

DEPO SİSTEMİNDE SİPARİŞ TOPLAMA SÜRECİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Suray TUNÇ, Buket KUTLU, Ayça ZİNCİDİ ve Ediz ATMACA

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06570 Maltepe, Ankara
hediz@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 17.07.2007; Kabul/Accepted: 16.01.2008)

ÖZET

Günümüzde depolar malların saklanması ve korunmasının dışında, müşteriye hızlı ulaşımın sağlandığı merkezler haline gelmiştir. Malları müşteriye zamanında ulaştırmak ve üretimi hızlandırmak için ürünler ve hammaddeler depolardan daha verimli ve etkin bir şekilde toplanmalıdır. Bu nedenle depolama sistemlerinin optimizasyonu sağlanmaya çalışılırken, taşıma maliyetleri ve zamanlarının da enküçüklenmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada bir firma için; depo raf sisteminden sipariş çekme politikası optimize edilmeye çalışılmıştır. Öncelikle parçaların raflar içerisindeki konumları incelenmiş, en uygun toplamayı gerçekleştirebilmek için mümkün rotalar belirlenmiştir. Taşıma zamanları ve maliyetleri en küçüklenecek şekilde optimal rotalar belirlenerek yeni bir depo sistemi önerilmiş ve sipariş toplama zamanlarında iyileştirmeler yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Depo, sipariş toplama, rotalama.

IMPROVEMENT OF ORDER PICKING PROCESS IN WAREHOUSE SYSTEM

ABSTRACT

Nowadays, warehouses are not only used for protecting and keeping materials, but also serves customers as quick distribution centers. Products and raw materials have to be picked from warehouses more effectively and efficiently to transform materials in time to customers and accelerate the production. So, while providing optimization of a warehousing system, it is aimed to reduce traveling time and traveling cost. At this study, for a chosen firm, it is tried to optimize order picking strategy. Firstly, materials' location are observed, all optimal rotation is determined to provide optimal picking. Routes which are provided to reduce the traveling cost and time are determined, a new warehousing system is proposed and order picking time is improved.

Keywords: Warehouse, order picking, rotating.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüze kadar depolamayla ilgili olarak farklı yaklaşımlar kullanılarak, bir çok çalışma yapılmıştır. Yapılmış olan çalışmalarda firma karı maksimize edilerek, depolama maliyetleri minimize edilmeye çalışılmıştır. Depolama problemleri ilk olarak, Cahn tarafından formüle edilmiştir [1]. Cahn, depolanan belirli bir ürünün yıllık maliyetleri bilinmek üzere, sabit kapasiteyle, verilen başlangıç stoğu altında, alış-satış ve depolamanın optimal unsurlarını belirlemeye çalışmıştır. Cahn'ın yapmış olduğu bu çalışma, kendisinden sonra gelen araştırmacılara ışık tutmuştur.

Sipariş toplama işlemi, depo maliyetlerine ve montaj hattına parçaların zamanında gitmesine önemli oranda etki etmektedir. Araştırmacılar, sipariş toplama işleminden kaynaklanan yüksek

maliyetlerin ve zamanında üretime parça gönderememe gibi sorunlara çözüm bulabilmek için çalışmalarda bulunmuşlardır. Sipariş toplama işlemi konusunda yapılan çalışmalarda, paralel koridorlu, man-on-board AS/RS, unit-load AS/RS ve carosel sistemler üzerine odaklanılmıştır.

AS/RS sistemlerde sipariş toplama problemleri genel olarak sezgisellerle çözülmüştür. Gudehus (1973) rafları iki eşit takıma ayırarak, alt takım ve üst

takımdaki hareketlerin birbirlerine zıt olduğu takım sezgiselini kullanmıştır [2].

Paralel koridorlu sistemler de çalışmalar Ratliff vd. (1983) tarafından başlamıştır [3]. Bu çalışmada optimal sonuca ulaşmak için optimal zamanlı dinamik programlama algoritması kullanılmıştır. Çalışmadaki varsayımlar ise, koridorlarının hepsinin dar ve uzunluklarının eşit olması, tek bir toplama alanının bulunması, sipariş yerlerinin belirgin olması ve koridorlar içerisinde geri dönüşlere izin verilmemesi şeklindedir.

Goetschalckx vd. (1990), chebyshev metriğini kullanan konveks kabuk algoritmasını önermişlerdir [4]. Algoritma tüm sipariş noktaları kapsayacak şekilde kurulur ve yeni sipariş noktalarının algoritmaya katılmasına izin vererek çalışır. Algoritma, kısa turlar için kullanışlıdır; ancak turlar uzadıkça çözüm güçleşmektedir.

Hall (1993) ve Caron vd. (1998) tarafından yapılan çalışmalarda ise, koridorlar içerisinde geri dönüşlerin mümkün olabileceği gözönüne alınarak, bir çok değişik algoritma türetilmiştir [5], [6]. Bunlardan bazıları, Hall (1993) ve Caron vd. (1998) tarafından oluşturulan analitik modele bağlı algoritma, bir diğeri ise Petersen vd. (1999) tarafından oluşturulan simülasyona dayalı algoritmadır [7].

