplayıcıların sepetteki seçilen maddeleri sıralaması için çok küçük olması durumunda böyle bir durum ortaya çıkabilir. Toplanan ürünler bu nedenle manuel veya otomatik sıralama sistemi aracılığıyla aşağı doğru birleştirilir. Bu, pick-and-sort parti toplama, toplayıcılar için yüksek bir toplama oranını korur (toplama sırasında sıralama dahil olmadığı için), ancak bir aşağı akış sıralayıcı gerektirir. Bunun aksine, sort-while-pick parti toplama işleminde, toplayıcılar eşzamanlı olarak öğeleri müşteri siparişlerine göre seçip sıralamaya koyarlar. Bu sort-while-pick parti toplamanın toplayıcıların toplama oranını düşürdüğü anlamına gelir ancak bir aşağı akış sıralayıcıya olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Bu nedenle, toplama oranı ile iki çeşit parti toplama sistemine sahip bir ayırma sisteminin gerekliliği arasında bir ödünleşme vardır (Parikh ve Meller, 2007).

Bölge Toplama: Bölge toplama, her toplayıcının depolama alanının belirli bir bölgesine atanmasını ve yalnızca o bölgedeki öğeleri toplamakla yükümlü olmasını gerektirir. Bunlar, sırasıyla, kendinden önceki toplayıcının emrini devralır ve böylece en güncel akış yukarı toplayıcı yeni bir emir başlatana kadar devam eder (Bartholdi ve diğerleri, 2001). Bu stratejide tek veya gruplanmış olan müşteri siparişlerinin birden fazla toplayıcı ile toplanması durumu meydana gelmektedir. Her bir toplayıcı kendi alanından sorumludur. Bölge toplama stratejisinin uygulandığı durumlarda tüm toplayıcıların iş yükü aynı olmalıdır. Eğer, toplayıcıların iş yükü dengeli olmazsa bir toplayıcı meşgulken diğeri boşta kalabilir ve siparişin tamamlanması tüm toplayıcıların kendi sorumluluk alanlarındaki ilgili sipariş ya da siparişlere ilişkin işi tamamlandıktan sonra gerçekleştiğinden gecikerek çevrim zamanı artar (Koo, 2009).

Ardışık ve eş zamanlı olmak üzere iki çeşit bölge toplama stratejisi bulunmaktadır (Thompkins ve diğerleri, 2003). Ardışık toplama aynı zamanda topla ve geç (pick-and-pass) olarak da bilinmektedir. Bu toplama stratejisinde, Şekil 1’de gösterildiği gibi toplayıcı kendi sorumlu olduğu alanda tek bir müşterinin siparişini topladıktan sonra toplama aracını toplanan ürünler ile birlikte bir sonraki alana devretmektedir. Bu durumda müşteri siparişleri gruplanmadığından ayrıştırma gereği bulunmamaktadır. Ancak bunun yanında toplayıcıların toplama performansını düşürmektedir (Parikh ve Meller, 2008). Eş zamanlı bölge toplama aynı zamanda senkronize bölge toplama olarak da bilinmektedir. Bu stratejiye göre, Şekil 2’de gösterildiği gibi sipariş gruplama işleminin ardından tüm alanlarda eş zamanlı olarak toplama işlemi yapılmaktadır. Toplama sürecinin ardından farklı alanlardan toplanan, aynı gruba ait tüm ürünler ayrıştırma işlemi için konsolide edilmektedir (Parikh ve Meller, 2008).



Şekil 1. Ardışık bölge toplama stratejisi (Jane, 2000).



Şekil 2. Eş zamanlı bölge toplama stratejisi (Jane and Laih, 2005).

Kova Ekibi Toplama: Kova ekibi toplama stratejisine göre, her bir personel bir bölgeyi toplayarak toplama aracını bitime doğru taşır. Son toplayıcı bölgeyi bitirdiğinde toplama aracını gönderir ve bir öncekini almak için geri döner ve bu işlemi tekrarlar. İlk toplayıcı topladıktan sonra toplama aracını bir sonraki toplayıcıya verir ve yeni bir toplama için hattın başına geçer. Bu durumda daha yüksek performans sağlayabilmek için toplayıcılar yavaştan hızlıya göre sıralanmalıdır (Koo, 2009). Bölge toplama stratejisinde toplayıcıların alanları net bir şekilde belirlenmişken bu stratejide her bir toplayıcı görevlere dinamik olarak atanmıştır. Orta ve yüksek hacimli sipariş toplama işleminde toplama aracının yoğunluğundan ve kapasite kısıtından dolayı yönetmesi zor ve karışıklık çıkma ihtimali yüksek olduğu düşünülmektedir.

