

**OTOMATİK DEPOLAMA VE ÇEKME SİSTEMLERİNDE
BEKLEME NOKTASI BELİRLEME ALGORİTMASINA DAYALI
HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ VE BİR UYGULAMA**

Buşra TAşKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

şUBAT 2012

ANKARA

**OTOMATİK DEPOLAMA VE ÇEKME SİSTEMLERİNDE
BEKLEME NOKTASI BELİRLEME ALGORİTMASINA DAYALI
HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ VE BİR UYGULAMA**

Buşra TAŞKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2012

ANKARA

Buşra TAŞKAN tarafından hazırlanan “OTOMATİK DEPOLAMA VE ÇEKME SİSTEMLERİNDE BEKLEME NOKTASI BELİRLEME ALGORİTMASINA DAYALI HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ VE BİR UYGULAMA” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ömer Faruk BAYKOÇ

.....

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ertan GÜNER

.....

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G. Ü.

Prof. Dr. Ömer Faruk BAYKOÇ

.....

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G. Ü.

Doç. Dr. Ergün ERASLAN

.....

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Başkent Ü.

Tarih: 03/02/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Buşra TAŞKAN

**OTOMATİK DEPOLAMA VE ÇEKME SİSTEMLERİNDE
BEKLEME NOKTASI BELİRLEME ALGORİTMASINA DAYALI
HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ VE BİR UYGULAMA
(Yüksek Lisans Tezi)**

Buşra TAŞKAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Şubat 2012**

ÖZET

Otomatik Depolama ve Çekme Sistemlerinde (OD/ÇS) bekleme noktası politikası kontrol politikalarından birisidir. Boş bir vincin bekleyeceği yer bekleme noktası politikası tarafından belirlenir. Bekleme noktası bir sonraki talebi karşılamada seyahat edilecek zamanı en küçükleyecek biçimde seçilir. Gelen depolama ya da çekme taleplerine yanıt verme süresini en küçükleme ve çıktı düzeyini en büyükleme makineler için bekleme noktasının optimal seçimi ile sağlanabileceğinden, yapacak işi olmayan makinelerin boş seyahat zamanını azaltmak amacıyla nereye yerleştirileceğini belirlemek önemli bir kontrol problemidir.

Bu çalışmada, bir Otomatik Depolama ve Çekme Sisteminin (OD/ÇS) bekleme noktası belirleme problemi ele alınmıştır. Bekleme noktası politikasının OD/ÇS'nin performansına etkisini incelemek amacıyla bir hedef programlama modeli önerilmiştir. Önerilen modelin algoritmasının uygulaması Eskişehir'de buzdolabı üreten beyaz eşya işletmesinden sağlanan gerçek veriyle gösterilmiştir.

Bilim Kodu : 906.2.062

Anahtar Kelimeler : Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri, Bekleme Noktası, Hedef Programlama

Sayfa Adedi : 90

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Ömer Faruk BAYKOÇ

**A GOAL PROGRAMMING MODEL AND AN APPLICATION BASED ON
THE DWELL POINT DETERMINATION ALGORITHM IN AUTOMATED
STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEMS**

(M.Sc. Thesis)

Buşra TAşKAN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

February 2012

ABSTRACT

Dwell point policy one of the control policies in automated storage and retrieval systems. The position where an idle crane waits is determined by a dwell-point policy. The dwell-point is best chosen to minimise the expected time to travel to the next request. Because minimizing response time of storage or retrieval requests and maximizing output level can be obtained with optimal selection of dwell point for machines, in order to reduce empty travel time to determine where to position machines that has no jobs to perform is an important control problem.

In this study, an Automated Storage and Retrieval System (AS/RS) dwell point determination problem is evaluated. To examine the effect of dwell point policy to AS/RS's performance, a goal programming model is proposed. Application of proposed model's algorithm is showed with real data from a white goods enterprise in which fridge is produced in Eskişehir.

Science Code : 906.2.062

Key Words : Automated Storage and Retrieval Systems, Dwell Point, Goal Programming

Page Number : 90

Adviser : Prof. Dr. Ömer Faruk BAYKOÇ

TEŞEKKÜR

Beni bu konuda çalışmaya yönlendiren, tez çalışmasını yöneten ve yapıcı önerileriyle çalışmaya yön veren değerli hocam Sn. Prof. Dr. Ömer Faruk BAYKOÇ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın yapılmasında programlama aşamasında büyük katkısı bulunan eniştem Doğan Emrah KÜTÜKCÜ'ye çok teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemi sağlayan, maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan AİLEME ve tüm dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	iv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
2. OTOMATİK DEPOLAMA VE ÇEKME SİSTEMLERİ (OD/ÇS)	3
2. 1. OD/ÇS Bileşenleri ve Kullanılan Terminoloji	3
2. 2. OD/ÇS Çeşitleri	6
2. 3. OD/ÇS Uygulama Nedenleri	12
2. 4. OD/ÇS'nin Dezavantajları	13
2. 5. OD/ÇS Uygulama Alanları	13
2. 6. OD/ÇS'nin Tasarımı	14
2. 7. OD/ÇS'lerin Mühendislik Analizi	31
2. 7. 1. OD/ÇS raf yapısını boyutlandırma	31
2. 7. 2. OD/ÇS çıktısı	33
2. 8. Bekleme Noktası	36
3. İLGİLİ LİTERATÜRE BİR BAKIŞ	40
4. UYGULAMA DESTEĞİNDE YENİ BİR MODEL ÖNERİSİ	58

	Sayfa
4. 1. Uygulama Yapılan Firma Hakkında Genel Bilgi	58
4. 2. Problemin Tanımı	60
4. 3. Kullanılan Metodoloji	69
4. 4. Hedef Programlama Modeli	69
4. 5. Modelin Algoritması ve Sayısal Uygulaması.....	78
4. 5. 1. Algoritma.....	78
4. 5. 2. Sayısal Uygulama	79
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	91

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. OD/ÇS'ler için tasarım kararlarının genel açıklaması.....	18
Çizelge 2.2. Sınıf-tabanlı depolamada bölge boyutlandırma kararları için optimal sınırları elde etmek amacıyla çözüm prosedürleri.....	22
Çizelge 2.3. Birim-yük OD/ÇS için statik bekleme-noktası kuralları.....	23
Çizelge 2.4. Birim-yük OD/ÇS için temel sıralama probleminin çözülebilir özel durumları	26
Çizelge 2.5. Birim yük OD/ÇS'nin dinamik sıralaması için yöntemler.....	27
Çizelge 2.6. Kaynak seçiminin genel açıklaması, gruplama için sipariş ekleme ve durma kuralları	30

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bir OD/ÇS'nin genel yapısı	4
Şekil 2.2. Çeşitli OD/ÇS Sistem Seçeneklerinin Sınıflandırılması	6
Şekil 2.3. Çift-mekikli D/Ç makinesi	8
Şekil 2.4. Tek emir çevrimi	9
Şekil 2.5. Çift emir çevrimi	9
Şekil 2.6. Dörtlü emir çevrimi	10
Şekil 2.7. Altılı emir çevrimi	11
Şekil 2.8. Bir OD/ÇS sisteminin tasarımı	15
Şekil 2.9. Gruplama sezgiselleri için genel yapı	29
Şekil 2.10. Yatay olarak dokuz depolama bölmeli ($n_y=9$) ve dikey olarak altı bölmeli ($n_z=6$) bir birim yük OD/ÇS'nin üst ve yan görünüşleri	32
Şekil 2.11. D/Ç makinesi için varsayılan seyahat yörüngesi (a) tek emir çevrimi ve (b) çift emir çevrimi	35
Şekil 4.1. Çok-koridorlu OD/ÇS'nin yerleşiminin üst görünüşü	60
Şekil 4.2. Bir koridor içindeki iki rafın bölmelerini gösteren yan görünüş ve iki raf için bir bölme numaralama tertibi.....	62
Şekil 4.3. D/Ç makinesinin seyahat ettiği yol	63
Şekil 4.4. Bir depolama bölmesinin ön görünüşü	65
Şekil 4.5. Modelin algoritmasının visual basic 2008 programındaki arayüzü.....	80
Şekil 4.6. Modelin algoritmasının visual basic 2008 programındaki ilk örnek verilerle arayüzü.....	81
Şekil 4.7. Modelin algoritmasının visual basic 2008 programındaki ikinci örnek verilerle arayüzü.....	82

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
BBİ	Bilgisayar Bütünleşik İmalat
ML	Malzeme Listesi
COI	Cube-Per-Order Index
D/Ç	Depolama/Çekme
DKOD	Dinamik Kullanılabilirlik-Odaklı Denetleyici
EİH	Esnek İmalat Hücresi
EİS	Esnek İmalat Sistemleri
KKP	Kurumsal Kaynak Planlaması
FEM	Federation Européenne de la Manutention
G/Ç	Girdi/Çıktı
İGİÇ	İlk Giren İlk Çıkar
OD/ÇS	Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri
OEÇTC	Otomatik Erişimli Çok-Seviyeli Taşıma Cihazı
OYAS	Otomatik Yönlendirmeli Araç Sistemleri
SGİÇ	Son Giren İlk Çıkar
T/B	Toplama/Bırakma
TZÜ	Tam Zamanında Üretim

1. GİRİŞ

Otomatik depolama ve çekme sistemleri (OD/ÇS) elle çekme zamanının %70'ini oluşturan yürümeyi ortadan kaldırmak amacıyla ilk olarak 1950'lerde sunulmuştur. OD/ÇS, otomatik üretim ve dağıtım merkezlerinde yaygın olarak kullanılan ana malzeme yönetim sistemleri olup temel bileşenleri depolama rafları, depolama/çekme (D/Ç) makineleri veya otomatik istifleyici vinçler, girdi/çıkış (G/Ç) yerleri ve toplama konveyörleridir [Banks ve ark., 2010]. OD/ÇS'nin uygulanmasıyla elde edilen avantajlar şöyledir; depolama alanının etkin kullanımı, mal hasarlarının ve kaybının azalması, malların depolanması ve çekilmesi üzerindeki arttırılmış kontrol ve depo işçilerinin sayısındaki azalmadır [Keserla ve Peters, 1994].

Kontrol politikaları OD/ÇS tarafından gerçekleştirilen eylemleri belirleyen yöntemlerdir. Tipik olarak, bir OD/ÇS operasyonu her biri eylemlerin özel bir alt kümesiyle ilgilenen böyle kontrol politikalarının uyumlu bir grubu tarafından yönetilir [Roodbergen ve Vis, 2009]. OD/ÇS'nin performansı siparişlerin sıralaması, depolama tahsis politikası ve bekleme noktası politikası gibi kontrol politikalarına bağlıdır [Van den Berg, 2002]. Bir makinenin bekleme noktası, makine boş olduğunda makinenin dinlenme veya ev konumudur. Gelen depolama ya da çekme taleplerine yanıt verme süresini en küçükleme ve çıkış düzeyini en büyükleme makineler için bekleme noktasının optimal seçimi ile sağlanabileceğinden, yapacak işi olmayan makinelerin boş seyahat zamanını azaltmak amacıyla nereye yerleştirileceğini belirlemek önemli bir kontrol problemidir.

Bu çalışmada, kontrol politikalarından biri olan bekleme noktası politikasının OD/ÇS'nin performansına etkisini incelemek amacıyla, bekleme noktası yeri belirlemek için bir ağırlıklı hedef programlama modeli önerilmiştir. Önerilen modelin algoritması Visual Basic 2008'de programlanarak, bir buzdolabı firmasında tek mekikli bir OD/ÇS'ye uygulanmıştır.

Giriş niteliğindeki birinci bölümün ardından ikinci bölümde otomatik depolama sistemlerinden biri olan OD/ÇS ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Öncelikle OD/ÇS'nin genel bir tanımı yapıldıktan sonra çeşitlerinden bahsedilmiş sonra sırasıyla uygulama nedenleri, dezavantajları, uygulama alanları, tasarımı, mühendislik analizi ve bekleme noktasından bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde ise konuyla ilgili son yıllardaki literatür gözden geçirilmiştir. Dördüncü bölümde, öncelikle uygulama yapılan firma hakkında bilgi verilecek, sonra önerilen model, notasyonları, kısıtları ve amaç fonksiyonu ile beraber açıklanacak, modelin algoritması Visual Basic 2008'de programlanarak gerçek verilere dayalı sayısal bir uygulama yapılacaktır.

Son bölümde ise; uygulama sonucu yorumlanıp konuyla ilgili yapılacak ileriki çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

2. OTOMATİK DEPOLAMA VE ÇEKME SİSTEMLERİ (OD/ÇS)

OD/ÇS'ler otomatik üretim ve dağıtım merkezlerinde yaygın olarak kullanılan ana malzeme yönetim sistemleri olup, malzemelerin depolama ve çekme işlemlerini bilgisayar kontrolü altında otomatik vinçler kullanarak gerçekleştiren sistemlerdir. Sistem genellikle barkod teknolojisini kullanarak gelen her malzeme için uygun bir depolama yeri tespit eder ve vinci o yere doğru yönlendirir. Herhangi bir malzeme isteği olduğu zaman da bilgisayar o malzemenin nerede depolandığını belirleyerek vinci o malzemeyi getirmek üzere harekete geçirir.

OD/ÇS'nin temel bileşenleri; depolama rafları, D/Ç makinesi veya otomatik yığıcı vinçler, giriş/çıkış yerleri ve depolama konveyörleridir. D/Ç makinesi depolama ve çekme işlemini gerçekleştirmek için koridorlarda seyahat eder. D/Ç makinesi, seyahat süresini azaltmak için "Tchebychev travel" denilen şekilde aynı anda dikey ve yatay yönlerde hareket eder.

OD/ÇS'ler endüstriye ürünlerin hızlı depolanması ve çekilmesi, depolama alanının verimli kullanılması, yüksek güvenilirlik ve daha iyi stok kontrolü, arttırılmış güvenlik ve zarar gören ürünlerin sayısında azalma gibi avantajlar getirmiştir. Yüksek yatırım maliyetleri, daha az esneklik ve kontrol sistemlerindeki daha yüksek yatırımlar görünür dezavantajlardır.

Son 20 yılda teknolojiadaki gelişmeler, özellikle elektronik ve bilgisayar endüstrisindeki gelişmeler OD/ÇS'yi başarılı bir ilerleme dönemine sokmuştur. OD/ÇS'nin Esnek İmalat Sistemi (EİS), Esnek İmalat Hücresi (EİH) ve Bilgisayar Bütünleşik İmalat (BBİ) sistemlerinin geleceğinde anahtar rol oynamaya devam edeceğine inanılmaktadır [Singh, 1996].

2. 1. OD/ÇS Bileşenleri ve Kullanılan Terminoloji

Bir otomatik depolama ve çekme sistemi aşağıdakileri kapsar:

Koridor Ünitesi: Bir geçite bağlı koridor alanı ve rafları bir koridor ünitesi oluşturur.

Depolama Rafları: Depolama yerleri, bölmeleri ve sıralarını kapsayan yapısal bir birim

Depolama Yapısı: Bir depolama yapısı depolama raflarını kapsar ve stok malzemelerini saklamak amacıyla kullanılır. Genellikle o, beklenen boyut ve ağırlıktaki depolanmış maddeleri taşımak amacıyla tasarlanmış çelik çerçeve yapısındadır.

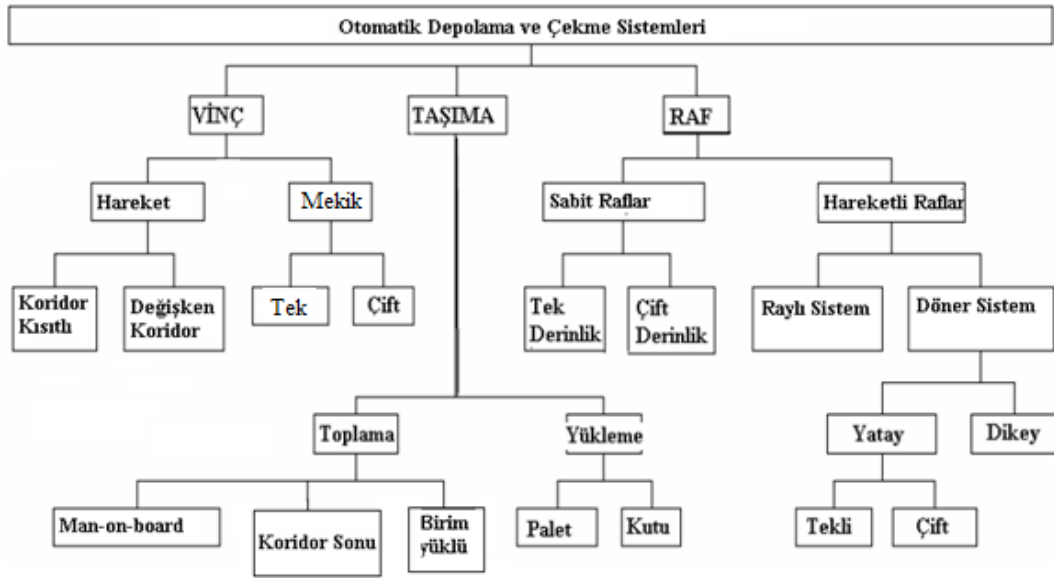
Depolama/Çekme Makinesi: Bir D/Ç makinesi stoğun içine ve dışına maddeleri taşır. D/Ç makinesi dikey ve yatay hareketlerin her ikisini de yapabilir yetenekte olmalı ve OD/ÇS'nin giriş ve çıkış noktalarına arabirim olmanın yanı sıra maddeleri depoya yerleştirebilmeli ve depodan çıkarabilmelidir. Giriş ve çıkış istasyonları bazen G/Ç istasyonları aynı zamanda toplama/bırakma (T/B) istasyonları olarak da gösterilebiliyor. Zemin boyunca bir ray sistemi makineye rehberlik eder ve sabit ray onun sırasını sürdürür.

Depolama Birimleri: Depolama birimleri depolanan maddeleri tutmak amacıyla kullanılır. Birimler paletler, kutular, tel sepetler, leğenler veya diğer konteynırlar olabilir. Depolama birimleri D/Ç makineleri vasıtasıyla taşınabilme ve yapıda standart boyutta depolanabilme sağlayabilmesi amacıyla tasarlanmalıdır.

Toplama ve Bırakma İstasyonları: Sistem içinde stoğa izin vermek amacıyla T/B istasyonlarına sahip olma gereklidir. Bunlar genellikle dış malzeme taşıma sisteminden D/Ç makineleri vasıtasıyla kendilerine ulaşılabilmesi amacıyla koridorların sonunda yerleştirilmiştir. T/B istasyonlarının sayısı ve yeri OD/ÇS sistemi boyunca akan stoğun miktarına ve çeşidine dayanır. Bunlar aynı zamanda G/Ç istasyonları olarak da bilinir.

2. 2. OD/ÇS Çeşitleri

OD/ÇS'ler için pek çok seçenek vardır. OD/ÇS'yi meydana getiren kavramlar vinç, taşıma ve raf sistemleridir. Şekil 2.2 bu kavramları düzgün bir biçimde anlatmaktadır.

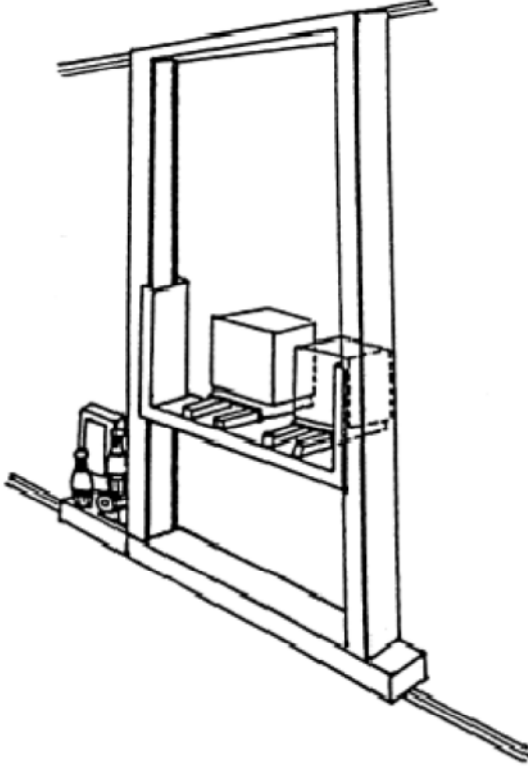


Şekil 2.2. Çeşitli OD/ÇS Sistem Seçeneklerinin Sınıflandırılması [Roodbergen ve Vis, 2009]

OD/ÇS'ler için çok sayıda sistem seçenekleri mevcuttur. Onun belirlenmiş koridorundan ayrılamayan ve bir seferde sadece bir birim yük taşıyabilen bir vince her koridorda sahip OD/ÇS en temel versiyondur. Bu durumda ürün taşıma sadece birim yük vasıtasıyla, bireysel ürünleri taşımak amacıyla insanlara gereksinim duyulmaz. Temel versiyondaki raflar sabit ve her yüke vinçler vasıtasıyla doğrudan ulaşılabilmesini ifade eden tek-derinliklidir. Bu OD/ÇS çeşidi tek birim-yüklü koridor-kısıtlı OD/ÇS olarak adlandırılır. Bu temel OD/ÇS'nin pek çok varyasyonu mevcuttur.

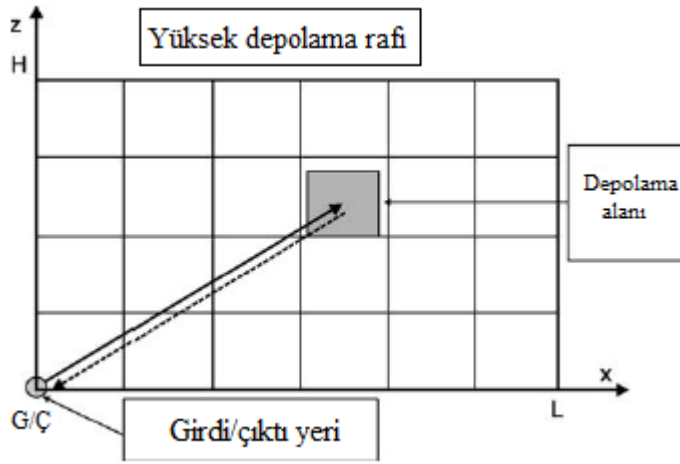
Vinçlerin koridorları değiştirme yeteneğinde oldukları durum temel OD/ÇS'nin mümkün bir versiyonudur. Bu durumda, sistemde koridorlardan daha az sayıda vince sahip olma mümkündür. Eğer isteklerin miktarı her koridor için bir vincin satın alınmasını haklı göstermiyorsa bu faydalı olabilir. Vincin birim-yük kapasitesinin kısıtlaması sonucunda çok-mekikli vinçler meydana gelmiştir. Böyle bir vinç tek seferde iki veya daha fazla yükü taşıyabilir. İki yükü taşıyabilen vinçler de çift-mekikli vinçler olarak adlandırılır, iki yükten daha fazlasını taşıma yeteneğinde olan vinçler halen nadiren görülmektedir. Arttırılmış taşıma kapasitesi bir vinci seçilir kılar, örneğin bir yükü ilk kez çekmek ve sonra G/Ç-noktası arasında gitmeksizin aynı yerde diğer yükü depolamak.

Çok-mekikli OD/ÇS'ler tek-mekikli sistemlere göre daha verimli olduklarından dolayı fabrikalarda ve dağıtım merkezlerinde kullanılmak için geliştirilmiştir [Meller ve Mungwattana, 1997]. Çok-mekikli OD/ÇS'ler sistemin üretilen iş kapasitesini arttırmak için geliştirilmiştir. Şekil 2.3'de çok-mekikli bir D/Ç makinesi örneği verilmiştir. Sistemdeki mekik sayısı arttıkça boş yolculuk miktarı azaldığı için sistemde üretilen iş kapasitesi artar. Eklenen her mekikle sistemin sermaye yatırımı da artar.