De Koster vd. (1998) sipariş miktarına göre önceden belirlenen listelerle, raflardan üretime gönderilen tüm mümkün akış yollarını oluşturmuşlardır [8]. Çalışmada dinamik programlamanın polinomal algoritmasını kullanarak, sipariş teslim etme yolları minimize edilmeye çalışılmıştır. Bu yollar siparişe göre ileri ve geri gidişler şeklinde olmak üzere operatör tarafından belirlenmiştir. Optimal olan bu yaklaşımda malzemelerin toplandığı alan ile depolandığı alan arasındaki mesafenin sıfır olduğu varsayılmıştır. Sipariş miktarının çeşidine göre çalışmanın uygulama zorluğu doğru orantılı olarak değişmektedir.

McKendall vd. (1999) düzensiz şekilli departmanların bulunduğu bir depo içerisinde farklı formülasyonlar kullanarak elde tutma maliyetini minimize etmeye çalışmışlardır [9]. Bu düzensiz yapıdaki L,O,U şeklindeki departmanlar birbirleriyle olan güçlü ve zayıf bağlarına göre Montreul'in karma tamsayı programlama yaklaşımı kullanılarak ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Böylece departmanlar daha düzenli bir hale gelmiş; taşıma maliyetleri minimize edilmeye çalışılmıştır.

Zhang vd. (2002) farklı ürün tipleri için genetik algoritmaları kullanarak, verimli bir depo tasarımı oluşturmaya çalışmışlardır [10]. Modelde, Heragu vd.'nin kullandığı varsayımlar kullanılmıştır. Depoya ürün girişinin tek bir yerden yapıldığı, taşıma

ekipmanlarının kapasitesinin yeterli düzeyde olduğu ve ürün tiplerinin depo içindeki yerlerinin bilinmekte olduğu varsayımları ilave edilmiştir.

Heragu vd. (2004) depoyu beş ana bölüme ayırmışlardır [11]. Bu bölümler; teslim (Receiving), gönderme (shipping), raf depolama (staging) , ağır parça deposu (reserve area), acil ve küçük parça deposu (forward area) şeklindedir. Depo alanı, ürünlerin raflarda bekleme zamanları, herbir akışta ürün taşıma maliyeti, yıllık ürün talep oranı ve kullanılan ekipmanların bilindiği varsayımlar, matematiksel modelleme yardımıyla, herbir ürünün akışı ve buna bağlı olarak fonksiyonel alanların büyüklüğü belirlenmeye çalışılmıştır.

Kim vd. (2005) her turda birkaç ürün toplayabilen, man-on-board sistemlere benzeyen özel AS/RS sistemler üzerinde çalışmıştır [12].

Roodbergen vd. (2005) sipariş toplamaya ait iki farklı rota geliştirerek, taşıma mesafesini minimize etmeye çalışmışlardır [13]. Yapılan çalışmada depo içindeki koridor sayısının optimal olduğu, ürünlerin üretime tek bir noktadan gönderildiği ve malzemelerin toplandığı alan ile depolandığı alan arasındaki mesafenin sıfır olduğu varsayılmıştır.

Charnes vd. (2006), Cahn'ın çalışmasını temel alarak, dual teorem ve yeniden gruplandırma yöntemlerini kullanarak depo modelini genelleştirmeye çalışmışlardır [14]. Çalışmalarında, ürünleri tekli ve çoklu olarak değerlendirmişlerdir.

Charnes vd.'nin özellikle geliştirmiş oldukları model yaklaşımları, diğer araştırmacılara da referans olmuş ve depo problemlerine farklı açılardan bakılmasını sağlamıştır. Prager(2006) depo problemlerine yönelik çalışmasında, Charnes vd.'nin geliştirmiş oldukları tek ürünlü model yaklaşımlarından yola çıkarak, Hitchcock dağıtım problemi olarak adlandırdıkları bir model geliştirmişlerdir [15]. Bu modelde Charnes vd.'den farklı olarak, belli bir periyottaki satın alma ve bu periyottaki sırasıyla stok seviyelerinin en yüksek ve en düşük seviyeleri ile, bir önceki periyoda ait satın almalar da modele katılmıştır.

Bellman (2006) depo problemlerine, dinamik programlama yaklaşımı ile çözüm üretmeye çalışmıştır [16]. Charnes vd.'nin geliştirmiş oldukları tek ürünlü model yaklaşımlarından yola çıkarak, dinamik programlama teorisinin fonksiyonel yaklaşım teknikleriyle, depo problemlerine çözüm bulmaya çalışmıştır.

Dreyful (2006), Bellman'ın kullandığı dinamik programlama uygulamasını göz önüne alarak, sonuca analitik olarak da ulaşılabileceğini ortaya koymuştur [17].