Dalga Toplama: Parti ya da bölge toplamada sipariş veya siparişlerin önceden belirlenmiş zaman penceresinde toplanması gerekiyorsa, bu stratejiye dalga toplama; her bir zaman penceresine de dalga denmektedir (Parikh ve Meller, 2008). Dalga toplama metodu, envanteri tutulan malzemenin sayıca yüksek olduğu işlemlerde ve sipariş başına orta-yüksek düzeyde toplama işlemleri içeren işlemlerde fayda sağlar.

2. Bir Depoda Uygun Sipariş Toplama Stratejisinin Seçimi Problemi ve Çözümü

Literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, pratikte sıkça karşılaşılan sipariş toplama sisteminin tasarlanması probleminin depolama sistemleri için çok önemli olduğu görülmüştür. Bu konuda yapılmış çalışmalar henüz sınırlı olsa da, farklı türde sipariş toplama sistemleri ile sistem performansını etkileyen faktörlerin çeşitli kombinasyonlarının, toplam gezinme mesafesi açısından karşılaştırılmasının son yıllarda birçok araştırmaya konu olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle sipariş toplama stratejisi seçim probleminin çözümüyle ilgili bir çalışma yapılmasına karar verilmiştir.

Uygun sipariş toplama stratejisinin seçiminde kullanılacak toplama işlemini gerçekleştiren 2 toplayıcı ile 4 koridordan oluşan bir toplama alanı olduğunu varsayalım. Sistem 2 dalga işletiyor ve her toplayıcı bir dalganın içinde maksimum 20 öge toplayabiliyor. Bir günde toplam 80 öğeden oluşan 10 siparişin yerine getirilmesi gerekiyor. Bu 10 sipariş içerisindeki öğelerin 4 koridor üzerindeki dağılımının bir örneği Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Siparişlerin koridorlar üzerinde dağılımı

Sipariş	Koridor 1	Koridor 2	Koridor 3	Koridor 4	Toplam Öge
1	1	3	2	0	6
2	2	2	3	2	9
3	3	1	3	2	9
4	1	0	2	1	4
5	0	2	1	3	6
6	2	3	4	2	11
7	2	3	2	3	10
8	3	1	2	2	8
9	1	1	3	1	6
10	4	2	2	3	11
Toplam	19	18	24	19	80

Parti toplama stratejisi kullanıldığında her iki toplayıcı da 4 koridoru dolaşiyor. Bölge toplama stratejisi kullanıldığında ise toplama alanındaki her 2 koridor bir bölge sayılıyor ve her bölgeye 1 toplayıcı atanıyor.

Tablo 1'deki örnek için parti toplama stratejisi kullanılıyorsa 2 toplayıcı arasındaki iş yükü dengesizliğini azaltmak için 10 siparişin toplanmasının olası bir yolu Tablo 2'de gösterilmektedir. 10 siparişin hepsinin 2 toplayıcı arasında tahsis edildiğini ve her iki toplayıcıya, her dalganın 20 ögesinden dengeli bir iş yükü atanmış olduğunu gözlemliyoruz. Yani, tüm siparişler atandı ve toplayıcılar arasındaki iş yükü dengelenmiştir.

Tablo 2. Parti toplama stratejisi kullanıldığında siparişlerin toplanması

		Sipariş	Toplam Öge
	Toplayıcı 1	2--6	20
Dalga 1	Toplayıcı 2	3--10	20
	Toplayıcı 1	1--4--7	20
Dalga 2	Toplayıcı 2	5--8--9	20
Toplam			80

Tablo 1'deki örnek için bölge toplama stratejisi kullanılıyorsa 2 toplayıcı arasındaki iş yükü dengesizliği en aza indirmek için siparişlerin toplanmasının olası bir yolu Tablo 3'te gösterilmektedir. İki dalga sırasında toplam 10 sipariştan 9'unun atandığına dikkat edin. Her iki dalga sırasında da kabul edilemediğinden, sipariş 4 atanamadı yani 4 öge toplanamadı. Yani, tüm siparişler atanmamıştır ve bölgeler arasındaki iş yükü dengelenmemiştir.