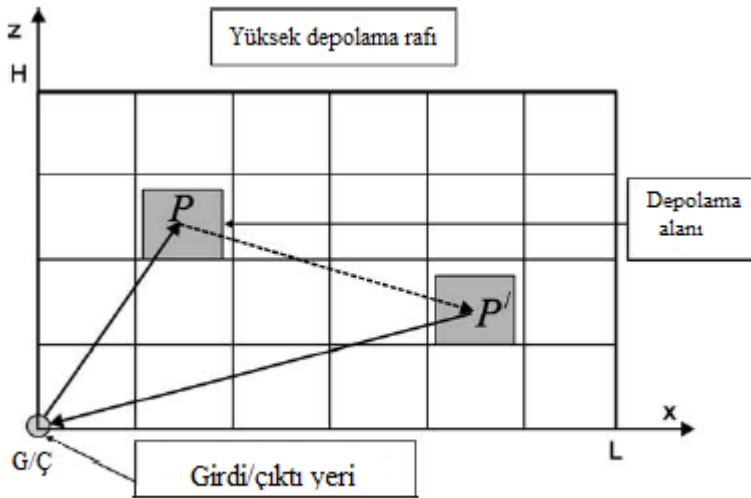


Şekil 2.3. Çift-mekikli D/Ç makinesi [Meller ve Mungwattana, 1997]

Tek-mekikli sistemler tek emir çevrimi ve çift emir çevrimi yapabilir. Tek emir çevriminde ya bir depolama ya da bir çekme işlemi gerçekleştirilebilirken, çift emir çevriminde bir depolama ve bir çekme işlemi gerçekleştirilebilir. Bir çift emir çevriminde, D/Ç makinesi eşzamanlı şekilde birim yükün depolamasını yapar, çekme yerine boş olarak seyahat eder ve birim yükün çekmesini gerçekleştirir. Bir tek emir çevrimi Şekil 2.4’de, çift emir çevrimi ise Şekil 2.5’de görülmektedir.



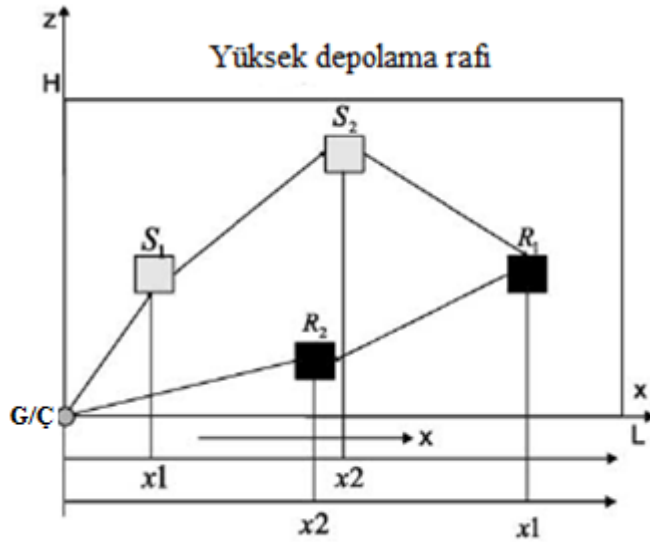
Şekil 2.4. Tek emir çevrimi [Potre ve ark., 2004]



Şekil 2.5. Çift emir çevrimi [Potre ve ark., 2004]

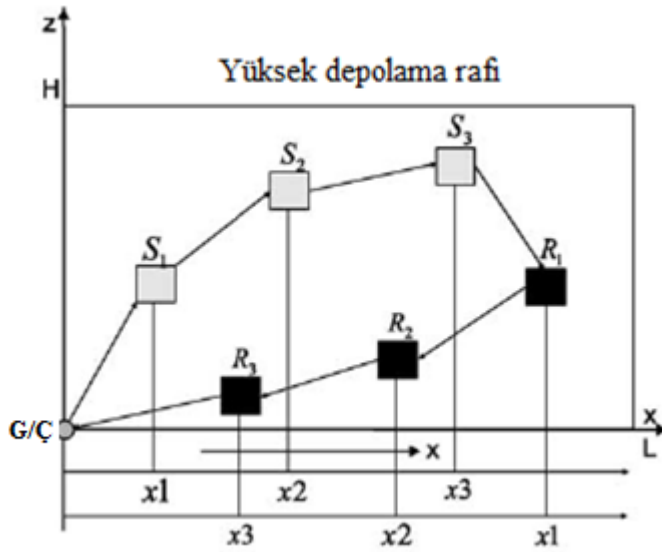
Çift-mekikli sistemlerde gerçekleştirilen dörtlü emir çevriminde iki depolama ve iki çekme işlemi gerçekleştirilebilir. Bir dörtlü emir çevrimi Şekil 2.6'da görülmektedir. Her mekik mekanizması diğerinden bağımsız işleyebilir. Bundan dolayı D/Ç

makinesi iki birim yükü eşzamanlı şekilde taşıyabilir ve onları depolama rafına yerleştirir, iki birim yükü depolama rafından çeker ve G/Ç yerine geri döner.



Şekil 2.6. Dörtlü emir çevrimi [Potre ve ark., 2004]

Benzer şekilde üçlü-mekikli sistemlerde gerçekleştirilen altılı emir çevriminde üç depolama ve üç çekme işlemi gerçekleştirilebilir. Üç-mekikli sistemde D/Ç makinesi eşzamanlı şekilde üç birim yükü taşıyabilir, onları yüksek depolama rafına yerleştirir üç birim yükü yüksek depolama rafından çeker ve G/Ç yerine geri döner. Şekil 2.7’de üç-mekikli bir sistem ile gerçekleştirilen depolama ve çekme işlemi yani bir altılı emir çevrimi gösterilmiştir. Sonuç olarak çift-mekikli ve üçlü-mekikli sistemler şu anda kullanımda olmasına rağmen pratikte üçten fazla mekikli sistemlerin olmadığına inanılmaktadır [Meller ve Mungwattana, 1997].



Şekil 2.7. Altılı emir çevrimi [Potre ve ark., 2004]

Çoğunlukla bir OD/ÇS sadece birim-yükleri (tipik olarak paletler) taşımak için kurulmuştur. Birim-yükler deponun diğer bölümlerinden örneğin otomatik yönlendirmeli araçlar, konveyörler veya forklift kamyonları sayesinde OD/ÇS'nin G/Ç-noktasına gelir. Birim-yükler OD/ÇS'de depolanır ve bir süre sonra müşteriye gönderilmek üzere tekrar çekilir. Fakat pek çok durumda müşterinin siparişini karşılamak için birim yükün sadece bir kısmına ihtiyaç duyulabilir. Bu, OD/ÇS'nin toplama alanına ikmal hizmeti vermesi durumunda, depoda ayrı bir toplama alanına sahip olmayla çözümlenebilir. Alternatif olarak toplama işlemi OD/ÇS ile birleştirilebilir. Bir seçenek, kişinin ileriye sürebileceği gibi vinç tasarlamaktır (person-on-board). Tüm paleti otomatik olarak yerden çekme yerine, kişi yerden bir parçayı toplayabilir. Daha genel bir seçenek OD/ÇS iş istasyonunda çekilen birim yükleri indirdiğinde toplanan parçayı birleştirmektir. Bu iş istasyonundaki bir toplayıcı OD/ÇS yükün kalan kısmı için tekrar depolama rafına hareket ettikten sonra birim-yükten ürünlerin gereken miktarını alır. Bu sistem çoğunlukla koridor-sonu sistemi olarak adlandırılır. Eğer birim-yükler kutularsa, o zaman sistem çoğunlukla küçük yük OD/ÇS olarak adlandırılır.

Raflardaki depolama tek veya çift derinlikte olabilir. Bir çift-derinlikli rafta, her raf yeri biri diğerinin önünde depolanan iki birim-yük için alana sahiptir. Eğer ilk pozisyonda yük yoksa, yük sadece ikinci pozisyona konulabilir veya ikinci pozisyondan çekilebilir. Eğer yüklerin çeşidi nispeten düşük ve bu yüklerin dönüş hızı yüksekse çift-derinlikli depolama faydalı olabilir. Vinç modifikasyonları her iki pozisyondan yükleri depolayabilmeyi ve çekebilmeyi gerektirebilir. Karosel sistemler (yatay veya dikey, tek veya çift) farklı seviyelerde küçük veya orta-boyutlu ürünleri depolama için uygundur. Döner karoselden parçaları çekmek ve depolamak amacıyla bir vinç kullanılır. Bir çift karoselin daha alçak ve daha yüksek parçası birbirinden ayrı ayrı dönebilir.

Özel bir OD/ÇS çeşidi olan ve otomatik araç depolama ve çekme sistemleri olarak adlandırılan çeşitten bahsetmeye değerdir. Bu sistem yatay ve dikey seyahati ayırır. Asansörler yükleri dikey olarak taşımada kullanılıyorken araçlar koridorlar boyunca raylar üzerinde yatay olarak seyahat eder.

2. 3. OD/ÇS Uygulama Nedenleri

Bir şirketin niçin OD/ÇS kullanmayı seçeceği çeşitli sebepleri içerir:

- Bir OD/ÇS alan bakımından yüksek oranda verimlidir.
- Uzun-dönemli planları karşılamak amacıyla arttırılmış stok kapasitesi
- Geliştirilmiş stok yönetimi ve kontrolü
- Parçaları yerleştirme, saklama ve çekmede hızlı cevap zamanı
- Anlık bilgi ve kontrol nedeniyle stok maddelerinin azaltılmış eksiklikleri
- Otomasyon nedeniyle azaltılmış işçilik maliyetleri
- Geliştirilmiş stok döngüsü
- Kapalı depolama alanı nedeniyle geliştirilmiş güvenlik ve azaltılmış çalınma
- Tasarımda esnekliği çok çeşitli yüklerin düzenlemesi

- Otomatik Yönlendirmeli Araç Sistemleri (OYAS), EİS ve koordinat ölçüm makineleri gibi kontrol sistemleri ve diğer sistemlerle kesişim noktası olan esneklik
- Parçaların otomatik taşınması nedeniyle azaltılmış ıskarta ve yeniden işleme
- Işık, güç ve ısı bakımından azaltılmış işletme masrafları
- Doğru parçaları, takımları, paletleri ve donanımı doğru yere koyma, depolama ve çekme fonksiyonlarının otomatik kontrolü ve doğru stok yönetiminden dolayı tam zamanında temin vasıtasıyla Tam Zamanında Üretim (TZÜ) kavramlarının uygulanmasına katkılar

2. 4. OD/ÇS'nin Dezavantajları

- Kurulacak sistemin maliyeti oldukça yüksektir.
- Sisteme tam uyum gösterebilecek yazılım geliştirmek güçtür.
- Sistemde çalışacak personel bulma ve bunları eğitme güçlüğü vardır.
- Otomasyon sonucu personel miktarında azalma olacaktır. Bu personelin tekrar istihdamında zorluklarla karşılaşılabilir.
- Sermayesi yeterli olmadığından sistemi kuramayan işletmeler rekabet gücünü kaybedebilir.
- Teknolojik gelişmeler işletmeyi sık sık revizyona girmek durumunda bırakabilir.

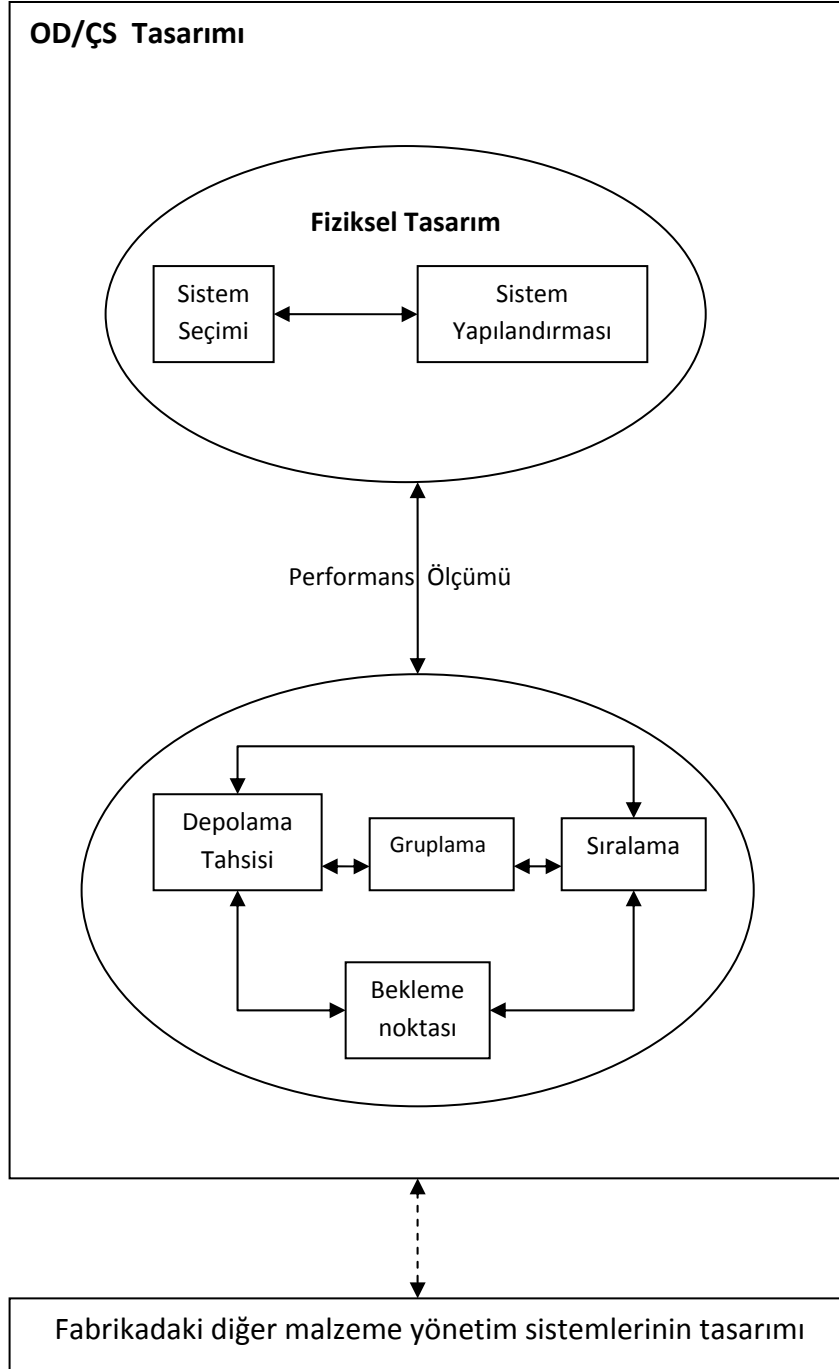
2. 5. OD/ÇS Uygulama Alanları

- Dağıtım&lojistik ve tüm ticari işletmelerin tüm üretim dalları
- Çok çeşitli mal envanterine ve yüksek hızda mal sirkülasyonuna sahip olan işletmeler
- Montaj sistemleri
- Depolama sistemleri
- Esnek imalat sistemleri
- Kağıt taşıma ve işleme sistemleri

- Tekstil
- Otomotiv

2. 6. OD/ÇS'nin Tasarımı

Bir OD/ÇS'yi kapasite fazlası ve darboğazlardan sakınırken bugünkü ve gelecek talep gereksinimlerini etkili biçimde ele alacak şekilde tasarlamak çok önemlidir. Fiziksel yerleşim ve ekipmanın esneksizliği nedeniyle OD/ÇS'yi ilk defada doğru tasarlamak gereklidir. Şekil 2.8'de tasarım konuları ve onların karşılıklı bağlılığının şematik bir gösterimi sunulmuştur.



Şekil 2.8. Bir OD/ÇS'nin tasarımı [Roodbergen ve Vis, 2009]

OD/ÇS'nin bir depoda bulunan pek çok sistemden genellikle sadece biri olduğunu anlamak önemlidir. Diğer sistemlerin performanslarının OD/ÇS tarafından etkilendiği gibi OD/ÇS'nin gerçek performansı da tipik olarak diğer sistemler tarafından etkilenir. Bu durum, OD/ÇS'nin G/Ç-noktalarında sistemlerin karşılıklı etkileşiminde en çok bellidir. Yükler OD/ÇS tarafından G/Ç-noktalarından alınır ve boşaltılır. Bu, G/Ç-noktasından deponun kalan kısmına bağlantı yapan, örneğin, bir konveyör sistemi veya araç kümesinin görevidir. Bir sistemdeki gecikmeler diğer sistemde de gecikmelere neden olabilir. Bundan dolayı, G/Ç-noktalarının sayısına karar verirken, onların yeri ve tampon kapasitesinin yanı sıra diğer sistemlerin özelliklerine de bakmak gerekli olabilir.

Dahası, OD/ÇS'ye duyulan gereksinimler sistemin genel çevresine dayanabilir. İmalat çevrelerinde, OD/ÇS esas olarak üretimin devam edebildiğine emin olabilmek için tüm gerekli malzemelerin zamanında sağlanmasına ihtiyaç duyar. Üretim temeldir ve OD/ÇS'yi beklemek amacıyla asla durdurulmamalıdır. Dağıtım çevrelerinde, OD/ÇS müşterilerin siparişlerinin zamanında fabrikadan ayrıldığından emin olmak amacıyla sipariş çekme sürecini yapar veya destekler.

OD/ÇS'nin gerçek tasarımının bir parçası açıkça onun fiziksel görünümünü belirlemekten meydana gelir. Fiziksel tasarım, sistemin fiziksel görünümünü birlikte belirleyen iki durumdan meydana gelir. İlk olarak sistem seçimi olarak adlandırılan aşamada OD/ÇS tipinin seçimi yapılır. İkinci olarak, örneğin koridorların sayısı ve raf ölçülerine karar vererek seçilen sistem yapılandırılmalıdır, bu aşama da sistem konfügrasyonu olarak adlandırılır. Bu bağlantılı seçimler, tarihi ve tahmini veri, ürün özellikleri, mevcut bütçe, gereksinim duyulan çıktı, gereksinim duyulan depolama alanı ve mevcut yer alanına dayanarak yapılabilir. OD/ÇS çeşitleri için farklı seçenekler Şekil 2.2'de gösterilmiştir, fakat mevcut seçeneklerden en iyi sistemin seçimi için az araştırma mevcuttur. Seçim kriterli çeşitli OD/ÇS seçeneklerinin daha ayrıntılı genel açıklaması Allen (1992)'de bulunabilir.

Çizelge 2.1'de verilen her OD/ÇS çeşidi için yapılandırma kararlarının bir listesi gösterilmiştir. Tipik bir tasarım problemi için, toplam kapasite önceden verilmiştir.

Bu aslında koridorların sayısının, raf yüksekliğinin ve raf uzunluğunun matematiksel üretiminin sabit olduğunu anlatır. Koridorların sayısını arttırma bundan dolayı arzulanan depolama kapasitesini sürdürmek amacıyla rafın uzunluğunu ve/veya yüksekliğini azaltmayı işaret eder. Bu ilişkiden dolayı, azaltılmış raf uzunluğu ve yüksekliği nedeniyle daha fazla koridora sahip olma dolaylı olarak daha kısa cevap zamanlarıyla sonuçlanır. Dahası, tasarım değişiklikleri çoğu zaman aynı anda birçok yönde etkiye sahiptir. Koridor başına bir vinçli standart bir sistemde, daha fazla koridora sahip olma aynı zamanda daha yüksek çıktı ve daha yüksek yatırım maliyetleri sonuçlarına neden olan daha fazla vince sahip olmayı anlatır.

Çizelge 2.1. OD/ÇS'ler için tasarım kararlarının genel açıklaması [Roodbergen ve Vis, 2009]

Problemlerin Sınıfı	Verilecek Kararlar
Sistem Yapılandırması	- Koridorların sayısı - Depolama raflarının yüksekliği - Koridorların uzunluğu - Eşit büyüklükte veya modüler depolama yerleri - G/Ç-noktalarının yeri ve sayısı - G/Ç-noktalarındaki tampon kapasitesi - Koridor başına vinçlerin sayısı - Koridor başına sipariş toplayıcıların sayısı (varsa)
Depolama Tahsisi	- Depolama tahsis yöntemi - Depo sınıflarının sayısı - Depolama sınıflarının yerini belirleme
Gruplama	- Gruplamanın çeşidi (statik veya dinamik) - Parti büyüklüğü (kapasite veya zaman tabanlı) - Siparişleri partilere atamak için seçim kuralı
Sıralama	- Sıralama kısıtları (teslim tarihleri vb.) - Operasyonun çeşidi (tek veya çift emir) - Çizelgeleme yaklaşımı (blok veya dinamik) - Sıralama yöntemi
Bekleme Noktası	- Yer belirlemenin çeşidi (statik veya dinamik) - Boş vinçlerin yerleştirileceği konum

Hatta koridorların sayısı verildiğinde bile, halen raf yüksekliği ve uzunluğu arasında bir ödünleşme vardır. Vinçler eşzamanlı olarak dikey ve yatay olarak seyahat edebildiklerinden, gerçek seyahat zamanı yatay ve dikey seyahat zamanının maksimumuna eşit olur (Chebyshev mesafe metriği). Yatay seyahat hızları, 0.75 m^2 'ye kadar olan dikey seyahat hızlarıyla karşılaştırıldığında tipik olarak 3 m^2 'ye kadardır [Tompkins ve ark., 2003]. Raf yüksekliği ve uzunluğu arasındaki iyi bir denge seyahat zamanlarını azaltmaya yardımcı olabilir.

Çoğunlukla, raflar eşit büyüklükte depolama yerlerine sahiptir. Fakat, yüksek oranda değişen müşteri taleplerini karşılamak amacıyla, tek bir raf içinde farklı şekilli yüklerin depolanmasına izin vermek de ilginçtir. Ayrıca, bir OD/ÇS koridor başına bir G/Ç-noktasından daha fazlasına sahip olabilir. Bir G/Ç-noktasını sadece bir koridorun önüne yerleştirmek yerine, başka biri koridorun ortasına ve/veya arkasına yerleştirebilir. Bu şekilde, örneğin; gelen ve giden yüklerin akışları kolaylıkla ayrılabilir.

Fiziksel tasarım önemli olduğu kadar OD/ÇS operasyonunu elde etmek amacıyla ihtiyaç duyulan yazılım kontrolleri de önemlidir [Fohn ve ark., 1994; Terry ve ark., 1988]. İyi bir tasarım yöntemi hem sistemin fiziksel tasarımını hem de kontrol konularını eşzamanlı şekilde ele almalıdır. Gerçek optimizasyon yöntemi ne olursa olsun, her safhada sistem sonucunun tüm performansını değerlendirmek amacıyla sistemin performans ölçümüne ihtiyaç duyulur. Bu, sahadaki performans ölçümünün öneminin altını çizer.

Kontrol politikaları OD/ÇS tarafından gerçekleştirilen eylemleri belirleyen yöntemlerdir. Tipik olarak, Bir OD/ÇS operasyonu her biri eylemlerin özel bir alt kümesiyle ilgilenen böyle kontrol politikalarının uyumlu bir grubu tarafından yönetilir.

Depolama tahsis politikası hangi ürünlerin hangi yerlere atanacağını belirlemeye hizmet eder. Ürünleri raflardaki depolama yerlerine atamak için çeşitli yöntemler

mevcuttur. OD/ÇS'ler için sıklıkla kullanılan 5 depolama tahsis politikası şunlardır [Hausman ve ark., 1976; veya Graves ve ark., 1977];

- Adanmış Depolama Tahsisi
- Rastgele Depolama Tahsisi
- En Yakın Boş Yer Depolama Tahsisi
- Tam-devir Depolama Tahsisi
- Sınıf-tabanlı Depolama Tahsisi

Adanmış depolama yöntemi için her ürün çeşidi sabit bir yere atanmıştır. O ürünün tekrar doldurması sürekli bu aynı yerde olur. Adanmış depolamanın ana dezavantajı onun yüksek alan gereksinimleri ve neticesi olan düşük alan kullanımıdır. Bu, stokta olmayan ürünler için bile yerlerin rezerve edilmiş olması gerçeği nedeniyledir. Dahası, her bir ürün çeşidi için olabilecek maksimum stok düzeyine yer sağlamak amacıyla gerekli alan rezerve edilmelidir.

Rastgele depolama için tüm boş yerler ona atanan gelen yüke sahip olmanın eşit olasılığına sahiptir. Eğer en yakın boş yer depolama uygulanıyorsa, karşılaşılan ilk boş yer ürünleri depolamak amacıyla kullanılacaktır. Bu, G/Ç-noktaları etrafındaki rafların dolu ve geriye doğru derece derece daha boş olmasına neden olur (eğer aşırı kapasite varsa).