Günümüzde hemen hemen tüm işletmeler, depolarında ve dağıtım merkezlerinde maliyetlerini

azaltmak ve verimliliklerini artırmanın yollarını aramaktadırlar. Sipariş toplama işlemi, müşteri siparişlerinin gruplanması ve çizelgelenmesi, stokların siparişlere atanması, malzemelerin stok alanlarından toplanması ve toplanan malzemelerin hazırlanması gibi çeşitli alt işlemlerden oluşur. De Koster vd. (2007), sipariş toplama maliyetinin, toplam depo işletme maliyetinin yaklaşık %55 ini oluşturduğunu söyleyerek, sipariş toplamanın önemini vurgulamışlardır [18]. Bu faaliyetlerde katedilen mesafe ve toplama işlem zamanlarının enküçüklenmesi gerektiğini belirterek, sipariş toplama maliyetinin de bu sayede en düşük seviyeye indirilmesi üzerinde çalışmışlardır.

2. METODOLOJİ (METHOD)

2.1. Sipariş çekme (Orderpicking)

Sipariş Toplama [8]; Sipariş toplama işlemi, müşteri siparişlerinin gruplanması ve çizelgelenmesi, stokların siparişlere atanması, malzemelerin stok alanlarından toplanması ve toplanan malzemelerin hazırlanması gibi çeşitli alt işlemlerden oluşur. Her bir müşteri siparişi çeşitli malzemeleri ve miktarlarını içeren sipariş satırlarından oluşur. Bu sipariş satırları miktar ve STB(stokta tutma birimine) göre paletli toplamalar, sepetli toplamalar ve kırılabilir sepetli toplamalar olmak üzere üç çeşittir. Genellikle depolarda birden fazla sipariş toplama sistemi kullanılmaktadır. Birçok depoda sipariş toplama işlemi depo işçilerince yerine getirilmektedir. Bu sipariş toplama sistemleri depo işçilerinin depo içerisindeki koridorlarda dolaşarak malzemeleri teker teker topladığı picker-to-parts sistemi en çok kullanılan sistemdir ve iki çeşittir. Bunlar;

- Low-Level Toplama
- High-Level Toplama'dır.

Low-Level sipariş toplamada depo çalışanı koridorlarda dolaşarak gerekli olan malzemeleri stok raflarından veya varillerden toplar. Diğer sistemde ise raflar yerden yüksekte bulunur ve depo çalışanı bir vinç veya çalışanın raflara ulaşmasını sağlayacak bir araç aracılığıyla gerekli raflara erişir. Vinç istenilen stok alanına geldiğinde otomatik olarak durur ve çalışanın malzeme toplama işlemini bitirmesini bekler. Bu tür sipariş toplama sistemine ise High-Level malzeme toplama sistemi adı verilir.

2.2. Optimal Sipariş Rotası (Optimal Orderpicking Route)

Depolarda sipariş rotasının belirlenmesi gezgin satıcı probleminin özel bir çeşidini gerektirmektedir. Burada amaç belirlenen noktalara mümkün olan en kısa yoldan ulaşmaktır. Bu tür problemleri çözmek için gezgin satıcı yöntemi etkili olama-maktadır. En etkili algoritma, Ratliff vd. (1983) tarafından dinamik programlama olarak belirlenmiştir [3].

Klasik gezgin satıcı problemi ve depolardan sipariş çekme problemi arasında bazı farklar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, sipariş çekme probleminde ziyaret edilmesi zorunlu olmayan noktaların bulunmasıdır. Bu noktalar, koridorlar arası ve koridor içindeki geçişleri gösteren noktalardır. Sipariş toplayıcının bu noktalara geçişlerine izin verilir ancak mecbur değildirler. Ziyaret edilmesi gereken noktalar ise, sipariş toplayıcının toplaması gereken siparişleri gösterir ve bunlara ziyaret zorunludur. Sipariş toplama problemi, Gezgin Satıcı Probleminin özel türü olan Steiner Gezgin Satıcı problemi olarak sınıflandırılabilir.

Steiner Gezgin Satıcı probleminin çözümü genelde zordur ve belirlenmiş bir çözüm algoritması bulunmamaktadır. Rattliff ve Rosenthal, dinamik programlama kullanarak Steiner Gezgin Satıcı problemini tüm paralel – seri grafiklerde kullanılabilir hale getirmişlerdir. De Koster vd., Rattliff ve Rosenthal tarafından oluşturulan algoritmayı geliştirerek paralel – seri olmayan grafiklerde de uygulanabilir hale getirmişlerdir [19].

2.3. Sipariş Toplama Rotasının Belirlenmesi (Finding Orderpicking Route)

Rotalamanın belirlenmesi için kullanılan algoritma aşağıdaki gibidir [19].

Notasyonlar (Notations):

N: Depodaki koridor sayısı,

M: Sipariş rotasında çekilmesi gereken parça sayısı

V_i: i parçasının bulunduğu yer

a_j: j koridorunun başı

b_j: j koridorunun sonu

s: Toplamaya başlanılan alan

d(u,v): Belirlenen alanlar arasındaki taşıma uzaklığı

Routesubgraph: Depotu(s) içeren ve toplanması gereken parçaları (vi) bir kere geçen rotaların gösterildiği grafikdir. T ile gösterilir. Uzunluğu, kenarların toplanmasıyla bulunur.

Parçalı routesubgraph (Partial routesubgraph) : Her koridorda çizilen rotaya Li-parçalı routesubgraph denilir.