Tablo 3. Bölge toplama stratejisi kullanıldığında siparişlerin toplanması

		Sipariş	Toplam Öge
	Bölge 1	2-5-6-7	16
Dalga 1	Bölge 2	2-5-6-7	20
	Bölge 1	1-3-8-9-10	20
Dalga 2	Bölge 2	1-3-8-9-10	20
Toplam			76

Tablo 1'deki örnek için parti sipariş toplama stratejisinin daha iyi olduğu görülmektedir. Bu şekilde iki stratejiyi dengelenemeyen iş yükleri açısından karşılaştırmak amacıyla 10 sipariş içerisindeki 80 ögenin koridorlar üzerindeki dağılımı için 50 farklı rastgele veri üretildi. Toplama stratejilerini karşılaştırmak için amaç fonksiyonu toplanamayan ögeleri veren bir matematiksel model kullanıldı. Bu matematiksel model üretilen 50 veri için de çalıştırıldı.

Parikh ve Meller 2008 yılında parti ve bölge sipariş toplama stratejilerinden uygun olanını seçmek için minimum maliyet amaç fonksiyonuna sahip olan bir matematiksel model kurmuş ve çözmüşlerdir (Parikh ve Meller, 2008). Parikh ve Meller'in modeli dışında, çalışmanın problem

tanımına uyacak sipariş toplama stratejileri içinden en uygun olanının seçilmesi için geliştirilen bir analitik model bulunmamaktadır. Literatür incelendiğinde sipariş toplama seçim problemi son yıllarda ağırlıklı olarak sezgisel yöntemler ile çözülmektedir. Ancak sezgisel yaklaşımlar, optimal sonucu garanti etmemektedir. Parikh ve Meller'in (2008) sipariş toplama stratejisi seçimi için geliştirmiş oldukları matematiksel modeller ise optimaliteyi garanti ederek çözülebildiği için ve probleme uygunluğu nedeniyle çalışmada bu modellerin iş yükü dengelenmesi ile ilgili olan kısmı kullanılmıştır.

Parikh ve Meller'in iş yükü dengesizlik maliyetlerini tahmin etmek için geliştirdikleri alt modeller parti toplama ve bölge toplama için ayrı ayrı geliştirilmiştir.

2.1. Parti Toplama Stratejisi İçin İş Yükü Dengesizliği Hesaplama

Parti toplama stratejisinde iş yükü dengesizliği için geliştirilmiş model ve notasyonları aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

- i = siparişler için dizin; $i = 1, \dots, D$
- j = toplayıcılar için dizin; $j = 1, \dots, P$
- k = dalgalar için indeks; $k = 1, \dots, W$
- d_i = sipariş i 'deki öge sayısı parametresi,
- M^b = toplu toplama sisteminde bir dalganın bir seçici tarafından seçilebilecek maksimum öge sayısı için parametre,
- $X_{ijk} = 1$, sipariş i , dalga k 'deki seçici j 'ye atandıysa;
0, aksi takdirde

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W d_i x_{ijk} \quad (2)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^D d_i x_{ijk} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (3)$$

$$b_{jk} \leq M^b \quad \forall j, k, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i, \quad (5)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k.$$

Yukarıdaki formülasyonda karar değişkeni x_{ijk} dalga k 'de i . siparişin j . toplayıcıya atanmasıdır. (3) ile bir dalganın her toplayıcısına atanan mevcut öge sayısını (b_{jk}) hesaplarız. (4)'te hiçbir b_{jk} değerinin bir toplayıcının kapasitesini (M^b) aşmamasını sağlıyoruz. W dalgalarından birinde birden fazla toplayıcıya hiçbir sipariş verilmediğinden emin olmak için (5)'i kullanırız. Diğer bir deyişle, sipariş i , bir dalga k 'ye atanmışsa, birden fazla toplayıcı j 'ye atanamaz. (2) ile temsil edilen amaç, planlanan çalışma saatleri boyunca yerine getirilen öğelerin sayısını en yükseğe çıkarmaktır.