Tam-devir depolama politikası yükler için onların talep sıklığına dayanarak depolama yerleri belirler. Sıklıkla istenilen ürünler genellikle G/Ç-noktalarına yakın en kolay erişilebilecek yerlere alınırlar. Yavaş hareket eden ürünler G/Ç noktasından uzağa yerleştirilir. Bu kural için önemli bir varsayım devir sıklıklarının önceden bilinmesine ihtiyaç duymasıdır. Heskett (1963, 1964) tam-devir depolamanın bir biçimi olan Cube-Per-Order Index (COI) kuralını sunmuştur. Bir yükün COI'sı yükün gerektirdiği depolama alanının dönem başına bu ürün için talep sayısına oranı olarak tanımlanır.

Eğer tam-devir depolama politikası adanmış depolamayla kombine edilirse pratik amaçlar için bu, en kolay olanıdır. Problem, talep sıklıklarının devamlı olarak değişmesi ve aynı zamanda genellikle ürün çeşitlerinin sabitlikten uzak olmasıdır. Sıklıktaki her değişim ve sisteme yeni bir ürünün her eklenmesi, tam-devir kurallı hatta onu geri getirmek için yüklerin büyük miktarda yeniden konumlandırmasını gerektirebilir. Aşırı yeniden konumlanmayı önlemek amacıyla, pratikteki yeni bir depolama tahsisi tipik olarak dönem başına bir defa hesaplanmıştır. Elde edilen verimliliğin çoğunu korurken, alan gereksinimlerini ve periyodik yeniden konumlandırmayı azaltmak amacıyla sınıf-tabanlı depolama kullanılabilir.

Sınıf-tabanlı depolama tahsis yöntemi, mevcut depolama alanını birkaç alana böler. Her parça, parçanın talep sıklığına dayanarak sonradan alanlardan birine atanır. Rastgele depolama bir alan içinde uygulanır. Gerçekte, tam-devir depolama politikası sınıf başına sadece tek parçalı sınıf-tabanlı politika olarak görülebilir. Çoğu kez, üç sınıflı sınıf-tabanlı depolama ABC depolama olarak gösterilir. Bu, en-hızlı hareket eden parçaları A-parçaları, bir sonraki en hızlı hareket eden parçaları B-parçaları vb. biçimde isimlendiren yaygın bir uygulamayı yansıtır. Aynı zamanda düşük depolama alan gereksinimleri ve rastgele depolama yönteminin esnekliği uygulanırken, sınıf-tabanlı depolamanın ana avantajı G/Ç noktası yakınındaki hızlı hareket eden parçaların depolanması nedeniyle arttırılmış verimliliklerdir.

Bir tasarımcı OD/ÇS’de sınıf-tabanlı depolamayı uyguladığında üç ana kararla yüzleşir;

1. Bölge taksimi (yani sınıfların sayısını belirleme)
2. Bölge boyutlandırma (yani her bir bölgeye atanan ürünlerin sayısı)
3. Bölge konumlandırma (yani bölgelerden her birinin nereye yerleştirileceği)

Çizelge 2.2’den sınıfların her biri için sınır elde etmek amacıyla farklı çeşit bölge boyutlandırma prosedürlerinin geliştirildiği görülebilir. Çift emir çizelgeleme için, araştırma çoğunlukla dikdörtgen raflara odaklanmıştır. Açıkça, hasıl olan prosedürler dikdörtgen rafların özel bir durumu olan kare-zamanlı raflarda da kullanılabilir.

Çizelge 2.2. Sınıf-tabanlı depolamada bölge boyutlandırma kararları için optimal sınırları elde etmek amacıyla çözüm prosedürleri [Roodbergen ve Vis, 2009]

	Tek Emir Kare-zamanlı raflar	Tek Emir Dikdörtgen raflar	Çift Emir Dikdörtgen raflar
İki Sınıf	Sayısal Prosedür (Hausman ve ark., 1976)	Formula (Kouvelis ve Papanicolaou, 1995)	Arama prosedürü (Kouvelis ve Papanicolaou, 1995)
Üç Sınıf	Sayısal Prosedür (Hausman ve ark., 1976)	Bunun hakkında özel olarak yazılan makale yok : problem n sınıf için çözüm yaklaşımlarında n=3 kullanarak çözülebilir .	Bunun hakkında özel olarak yazılan makale yok : problem n sınıf için çözüm yaklaşımlarında n=3 kullanarak çözülebilir .
n Sınıf	Bunun hakkında özel olarak yazılan makale yok : problem dikdörtgen raflar için çözüm yaklaşımları kullanarak çözülebilir .	Tekrarlanan prosedür (Rosenblatt ve Eynan , 1989) veya Dinamik programlama (Van den Berg, 1996)	Kouvelis ve Papanicolaou (1995) bu problem için Eynan ve Rosenblatt'ın tekrarlayan prosedürüyle kombinasyon halinde onların Formüllerini kullanmayı öneriyor .

Boş bir vincin bekleyeceği yer bekleme noktası politikası tarafından belirlenir. Bekleme noktası bir sonraki (halen bilinmeyen) talebi karşılamada seyahat edilecek zamanı en küçükleyecek biçimde en iyi olarak seçilir. Boş bir vincin nereye konumlandırılacağı yani vincin bekleme noktasının nasıl belirleneceğiyle ilgili olarak çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bozer ve White (1984) dört basit statik bekleme noktası stratejisi sunmuştur. Çizelge 2.3 bu kuralları özetler ve çıkan tek-boyutlu duruş yerini gösterir.

Çizelge 2.3. Birim-yük OD/ÇS için statik bekleme-noktası kuralları [Bozer ve White, 1984]

Kural	Bekleme-noktası
Girdi İstasyonu	Sürekli girdi istasyonunda
Merkez	Sürekli rafların merkez yerinde
Girdi/Çıktı	Eğer tek emir depolama isteği yapıldıysa o zaman girdi istasyonunda konumlandırma Eğer tek emir çekme isteği veya çift emir yapıldıysa o zaman çıktı istasyonunda konumlandırma
Son Yer	Eğer tek emir depolama isteği yapıldıysa o zaman son depolama yerinde konumlandırma Eğer tek emir çekme isteği veya çift emir yapıldıysa o zaman çıktı istasyonunda konumlandırma

Bir birim-yük OD/ÇS tek emir çevrimi veya çift emir çevrimi olarak isimlendirilen iki şekilde işleyebilir. Tek emir çevriminde vinç ya tek depolama veya tek çekme isteğini yapar. Depolama çevrim zamanı o zaman girdi istasyonundaki bir yükün toplama zamanı, depolama yerine seyahat zamanı, raftaki yükü yerleştirme zamanı ve girdi istasyonuna dönme zamanının toplamına eşittir. Çekme çevrim zamanı benzer şekilde tanımlanabilir. Eğer bir OD/ÇS tek bir çevrimde hem depolama hem çekme isteğini yapıyorsa, bu çift emir çevrimi olarak adlandırılır. Bu durumda, çevrim zamanı yükü toplama zamanı, depolama yerine seyahat ve yükü depolama zamanı, depolama yerinden çekme yerine boş seyahat zamanı ve birim-yükü toplama ve onu çıktı istasyonuna taşıma zamanının toplamı olarak tanımlanır. Açıkça, eğer çift emir uygulanıyorsa tüm depolama ve çekme isteklerini yapmak için toplam

zaman azalır. Bir OD/ÇS turu ilk isteğin kaynağında başlayan ve son isteğin varış noktasında sona eren tek veya çift emir çevrimlerinin bir sırasından meydana gelir.

Sıralama kuralları tüm talebi ele almada toplam zamanın en küçüklendiği veya teslim zamanlarının en az ihlal edildiği turlar oluşturmak amacıyla kullanılabilir. Dağıtım veya üretim çevrelerinde depolama istekleri genellikle zaman-kritik değildir. Yüklerin depolandığı süredeki gerçek nokta sistemin performansı için çok önemli değildir. Bundan dolayı, depolama istekleri genellikle ilk-gelen-ilk-işlem görür prensibine göre yapılır. Çekme isteklerinin sıralanmasındaysa genellikle çekilenlerin teslim tarihi karşılanmalıdır. Dahası, çekme isteklerinin akıllı bir şekilde sıralanması yoluyla, OD/ÇS'nin tüm çıktısında düzelmeler elde edilebilir.

Çekme isteklerinin listesi zaman içinde sürekli değişir. Yapılan çekme istekleri listeden silinir ve yeni çekme işleri eklenir. Han ve arkadaşları (1987) bu dinamik problemle ilgili iki yol önermiştir. İlk olarak, en acil depolama ve çekme isteklerinin bir bloğu seçilir, onlar sıralanır ve tamamlandıklarında bir sonraki blok seçilir ve bu şekilde devam edilir. Bu, blok sıralama olarak adlandırılır. İkinci olarak, yeni bir çekme isteği eklendiği her zaman tüm çekme listesi yeniden sıralanabilir ve teslim zamanları ve öncelikleri kullanılabilir. Bu çeşit sıralama, dinamik sıralama olarak gösterilir. Durum başına her iki yaklaşımın performansı değişir. Örneğin, Eben-Chaime (1992) özel deterministik olmayan bir çevrede blok sıralama stratejisinin uygun olmayabileceği sonucuna varmıştır. Fakat, blok sıralama yaklaşımı uygulama konusunda daha şeffaf ve daha basittir.

Bir blok içindeki depolama ve çekme isteklerini çizelgelemek amacıyla çeşitli algoritmalar ve sezgiseller kullanılabilir. Bu yaklaşımlardaki ana amaç toplam seyahat zamanları veya toplam seyahat mesafelerini en küçüklemeektir.

Bozer ve arkadaşları (1990) OD/ÇS'nin çift emir çizelgelenmesinin NP-zor olarak bilinen Chebyshev gezgin satıcı problemi olarak formüle edilebileceğini açıklamıştır. Han ve arkadaşları (1987) verilen bir istek listesini optimal şekilde sıralama probleminin genelde NP-zor olduğunu gösteriyor. Bu karmaşıklığın sebeplerinden

birisi depolama için mevcut yerler kümesinin önceki yüklerin nerede depolandığına ve hangi çekme isteklerinin yapılmış olduğuna bağlı olduğu gerçeğidir. Fakat, sıralama probleminin bazı özel durumları polinom zamanda çözülebilir. Bu sonuçların özeti Çizelge 2.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Birim-yük OD/ÇS için temel sıralama probleminin çözülebilir özel durumları [Roodbergen ve Vis, 2009]

Durum Özellikleri	Çözüm Yönteminin Adımları	Yazarlar
- Adanmamış depolama - Depolamaların sayısı çekmelerin sayısına eşittir. - Tek bir G/Ç-noktası	- Çekme isteğiyle depolamayı birleştirmek amacıyla atama problemini çöz - Atama çözümlerini araştırmak amacıyla Murthy'in sıralama algoritmasını (Murthy, 1968) uygula - Optimal çözüm boş olmayan yerde saklanmasına ihtiyaç duyulan yük olmadığı yerde ilk atama çözümüne eşittir (bu bir çekme nedeniyle sonraki bir zamanda yer boş olacağına meydana gelebilir)	Lee ve Schaefer (1996)
- Adanmış depolama - Depolamaların sayısı çekmelerin sayısından daha küçük veya eşittir . - Tek bir G/Ç -noktası	Bir atama problemine dönüştürülebilir	Lee ve Schaefer (1997)
- Adanmış depolama - Depolama ve çekme isteklerinin her sayısı - Rafın farklı yerlerinde konumlandırılabilen ayrı bir girdi ve ayrı bir çıktı noktası	Toplam boş seyahat mesafelerinin en küçüklendiği gibi geliş konumlarının boş seyahatleriyle (yükli seyahatin başlangıcı) boş seyahatlerin kalkış konumlarını (yükli seyahatin sonu) birleştirir.	Van den Berg ve Gademann (1999)

Dinamik sıralama problemi için çeşitli yöntemler Çizelge 2.5’de özetlendiği gibi formüle edilmiştir.

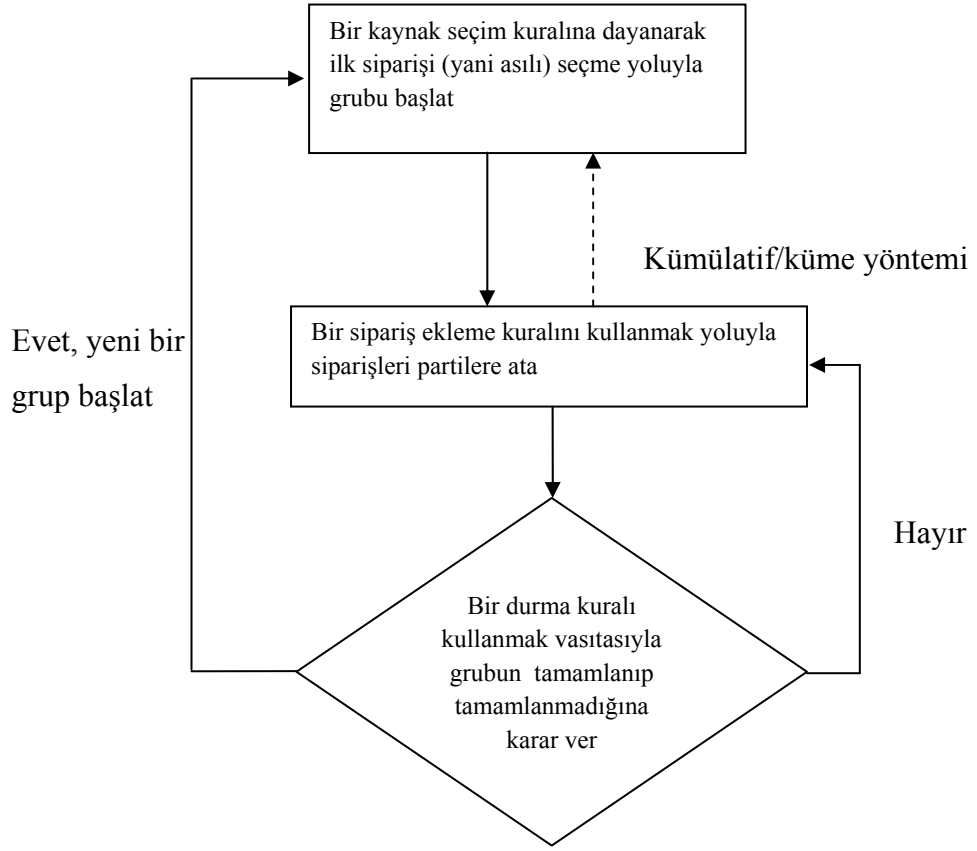
Çizelge 2.5. Birim yük OD/ÇS’nin dinamik sıralaması için yöntemler [Roodbergen ve Vis, 2009]

Kural	Tanım
İlk-gelen-ilk-hizmet görür	Çekme istekleri görünüş sırasına göre çizelgelenecek
En kısa tamamlanma zamanı	En kısa tamamlanma zamanlı çekme isteği ilk olarak yerine getirilecek
En Yakın-komşu (Han ve ark. , 1987)	Depolama ve çekme istek çiftleri depodan çekme yerine olan mesafe minimum olacak şekilde seçilir
En kısa bacak (Han ve ark. , 1987)	Çekme yerine seyahat ederken depolama isteğini yapmak amacıyla seyahat edilmesine ihtiyaç duyulan en fazla mesafe olacak şekilde depolama yerleri seçilmelidir
On-line asimetric TSP (Ascheuer ve ark., 1999)	Tüm bilinen yükler için sıraları belirlemek amacıyla yaklaşım sezgiselleri optimal dal-ve-sınır yöntemini içerir

Son kontrol politikası olarak, gruplama politikası farklı müşteri siparişlerinin nasıl vincin tek turu içinde birleştirilebileceğini düşünür. Person-on-board sipariş-toplama OD/ÇS’inde depodan çekilmesine ihtiyaç duyulan birkaç siparişe sahip olduğu varsayılın. Siparişler tek bir seferde çekilebilir veya vincin tek bir turu içinde çeşitli siparişler birleştirilebilir. En son yaklaşım gruplama olarak adlandırılır. Gruplamanın bir avantajı bir sipariş grubu için bir tur uzunluğunun bireysel siparişlerin tur uzunluklarının toplamından daha kısa olmasıdır. Fakat, hangi parçanın hangi siparişe ait olduğunun takibini yapmak veya parçaları sonra sınıflandırmak için daha fazla

abaya ihtiyaç duyulur. Bir grubun boyutunun sınırı genellikle vincin kapasitesi veya gereken cevap zamanının st sınırı vasıtasıyla belirlenir. Sonuç olarak gruplamada önemli bir karar problemi her partinin boyutunun belirlenmesiyle birlikte siparişlerin bu partilere atanmasının belirlenmesidir.

Kabul edilebilir hesaplama zamanlarında büyük problemler için zmler elde etmek amacıyla, çeşitli sezgiseller geliştirilmiştir. şekil 2.9’da gösterildiği gibi, pek çok sezgisel gruplama yöntemi temel olarak aynı üç adımı takip eder: Bir kaynak seçmek vasıtasıyla grupların başlatılması yöntemi, siparişleri gruplara atama yöntemi, ve bir grup tamamlandığında durma kuralı belirleme. Tüm sezgisellerde önemli bir varsayım tek bir siparişin çeşitli partilere bölünemeyeceği fakat tüm olarak toplanmaya ihtiyaç duymasıdır. Çizelge 2.6 çeşitli asıl seçim, sipariş ekleme kuralları ve durma kurallarını gösterir.



Şekil 2.9. Gruplama sezgiselleri için genel yapı [Roodbergen ve Vis, 2009]

Çizelge 2.6. Kaynak seçiminin genel açıklaması, gruplama için sipariş ekleme ve durma kuralları [Roodbergen ve Vis, 2009)]

Kuralın Çeşidi	Kural	Yazar
Kaynak seçimi	Ziyaret edilen yerlerin en büyük sayılı siparişi	Elsayed (1981)
	Ziyaret edilen yerlerin en küçük sayılı siparişi	Elsayed (1981)
	En büyük hacimli sipariş	Elsayed (1981)
	En küçük hacimli sipariş	Elsayed (1981)
	En yüksek kapasite yüzdeli vincin siparişi	Elsayed ve Unal (1989)
	Kümülatif kuralı	Elsayed ve Stern (1983)
	Kümeleme kuralı	Hwang ve arkadaşları (1988) ve Hwang ve Lee (1988)
Sipariş ekleme	Ortak yerlerin en büyük sayısı	Egbelu (1991)
	Geometrik benzerlikler	Hwang ve Lee (1988)
Durma kuralları	Kapasite kısıtı	Çeşitli
	Zaman kısıtı	Çeşitli
	Tüm siparişler tamamlanmıştır	Çeşitli

Tek kaynak kuralının aksine kümülatif kaynak kuralı [Elsayed ve Stern, 1983] zaten grupta kaynak olan tüm siparişleri kullanır. Hwang ve arkadaşları (1988) ve Hwang ve Lee (1988) kümeleme analizine dayanan sezgiseller geliştirmişlerdir. Kümeleme analizinde genel olan, bir siparişin depolama yerleri ve benzerlik ölçüleriyle ilgili her iki özellik vektörü sezgiselleri formüle etmede kullanılmıştır. Kaynak bir sipariş seçilecektir ve en benzer sipariş eklenecektir. Bu iki sipariş birleştirilebilir ve bir

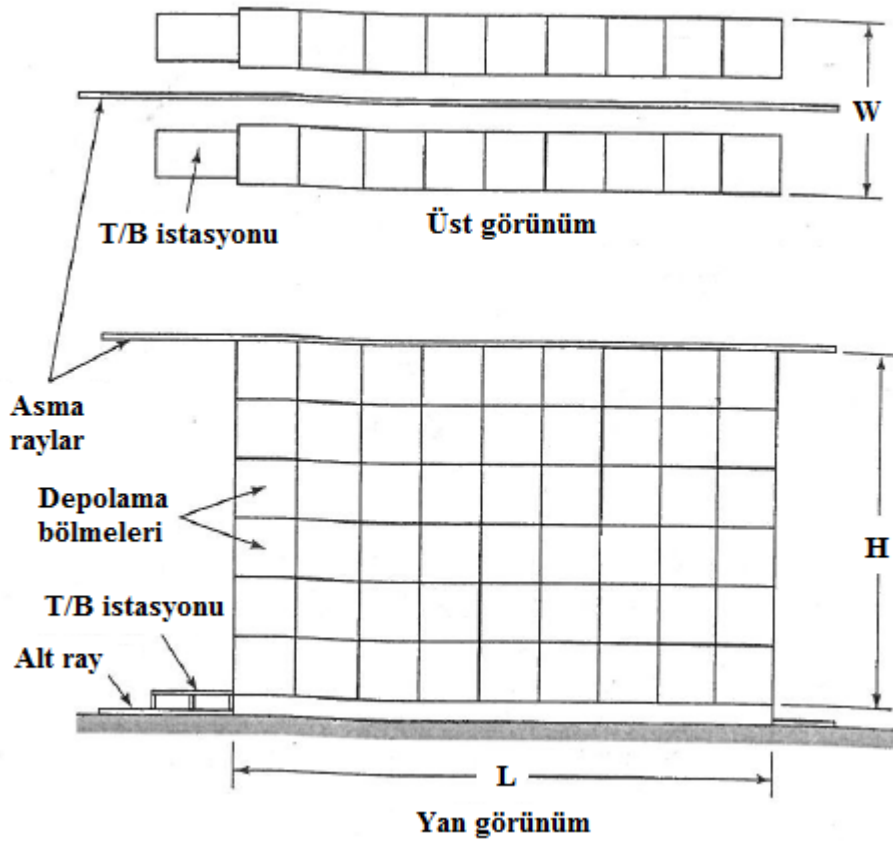
sonraki adımda yeni bir kaynak olarak kullanılabilir. Bu işlem yeni bir sipariş kümesi elde edilene kadar tekrarlanır.

2. 7. OD/ÇS'lerin Mühendislik Analizi

Burada geliştirilen yöntemler özellikle OD/ÇS'ler için iken, benzer yaklaşımlar palet rafları ve yığın depolamadan meydana gelen depolar gibi geleneksel depolama tesislerinin analizi için kullanılabilir.

2. 7. 1. OD/ÇS raf yapısını boyutlandırma

Şekil 2.10'daki diyagramda gösterildiği gibi, tek depolama koridorunun toplam depolama kapasitesi koridorda kaç tane depolama bölümünün yatay ve dikey şekilde düzenlendiğine dayanır. Bu, aşağıdaki gibi açıklanabilir:



Şekil 2.10. Yatay olarak dokuz depolama bölmeli ($n_y=9$) ve dikey olarak altı bölmeli ($n_z=6$) bir birim yük OD/ÇS'nin üst ve yan görünüşleri [Groover, 2001]

Koridor başına kapasite = $2 n_y n_z$

n_y = koridor uzunluğu boyunca yük bölmelerinin sayısı

n_z = koridor yüksekliğini meydana getiren yük bölmelerinin sayısı

2 sabiti, yüklerin koridorun her iki yanında içerildiği gerçeğinin nedenini açıklar.

Eğer standart bir bölme büyüklüğü varsayarsak (standart birim yük büyüklüğü kabul ederek), o zaman koridorun karşılaştığı bölme ölçüleri birim yük ölçülerinden daha büyük olmalıdır.

x ve y = Birim yükün derinlik ve genişlik ölçüleri

z = birim yükün yüksekliği

OD/ÇS koridorunun raf yapısının genişliği, uzunluğu ve yüksekliği aşağıdaki gibi birim yük ölçüleri ve bölmelerin sayısı ile ilişkilidir:

$$W = 3 (x+a) \quad (2.1)$$

$$L = n_y (y+b) \quad (2.2)$$

$$H = n_z (z+c) \quad (2.3)$$

W , L ve H : OD/ÇS raf yapısının bir koridorunun genişliği, uzunluğu ve yüksekliği (mm olarak)

x , y ve z : birim yükün ölçüleridir (mm olarak)

a , b ve c : birim yük için boşluk sağlamak amacıyla her depolama bölmesine tasarlanan tahsisler ve raf yapısındaki destek kirişlerinin ebatını açıklar (mm olarak). Standart paletlerde kapsanan birim yüklerin durumu için, tahsisler için önerilen değerler: $a=150$ mm, $b=200$ mm ve $c=250$ mm. Çok koridorlu bir OD/ÇS için, W depolama sisteminin toplam genişliğini elde etmek amacıyla basitçe koridorların sayısı ile çarpılır. Raf yapısı zemin seviyesinden 300-600 mm yukarıda kurulmuştur ve OD/ÇS uzunluğu T/B istasyonu için yer sağlamak amacıyla raf yapısının ötesine erişir.