L_i – parçalı L_{i+1} koridoruna ait köşe ve kenarlarıyla genişletilebilir. Bu şekilde her koridor için alt grafik belirlenirse, N tane alt grafik tanımlanmış olacaktır.

$L_j, j=1,2, \dots, n$ ilk j koridorunun köşe ve kenarlarını içerir.

$i < j$ için tüm kenarları içermektedir.

3 alt grafik incelemek mümkündür.

A. L_j alt grafiği (The Subgraph L_j)

a_j, b_j ve onlara ait kenarları içerir (a_{j-1}, a_j), (a_{j-1}, a_j), (b_{j-1}, b_j), (b_{j-1}, b_j).

B. L_j^0 alt grafiği (The Subgraph L_j^0)

L_j alt grafinin uzantısıdır. Depot (s) ile b_j arasındaki taşımaları içerir.

C. L_j^+ alt grafiği (The Subgraph L_j^+)

L_j^0 alt grafiğinin uzantısıdır. a_j ile b_j arasındaki taşımaları içerir.

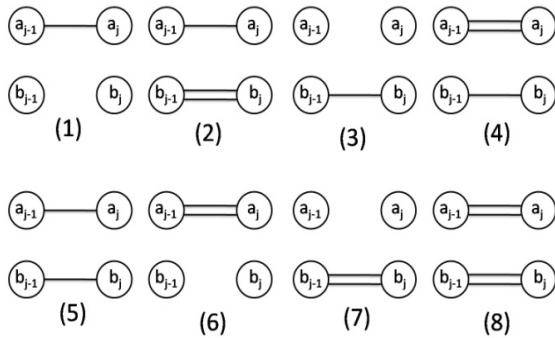
L_N Parçalı Minimum Uzaklığın Bulunması (Finding Minimum Length L_N -Partial Routesubgraphs)

L_N Parçalı grafiği, dinamik programlama uygulanarak bulunmaktadır. Bu algoritma 1. koridordan başlar ve uygun olan her köşe ve kenarlar takip edilerek algoritma tamamlanır. Dinamik programlama uygulamak için öncelikle muhtemel taşımaların belirlenmesi gerekir. Bu muhtemel taşımalar 3 başlık altında toplanabilir:

1. L_{j-1}^+ den L_j^- 'ye
2. L_j^- den L_j^0 'a
3. L_j^0 dan L_j^+ 'ye şeklindedir.

L_{j-1}^+ den L_j^- 'ye Taşımalar (The Transition from L_{j-1}^+ to L_j^-)

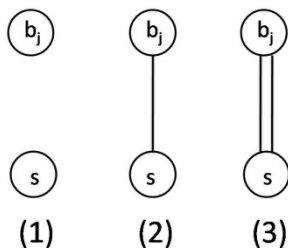
Bu taşımalar L_{j-1}^+ e ait kenarların (a_{j-1}, a_j) , (a_{j-1}, a_j) , (b_{j-1}, b_j) , (b_{j-1}, b_j) , L_j^- ile nasıl birleştirilmesi gerektiğini gösterir. Mümkün olan 8 taşıma çeşidi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. L_{j-1}^+ den L_j^- 'ye mümkün olan 8 taşıma çeşidi (8 different transition from L_{j-1}^+ to L_j^-)

Bu taşıma şekilleri algoritmada kullanılmaktadır.

L_j^- den L_j^0 'a Taşıma (The Transition from L_j^- to L_j^0)



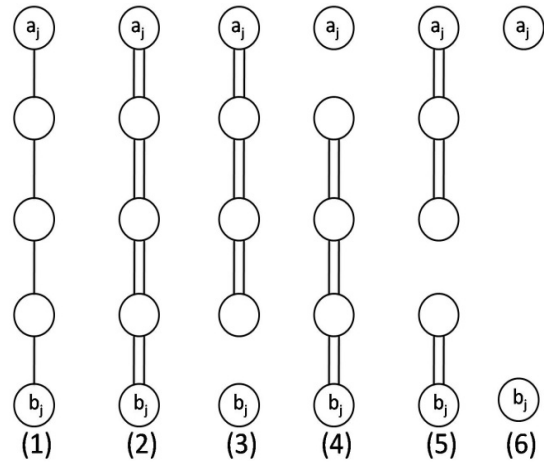
Şekil 2. L_j^- den L_j^0 'a mümkün olan 3 taşıma şekli (3 different transition from L_j^- to L_j^0)

Bu taşıma türünde taşıma L_j^- den başlayarak L_j^0 'e doğrudur. Mümkün olan 3 farklı taşıma şekli Şekil 2'de verilmiştir.

Toplamaya başlanılan alandan koridorun sonuna taşımalar; doğrudan tek yönlü ya da çift yönlü olarak görülür. Bu taşıma şekillerinden en çok ilk ikisi kullanılmaktadır.

L_j^0 dan L_j^+ 'ye Taşıma (The Transition from L_j^0 to L_j^+)

Bu taşımada, L_j^0 dan L_j^+ 'ye doğru taşıma görülmektedir. Mümkün 6 taşıma, Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. L_j^0 dan L_j^+ 'ye mümkün olan 6 taşıma şekli (6 different transition from L_j^0 to L_j^+)

Koridorlar içerisindeki hareketleri temsil eden 6 taşıma şekli bulunmaktadır. Bu taşıma şekilleri algoritmada kullanılacaktır.