Bu modeli çözerek bir dalga esnasında her toplayıcının mevcut iş yükünü sağlayan b_{jk} değerlerini elde edebiliriz. X_{ijk} değerleri sifıra eşit olan siparişler, oluşan partilere dahil edilemez ve bu nedenle planlanan çalışma saatleri boyunca yerine getirilemez. Toplanamayan siparişlere karşılık gelen toplam öge sayısı (U_b), parti toplama stratejisinde iş yükü dengesizliği için

geliştirilmiş modelin amaç fonksiyonu değeri ve toplanacak toplam öğeler arasındaki fark olarak hesaplanabilir. Yani (Parikh ve Meller, 2008):

$$U^b = \sum_{i=1}^D d_i - \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W d_i x_{ijk}$$

2.2. Bölge Toplama Stratejisi İçin İş Yükü Dengesizliği Hesaplama

Bölge toplama stratejisinde iş yükü dengesizliği için geliştirilmiş model ve notasyonları aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

- j = bölgeler için dizin; $j = 1, \dots, Z$,
- d_{ij} = bölge j 'den seçilecek i numaralı sipariş için parametre,
- M^z = Toplu toplama sisteminde bir dalganın bir seçici tarafından seçilebilecek maksimum öğe sayısı için parametre,
- $X_{ik} = 1$, i . siparişi, dalga k 'ye atanmışsa;
- 0 , aksi takdirde

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^Z \sum_{k=1}^W d_{ij} x_{ik} \quad (6)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^D d_{ij} x_{ik} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (7)$$

$$b_{jk} \leq M^z \quad \forall j, k, \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^W x_{ik} \leq 1 \quad \forall i, \quad (9)$$

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

Bu formülasyonda karar değişkeni x_{ik} ; yani, sipariş i 'nin dalga k 'ye atanması. Bir dalganın her bölgesinde (b_{jk}) atanan geçerli öğe sayısı (7) kullanılarak belirtilir. (8) 'de hiçbir b_{jk} değerinin bir bölgenin kapasitesini (M^z) aşmamasını sağlıyoruz. Birden fazla dalga için hiçbir sipariş verilmediğinden emin olmak için (9)'u kullanırız. (6) ile temsil edilen amaç, yerine getirilen toplam öğelerin sayısını en yükseğe çıkarmaktır.

Parti toplama stratejisinde iş yükü dengesizliği için geliştirilmiş modele benzer şekilde, bölge toplama stratejisinde iş yükü dengesizliği için geliştirilmiş modelini çözerek bir dalga esnasında her seçicinin mevcut iş yükünü sağlayan b_{jk} değerlerini elde edebiliriz. Toplanamayan siparişlere karşılık gelen toplam öğe sayısı (U^z), bölge toplama stratejisinde iş yükü dengesizliği için geliştirilmiş modelin amaç fonksiyonu değeri ve seçilecek toplam öğeler arasındaki fark olarak hesaplanabilir. Yani (Parikh ve Meller, 2008):

$$U^z = \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^Z d_{ij} - \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W d_{ij} x_{ik}$$

U^b ve U^z ile sırayla parti ve bölge toplama stratejilerinin dengesizlik maliyeti hesaplanmıştır.

3. Sonuç

Parti ve bölge sipariş toplama stratejilerini karşılaştırmak için amaç fonksiyonu toplanamayan öğeleri veren yani dengesizlik maliyetlerinin hesaplanması için kullanılan matematiksel modeller kullanılmıştır. Bu matematiksel modeller CPLEX optimizasyon programında yazılmış ve üretilen 50 veri için ayrı ayrı çalıştırılmıştır.