2. 7. 2. OD/ÇS çıktısı

Sistem çıktısı otomatik depolama sisteminin yapabildiği D/Ç işlemlerinin saatlik oranı olarak tanımlanmaktadır. Bir işlem, bir yükü depoya koymayı veya bir yükü

depodan çekmeyi içerir. Tek emir çeviriminde bu işlemlerden sadece biri yapılır. Bir çift emir çevrimi bir çevrimde her iki işlem çeşidini yapar çünkü bu, işlem başına seyahat zamanını azaltır ve çift emir çevrimleri kullanmak vasıtasıyla çıktı arttırılır.

Çıktı performansını tahmin etmek amacıyla OD/ÇS çevrim zamanlarını hesaplamak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Sunulan yöntem Malzeme Yönetim Enstitüsü tarafından önerilmiştir. Yöntem şunları varsayar: (1) OD/ÇS'deki yüklerin rastgele depolanması (yani depolama koridorundaki her bir bölme bir işlem için eşit olasılıkla seçilmiştir), (2) depolama bölmeleri eşit büyüklüktedir, (3) T/B istasyonu koridorun tabanında ve sonunda yerleştirilmiştir, (4) D/Ç makinesinin sabit yatay ve dikey hızları, ve (5) eşzamanlı yatay ve dikey hareket. Tek emir çevrimi için, Şekil 2.11 (a)'daki gibi depolanan veya çekilen yükün raf yapısının merkezinde yerleştirildiği varsayılıyor. Bundan dolayı, D/Ç makinesi OD/ÇS'nin yarı uzunluğu ve yarı yüksekliğine seyahat etmeli ve aynı mesafeyi geri dönmelidir. Tek emir çevrimi bundan dolayı Eş. 2.4 ile açıklanır:

$$T_{cs}=2 \text{ Max } \left\{ \frac{0.5L}{v_y}, \frac{0.5H}{v_z} \right\} + 2T_{pd} = \text{Max } \left\{ \frac{L}{v_y}, \frac{H}{v_z} \right\} + 2T_{pd} \quad (2.4)$$

T_{cs} = tek emir çevriminin çevrim zamanı (dk/çevrim)

L = OD/ÇS raf yapısının uzunluğu (m)

v_y = OD/ÇS uzunluğu boyunca D/Ç makinesinin hızı (m/dk.)

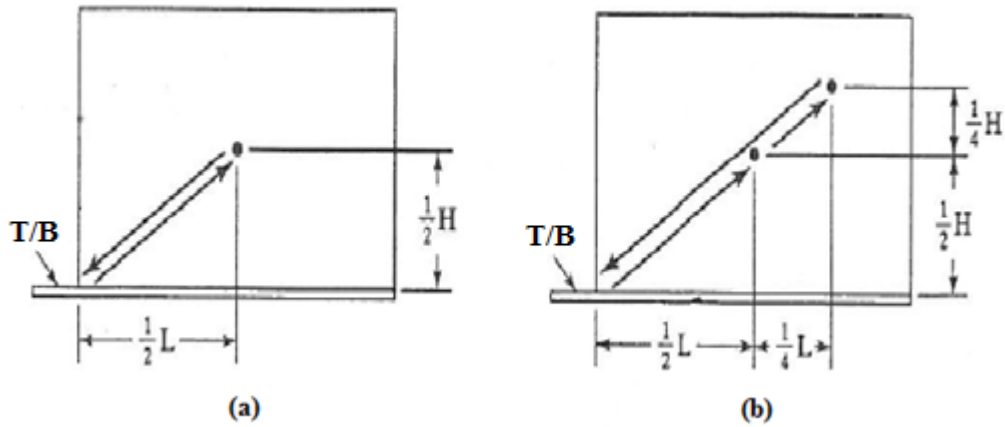
H = OD/ÇS raf yapısının yüksekliği (m)

v_z = OD/ÇS'nin dikey yönünde D/Ç makinesinin hızı (m/dk.)

T_{pd} = toplama ve koyma zamanı (dk.)

Çevrim başına D/Ç makinesine ve D/Ç makinesinden yük transferini anlatan iki T/B zamanı gereklidir.

Çift emir çevrimi için, Şekil 2.11(b)'deki gibi D/Ç makinesinin yük koymak amacıyla raf yapısının merkezine seyahat ettiği ve sonra yükü çekmek amacıyla OD/ÇS'nin 3/4 uzunluk ve yüksekliğine seyahat ettiği varsayılıyor. Bundan dolayı, D/Ç makinesiyle seyahat edilen toplam mesafe raf yapısının 3/4 uzunluğu ve 3/4 yüksekliğidir. Bu durumda, çevrim zamanı Eş. 2.5 ile verilir:



Şekil 2.11. D/Ç makinesi için varsayılan seyahat yörüngesi (a) tek emir çevrimi ve (b) çift emir çevrimi [Groover, 2001]

$$T_{cd} = 2 \text{ Max} \left\{ \frac{0.75L}{v_y}, \frac{0.75H}{v_z} \right\} + 4T_{pd} = \text{Max} \left\{ \frac{1.5L}{v_y}, \frac{1.5H}{v_z} \right\} + 4T_{pd} \quad (2.5)$$

T_{cd} = Çift emir çevrimi için (dk./çevrim) çevrim zamanı ve diğer ifadeler yukarıda tanımlanmıştır.

Sistem çıktısı, sistem tarafından yapılan tek ve çift emir çevrimlerinin göreceli sayısına dayanır.

R_{cs} = Saat başına yapılan tek emir çevrimlerinin sayısı

R_{cd} = Belirlenmiş veya varsayılan bir kullanım seviyesinde saat başına çift emir çevrimlerinin sayısı

Her saat yapılan tek emir ve çift emir çevrimlerinde harcanan zamanın miktarları için Eş. 2.6 formüle edilebilir.

$$R_{cs} T_{cs} + R_{cd} T_{cd} = 60U \quad (2.6)$$

U = saat boyunca sistem kullanımı

Eşitliğin sağ-tarafı saat başına toplam işlem dakikalarını verir. Eş. 2.6'yı çözmek amacıyla, R_{cs} ve R_{cd} 'nin göreceli oranları belirlenmeli, veya bu oranlar hakkında varsayımlar yapılmalıdır. O zaman toplam saatte bir çevrim oranı Eş. 2.7 ile verilir;

$$R_c = R_{cs} + R_{cd} \quad (2.7)$$

R_c = toplam D/Ç çevrim oranı (çevrimler/saat)

Eğer $R_{cd} = 0$ olmazsa saat başı depolama ve çekme işlemlerinin sayısı bu değerden büyük olacaktır, çünkü her çift emir çevriminde yapılan iki işlem vardır.

R_{ht} = saat başı yapılan işlemlerin toplam sayısı, Eş. 2.8'de ifade edilmiştir;

$$R_{ht} = R_{cs} + 2R_{cd} \quad (2.8)$$

2. 8. Bekleme Noktası

Bir OD/ÇS modern imalat ve dağıtım organizasyonlarında verimliliği düzeltmek için önemli bir teknolojidir. OD/ÇS'nin kullanımı stok maliyetini, işçi maliyetini,

malzeme takibini, kaynak yönetimini, alan kullanımını, sistem cevap zamanını ve sistem çıktısını (işlem hacmini) düzeltebilir.

Bir OD/ÇS'nin işletilmesi değişik kararlarla ilişkili çeşitli kontrol kurallarının uygulamasını gerektirir. OD/ÇS'de kullanılan kontrol yöntemleri önemlidir çünkü onlar tüm sistem verimliliğini etkiler.

Bir OD/ÇS'deki D/Ç makineleri son derece meşgul değilse, makine boşluğunun oluşu kaçınılmaz bir olaydır. Bir depolama bölmesi veya girdi istasyonundan bir parça için çekme veya depolama isteği geldiğinde, isteğe cevap zamanı sistem etkililiğinin güçlü bir ölçüsüdür. Bir parça için D/Ç makinesinin cevap zamanı parçanın ya depolama ya da çekme için alındığı gerçek zaman ile hizmet için istek alındığı zaman arasındaki farklılıktır. Gelen depolama ya da çekme taleplerine yanıt verme süresini en küçükleme ve çıktı düzeyini en büyükleme makineler için bekleme noktasının optimal seçimi ile sağlanabileceğinden, yapacak işi olmayan makinelerin boş seyahat zamanını azaltmak amacıyla nereye yerleştirileceğini belirlemek önemli bir kontrol problemidir. Bir makinenin bekleme noktası, makine boş olduğunda makinenin dinlenme veya ev konumudur. Bir makine işlevsel fakat süreçte ataması yoksa boş olduğu söylenir. Makine boşluğu, bir D/Ç makinesi görevini tamamladığında ve makineye tekrar atanacak acil diğer depolama veya çekme isteği yoksa meydana gelir. Makine boşluğu sürekli bir süreç değildir: boş dönemler makinenin yoğun faaliyet dönemleriyle bölünür. Bundan dolayı makine boşluğunun her örneği makinenin hiçbir atamasının olmadığı bir zaman zarfı gerektirir.

Bir OD/ÇS'nin işletiminde kullanılan depolama tahsis kuralı (adanmış veya rastgele) ne olursa olsun gelen yükü depolamak amacıyla bölme yerini belirlemede resmi kurallar sıklıkla kullanılır. Benzer şekilde, o parça için gelen bir isteğin depodan çekilmesi için bir parçanın gelecek birim yükünü belirlemek amacıyla resmi bir kural mevcuttur. Her imalat sistemi resmi veya gayri resmi olarak tanımlanmış bazı üretim çizelgelerine göre işler. Üretim döneminin veya zaman aralığının başlangıcında, üretim dönemi boyunca imal edilecek parça çeşitleri ve hacimleri bilinmektedir. Bir dönem, OD/ÇS tarafından hizmet verilen imalat veya dağıtım sisteminin üretim

izelgesine dayanarak bir saati, bir vardiyayı, veya bir haftayı belirtebilir. Normalde, bir OD/S bir imalat sistemindeki bazı üretim çizelgesini karşılamak amacıyla işletildiğinden üretim izelgesi otomatik olarak OD/S'deki bölmelerden çekilecek veya depolanacak parça çeşitlerini belirler. Bir OD/S içindeki çeşitli bölme veya aralık yerleri aynı parça çeşidini depolayabildiğinden, herhangi bir parça için çekme işteğİ geldiğinde üretim dönemi boyunca gerekli parça çeşidinin çekilmesi gerekli yer olan OD/S içindeki bölme aynı zamanda çekme politikaları vasıtasıyla tanımlanan stratejik tarzda bilinir. Bundan dolayı, verilen bir parça çeşidi için çekme iştekleri geldiğinde OD/S'deki farklı bölmelerde yerleştirilen aynı parçanın çeşitli birim yükleri arasında çekilmesi gereken birim yüklerin kimliğini resmi bir kural (İlk Giren İlk ıkar (İGİ), Son Giren İlk ıkar (SGİ), rastgele) sırayla belirler. Bu nedenle, bir parça çeşidi için çekme iştekleri üretim dönemi boyunca oluşturulduğundan, çekmelerin yapılması gereken kutuların yeri benzer şekilde çekme kuralına göre belirlenmektedir.

ncelik sevkiyat kurallarının hizmet talepleri için sırayı belirlediğİ gibi, depolama kuralları ve çekme kuralları depolanması gereken gelen bir birim yükün yerini veya çekilmesi gereken bir sonraki giden bir parçanın birim yükünün yerini belirler. Bundan dolayı depolama ve çekme kurallarıyla birlikte öncelik sevkiyat kuralları, bir kuyruk bekleme hizmetinde bekleyen hizmet talepleri (depolama ve çekmeler) olduğunda tamamen D/ makinesinin hareket modelini tanımlar. Benzer şekilde, bir makineyle hizmet verilmesi gereken diğerk bekleyen talepler olduğunda makinenin bir talebe cevap zamanı esas olarak D/ politikaları ve geçerli sevkiyat kuralları tarafından kontrol edilir. Fakat, bir makine boş olduğunda ve bir sipariş talebi geldiğinde, talebe cevap zamanı dinlenme konumundan makinenin l seyahat zamanına dayanır [Egbelu ve Wu, 1993]. Bundan dolayı, bir makinenin dinlenme konumunu kontrol etme aynı zamanda onun l seyahat zamanını ve bundan dolayı onun cevap zamanını kontrol etmedir.

Parçaların çekilmesi gereken bölmeler üretim ilerledikçe değİştiğİ için, D/ makinesinin bekleme noktası yeri benzer şekilde sistemin dinamiklerini yansıtmak amacıyla değİşecektir. Boş bir makine sisteme gelen bir çekme talebini yerine

getirmek amacıyla sadece yüklerin bir sonraki toplanabileceği potansiyel bölmelerle ilgili yerleştirmeye ihtiyaç duyar. Potansiyel yük kaynakları zaman içinde değiştiğinden dolayı, bekleme noktası kararlarının bir üretim döneminde birkaç kez yapılması gerekecektir.

3. İLGİLİ LİTERATÜRE BİR BAKIŞ

Bu bölümde OD/ÇS'lerle ilgili son yıllardaki literatür gözden geçirildikten sonra teze konu edilen OD/ÇS'lerde bekleme noktası politikasıyla ilgili çalışmalara değinilecektir.

Moon ve Kim (2001) değişimlerin kabul edilebilir aralıklarını bulmak amacıyla yer değiştirmeli/değiştirmesiz rastgele depolama politikası ve 2 sınıf-tabanlı ve 3 sınıf-tabanlı depolama politikası için ürün başına %10 ve %80 arasındaki üretim miktarı değişiminin etkisini çalışmışlardır. Değerlendirmeler için kullanılması amacıyla GPSS/PC kullanarak tipik bir OD/ÇS modeli geliştirilmiştir. Üretim planı değişim derecelerine dayanarak kabul edilebilir bir işletim politikası seçilebilmektedir veya yer değiştirme için gerekli bir değişim noktası şimdiki politikayla belirlenebilmektedir.

Wen ve arkadaşları (2001) bilinen hızlandırma ve yavaşlama oranlarıyla çeşitli seyahat hızlarını düşünen seyahat zamanı modelleri önermişleridir. Sınıf-tabanlı depolama ataması ve tam-devir tabanlı depolama ataması altında beklenen seyahat zamanlarının kısa formları belirlenmiştir. Sonuçlar, önerilen üstsel seyahat zamanı modelinin ve düzeltilmiş üstsel modelin her ikisinin de memnun edici şekilde işlediğini ve gerçek dünya uygulamalarında bir OD/ÇS tasarımı için faydalı araçlar olabildiğini göstermiştir.

Hsieh ve Tsai (2001) bir OD/ÇS için Malzeme Listesi (ML) odaklı sınıf-tabanlı depolama tahsis yöntemi sunmuştur. Önerilen yöntem sadece sınıf-tabanlı depolama yönteminin avantajını değil aynı zamanda OD/ÇS'yi bir BBİ sistemine entegre etmedeki uygulanabilirliği de elinde bulundurur. Önerilen yöntemin etkililiğini açıklamak amacıyla bir durum çalışması sunulmuştur. Açıklayıcı örnek için çözüm elde etmek amacıyla rastgele depolama tahsis yöntemi de kullanılmıştır. Sonuçlar, önerilen yöntemle elde edilenleri bunlarla karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Karşılaştırmalı çalışmaların sonuçlarından, önerilen ML-odaklı sınıf-tabanlı OD/ÇS tahsis yönteminin etkili olduğu gösterilmiştir.

Küçük yük OD/ÇS çıktısını hesaplamak için toplama zamanlarının dağılımına ihtiyaç duyulur. Maalesef, tasarım safhası boyunca ortalama toplama zamanı gibi sadece kısmi bilgi mevcut olabilir. Foley ve arkadaşları (2002) kısmi bilginin birkaç farklı türü için çıktı düzeyinin kritik alt ve üst sınırlarını belirlemiştir. Yazarlar aynı zamanda sınırları nasıl uyguladıklarını göstermek amacıyla sayısal örnekler vermişlerdir.

Dotoli ve Fanti (2003) OD/ÇS'nin gerçek zamanlı davranışıyla ilgili olarak sistem operasyonel kontrolünü ele alarak çeşitli yönetim stratejilerini karşılaştırmışlardır. Genel bir renkli zamanlı sinir ağı sistemi modeller ve kontrollü OD/ÇS işlemi Matlab-Slatellow yazılımı çevresindeki çeşitli kesikli olay benzetimi yolu ile vurgulanmıştır. Önerilen kontrol politikaları karşılaştırılmıştır ve uygun performans indisleri temelinde tartışılmıştır.

Chen ve arkadaşları (2003) konteynır depolama için bir OD/ÇS sunmuşlardır. Önerilen sistem için seyahat zamanı modelleri geliştirmişler ve çıktı performansı bakımından modelin yapılabirliğini doğrulamışlardır. OD/ÇS çıktısını önemli ölçüde düzelteren operasyon çizelgesi için bir ön işleme planı önerilmiş ve değerlendirilmiştir. OD/ÇS tasarımı ve çizelgelemesi üzerine konteynır büyüklüğü ve ağırlığından ortaya çıkan ilave kısıtlar dikkate alınmıştır.

Inman (2003) otomotiv endüstrisinde OD/ÇS'lerin kullanımını çalışmıştır. OD/ÇS'nin fonksiyonu tesiste çeşitli süreçlerde tutulan işlerin sırasını iyileştirmektir. Yeniden çizelgelenmesine ihtiyaç duyulan işlerin sayısına dayanan OD/ÇS'nin kapasitesini belirlemek amacıyla bir model önerilmiştir. Sonuç olarak OD/ÇS'nin tasarımı tamamiyle tesisteki montaj süreçlerine bağlıdır.

Chetty ve Reddy (2003) makinelerle entegre edilmiş bir OD/ÇS'de depolama ve çekme sıralaması için genetik algoritmaların kullanımını önermişlerdir. Dahası, yazarlar çeşitli istekler mevcutken ve bir çift emir çevrimi yapıldığı durumdaki sıralamayı ele almışlardır. Önerilen yaklaşım rastgele, ilk gelen ilk hizmet görür ve en yakın komşu sezgiselleri gibi depolama ve çekme sezgiselleriyle

karşılaştırılmıştır. Makine çizelgelemesi olarak genetik algoritma kuralı en kısa işlem zamanı, en fazla iş bırakma, en az işlem bırakma, en kısa işleme zamanı, en az iş bırakma, en fazla işlem bırakma ve rastgele kurallarıyla karşılaştırılmıştır. Durum çalışmaları yaklaşımın etkililiğini göstermektedir.

Potṙc ve arkadaşlarının (2004) çalışmasında tek ve çok-mekikli sistem altında rastgele depolama ve yükseklik bakımından eşit-büyükölkte hücreli OD/ÇS için sezgisel seyahat zamanı modelleri sunulmuştur. Önerilen modelin ana katkısı “Strateji x” ’in uygulanması ve depolama çekme makinesinin farklı tipte yüksek depolama rafları ve hız profilleri için ortalama seyahat zamanı ve çıktı kapasitesi arasındaki ilişkinin belirlenmesidir.

Hur ve arkadaşları (2004) tek servisçi ve iki kuyruklu bir M/G/1 kuyruk modeli kullanarak bir birim yük OD/ÇS’nin performans tahmini için olasılıklı bir yaklaşım önermişlerdir. Özellikle kuyruklarda bekleyen depolama ve çekme emirleri sayısının kararlı hal olasılık dağılımı, dönüşüm şeklinde elde edilmiştir. Benzetimle yapılan hesaplama karşılaştırmasına göre, önerilen yaklaşım çok yüksek doğrulukla memnun edici sonuçlar vermiştir.

Dotoli ve arkadaşlarının (2004) çalışmasında OD/ÇS’lerin gerçek zamanlı kontrolüne odaklanılmıştır. Ray yönlendirmeli araçlar tarafından hizmet edilen genel çok-ürünlü OD/ÇS’ler kesikli olay sistemi olarak modellenmiştir. Daha sonra, OD/ÇS’ler için iki farklı gerçek zamanlı tıkanma çözüm stratejisi karşılaştırılmıştır; öncelikle yazarlardan biri tıkanma sakınma stratejisi önermiştir ve bir tıkanma belirleme/yenileme stratejisi ilgili literatürde önerilmiştir. Düşünölen kontrol stratejileri bir vaka çalışmasının benzetimi yoluyla karşılaştırılmıştır.

Eldemir ve arkadaşları (2004) hem rastgele hem de sınıf-tabanlı depolama için alan gereksinimlerini tahmin etmek amacıyla kullanılabilen daha zaman-etkili işlem hacmi modelleri önermişlerdir.

Lee ve arkadaşları (2005) tarafından hava kargo terminallerinde OD/ÇS için bir sınıf-tabanlı rezervasyon depolama politikası önerilmiştir ve bir analitik model

geliştirilmiştir. İki sınıf araştırılmıştır ve belirli depolama alanları D/Ç makinesinin tek-yönlü seyahat süresi en küçüklenecek şekilde tasarlanarak bir öncelik sınıfı için rezerve edilmiştir. Optimal rezervasyon alanı sayısal araştırmayla elde edilmiştir. Bir benzetim modeli geliştirilmiştir ve benzetim sonuçları analitik modelden elde edilen optimal çözümü doğrulamıştır.

Lee ve arkadaşları (2005) ilk olarak modüler hücreli rafa sahip OD/ÇS modeli sunmuşlardır. Modüler hücrenin en iyi büyüklüğü bir karar değişkeni olarak belirlenmiş ve aynı zamanda önerilen modelin etkinliği sunulmuştur. Mevcut raf yapısından daha yüksek alan kullanımına sahip ve büyüklük bakımından daha esnek bir OD/ÇS çeşidi olan bu araştırmada geliştirilen model farklı birim yük büyüklüklerinin depolanması için çok faydalı olabilir.

Sari ve arkadaşları (2005) akış raflı OD/ÇS için kapalı-form seyahat zamanı ifadeleri geliştirmişlerdir. Sürekli bir yaklaşıma dayanan ifadeler benzetim yoluyla kesin bir yaklaşıma dayanan gerçek modellerle karşılaştırılmıştır. Sürekli yaklaşım tabanlı kapalı-form ifadelerden elde edilen sonuçlarla kesin yaklaşım tabanlı gerçek çözümlerden elde edilenler arasında kesin farklılık yoktur. Gerçek çözümler aşırı derecede karmaşık iken, kapalı-form ifadeleri onların basit formları nedeniyle bilgisayarsız bile hesaplamak kolaydır. Hesaplama zamanı temelinde önerilen kapalı-form ifadeler geniş hesaplama zamanı gerektiren kesin yaklaşım tabanlı ifadelerle karşılaştırıldığında aşırı derecede pratiktir.

Hu ve arkadaşları (2005) OD/ÇS imalatçılarından sağlanan girdiyle tasarlanan yeni bir çeşit D/Ç mekanizması sunmuşlardır. Sonra platformların bir D/Ç işlemini tamamladıktan sonra kalacakları yer olan bekleme noktası politikası altında bir seyahat zamanı modeli sunulmuştur. Model, bilgisayar benzetimleriyle doğrulanmıştır. Sonuçlar, yeni çeşit OD/ÇS'nin tasarım ve analizi için yazarların analitik modelinin güvenilir olduğunu göstermiştir. Yazarlar aynı zamanda yeni D/Ç mekanizmalı dikdörtgen-zamanlı OD/ÇS rafının optimal tasarımı için ana esaslar sunmuşlardır.

Blaz ve Janez (2005) depolama ve çekme politikaları, yerleşik depolama kapasitesi, D/Ç makinesi işletim modları ve bekleme noktası belirlemesine dikkati çekerek OD/ÇS'nin performansını düzeltmek amacıyla birkaç meta-sezgiselin kullanımını önermişlerdir.

Lee ve Chung (2006) hem çekme istekleri için belirli bölme yerlerini hem de seçilen bölme yerlerini sıralamayı belirleyen genelleştirilmiş sıralama problemini ele almıştır. Bu yeni karmaşık kombinatoryal problemi çözmek amacıyla sezgisel yöntemler ve onların hesaplama sonuçları sunulmuştur. Aynı zamanda hem kare hem de kare olmayan raf şekilleri altında tek emir çevrimi için çevrim zamanı dağılımları ve onların ortalama değerleri elde edilmiştir.