Taşımalar Arasında Geçişleri Gösteren Tablolar (The Transition Tables)

Bu algoritma grafiğin en solundan başlar ve sağa doğru alt grafiklerin taşıma tablolarının oluşturulması ile belirlenen minimum uzaklıklarının toplanması ile minimum sipariş toplama rotası bulunur.

Tablolar, algoritmanın en önemli kısmını oluşturmaktadır. Depo alan grafiğini 3 farklı alana ayırmıştır: Bunlar; L_0 (depot ile koridorlar arasındaki taşımalar), L^+ (koridor içerisindeki taşımalar), L^- (koridorlar arasındaki taşımalar) şeklindedir. Tablo 1'de L_{j-1}^+ den L_j^- 'ye mümkün olan tüm taşımalar verilmiştir. L_{j-1}^+ sınıfları ile verilmiştir. Bu taşımalar koridor içerisindeki taşımalar ve koridorlar arasındaki taşımaları gösterir.

Tablo 1'de $L_{j-1}^+ - L_j^-$ geçişinde mümkün olan tüm taşımalar verilmiştir. Taşımalar arasındaki mesafeler Şekil 1'de verilmiş olan 8 taşıma çeşidine göre belirlenmiştir.

Tablo 2'de L_j^- den L_j^0 'a yani koridorlar arasındaki taşımalar ve depot ile koridorlar arasındaki mümkün olan tüm taşımalar verilmiştir. Taşımalar arasındaki

Tablo 1. $L_{j-1}^+ - L_j^-$ geçişinde mümkün olan tüm taşımlar

$L_{j-1}^+ - L_j^-$	(0, 0, 0)	(0, e, 1)	(e, 0, 1)	(u, u, 1)	(e, e, 1)	(e, e, 2)	(0, u, 1)	(u, 0, 1)	(u, e, 1)	(u, e, 2)	(e, u, 1)	(e, u, 2)
(0, 0, 0)		7	6			8						
(0, e, 1)		7				8						
(e, 0, 1)			6			8						
(u, u, 1)				5								
(e, e, 1)		7	6		8							
(e, e, 2)						8						
(0, u, 1)							3					4
(u, 0, 1)								1		2		
(u, e, 1)								1	2			
(u, e, 2)										2		
(e, u, 1)											4	
(e, u, 2)												4

mesafeler Şekil 2’de verilmiş mümkün olan 3 farklı taşıma şekline göre ortaya çıkarılmıştır.

Tablo 3’te L_j^0 dan L_j^+ ya Taşıma şekillerinin olası ilişkileri verilmiştir. Bu taşıma ilişkisi depot ile koridorlar arasındaki taşımlar ve koridorlar arasındaki taşımlar şeklindedir. Taşıma mesafeleri Şekil 3’te verilmiş mümkün olan 6 taşıma şekline göre belirlenmiştir.

Tablo satır ve sütunlarından yer alan (a, b, c), olabilecek durumları göstermektedir. İlk hane depo başlangıç noktasının tekil veya çoğul olma durumunu gösterir, ikinci hane depo bitiş noktasının tekil çoğul olma durumunu gösterir, 3. hane ise elaman sayısını gösterir. U tekil durumu, E çift olma durumu, 0 ise boş olma durumunu gösterir. Algoritmanın tamamlanması için belirtilen 3 alt grafiğin birleştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 2. L_j^- den L_j^0 a mümkün olan tüm taşımlar

$L_j^- - L_j^0$	(0, 0, 0)	(0, e, 1)	(e, 0, 1)	(u, u, 1)	(e, e, 1)	(e, e, 2)	(0, u, 1)	(u, 0, 1)	(u, e, 1)	(u, e, 2)	(e, u, 1)	(e, u, 2)
(0, 0, 0)	1						2					
(0, e, 1)		1					2					
(e, 0, 1)			1									2
(u, u, 1)				1				2				
(e, e, 1)					1						2	
(e, e, 2)						1						2
(0, u, 1)							1					
(u, 0, 1)								1				
(u, e, 1)									1			
(u, e, 2)										1		
(e, u, 1)											1	
(e, u, 2)												1