Her iki stratejinin 50 veri için verdiği sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

ÖRNEK	Tablo 4. Sonuçlar	
	PARTİ	BÖLGE
	0	4
1	8	8
2	0	5
3	6	6
4	7	6
5	2	0
6	0	12
7	8	0
8	6	6
9	7	11
10	0	4
11	0	10
12	7	3
13	3	6
14	4	7
15	5	7
16	3	3
17	0	3
18	5	8
19	3	8
20	0	0
21	0	5
22	7	9
23	0	9
24	5	13
25	5	7
26	5	5
27	0	6
28	5	8
29	0	5
30	0	4
31	7	7
32	6	6
33	7	6
34	0	3
35	5	5
36	3	3
37	5	12
38	6	12
39	3	3
40	0	0
41	7	9
42	4	0
43	0	9
44	0	7
45	0	14

46	4	5
47	3	3
48	0	13
49	6	5
50	5	10

Senaryoların 30 tanesinde parti toplama stratejisinin (%60), 7 tanesinde bölge toplama stratejisinin (%14) daha iyi sonuç verdiği ve 13 tanesinde (%26) stratejilerin performanslarının eşit olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde genellikle parti toplama stratejisinin bölge toplama stratejisinden daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bu durumun sebeplerinin araştırılması için üretilen 50 veri ve sonuçları tek tek incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Bölgelerdeki toplanacak öge sayıları arasında fark arttıkça bölge toplama stratejisi stratejisinin verdiği sonuçlar kötüleşmiştir. Bölgelerdeki toplanacak öge sayıları eşit olduğunda bölge toplama stratejisi en iyi sonucu vermiştir.
- Sipariş başına toplanacak öge sayıları arasındaki farklar arttıkça toplama stratejilerinin verdiği sonuçlar kötüleşmiştir.
- Koridor başına toplanacak öge sayıları arasındaki farklar arttıkça toplama stratejilerinin verdiği sonuçlar kötüleşmiştir.

Sonuç olarak büyük bir alanda belli bir stok kaleminin fazlaca yoğunlaşmasının olduğu durumda ve sipariş başına düşük sayıda toplama gerektiren durumlarda en uygun toplama yöntemi parti sipariş toplama stratejisidir.

Bir kerede çok sayıda sipariş geldiği durumlarda ise bölge sipariş toplama stratejisi idealdir.

Açıklama:

Bu bildiri “Depo Yönetimi İçin Parti Ve Bölge Sipariş Toplama Stratejilerinin Optimizasyonu” isimli FYL-2018-8102 proje kodlu proje kapsamında Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenmektedir.

Kaynaklar

- Bartholdi J. J., Hackman S. T. (2005). Warehouse & distribution science. The Supply Chain and Logistics Institute, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology. Atlanta, USA
- Chen, Mu-Chen ve diğeri (2005), "Aggregation of Orders in Distribution Centers Using Data Mining", *Expert Systems with Applications*, 28, 453-460.
- Dallari F., Marchet G., Melacini M. (2009). Design of Order Picking System, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Cilt 42, No. 1-2, s.1-12.
- Daniels, R.L., Rummel, J.L. and Schantz, R. (1998). A model for warehouse order picking, *European Journal of Operational Research*, 105,1-17.
- 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*, Cilt 182, No. 2, s.481-501.
- Koo, Pyung-Hoi (2009), "The Use of Bucket Brigades in Zone Order Picking Systems", *OR Spectrum*, 31, 759-774.
- Parikh P. J., Meller R. D. (2008). Selecting between Batch and Zone Order Picking Strategies in a Distribution Center, *Grado Department of Industrial and Systems Engineering, Transportation Research Part E*, Cilt 44, No. 5, s.696-719.
- Roodbergen, K.J. and Koster, R.D. (2001). "Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle", *European Journal of Operational Research*, 133,32-43.
- Tompkins J. A., White J. A., Bozer Y. A., Frazelle E. H., Tanchoco J. M. A. (2003). *Facilities Planning*, NJ: John Wiley and Sons.
- Tuna G., Tunçel G. (2012). *Deü Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 14, Sayı 42, s. 19-24.
- Tunç S., Kutlu B., Zincidi A. ve Atmaca E. (2008). Depo sisteminde sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(2), 357-364.
- Yu, M., De Koster, R. (2009). The Impact of Order Batching and Picking Area Zoning on Order Picking System Performance, *European Journal of Operational Research*, Cilt 198, No. 2, s.480-490.