Lin ve Tsao (2006) OD/ÇS'nin ortalama talep yerine getirme zamanını en küçüklemek amacıyla bir dinamik kullanılabilirlik-odaklı denetleyici (DKOD) geliştirmiştir. İlk olarak, CIMS'in üretim bölümünden kritik dinamik kısıtların hem makineler hem OD/ÇS için bulunanlar ürünün süreç planı ve üretim çizelgesi gibi üç çeşidini düşünürken, DKOD, CIM'in verdiği D/Ç işlemlerinin optimal uygulama sırasını belirleme ve OD/ÇS'nin dinamik depolama alanı konsolidasyon komutlarını aktif etme yeteneğindedir. İkinci olarak benzetim deneyleri yapılmıştır ve sonuçlar DKOD'un geleneksel sınıf-tabanlı atama yönteminin D/Ç talep kontrol konusunu başarılı bir şekilde düzeltereğini ve farklı CIM yapılandırmaları altında dört karşılaştırılabilir yaklaşımdan önemli ölçüde üstün olduğunu göstermiştir.

Yin ve Rau (2006) sınıf-tabanlı birim yük OD/ÇS için sıralama kurallarının dinamik seçimini çalışmışlardır. Birçok geçişli ve genetik algoritma benzetim sistemi geliştirilmiştir ve o, depolama ve çekme isteklerini veya çift emirleri bir dizi bloğa böler ve sonra sıralama kurallarının en umut verici kombinasyonunu bulmak amacıyla her bloğu inceler. Bu kurallar ilk gelen ilk hizmet görür, en kısa toplam seyahat zamanı ve en kısa teslim zamanıdır ve onlar sistemdeki herhangi bir karar noktasında dinamik olarak seçilebilir. Bir deney yazarların dinamik kurallı yaklaşımının tüm sistemde baştan sona kullanılan her tek kurallı bu yaklaşımlardan

daha iyi olduğunu göstermiştir. Çalışmanın sonuçları OD/ÇS'nin işlemlerini kontrol etmek ve yönetmek için daha iyi bir yol sağlamıştır.

Manzini ve arkadaşları (2006) ürünlerin sınıf tabanlı depolama tahsisli ürün toplayıcı depolama sisteminin çok parametrelili dinamik modelini sunmuşlardır.

Park (2006) iki-sınıflı depolama ve kare-zamanlı olmayan raflı OD/ÇS'ler için tek ve çift emir seyahat zamanının ortalaması ve varyansını belirlemişlerdir. İki-sınıflı depolama için bazı ilginç gözlemler yoluyla takip edilen seçilmiş raf şekli faktörleri ve çarpıklık parametreleri için seyahat zamanı analizinin detaylı sayısal sonuçları sunulmuştur. Sonra, iki-sınıf depolamalı kare-zamanlı olmayan raflar için küçük-yük sistem çıktısını yaklaşık olarak değerlendirmek veya sınır koymak amacıyla ortalama ve varyansın nasıl kullanılabildiği bir uygulama örneği olarak gösterilmiştir.

Dotoli ve Fanti (2007) çalışmalarında ray-yönlendirmeli araç sistemi tarafından hizmet edilen OD/ÇS'nin gerçek zamanlı kontrolüne odaklanmıştır. Genel ürün çeşidi zengin olan OD/ÇS durumu kullanıcı ve kaynaklar arasındaki mevcut etkileşime bilgi sağlayan zaman kesikli olay sistemi olarak modellenmiştir. Dahası, yazarlar çarpışma ve tıkanıklıklardan sakınmak amacıyla sistem olaylarına olanak tanımak ve engel olmak vasıtasıyla kaynak tahsislerini ve çizelgeleme seçeneklerini yöneten gerçek-zamanlı denetçiyi ele almıştır. Bu amaçla, yazarlar OD/ÇS'deki tıkanmayı ve iki tıkanma çözüm stratejisi tanımlamıştır: tıkanmadan kaçınma ve tıkanma belirleme/iyileşme politikası. Önerilen tıkanma formülasyonu ve tanımlaması genel bir geçerliliğe sahiptir ve diğer kullanıcıların kaynakları olarak kabul edilebilen kullanıcıların altkümüsi olan tek birim kaynak tahsis sistemlerine uygulanabilir. Yazarlar, çeşitli kesik olaylı benzetim testleriyle ilgili literatürde sunulan geniş-ölçekli OD/ÇS için önerilen kontrol politikalarını karşılaştırmışlardır.

Xu ve arkadaşları (2007) OD/ÇS için onun durumunu açıkça anlatan, gerçek zamanlı davranışlarını simüle eden ve kolaylıkla kontrol işlemlerini tasarlayan yeni bir modelleme tasarım yöntemi geliştirmiştir. Bu makale OD/ÇS'de onlar arasındaki çeşitli lojistik hareketler ve sıra, ardıllık, karmaşık ilişkilerin tanımı için sinir ağları

modelleme teknolojisine kaynak, renk, zaman ve işaretin konseptlerini sunan bir anahtar katkıyla ayrılmaktadır. Dahası model analiz ve benzetim için uygun olarak ayrıştırılabilir ve indirgenebilir. Bu çalışmanın diğer bir katkısı sinir ağları modelinin PLC kontrol yazılımını tasarlamak amacıyla sezgisel olarak uygulanmasıdır.

Rau ve Yin (2007) bir birim-yük/sınıf-tabanlı OD/ÇS'de bir istifleme makinesi vasıtasıyla çift emirleri dağıtma için çok-geçişli ve genetik algoritma yaklaşımli bir benzetim sistemi geliştirmiştir. Üç tek kural, FCFS/STT, SDT/STT ve STTbk, tek-geçişli benzetim vasıtasıyla ayrı ayrı çalıştırılır ve MPGA yaklaşımının üç çeşidinin performansını karşılaştırmak amacıyla temel ölçüt olarak hizmet edilir. Tüm deneyler (tekler ve MPGA) aynı başlangıç sistem durumlarıyla başlar ve aynı girdi veri akışlarıyla çalışır. Optimal araştırma için daha geniş çözüm alanı ve tekrarlamalı araştırma yöntemi nedeniyle MPGA yaklaşımı geleneksel yaklaşımlarla karşılaştırıldığında OD/ÇS modelinin performansını fazlasıyla düzeltir.

Xu ve arkadaşları (2007) tek bir otomatik araç döngüsü boyunca depolama/çekme makinaları ve sistem giriş/çıkış istasyonları arasında hareket eden kargosu olan OD/ÇS'yi düşünmüştür. Yazarlar az araştırma dikkati çeken döngü konfigürasyonunun da kargo bekleme zamanı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. İlk gelen ilk hizmet görür dağıtım kuralı kullanıldığında kargo depolama zamanının ortalamasını bulmak amacıyla istasyonların sayısı ve ortalama kargo çekme zamanı arasındaki ilişki elde edilmiştir. İlk karşılaşılan ilk hizmet görür dağıtım kuralı uygulandığında yazarlar bir istasyonun girdi ve çıktı kanalının bile kargo bekleme zamanı üzerinde önemli ölçüde etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Dahası, ağır trafik durumları altında her istasyona araç ziyaret oranı için bir formül çıkarılmıştır. Analitik modellere ilaveten, farklı döngü yapılandırmalarının performansını değerlendirmek amacıyla benzetim kullanılmıştır.

Sari ve arkadaşları (2007) literatürde çalışılmamış olan farklı ürün çeşitlerinin büyük bir karışımını düşünen akış-raflı OD/ÇS yapılandırmalarının performansını araştırmışlardır. Özellikle, bu makale toplama/teslim istasyonlarının etkisini ve rastgele depolama ve çekmeye dayanan konveyör yerlerini yenilemeyi analiz

vasıtasıyla beklenen çekme zamanı modellerini elde etmiştir. Sonuçların karşılaştırmasından birkaç işaret ifade edilmiştir ve akış-raflı OD/ÇS ile ilgili daha fazla çalışma kullanılmıştır.

Hu ve arkadaşları (2008) alan performansını düzeltmek, alan yerinin kullanımını arttırmak ve alandaki konteynırları depolamak amacıyla ayrık-platform OD/ÇS uygulamışlardır. Ayrık-platform OD/ÇS tabanlı alanın yerleşimi tanımlanmıştır. Verimli bir çalışma yapılması amacıyla ikinci-taşıyıcı-tabanlı tahsis politikası olarak adlandırılan yeni bir alan yeri tahsis politikası sunulmuştur. Farklı tahsis politikaları entegre konteynır terminali benzetim sistemiyle karşılaştırılmıştır. Benzetim sonuçları ikinci-taşıyıcı-tabanlı tahsis politikasının çok etkili olduğunu ve yüksek terminal performansı sunmak için potansiyele sahip olduğunu göstermiştir.

Vasili ve arkadaşları (2008) yığıcı vincin sadece çekme işlemleri için kullanıldığı ve depolama işlemlerinin depolama platformları olarak adlandırılan ayrı aletler tarafından yürütüldüğü küçük-yük OD/ÇS’de raf içinde tek yönlü yukarı doğru mobil yüklü açık-raf yapısı uygulanmıştır. Önerilen küçük-yük OD/ÇS aynı zamanda raf içine çeşitli yükleri indirmek amacıyla her bir raf için bir depolama platformuna sahiptir. Sırasıyla yük karması ve depolama platformunun seyahat zamanı için sezgisel algoritmalar ve modeller geliştirilmiştir. Önerilen OD/ÇS’nin seyahat zamanı ve performansı Monte Carlo benzetimi kullanılarak analiz edilmiştir ve geleneksel olanla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar açık-raf OD/ÇS’nin daha yüksek bir performans sunduğunu ve bu tip OD/ÇS’nin tasarım ve analizi için önerilen modellerin güvenilir olduğunu göstermiştir.

Yang ve arkadaşları (2008) OD/ÇS’nin geçerli depolama modu temelinde depolama yerlerinin atama optimizasyonunu çalışmışlardır. Polikromatik küme teorisi sunulmuştur ve eşyaların depolanmasında en düşük enerji prensibine göre polikromatik kümenin bir depolama yeri optimizasyon modu eşyalar ve depolama yerleri arasında kurulmuştur. Gerçek zamanlı depolama yerleri yönteminin bir optimizasyonu ortaya koyulmuştur, aynı zamanda geleneksel depolama yerleri atama yöntemli depolama yerleri optimizasyon yöntemi karşılaştırılmıştır sonra sonuç

analiz edilmiştir. Son olarak, aynı zamanda önerilen yöntemin uygulanabilirliğini ve uygunluğunu doğrulamak amacıyla bir uygulama örneği verilmiştir.

Dooly ve Lee (2008) farklı vardiyalarda meydana gelen parçaların boşatıldığı ve tekrar doldurulduğu yer olan çift-mekikli OD/ÇS için vardiya-tabanlı sıralama problemini çalışmışlardır. Örneğin; belirli depolar ve dağıtım depoları gündüz vardiyaları boyunca onların stoktaki parçalarını tüketir ve daha sonraki vardiyalar boyunca tekrar doldurur. Yazarlar, bu problemin minimum maliyetli tam eşleştirme problemine dönüştürülebileceğini göstermiştir ve diğer yöntemlerin elde ettiği fazla çıktıyı başarabilen etkili bir polinom zamanlı optimum yöntem sunmuştur. Yazarlar aynı zamanda bu problem için ortalama-durum ve alt sınır analizleri sağlamışlardır.

Bargiotas ve arkadaşlarının (2009) çalışmalarının amacı küçük ve orta ölçekli şirketler için uygun düşük maliyetli OD/ÇS tasarımı ve geliştirilmesidir. İlk olarak bir pazar araştırması yapılmış ve yeni OD/ÇS'nin özelliklerini belirlemek amacıyla mevcut sistemler analiz edilmiştir. Sistemin hareketi bir PLC aracılığıyla kontrol edilen X, Y ve Z hareketinin her bir yönü için üç AC motoruna dayanmaktadır. Rafların bir sırasının uzunluğu ve yüksekliği boyunca X ve Y motorlarının kontrolü, bir çevirici ve artımlı enkoderle yapılmaktadır. Yazılım kontrolü ve insan makine arayüzü öyle bir şekilde tasarlanmıştır ki onlar mevcut Kurumsal Kaynak Planlamasına (KKP) göre uyarlanabilir. Raf sisteminin bir prototipi inşa edilmiştir ve önerilen OD/ÇS'nin bir demo sürümü kurulmuştur. Sistemin ilk testi memnun edici sonuçlarla yapılmıştır.

Roodbergen ve Vis (2009) geçmiş 30 yılın literatürünü incelemişlerdir. OD/ÇS tasarımıındaki şimdiki durumun resminin geniş araştırması sistem yapılandırması, seyahat zamanı tahmini, depolama ataması, bekleme-noktası yeri ve istek sıralaması gibi bir dizi konu için sağlanmıştır. İncelenen modellerin ve çözüm yöntemlerinin çoğunluğu sadece statik çizelgelemeye ve tasarım problemlerine uygulanabilir. OD/ÇS'nin tasarım ve kontrolündeki gelecek araştırmalar için diğer çeşitli kazançlar da özelleştirilmiştir.

Ma ve arkadaşları (2009) olasılıklı talep altında OD/ÇS'lerin performans analizi için bir kuyruk teorisi tabanlı yöntem ve bazı matematiksel modeller önermişlerdir. OD/ÇS'nin çıktıyı karşılayıp karşılamadığını belirlemek ve OD/ÇS kullanımı, bölümü, DC çevrimleri ve ortalama depolama/çekme zamanının hesaplaması gibi kolay denklemleri önermek amacıyla kuyruk modeli kurarak temel faktörlerle OD/ÇS'nin optimize davranışını modellemişlerdir. Benzetimli hesaplama karşılaştırmasına göre önerilen modeller çok yüksek doğrulukla memnuniyet verici sonuçlar vermiştir. Sonuçlar verilen sistem için elde edilmesine rağmen, onlar yeni önerilen sistemlerin tasarım ve değerlendirmesinde de kullanılabilir.

Dahua ve arkadaşları (2009) OD/ÇS'nin optimal ürün dağıtım problemine odaklanmıştır. İlk olarak ürünlerin dört farklı dağıtımına dayanarak OD/ÇS için depolama ve çekme işleminin bekleme zamanı modelleri geliştirilmiştir. Sonra karşılaştırma ve analiz yoluyla OD/ÇS'nin yarar oranı %a olduğunda optimal ürün dağıtımı belirlenmiştir. Dahası, bir depolama ve çekmenin işleme zamanı ve istifleyicilerin seyahat mesafesini kapsamlı şekilde düşünme temelinde optimal ürün dağıtımını gerçekleştirebilen bir depolama atama yöntemi sunulmuştur ve yöntemin kullanılabilirliği ve geçerliliği bir örnek ile doğrulanmıştır. Bundan dolayı, optimal ürün dağıtım problemi çözülmüştür ve OD/ÇS'nin etkililiğini arttırmıştır.

Hu ve Chang (2010) B2C e-ticaret lojistiği yönetimi için daha etkili ve esnek olan yeni bir OD/ÇS önermişlerdir. Üç-boyutlu hareket eden otomatik erişimli çok-seviyeli taşıma cihazı (OEÇTC) OD/ÇS'ye entegre edilmiştir. Karınca kolonisi sistem algoritması OEÇTC için optimale yakın rotalar yerleştirir. Tipik seyahat mesafesi/zamanı ölçüleri depolama zemininde ilerleyen D/Ç makinesinin performansını değerlendirir. Fakat çalışmadaki, sipariş partisini tamamlamada OEÇTC'nin üç-boyutlu hareketli seyahat zamanını göz önüne alır. Yeni OD/ÇS'nin geçerliliğini denetlemek ve üç-boyutlu hız ve raf şeklinin etkilerini incelemek amacıyla iki benzetim deneyi yapılmıştır. Son olarak, yazarlar tipik bir D/Ç sistemiyle yeni OD/ÇS'yi karşılaştırmış, pratik uygulamalar ve ileriki araştırmalar için öneriler vermişlerdir.

Hu ve arkadaşları (2010) yatay ve dikey hareketler için ayrı ve bağımsız mekanizmalara sahip yeni bir tip OD/ÇS'nin yük karıştırma konusunu ele almışlardır. Böyle bir OD/ÇS için karıştırma algoritmaları sunulmuş ve gerekli karıştırma zamanı ve çekme zamanı analiz edilmiştir. Bu analiz ve sayısal deneylerden elde edilen sonuçlar sunulan karıştırma algoritmalarının gerçekten çok etkili olduğunu göstermiştir.

Guo ve Liu (2010) çalışmalarında çok-koridorlu depolama çevresi altında OD/ÇS'leri analiz etmişlerdir. Odak, tek mekikli veya çift mekikli D/Ç makinelerinin seçimidir. Benzetim deneyleri belirlenmiş koridor kuralı uygulandığında çift mekikli sistemlerin daha maliyet etkin olduğunu göstermiştir. Eğer G/Ç yerleri aynı tarafta yerleştirildiyse ve D/Ç süreleri çakışırsa, sınıf-tabanlı depolama kuralı çift mekikli sistemlerin göreceli performansını düzeltecektir. Sonuçlar gerçek dünya uygulamalarında OD/ÇS'yi uygulamayı planlayan uygulayıcılara faydalı bilgi sağlayabilir.

Bessenouci ve arkadaşları (2010) akış raflı bir OD/ÇS'nin kontrolüne odaklanan iki meta-sezgisel algoritma olan tabu arama ve tavlama benzetimini sunmuşlardır. Bu meta-sezgisel algoritmalar çekme çevrim zamanını en küçükmek amacıyla OD/ÇS'nin çekme makinesini kontrol amacıyla geliştirilmiştir. Bu meta-sezgisel algoritmalarından elde edilen sonuçlar literatürde bulunan klasik sezgisel ve analitik modellerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalı çalışmayı yürütmek amacıyla geniş bir sistem kofigürasyonları aralığında benzetimler yapılmıştır. Meta-sezgisellerin sonuçlarını doğrulamak amacıyla onların parametreleri üzerine bir duyarlılık analizi yapılmıştır ve karşılaştırmalı çalışma için en iyi parametreler seçilmiştir.

Lerher ve arkadaşları (2010) birim yük çift-derinlikli OD/ÇS'ler için çevrim zamanlarının hesaplanması amacıyla yeni analitik seyahat zamanı modelleri sunmuşlardır. Önerilen modeller depolama ve çekme makinesinin gerçek işleme özelliklerini ve çekme süreci boyunca en yakın boş depolama yerine tıkama yüklerinin yeniden düzenlenme durumunu düşünür. Depolama raf yerlerinin düzgün dağıldığı ve olasılık teorisi varsayımıyla tek ve düzeltilmiş çift emir çevrimi ifadeleri

belirlenmiştir. Önerilen modeller tek ve çift emir çevrimleri için ortalama çevrim zamanının hesaplanmasına olanak tanır. Önerilen analitik seyahat zamanı modellerinin performanslarını karşılaştırmak amacıyla seçilen çift-derinlikli OD/ÇS'nin benzetim modeli geliştirilmiştir. İncelenen farklı doluluk-derecesi faktörlü çift-derinlikli OD/ÇS çeşidine göre önerilen analitik seyahat zamanı modellerinin sonuçları çift-derinlikli OD/ÇS'nin benzetim modellerinin sonuçlarıyla ilişkilidir.

Xing ve arkadaşları (2010) ilk olarak parti sipariş toplama için depolama ve çekme makinesi seyahat yolu optimizasyonu NP-zor kombinasyonel problemini önermişlerdir. Sonra ele alınan karınca kolonisi optimizasyonu meta-sezgiselinin uygulanabilirliğini araştırmışlardır. İki ACO algoritmasına dayanan benzetim testleri ayrı ayrı yapılmıştır. Son olarak, farklı ACO algoritmalarıyla yapılan deneysel sonuçları değerlendirmek amacıyla toplam seyahat mesafesi ve toplam seyahat zamanı gibi D/Ç makinesi işletim performansı ölçüm indeksi çalıştırılmıştır. Deneysel durum çalışması, önerilen parti sipariş toplama problemine seçilmiş ACO yaklaşımlarının etkililiği ve uygulanabilirliğini gösterir.

Janilionis ve Bazaras'nın (2010) bu araştırmadaki amacı ayrık-platform OD/ÇS'nin performansına en belirgin etkiye sahip faktörleri tanımlamaktır. Bekleme noktasının, G/Ç yerinin, depolama ve çekme politikasının, asansör kontrol politikasının, depolama ve çekme işlemlerinin performans ölçümü-ortalama toplam seyahat zamanında raf çeşidinin etkisi araştırılmıştır. Bu araştırmada benzetim modelleme teknikleri ve çok-faktörlü ANOVA kullanılmıştır. Performans ölçümü için en iyi faktör kombinasyonları tanımlanmıştır.

Azzi ve arkadaşları (2011) OD/ÇS'lerin son zamanlarda çıkan versiyonu olan çok-mekikli sistemlerin seyahat zamanını tahmin etmek amacıyla yeni bir yöntem önermişlerdir. Öneri, Federation Européenne de la Manutention (FEM) tarafından yayınlanan bir endüstriyel standarda dayanmaktadır. Seyahat zamanlarını tahmin etmek amacıyla, yazarlar FEM tarafından verilmeyen iki ilave temsili noktanın koordinatlarını belirlemek amacıyla Monte Carlo benzetimi uygulamışlardır. Sonra

onlar, Bozer ve White formülasyonlarına dayanan bilimsel literatürde geliştirilen modeller ve onların önceki önerilen yöntemlerle önerdikleri yöntem vasıtasıyla elde edilen sonuçları karşılaştırmak amacıyla yeni bir Monte Carlo benzetimi yürütmüşlerdir. Farklı gerçek endüstriyel uygulamalar önerilen modelin geçerliliğini göstermektedir.

Rashid ve arkadaşları (2011) kablosuz iletişimi kullanarak OD/ÇS'nin yeni bir tasarımını önermişlerdir. Bu projenin ilgi çekici noktası işlem süresince personeli meşgul eden, kağıt üstü veri kaydı ve akıllı olmayan mevcut depo yönetim sistemine yardımcı olmak ve düzeltmektir. Bu projenin aslı OD/ÇS sistemini kontrol etmede kablosuz teknolojiyi uygulamaktır.

Liu ve arkadaşları (2011) depolama boyunca rulman paslanması üzerine ürün kalitesini düzeltmek amacıyla rulman paslanması için memnuniyet düzeyi kavramını önermiş ve ifade fonksiyonunu tasarlamışlardır. İşlemde olan stok elemanları ile ilgili olarak rulmanların depolama dönemi boyunca enerji tüketimini en küçükleme ve paslanma memnuniyetini en büyükleme amacıyla stoklama döneminde depolama tahsisi için bir çok-amaçlı optimizasyon modeli önerilmiştir. Stoksuz işlemler bakımından, paslanma memnuniyetini en büyükleme ve tüketilen zamanı en küçükleme amacıyla stoksuzluk döneminde rulmanları çekmek için diğer çok-amaçlı optimizasyon modeli geliştirilmiştir. 0-1 çok amaçlı tamsayılı programlama modellerini çözmenin karmaşıklığı düşünülerek Genetik Algoritma uygulanmıştır. Benzetim sonuçları paslanmanın stokta ve hatta daha da önemlisi stoksuzlukta depolama tahsisini etkileyebileceğini göstermiştir. Deneysel sonuçlar modellerin etkililiğini ve algoritmanın uygulanabilirliğini doğrulamaktadır.

Lerher ve arkadaşları (2011) küçük-yük çok-mekikli OD/ÇS'lerin benzetim analizini tartışmış ve değerlendirmişlerdir. İki iyi-bilinen analitik modelin değerlendirmesi için kesin olay benzetimleri kullanılmıştır. Analitik modellerin değerlendirmesi yanında, benzetim analizinin sonuçları çift mekikli sistemlere göre üç mekikli sistemler için çıktı düzeltilmeleri göstermiştir. Makalenin ana amacı çok-mekikli sistemlerin sunulan analitik ve benzetim modellerinin performansını belirlemektir.

Bekleme noktası ile ilgili bazı çalışmalar aşağıda gözden geçirilmektedir;

Bozer ve White (1984) dört basit statik bekleme-noktası stratejisi sunmuşlardır.

Park (1991) eğer olasılık en az $1/2$ ise girdi istasyonu kuralının optimal bekleme-noktasına döneceğini göstermiştir.