Tablo 3. L_j^0 dan L_j^+ ya Taşıma şekillerinin olası ilişkileri

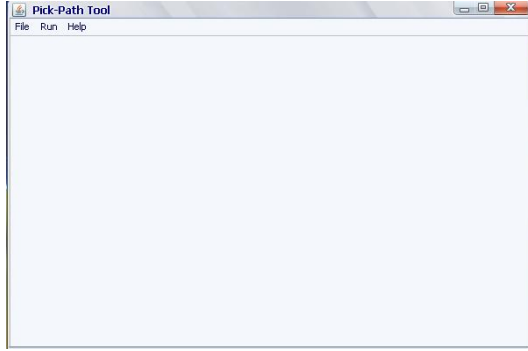
$L_j^0 - L_j^+$	(0, 0, 0)	(0, e, 1)	(e, 0, 1)	(u, u, 1)	(e, e, 1)	(e, e, 2)	(0, u, 1)	(u, 0, 1)	(u, e, 1)	(u, e, 2)	(e, u, 1)	(e, u, 2)
(0, 0, 0)	6	4	3	1	2	5						
(0, e, 1)		4,6		1	2	3,5						
(e, 0, 1)			3,6	1	2	4,5						
(u, u, 1)				2,3,4,5,6	1							
(e, e, 1)				1	2,3,4,5,6							
(e, e, 2)				1		3,4,5,6						
(0, u, 1)							4,6		1		2	3,5
(u, 0, 1)								3,6	2	4,5	1	
(u, e, 1)									2,3,4,5,6		1	
(u, e, 2)									2	3,4,5,6	1	
(e, u, 1)									1		2,3,4,5,6	
(e, u, 2)									1		2	3,4,5,6

Gelen her sipariş kümesi için bu işlemlerin yinelenmesi oldukça çok zaman alacaktır. Bunun için bu algoritmaları gerçekleştiren Pick – Path optimization isimli program kullanılmıştır.

3.UYGULAMA (APPLICATION)

Algoritmanın, belirlenen depo alanı içerisinde uygulanabilmesi için gerekli olan program aşağıda anlatılmıştır.

Program (Pick – Path Optimization): Pick – Path optimization [20], java tabanlı bir programdır. Şekil 4’de program arayüzü gösterilmiştir. Programa eklenen map (depo haritası) ve order (sipariş listesi) girdilerinin programa girilmesi ile çalışmaktadır. Harita ve sipariş listesi girdileri text formatında yazılmaktadır.



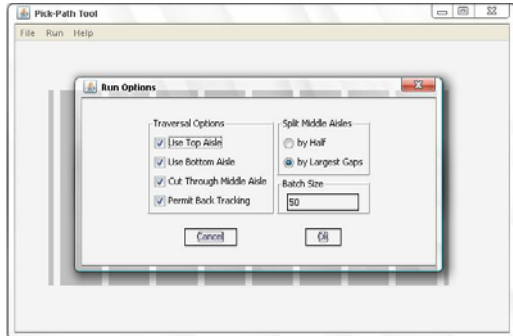
Şekil 4. Program arayüzü

Programa girilmesi gereken tüm girdiler (inputlar) hazırlandıktan ve eklendikten sonra, sipariş toplama ayarları yapılması gerekmektedir. Şekil 5’de ayar ekranı gösterilmektedir.

Bu ayarlar:

- Orta koridorları kullanabilme,
- Geri dönmelere izin verme,
- Bir seferde toplanması gereken miktar (batch size)

Depo haritası (Map): Microsoft Excell programında hazırlanmakta ve daha sonra text formatına aktarılmaktadır. Depo içerisindeki koridorlar, çalışanların hareket edebileceği alanlar belirlenmekte ve mesafeler yazılmaktadır.



Şekil 5. Ayar ekranı

Sipariş Listesi (Order): Çalışan tarafından toplanması istenen parçaların liste halinde hazırlanmasıdır.

Programın çalışması (Program Running): Harita ve sipariş listesinin programa girilmesinden sonra program çalışmaya hazır hale gelmektedir.

3.1. Programın Çalıştırılması (Program Running)

Gerekli ayarlar ayarlandıktan sonra, run menüsü altında iki tane menü bulunmaktadır.

- Sipariş Yollarının Bulunması (Find Pick Paths):** Bu menü kullanıldığında taktirde, istenen siparişlerin yerleri, rotaları ve siparişin toplanması için gerekli mesafeleri görebiliriz
- Siparişlerin Gösterimi (Show Picks):** Bu menü kullanıldığında taktirde sadece sipariş listesindeki parçaların yerleri görülebilir.

3.2. Çalışmanın Bir Depo Alanına Uygulanması (Application of Pick – Path Optimization On Warehouse)

Araştırmanın yapıldığı depo alanı 14880 m²’lik bir alana sahip ve içerisinde depolanan ürünler oldukça geniş ağır plakalar ve çok fazla ağır olmayan uzun borulardır. Depo alanı içerisinde ağır parçalar için forklift kullanılmakta, hafif parçalar için ise kullanılmamaktadır. Çalışmada öncelikle, pick – path optimization isimli program yardımıyla en kısa yol bulunmuştur.

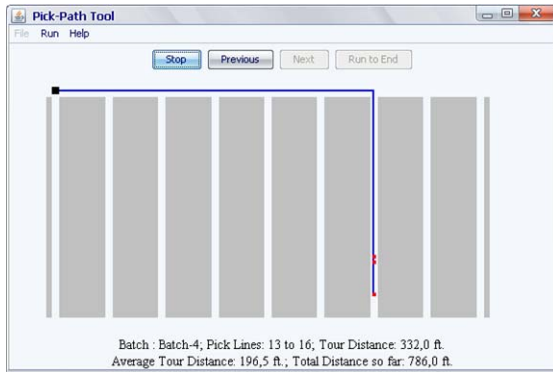
Depo alanında saklanan parçalar çok az farklılık göstermektedir. Ancak firma müşterileri, kendi güvenliklerini düşünerek sadece kendi önerdikleri tedarikçiler ile çalışılmasını istemektedirler. Bu da depo içerisinde aynı malzemenin farklı isimler ile birkaç yerde bulunmasına sebep olmakta ve bu parçalara farklı etiket numaraları atanmaktadır. Depo alanındaki raf sistemine parçalar, etiket numaralarına göre yerleştirilmektedir. Böylece farklı projelere ait parçalar yana yana gelebilmektedir. Özellikle bir proje üzerinde çalışılması durumunda, sipariş toplayıcı, elindeki listeyi tamamlayabilmek için depo içerisinde oldukça fazla yol almak zorunda kalmaktadır.

Optimal sipariş rotasının istenen sonucu vermesi için, depo içerisindeki ürünlerin düzenli olarak sıralanması gerekmektedir. Bu çalışmada, ürünlerin projelere göre ayrılması düşünülmüş ve tüm çalışmalar buna göre yapılmıştır.

Herhangi bir sipariş listesini, öncelikle mevcut durumu göz önüne alarak, sonra ise projelere göre gruplanmış halini göz önüne alarak çalıştırılarak karşılaştırma yapılabilir. Aynı sipariş listesinin 4’er gruplar halinde toplanması durumunda son adımda oluşan rota ekranları şekil 6 ve şekil 7’te verilmiştir.



Şekil 6. Mevcut depo (Existing warehouse)



Şekil 7. Önerilen depo (Proposition warehouse)

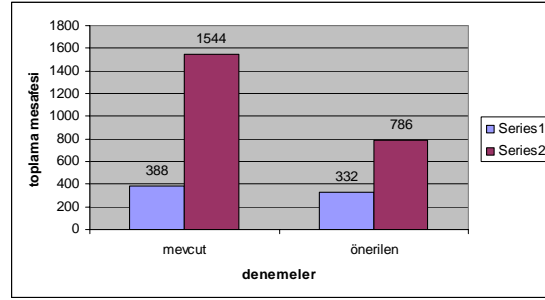
Şekil 6'dan görüldüğü gibi, beyaz alanlar koridorları temsil etmektedir. Gri alanlar üzerinde, depo içerisinde depolanan malzemeler belirlenmiş ve rotalama bunlara göre yapılmıştır. Şekil 6 ve şekil 7'den görüldüğü gibi, düzenlenmiş depo alanının en kısa yolu, mevcut yerleşimdeki depo alanının en kısa yolundan daha kısadır.

Depo alanlarında kullanılan forkliftlerin özellikleri dahilinde, forkliftin yatay hareketi, dikey hareketlerinden daha hızlıdır. Herhangi bir raftan parça çekme işlemi sırasında forkliftin sürekli dikey hareketlerle parça toplaması zaman almaktadır. Bu zamana katlanmamak için mümkün olduğu kadar yatay hareketlerin azaltılması gerekir.

Programın çalışması sırasında, en son adımdaki ekran görüntüsüne göre siparişin 4. grubunda kalan son parçalar için çalışan 332 ft yol almış ve tüm siparişi temin edebilmek için 786 ft mesafe kat etmiştir.

3.3. Mevcut Durum İle Önerilen Durumun Karşılaştırılması (Comparison Between Existing Warehouse and Proposition Warehouse)

Mevcut durum ve önerilen durumdaki sipariş için alınan mesafe ve toplam kat edilen mesafeler dikkate alınacak olursa, projelere göre düzenlenmiş depo alanı içerisinde daha az zamanda, daha az mesafe kat edilerek siparişler toplanabilmiştir. Şekil 8'de karşılaştırılan durum verilmiştir.



Şekil 8. Mevcut raf yerleşimi ile, düzenlenmiş raf yerleşimi karşılaştırması (Comparison between existing rack layout and arranged rack layout)

İlk iki sütun mevcut durumu, diğer iki sütun ise önerilen durumu göstermektedir. Uzun olan sütunlar çalışanın toplam mesafesini, kısa olan sütunlar ise çalışanın son partide kat ettiği mesafeyi gösterir.

Raflardaki malzemelerin katlara göre sırası ile toplanması sayesinde sipariş toplama zamanında %35'lik azalma gerçekleşecektir. Ayrıca yeni tasarım forkliftlerinin kullanılması ile toplama zamanındaki azalış artacaktır.

Bu iyileştirmeler neticesinde, hem taşıma zamanlarında hem de taşıma maliyetlerinde azalmalar söz konusu olacaktır. Böylece verim ve etkinlik artacak, işletmenin hedef ve amaçlarına ulaşması kolaylaşacaktır.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

İşletmelerin tedarik zincirlerinde yüksek önem arzeden depolama yönetimi, bütünleşme yetersizlikleri ve bunun neticesinde oluşan darboğazlar ile, işletmeleri doğrudan veya dolaylı yoldan etkileyen maliyetlerin oluşmasına neden olmakta, bu maliyetler de firma hedef ve stratejilerinden sapmalara yol açmaktadır. Bu bütünleşme kopukluğu depolamada; rafta mal bulundurmama riski, müşteri siparişlerinde gecikme, müşteri kayıpları, demode ürünlerin sayısındaki artış, fazla stokla çalışma, üretim bantlarında duruşlar, bakım programı haricindeki duruşlar, fire - hasarlı ürün sayısındaki artış, ölü stokların sayısında artış, stok maliyetlerinde artış gibi sonuçlar doğurmaktadır. Bu gibi istenmeyen durumları önlemek için, depolama sistemlerinin optimizasyonu gerekmektedir. Yapılan çalışmada, uygulama için seçilen bir firmanın depo sistemi incelenmiştir. Raflardan sipariş çekme politikasındaki aksaklıklar belirlenmeye çalışılmış, muhtemel rotalar oluşturulmuş, taşıma zamanı ve maliyeti optimize edilmeye çalışılmıştır. Böylece depo sistemi daha verimli bir hale getirilmiştir. Elde edilen iyileştirmeler şu şekilde özetlenebilir:

Optimal sipariş toplama rotası ile, hesaplanamayan ancak oldukça iyi bir iyileştirme sağlandığı, depolanan ürünlerin düzenlenmesi ile %50'ye yakın, zaman ve mesafe tasarrufu sağlandığı, sipariş toplama

teknığının de doğru seçilmesi ile %32' lik zaman tasarrufu sağlandığı söylenebilir.

Elde edilen bu tasarruflar depo sistemlerinin daha etkin ve verimli çalışmalarını sağlayarak, işletmelerin daha az depolama maliyetlerine katlanmalarını sağlayacaktır. Rekabetin çok sert yaşandığı günümüzde, depolama maliyetlerinin önemli ölçüde azaltılması firmaların rekabet güçlerini arttıracaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Eastman, W.L. "A Note on the multi-commodity warehouse problem", **Management Science**, Cilt 5, No 3, 327-331, 1959.
2. Gudehus, T., **Principles of order picking: Operations in distribution and warehousing systems**, W. Essen, Germany (in German), 1973.
3. Ratliff, H.D., Rosenthal, A.S., "Order-picking in a rectangular warehouse: A solvable case of the traveling salesman problem", **Operations Research**, Cilt 31, No 3, 507-521, 1983.
4. Goetschalckx, M., Ratliff, H.D., "Shared storage policies based on the duration stay of unit loads", **Management Science**, Cilt 36, No 9, 1120-1132, 1990.
5. Hall, R.W., "Distance approximation for routing manual pickers in a warehouse", **IIE Transactions**, Cilt 25, No 4, 76-87, 1993.
6. Caron Franco, Marchet Gino, Perego Alessandro "Layout Desing Gn Manual Picking System: A Simulation Approach", **Integrated Man.Sys.**, 94-104, 2000.
7. Petersen, C.G., Schmenner, R.W., "An evaluation of routing and volme-based storage policies in an order picking operation", **Decision Science**, Cilt 30, No 2, 481-501, 1999.
8. De Koster, R., Van Der Poort, E., "Routing orderpickers in a warehouse: a comparison between optimal and heuristic solutions", **IIE Transactions**, Cilt 30, 469-480, 1998
9. McKendall, A.,R., Noble, J.,S., Klein, C.,M., "Facility Layout Of Irregular-Shaped Departments Using A Nested Approach", **Int. J. Prod. Res.**, 2895-2914, 1999.
10. Zhang, G.Q., Xue, J., and Lai, K.K., "A class of genetic algorithms for multiple-level warehouse layout problems", **International Journal of Production Research**, Cilt 40, No 3, 731-744, 2002.
11. Heragu, S.S., Du, L., Mantel, R.J., and Schuur, P.C., "Mathematical model for warehouse design and product allocation", **International Journal of Production Research**, Cilt 43, No 2, 327-338, 2005.
12. Kim, B.-I., Heragu, S.S., Graves, R.J., Onge, A.S., "Clustering-based order-picking sequence algorithm for an automated warehouse", **International Journal of Production Research**, Cilt 41, No 15, 3445-3460, 2005.
13. Roodbergen, K.J., "Storage assignment policies for warehouses with multiple cross aisles", In: Meller, R., Ogle, M.K., Peters, B.A., Taylor, G.D., Usher, J. (Eds.), **Progress in Material Handling Research**, pp. 541-560, 2005.
14. Charnes, A., Cooper, W., "Generalizations Of The Warehousing Model", **Operations Research**, 131-272, 2006.
15. Prager, W., "On Warehousing Problem", **Operations Research**, 504-512, 2006.
16. Bellman, R., "On The Theory Of Dynamic Programming Warehousing Problems", **Management Science**, 272-275, 2006.
17. Dreyfus, S. E., "An Analytic Solution Of The Warehouse Problem", **Management Science**, 99-102, 2006.
18. De Koster, R., Le-Duc, T., ve Roodbergen, K.J., "Design And Control Of Warehouse Order Picking: a literature review", **European Journal of Operational Research**, Cilt 182, No 2, 481-501, 2007.
19. Roodbergen, K.J., De Koster, R., "Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle", **European Journal of Operations Research**, Cilt 133, 32-43, 2001.
20. <http://www2.isye.gatech.edu/~jjb/wh/apps/pickpath/pickpath.html>