Egbelu (1991) isteklerin çeşitlerindeki dalgalanmalara cevap verme yeteneğinde olan doğrusal programlama modelleri önermişlerdir.

Hwang ve Lim (1993), Egbelu (1991) 'in minimum beklenen seyahat zamanı modeli için onu tek tesis yeri modeline dönüştürmek vasıtasıyla etkili bir algoritma önermiştir.

Egbelu ve Wu (1993), Bozer ve White (1984)'ın dört kuralıyla Egbelu (1991)'in iki dinamik kuralını bir benzetim çalışması ile karşılaştırır.

Peters ve arkadaşları (1996), Bozer ve White (1984)'ın seyahat zamanı tahminlerine dayanan rastgele depolama altında sürekli kare-zamanlı ve dikdörtgensel raflarda bekleme-noktalarını belirlemek amacıyla kapalı-form analitik modeller geliştirmiştir.

Chang ve Egbelu (1997) birçok koridora hizmet veren tek bir vinci düşünür. Üç-boyutlu nokta bakışından bir bekleme-noktası belirlemek amacıyla bir matematiksel programlama modeli geliştirilmiştir.

Chang ve Egbelu (1997), sisteme isteklerin tam sefer süresiyle ölçülen tüm sistem hizmet düzeyini düzeltmek amacıyla OD/ÇS'de boş bir D/Ç makinesinin bekleme noktasını belirlemenin kontrol problemine odaklanmışlardır. Makalenin vurgusu sistem tarafından yapılan tüm depolama ve çekme istekleri üzerindeki beklenen cevap zamanının minimizasyonu üzerinedir. Optimal bekleme noktası yeri belirlemek için bir çözüm algoritması geliştirilmiştir. Toplam sipariş gerçekleştirme

süresini düzeltmek amacıyla gerçek üretim düzenlemesinde tekniğin nasıl kullanılabildiğini göstermek amacıyla sayısal bir örnek sağlanmıştır.

Park (1999) tahsis edilmiş depolama altında kare-zamanlı raflar için optimal bir bekleme-noktası politikası geliştirdi. Park (2001)'a göre rastgele depolama altında dikdörtgensel raflar için olasılığın meydana çıkması bakımından bekleme-noktası yeri belirlenebilir.

Park (2001), düzgün bir şekilde dağılmış raflı OD/ÇS için bir optimal bekleme noktası politikası geliştirmiştir. Kare-zamanlı olmayan raflar için, yazarlar bir sonraki işlem talep çeşidinin olasılığı bakımından optimal bekleme noktası için kapalı form çözüm sunmuşlardır. Yazarlar, aynı zamanda depolama/çekme makinesinin etkili işletimi için bekleme noktasına çeşitli geri dönüş yolları sunmuşlardır.

Van den Berg (2002) çalışmasında bir OD/ÇS'de D/Ç makinesinin bekleme noktası konumunun seçimi problemini düşünmüştür. Yazarın amacı, bir sonraki operasyon yerine beklenen seyahat zamanını en küçüklemeektir. Rastgele ve sınıf-tabanlı depolama politikaları için analitik ifadeler sunulmuştur. İfadeler, sistem performansını tahmin için tasarım çerçevesine dahil edilebilir.

Meller ve Mungwattana (2005) benzetimin kullanımı yoluyla çeşitli bekleme-noktası stratejileri araştırmışlardır. Sistem yüksek düzeyde kullanıldığında ve herhangi bir kullanım düzeyinin tipik sistemleri için mutlak cevap zamanı üzerinde önemsiz etkiye sahip olduğunda bekleme-noktası stratejisinin göreceli sistem cevap zamanı üzerinde önemsiz etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Kuo ve arkadaşları (2007) otonom araç teknolojisine dayanarak otomatik birim yük depolama ve çekme sistemleri için sayısal olarak etkili tasarım kavramsallaştırma modelleri önermişlerdir. Gerçekçi işletim varsayımları altında meydana gelen 12 hizmet senaryosu için araç ve dik seyahat zamanları ve olasılık dağılımı beklenen işlem hizmet zamanları oluşturmak amacıyla formüle edilmiş ve kullanılmıştır. İşlem

bekleme zamanını ve araç kullanımını içeren sistem performansının ilave ölçüleri rastgele depolama ve hizmet-tamamlama-noktası bekleme noktası kuralları formüle edilmiştir. Modeller, sistem maliyetlerinin çoğunluğunu yönlendiren beş tasarım değişkenine dayanarak sistem performansının anahtar yönlerini tahmin etmede pratik araçlar sağlamıştır. Onlar gerçek sistem kurulumundan adapte edilmiş bir kavramsallaştırma çalışması bağlamında örneklendirilmiştir.

Bir makinenin bekleme noktası, makine boş olduğunda makinenin dinlenme veya ev konumudur. Gelen depolama ya da çekme taleplerine yanıt verme süresini en küçükleme ve çıktı düzeyini en büyükleme, makineler için bekleme noktasının optimal seçimi ile sağlanabileceğinden, yapacak işi olmayan makinelerin boş seyahat zamanını azaltmak amacıyla nereye yerleştirileceğini belirlemek önemli bir kontrol problemidir. Yapılan çalışmada OD/ÇS’de bekleme noktası belirlemek için en önemli iki performans ölçüsü ele alınmış ve bir ağırlıklı hedef programlama modeli önerilmiştir. Modelin algoritması Visual Basic 2008 kullanılarak programlanmış ve gerçek verilere dayalı sayısal bir uygulama yapılmıştır.

4. UYGULAMA DESTEĞİNDE YENİ BİR MODEL ÖNERİSİ

Bu bölümde öncelikle uygulama yapılan firma hakkında bilgi verilecek, sonra geliştirilen model, notasyonları, kısıtları ve amaç fonksiyonu ile beraber açıklanacak, modelin algoritması Visual Basic 2008’de programlanarak gerçek verilere dayalı sayısal bir uygulama yapılacaktır.

4.1. Uygulama Yapılan Firma Hakkında Genel Bilgi

354 bin metre kare üzerinde kurulu, toplam 77 bin metre kare kapalı alana sahip olan Arçelik A.Ş. Eskişehir İşletmesi 1975 yılında üretime başlamıştır. 2006 yılında 3 milyon adede ulaşan üretim kapasitesiyle Avrupa’da tek kampüste üretim yapan işletmeler arasında ilk sıradaki yerini korumuştur.

Ulaştığı teknolojik donanım ve gelişmiş üretim süreçlerini 6 sigma gibi ileri tekniklerin etkin kullanımı ile destekleyen işletme, ulaştığı seviyeyi 2004 yılında European Energy+(plus) Yarışması"nda, kategorisinde birinci ve tüm kategoriler arasında “Avrupa’nın En Az Enerji Tüketen Buzdolabı ödülünü alarak göstermiştir. Aynı yıl Japon Enstitüsü JIPM tarafından verilen TPM “Mükemmellik Ödülü” nün de sahibi olmuştur.

Yurtiçi ve yurt dışı pazarda no frost talebini karşılamak için Eskişehir Buzdolabı İşletmesi’nde tasarlanan A enerji performansı ile düşük elektrik tüketimli Super No Frost buzdolabı kendi sınıfında Türkiye’de üretilen en geniş hacimli buzdolabıdır. Fabrikadaki OD/ÇS’den bahsedecek olursak 3 adet OD/ÇS mevcuttur;

PARÇA OD/ÇS: Yardımcı sanayilerden alınan parçalardan oluşur. Büyük Kasa(80*120) ve küçük kasa(60*80) içerisindeki malzemelerdir. Toplam raf alanı 1600 m²’dir. İki kısımdan oluşur.

a) Büyük kasa OD/ÇS’de 3008 adet göz bulunmaktadır. 4 vinç ile yükleme-boşaltma yapılmaktadır.

b) Küçük kasa OD/ÇS'de 6048 adet göz bulunmaktadır. 3 vinç ile yükleme boşaltma yapılmaktadır.

PLASTİK OD/ÇS: İşletme içerisinde bulunan plastik fabrikasının ürettiği malzemeleri stoklamak ve dağıtmak için kullanılır. Dağıtım tarafı parça OD/ÇS ile aynıdır. Burada sadece büyük kasa kullanılır. 6336 adet göz bulunmaktadır. 4 vinç ile yükleme boşaltma yapılmaktadır. Toplam raf alanı 1800 metrekaredir.

BOYALI SAÇ OD/ÇS: Boyahaneden çıkan panel, üstsac, kapı sacı gibi parçaların özel arabalarla stok ve dağıtımının yapıldığı OD/ÇS'dir. 1150 adet konteyner vardır. 870 adet göz bulunmaktadır. 3 vinç ile yükleme-boşaltma yapılmaktadır. Toplam raf alanı 1200 metrekaredir.

OD/ÇS dağıtımından bahsedecek olursak;

Parça ve Plastik OD/ÇS dağıtımları aynı ekipmanlarla yapılır. Dağıtım 5 adet üretim bandına yapılır. Yönlendirme kasalarındaki cip'ler ve sistem üzerindeki RF okuyucular ile olmaktadır.

LOOP-1 (Üretim Hattı-1 (Tezgah seviyesi modeller), Üretim Hattı-2 (No-frost modeller)); loop uzunluğu 600 metredir ve 19 adet monoporterla 7 adet asansör mevcuttur. Asansörlere inen malzemeler transpalet denilen elektrikli cihazlarla istasyonlara bırakılmaktadır.

LOOP-2 (Üretim Hattı-3 (Frezeer ve tek kapılı modeller), Üretim Hattı-4 (çift kapılı modeller)); loop uzunluğu 550 metredir ve 18 adet monoporterla 7 adet asansör mevcuttur.

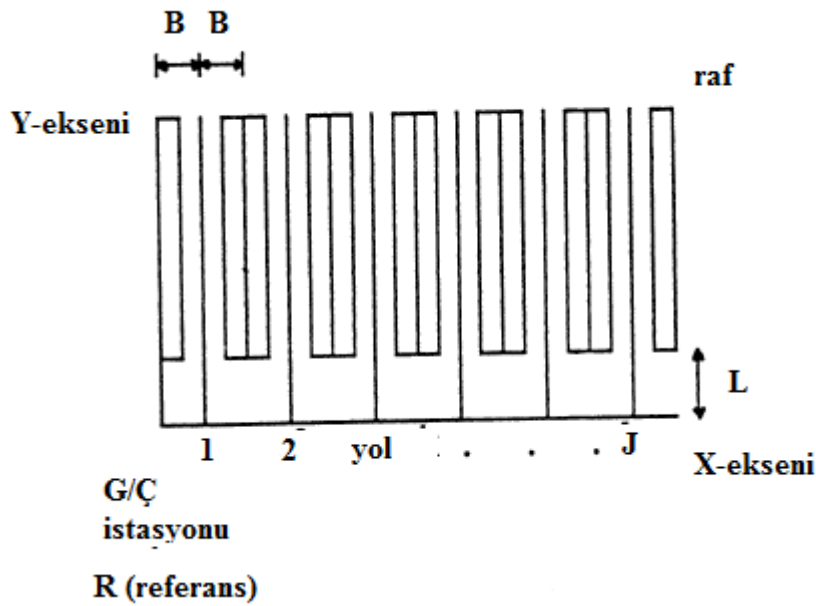
LOOP-3 (Üretim Hattı-5 (kombi modeller), kapı tesisleri); loop uzunluğu 500 metredir ve 10 adet monoporterla 5 adet asansör mevcuttur.

Boyalı sac OD/ÇS dağıtımında ise 5 bandın Poliüretan öncesi hazırlık bantlarında 5 adet asansöre indirilir. Taşıma aracı yoktur, bu noktaya arabalar konveyör ile gelirler. Yönlendime, arabalardaki barkod etiketleri ile olur.

Günlük ortalama dolu malzeme hareketi ise, büyük kasa 1250 adet, küçük kasa 1300 adet, Plastik OD/ÇS büyük kasa 1300 adet olmaktadır.

4.2. Problemin Tanımı

Çok-koridorlu bir OD/ÇS düşünelim. Bir D/Ç makinesi verilmiş bir koridor kümesine hizmet etmek amacıyla atanmıştır. Şekil 4.1 böyle bir koridor kümesinin grafiksel bir gösterimidir. Bu gösterimde, J koridor bir bölge meydana getirir.



Şekil 4.1. Çok-koridorlu OD/ÇS'nin yerleşiminin üst görünüşü [Chang ve Egbe, 1997]

Şekil 4.1'de X-ekseni yönü koridorları bağlayan yol, Y-ekseni yönü her bir koridor boyunca yol ve Z-ekseni yönü raflardaki dikey yön doğrultusundadır. G/Ç istasyonu; girdi ve çıktı istasyonu, R noktası; koordinat çerçevesinin referans noktası, B noktası;

metre cinsinden bitişik koridorlar arasındaki mesafenin yarısı ve L gösterildiği gibi rafların ilk bölme sütunu ile X -ekseni arasındaki mesafedir.

Tipik bir koridor karşılıklı iki depolama rafına hizmet eder. Her bir raf Şekil 4.2’de gösterildiği gibi depolama bölmelerine veya yerlerine bölünmüştür. Aynı zamanda bir bölmeyi benzersiz bir şekilde belirlemek amacıyla tipik bir bölme numaralama tertibi gösterilmiştir. Bir rafın uzunluğu genellikle raftaki bölme sütunlarının sayısı ile tanımlanmıştır. Benzer şekilde, bir rafın yüksekliği bölme sıralarının sayısı ile verilmiştir. Bundan dolayı N bölme uzunluğu ve M bölme yüksekliğindeki bir raf MN bölme yerine sahiptir. Bundan dolayı her bir koridorda $2MN$ bölme yeri vardır.

raf

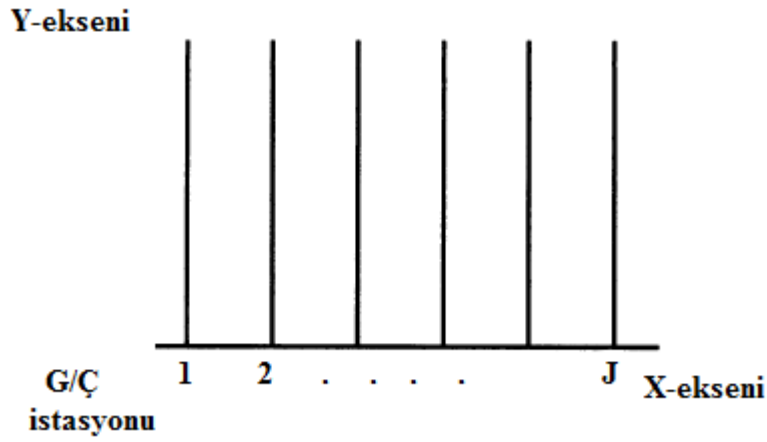
$MN-N+1$	$MN-N+2$	$MN-N+3$		$MN-1$	MN
$MN-2N+1$	$MN-2N+2$	$MN-2N+3$		$MN-N-1$	$MN-N$
.....					
$N+1$	$N+2$	$N+3$		$2N-1$	$2N$
1	2	3		$N-1$	N

raf

$2MN-N+1$	$2MN-N+2$	$2MN-N+3$		$2MN-1$	$2MN$
$2MN-2N+1$	$2MN-2N+2$	$2MN-2N+3$		$2MN-N-1$	$2MN-N$
.....					
$MN+N+1$	$MN+N+2$	$MN+N+3$		$MN+2N-1$	$MN+2N$
$MN+1$	$MN+2$	$MN+3$		$MN+N-1$	$MN+N$

Şekil 4.2. Bir koridor içindeki iki rafın bölmelerini gösteren yan görünüş ve iki raf için bir bölme numaralama tertibi [Chang ve Egbelu, 1997]

D/Ç makinesinin hareketi Şekil 4.3’de gösterildiği gibi X-ekseninde bir transfer yolu boyunca yerine getirilir. D/Ç makinesi (X,Y) koordinatlarıyla verilen yollar boyunca her noktada konumlanabilir.



Şekil 4.3. D/Ç makinesinin seyahat ettiği yol [Chang ve Egbelu, 1997]

Bölme merkezi olarak bir bölmenin alttaki merkez noktası düşünülür. D/Ç makinesi bir koridor boyunca parçaları depolamak ve çekmek amacıyla X, Y ve Z koordinatlarında her bir bölmenin bölme merkez noktasında konumlanır. Rafın Y-ekseni yönü boyunca X-ekseninden L metre uzakta başladığını ve bölmelerin ilk sırasının altının referans noktasından H metre yükseklikte olduğunu varsayarak, referans noktasına göre her bir bölmenin bölme merkezinin yeri aşağıdaki gibi belirlenebilir.

J = koridorların sayısı

N = bir rafın bölme uzunluğu

M = bir rafın bölme yüksekliği

j = bir koridor için indeks

l = bir koridorun raflarındaki bölmeler için indeks

l_j = j . koridorun raflarındaki l . bölme için indeks, $j = 1, 2, \dots, J$, $l = 1, 2, \dots, MN, MN+1, \dots, 2MN$

w = bir bölmenin metre cinsinden genişliği

h = bir bölmenin metre cinsinden yüksekliği

(X_r, Y_r, Z_r) = referans noktasının koordinatları veya metre cinsinden orijin noktası

(X_{lj}, Y_{lj}, Z_{lj}) = metre cinsinden j . koridordaki l . bölmede parçaları yerleştirmek ve çekmek amacıyla D/Ç makinesinin konumlanması gereken yerin orijine göre koordinatları.

B = OD/ÇS'deki iki bitişik koridor arasındaki yarı uzaklık

(X_{lj}, Y_{lj}, Z_{lj}) koordinatları aşağıdaki Eş. 4.1'e göre hesaplanmaktadır;

$$(X_{lj}, Y_{lj}, Z_{lj}) = \left(B + 2B(j-1) + X_r, \left(1 - N[l/N]^- - \frac{1}{2} \right) w + L + Y_r, \left([l/N]^- - M[l/NM]^- \right) h + H + Z_r \right) \quad (4.1)$$

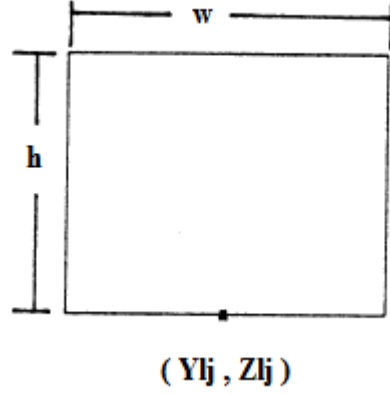
(Chang ve Egbelu, 1997)

Denklemde $[x]^- = x$ 'den daha küçük en büyük tamsayıdır.

(X_{lj}, Y_{lj}, Z_{lj}) koordinatını düşünelim. X_{lj} , j . koridorun X -koordinatını gösterir.

$$X_{lj} = B + B(2j - 1) + X_r \quad (4.2)$$

(Y_{lj}, Z_{lj}) Şekil 4.4'de gösterildiği gibi bölme merkezinin (Y, Z) koordinatlarını anlatır.



Şekil 4.4. Bir depolama bölmesinin ön görünüşü [Chang ve Egbelu, 1997]

Bir koridordaki karşılıklı iki bölmenin koordinatları aynıdır. O;

$$X_{lj} = X_{MN+lj} ; \quad Y_{lj} = Y_{MN+lj} ; \quad Z_{lj} = Z_{MN+lj}, \quad l=1, 2, \dots, MN \quad (4.3)$$

Birçok bekleme noktası seçim kuralı başlıca D/Ç makinesinin konumlanması gereken (X,Y) düzleminde tek bir yol boyunca bir nokta bulmayla ilgilenir. Egbelu (1991) ve Egbelu ve Wu (1993) D/Ç makinesinin çekme kolunun ne kadar yükseklikte yerleştirilmesi gerektiğini tartışmışlar ve D/Ç makinesi bekleme noktası problemini iki-boyutlu yerleşim problemi olarak düşünmüşlerdir. Bir makineye atanmış bir koridor veya iki koridorlu bekleme noktası problemi için karar sadece makinenin bekleyeceği yatay rehber yol boyunca noktayı belirlemek değil aynı zamanda çekme kolunun ne kadar yükseklikte konumlanması gerektiğini belirlemektir.

Bu çalışmada, bir D/Ç makinesine atanan isteğe bağlı koridor sayılı OD/ÇS probleminin bekleme noktası analiz edilecektir. Bekleme noktası problemi iki-boyutlu bir yerleşim problemi olarak düşünülmektedir. Karar, sadece makine için bekleme yerinin (X,Y) koordinatlarının belirlenmesi değil aynı zamanda çekme kolunun ne kadar yükseklikte konumlanması gerektiğini belirlemektir.

Bekleme noktası belirleme modeli geliştirmede sistemin işleyişi ile ilgili aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır.

1. Koridorlar bitişik bir alan kurduğı sürece bir D/Ç makinesi her sayıda koridora hizmet edebilir.
2. D/Ç makinesinin kullandığı bir girdi istasyonu ve çıktı istasyonu vardır.
3. Bir D/Ç makinesi eşzamanlı şekilde X-ekseni ve Z-ekseni yönleri veya Y-ekseni ve Z-ekseni yönleri boyunca seyahat edebilir fakat, X-ekseni ve Y-ekseni yönleri boyunca eşzamanlı şekilde seyahat edemez.
4. Bir D/Ç makinesine tahsis edilen tüm koridorlarda depolanan parçalar kesin olarak bilinmektedir.
5. Her bir parça veya ürün çeşidi tarafından tutulan bölmeler bilinmektedir.
6. Bir defada sadece bir birim yük çekilebilir, depolanabilir veya taşınabilir.
7. Gelen bir birim yük için depolama bölmesi seçmek amacıyla bir resmi kural veya algoritma vardır.
8. Eğer o parça için çekme talebi yapıldıysa çekilmesi gereken bir parçanın bir sonraki yükünü belirlemek için bir resmi kural vardır.

Sunulan modelde, aşağıdaki değişkenler ve parametreler kullanılmıştır;

Parametreler:

t: Planlama veya çizelgeleme dönemi için indeks, $t=1, 2, 3, \dots$. Bir dönem, OD/ÇS'deki tüm parçalar üzerindeki depolama ve çekme talepleri için talep dağılımının istikrarlı kaldığı bir zaman veya operasyonel süredir.

J: Bir D/Ç makinesine atanmış bir bölgedeki koridorların sayısı.

j, k: koridorlar için göstergeler, j, k = 1, 2, ... ,J ve j, k = 0 G/Ç istasyonunu anlatır.

0_t : girdi noktası; her ne kadar bu, dönem bağımlı değilse de t altsimgesi izleyen gösterimleri kolaylaştırmak amacıyla eklenmiştir.

n_t : t dönemi boyunca bölmelerden çekilmesi gereken farklı parçaların kümesi

n_{jt} : t dönemi boyunca çekilecek farklı parçaların kümesi arasında j. koridordaki kutulardan çekilecek farklı parçaların kümesi, $n_t = \sum_{j=1}^J n_{jt}$.

i: n_t kümesindeki i. parça ; $i \in 0_t$ girdi istasyonundan bir depolama isteğini anlatır.

(X_{00t} , Y_{00t} , Z_{00t}): Koridorlara hizmet veren G/Ç istasyonunun koordinatları. Bir bölgedeki tüm koridorlara hizmet veren bir G/Ç istasyonu varsayılıyor.

(X_{ijt} , Y_{ijt} , Z_{ijt}): Eğer t dönemi boyunca $i \in n_t$ parçası için bir çekme isteği yapıldıysa j. koridorda onu tutan kutudan sonraki aday i parçasının birim yükünün çekilmesi amacıyla D/Ç makinesinin yerleştirilmesi gereken koordinatlar

V_x : D/Ç makinesinin X-ekseni yönündeki seyahat hızı (metre/dakika)

V_y : D/Ç makinesinin Y-ekseni yönündeki seyahat hızı (metre/dakika)

V_z : D/Ç makinesinin Z-ekseni yönündeki seyahat hızı (metre/dakika)

T_{cs} : tek emir çevrimi için çevrim zamanı (dakika/çevrim)

T_{cd} : çift emir çevrimi için çevrim zamanı (dakika/çevrim)

R_{cs} : saat başına yapılan tek emir çevrimlerinin sayısı

R_{cd} : belirlenmiş veya varsayılan bir kullanım seviyesinde saat başına çift emir çevrimlerinin sayısı

U : saat boyunca sistem kullanımı

R_c : toplam D/Ç çevrim oranı (çevrimler/saat)

T : belirlenen seyahat veya cevap zamanı

S : belirlenen çıktı düzeyi

Karar Değişkenleri:

(X_t, Y_t, Z_t) : t döneminde verilen bekleme noktası kararı örneği boyunca D/Ç makinesinin bekleme noktası. Bu, bekleme noktası belirleme modeli yardımıyla belirlenen bir karar değişkenidir. t dönemi boyunca, bekleme noktası kararları defalarca yapılabilir. Bundan dolayı t dönemi boyunca (X_t, Y_t, Z_t) bir örnekten diğerine değişebilir. Gerçekte t dönemindeki k . bekleme noktası uygun olarak (X_{tk}, Y_{tk}, Z_{tk}) vasıtasıyla ifade edilebilir. Fakat, önceki bekleme noktalarının tarihinden bahsetmeye neden olmadığından, bu değişken t dönemi boyunca kararların alındığı sürece güncellenir.

R_{ht} : saat başı yapılan işlemlerin toplam sayısı

4. 3. Kullanılan Metodoloji

Araştırmada literatür taramasından hareketle problem tanımlanmış ve hedefler belirlenmiştir. Bir ağırlıklı hedef programlama modeli geliştirilmiştir. Daha sonra

modelin algoritması Visual Basic 2008’de programlanarak seçilen firmada uygulaması yapılmıştır.

4. 4. Hedef Programlama Modeli

Modeli geliştirmede, koordinat yapısının başlangıcının Şekil 4.3’de gösterildiği gibi olduğu ve $X=0$ ve $Y=0$ çizgilerinin G/Ç noktası içinden geçtiği varsayılıyor. Bir D/Ç makinesi için bir depolama bölmesinden parça çekmek veya girdi istasyonundan bir parça toplamak amacıyla bir talep alındığını varsayalım. Bir bekleme noktasından (X_t, Y_t, Z_t) , gelen parça talebi noktasına $(X_{ijt}, Y_{ijt}, Z_{ijt})$ ($i \in n_t, 0_t$) hareket etmede D/Ç makinesi tarafından seyahat edilen zamanı düşünelim. Bekleme noktasının yerine dayanarak, D/Ç makinesinin cevap zamanı olan T_{ijt} veya T_{00t} aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

Bir depolama bölmesinden bir çekme talebi için,

$$T_{ijt} = \begin{cases} \max \left\{ \frac{|Y_{ijt} - Y_t|}{V_y}, \frac{|Z_{ijt} - Z_t|}{V_z} \right\} & \text{Eğer bekleme yeri kaynak olarak aynı koridorda yerleştirildiyse,} \\ \max \left\{ \frac{|X_{ijt} - X_t|}{V_x} + \frac{|Y_t| + |Y_{ijt}|}{V_y}, \frac{|Z_{ijt} - Z_t|}{V_z} \right\} & \text{aksi takdirde.} \end{cases} \quad (4.4)$$

Girdi yerinden bir toplama talebi için,

$$T_{00t} = \max \left\{ \frac{|X_{00t} - X_t|}{V_x} + \frac{|Y_t| + |Y_{00t}|}{V_y}, \frac{|Z_{00t} - Z_t|}{V_z} \right\} \quad (4.5)$$

Sistem çıktısı otomatik depolama sisteminin yapabildiği D/Ç işlemlerinin saatlik oranı olarak tanımlanmaktadır. Her saat yapılan tek emir ve çift emir çevrimlerinde harcanan zamanın miktarları için Eş. 4.6 formüle edilebilir.

$$R_{cs}T_{cs} + R_{cd}T_{cd} = 60U \quad (4.6)$$

Denklemin sağ-tarafı saat başına toplam işlem dakikalarını verir. Eş. 4.6'yı çözmek amacıyla, R_{cs} ve R_{cd} 'nin göreceli oranları belirlenmeli, veya bu oranlar hakkında varsayımlar yapılmalıdır. O zaman toplam saatte bir çevrim oranı Eş. 4.7 ile verilir;

$$R_c = R_{cs} + R_{cd} \quad (4.7)$$

Eğer $R_{cd} = 0$ olmazsa saat başı depolama ve çekme işlemlerinin sayısı bu değerden büyük olacaktır, çünkü her çift emir çevriminde yapılan iki işlem vardır.

$$R_{ht} = \begin{cases} R_{cs} + 2R_{cd} & \text{eğer } R_{cd} \neq 0 \\ R_{cs} & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (4.8)$$

Model için yaptığımız varsayımlarımızdan birisine göre bir defada sadece bir birim yük çekilebileceğine, depolanabileceğine veya taşınabileceğine göre yani $R_{cd} = 0$ olduğundan Eş. 4.8 şu hale dönüşür;

$$R_{ht} = R_{cs} \quad (4.9)$$

Belirlenen hedefler şunlardır;

1. Maksimum seyahat veya cevap zamanı en fazla T olmalıdır.
2. Minimum çıktı düzeyi veya işlem hacmi en az S olmalıdır.

Hedeflerden birincisi $\max_{\forall j; i \in n_t, 0_t} \{T_{ijt}\} \leq T$, ikincisi $\min_{\forall h} \{R_{ht}\} \geq S$ formunda olacaktır.

Bekleme noktasının potansiyel yerlerinin koordinatlarından, model çeşitli matematiksel programlara bölünmüştür. Bu matematiksel programlama modelleri $(M1)$ ve $(M2_k)$ ($k=1, 2, \dots, J$)'dir. Bundan dolayı, en iyi çözümü elde etmek amacıyla tüm programlar çözülmelidir. Bekleme noktasının en iyi yeri aşağıdaki gibi çeşitli programlar boyunca elde edilir.

Bekleme noktasının X-ekseni ($Y_t = 0$) boyunca yerleştirildiği durum için:

$$(M1) \text{ Min} z_1 = 0X_1 + 0X_2 \quad (4.10)$$

$$\max_{\forall j; i \in n_{jt}, 0_t} \left\{ \max \left\{ \frac{|X_{ijt} - X_t|}{V_x} + \frac{|Y_{ijt}|}{V_y}, \frac{|Z_{ijt} - Z_t|}{V_z} \right\} \right\} \leq T \quad (4.11)$$

$$\min_{\forall h} \{R_{ht}\} \geq S \quad (4.12)$$

$$X^l \leq X_t \leq X^u, \quad (4.13)$$

$$Z^l \leq Z_t \leq Z^u, \quad (4.14)$$

$$X_t \geq 0, Y_t = 0, Z_t \geq 0, T \geq 0, \quad (4.15)$$

Eş. 4.13’de, X^l ve X^u D/Ç makinesinin referans noktasından ölçülen X-ekseni yönü boyunca seyahat ettiği en alt ve en üst sınırlar, Eş. 4.14’de Z^l ve Z^u referans noktasından ölçülen Z-ekseni yönü boyunca D/Ç makinesinin seyahat ettiği alt ve üst sınırlardır.

$Y_t \geq 0$ olduğu durumda bekleme noktasının k ($k=1, 2, \dots, J$) koridoru boyunca yerleştirildiği durum için:

$$(M2_k) \text{ Min} z_2 = 0X_3 + 0X_4 \quad (4.16)$$

$$\max \left\{ \max_{i \in n_{kt}} \left\{ \max \left\{ \frac{|Y_{ikt} - Y_t|}{V_y}, \frac{|Z_{ikt} - Z_t|}{V_z} \right\} \right\} \right\}, \max_{\forall j, j \neq k; i \in n_{jt}, 0_t} \left\{ \max \left\{ \frac{|X_{ijt} - X_t|}{V_x} + \frac{|Y_t| + |Y_{ijt}|}{V_y}, \frac{|Z_{ijt} - Z_t|}{V_z} \right\} \right\} \leq T \quad (4.17)$$

$$X_t = B(2k-1) \quad (4.18)$$

$$\min_{\forall h} \{R_{ht}\} \geq S \quad (4.19)$$

$$Y^l \leq Y_t \leq Y^u, \quad (4.20)$$

$$Z^l \leq Z_t \leq Z^u, \quad (4.21)$$

$$X_t \geq 0, Y_t \geq 0, Z_t \geq 0, T \geq 0, \quad (4.22)$$

Eş. 4.20’de Y^l ve Y^u referans noktasından Y-ekseni yönü boyunca D/Ç makinesinin seyahat ettiği alt ve üst sınırlar, Eş. 4.21’de Z^l ve Z^u referans noktasından ölçülen Z-yönü boyunca D/Ç makinesinin seyahat ettiği alt ve üst sınırlardır.

Eş. 4.11 ve Eş. 4.17’deki ilişkiler daha açık bir şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\frac{|X_{ijt}-X_t|}{V_x} + \frac{|Y_{ijt}|}{V_y} \leq T; \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.23)$$

$$\frac{|Z_{ijt}-Z_t|}{V_z} \leq T, \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.24)$$

$$\frac{|Y_{ikt}-Y_t|}{V_y} \leq T, \quad i \in n_{kt}; \quad (4.25)$$

$$\frac{|X_{ijt}-X_t|}{V_x} + \frac{|Y_t|+|Y_{ijt}|}{V_y} \leq T; \quad \forall j; j \neq k; i \in n_{jt}, 0_t \quad (4.26)$$

Eş. 4.12 ve Eş. 4.19’deki ilişki ise daha açık bir şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$R_{cs} \geq S \quad (4.27)$$

Eğer $T - \frac{|Y_{ijt}|}{V_y} \geq 0$ ise (M1) problemi, Murty (1976) tarafından tanımlanan mutlak değer operatörlerini kaldırarak dönüşüm kullanmak vasıtasıyla (M3) doğrusal programlama

modeline dönüştürülmüştür. Benzer şekilde Eş. 4.26'dan eğer $T - \frac{(|Y_t| + |Y_{ijt}|)}{V_y} \geq 0$ ise, $(M2_k)$ problemleri ($k=1, 2, \dots, J$), $(M4_k)$ ($k=1, 2, \dots, J$) ağırlıklı hedef programlama modellerine dönüştürülür. Her iki hedef de aynı derecede öneme sahiptir ve ağırlık değerleri(w) 1'dir.

Bekleme noktasının X-ekseni ($Y_t=0$) boyunca yerleştirildiği durum için:

$$(M3) \text{ Min} z_1 = d_1^+ + d_2^+ + d_3^+ + d_4^+ + d_5^+ + d_6^- \quad (4.28)$$

$$V_y X_t - V_x V_y T + d_1^- - d_1^+ = V_y X_{ijt} - V_x Y_{ijt} \quad , \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.29)$$

$$-V_y X_t - V_x V_y T + d_2^- - d_2^+ = -V_y X_{ijt} - V_x Y_{ijt} \quad , \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.30)$$

$$-V_y T + d_3^- - d_3^+ = -Y_{ijt} \quad , \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.31)$$

$$Z_t - V_z T + d_4^- - d_4^+ = Z_{ijt} \quad , \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.32)$$

$$-Z_t - V_z T + d_5^- - d_5^+ = -Z_{ijt} \quad , \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.33)$$

$$R_{cs} + d_6^- - d_6^+ = S \quad (4.34)$$

$$X^l \leq X_t \leq X^u \quad (4.35)$$

$$Z^l \leq Z_t \leq Z^u \quad , \quad (4.36)$$

$$X_t \geq 0, \quad Y_t = 0, \quad Z_t \geq 0, \quad T \geq 0 \quad (4.37)$$

$Y_t \geq 0$ olduğu durumda bekleme noktasının k ($k=1, 2, \dots, J$) koridoru boyunca yerleştirildiği durum için, o zaman:

$$(M4_k) \text{ Min} z_2 = d_7^+ + d_8^+ + d_9^+ + d_{10}^+ + d_{11}^+ + d_{12}^+ + d_{13}^+ + d_{14}^+ + d_{14}^- + d_{15}^- \quad (4.38)$$

$$Y_t - V_y T + d_7^- - d_7^+ = Y_{ikt}, \quad i \in n_{kt}; \quad (4.39)$$

$$-Y_t - V_y T + d_8^- - d_8^+ = -Y_{ikt}, \quad i \in n_{kt}; \quad (4.40)$$

$$V_y X_t + V_x Y_t - V_x V_y T + d_9^- - d_9^+ = V_y X_{ijt} - V_x Y_{ijt}, \quad \forall j; j \neq k; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.41)$$

$$-V_y X_t + V_x Y_t - V_x V_y T + d_{10}^- - d_{10}^+ = -V_y X_{ijt} - V_x Y_{ijt}, \quad \forall j; j \neq k; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.42)$$

$$Y_t - V_y T + d_{11}^- - d_{11}^+ = -Y_{ijt}, \quad \forall j; j \neq k; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.43)$$

$$Z_t - V_z T + d_{12}^- - d_{12}^+ = Z_{ijt}, \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.44)$$

$$-Z_t - V_z T + d_{13}^- - d_{13}^+ = -Z_{ijt}, \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.45)$$

$$X_t + d_{14}^- + d_{14}^+ = B(2k-1) \quad (4.46)$$

$$R_{cs} + d_{15}^- - d_{15}^+ = S \quad (4.47)$$

$$Y^l \leq Y_t \leq Y^u, \quad (4.48)$$

$$Z^l \leq Z_t \leq Z^u, \quad (4.49)$$

$$X_t \geq 0, \quad Y_t \geq 0, \quad Z_t \geq 0, \quad T \geq 0 \quad (4.50)$$

(M3) programında Eş. 4.29-Eş. 4.31, Eş. 4.23'den elde edilmiştir ve Eş. 4.32 ve Eş. 4.33 ise Eş. 4.24'den elde edilmiştir. Benzer şekilde, (M4_k) programında Eş. 4.39 ve Eş. 4.40, Eş. 4.25'den ve Eş. 4.41-Eş.4.43, Eş. 4.26'dan ve Eş. 4.44 ve Eş. 4.45, Eş. 4.24'den elde edilmiştir. (M3) programındaki Eş. 4.34 ve (M4_k) programındaki Eş. 4.47, Eş. 4.27'den elde edilmiştir.

Hedef 1 ve Hedef 2'yi gerçekleştirecek en iyi çözümün (etkin çözüm) bulunmasıyla en iyi bekleme noktası yeri (X_t^* , Y_t^* , Z_t^*) elde edilir.

Tüm programlar aynı Z-yönü terimlerini kapsar. D/Ç makinesinin (X,Y) ve Z yönlerindeki hareketi bağımsız olarak kontrol edildiğinden (M3) ve (M4_k) (k=1, 2, ..., J) daha da bölünerek (M5), (M6_k) (k=1, 2, ..., J) ve (M7) bağımsız alt problemlerine ayrılabilir.

1) (M5), (M6_k) (k=1, 2, ..., J) (X,Y)-koordinat problemleri olsun;

Bekleme noktasının X-ekseni ($Y_t = 0$) boyunca yerleştirildiği durum için:

$$(M5) \text{Min} z_3 = d_1^+ + d_2^+ + d_3^+ + d_6^- \quad (4.51)$$

$$V_y X_t - V_x V_y T + d_1^- - d_1^+ = V_y X_{ijt} - V_x Y_{ijt} \quad , \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t ; \quad (4.52)$$

$$-V_y X_t - V_x V_y T + d_2^- - d_2^+ = -V_y X_{ijt} - V_x Y_{ijt} \quad , \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t ; \quad (4.53)$$

$$-V_y T + d_3^- - d_3^+ = -Y_{ijt} \quad , \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t ; \quad (4.54)$$

$$R_{cs} + d_6^- - d_6^+ = S \quad (4.55)$$

$$X^l \leq X_t \leq X^u \quad (4.56)$$

$$X_t \geq 0, Y_t = 0, T \geq 0 \quad (4.57)$$

$Y_t \geq 0$ olduğu durumda bekleme noktasının k ($k=1, 2, \dots, J$) koridoru boyunca yerleştirildiği durum için, o zaman:

$$(M6_k) \text{ Min} z_4 = d_7^+ + d_8^+ + d_9^+ + d_{10}^+ + d_{11}^+ + d_{14}^- + d_{14}^+ + d_{15}^- \quad (4.58)$$

$$Y_t - V_y T + d_7^- - d_7^+ = Y_{ikt}, \quad i \in n_{kt}; \quad (4.59)$$

$$-Y_t - V_y T + d_8^- - d_8^+ = -Y_{ikt}, \quad i \in n_{kt}; \quad (4.60)$$

$$V_y X_t + V_x Y_t - V_x V_y T + d_9^- - d_9^+ = V_y X_{ijt} - V_x Y_{ijt}, \quad \forall j; j \neq k; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.61)$$

$$-V_y X_t + V_x Y_t - V_x V_y T + d_{10}^- - d_{10}^+ = -V_y X_{ijt} - V_x Y_{ijt}, \quad \forall j; j \neq k; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.62)$$

$$Y_t - V_y T + d_{11}^- - d_{11}^+ = -Y_{ijt}, \quad \forall j; j \neq k; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.63)$$

$$X_t + d_{14}^- - d_{14}^+ = B(2k-1) \quad (4.64)$$

$$R_{cs} + d_{15}^- - d_{15}^+ = S \quad (4.65)$$

$$Y^l \leq Y_t \leq Y^u, \quad (4.66)$$

$$X_t \geq 0, Y_t \geq 0, T \geq 0 \quad (4.67)$$

2) (M7) Z-koordinat problemi olur;

$$(M7) \text{ Min} z_5 = d_4^+ + d_5^+ \quad (4.68)$$

$$Z_t - V_z T + d_4^- - d_4^+ = Z_{ijt}, \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.69)$$

$$-Z_t - V_z T + d_5^- - d_5^+ = -Z_{ijt}, \quad \forall j; i \in n_{jt}, 0_t; \quad (4.70)$$

$$Z^l \leq Z_t \leq Z^u, \quad (4.71)$$

$$Z_t \geq 0, T \geq 0 \quad (4.72)$$

(M5) veya (M6_k) ve (M7) hedef programlama modellerinin tümünün çözülmesiyle en iyi bekleme noktası yeri (X_t^*, Y_t^*, Z_t^*) elde edilir.

4. 5. Modelin Algoritması ve Sayısal Uygulaması

4. 5. 1. Algoritma

Algoritma D/Ç makinesinin bekleme noktasının, (X,Y)-düzleminde en uzaktaki iki ayrı yükü bağlayan yolun ortasına denk geldiğine ve Z-düzleminde ise potansiyel yük kaynaklarının maksimum ve minimum Z-koordinatları arasındaki orta noktanın optimal nokta olduğu varsayımına göre yazılmıştır.

-Öncelikle girdi istasyonunun (X_{00t} , Y_{00t}) ve gelecek potansiyel yük kaynaklarının veya çekme noktalarının (X_{ijt} , Y_{ijt}) koordinatları oluşturulur.

-Çekilmesi muhtemel yükler arasındaki ve bu yüklerin G/Ç noktalarıyla arasındaki mesafeleri hesaplanır.

$$T_{kl} = \begin{cases} \frac{|X_{ijt}-X_{ikt}|}{V_x} + \frac{|Y_{ijt}|+|Y_{ikt}|}{V_y}, & \text{eğer } j \neq k \\ \frac{|Y_{ijt}-Y_{ikt}|}{V_y}, & \text{eğer } j = k \end{cases} \quad (4.73)$$

- Daha sonra arasındaki mesafesi en uzak olan iki nokta bulunur. Bu noktalar z (X_{mjt} ve Y_{mjt}) ve y (X_{nkt} ve Y_{nkt}) ($k \geq j$) olsun. O zaman;

$$T_{zy} = \max \{T_{kl} \mid k=0, 1, 2, \dots, n_t ; l=k+1, k+2, \dots, n_t \} \quad (4.74)$$

$$T'_{zy} = 1/2 * T_{zy} \quad (4.75)$$

- Eğer $T'_{zy} \leq T$ ise maksimum seyahat zamanı olarak T'_{zy} 'ünü al. Eğer $T'_{zy} > T$ değilse bir sonraki en büyük seyahat zamanı alınır. Tekrar $T'_{zy} \leq T$ olup olmadığı karşılaştırılır. İşlem bu şekilde devam eder.

- Eğer $(X_{mjt}$ ve $Y_{mjt})$ ve $(X_{nkt}$ ve $Y_{nkt})$ farklı koridorlara aitse;

$$(X_t^*, Y_t^*) = \begin{cases} (X_{mjt}, Y_{mjt} - V_y * T'_{zy}), & \text{eğer } Y_{mjt} \geq V_y * T'_{zy} \\ (X_{nkt}, Y_{nkt} - V_y * T'_{zy}), & \text{eğer } Y_{nkt} \geq V_y * T'_{zy} \\ (X_{mjt} + V_x * (T'_{zy} - Y_{mjt}/V_y), 0), & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (4.76)$$

Eğer $z(X_{mjt}$ ve $Y_{mjt})$ ve $y(X_{nkt}$ ve $Y_{nkt})$ aynı koridora aitse;

$$(X_t^*, Y_t^*) = \left[X_{mjt}, \frac{1}{2} (Y_{mjt} + Y_{nkt}) \right] \quad (4.77)$$

-Girdi istasyonunun Z_{00t} koordinatını ve tüm bir sonraki potansiyel yük çekme noktaları için Z_{ijt} koordinatını oluştur.

- Z_{00t} ve Z_{ijt} koordinatları arasındaki minimum ve maksimum değeri bul.

$$Z_{\min} = \min\{Z_{ijt} \mid \forall j; i \in n_{jt}, 0_t\}, \quad Z_{\max} = \max\{Z_{ijt} \mid \forall j; i \in n_{jt}, 0_t\} \quad (4.78)$$

$$-Z_t^* = Z_{\min} + \frac{1}{2} * (|Z_{\max} - Z_{\min}|) \quad (4.79)$$

$-R_{ht} = R_{cs} = \frac{60U}{T_{cs}}$ formülünden çıktı düzeyleri veya işlem hacimleri hesaplanır.

-Çıktı düzeyleri arasından minimum çıktı düzeyi bulunur. $\min\{R_{cs}\} \geq S$ ise R_{cs} olarak alınır, aksi takdirde bir sonraki minimum çıktı düzeyi alınır ve tekrar karşılaştırma yapılır. İşlem bu şekilde devam eder.

4. 5. 2. Sayısal Uygulama

Bu bölümde modelin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla algoritmasının Eskişehir’de faaliyet gösteren bir beyaz eşya firmasında tek-mekikli OD/ÇS’de uygulaması

yapılmıştır. Uygulamada algoritma Visual Basic 2008 kullanılarak programlanmıştır. Programın arayüzü aşağıdaki gibidir;

Şekil 4.5. Modelin algoritmasının visual basic 2008 programındaki arayüzü

Plastik OD/ÇS ele alınmıştır. 4 koridor ve toplamda 8 raf vardır. Herbir rafta 8 sıra vardır ($M=8$). Herbir sırada 99 bölme veya hücre vardır ($N=99$). Dolayısıyla herbir rafta 792 bölme vardır ($NM=792$). Referans noktasının koordinatları $(0,0,0)$ 'dır ($X_r, Y_r, Z_r=0,0,0$). Raflar Y-ekseni yönü boyunca X-ekseninden 2 m uzakta başlamaktadır ($L=2$). Bölmelerin ilk sırasının altı referans noktasından 0.4 m yüksekliktedir ($H=0.4$ m). Raflardaki bölmelerin genişliği 0.8 m ($w=0.8$ m), yüksekliği ise 0.96 m'dir ($h=0.96$ m). İki bitişik koridor arasındaki uzaklığın yarısı 1.5 m'dir ($B=1.5$ m). D/Ç makinesinin X,Y ve Z yönlerindeki hızları sırasıyla 100 m/dk., 100 m/dk. ve 50 m/dk'dır ($V_x = 100$ m/dk, $V_y = 100$ m/dk ve $V_z = 50$ m/dk).

Kapı Rafı, Tel Raf, Su Tahliye Hortumu ve Alt Mentеше isimli 4 ürün ele alınmıştır. Her ürünün birim yükünün koridor noları ve hücre noları girilmektedir. Program bu veriler sayesinde her bir birim yükün X, Y, Z koordinatlarını bulmaktadır. Ayrıca D/Ç makinesinin X, Y ve Z yönlerindeki hızları, G/Ç noktasının Z koordinatı, Z eksenindeki minimum ve maksimum değerler, maksimum cevap zamanı, sistem kullanım oranı, minimum çıktı düzeyi, iki koridor arasındaki mesafenin yarısı girilmesi gereken diğer değerlerdir.

Ürünler için koridor no ve hücre noları şöyledir; Kapı rafı 1. koridor ve 614. hücre, Tel raf 1. koridor ve 519. hücre, Su Tahliye Hortumu 2. koridor ve 429. hücre, Alt Mentеше 4. koridor ve 521. hücre. Parçaların koridor ve hücre noları ve diğer değerler girilmiş ve sonuç şöyle çıkmıştır;

OD/ÇS Tez Uygulaması Buşra Taşkan

Kapı Rafı	Tel Raf	Su Tahliye Hortumu	Alt Mentеше
Koridor No: 1	Koridor No: 1	Koridor No: 2	Koridor No: 4
Hücre No: 614	Hücre No: 519	Hücre No: 429	Hücre No: 521

KORDİNAT VERİLERİ HESAPLAMAYA BAŞLIYOR

ÜRÜN 1'in Yüğü X Değeri: 2
 ÜRÜN 1'in Yüğü Y Değeri: 64
 ÜRÜN 1'in Yüğü Z Değeri: 22

ÜRÜN 2'in Yüğü X Değeri: 2
 ÜRÜN 2'in Yüğü Y Değeri: 164
 ÜRÜN 2'in Yüğü Z Değeri: 10

ÜRÜN 3'in Yüğü X Değeri: 6
 ÜRÜN 3'in Yüğü Y Değeri: 124
 ÜRÜN 3'in Yüğü Z Değeri: 2

ÜRÜN 4'in Yüğü X Değeri: 14
 ÜRÜN 4'in Yüğü Y Değeri: 12

X HIZ: 100 m / dk
 Y HIZ: 100 m / dk
 Z HIZ: 50 m / dk
 G_C_Z: 0 Metre
 Zmin: 0.4 Başlangıç
 Zmax: 7.65 değeri
 T: 2 Dakika
 U: 70 %
 S: 33 İşlem
 B: 1.5 Metre

Bekleme Noktası İşlem Hacmi
(6 , 28 , 11) 64

Koridor ve Hücre Noları 1 HESAPLA

ÖRNEK VERİLER 1
 ÖRNEK VERİLER 2

Şekil 4.6. Modelin algoritmasının visual basic 2008 programındaki ilk örnek verilerle arayüzü

Yukarıda görüldüğü gibi $T=2$ ve $S=33$ için bekleme noktası $(X_t, Y_t, Z_t) = (6, 28, 11)$ ve işlem hacmi $R_{ht}=R_{cs}=64$ çıkmıştır. Şimdi T değerini 3 ve S değerini 30 olarak değiştirelim. Sonuç aşağıda görüldüğü gibidir;

OD/ÇS Tez Uygulaması Buşra Taşkan

Kapı Rafi	Tel Raf	Su Tahliye Hortumu	Alt Menteşe
Koridor No: 1	Koridor No: 1	Koridor No: 2	Koridor No: 4
Hücre No: 614	Hücre No: 519	Hücre No: 429	Hücre No: 521

KORDİNAT VERİLERİ HESAPLAMAYA BAŞLIYOR

ÜRÜN 1'in Yüğü X Değeri: 2
 ÜRÜN 1'in Yüğü Y Değeri: 64
 ÜRÜN 1'in Yüğü Z Değeri: 22

ÜRÜN 2'in Yüğü X Değeri: 2
 ÜRÜN 2'in Yüğü Y Değeri: 164
 ÜRÜN 2'in Yüğü Z Değeri: 10

ÜRÜN 3'in Yüğü X Değeri: 6
 ÜRÜN 3'in Yüğü Y Değeri: 124
 ÜRÜN 3'in Yüğü Z Değeri: 2

ÜRÜN 4'in Yüğü X Değeri: 14
 ÜRÜN 4'in Yüğü Y Değeri: 12

X HIZ: 100 m / dk
 Y HIZ: 100 m / dk
 Z HIZ: 50 m / dk
 G_C_Z: 0 Metre
 Zmin: 0.4 Başlangıç
 Zmax: 7.65 değeri
 T: 3 Dakika
 U: 70 %
 S: 30 İşlem
 B: 1.5 Metre

Bekleme Noktası **İşlem Hacmi**
 (2 , 18 , 11) 32

Koridor ve Hücre Noları 1 **HESAPLA**

ÖRNEK VERİLER 1
 ÖRNEK VERİLER 2

Şekil 4.7. Modelin algoritmasının visual basic 2008 programındaki ikinci örnek verilerle arayüzü

Bekleme noktası $(X_t, Y_t, Z_t) = (2, 18, 11)$ olarak değişmiş ve işlem hacmi $R_{ht}=R_{cs}=32$ 'e düşmüştür. Bu şekilde örnekler çoğaltılabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

OD/ÇS malzemelerin depolama ve çekme işlemlerini bilgisayar kontrolü altında otomatik vinçler kullanarak gerçekleştiren sistemlerdir. Sistem, genellikle barkod teknolojisini kullanarak gelen her malzeme için uygun bir depolama yeri tespit eder ve vinci o yere doğru yönlendirir. Herhangi bir malzeme isteği olduğu zaman da, bilgisayar o malzemenin nerede depolandığını belirleyerek vinci o malzemeyi getirmek üzere harekete geçirir. Raflar, vinçler, koridorlar, G/Ç noktaları ve toplama noktaları OD/ÇS'nin temel bileşenleridir. OD/ÇS'lerin kullanımının otomatik olmayan sistemlere göre çeşitli avantajları vardır. Yer alanında ve işçi maliyetlerinde tasarruflar, artan güvenilirlik ve azalmış hata oranları verilebilecek örneklerdir. Yüksek yatırım maliyetleri, daha az esneklik ve kontrol sistemlerindeki daha yüksek yatırımlar görünür dezavantajlardır.

Kontrol politikaları OD/ÇS tarafından gerçekleştirilen eylemleri belirleyen yöntemlerdir. Tipik olarak, bir OD/ÇS operasyonu her biri eylemlerin özel bir alt kümesiyle ilgilenen böyle kontrol politikalarının uyumlu bir grubu tarafından yönetilir.

Boş bir vincin bekleyeceği yer bekleme noktası politikası tarafından belirlenir. Bekleme noktası bir sonraki talebi karşılamada seyahat edilecek zamanı en küçükleyecek ve çıktı düzeyini en büyükleyecek biçimde seçilir.

Bu çalışmada, kontrol politikalarından biri olan bekleme noktası politikasının OD/ÇS'nin performansına etkisini incelemek amacıyla, bekleme noktası yeri belirlemek için bir ağırlıklı hedef programlama modeli önerilmiştir. Önerilen modelin algoritması Visual Basic 2008'de programlanarak, bir buzdolabı firmasında tek mekikli bir OD/ÇS'ye uygulanmıştır.

Çalışmada aynı ürünler için farklı T değerine göre bekleme noktasının ve farklı S değerine göre çıktı düzeyinin nasıl değiştiği gösterilmiştir. Aynı ürün için girilen

farklı T değerlerine göre bekleme noktası ve farklı S değerine göre çıktı düzeyi değişebileceği gibi değişmeyebilir de.

Bu çalışmada OD/ÇS’de bekleme noktası probleminin çözümüne farklı bir bakış açısıyla yaklaşılmaya çalışılmış ve problemin çözümünde araç olarak hedef programlama modeli kullanılmıştır. İncelendiği kadarıyla OD/ÇS’de bekleme noktası belirleme probleminde hedef programlama modelinin kullanımını içeren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan çalışmanın bu yönüyle ilgili literatüre önemli bir katkı sağladığı düşünülmektedir.

OD/ÇS yabancı literatürde üzerinde çok çalışılmış bir konu olmasına rağmen bu konu üzerine Türkçe literatürde fazla bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu bağlamda OD/ÇS Türkçe literatürde oldukça umut vadeden bir konudur. Gözlemlenebildiği kadarıyla OD/ÇS’de bekleme noktası belirleme konusu yabancı literatürde çok fazla çalışılmamıştır. Bu bağlamda ileriki çalışmalarda bu problemin daha verimli şekilde çözümüne yönelik yeni teknikler geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Aksin, R.G., Standridge, C. R., “Modeling and Analysis of Manufacturing Systems”, **John Wiley Sons**, (1993).
2. Allen, S.L., “A selection guide to AS/RS systems”, **Industrial Engineering**, 24(3): 28-31 (1992).
3. Azzi, A., Battini, D., Faccio, M., Persona, A., Sgarbossa, F., “Innovative travel time model for dual-shuttle automated storage/retrieval systems”, **Computers& Industrial Engineering**, 61(3): 600-607 (2011).
4. Banks, J., Carson II, J.S., Nelson, B.L., Nicol, D. M., “Discrete-Event System Simulation 5th ed.”, **Pearson**, (2010).
5. Bargiotas, D., Ktena, A., Manasis, C., Ladoukakis, O., “A scalable low-cost automated storage&retrieval system”, **IEEE Transactions On Systems, Signals And Image Processing**, 1-4 (2009).
6. Bessenouci, H.N., Sari, Z., Ghomri, L., “Metaheuristic based control of a flow rack automated storage retrieval system”, **Journal Of Intelligent Manufacturing**, 1-10 (2010).
7. Blaz, Z., Janez, Z., “Metaheuristics in automated storage and retrieval systems”, **Mathematical Methods In Economics 2005**, 427-432 (2005).
8. Bozer, Y.A., Schorn, E.C., Sharp, G.P., “Geometric approaches to solve the Chebyshev traveling salesman problem”, **IIE Transactions**, 22(3): 238-254 (1990).
9. Bozer, Y.A., White, J.A., “Travel-time models for automated storage/retrieval systems”, **IIE Transactions**, 16(4): 329–338 (1984).
10. Chang, S.-H., Egbelu, P.J., “Relative pre-positioning of storage/retrieval machines in automated storage/retrieval systems to minimize maximum system response time”, **IIE Transactions**, 29: 303–312 (1997).
11. Chang, S.-H., Egbelu, P.J., “Relative pre-positioning of storage/retrieval machines in automated storage/retrieval system to minimize expected system response time”, **IIE Transactions**, 29: 313–322 (1997).
12. Chen, C., Huang, S.-Y., Hsu, W.-J., Toh, A.C., Loh, C.K., “Platform-based AS/RS for container storage”, **IEEE Transactions On Robotics And Automation**, 1: 181-187 (2003).

13. Chetty, O. V. K., Reddy, M. S., "Genetic algorithms for studies on AS/RS integrated with machines", ***International Journal Of Advanced Manufacturing Technology***, 22: 932-940 (2003).
14. Dahua, Q., Guoquan, C., Zhuan, W., "The study of optimal goods distribution of automated storage/retrieval system", ***2009 International Conference On Information Management, Innovation Management And Industrial Engineering (ICIII 2009)***, 2: 461-465 (2009).
15. Dooly, D.R., Lee, H.F., "A shift-based sequencing method for twin-shuttle automated storage and retrieval systems", ***IIE Transactions (Institute Of Industrial Engineers)***, 40(6): 586-594 (2008).
16. Dotoli, M., Fanti, M. P., "Performance-based comparison of control policies for automated storage and retrieval systems modelled by coloured petri nets", ***IEEE Transactions On Emerging Technologies And Factory Automation***, 1: 299-306 (2003).
17. Dotoli, M., Fanti, M. P., "Deadlock detection and avoidance strategies for automated storage and retrieval systems", ***IEEE Transactions On Systems, Man And Cybernetics***, 37(4): 541-552 (2007).
18. Dotoli, M., Fanti, M. P., Iacobellis, G., "Comparing deadlock detection and avoidance policies in automated storage and retrieval systems", ***IEEE Transactions On Systems, Man And Cybernetics***, 2: 1607-1612 (2004).
19. Eben-Chaime, M., "Operations sequencing in automated warehousing systems", ***International Journal Of Production Research***, 30(10): 2401-2409 (1992).
20. Egbelu, P.J., "Framework for dynamic positioning of storage/retrieval machines in an automated storage/retrieval system", ***International Journal Of Production Research***, 29(1): 17-37 (1991).
21. Egbelu, P.J., Wu, C.T., "A comparison of dwell point rules in an automated storage/retrieval system", ***International Journal Of Production Research***, 31(11): 2515-2530 (1993).
22. Eldemir, F., Graves, R.J., Malmberg, C.J., "New cycle time and space estimation models for automated storage and retrieval system conceptualization", ***International Journal Of Production Research***, 42(22): 4767-4783 (2004).
23. Elsayed, E.A., Stern, R.G., "Computerized algorithms for order processing in automated warehousing systems", ***International Journal Of Production Research***, 21(4): 579-586 (1983).

24. Fohn, S.M., Greef, A.R., Young, R.E., O'Grady, P.J., "A constraint-system shell to support concurrent engineering approaches to design", **Artificial Intelligence in Engineering**, 9(1): 1-17 (1994).
25. Foley, R. D. , Frazelle, E. H. , Park, B. C .,"Throughput bounds for miniload automated storage/retrieval systems", **IIE Transactions**, 34: 915-920 (2002).
26. Graves, S.C., Hausman, W.H., Schwarz, L.B., "Storage-retrieval interleaving in automatic warehousing systems", **Management Science**, 23(9): 935-945 (1977).
27. Groover, M.P., "Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing", **Prentice Hall**, (2001).
28. Guo, S.-M., Liu, T.-P., "An evaluation of storage assignment policies for twin shuttle AS/RS", **IEEE Transactions On Management Of Innovation And Technology**, 197-202 (2010).
29. Han, M.H., McGinnis, L.F., Shieh, J.S., White, J.A., "On sequencing retrievals in an automated storage/retrieval system", **IIE Transactions**, 19(1): 56-66 (1987).
30. Hausman, W.H., Schwarz, L.B., Graves, S.C., "Optimal storage assignment in automatic warehousing systems", **Management Science**, 22(6): 629-638 (1976).
31. Heskett, J.L., "Cube-per-order-index- a key to warehouse stock location", **Transportation And Distribution Management**, 4: 23-30 (1963).
32. Heskett, J.L., "Putting the cube-per-order index to work in warehouse layout", **Transportation And Distribution Management**, 4: 23-30 (1964).
33. Hsieh, S., Tsai, K.C., "A BOM oriented class-based storage assignment in an automated storage/retrieval system", **International Journal Of Advanced Manufacturing Technology**, 17: 683-691 (2001).
34. Hu, K.-Y., Chang, T.-S., "An innovative automated storage and retrieval system for B2C e-commerce logistics", **International Journal Of Advanced Manufacturing Technology**, 48: 297-305 (2010).
35. Hu, Y.-H., Huang S. Y., Chen, C., Hsu, W.-J., Toh, A. C., Loh, C. K., Song, T., "Travel time analysis of a new automated storage and retrieval system", **Computers & Operations Research**, 32(6): 1515-1544 (2005).
36. Hu, Y., Zhu, Z., Hsu, W., "AS/RS based yard and yard planning", **Journal Of Zhejiang University Science A**, 9(8): 1083-1089 (2008).

37. Hu, Y.H., Zhu, Z.D., Hsu, W.-J., "Load shuffling algorithms for split-platform AS/RS", ***Robotics and Computer-Integrated Manufacturing***, 26: 677-685 (2010).
38. Hur, S., Lee, Y. H., Lim, S. Y., Lee, M. H., "A performance estimation model for AS/RS by M/G/1 queuing system", ***Computers&Industrial Engineering***, 46: 233-241 (2004).
39. Hwang, H., Baek, W., Lee, M.K., "Clustering algorithms for order picking in an automated storage and retrieval system, ***International Journal Of Production Research***, 26(2): 189-201 (1988).
40. Hwang, H., Lee, M.K., "Order batching algorithms for a man-on-board automated storage and retrieval system", ***Engineering Costs and Production Economics***, 13: 285-294 (1988).
41. Hwang, H., Lim, J.M., "Deriving an optimal dwell point of the storage/retrieval machine in an automated storage/retrieval system", ***International Journal Of Production Research***, 31(11): 2591-2602 (1993).
42. Inman, R.R., "AS/RS sizing for recreating automotive assembly sequences", ***International Journal Of Production Research***, 41(5): 847-863 (2003).
43. Janilionis, V.V., Bazaras, Z., "Investigation of split-platform automated storage/retrieval system performance", ***Intelligent Technologies In Logistics And Mechatronics Systems***, 142-148 (2010).
44. Keserla, A., Peters, B.A., "Analysis of dual-shuttle automated storage/retrieval systems", ***Journal Of Manufacturing Systems***, 13(6): 424-434 (1994).
45. Kuo., P.-H., Krishnamurthy, A., Malmborg, C.J., "Design models for unit load storage and retrieval systems using autonomous vehicle technology and resource conserving storage and dwell point policies", ***Applied Mathematical Modelling***, 31(10): 2332-2346 (2007).
46. Lee, H.F., Chung, E., "A set-based scheduling problem for square rack automated storage and retrieval systems", ***IEEE Transactions On Service Operations And Logistics And Informatics***, 393-398 (2006).
47. Lee, C., Huang, H. C., Goldsman, P., "Reservation storage policy for AS/RS at air cargo terminals", ***IEEE Transactions***, 6 (2005).
48. Lee, Y. H., Lee, M. H., Hur, S., "Optimal design of rack structure with modular cell in AS/RS", ***International Journal Production Economics***, 98: 172-178 (2005).

49. Lerher, T., Šraml, M., Potrč, I., “Simulation analysis of mini-load multi-shuttle automated storage and retrieval systems”, ***International Journal Of Advanced Manufacturing Technology***, 54: 337-348 (2011).
50. Lerher, T., Šraml, M., Potrč, I., Tollazzi, T., “Travel time models for double-deep automated storage and retrieval systems”, ***International Journal Of Production Research***, 48(11): 3151-3172 (2010).
51. Lin, C.-W. R., Tsao, Y.-Z., “Dynamic availability-oriented control of the automated storage/retrieval system. A computer integrated manufacturing perspective”, ***International Journal Of Advanced Manufacturing Technology***, 29: 948-961 (2006).
52. Liu, S., Wang, Q., Jin, L., “An optimization model for storage location problem in the automated storage and retrieval system”, ***IEEE Transactions On Control And Decision Conference***, 3904-3909 (2011).
53. Ma, X., Zhao, L., Schulze, L., “Performance of automated storage/retrieval systems under stochastic demand using queueing theory”, ***International Journal Of Innovative Computing, Information And Control***, 5(12): 4469-4477 (2009).
54. Manzini, R., Gamberi, M., Regattieri, A., “Design and control of an AS/RS”, ***International Journal Of Advanced Manufacturing Technology***, 28: 766-774 (2006).
55. Meller, R.D., Mungwattana, A., “Multi-shuttle automated storage/retrieval systems”, ***IIE Transactions***, 29: 925-938 (1997).
56. Meller, R.D., Mungwattana, A., “AS/RS dwell-point strategy selection at high system utilization: a simulation study to investigate the magnitude of the benefit”, ***International Journal Of Production Research***, 43(24): 5217-5227 (2005).
57. Meyers, F.E., Stephens, M.P., “Manufacturing Facilities Design and Material Handling”, ***Prentice Hall***, (1993).
58. Moon, G., Kim, G.-P., “Effects of relocation to AS/RS storage location policy with production quantity variation”, ***Computers & Industrial Engineering***, 40: 1-13 (2001).
59. Murty, K., “Linear and Combinatorial Programming”, ***Wiley***, New York, (1976).
60. Park, B.C., “Analytical models and optimal strategies for automated storage/retrieval system operations”, Dكتورا Tezi, ***Georgia Institute Of Technology***, Atlanta, (1991).

61. Park, B.C., "Optimal dwell point policies for automated storage/retrieval systems with dedicated storage", *IIE Transactions*, 31: 1011–1013 (1999).
62. Park, B.C., "An optimal dwell point policy for automated storage/retrieval systems with uniformly distributed, rectangular racks", *International Journal Of Production Research*, 39(7): 1469–1480 (2001).
63. Park, B.C., "Performance of automated storage/retrieval systems with non-square-in-time racks and two-class storage", *International Journal Of Production Research*, 44(6): 1107–1123 (2006).
64. Park, B.C., Foley, R.D., Frazelle, E.H., "Performance of miniload systems with two-class storage", *European Journal Of Operational Research*, 170: 144–155 (2006).
65. Peters, B.A., Smith, J.S., Hale, T.S., "Closed form models for determining the optimal dwell point location in automated storage and retrieval systems", *International Journal Of Production Research*, 34(6): 1757–1771 (1996).
66. Potre, I., Lerher, T., Kramberger, J., Sraml, M., "Simulation model of multi-shuttle automated storage and retrieval systems", *Journal Of Materials Processing Technology*, 157–158: 236–244 (2004).
67. Rashid, M. M., Kasemi, B., Rahman, M., "New automated storage and retrieval system (ASRS) using wireless communications", *IEEE Transactions On Mechatronics*, 1–7 (2011).
68. Rau, H., Yin, Y.-L., "Dual commands dispatching of a class-based unit-load automated storage and retrieval system using multi-pass simulation with generic algorithm", *International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 33: 530–539 (2007).
69. Roodbergen, K. J., Vis, I. F. A., "A survey of literature on automated storage and retrieval systems", *European Journal Of Operational Research*, 194: 343–362 (2009).
70. Sari, Z., Grasman, S.E., Ghouali, N., "Impact of pickup/delivery stations and restoring conveyor locations on retrieval time models of flow-rack automated storage and retrieval systems", *Production Planning and Control*, 18(2): 105–116 (2007).
71. Sari, Z., Saygin, C., Ghouali, N., "Travel-time models for flow-rack automated storage and retrieval systems", *International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 25: 979–987 (2005).
72. Singh, N., "System Approach To Computer Integrated Design And Manufacturing", *John Wiley Sons*, (1996).

73. Terry, W.R., Rao, H.R., Son, J.Y., “Application of a computer-based approach to designing real-time control software for an integrated robotic assembly and automated storage/retrieval system”, ***International Journal Of Production Research***, 26(10): 1593-1604 (1988).
74. Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Tanchoco, J.M.A., “Facilities Planning 3rd ed.”, John Wiley&Sons, (2003).
75. Van den Berg, J.P., “Analytic expressions for the optimal dwell point in an automated storage/retrieval system”, ***International Journal Of Production Economics***, 76(1): 13–25 (2002).
76. Vasili, M.R., Tang, S.H., Sulaiman, S., Ismail, N., “A statistical travel time model for miniload automated storage and retrieval systems with open-rack structure”, ***Proceedings Of The 2008 International Conference On Artificial Intelligence, ICAI 2008 And 2008 International Conference On Machine Learning; Models, Technologies And Applications***, 715-721 (2008).
77. Wen, U.P., Chang, D., Chen, S.P., “The impact of acceleration/deceleration on travel-time models in class-based automated S/R systems”, ***IIE Transactions***, 33: 599-608 (2001).
78. Xing, B., Gao, W.-J., Nelwamondo, F.V., Battle, K., Marwala, T., “Ant colony optimization for automated storage and retrieval system”, ***Evolutionary Computation (CEC) on 2010 IEEE Congress***, 1-7 (2010).
79. Xu, D., Shi, N., Cheung, R. K., “Heavy traffic analysis of a single vehicle loop in an automated storage and retrieval system”, ***Springer***, 29: 489-512 (2007).
80. Xu, X., Wang, Z., Wang, Y., Cao, X., Liang, Y., Wu, Y., “A novel modeling design method for automated storage and retrieval system based on petri nets”, ***IEEE Transactions On Automation And Logistics***, 2046-2051 (2007).
81. Yahong, H., Ying, H.S., Chuanyu, C., Wen-Jing, H., Cheong, T.A., Kit, L.C., Tiancheng, S., “Travel time analysis of a new automated storage and retrieval system”, ***IEEE Transactions On Emerging Technologies And Factory Automation***, 1: 75-81 (2003).
82. Yin, Y.-L., Rau, H., “Dynamic selection of sequencing rules for a class-based unit-load automated storage and retrieval system”, ***International Journal Of Advanced Manufacturing Technology***, 29: 1259-1266 (2006).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TAŞKAN, Buşra
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 05.05.1986 Mardin
Telefon : 0 436 213 00 13
Faks : 0 436 213 00 28
e-mail : b.taskan@yahoo.com

Eğitim Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği Bölümü	2012
Lisans	Kırıkkale Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği Bölümü	2008
Lise	Yavuz Sultan Selim Anadolu Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-....	Muş Alparslan Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce