



**ÜRETİM SİSTEMLERİNDE DEPO OPERASYONLARININ
İYİLEŞTİRİLMESİ İÇİN BİR BİLGİ SİSTEMİNİN
TASARLANMASI VE GELİŞTİRİLMESİ**

Volkan ÇETİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Volkan ÇETİN

12 /08/2022

ÜRETİM SİSTEMLERİNDE DEPO OPERASYONLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ BİR
BİLGİ SİSTEMİNİN TASARLANMASI VE GELİŞTİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Volkan ÇETİN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2022

ÖZET

Yalın düşüncenin amacı, mümkün olduğunca fazla israftan kurtulmaktır. 7 israf; aşırı üretim, gereksiz taşıma, istenmeyen hareket, gereksiz bekleme, gereksiz işleme, fazla stok ve hatalar olarak nitelendirilmektedir. Bu tezin amacı, satılacak veya üretilecek ürünleri depodaki stok adreslerinden toplayacak personel için taşıma kutusu sayısını ve depo içerisindeki en kısa malzeme toplama rotasını belirleyerek israfı azaltmaktır. Bu kapsamda, malzeme taşıma kutularının sayısı, malzemelerin kutu içerisindeki dizilimlerinin belirlenmesi ve depodan malzeme toplama faaliyetlerinde en kısa rotanın bulunması için bir bilgi sistemi sunulmaktadır. Bu çalışmada, en kısa rotaya Gezgin Satıcı Problemi (GSP) ile ulaşılırken Büyük Komşuluk Algoritması ile de gerekli taşıma kutusu miktarı, çeşidi ve kutu içi malzeme dizilimleri bulunarak sonuca ulaşılmıştır. Uygulama, Ankara ilinde elektromekanik ürün üreten bir işletmede gerçekleştirilmiştir. Malzemeleri toplayan personelin tecrübesi ve sezgisi ile gerçekleştirilen bu işlemler uygulanan Malzeme Toplama Bilgi Sistemi (MTBS) ile %52 oranında malzeme toplama süresinde, %39 oranında malzeme toplama rotasında iyileştirme sağlanmıştır. MTBS, benzer faaliyetler gerçekleştiren tüm sistemlerin depo operasyonlarını düzenleyecek kapasitededir.

Bilim Kodu : 114602

Anahtar Kelimeler : Yönetim bilgi sistemi, depo yönetimi, en kısa yol, üç boyutlu
paketleme

Sayfa Adedi : 75

Danışman : Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM TO IMPROVE
WAREHOUSE OPERATIONS IN PRODUCTION SYSTEMS

(M. Sc. Thesis)

Volkan ÇETİN

GAZİ UNIVERSITY
INFORMATICS INSTITUTE

August 2022

ABSTRACT

The purpose of lean thinking is to get rid of as much waste as possible. 7 wastes are characterized as excessive production, unnecessary carrying, unwanted move, unnecessary waiting, useless processing, excess inventory, and errors. The goal of this thesis is to reduce waste by determining the number of picking boxes and the shortest path around the warehouse for staff who will pick products to be sold or produced. In this context, an information system is presented to determine the number of material transport boxes, the arrangement of materials in the box, and the shortest route in material picking activities from the warehouse. In this study, while the shortest route is reached with the Traveling Salesman Problem (GSP), the required transport box amount, type and material sequences are found with the Great Neighborhood Algorithm and the result is reached. The application was carried out in an enterprise producing electromechanical products in Ankara. With the Material Picking Information System, which was implemented with the experience and intuition of the personnel picking the materials, an improvement was achieved in the material collection time of 52% and in the material collection route of 39%. The proposed Material Picking Information System is capable of regulating the warehouse operations of all systems that perform similar activities.

Science Code : 114602

Key Words : Management information system, warehouse management, three dimensional packing

Page Number : 75

Supervisor : Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile daima bana yol gösteren, değerli bilgi ve tecrübeleriyle beni aydınlatan ve desteklerini hiç esirgemeyen değerli danışmanlarım Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN ve Öğr. Gör. Dr. Başak GÖK hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Benden hiçbir zaman sevgi ve desteklerini esirgemeyen, bu hayattaki en büyük şansım olan eşim Kübra BAYSAL ÇETİN'e sevgilerimi ve şükranlarımı sunarım. Beni bugünlere getiren, eğitim hayatım süresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	3
2.1. Bilgi Kavramları	3
2.1.1. Veri (Data)	3
2.1.2. Bilgi (Information)	4
2.1.3. Üst bilgi (Knowledge).....	5
2.2. Bilgi Sistemleri ve Üretim Tesislerindeki Bilgi Sisteminin Rolü.....	6
2.3. Depo ve Depolama Kavramı.....	7
2.4. Literatür Taraması.....	9
3. METOT	13
3.1. Problemin Tanımı ve Sistem Beklentileri.....	13
3.2. Mevcut Sistemin Tanımı ve Sınırlılıkları	13

	Sayfa
3.3. Veri Akış Diyagramları (VAD)	17
3.4. Kaba İlişki Diyagramının Oluşturulması.....	18
3.5. 0-Seviye Veri Akış Diyagramının Oluşturulması.....	20
3.6. Sistemin Veri Depolarının Oluşturulması ve Veri Modeli	26
3.7. Çözüm Metodu	28
3.7.1. En kısa malzeme toplama yolunun hesaplanması metodu	28
3.7.2. Malzeme taşıma kutusu ihtiyacının hesaplanması metodu	37
3.7.3. En kısa malzeme toplama yolunun ve malzeme taşıma kutusu ihtiyacının sıralı hesaplanması metodu.....	47
3.8. Depo Yöneticisi Tarafından Bilgi Sistemine Veri Girişi.....	50
3.9. Bilgi Sisteminden Depo Yöneticisine Rapor Oluşturulması	52
3.10. MTBS'nin Şirkete Sağladığı Avantajlar.....	58
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	63
KAYNAKLAR	65
EKLER.....	73
EK-1. Stok yerleri arası mesafe matrisi	73
ÖZGEÇMİŞ	75

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Bilginin sahip olması gereken nitelikler	4
Çizelge 3.1. Malzeme – stok adresi çizelgesi	15
Çizelge 3.2. Örnek malzeme listesi ve malzemelerin depo adresi çizelgesi.....	34
Çizelge 3.3. Toplaması yapılacak malzeme miktarlarının partileri	41
Çizelge 3.4. Malzemelerin boyutsal verileri çizelgesi	42
Çizelge 3.5. Malzeme taşıma kutularının boyutları çizelgesi	44
Çizelge 3.6. Örnek malzeme toplama listesi.....	48
Çizelge 3.7. Şirketin hali hazırda yürüttüğü malzeme toplama ve hazırlama faaliyetlerinin MTBS öncesi ve MTBS sonrası incelenmesi çizelgesi.....	59

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Stok adresi kodlandırılması	14
Şekil 3.2. Depo krokisi.....	14
Şekil 3.3. Taşıma kutuları (kap tipi) modelleri	17
Şekil 3.4 Sistemin kaba ilişki diyagramı.....	18
Şekil 3.5 Sistemin 0-seviye ilişki diyagramı.....	24
Şekil 3.6. 2.0 Süreci için alt seviye diyagram.....	26
Şekil 3.7. Veri giriş ara yüzü	27
Şekil 3.8. BİD gösterimi	27
Şekil 3.9. Veri modeli	28
Şekil 3.10. MS excel solver GSP uygulaması.....	31
Şekil 3.11. MS excel solver seçenekler detayları	32
Şekil 3.12. Programın kullanıcıyı ilk karşılama ara yüzü.....	33
Şekil 3.13. En kısa yol hesaplama kullanıcı ara yüzü görseli.....	34
Şekil 3.14. Örnek malzeme listesinin kullanıcı ara yüzündeki görseli.....	35
Şekil 3.15. Depo krokisi üzerinde izlenecek rotanın gösterimi	36
Şekil 3.16. Örnek malzeme listesi ile çalıştırılan en kısa yol hesaplanma sonucu kullanıcı ara yüzü rapor görseli	37
Şekil 3.17. Taşıma kutusu çeşidi ve miktar hesaplaması yapılacak örnek malzeme listesinin kullanıcı ara yüzündeki seçilmiş görseli	45

Şekil	Sayfa
Şekil 3.18. Taşıma kutusu çeşidi ve miktar hesaplaması yapılan örnek malzeme listesinin kullanıcı ara yüzündeki sonuç raporu görseli	46
Şekil 3.19. Kutuların İçindeki Malzemelerin Yerleşim Görseli	47
Şekil 3.20. En kısa malzeme toplama yolu ve malzeme taşıma kutusu ihtiyacının sıralı hesaplanmasında kullanıcı veri girişi ara yüzü görseli	49
Şekil 3.21. En kısa malzeme toplama yolu ve malzeme taşıma kutusu ihtiyacının, sıralı hesaplanmasında kullanıcı rapor ara yüzü görseli	50
Şekil 3.22. Bilgi sisteminin yönetici veri girişi ara yüzü görseli	51
Şekil 3.23. Taşıma kutusu (kap tipi) verisi girişi ara yüzü görseli	51
Şekil 3.24. Bilgi sisteminin yönetici raporu oluşturma ara yüzü görseli	53
Şekil 3.25. Taşıma kutusu çeşitleri raporu görseli	54
Şekil 3.26. Stok adresleri arası mesafe raporu görseli	54
Şekil 3.27. Malzeme stok adresleri raporu görseli.....	55
Şekil 3.28. Malzeme boyut (ebat) raporu görseli.....	56
Şekil 3.29. Miktar-kutu içi yerleşim raporu.....	57
Şekil 3.30. Depo operatörleri raporu görseli.....	58
Şekil 3.31. MTBS uygulanması ile başlangıç noktasına dönülmesi değişim grafiği	61
Şekil 3.32. MTBS uygulanması ile iş emri başına ortalama kat edilen mesafe değişim grafiği	61
Şekil 3.33. MTBS uygulanması ile malzeme kalemi başına düşen ortalama sürenin değişim grafiği	62

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

m

Metre

Kısaltmalar

Açıklamalar

DJF

Dantzig-Fulkerson-Johnson Formülasyonu

GSP

Gezgin Satıcı Problemi

KDS

Karar Destek Sistemi

KPP

Kutu Paketleme Problemi

MTBS

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

MTZ

Miller-Tucker-Zemlin Formülasyonu

VAD

Veri Akış Diyagram

1. GİRİŞ

İşletmeler bulundukları rekabet ortamında, ürün fiyatı üzerinde iyileştirmeler yapabilmek için ürün maliyetlerini düşürmeye odaklanmaktadırlar. Depolama ve malzeme transfer hareketlerini minimum seviyede tutmak, ürün maliyetini düşürücü etki göstererek işletmelere rekabet avantajı sağlamaktadır.

Herhangi bir şirket bir veya daha fazla depoya sahip olabilir. Bu depolarda maliyetleri azaltmak, müşteri hizmet seviyesini artırmak gibi konulara odaklanılmaktadır [1].

Depo yönetim sisteminin amacı; malzemelerin düzenlenmesini, yönetimini ve kontrolünü sistematik bir şekilde sağlanmasını kapsamaktadır.

Hammaddelerin, parçaların, yarı mamullerin ve ürünlerin üretim veya satış için hazırlanması ve dağıtımı, depo yönetiminin temel fonksiyonlarından birisidir. Depo operasyonları ile ilgili tüm maliyetler düşünüldüğünde, bunların %55-%65 oranlık kısmını malzeme toplama faaliyetleri oluşturmaktadır [1]. Üretime veya müşteriye malzeme hazırlama faaliyetlerinin hızlı ve doğru yapılması üretim hattının veya müşterinin malzemeleri beklemesinin önüne geçmenin yanı sıra depodaki iş gücünün verimli kullanılması konusunda da fayda sağlamaktadır. Bir deponun temel fonksiyonları:

- Malzemenin uygun koşullarda depolanması (stoklanması),
- Bir noktadan başka bir noktaya taşınması (elleçlenmesi)

depodaki ana işlevleri oluşturmaktadır. Depodaki elleçleme faaliyetlerinden birisi olan hammadde, parça, yarı mamul ve mamullerin depo içerisinden üretime veya satışa hazırlanması faaliyeti için malzemelerin ilgili depo stok adreslerinden toplanması işlemleri, depo faaliyetleri arasında ilk sırasında gelmektedir. Bu faaliyet, depolama faaliyetlerinin en büyük kısmını oluşturmaktadır. Sistem içerisinde malzemelerin toplanması ile ilgili olarak yapılacak iyileştirmeler, faaliyetin tamamına doğrudan büyük bir iyileştirme olarak yansımaktadır.

Bu çalışmada, Ankara ilinde elektromekanik ürün üreten bir işletmenin deposundaki malzeme toplama ve hazırlama faaliyetleri üzerine iyileştirme çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda, depodan malzeme toplama yolunun (rotanın) optimize edilmesi ve toplama faaliyeti öncesinde ihtiyaç olan gerekli taşıma kutusu sayısının belirlenmesi ve taşıma kutusu

içerine malzeme dizilimlerinin simülasyon yardımı ile kullanıcıya sağlanması amacıyla bir Malzeme Toplama Bilgi Sistemi (MTBS) geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen ölçümler ile de sistemin kalifikasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şirket malzeme toplama ve hazırlama faaliyetlerinde yaklaşık %50 iyileştirme sağlanmıştır. MTBS ile birlikte işletmenin gereksiz faaliyetlerinden kaynaklanan kayıplarının azaldığı ve işletmeye piyasada rekabet avantajı sağladığı gözlemlenmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada, bilgi sistemi tarafından kullanılan analitik modeller mevcuttur. Ancak çalışma bir Karar Destek Sistemi (KDS) olarak adlandırılmamıştır. Bir KDS genellikle yarı yapılandırılmış veya yapılandırılmamış kararlarla ilgilenmektedir [2]. Genellikle de KDS, taktik ve stratejik seviye yöneticilere karar desteği sağlamaktadır. Fakat bu çalışmada üretilen raporlar stratejik olmayan günlük rutin raporlardır. Bu sebeple, geliştirilen sistem, analitik bir model kullanmasına rağmen bir yönetim bilgi sistemi olarak değerlendirilebilir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde, bilgi sisteminin tasarlanması ve geliştirilmesi kapsamındaki kuramsal çerçeve ele alınmıştır.

2.1. Bilgi Kavramları

Tarih boyunca hayatta kalabilmek ve varlığını devam ettirebilmek, temel yaşam ihtiyaçlarını giderebilmek, sosyalleşmek ve gelişimini sağlamak için insanoğlu bilgiye ihtiyaç duymuştur. Edindiği bilgileri ise gelecek nesillere aktarmak için çaba sarf etmiştir. Bilginin oluşturulması, kayıt altına alınması ve aktarılması ilk dönemlerde duvarlardaki resimler vasıtasıyla olmuştur. Kâğıdın ve matbaanın keşfi ile bilgi paylaşımı hız kazanmıştır. İlkel toplumdan tarım toplumuna, ardından sanayi toplumuna ve son olarak da teknolojiye yaşanan gelişmeler ile birlikte bilgi toplumuna geçiş sağlanmıştır.

Alvin Toffler'e (2011) göre, geleceğin cahilleri okuma yazma bilmeyenler değil, bilgiye nasıl ulaşacaklarını bilmeyenler olacaktır [3]. Thomas A. Stewart (2007) ise; “içinde yaşadığımız çağda zenginliğin bilginin ürünü olduğunu, bilginin ekonominin başlıca hammaddesi ve en önemli ürünü haline geldiğini, günümüzde zenginlik yaratmak için gerek duyulan sermaye varlıklarının arazi, bedensel emek, imalat aletleri ve fabrikalar değil, bilgi olduğunu” öne sürmektedir [4].

2.1.1. Veri (Data)

Verinin, İngilizcedeki karşılığı olan “data”, Latince “datum” kelimesinden “vermeye cesaret etmek” fiilinin geçmiş zamanı olan “verilen şey” anlamından gelmektedir. M.Ö. 300 yıllarında Öklit'in bir eseri olan Latince Dedomena (Data) eserinde veri kavramının geçtiği bilinmektedir. Dilimizde de ise “veri”, “verilen şey” anlamında kullanılmaktadır [5]. Veri ile ilgili olarak literatürde aşağıdaki bazı kavramlar mevcuttur:

- Barutçugil (2002)'e göre, “Veri, olaylara ilişkin nesnel gerçekler olup bu gerçekler birbirleriyle ilişkilendirilmemiştir. Örgütsel hedeflere uygun olarak işlemlerin yapılandırılmamış bir biçimde kaydedilmesi anlamını taşımaktadır. Yorumlanmamış gözlemler ve işlenmemiş gerçekler verinin özünü oluşturur” [6].

- Akgün ve Keskin (2003)'e göre, “Veri işlenmemiş, ham parçalardır. Veri ve enformasyon, beyin dışından transfer edilen, alınan ve kaydedilen formlardır” [7].
- Hariharan ve Khaneja (2003)'e göre, “Veriler herhangi bir içerikten yoksun ve tek başına bir anlam taşımayan formlardır” [8].
- Gökçen (2011)'e göre, “Olgular üzerinde yapılan gözlemlerin sonucu ve bu anlamda bilginin üretildiği hammadDEDİR. Kullanıcı için herhangi bir anlam ifade etmeyen olgular ve şekillerdir.” [9].

2.1.2. Bilgi (Information)

Gökçen (2011)'e göre bilgi, “Bilgi, karar vermede faydalı olacak şekilde verinin dönüştürülmesi ve analiz edilmesiyle anlamlı hale getirilmesidir. Bilgi, işlenmiş ve anlamlı hale getirilmiş veri olarak ifade edilir. Bilgi; kim, ne, nerede, ne zaman ve kaç tane sorularını cevaplandırır. Nasıl yapılacağından ziyade ne yapılacağına karar verilmesine yardımcı olur.” şeklinde ifade edilmiştir [10].

Bilgi, ancak karar vericilerin amaçlarını karşıladığı sürece bir anlam taşıyacağından kişisel ve örgütsel karar vermede kullanılacak bilginin belirli niteliklere sahip olması gerekir. Bilginin değerini belirleyen faktörleri Çizelge 2.1.'deki gibi göstermek mümkündür.

Çizelge 2.1. Bilginin sahip olması gereken nitelikler [12]

Nitelik	Açıklama
Doğruluk	Bilgi hatalardan arındırılmış olmalıdır. Bilginin gerektirdiği doğruluk derecesi, kararın amacına ve niteliğine göre farklılık gösterecektir. Bilginin doğruluk derecesi, karar vermek için sahip olunan zamana ve bilgiyi elde etmenin maliyetine bağlıdır.
Uygunluk	Bilgi, karar verilen konu veya konularla ilgili olmalıdır. Her yönetim kademesi ve fonksiyonel birim için gerekli bilginin kapsamı ve detayı farklılık gösterecektir.

Çizelge 2.1. (devam) Bilginin sahip olması gereken nitelikler [12]

Nitelik	Açıklama
Zamanlılık	Bilgi gerekli yer ve zamanda hazır olmalıdır. Bilgi doğru ve uygun olma- sına rağmen zamanında gelmemişse bir anlamı yoktur. Zamanlılık, özellikle koşulların sürekli bir şekilde değişmesinden etkilenen kararların verilmesinde önemli olmaktadır.
Noksansızlık	Karar vericiye sunulan bilgi tam ve eksiksiz olmalıdır.
Denetlenebilirlik	Bilgi, bilginin doğruluğunu ve noksansızlığını belirlemeye uygun olmalıdır. Bilginin doğruluğu ve noksansızlığı, doğru olarak kabul edilen bilgi ile karşılaştırılarak belirlenebilir. Ancak bilginin doğruluğu genellikle bilginin orijinal kaynağına inilerek belirlenebilir.
Kısalık	Bilginin içeriği olabildiğince öz ve kısa olmalıdır. Bilginin kapsamı genişledikçe gereksiz ayrıntılardan dolayı karar vermek güçleşecektir.
Ekonomiklik	Bilginin bir maliyeti vardır. Bu nedenle bilgi, üretilmesi beklenen değerden daha pahalı olmamalıdır.

2.1.3. Üst bilgi (Knowledge)

Gökçen (2011)'e göre üst bilgi, “Talimatlar ile uzmanlık ve teknik bilgi (know-how) den oluşmaktadır. Üst bilgi, “nasıl” sorusunu cevaplamaktadır. Üst bilgi, veri ve bilginin, insanların yetenekleriyle, eğitimleriyle, birimleriyle, deneyimleriyle, fikirleriyle, düşünceleriyle, sezgileriyle, sorumluluklarıyla ve güdülerıyla bütünleşmiş ve özelleşmiş biçimdir. Öğrenmenin sonucudur. Başka bir ifadeyle, şeyler ya da kavramlar hakkında genel olarak sahip olunan görüştür ve sistemlerin ve çerçevelerin işleyişini düzenleyen kuralların bilgisidir.” şeklinde tanımlanmaktadır [9].

Davenport ve Prusak (2001) ise üst bilgiyi, “belli bir düzen içindeki deneyimlerin, değerlerin, amaca yönelik bilginin ve uzmanlık görüşünün, yeni deneyimlerin ve bilginin bir

araya getirilip değerlendirilmesi için bir çerçeve oluşturan esnek bir bileşimdir. Üst bilgi bilenlerin beyinlerinde ortaya çıkar ve orada uygulamaya geçirilir. Kuruluşlarda genellikle yalnızca belgelerde ya da dolaplarda değil rutin çalışmalarda, süreçlerde, uygulamalarda ve normlarda kendini gösterir” şeklinde detaylandırarak tanımlamışlardır [10].

Özer (2011)’e göre “Üst bilgi, kişinin veriyi akıl süzgecinden geçirip kişisel deneyimleri, algıları, duyguları, doğuştan sahip olduğu yetenekleri ve almış olduğu eğitimlerin sonuçlarıyla birleştirerek karar verme, planlama, değerlendirme, analiz ve uygulama süreçlerinde yeri geldiği zaman kullanılan şeklidir.” olarak ifade edilmektedir [11].

Veri, bilgi ve üst bilgi hiyerarşisi, anlayış (understanding) ve bilgelik (wisdom) şeklinde eklenerek devam etmektedir. Anlayış, “niçin” sorusuna yanıt ararken açıklamalardan oluşmaktadır. Bilelik ise, “ne yapılmalıdır” sorusuna yanıt aramaktadır. Çıktıları algılama ve onların değerlerini belirleme yeteneğidir [9].

2.2. Bilgi sistemleri ve üretim tesislerinde bilgi sisteminin rolü

Bir bilgi sistemi, bilgi ve dijital ürünleri desteklemek için veri toplayan, depolayan ve işleyen entegre bir bileşen setidir. Ticari firmalar ve diğer kuruluşlar, operasyonlarını yürütmek ve yönetmek, müşterileri ve tedarikçileri ile etkileşim kurmak ve pazarda rekabet etmek için bilgi sistemlerine ihtiyaç duyarlar ve güvenirlir. Bilişim uzmanları tarafından bilgi sistemi ile ilgili birçok tanım yapılmıştır. Bunlardan birkaçı aşağıda verilmiştir:

- i. “Bir organizasyonda bilgiyi toplayan, dönüştüren ve yayan bir dizi insan, prosedür ve kaynak. Veri kaynaklarını girdi olarak kabul eden ve bunları çıktı olarak bilgi ürünlerine dönüştüren bir sistem.” [12].
- ii. “Bilgi üretmek için etkileşime giren bir grup bileşen. (Bir bilgi sisteminin beş bileşeni donanım, yazılım, veri, prosedürler ve insandır.)” [13].
- iii. “Bir organizasyonda karar verme, koordinasyon, kontrol, analiz ve görselleştirmeyi desteklemek için bilgi toplamak, işlemek, depolamak ve yaymak için birlikte çalışan birbiriyle ilişkili bileşenler.” [14].
- iv. “Bir bilgi sistemi, bireysel, grup, organizasyonel veya toplumsal hedefleri destekleyen, entegre ve iş birliği içinde çalışan bir yazılıma yönelik bilgi teknolojileri setidir.” [15].
- v. “Bilgi sistemleri, öncelikle mevcut veya tasarlanmış bazı gerçek dünya

sistemlerinin durumlarını ve davranışlarını modellemeyi amaçlamaktadır.” [16].

Bilgi sistemleri ve teknolojisinin etkin yönetimi, firmalara çeşitli seçenekler ve faydalar sağlamaktadır. Ürün geliştirme döngüsünün azaltılması ve pazara yeni bir ürünün hızlı bir şekilde sunulması örnek olarak verilebilir [17]. Ürün geliştirme süresinin kısalması ve yeni ürünün pazara hızlı sunulması, pazarın genişlemesi, ürün çeşidinin artması, maliyetlerin azalması, değişen ekonomik koşullara çabuk uyum sağlanması ve değişen müşteri istek ve gereksinimlerini doğru ve zamanında karşılanabilmesi, örnek olarak verilebilir [12].

Bilgi sistemleri, işletmelerde muhasebe, finansman, pazarlama ya da insan kaynakları kadar önemli ana işlev alanlarından biri olmuştur [18].

2.3. Depo ve Depolama Kavramı

Fiziksel dağıtım sürecinde hareket merkezlerinden olan depo; korunmak, saklanmak, gerektiğinde kullanılmak üzere bir şeyin konulduğu ardiye; bir şeyin çokça bulundurulduğu yerler olarak tanımlanmaktadır. Depolar, ürünlerin hammadde aşamasından üretim ortamına tüketim merkezlerine dağıtımına kadar olan bütün faaliyetler dizisinin gerçekleştirilmesinde stratejik rol oynayan ara noktalardır. Tedarik aşamasında hammaddelerin depolanması, fiziksel dağıtımda nihai ürünlerin depolanması ve diğerlerine oranla az da olsa yarı mamullerin depolanması söz konusudur [19].

Bir başka tarif ile depo, hammaddeleri, yarı mamul ve mamul maddeleri tedarik kaynaklarından teslim alan, ayrımını yapan, kayıtlarını tutan ve muhafaza ederek ihtiyacı olan iç ve dış müşterilere dağıtımını sağlayan tesislerdir [20].

Deponun fonksiyonu hizmet sağlamaktır. Ürünlerin tedarik aşamasından başlayarak tüketime kadar her aşamada depolar bulunmaktadır. Depo, lojistik sistem içinde değer ekleme alanı görevi görür. Nakliye konsolidasyonu, ürün karışımının hazırlanması vb. değer ekleyici aktiviteler depolarda gerçekleşir. Depolar ayrıca ürünlerin, maddelerin ve ürün taşıyıcılarının başka müşterilere, geri dönüşümcülere ve müşterilere tekrar dağıtımını sağlamak için müşterilerden geri dönüşümünü sağlamada da kullanılır [21].

Depolar, tedarik zinciri içinde yer alan ürünlerin korunması, stoklanması ve en verimli şekilde ilgili yerlere ulaştırılması amacıyla konumlandırıldığı alanlardır ve bu ürünlerin geçici olarak saklandığı, dizildiği, ürün tipine göre tasarımı yapılmış yardımcı işletmelerdir.

Depolar, siparişlerin monte edilmiş ve paketlenmiş olarak toplanması zorunluluğundan dolayı, yüksek stok maliyetlerine ve yüksek malzeme elleçleme maliyetlerine sahiptir, ama denetim ve esneklik gibi yararlar da sağlarlar [22].

Depolama işlevinin temel amacı, büyük miktarlarda ve müşteri siparişlerine göre düzenlenmiş mamullerin depoya pazara olan hareketlerinde kolaylık sağlamaktır.

Mallar önceden üretilip depolanmadığı zaman, malın talebi üretim hızını geçecek ve bu da satış kaybını getirecektir. Depolama üretici ve aracılardan müşterilerin ihtiyaçlarına hazır şekilde uygun yerlerde ürün bulundurmalarına imkân sağlamaktadır [23]

Lambert'e göre depolar şirketlerin amaçlarına şu şekillerde katkıda bulunurlar [24]:

- Navlun tasarrufları sağlar,
- Üretim tasarrufları sağlar,
- İşletmelerin müşteri servisi politikalarını destekler,
- Değişen pazar koşulları ve belirsizlikleri karşılar,
- Üreticiler ve tüketiciler arasında var olan yer ve zaman farklılıklarını giderir.

Depolamayı gerektiren başlıca nedenler olarak; tüketimdeki belirsizlikler ve sadece belirli mevsimlerde üretim yapılması, üretim düzeyindeki değişimler ve malların fiyatlarındaki belirsizlikler veya dalgalanmalar sayılabilir. Çoğu zaman depolama ne endüstri ne de ticaret alanında arzulanan bir şeydir; çünkü belli bir sermaye harcanması gerekmektedir. Bu yüzden depolama ve stoklama bir tercih değil bir zorunluluktur [25].

Kaynaklara ve müşteri ihtiyaçlarına göre bir deponun en önemli hedefleri şu şekilde açıklanabilir [25]:

- Depo alanının verimliliğini arttırmak
- Depo araç ve gereçlerinin kullanımı verimliliğini arttırmak
- Depo planına sadık kalmak
- Bütün mallara ulaşılabilirliği maksimuma çıkartmak.
- Bütün parçaların korunmasını sağlamak.

2.4. Literatür Taraması

Depolama problemleri literatürde genel olarak depo tasarımı ve depo operasyonları olarak gruplanmıştır [26].

- Depo tasarımı; genel yapı, boyutlandırma, departman yerleşimi, ekipman seçimi ve operasyon stratejisini içerir.
- Depo operasyonu; teslim alma ve nakliye, depolama ve sipariş toplamayı içerir.

Depolar, herhangi bir tedarik zincirinin önemli bir bileşenidir. Başlıca ana işlevleri [27]:

- Ürün dönerselliği ve/veya üretim ve nakliyede partiler oluşturma gibi faktörlerin neden olduğu değışkenliğe uyum sağlamak için tedarik zinciri boyunca malzeme akışını destekleme,
- Müşterilere kombine teslimat için çeşitli tedarikçilerden ürünlerin konsolidasyonu ve kit oluşturma gibi katma değeri işlemler, fiyatlandırma, etiketleme ve ürün özelleştirmesi gibi katma değeri işlemlerdir.

Depo tasarımı; genel yapı, ölçekleme ve boyutlandırma, bölüm yerleşimi, ekipman seçimi ve işletim stratejisini kapsamaktadır. Tesellüm işlemleri ve sevkiyatın yanı sıra depolama ve sipariş toplama faaliyetleri depo operasyonunun bir parçası olmaktadır.

Depo problemlerine örnek olarak klasik kesikli optimizasyon problemleri, Gezgin Satıcı Problemi (GSP) ve Kutu Paketleme Problemi (KPP) olarak iki tanedir. Bu iki problemin formüle edilmesi kolay, ancak çözümleri zordur. KPP genellikle malzemelerin depodaki veya paletteki konumlarına karar vermek için kullanılmaktadır. Depo içerisindeki en fazla emek yoğun faaliyet ise sipariş toplama faaliyetidir. Sipariş toplama politikalarına ilişkin çalışmalar literatürde çok sayıda mevcuttur [28].

Sipariş toplama algoritmalarına örnek olarak Armstrong, Cook ve Saip (1979) karma tam sayılı doğrusal programlama modeli ile toplam toplama süresini minimize eden bir sipariş toplama algoritması geliştirmiştir [29]. Tam sayılı programlama için yapay siparişler kullanmışlar ve dağıtım merkezi için alan toplama operasyonlarını dikkate almışlardır.

Mike ve Bob 2003 yılında MS Excel Solver'ı kullanarak küçük bir GSP problemine resimli bir anlatımla çözüm yaklaşımı sunmuşlardır. İki yıl sonra ise çözüm yaklaşımlarını geliştirip daha büyük boyutlu bir GSP problemini MS Excel Solver ile çözmüşlerdir [30].

Tsai, Liou ve Huang 2008 yılında farklı malzeme partilerinin toplanması üzerine modeller önermişlerdir. Çalışmada, sadece tur mesafesinin dikkate alınmasının yanında erken ve geç ceza maliyetleri de dikkate alınmıştır [31].

2016 yılında Lin, Kang, Hou ve Cheng sipariş gruplama ve sipariş toplama rotasını aynı modelde birleştiren bir model önermiştir. Sipariş gruplama ve sipariş toplama için Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritmasını kullanarak bir model geliştirmişlerdir [32].

Depodan malzeme toplama işlevi için sezgisel algoritmanın faydasını vurgulayan çok sayıda yayınlanmış çalışma bulunmaktadır [33-35].

Ratliff ve Rosenthal (1983), ön ve arka olmak üzere iki çapraz koridorlu bir depo sistemi için toplama süresini en aza indiren bir toplama rotası algoritması sunmuşlardır. Temel bir adım yapısı kullanarak, bir toplama rotası seçmek için güvenilir bir süreç oluşturmuşlardır [36].

Daniels ve diğerleri (1998), atama ve sıralama kararlarını aynı anda belirlemek için bir model formüle etmiş ve sipariş toplama için önceki modellerle karşılaştırmıştır. Sipariş toplama probleminin karmaşıklığını tartışmışlar ve uygun atamaların sayısı için bir üst sınır oluşturmuşlardır. Bu çerçevede bir tabu arama algoritması sunarak problemi deneysel olarak test etmişlerdir [37].

De Koster ve diğerleri (2007), manuel sipariş toplama süreçlerinin tasarımı ve kontrolünde tipik karar problemlerine ilişkin bir literatür incelemesi sunmuştur. Optimal (yerel) yerleşim tasarımına, depolama atama yöntemlerine, yönlendirme yöntemlerine, sipariş gruplandırma ve bölgelere ayırmaya odaklanmışlardır [38].

Tsai, Liou ve Huang (2008), mevcut karmaşık ve hızlı yanıt odaklı ortamı yerine getirmek için yalnızca rota maliyetini değil, aynı zamanda erken ve gecikme cezasını da dikkate alan bir toplu toplama modeli önermiş ve bu modeli çoklu genetik algoritma yöntemiyle çözmüşlerdir [39].

Lin, Kang, Hou ve Cheng (2016), sıra gruplama ve sıra seçimini tek bir modelde birleştiren bir model önermişlerdir. Sipariş gruplaması ve seçimi için Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) tekniğini kullanmışlardır [40].

Erdoğan (2017), bir MS Excel VBA makrosu oluşturmak için büyük komşuluk arama sezgisel tekniğini kullanmıştır. Bu araştırma, her kutu tipinin miktarını ve bunları uygun kutulara yerleştirme yöntemini belirlemeye yardımcı olmaktadır [41].

En zorlu 3 boyutlu KPP tipi için Çok Seviyeli Yerel Arama Sezgisel yöntemi Alessio Trivella ve David Pisinger tarafından sunulmuştur [42].

Kang vd. tarafından yeni bir paketleme stratejisine [43] sahip Hibrit, bir Genetik Algoritmadır. Sanal Makineler yönetiminde örtüşen öğeler, önemli bir KPP sayılmaktadır. Sanal Makineler Kutu Paketleme Problemi, Sezgisel, Açgözlü (Greedy), Açgözlü olmayan ve Genetik Algoritmaları kullanarak zaman kısıtlamaları ve kalite gereksinimlerine göre Grange vd. tarafından bir çözüm sunulmuştur [44].

Takviye Öğrenme Yöntemleri kullanılarak yakın zamanda umut verici sonuçlar ortaya çıkmıştır. Hu vd. Derin Takviye Öğrenme tabanlı yöntemi kullanarak 3 boyutlu KPP için bir başarı elde etmeyi başarmışlardır [45].

Literatürde görüldüğü gibi, kurumlar rekabet avantajı elde etmek için en uygun çözümleri aradıkça, optimal çözümü belirleme çabaları devam etmektedir. Depo operasyonları (malzeme toplama rotası, kutu paketleme problemleri vb.) ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır [46-52].

GSP ile ilgili olarak detay literatür taraması bu çalışmanın “3.7.1. En kısa malzeme toplama yolunun hesaplanması metodu” bölümünde yer verilmiştir. KPP ile ilgili olarak ise “3.7.2. Malzeme taşıma kutusu ihtiyacının hesaplanması metodu” başlığı altında literatür çalışması detaylandırılmıştır.



3. METOT

Bu bölümde, bilgi sisteminin tasarlanması ve geliştirilmesi kapsamındaki metodoloji ve saha uygulaması hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

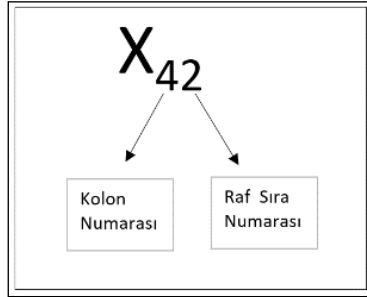
3.1. Problemin Tanımı ve Sistem Beklentileri

Elektromekanik ürün üreten bir işletmenin sahip olduğu başlangıç ve bitiş noktaları aynı konumda yer alan ve paralel koridorlara sahip bir depo sisteminde, stok malzemesi olarak tanımlanmış hammadde, parça, yarı mamul ve mamullerin üretime veya satışa hazırlanması faaliyetleri günlük rutin işler içerisinde yer almaktadır. Yürütülen bu rutin faaliyetlerde toplama rotasının tespiti ise depo personellerinin sezgi ve tecrübesine dayalı olarak yapılmaktadır. Bu nedenle, sezgi ve tecrübeye dayalı yapılan malzeme toplama faaliyetlerinde zaman kayıpları ve israflar bulunmaktadır. Aynı zamanda, personellerin toplama faaliyetine başlamadan önce ihtiyaç duydukları taşıma kutusu miktarı ve boyutlarını tam olarak belirleyememesi, bu yüzden toplama faaliyetinin icrası sırasında defalarca toplama başlangıç noktasına dönülmesi ve yeni bir taşıma kutusu alması veya mevcut kutunun farklı boyuttaki kutu ile değiştirmesi faaliyetleri fazlasıyla tekrar etmektedir. Bu gerçekleştirilen tekrarlı işlemler, işletmenin zaman ve işgücü kayıplarını artırmaktadır. İşletme, bu zaman kayıplarının farkındadır ve kayıplarını en aza indirecek metotların arayışı içerisinde. Bu çalışmada, bahsedilen kayıpların en aza indirilmesi amacıyla depo personeline depodan malzeme toplama faaliyetine başlamadan önce mümkün olan en kısa yolun sunulması, paketlemede gerekli olan dikdörtgen kutu çeşidi ve miktarının belirlenmesi probleminin çözümü ve malzemelerin taşıma kutularının içerisindeki yerleşimlerini sunan simülasyona yönelik bir bilgi sistemi gerçekleştirilmiştir. Gerçek uygulama ile de bilgi sisteminin işletmede geçerli kılınması ve doğrulaması gerçekleştirilmiştir.

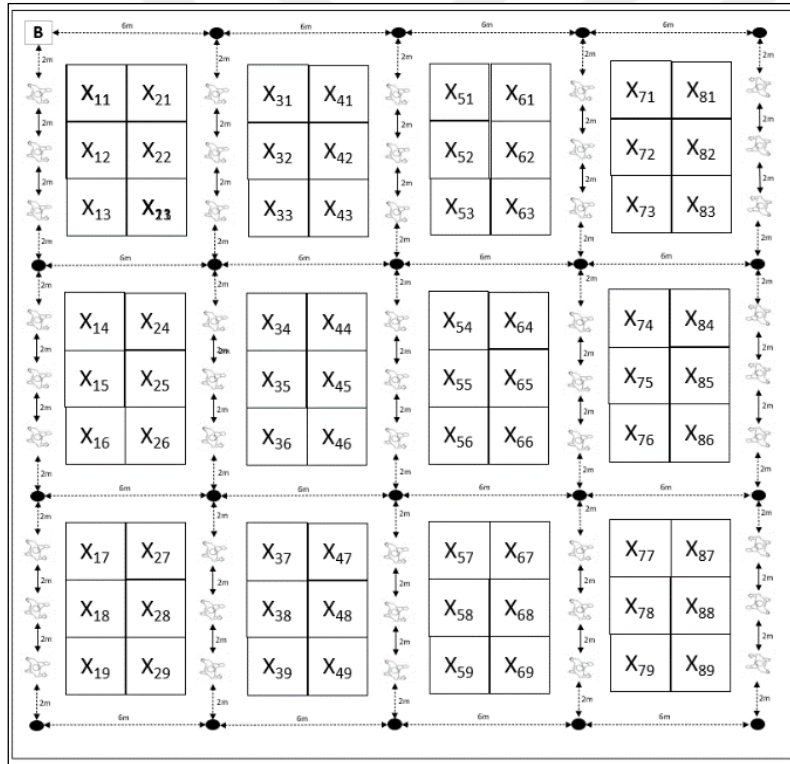
3.2. Mevcut Sistemin Tanımı ve Sınırlılıkları

Ankara ilinde elektromekanik ürün üreten bir işletmenin depolama sistemi ele alınmıştır. Mevcut depolama sistemi, 26 m. en ve 16 m. uzunluğa sahiptir. Depoda, 5 paralel ve bu koridorlara dik şekilde 4 adet koridor ile birlikte 72 adet tanımlanmış stok yeri bulunmaktadır. Her bir stok yeri ise 6 kattan oluşup depo toplamda 5 m. yüksekliğe sahiptir. Depo koridorları ise 2 m. genişliğindedir. Stok yerlerinin genişliği ise 2x2 m. boyutundadır.

Stok yerleri kodlandırılması ise Şekil 3.1’de gösterildiği gibi ilk alt indis kolon numarasını gösterirken ikinci alt indis ise raf sıra numarasını ifade etmektedir. Depo Sisteminin krokisi ise Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Stok adresi kodlandırılması



Şekil 3.2. Depo krokisi

Örneğin; Şekil 3.2’de yer alan X_{42} stok adresi, 4. kolonun 2. rafında olduğunu ifade etmektedir. Depodaki tüm raflarda malzeme olduğu ve raf kapasitesinin ilgili stok miktarını hacimsel olarak karşılar durumda olduğu varsayılmıştır. Depo Operatörünün ilgili stok adresinde malzemeyi bulamama durumu ise kapsam dışında bırakılmıştır. Ayrıca, bir malzeme sadece bir stok yerinde bulunmaktadır.

Depo sisteminde en kısa malzeme toplama rotası, taşıma kutusu adedi ve kutu yerleşimi simülasyonu stok yerlerinden toplanacak 20 çeşit malzemeye göre çalışması planlanmıştır. Bunun sebebi ise çözümde kullanılacak MS Excel Solver alt yapısı kaynaklı çözüm bulma süresinin uzamasının önüne geçmektir. Farklı veri tabanı ve yazılım altyapılarının, daha yüksek sayılı ürünlerin hesaplanmasını ve çözüme ulaşma süresini azaltabilmesi mümkün olabilir.

Oluşturulacak sistem alt yapısında ise her bir stok adresinde yer alacak Çizelge 3.1.'de yer alan 72 çeşit malzemenin sistemde yer alması hedeflenmektedir.

Çizelge 3.1. Malzeme – stok adresi çizelgesi

Malzeme	Stok Adresi	Malzeme	Stok Adresi	Malzeme	Stok Adresi
P/N - 1	X11	P/N - 25	X37	P/N - 49	X64
P/N - 2	X12	P/N - 26	X38	P/N - 50	X65
P/N - 3	X13	P/N - 27	X39	P/N - 51	X66
P/N - 4	X14	P/N - 28	X41	P/N - 52	X67
P/N - 5	X15	P/N - 29	X42	P/N - 53	X68
P/N - 6	X16	P/N - 30	X43	P/N - 54	X69
P/N - 7	X17	P/N - 31	X44	P/N - 55	X71
P/N - 8	X18	P/N - 32	X45	P/N - 56	X72
P/N - 9	X19	P/N - 33	X46	P/N - 57	X73
P/N - 10	X21	P/N - 34	X47	P/N - 58	X74
P/N - 11	X22	P/N - 35	X48	P/N - 59	X75
P/N - 12	X23	P/N - 36	X49	P/N - 60	X76
P/N - 13	X24	P/N - 37	X51	P/N - 61	X77
P/N - 14	X25	P/N - 38	X52	P/N - 62	X78

Çizelge 3.1. (devam) Malzeme – stok adresi çizelgesi

Malzeme	Stok Adresi	Malzeme	Stok Adresi	Malzeme	Stok Adresi
P/N - 15	X26	P/N - 39	X53	P/N - 63	X79
P/N - 16	X27	P/N - 40	X54	P/N - 64	X81
P/N - 17	X28	P/N - 41	X55	P/N - 65	X82
P/N - 18	X29	P/N - 42	X56	P/N - 66	X83
P/N - 19	X31	P/N - 43	X57	P/N - 67	X84
P/N - 20	X32	P/N - 44	X58	P/N - 68	X85
P/N - 21	X33	P/N - 45	X59	P/N - 69	X86
P/N - 22	X34	P/N - 46	X61	P/N - 70	X87
P/N - 23	X35	P/N - 47	X62	P/N - 71	X88
P/N - 24	X36	P/N - 48	X63	P/N - 72	X89

Depo krokisinde sol üst köşede belirtilen başlangıç noktasından (B) malzeme toplamaya başlayacak personel, malzeme toplama işlemi sonrasında tekrar (B) noktasına dönerek faaliyeti tamamlayacaktır.

Kurulacak bilgi sistemi sayesinde;

- İhtiyaç duyulan kutu miktarı ve çeşidi,
- Kutuya konulacak malzemelerin neler olduğu,
- Kutu içi malzeme yerleşimi simülasyon ile birlikte

depo personeline faaliyetleri sağlıklı yürütmesi için yönlendirici ve yardımcı bir sistem sunulması hedeflenmektedir.

Malzeme toplama listesinde yer alan malzemeler ve bunların miktarları kendi içlerinde birbirine bağlı bir parti haline getirilerek toplama işlemleri bir bütün halinde yürütülecektir.

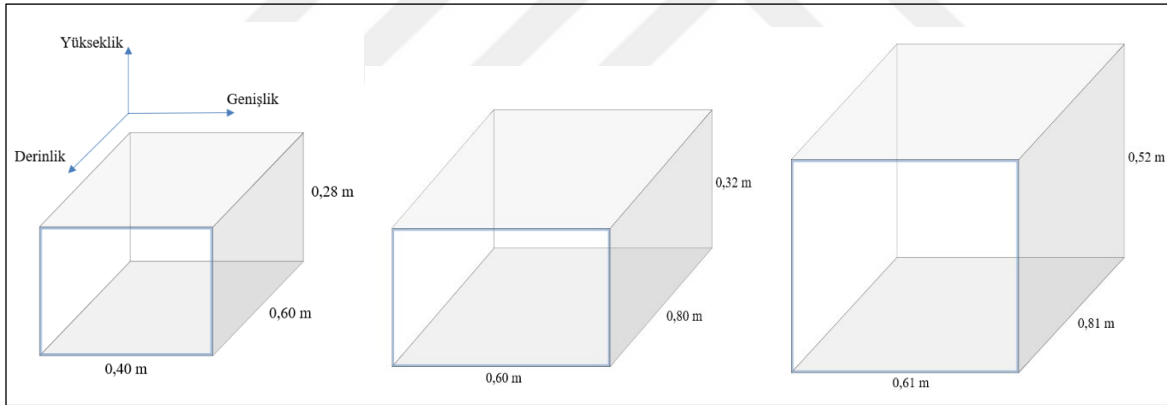
Yani bu sınırlılık şunu ifade etmektedir; toplama listesinde yer alan herhangi bir malzemenin tüm miktarları parçalanmadan bir bütün halinde tek bir kutu içerisinde yer alması talep edilmektedir.

Taşıma kutusu çeşidi ise standart boyutlarda olup 3 çeşittir. Bunlar; sırasıyla genişlik, uzunluk ve yükseklik olmak üzere:

- 0,40m. x 0,60m. x 0,28m,
- 0,60m. x 0,80m. x 0,32m.
- 0,61m. x 0,81m. x 0,52m.

boyutlarındadır. Hiçbir taşıma kutusuna sığmayan malzemelerin transfer ve taşıma işlemleri ise ahşap palet yardımı ile yapılmaktadır.

Taşıma kutusu sayısı ise her bir ölçüye ait 5'er adet olup toplamda 15 adet kutu mevcuttur. Taşıma Kutularının modelleri Şekil 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.3. İşletmenin kullandığı taşıma kutuları (kap tipi) modelleri

3.3. Veri Akış Diyagramları (VAD)

Veri Akış Diyagramları (VAD), yapısal sistem geliştirmede kullanılan ve sistemin grafiksel olarak gösterimine imkân sağlayan çok popüler bir araçtır. VAD ile, herhangi bir açıklamaya gerek olmadan sistemi tanımlamak mümkündür. VAD, uzman olmayan kişilerin de sistemi anlamalarında yardımcı olur ve iletişimi artırır. VAD, sistem analisti ve tasarımcıları için vazgeçilmez araçlardır [9].

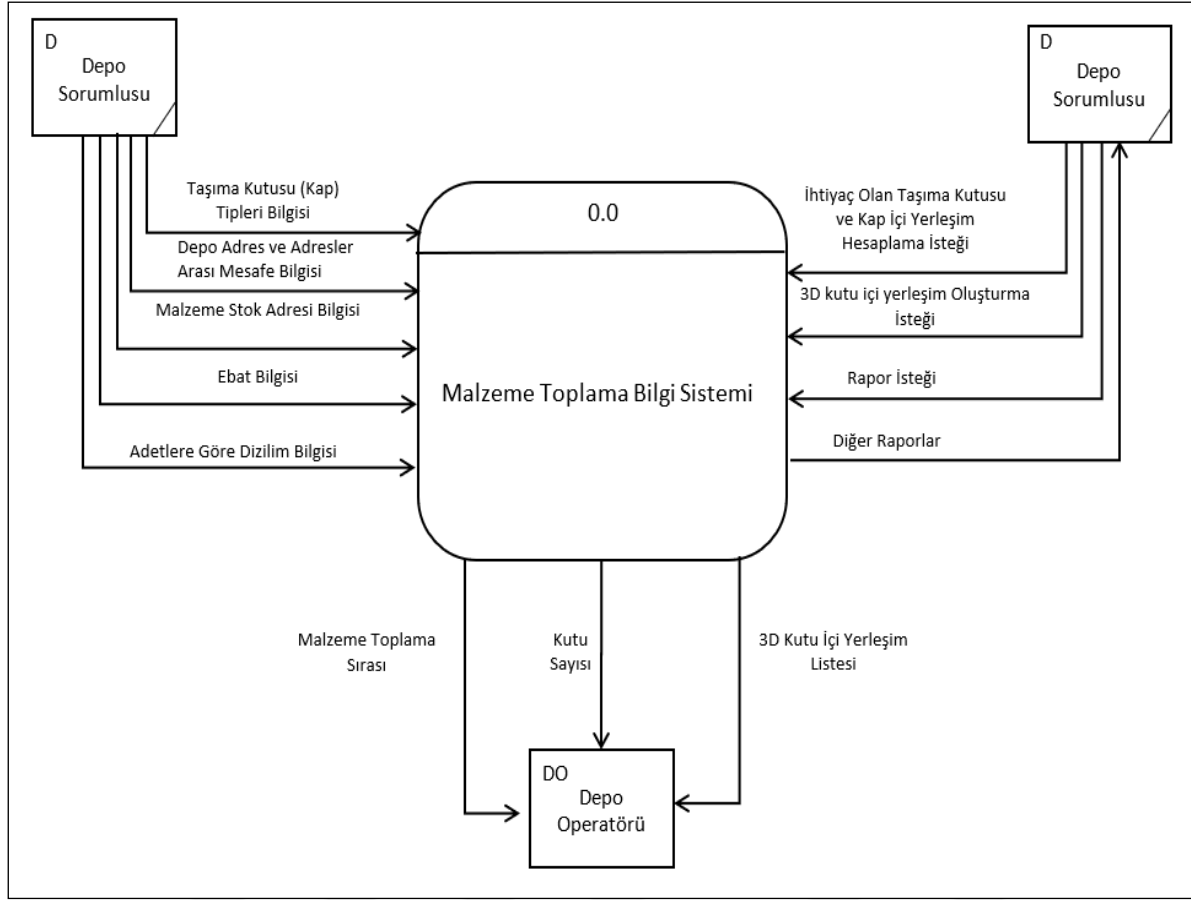
VAD sembollerinin iki farklı standart kümesi bulunmaktadır. Her bir küme, aynı şeyleri ifade eden 4 sembolden (veri akışı, proses, dışsal birim ve veri deposu) oluşmaktadır. Veri akışı, sistemde bir yerden başka bir yere hareket eden veriyi temsil eder. Yani veri akışı, hareket halindeki veridir. Prosesler, yapılan bir fonksiyonu ya da aktiviteyi tanımlarlar. Proseslere aynı zamanda veri dönüştürücüleri de denmektedir. Dışsal birimler, veri/bilginin kaynağı ya da gideceği yerdir (hedef). Bilgi sistemine veri sağlayan ya da sistemden veri alan bir kişi, bir organizasyon ya da organizasyonun bir bölümü olabilir ve dışsal birim olarak adlandırılır. Analiz esnasında, verilerin prosesler arasında depolanmış olarak tanımlanmasına ihtiyaç duyduğumuz yerler vardır. Bu yerler veri deposu olarak isimlendirilir [9].

VAD'ın en yüksek seviyeli hali, Kaba İlişki (CONTEXT) Diyagramı olarak adlandırılır. Kaba İlişki Diyagramı (KİD) çizilirken tek bir proses sembolü kullanılır. Prosese, tüm sistemi ifade edecek şekilde bir etiketin verilmesi gerekmektedir. Bu prosese verilecek numara "0" dır ve diyagramda, sistemin tüm dışsal birimlerinin (external entity) ve birimler ile sistem arasındaki tüm veri akışlarının gösterilmesi gerekmektedir. Bu seviyede veri depolarının bulunması gerekmez [9].

KİD'den sonra, sistemi oluşturan başlıca alt sistemler, dışsal birimler, veri depoları ve aralarındaki veri akışlarını gösteren 0- seviye (Overview) diyagramı oluşturulur. 0 seviye diyagram denmesinin sebebi ise sistemi oluşturan ana alt sistemlere verilecek numaraların yanına noktadan sonra "0" verilmesidir (örneğin, 1.0, 2.0 gibi). Bu ana fonksiyonlar (ya da alt sistemler) genellikle ana sistem menüsü üzerindeki faaliyetlerin seçimine karşılık gelmektedir. Her bir alt sistemin alt detayları 1.1, 1.2 şeklinde seviyelenebilir [9].

3.4. Kaba İlişki Diyagramının Oluşturulması

Sistemin sınırlılıkları ve beklentileri göz önünde bulundurulduğunda Kaba İlişki Diyagramı (KİD) Şekil 3.4.'teki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 3.4 Sistemin kaba ilişki diyagramı

MTBS'nin dışsal birimleri aşağıdaki etmenlerden oluşmaktadır:

- Depo Sorumlusu (D),
- Depo Operatörü (DO)

Depo Sorumlusu, depo faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde karar verici yönetici görevini ve idari sorumluluğu yürütmektedir. Gün içerisindeki depoda yapılacak faaliyetlerin planlanması ve organize edilmesi öncelikli sorumlulukları arasında yer almaktadır.

Depo Operatörleri ise günlük rutin faaliyetlerin icrasından sorumludur. Depo sorumlusundan aldıkları plan ile faaliyetleri fiilen gerçekleştiren çalışanlardır.

MTBS'nin girdileri aşağıdaki etmenlerden oluşmaktadır:

- Taşıma kutusu çeşitleri (kap tipleri) bilgisi,
- Depo adres ve adresler arası mesafe bilgisi,
- Malzeme stok adresi bilgisi,

- Malzeme ebat bilgisi,
- Adetlere göre dizilim bilgisi,
- İhtiyaç olan taşıma kutusu ve kutu içi yerleşim hesaplama isteği,
- 3D kutu içi yerleşim oluşturma isteği ve rapor istekleridir.

MTBS'nin çıktıları ise aşağıdaki etmenlerden oluşmaktadır:

- En kısa yolu veren malzemelerin stok yerlerinden toplanma sırası,
- İhtiyaç olan taşıma kutusu sayısı,
- 3D kutu içi yerleşim listesi
- Diğer raporlardan oluşmaktadır.

3.5. 0-Seviye Veri Akış Diyagramının Oluşturulması

0-Seviye Veri Akış Diyagramı Şekil 3.5.'teki gibi oluşturulmuştur. Sistemde 9 adet süreç ve 9 adet veri deposu bulunmaktadır. Sistemde bulunan süreçler:

- 1.0 – Taşıma Kutusu (Kap) Tiplerini Tanımla
 - Bilgi sisteminde, mevcutta kullanılan taşıma kutularının özelliklerinin tanımlanması sürecidir. Bu süreçte, taşıma kutularının içten içe boyutları sırasıyla genişlik (x), yükseklik (y) ve derinlik (z) olacak şekilde dışsal birim olan depo sorumlusu tarafından MTBS'ye tanımlanır. MTBS'de 999 çeşide kadar taşıma kutusu tanımlanabilmektedir. Girilen veriler D1 – Kap Tipi Veri Deposu'na kaydedilir.
- 2.0 – Depo Adreslerini ve Adresler Arası Mesafeleri, Malzeme Stok Adres ve Malzeme Ebat Tanımla
 - 2.0 süreci için alt seviye diyagramı Şekil 3.6.'da verilmiştir.
 - Bir depo sisteminde bulunan depo adres bilgilerini ve bu adreslerin birbirleri ile olan uzaklık mesafesi matrisinin depo sorumlusu tarafından MTBS'de tanımlanması sürecidir. Bu tanımlama sistemde metre cinsinden yapılmaktadır. Girilen veriler D2 – Depo Adres – Mesafe Veri Deposu'na kaydedilir.
 - Depo içerisinde bulunan özelleşmiş stok adreslerinin bilgisi ve bu stoklarda bulunan malzemelerin bilgisi eşleşmiş şekilde depo sorumlusu tarafından MTBS'ye tanımlanır. MTBS'de 999 farklı malzemeye kadar tanımlama

yapılabilmektedir. Sisteme tanımlanan veriler D3 – Malzeme Stok Adres Veri Deposu’na kaydedilir.

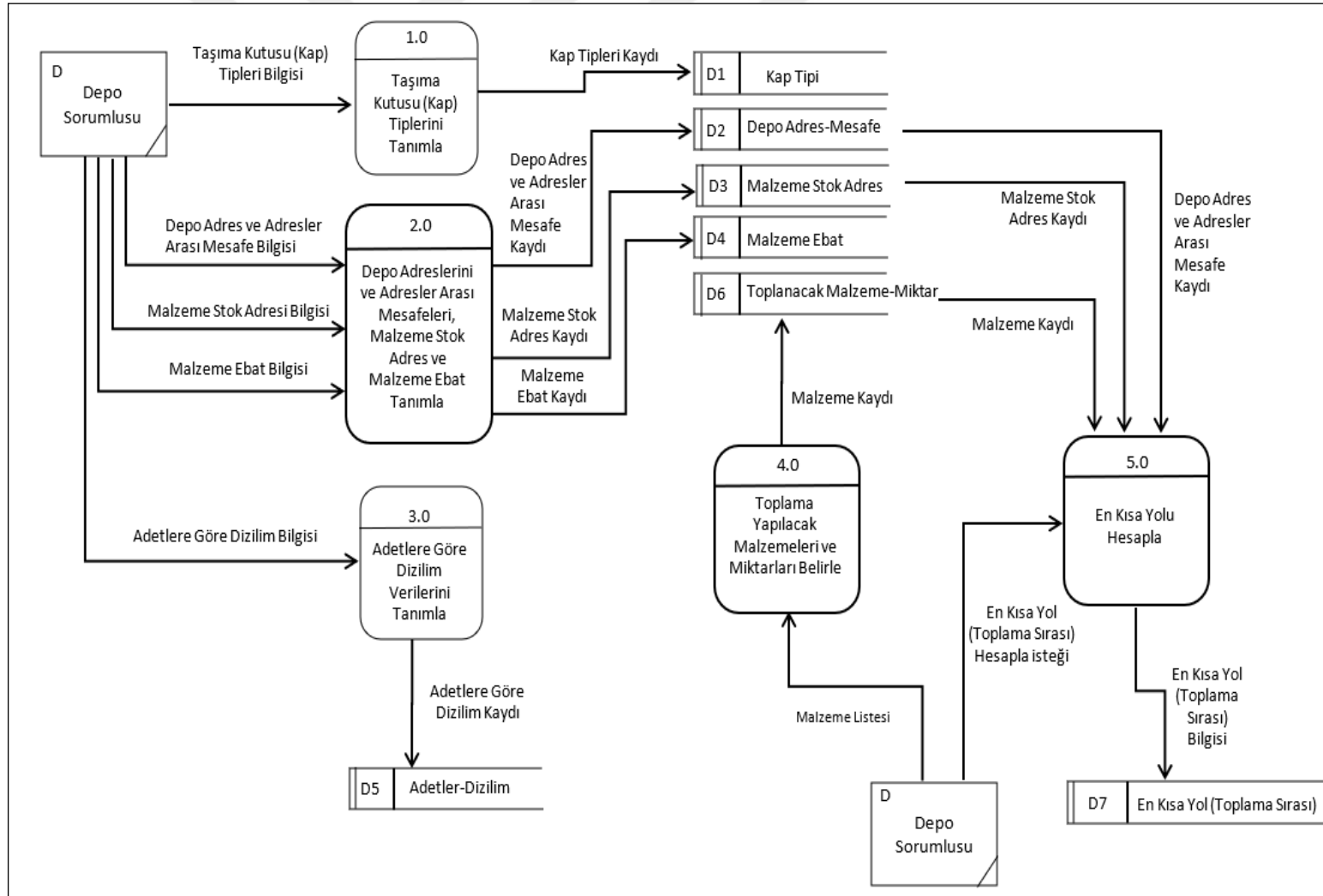
- Malzemelerin ebatları depo sorumlusu tarafından sırasıyla genişlik (x), yükseklik (y) ve derinlik (z) olacak şekilde metre cinsinden MTBS’ye tanımlanması sürecidir. Girilen veriler D4 – Malzeme Ebat Veri Deposu’na kaydedilir.
- 3.0 – Adetlere Göre Dizilim Verilerini Tanımla
 - Bu süreçte, eğer MTBS’den malzeme partilerinin birbirlerinden ayrılmadan taşınması ve tek bir toplama kutusuna yerleştirilmesi isteniyorsa yapılmaktadır. Örneğin; toplanması yapılacak X malzemesinin miktarı 12 adet olsun. Bu 12 adet X malzemesi parti halinde taşınması isteniyorsa 2x2x3 veya 4x1x3 kombinasyonlarında dizilim seçimleri yapılabilir. Bu seçimlerin verileri, karar verici olan depo sorumlusu tarafından her bir miktar için MTBS’ye işlenmesi sürecidir. Girilen veriler D5 – Adetler - Dizilim Veri Deposu’na kaydedilir.
- 4.0 – Toplama Yapılacak Malzemeleri ve Miktarları Belirle
 - Bu süreçte, MTBS’ye depo içerisindeki ilgili stok yerlerinden toplanması yapılacak malzemelerin listesi depo sorumlusu tarafından yüklenir. Girilen bu veriler D6 – Toplanacak Malzeme – Miktar Veri Deposu’na kaydedilir.
- 5.0 – En Kısa Yolu Hesapla
 - MTBS’ye depo sorumlusu tarafından gönderilen en kısa toplama yolu (toplama sırası /rotası) hesaplama isteği ile MTBS; D6 – Toplanacak Malzeme Miktar Veri Deposu’ndan malzeme kaydını, D2 – Depo Adres – Mesafe Veri Deposu’ndan depo adres ve adresler arası mesafe kaydını, D3 – Malzeme Stok Adres Veri Deposu’ndan malzeme stok adres kaydını alarak en kısa yol hesaplama algoritmasının çalıştırıldığı süreçtir. Süreç sonunda oluşan en kısa toplama yol (toplama sırası /rotası) bilgisi D7 – En Kısa Yol (Toplama Sırası) Veri Deposu’na kaydedilir.
- 6.0 – İhtiyaç Olan Taşıma Kutusu ve Kap İçi Yerleşim Hesapla
 - Depo sorumlusu tarafından MTBS’ye gönderilen ihtiyaç olan taşıma kutusu ve kap içi yerleşim hesaplama ihtiyacı isteği ile MTBS; D1 – Kap Tipi Veri Deposu’ndan kap tipleri kaydını, D4 – Malzeme Ebat Veri Deposu’ndan malzeme ebat kaydını, D5 – Adetler – Dizilim Veri Deposu’ndan adetlere göre dizilim kaydını, D6 – Toplanacak Malzeme – Miktar Veri Deposu’ndan

malzeme kaydını alır ve ilgili algoritmaları çalıştırarak sonuç olan ihtiyaç olan taşıma kutusu ve kap içi yerleşim bilgisini D8 – İhtiyaç Olan Kutu Sayısı ve Yerleşim Veri Deposu’na kaydeder.

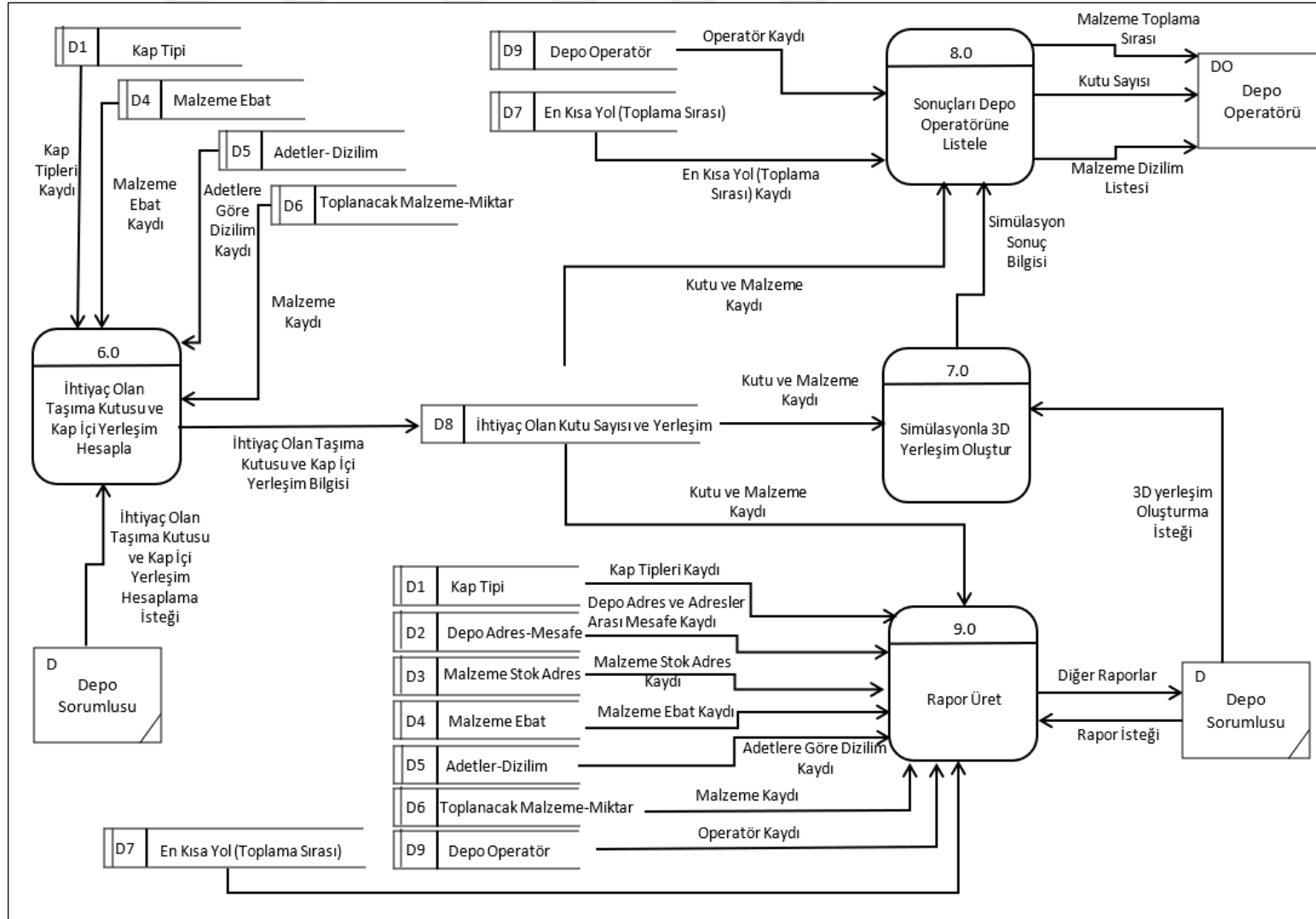
- 7.0 – Simülasyon ile 3D Yerleşim Oluştur
 - Bu süreç, MTBS içerisinde kullanıcıya opsiyonel olarak sunulmaktadır. Kullanıcının simülasyonu seçmesi ile birlikte hangi malzemenin hangi taşıma kutusuna nasıl yerleşeceği tek tek görsel simülasyon ile sunulmaktadır. Depo sorumlusu tarafından gelen 3D yerleşim oluşturma isteği ile D8 – İhtiyaç Olan Kutu Sayısı ve Yerleşim Veri Deposundan alınan kutu ve malzeme kaydı ile süreç yürütülerek simülasyon sonucu depo operatörüne sunulur.
- 8.0 – Sonuçları Depo Operatörüne Listele
 - Bu süreçte MTBS, depo operatörüne en kısa yol (toplama sırası/rota) bilgisi ve malzeme dizilim listesi simülasyon ile birlikte sunulmaktadır. Depo operatörleri ise aldıkları bu bilgi ile görevlerini icra etmektedirler.
- 9.0 – Rapor Üret
 - Bu süreçte MTBS, depo sorumlusuna aşağıdaki konularda raporlama desteği sunmaktadır:
 - Tanımlı kap tiplerinin neler olduğu,
 - Tanımlı depo adresleri ve bu adreslerin birbirleri ile olan mesafelerinin bilgisi,
 - Malzemelerin hangi stoklarda yer aldığı bilgisi,
 - Tanımlı malzemelerin ebatlarının bilgisi,
 - Miktar bilgisine göre tanımlanmış malzeme partilerinin dizilim bilgisi,
 - Toplaması yapılacak malzemeleri ve miktarlarını içeren toplama listesi bilgisi,
 - En kısa yol (toplama sırası/rota) sonuç bilgisi,
 - Malzemelerin kutu içi yerleşimi, ihtiyaç olan kutu çeşidi ve miktarı sonuç bilgisi,
 - Depo operatörlerinin sicil bilgisi

(Bu sayfa boş bırakılmıştır.)

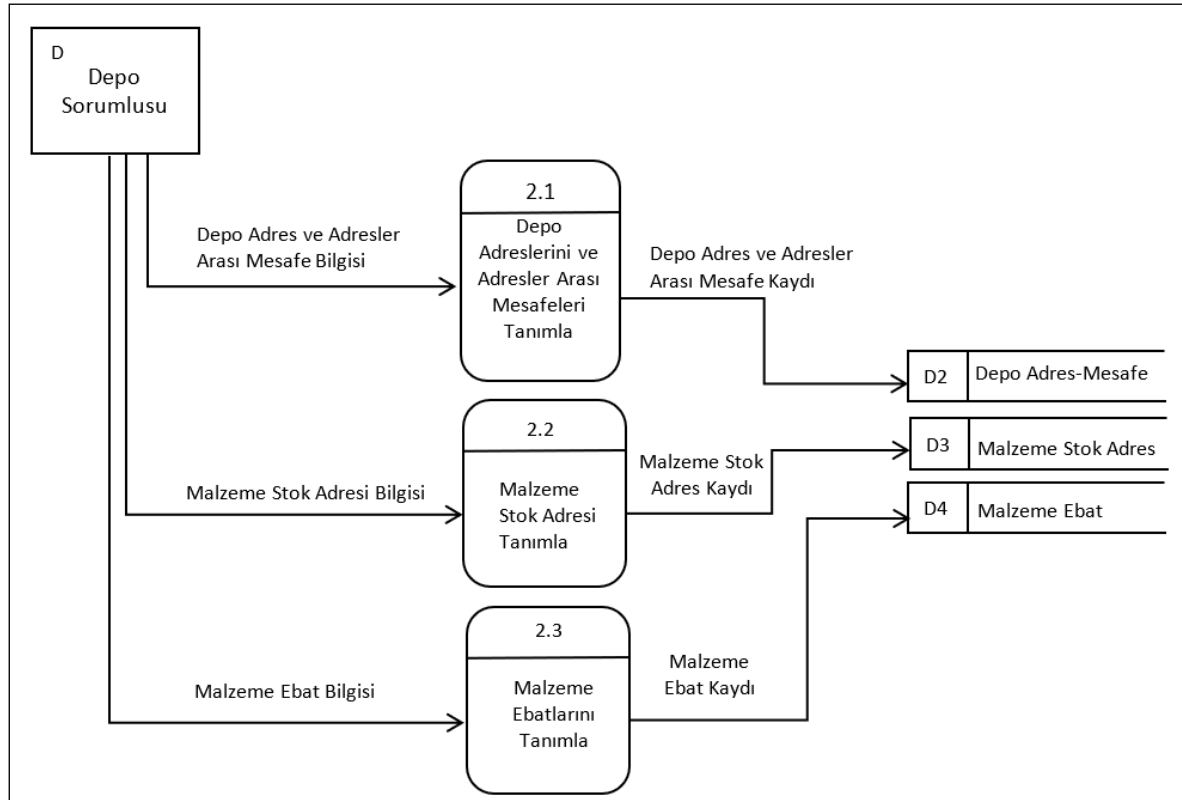




Şekil 3.5. Sistemin 0-seviye ilişki diyagramı



Şekil 3.5. (devam) Sistemin 0-seviye ilişki diyagramı



Şekil 3.6. 2.0 Süreci alt seviye diyagramı

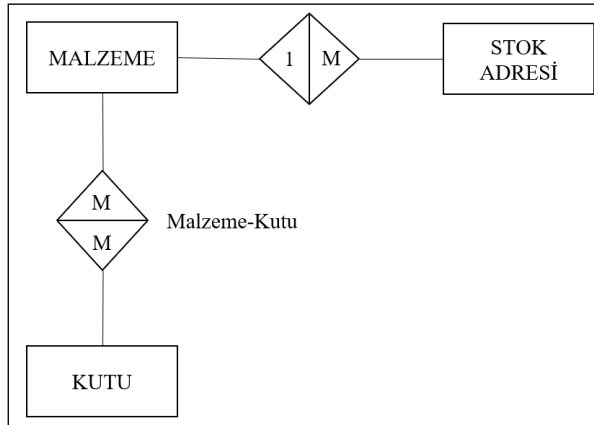
3.6. Sistemin Veri Depolarının Oluşturulması ve Veri Modeli

Sistemde yer alan 6 adet veri deposuna yönetici tarafından bilgi girişinin sağlanması amacıyla Şekil 3.7'deki gibi bir ara yüz tasarımı Excel VBA yardımı ile yapılarak, sisteme taşıma kutusu çeşidi (kap tipi) bilgisi, malzeme stok adresi bilgisi, malzeme ebat bilgisi, depo adres-mesafe bilgisi, adet kutu dizilim bilgisi ve depo operatörü bilgisi tanımlanmıştır.

The screenshot shows a web application titled "Warehouse Manager (Admin) Dashboard". The main heading is "Malzeme Toplama Bilgi Sistemi" (Material Collection Information System) with a subtitle "Depo Yöneticisi (Admin) Veri Girişi ve Rapor Konsolu" (Warehouse Manager (Admin) Data Entry and Report Console). There are two tabs: "Veri Girişi Sayfası" (Data Entry Page) and "Raporlar Sayfası" (Reports Page). The main content area contains six buttons for data entry: "Taşıma Kutusu (Kap Tipi) Verisi Girişi" (Transport Box (Box Type) Data Entry), "Malzeme Depo (Stok) Adresi Verisi Girişi" (Material Warehouse (Stock) Address Data Entry), "Malzeme Ebatı (Boyut) Verisi Girişi" (Material Dimensions (Size) Data Entry), "Stok Adresleri Arası Mesafe Verisinin Girişi" (Distance Between Stock Addresses Data Entry), "Kutu İçi Yerleşim (Dizilim) Verisi Girişi" (Box Internal Arrangement (Layout) Data Entry), and "Depo Operatörü Verisi Girişi" (Warehouse Operator Data Entry). At the bottom, there are two buttons: "Ana Sayfa" (Home) and "Çıkış" (Logout).

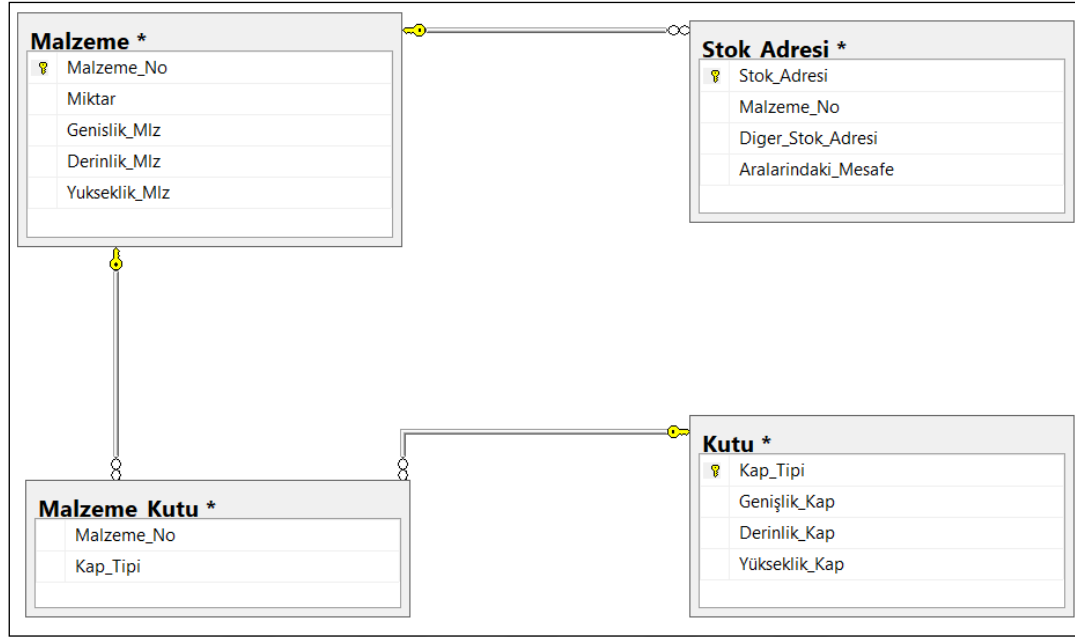
Şekil 3.7. Veri giriş ara yüzü

Kurulan ilişkisel veri tabanında yapısal tasarım aracı olan Birim İlişki Diyagramı (BİD) kullanılmıştır. Buradaki amaç veri tekrarının azaltılarak veri tutarlılığını artırmaktır. Bu kapsamda, MTBS için oluşturulmuş ve normalize edilmiş BİD gösterimi Şekil 3.8.'de gösterilmiştir. BİD içerisinde birimler "Stok Adresi", "Malzeme" ve "Kutu" olarak gösterilmiştir. "Malzeme" ve "Stok Adresi" arasında bire-çok, "Malzeme" ve "Kutu" arasında ise çoka-çok ilişki mevcuttur. "Malzeme" ve "Kutu" arasındaki çoka-çok ilişkiden dolayı da "Malzeme-Kutu" tablosu oluşturulmuştur.



Şekil 3.8. BİD Gösterimi

Oluşturulan veri modelinin sistem görüntüsü ise Şekil 3.9.'da gösterildiği gibi verilmiştir.



Şekil 3.9. Veri Modeli

3.7. Çözüm Metodu

Bu bölümde, tanımlanmış problemin çözümüne yönelik olarak uygulanan metodolojik çözüm yaklaşımları ele alınmıştır.

3.7.1. En kısa malzeme toplama yolunun hesaplanması metodu

Ek kısa malzeme toplama yolunun (rota) hesaplanması amacıyla VAD üzerinde “5.0 - En Kısa Yolu Hesapla” süreci ile gösterilen faaliyetin çözüme ulaştırılması için Gezgin Satıcı Problemi (GSP) seçilmiştir. GSP'nin pratik uygulamaları ise dağıtım ve nakliye lojistiği alanındadır. Optimal çözümlerin yanı sıra GSP'yi çözmek için sezgisel algoritmalar da kullanılmaktadır. GSP, bir satış elemanının bir dizi şehri ziyaret edip tekrar başladığı şehre dönerken izlemesi gereken en kısa rotanın belirlendiği bütünleşik bir optimizasyon problemidir. Optimizasyon alanında yoğun ilgi gören probleme teorik açıdan bakıldığında, n tane köşe noktası üzerinde, her bir nokta sadece bir kez ziyaret edilmek koşuluyla, ilk çıkış noktasında sona eren seyahat için en kısa mesafeyi veren rotanın belirlendiği problemidir [53]. GSP'nin formüle edilmesi kolay olmasına rağmen, çözümü NP-zor nitelikli problemler arasında yer almaktadır.

GSP bir tam sayılı doğrusal program olarak formüle edilebilir. Bununla ilgili olarak da birkaç formülasyon bilinmektedir. Ancak en önemli formülasyonlar Miller-Tucker-Zemlin (MTZ) formülasyonu [54] ve Dantzig-Fulkerson-Johnson (DFJ) formülasyonudur [55]. DFJ formülasyonu daha güçlü bir yapıya sahiptir. Ancak MTZ formülasyonu belirli şartlarda ve ayarlarda daha kullanışlıdır.

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1.1)$$

s. t.

$$\sum_{i=1, i \neq j}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, n; \quad (1.2)$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, n; \quad (1.3)$$

$$\sum_{i \in Q} \sum_{j \neq i, j \in Q} x_{ij} \leq |Q| - 1 \quad \forall Q \subset \{1, \dots, n\}, |Q| \geq 2 \quad (1.4)$$

Eşitlikte düğümler (Örn; şehirler), $1, \dots, n$ sayılarıyla ifade edilir ve şunları tanımlar: $X_{ij} \in \{0,1\}$: X_{ij} , i noktasından (düğümden), j noktasına (düğüme) gidilip gidilmeyeceğini ifade eder. X_{ij} gidilmesi durumunda 1, aksi durumda 0 değerini alır. i şehirden j şehrine olan uzaklık olarak $C_{ij} > 0$ alınır. Daha sonra GSP, aşağıdaki tam sayılı doğrusal programlama problemi DFJ formülasyonu olarak yazılabilir [54]:

- GSP; n tane şehrin (noktanın) her birinden yalnızca bir defa geçen ve başlangıç noktasına dönen en az maliyetli turun belirlenmesi problemidir. Amaç fonksiyonu Eş. 1.1’de verildiği gibi ifade edilmektedir.
- Eş. 1.2 ve Eş. 1.3 her şehirden (noktadan) yalnızca bir kez ziyaret edilmesini sağlayan kısıtlama denklemleridir.
- DFJ formülasyonunun son kısıtlaması olan Eş. 1.4 uygun bir Q kümesinin bir alt küme oluşturmayacağını garanti etmektedir. Bu sayede çalıştırılan çözüm, daha küçük turların birleşiminden değil tek bir turdan oluşmaktadır. Bu durum üstel sayıda olası mümkün çözüme yol açtığından pratikte gecikmeli sütun oluşturma ile çözülebilmektedir. Pek çok kesin sonuç veren algoritma (dinamik programlama, dal-sınır algoritması, tam sayılı programlama, kesme düzlemi vb.), sezgisel

algoritma bulunmaktadır. GSP problemi için algoritmalar açgözlü algoritmalar, kaydetme sezgiselleri, meta sezgiseller şeklinde sıralanabilir [55-61].

Bu çalışmadaki GSP probleminde ise en kısa malzeme toplama yolunu bulmak için MS Excel Solver kullanılmıştır. MS Excel Solver, yaygın olarak kullanılan ve ücretsiz bir çözücü olduğu için seçilmiştir. Buna ek olarak, ihtiyaç olan taşıma kutusu miktarını ve kutu içi yerleşimini bulmak için kullanılacak olan CLP Spreadsheet Solver MS Excel tabanlıdır. Her iki program da birbiri ile uyumlu bir şekilde çalışmaktadır.

GSP problemini çözmek için kullanılacak MS Excel Solver “Evolutionary Solver” seçeneğini içermektedir. Bu çözüm yöntemi genetik veya evrimsel algoritmalara dayanmaktadır. MS Excel Solver, olası koşullarda GSP için yaklaşık iyi çözümler sunmaktadır.

En kısa malzeme toplama yolunu bulmak için ihtiyaç duyulan düğüm noktalarının (depo adresleri) birbirleri arasındaki mesafeleri gösteren bir 73x73 boyutunda mesafe matrisi oluşturulmuştur. Bu matris, EK-1’de verilmiştir. Buradaki veriler D2 numaralı veri deposuna işlenmiştir.

İki stok yeri arasındaki mesafe “Depo Adresleri Arasındaki Mesafe Matrisi”nden MS Excel’de yer alan “İNDİS” formülü kullanılarak çekilmiştir. Sistem sınırlılıkları içerisinde belirtilmiş olan maksimum 1 turda 20 çeşit malzemenin toplanması amacıyla verilen kısıt için “İNDİS” formülü uygulanmıştır. MS Excel Solver içerisinde uygulanacak olan GSP’de malzeme toplayıcının tekrar başlangıç noktasına geri dönmesi için ise ek kısıt çözücüye işlenmiştir. MS Excel Solver GSP uygulama görüntüsü Şekil 3.10.’da gösterilmiştir. MS Excel Solver Seçenekler detayları ise Şekil 3.11.’de verilmiştir.

Sıra	Stok Adresi	Uzaklık
1	B	2
2	X11	12
3	X16	6
4	X18	12
6	X29	22
10	X89	8
11	X86	2
16	X85	8
20	X82	12
12	X73	6
13	X75	6
14	X77	2
17	X78	2
21	X69	12
15	X58	2
19	X57	4
18	X46	2
8	X55	12
9	X34	4
7	X33	4
5	X21	8
1		

Başlangıç Kontrolü

1	1
---	---

Toplam Mesafe 148

Çözücü Parametreleri

Hedef Ayarla: SMS11

Hedef: ☐ En Büyük ☒ En Küçük ☐ Değeri: 0

Değişken Hücreleri Değiştirerek: \$B\$5:\$B\$25

Kısıtlamalara Bağlıdır:

\$B\$5:\$B\$25 = TümFark
\$L\$5 = 1

☒ Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap

Çözme Yöntemi Seçin: Açılım

Çözüm Yöntemi
Düzgün doğrusal olmayan Çözücü Problemleri için GRG Doğrusal Olmayan altyapısını seçin. Doğrusal Çözücü Problemleri için Basit LP altyapısını seçin ve düzgün olmayan Çözücü problemleri için Açılım altyapısını seçin.

Yardım Çöz Kapat

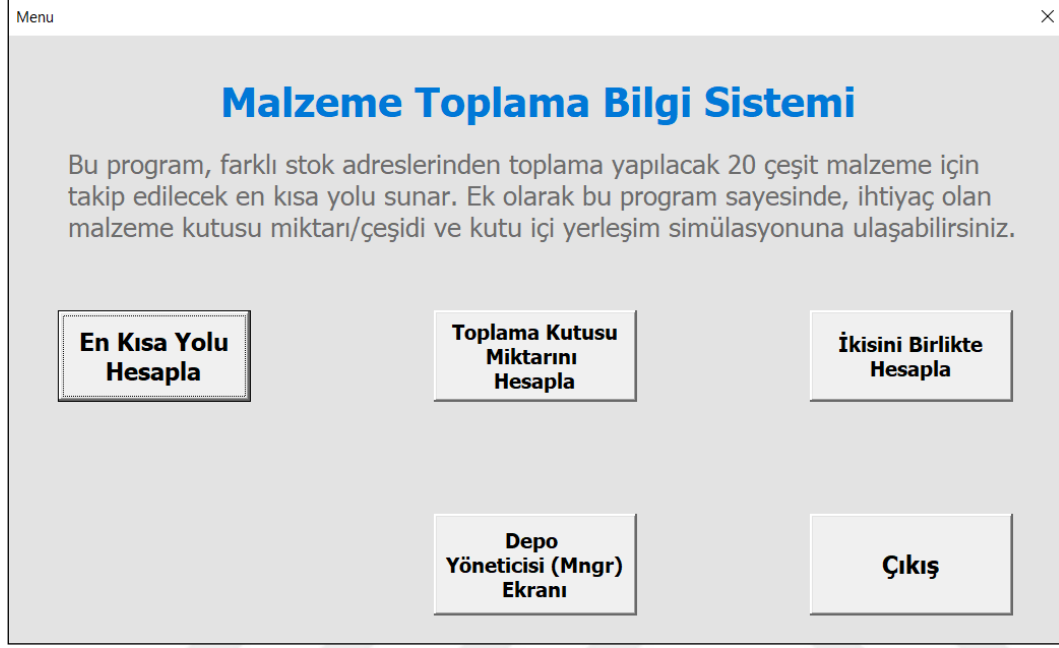
Şekil 3.10. MS excel solver GSP uygulaması

The image displays three screenshots of the MS Excel Solver Options dialog box, showing different tabs:

- Top Left Screenshot (Tüm Yöntemler tab):**
 - Kısıtlama Duyarlılığı: 0,000001
 - ☒ Otomatik Ölçeklendirme Kullan
 - ☐ Yineleme Sonuçlarını Göster
 - Tamsayı Kısıtlamaları ile Çöz:
 - ☐ Tamsayı Kısıtlamalarını Yoksay
 - Tamsayı En İyi Durum Ölçütü (%): 0,01
 - Sınırları Çöz:
 - Zaman Sınırı (Saniye): 120
 - Yinlemeler:
 - Açılım ve Tamsayı Kısıtlamaları:
 - En Çok Alt Problem: 50000
 - En Çok Uygulanabilir Çözüm: 50000
- Top Right Screenshot (Doğrusal Olmayan GRG tab):**
 - Yakınsama: 0,0001
 - Türevler:
 - ☒ İleri
 - ☐ Orta
 - Çoklu Başlangıç:
 - ☐ Çoklu Başlangıç Kullan
 - Popülasyon Boyutu: 500
 - Rastgele Kök: 0
 - ☒ Değişkenlerde Sınır Gerekir
- Bottom Screenshot (Açılım tab):**
 - Yakınsama: 0,0001
 - Mutasyon Oranı: 0,005
 - Popülasyon Boyutu: 500
 - Rastgele Kök: 0
 - Geliştirme Olmadan Zaman Sınırı: 60
 - ☒ Değişkenlerde Sınır Gerekir

Şekil 3.11. MS excel solver seçenekler detayları

MS Excel Visual Basic kullanılarak kullanıcı ara yüzü tasarımı yapılmıştır. Bu kapsamda, şekil 3.12.’deki gibi bir kullanıcıyı karşılama sayfası kodlaması ve tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu ara yüz sayesinde kullanıcı veya yönetici kolay bir şekilde MS Excel tabanlı programı kullanabilecek ve raporları yorumlayabilecektir.



Şekil 3.12. Programın kullanıcıyı ilk karşılama ara yüzü

Programın kullanıcıyı ilk karşıladığı ara yüz aşağıdaki seçenekleri içermektedir;

- En kısa yolu hesapla,
- Taşıma kutusu miktarını hesapla,
- İkisini birlikte hesapla (en kısa yol ve taşıma kutusu miktarını aynı anda)
- Depo yöneticisi (manager) ekranı,
- Çıkış (programın sonlandırılması).

VAD içerisinde belirtilen 5.0 süreci “En Kısa Yolu Hesapla” butonu içerisine algoritma eklenmiştir. En kısa yolun hesaplandığı bu süreçteki programın kullanıcı ara yüz görünümü Şekil 3.13.’deki gibidir. Bu seçenek ile sadece en kısa yol sonucuna ulaşılabilir.

Calculating Shortest Path

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

En Kısa Yolun Hesaplanması

Malzeme Listesi

1. Malzeme Seçiniz...	8. Malzeme Seçiniz...	15. Malzeme Seçiniz...
2. Malzeme Seçiniz...	9. Malzeme Seçiniz...	16. Malzeme Seçiniz...
3. Malzeme Seçiniz...	10. Malzeme Seçiniz...	17. Malzeme Seçiniz...
4. Malzeme Seçiniz...	11. Malzeme Seçiniz...	18. Malzeme Seçiniz...
5. Malzeme Seçiniz...	12. Malzeme Seçiniz...	19. Malzeme Seçiniz...
6. Malzeme Seçiniz...	13. Malzeme Seçiniz...	20. Malzeme Seçiniz...
7. Malzeme Seçiniz...	14. Malzeme Seçiniz...	

Şekil 3.13. En kısa yol hesaplama kullanıcı ara yüzü görseli

Çizelge 3.2.'de verilen örnek 20 çeşit malzeme ve bu malzemelerin bulundukları depo adresi (stok yerleri) verilmiştir. Bu veriler kullanılarak programın en kısa yol hesaplama yeteneği çalıştırılmış ve örnek uygulama sonucu alınarak sonuçlar yorumlanmıştır.

Çizelge 3.2. Örnek malzeme listesi ve malzemelerin depo adresi çizelgesi

Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)	Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)
P/N - 1	X11	P/N - 33	X46
P/N - 5	X15	P/N - 39	X53
P/N - 10	X21	P/N - 46	X61
P/N - 13	X24	P/N - 51	X66
P/N - 14	X25	P/N - 54	X69
P/N - 17	X28	P/N - 61	X77

Çizelge 3.2. (devam) Örnek malzeme listesi ve malzemelerin depo adresi çizelgesi

Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)	Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)
P/N - 24	X36	P/N - 62	X78
P/N - 25	X37	P/N - 66	X83
P/N - 29	X42	P/N - 69	X86
P/N - 32	X45	P/N - 72	X89

Malzemeler programın kullanıcı ara yüzünden Şekil 3.14.'deki gibi seçilmiştir. Microsoft Windows 10 işletim sistemi ve Intel(R) Core(TM) i5-8265U CPU @ 1.60GHz, 1800 Mhz, 4 Çekirdek, 8 Mantıksal İşlemciye sahip bilgisayar ile çözüme 70 saniyede ulaşılmıştır.

Calculating Shortest Path

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

En Kısa Yolun Hesaplanması

Malzeme Listesi

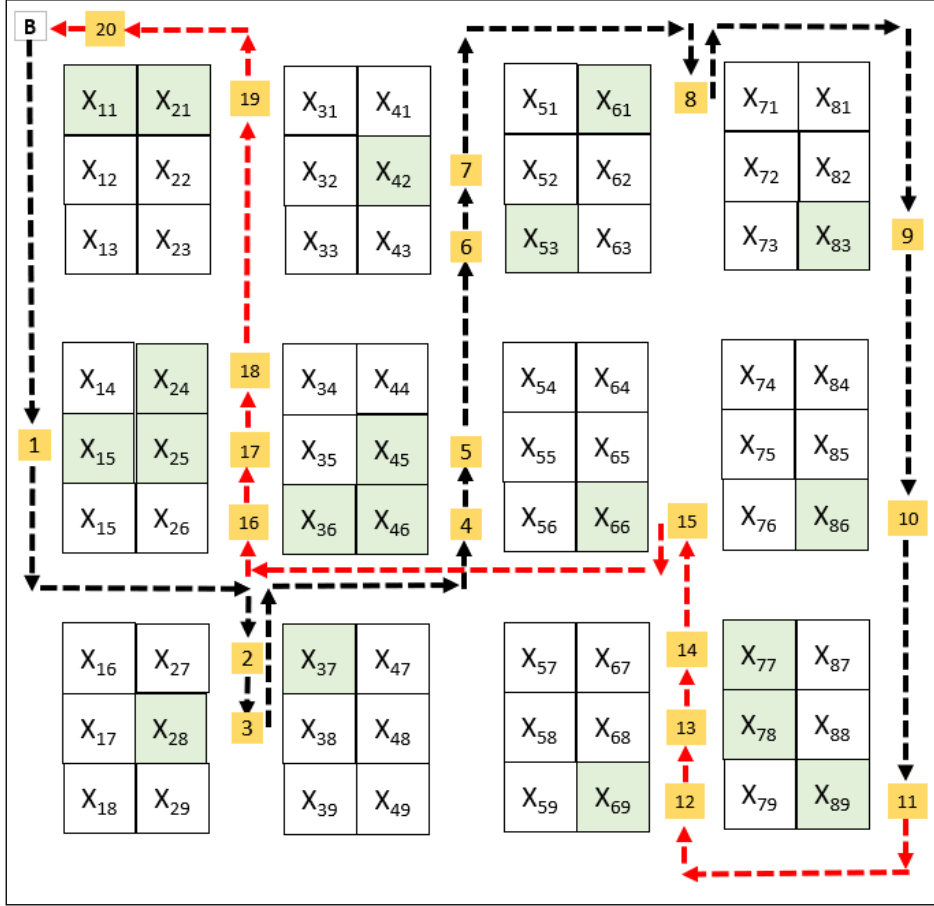
- P/N - 1
- P/N - 5
- P/N - 10
- P/N - 13
- P/N - 14
- P/N - 17
- P/N - 24
- P/N - 25
- P/N - 29
- P/N - 32
- P/N - 33
- P/N - 39
- P/N - 46
- P/N - 51
- P/N - 54
- P/N - 61
- P/N - 62
- P/N - 66
- P/N - 69
- P/N - 72

Çalıştır Ana Sayfa Çıkış

Şekil 3.14. Örnek malzeme listesinin kullanıcı ara yüzündeki görseli

Programın çalıştırılması ile programın kullanıcıya sunduğu en kısa malzeme toplama rotasına sırasıyla B → X15 → X37 → X28 → X46 → X45 → X53 → X42 → X61 → X83

→ X86 → X89 → X69 → X78 → X77 → X66 → X36 → X25 → X24 → X21 → X11 → B şeklinde ulaşılmıştır. Amaç fonksiyonu olan en kısa yol ise 148 metre olarak hesaplanmıştır. Depo krokisi üzerinde izlenecek yol Şekil 3.15’de verilmiştir.



Şekil 3.15. Depo krokisi üzerinde izlenecek rotanın gösterimi

Sonuç raporu, VAD’da gösterilen “D7 – En Kısa Yol Veri Deposu”na kaydedilmiştir. Bu raporun, VAD üzerindeki 8.0 süreci ile depo operatörlerine listelenebilir şekilde tasarlanmıştır. En kısa yolun hesaplanması ile sonucun rapor halinde kullanıcıya sunulduğu kullanıcı ara yüzü Şekil 3.16.’da verilmiştir.



Şekil 3.16. Örnek malzeme listesi ile çalıştırılan en kısa yol hesaplanma sonucu kullanıcı ara yüzü rapor görseli

Çalışan tecrübesine dayalı olarak gerçekleştirilen malzeme toplama faaliyetindeki rota, uygulanan GSP modeli ile yaklaşık çözüm (uygun çözüm) bulunmuştur. MS Excel VBA (Visual Basic Application) ve MS Excel Solver yardımıyla da karar desteği sağlayan bir bilgi sistemi geliştirilmiştir.

3.7.2. Malzeme taşıma kutusu ihtiyacının hesaplanması metodu

Kullanılan kutu sayısını en aza indirmek için çeşitli hacimlerdeki malzemelerin çeşitli hacimlerdeki kutulara yerleştirilmesi problemi, konteyner yükleme problemi literatürde (CLP)/3D kutu paketleme problemi olarak bilinmektedir. Bu çalışmadaki çözülmesi gereken problem de malzemelerin kutu içerisine kutu sayısını en aza indirgeyerek yerleştirilmesi problemidir.

Konteyner yükleme problemleri, kutuların boyutları ve konteynerlerin değişen kapasiteleri nedeniyle NP-zor problem olarak sınıflandırılmaktadır. Bu nedenle problem boyutu büyüdükçe problemin etkin bir şekilde çözülmesi için birçok sezgisel algoritmanın kullanılması gerekli hale gelmektedir. Konteyner yükleme probleminin kapalı matematiksel formu aşağıdaki eşitlikte verilmiştir:

$$\max \sum_{i=1}^n v_i p_i \quad (2.1)$$

s. t.

$$0 \leq x_i \leq W - w_i \quad (2.2)$$

$$0 \leq y_i \leq L - l_i \quad (2.3)$$

$$0 \leq z_i \leq H - h_i \quad (2.4)$$

$$W, L, H, w_i, l_i, h_i, n \in Q^+$$

$$x_i, y_i, z_i \geq 0$$

$$p_i \in \{0,1\}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Q^+ : Pozitif Rasyonel Sayılar Kümesi

W, L, H : Konteyner Boyutları

w_i, l_i, h_i : Kutu Boyutları

n : Toplam Kutu Sayısı

p_i : i kutusunun kısıtlamaları karşılayıp karşılamadığını gösteren binary kod

$v_i = w_i \cdot l_i \cdot h_i$ i kutunun hacmi

Eş. 2.1 amaç fonksiyonu olup kutu hacminin kullanımını maksimize etmektedir. Eş. 2.2. kutunun derinliğini, Eş. 2.3. kutunun genişliğini ve Eş. 2.4. kutunun yüksekliğinin yerleştirilecek malzemeleri tarafından kullanımını göstermektedir. Kutular birbiri üzerine binmeyecek ve konteyner zemini veya diğer kutularla desteklenecektir. Literatürde CLP/3D kutu paketleme problemi ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Chen ve diğerleri (1995) yaptıkları çalışma ile aynı boyutta olmayan birden çok karton boyutu, birden çok konteyner ve kartonların üst üste binmemesi gibi kısıtlar ile kartonları konteynere yüklemek için analitik bir model sunmuşlardır. Burada 0-1 karma tam sayılı programlama ile modellenmiş ve sayısal örnekler ile model doğrulanmıştır [62].

Gehring ve Bortfeldt (1997) ise konteyner yükleme problemi için bir genetik algoritma geliştirmişlerdir. Algoritmada önce ayırık bir kutu kuleleri oluşturulmuş sonra konteyner tabanına bu kutu kuleleri belirli bir optimizasyon kriterlerine göre yerleştirilmiştir. Algoritmanın performansı diğer algoritmalarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir [63].

Gehring ve Bortfeldt (2001), yayınladıkları makalede farklı boyutlarda kutular ve yükleme için tek bir konteyner ile konteyner yükleme problemi için hibrit bir genetik algoritma sunmuşlardır. Prosedür dahilinde, istif planları, problemle yakından ilgili karmaşık veri yapıları ile temsil edilmiştir. Yavru oluşturmak için, entegre bir açgözlü sezgisel yöntemeye dayanan belirli genetik operatörler kullanılmıştır [64].

Pisinger (2002), sırt çantası konteyner yükleme problemi, paketlenmiş kutuların hacmi maksimize edilecek şekilde sabit boyutlarda dikdörtgen bir konteynere bir dikdörtgen kutu alt kümesinin yüklenmesi problemi ile ilgilenmiştir. Duvar inşa etme yaklaşımına dayalı yeni bir sezgisel yöntem önermiştir [65].

Hifi (2004), 3 boyutlu kesme problemini çözmek için iki tip algoritma önermiştir. Birinci algoritma, başlangıçta kısıtsız iki boyutlu giyotin kesme problemini çözmek için Gilmore ve Gomory (1966) tarafından önerilen yaklaşımının bir uyarlaması şeklindedir. İkinci algoritma temel olarak derinlik öncelikli arama stratejisi kullanan bir grafik arama prosedürüne dayanmaktadır [66].

Liu ve diğerleri (2011), konteyner yükleme problemine yeni bir hibrit tabu arama yaklaşımı sunmuşlardır. Bir yükleme sezgisel yöntemi, kararlılığın dikkate alındığı kutuların optimal yükleme düzenlemelerini oluşturmak için kalan boşluklara işleme yöntemiyle sezgisel stratejileri birleştirmek için tasarlanmıştır [67].

Baldi ve diğerleri (2012), paketleme kütle merkezi ile ilgili ek kısıtlamaların da olduğu toplam karı maksimize eden 3 boyutlu bir sırt çantası modeli sunmuşlardır [68].

Bortfeldt ve Wascher (2013), konteyner yükleme alanındaki en son gelişmelerin bir incelemesini gerçekleştirmişler, modelleme yaklaşımları ile kesin ve sezgisel algoritmalarını incelemişlerdir [69].

Ghomi ve diğerleri (2017), dikey kararlılık gibi bazı gerçekçi kısıtlamalar göz önünde bulundurulurken, paketlenmiş kutuların toplam değeri maksimize edecek şekilde dikdörtgen kutuların bir alt kümesinin bir kap içinde paketlenmesi problemi için bir karma tam sayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Üçlü tabanlı bir çözüm metodolojisi önerilmiş, modelleme tekniği olarak tavlama benzetimi kullanılmış ve bazı kutuların konteynere önceden yerleştirildiği durum detaylıca araştırılmıştır [70].

Bir MS Excel çalışma kitabı olan “CLP Spreadsheet Solver”, Konteyner Yükleme Problemlerini çözmek ve görselleştirmek için Erdoğan [41] tarafından geliştirilen açık kaynaklı bir araçtır. Bu araç, gerekli taşıma kutusunun miktarını bulmak, boyutunu hesaplamak ve kutu içerisindeki düzeni belirlemek için kullanılmaktadır. Komşuluk Araması sezgisel yöntemini “CLP Spreadsheet Solver” içinde çözüme ulaşmak için uygulanmıştır. Komşuluk Araması Algoritmasının ana hatları şu şekildedir [31]:

- Adım 1 (Başlatma): Malzemeler önceliklerine, boyutlarına ve kârlarına göre sıralanır. Konteynerler boyutlarına ve maliyetlerine göre ayrılır.
- Adım 2 (Yapıcı adım): Malzemeleri kaplara paketlemek için İlk Sığıdırma Azalan sezgisel yöntemini kullanılır.
- Adım 3 (Pertürbasyon): Malzemeler kaplardan rastgele çıkarılır ve birkaç kap rastgele boşaltılır. Kaplar, içlerine yerleştirilen hacmin azalan düzeninde sıralanır.
- Adım 4 (Yeniden Optimizasyon): Kaldırılan malzemeleri kaplara yeniden paketlemek için yapıcı bir sezgisel yöntem kullanılır.
- Adım 5 (Çözüm güncellemesi): Yeni çözüm, en iyi bilinen çözümden daha iyiye, en iyi bilinen çözüm güncellenir. Aksi takdirde, en iyi bilinen çözüme geri dönülür. Zaman sınırı aşılmadıysa, Adım 3'e gidilir.

“CLP Spreadsheet Solver”da kullanılan Geniş Komşuluk Arama Algoritması literatürde meta-sezgisel olarak geçmektedir. Meta-sezgisel, sezgisel optimizasyon algoritmaları geliştirmek için bir dizi kılavuz veya strateji sağlayan üst düzey problemsiz bir algoritmik çerçevedir [38].

Çözüm için kurulacak sistemde, toplanacak malzemelerin birbirinden ayrılmaması için miktar bazında partiler oluşturularak malzemeler birleştirilmiştir. Örneğin; 30 adet "P/N - 5" malzemesinin depo adresinden toplanacağını varsayalım. Bu miktar $2*5*3=30$ olarak çarpanlarına ayrılabilir. Bu nedenle, bu 30 adet malzeme 2-5-3 düzenlemesi ile tek parti haline getirilmiştir. Sisteme kaydedilecek 72 çeşit malzemenin boyut özellikleri VAD üzerinde yer alan D4-Malzeme Boyut Veri Deposuna metre bazında genişlik-derinlik-yükseklik olarak kaydedilmiştir. Miktarı 50 adedi bulan malzeme miktarlarının çarpanlarına ayrılmış ve dizilim stratejisini veren kayıtlar Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Toplaması yapılacak malzeme miktarlarının partileri

Miktar (Adet)	1. Çarpan	2. Çarpan	3. Çarpan	Miktar (Adet)	1. Çarpan	2. Çarpan	3. Çarpan	Miktar (Adet)	1. Çarpan	2. Çarpan	3. Çarpan
1	1	1	1	19	19	1	1	37	37	1	1
2	2	1	1	20	5	2	2	38	17	2	1
3	3	1	1	21	7	3	1	39	13	3	1
4	2	2	1	22	11	2	1	40	4	5	2
5	5	1	1	23	23	1	1	41	41	1	1
6	3	2	1	24	3	4	2	42	7	3	2
7	7	1	1	25	5	5	1	43	43	1	1
8	2	2	2	26	13	2	1	44	11	2	2
9	3	3	1	27	3	3	3	45	3	5	3
10	5	2	1	28	7	2	2	46	23	2	1
11	11	1	1	29	29	1	1	47	47	1	1
12	2	3	2	30	3	5	3	48	4	6	2
13	13	1	1	31	31	1	31	49	7	7	1
14	7	2	1	32	4	4	2	50	5	5	2
15	5	3	1	33	11	3	1				
16	4	2	2	34	17	2	1				
17	17	1	1	35	7	5	1				
18	2	3	2	36	4	3	3				

Sisteme kaydedilmiş 72 çeşit malzemenin boyutsal verileri Çizelge 3.4.'te verilmiştir. Buradaki veriler VAD üzerinde yer alan “D4 – Malzeme Ebat Veri Deposu”na kaydedilmiştir.

Çizelge 3.4. Malzemelerin boyutsal verileri çizelgesi

Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Genişlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Derinlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Yükseklik) (metre)	Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Genişlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Derinlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Yükseklik) (metre)
P/N - 1	X11	0,08	0,09	0,04	P/N - 37	X51	0,04	0,08	0,21
P/N - 2	X12	0,07	0,08	0,03	P/N - 38	X52	0,10	0,01	0,01
P/N - 3	X13	0,10	0,10	0,01	P/N - 39	X53	0,62	0,30	0,08
P/N - 4	X14	0,21	0,07	0,21	P/N - 40	X54	0,07	0,21	0,34
P/N - 5	X15	0,11	0,07	0,14	P/N - 41	X55	0,23	0,32	0,07
P/N - 6	X16	0,27	0,04	0,30	P/N - 42	X56	0,43	0,03	0,10
P/N - 7	X17	0,23	0,29	0,25	P/N - 43	X57	0,14	0,25	0,08
P/N - 8	X18	0,27	0,16	0,34	P/N - 44	X58	0,03	0,21	0,27
P/N - 9	X19	0,32	0,12	0,12	P/N - 45	X59	0,28	0,10	0,10
P/N - 10	X21	0,21	0,07	0,21	P/N - 46	X61	0,09	0,25	0,01
P/N - 11	X22	0,20	0,17	0,28	P/N - 47	X62	0,21	0,01	0,08
P/N - 12	X23	0,05	0,11	0,09	P/N - 48	X63	0,21	0,21	0,14
P/N - 13	X24	0,60	0,04	0,20	P/N - 49	X64	0,28	0,11	0,32
P/N - 14	X25	0,21	0,21	0,09	P/N - 50	X65	0,25	0,40	0,07
P/N - 15	X26	0,03	0,01	0,23	P/N - 51	X66	0,07	0,10	0,20

Çizelge 3.4. (devam) Malzemelerin boyutsal verileri çizelgesi

Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Genişlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Derinlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Yükseklik) (metre)	Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Genişlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Derinlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Yükseklik) (metre)
P/N - 16	X27	0,10	0,21	0,07	P/N - 52	X67	0,20	0,08	0,08
P/N - 17	X28	0,21	0,08	0,03	P/N - 53	X68	0,16	0,21	0,16
P/N - 18	X29	0,27	0,10	0,08	P/N - 54	X69	0,21	0,07	0,20
P/N - 19	X31	0,07	0,21	0,35	P/N - 55	X71	0,34	0,23	0,05
P/N - 20	X32	0,34	0,09	0,07	P/N - 56	X72	0,30	0,08	0,07
P/N - 21	X33	0,05	0,21	0,18	P/N - 57	X73	0,62	0,21	0,28
P/N - 22	X34	0,04	0,30	0,28	P/N - 58	X74	0,18	0,21	0,21
P/N - 23	X35	0,27	0,14	0,27	P/N - 59	X75	0,16	0,08	0,08
P/N - 24	X36	0,21	0,18	0,34	P/N - 60	X76	0,18	0,08	0,62
P/N - 25	X37	0,60	0,10	0,32	P/N - 61	X77	0,07	0,27	0,27
P/N - 26	X38	0,23	0,20	0,34	P/N - 62	X78	0,35	0,04	0,21
P/N - 27	X39	0,03	0,23	0,16	P/N - 63	X79	0,34	0,35	0,09
P/N - 28	X41	0,09	0,07	0,20	P/N - 64	X81	0,07	0,27	0,03
P/N - 29	X42	0,27	0,07	0,21	P/N - 65	X82	0,27	0,18	0,25
P/N - 30	X43	0,32	0,03	0,18	P/N - 66	X83	0,20	0,11	0,14
P/N - 31	X44	0,10	0,18	0,27	P/N - 67	X84	0,21	0,32	0,11

Çizelge 3.4. (devam) Malzemelerin boyutsal verileri çizelgesi

Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Genişlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Derinlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Yükseklik) (metre)	Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Genişlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Derinlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Boyutu (Yükseklik) (metre)
P/N - 32	X45	0,10	0,01	0,27	P/N - 68	X85	0,30	0,11	0,21
P/N - 33	X46	0,20	0,14	0,18	P/N - 69	X86	0,32	0,16	0,18
P/N - 34	X47	0,09	0,05	0,30	P/N - 70	X87	0,27	0,05	0,08
P/N - 35	X48	0,27	0,01	0,30	P/N - 71	X88	0,01	0,15	0,05
P/N - 36	X49	0,05	0,05	0,25	P/N - 72	X89	0,07	0,16	0,08

Sistemde 3 tip malzeme taşıma kutusu bulunmaktadır. Bu kutuların boyutsal verileri Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Malzeme taşıma kutularının boyutları çizelgesi

	Genişlik (x)	Yükseklik (y)	Uzunluk (z)
Kap tipi 1	0,40	0,28	0,60
Kap tipi 2	0,60	0,32	0,80
Kap tipi 3	0,61	0,52	0,81

Toplaması yapılacak malzemelerin kullanıcı tarafından seçilmesi için MS Excel VBA yardımı ile bir ara yüz tasarımı yapılmıştır. Bu ara yüzde sistemin sınırlılıkları dikkate alınarak 20 çeşit malzeme seçilmiştir. VAD üzerinde gösterilen 6.0 sürecine uygun ara yüz tasarımı Şekil 3.17.'de verilmektedir. Bu ara yüzden toplanan veriler D8- Gerekli Kutu Sayısı ve Yerleştirme Veri Deposu'na kaydedilmektedir.

Number of Boxes Calculation

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

Toplama Kutusu Çeşidi ve Miktarı Hesaplama

Malzeme Listesi	Miktar	Miktar	Miktar
1. P/N - 1	10	8. P/N - 32	7
2. P/N - 4	12	9. P/N - 36	14
3. P/N - 5	16	10. P/N - 39	21
4. P/N - 7	20	11. P/N - 41	16
5. P/N - 11	4	12. P/N - 44	12
6. P/N - 26	6	13. P/N - 48	8
7. P/N - 28	10	14. P/N - 54	9
		15. P/N - 59	5
		16. P/N - 61	10
		17. P/N - 65	20
		18. P/N - 67	15
		19. P/N - 71	12
		20. P/N - 72	16

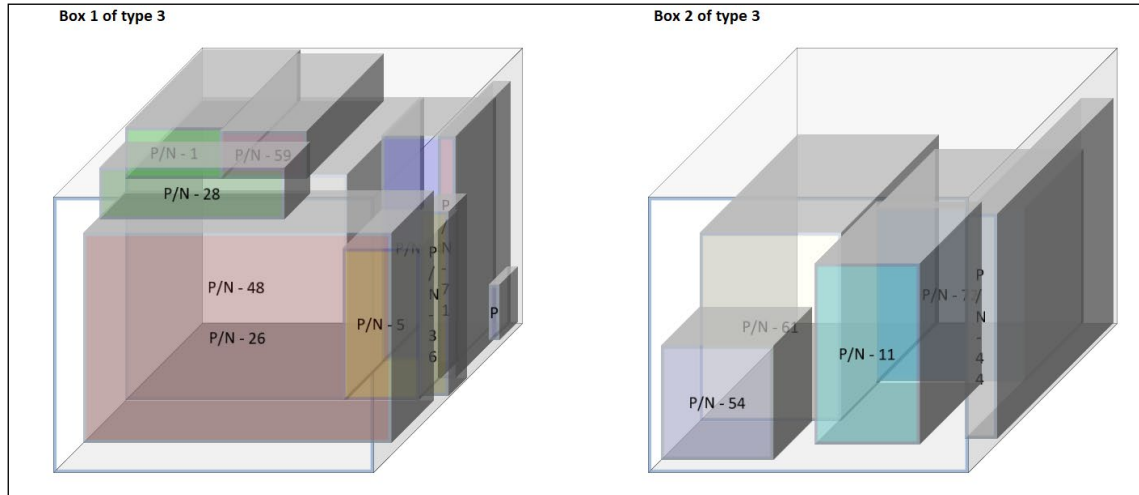
Şekil 3.17. Taşıma kutusu çeşidi ve miktar hesaplaması yapılacak örnek malzeme listesinin kullanıcı ara yüzündeki seçilmiş görseli

Çözüme, Microsoft Windows 10 işletim sistemli Intel(R) Core (TM) i5-8265U CPU @ 1.60GHz, 1800 MHz, 4 Çekirdekli, 8 Mantıksal İşlemcili bir bilgisayar ile 45 saniyede ulaşılmıştır. Çözümün ardından Şekil 3.18.'deki gibi bir ara yüz ile MTBS'de kullanıcıya rehberlik edecek sonuç raporu oluşturulmuştur. Hesaplama sonucu, "D8 - Gerekli Kutu Sayısı ve Yerleştirme Veri Deposu"na kaydedilmektedir.

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi									
Toplama Kutusu Sonuç Listesi									
Malzeme Listesi	Miktar	Dizilim				Kap Tipi			
		Gen.	Der.	Yük.					
P/N - 71	12	2	x	3	x	2	Kutu 1 / Tip 3	Kap Tipi 1	
P/N - 59	5	5	x	1	x	1	Kutu 1 / Tip 3		
P/N - 5	16	4	x	2	x	2	Kutu 1 / Tip 3		
P/N - 48	8	2	x	2	x	2	Kutu 1 / Tip 3	Kap Tipi 2	
P/N - 4	12	2	x	3	x	2	Kutu 1 / Tip 3		
P/N - 36	14	7	x	2	x	1	Kutu 1 / Tip 3		
P/N - 32	7	7	x	1	x	1	Kutu 1 / Tip 3	Kap Tipi 3	
P/N - 28	10	5	x	2	x	1	Kutu 1 / Tip 3		
P/N - 26	6	3	x	2	x	1	Kutu 1 / Tip 3		
P/N - 1	10	5	x	2	x	1	Kutu 1 / Tip 3	Simülasyonu Çalıştır	
P/N - 72	16	4	x	2	x	2	Kutu 2 / Tip 3		
P/N - 61	10	5	x	2	x	1	Kutu 2 / Tip 3		
P/N - 54	9	3	x	3	x	1	Kutu 2 / Tip 3	Ana Sayfa	
P/N - 44	12	2	x	3	x	2	Kutu 2 / Tip 3		
P/N - 11	4	2	x	2	x	1	Kutu 2 / Tip 3		
P/N - 7	20	5	x	2	x	2	Palet ile taşıyoruz	Çıkış	
P/N - 67	15	5	x	3	x	1	Palet ile taşıyoruz		
P/N - 65	20	5	x	2	x	2	Palet ile taşıyoruz		
P/N - 41	16	4	x	2	x	2	Palet ile taşıyoruz		
P/N - 39	21	7	x	3	x	1	Palet ile taşıyoruz		

Şekil 3.18. Taşıma kutusu çeşidi ve miktar hesaplaması yapılan örnek malzeme listesinin kullanıcı ara yüzündeki sonuç raporu görseli

Tasarlanan Bilgi Sistemi (MTBS) çalıştırılırken her bir kutunun içi simülasyon ile tek tek gösterilerek 20 saniyelik kutu içi yerleşim simülasyonu kullanıcıya sunulmuştur. Sonuç, VAD’da yer alan 7.0 süreci kapsamında depo operatörüne sunulmuştur. Sonuç raporu içerisinde ise simülasyonu tekrar çalıştırma ihtiyacı düşünülerek daha sonra istenildiğinde kutu içi yerleşim simülasyonunun tekrar çalıştırılması için kullanıcı ara yüzündeki sonuç raporuna bir “Simülasyonu Çalıştır” butonu yerleştirilmiştir. Rapora göre Tip 3 çeşidinde olan malzeme taşıma kutusundan 2 adet yeterli bulunmuş ve sonuca ulaşılmıştır. Hiçbir kutuya sığmayan “P/N – 7, P/N – 67, P/N – 65, P/N – 41, P/N – 39” malzemelerinin taşınması ise palet yardımı ile yapılması önerilmiştir. Kutu içindeki malzemelerin yerleşim görüntüsü, Şekil 3.19.’da verilmektedir.



Şekil 3.19. Kutuların içindeki malzemelerin yerleşim görseli

3.7.3. En kısa malzeme toplama yolunun ve malzeme taşıma kutusu ihtiyacının sıralı hesaplanması metodu

Önceki çözüm yöntemlerinde münferit olarak en kısa malzeme toplama yolu ve malzeme taşıma kutusu ihtiyacı bağımsız şekilde hesaplanmıştır. Bu bölümde ise her iki algoritma program tarafından peş peşe çalıştırılarak kullanıcıya iki çözümü de içeren tek bir sonuç raporu sunulması sağlanmıştır. Bu ihtiyaca yönelik olarak bilgi sisteminin ilk karşılama arayüzünde bulunan “İkisini Birlikte Hesapla” butonu ile kullanıcıya bu seçenek sunulmuştur. Bu yöntem çözüm süresini uzatsa bile kullanıcı beklentilerini tam olarak karşılayabilmektedir.

Çizelge 3.6.’da örnek olarak bazı malzemelerin toplanmasını içeren bir malzeme toplama listesi yer almaktadır.

Çizelge 3.6. Örnek malzeme toplama listesi

Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)	Miktar (Adet)	Malzeme	Depo Adresi (Stok Yeri)	Miktar (Adet)
P/N - 1	X11	10	P/N - 41	X55	16
P/N - 4	X14	12	P/N - 44	X58	12
P/N - 5	X15	16	P/N - 48	X63	8
P/N - 7	X17	20	P/N - 54	X69	9
P/N - 11	X22	4	P/N - 59	X75	5
P/N - 26	X38	6	P/N - 61	X77	10
P/N - 28	X41	10	P/N - 65	X82	20
P/N - 32	X45	7	P/N - 67	X84	15
P/N - 36	X49	14	P/N - 71	X88	12
P/N - 39	X53	21	P/N - 72	X89	16

Örnek malzeme listesinde yer alan 20 çeşit malzemenin kullanıcı ara yüzünde yer alan “İkisini Birlikte Hesapla” seçeneği içerisindeki konsola girişleri Şekil 3.20.’deki gibi işlenmiştir.

Calculating Shortest Path and Number of Boxes

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

En Kısa Yolu ve Toplama Kutusu Miktarını Hesaplama

Malzeme Listesi	Miktar		Miktar		Miktar
1. P/N - 1	10	8. P/N - 32	7	15. P/N - 59	5
2. P/N - 4	12	9. P/N - 36	14	16. P/N - 61	10
3. P/N - 5	16	10. P/N - 39	21	17. P/N - 65	20
4. P/N - 7	20	11. P/N - 41	16	18. P/N - 67	15
5. P/N - 11	4	12. P/N - 44	12	19. P/N - 71	12
6. P/N - 26	6	13. P/N - 48	8	20. P/N - 72	16
7. P/N - 28	10	14. P/N - 54	9		

Şekil 3.20. En kısa malzeme toplama yolu ve malzeme taşıma kutusu ihtiyacının sıralı hesaplanmasında kullanıcı veri girişi ara yüzü görseli

Çözümde, Microsoft Windows 10 işletim sistemli Intel(R) Core (TM) i5-8265U CPU @ 1.60GHz, 1800 MHz, 4 Çekirdekli, 8 Mantıksal İşlemcili bir bilgisayar ile 135 saniyede yaklaşık 25000 adet alt problemin çözülmesi ile ulaşılmıştır. Çözümün ardından Şekil 3.21.'deki gibi bir ara yüz ile MTBS'de kullanıcıya rehberlik edecek sonuç raporu oluşturulmuştur. Hesaplama sonucu, “D8 - Gerekli Kutu Sayısı ve Yerleştirme Veri Deposu”na ve “D7 – En Kısa Yol Veri Deposu”na kaydedilmiştir kaydedilmektedir.

Report Form of Both of Method

Toplama Kutusu Miktarı ve Çeşitleri Listesi

Malzeme Listesi	Miktar	Kutu İçi Dizilim			Kutu No		
		Gen.	Der.	Yük.			
P/N - 71	12	2	x	3	x	2	Kutu 1 / Tip 3
P/N - 59	5	5	x	1	x	1	Kutu 1 / Tip 3
P/N - 5	16	4	x	2	x	2	Kutu 1 / Tip 3
P/N - 48	8	2	x	2	x	2	Kutu 1 / Tip 3
P/N - 4	12	2	x	3	x	2	Kutu 1 / Tip 3
P/N - 36	14	7	x	2	x	1	Kutu 1 / Tip 3
P/N - 32	7	7	x	1	x	1	Kutu 1 / Tip 3
P/N - 28	10	5	x	2	x	1	Kutu 1 / Tip 3
P/N - 26	6	3	x	2	x	1	Kutu 1 / Tip 3
P/N - 1	10	5	x	2	x	1	Kutu 1 / Tip 3
P/N - 72	16	4	x	2	x	2	Kutu 2 / Tip 3
P/N - 61	10	5	x	2	x	1	Kutu 2 / Tip 3
P/N - 54	9	3	x	3	x	1	Kutu 2 / Tip 3
P/N - 44	12	2	x	3	x	2	Kutu 2 / Tip 3
P/N - 11	4	2	x	2	x	1	Kutu 2 / Tip 3
P/N - 7	20	5	x	2	x	2	Palet ile taşıyınız
P/N - 67	15	5	x	3	x	1	Palet ile taşıyınız
P/N - 65	20	5	x	2	x	2	Palet ile taşıyınız
P/N - 41	16	4	x	2	x	2	Palet ile taşıyınız
P/N - 39	21	7	x	3	x	1	Palet ile taşıyınız

En Kısa Yol Sonuç Listesi

Malzeme Toplama Rotası	
1. Stok Adresi	B
2. Stok Adresi	X22
3. Stok Adresi	X41
4. Stok Adresi	X53
5. Stok Adresi	X75
6. Stok Adresi	X63
7. Stok Adresi	X82
8. Stok Adresi	X84
9. Stok Adresi	X89
10. Stok Adresi	X88
11. Stok Adresi	X77
12. Stok Adresi	X69
13. Stok Adresi	X49
14. Stok Adresi	X58
15. Stok Adresi	X55
16. Stok Adresi	X45
17. Stok Adresi	X38
18. Stok Adresi	X17
19. Stok Adresi	X15
20. Stok Adresi	X14
21. Stok Adresi	X11

Kap Tipi 1

Kap Tipi 2

Kap Tipi 3

Simülasyonu Çalıştır

Ana Sayfa

Çıkış

Şekil 3.21. En kısa malzeme toplama yolu ve malzeme taşıma kutusu ihtiyacının sıralı hesaplanmasında kullanıcı rapor ara yüzü görseli

3.8. Depo Yöneticisi Tarafından Bilgi Sistemine Veri Girişi

Bilgi sisteminin ana sayfasında yer alan “Depo Yöneticisi (Sorumlu) Ara yüzü”, depo sorumlusunun gün içerisinde işleri ve bilgi sistemini yönetebilmesi için geliştirilmiştir. MTBS en kısa yolu (rota) ve kutu içi yerleşim problemlerini çözebilmesi için bazı tanımlamalara ve verilere ihtiyaç duymaktadır. MTBS’nin ihtiyaç duyduğu bu verilerin giriş işlemleri için depo sorumlusu için bir ara yüzü tasarımı yapılmıştır. Bu ara yüz sayesinde depo sorumlusu kolaylıkla MTBS’ye veri girişi sağlayabilmektedir. Kullanıcı ara yüzünden girilen veriler aşağıdaki gibidir:

- Taşıma Kutusu (Kap Tipi) Verisi Girişi,
- Stok Adresleri Arası Mesafe Verisinin Girişi,
- Malzeme Depo (Stok) Adresi Verisi Girişi,
- Malzeme Ebadı (Boyut) Verisi Girişi,
- Kutu İçi Yerleşim (Dizilim) Verisi Girişi,
- Depo Operatörü Verisi Girişi.

Yöneticinin MTBS’de veri girişi yapabildiği bu ara yüzün görseli ise Şekil 3.22.’de verilmiştir.

Warehouse Manager (Admin) Dashboard

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

Depo Yöneticisi (Admin) Veri Girişi ve Rapor Konsolu

Veri Girişi Sayfası | Raporlar Sayfası

Taşıma Kutusu (Kap Tipi) Verisi Girişi

Malzeme Depo (Stok) Adresi Verisi Girişi

Malzeme Ebatı (Boyut) Verisi Girişi

Stok Adresleri Arası Mesafe Verisinin Girişi

Kutu İçi Yerleşim (Dizilim) Verisi Girişi

Depo Operatörü Verisi Girişi

Ana Sayfa

Çıkış

Şekil 3.22. Bilgi sisteminin yönetici veri girişi ara yüzü görseli

Veri giriş işlemlerinden bir tanesi olan “Taşıma Kutusu (Kap Tipi) Verisi Girişi”nin örnek görseli ise Şekil 3.23’teki gibidir.

Kap Türü	İsim	Genişlik (x)	Yükseklik (y)	Uzunluk (z)	Hacim kapasitesi	Ağırlık Kapasitesi	Kullanılabilir?	Maliyet	Kap sayısı
1	Kap tipi 1	0,40	0,28	0,60	0,15	1,00	Kullanılabilir	1,00	5
2	Kap tipi 2	0,60	0,32	0,80	0,25	1,00	Kullanılabilir	1,00	5
3	Kap tipi 3	0,61	0,52	0,81	0,00	2,00	Kullanılabilir	2,00	5

Ana Menüye Dön

Şekil 3.23. Taşıma kutusu (kap tipi) verisi girişi ara yüzü görseli

3.9. Bilgi Sisteminden Depo Yöneticisine Rapor Oluşturulması

MTBS'nin ana sayfasında yer alan “Depo Yöneticisi (Sorumlu) Ara yüzü”, Depo Sorumlusunun gün içerisinde işleri ve bilgi sistemini yönetebilmesi için geliştirilmiştir. Bu ara yüz sayesinde yöneticiye;

- Taşıma Kutusu Çeşitleri Raporu,
- Stok Adresleri Arası Mesafe Raporu,
- Malzeme Stok Adresleri Raporu,
- Malzeme Boyut (Ebat) Raporu,
- Miktar-Kutu İçi Yerleşim Raporu,
- Depo Operatörleri Raporu,
- Toplaması Yapılacak Malzemeler ve Miktarları Raporu,
- İhtiyaç Olan Taşıma kutusu Miktarı ve Kutu İçi Yerleşim Raporu
- En Kısa Malzeme Toplama Rotası Raporu

gibi birçok farklı rapor sunulmaktadır. Yöneticinin kolay bir şekilde bu raporlara ulaşabildiği MTBS'nin kullanıcı ara yüzü görüntüsü Şekil 3.24.'de verilmiştir.



Şekil 3.24. Bilgi sisteminin yönetici raporu oluşturma ara yüzü görseli

MTBS'nin sunduğu "Taşıma Kutusu Çeşitleri Raporu" sayesinde yönetici, sisteme tanımlanmış olan taşıma kutusu çeşitlerinin detaylarına kolayca ulaşabilmektedir. Şekil 3.25'de bir "Taşıma Kutusu Çeşitleri Raporu" görseli yer almaktadır. Raporda, kap çeşitlerinin genişlik, yükseklik ve derinlik bilgileri metre cinsinden sunulmaktadır. MTBS tanımlanan ebat verileri ile hacim bilgisini hesaplayabilmektedir. Yönetici tarafından kutulara malzeme koyma maliyetleri de girilerek MTBS'nin önce daha az maliyetli kutulara malzeme yerleştirmesi sağlanabilmektedir. Aynı zamanda raporda MTBS'ye tanımlanmış toplam kap sayısı da görülmektedir.

Box Typies Report

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

Kutu Çeşidi Raporu

İsim	Genişlik (x)	Yükseklik (y)	Uzunluk (z)	Hacim kapasitesi	Ağırlık Kapasitesi	Kullanılabilir?	Maliyet	Tahmini kap sayısı	Kap sayısı
Kap tipi 2	0,40	0,28	0,60	0,07	1,00	Kullanılabilir	1,00	11	5
Kap tipi 3	0,60	0,32	0,80	0,15	1,00	Kullanılabilir	1,00	5	5
Kap tipi 4	0,61	0,52	0,81	0,25	1,00	Kullanılabilir	1,00	3	5

Depo
Yöneticisi (Mngr)
Ekranı

Ana Sayfa

Çıkış

Şekil 3.25. Taşıma kutusu çeşitleri raporu görseli

MTBS'nin yöneticiye sunduğu bir diğer rapor ise "Stok Adresleri Arası Mesafe Raporu"dur. Bu rapor, yöneticiye iki farklı stok adresinin birbirine olan yürüme mesafesi uzaklıklarını sunmaktadır. Bir stok adresinin diğer tüm stok adreslerine olan mesafelerine raporda ulaşılabilir. Bir matris görünümüne sahip olan rapor, MTBS'nin en temel fonksiyonu olan en kısa yol hesaplama fonksiyonu için önemli bir girdi sağlamaktadır. "Stok Adresleri Arası Mesafe Raporu"na ait bir görsel Şekil 3.26.'da verilmiştir.

Warehouse Address Distance Report

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

Stok Adresleri Arası Mesafe Raporu

	B	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X21
B	0	2	4	6	10	12	14	18	20	22	8
X11	2	0	2	4	8	10	12	14	18	20	10
X12	4	2	0	2	6	8	10	14	16	18	12
X13	6	4	2	0	4	6	8	12	14	16	14
X14	10	8	6	4	0	2	4	8	10	12	14
X15	12	10	8	6	2	0	2	6	8	10	16
X16	14	12	10	8	4	2	0	4	6	8	18
X17	18	14	14	12	8	6	4	0	2	4	22
X18	20	18	16	14	10	8	6	2	0	2	24
X19	22	20	18	16	12	10	8	4	2	0	26
X21	8	10	12	14	14	16	18	22	24	26	0
X22	10	12	14	12	12	14	16	20	22	24	2
X23	12	14	14	10	10	12	12	18	20	22	4
X24	16	14	12	10	10	12	14	14	16	18	8
X25	18	16	14	12	12	14	12	12	14	16	10
X26	20	18	16	14	14	14	10	10	12	14	12
X27	24	22	20	18	14	12	10	10	12	14	16
X28	26	24	22	20	16	14	12	12	14	12	18
X29	28	26	24	22	18	16	14	14	12	10	20
X31	8	10	12	14	14	16	18	22	24	26	0
X32	10	12	14	12	12	14	16	20	22	24	2
X33	12	14	14	10	10	12	12	18	20	22	4

Depo
Yöneticisi (Mngr)
Ekranı

Ana Sayfa

Çıkış

Şekil 3.26. Stok adresleri arası mesafe raporu görseli

Yönetici, MTBS’de tanımlı bir malzemenin hangi stok adresine kayıtlı olduğuna “Malzeme Stok Adresleri Raporu” ile ulaşabilmektedir. Bu raporda, malzeme numarası ve kayıtlı olduğu stok adres bilgisi sunulmuştur. “Malzeme Stok Adresleri Raporu”na ait bir görsel Şekil 3.27.’de verilmiştir.



Şekil 3.27. Malzeme stok adresleri raporu görseli

Yönetici, bir malzemeye ait boyut bilgilerine MTBS’de “Malzeme Boyut (Ebat) Raporu” ile ulaşabilmektedir. Bu rapor malzemeye ait genişlik, derinlik ve yükseklik verilerini metre cinsinden yöneticiye sunmaktadır. Aynı zamanda rapor, malzemenin kayıtlı olduğu stok adresini de göstermektedir. “Malzeme Boyut (Ebat) Raporu”na ait bir görsel Şekil 3.28.’de verilmiştir.

Material Dimension Report

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

Malzeme Boyut Raporu

Malzeme No	Stok Adresi	1 Adet Malzemenin Ölçüsü (Genişlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Ölçüsü (Derinlik) (metre)	1 Adet Malzemenin Ölçüsü (Yükseklik) (metre)
P/N - 1	X11	0,08	0,09	0,04
P/N - 2	X12	0,07	0,08	0,03
P/N - 3	X13	0,10	0,10	0,01
P/N - 4	X14	0,21	0,07	0,21
P/N - 5	X15	0,11	0,07	0,14
P/N - 6	X16	0,27	0,04	0,30
P/N - 7	X17	0,23	0,29	0,25
P/N - 8	X18	0,27	0,16	0,34
P/N - 9	X19	0,32	0,12	0,12
P/N - 10	X21	0,21	0,07	0,21
P/N - 11	X22	0,20	0,17	0,28
P/N - 12	X23	0,05	0,11	0,09
P/N - 13	X24	0,60	0,04	0,20
P/N - 14	X25	0,21	0,21	0,09
P/N - 15	X26	0,03	0,01	0,23
P/N - 16	X27	0,10	0,21	0,07
P/N - 17	X28	0,21	0,08	0,03
P/N - 18	X29	0,27	0,10	0,08
P/N - 19	X31	0,07	0,21	0,35
P/N - 20	X32	0,34	0,09	0,07
P/N - 21	X33	0,05	0,21	0,18
P/N - 22	X34	0,04	0,30	0,28
P/N - 23	X35	0,27	0,14	0,27
P/N - 24	X36	0,21	0,18	0,34
P/N - 25	X37	0,60	0,10	0,32
P/N - 26	X38	0,23	0,20	0,34
P/N - 27	X39	0,03	0,23	0,16
P/N - 28	X41	0,09	0,07	0,20
P/N - 29	X42	0,27	0,07	0,21

Depo
Yöneticisi (Mngr)
Ekranı

Ana Sayfa

Çıkış

Şekil 3.28. Malzeme boyut (ebat) raporu görseli

MTBS’de yer alan bir diğer yöneticiye sunulan rapor ise “Miktar-Kutu İçi Yerleşim Raporu”dur. Bu raporda yöneticiye, kutu içerisine yerleştirilecek malzeme partilerinin hangi dizilim ile kafiye oluşturacağı sunulmaktadır. Malzeme toplama miktarlarından beslenen bu rapordaki veriler, kutu içi dizilim için en önemli girdilerden birisidir. “Miktar-Kutu İçi Yerleşim Raporu”na ait bir görsel Şekil 3. 29.’da verilmiştir.

Quantity-Box Ranking Report

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

Miktar-Kutu Sıralaması Raporu

Miktar (Adet)	1. Dizilim Çarpanı	2. Dizilim Çarpanı	3. Dizilim Çarpanı
1	1	1	1
2	2	1	1
3	3	1	1
4	2	2	1
5	5	1	1
6	3	2	1
7	7	1	1
8	2	2	2
9	3	3	1
10	5	2	1
11	11	1	1
12	2	3	2
13	13	1	1
14	7	2	1
15	5	3	1
16	4	2	2
17	17	1	1
18	2	3	2
19	19	1	1
20	5	2	2
21	7	3	1
22	11	2	1
23	23	1	1
24	3	4	2
25	5	5	1
26	13	2	1
27	3	3	3
28	7	2	2
29	29	1	1
30	3	5	3
31	31	1	31
32	4	4	2

Depo
Yöneticisi (Mngr)
Ekranı

Ana Sayfa

Çıkış

Şekil 3.29. Miktar-kutu içi yerleşim raporu

MTBS’de yer alan “Depo Operatörleri Raporu” ise depoda görev yapan operasyon seviyesindeki personellerin tanımlanmış özlük bilgilerini yöneticiye sunmaktadır. Rapor temel olarak personel sicil numaraları ile adı-soyadı bilgilerini vermektedir. İlerleyen zamanlarda rapor, yöneticinin ihtiyaçlarına göre genişletilebilir niteliktedir. “Depo Operatörleri Raporu”na ait bir görsel Şekil 3.30.’da verilmiştir.

Warehouse Operator List

Malzeme Toplama Bilgi Sistemi

Depo Operatörleri Bilgi Listesi

Sicil No	Adı	Soyadı
1065	İlyas Umut	ALTUNDAL
1343	Edip	ATLI
1118	Hami	ORHAN
1478	Kazım	SEVCAN
1496	Muhterem	PEHLİVAN
1510	Kürşat	ŞEKER

**Depo
Yöneticisi (Mngr)
Ekranı**

Ana Sayfa

Çıkış

Şekil 3.30. Depo operatörleri raporu görseli

MTBS, yöneticiye sisteme tanımlanmış son toplama listesinde yer alan malzemelerin listesini “Toplaması Yapılacak Malzemeler ve Miktarları Raporu” ile sunmaktadır. Bu listedeki veriler ile çalıştırılan MTBS’nin bulduğu en kısa yol sonucu “En Kısa Malzeme Toplama Rotası Raporu” ile sunulmaktadır. İhtiyaç olan taşıma kutusu miktarı, çeşidi ve kutu içi yerleşimi gösteren sonuç ise “İhtiyaç Olan Taşıma kutusu Miktarı ve Kutu İçi Yerleşim Raporu” ile yöneticiye sağlanmaktadır.

3.10. MTBS’nin Şirkete Sağladığı Avantajlar

Depo içerisinde yürütülen tüm maliyetlerin hesaba katılması ile bu maliyetlerin %55-%65 oranlık kısmını, depodan malzemelerin stok yerlerinden toplanması ve hazırlama faaliyetleri oluşturmaktadır. Ankara ilinde faaliyet gösteren bir şirkete uygulanan MTBS ile şirketin malzeme toplama ve hazırlama faaliyetlerinde önemli avantajlar sağlanmıştır. Daha önce personellerin sezgi ve tecrübeleri ile yürütülen faaliyetlerin icrası, sistematik bir yapıya getirilmiştir.

MTBS iki önemli problemin çözümüne odaklanmıştır. Birinci problem, depodaki malzeme toplama rotasının en kısa şekilde bulunmasıdır. İkinci problem ise malzemelerin konulacağı taşıma kutusu miktarının ve taşıma kutuları içerisine malzemelerin nasıl yerleştirileceğidir. Bu problemlerin çözümü için MTBS sistematik sonuçlar üretmektedir.

Mevcut durum analizlerinde şirketin deposunda hali hazırda yürüttüğü 10 farklı malzeme toplama ve hazırlama faaliyetleri MTBS öncesi ve MTBS sonrası olmak üzere incelenmiştir. Bu incelemelerin detayları Çizelge 3.7.'de verilmiştir.



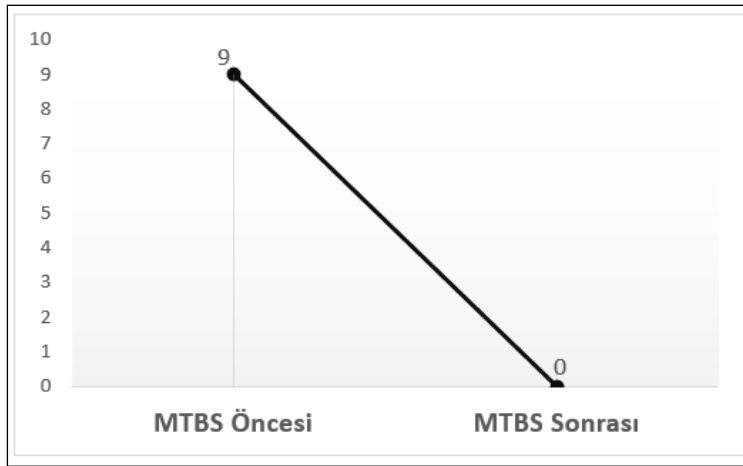
Çizelge 3.7. Şirketin hali hazırda yürüttüğü malzeme toplama ve hazırlama faaliyetlerinin MTBS öncesi ve MTBS sonrası incelenmesi çizelgesi

İş Emri No	Toplanacak Malzeme Kalemi Sayısı	Uğranacak Stok Adresi Sayısı	Başlangıç Noktasına Dönme Sayısı		Kat Edilen Toplam Mesafe (m)			Toplam Harcanan Süre (Dakika)		
			MTBS Öncesi	MTBS Sonrası	MTBS Öncesi	MTBS Sonrası	İyileştirme Yüzdesi	MTBS Öncesi	MTBS Sonrası	İyileştirme Yüzdesi
10455	11	11	0	0	124	74	-%40	83,6	45,1	-%46
10456	10	10	1	0	152	126	-%17	90,2	41	-%55
10457	20	20	1	0	196	136	-%31	166,2	82	-%51
10458	20	20	0	0	160	126	-%21	152	82	-%46
10459	3	3	0	0	48	48	%0	22,8	12,3	-%46
10460	18	18	1	0	158	139	-%12	151	73,8	-%51
10461	16	16	3	0	220	48	-%78	164,2	65,6	-%60
10462	15	15	2	0	182	74	-%59	142,4	61,5	-%57
10463	17	17	1	0	160	74	-%54	143,4	69,7	-%51
10464	6	6	1	0	62	48	-%23	45,6	24,6	-%46
Toplam	136	136	9	0	1462	893	-%39	1161,4	557,6	-%52
İş Emri Başına Ortalama Birim Değer					146,2	89,3		8,54	4,1	

İnceleme ilgili dönemde gerçekleşen 10 farklı malzeme toplama ve hazırlama faaliyeti iş emri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu incelemede; toplamı yapılacak malzeme kalemi sayısı, uğranılacak stok adresi sayısı, taşıma kutusu değişimi veya ek taşıma kutusu alınması amacıyla başlangıç noktasına (B) dönme sayısı, tüm işlemlerin gerçekleşmesi için kat edilen toplam mesafe ve harcanan toplam süre dikkate alınmıştır.

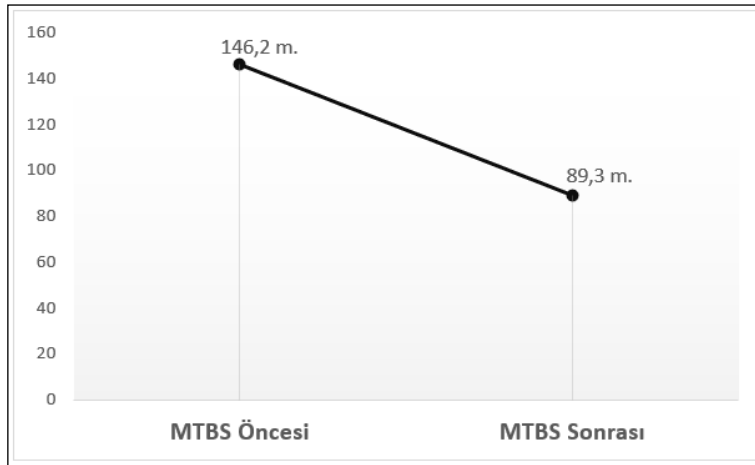
Yapılan ölçümlerin sonucunda;

- Toplam 136 kalem malzeme, 136 stok adresinden toplanmıştır.
- MTBS öncesi malzeme toplama faaliyetlerinde faaliyet sürerken başlangıç noktasına toplam 9 kez geri dönme işlemi gerçekleştirilmiştir. MTBS sonrası ise başlangıç noktasına dönme ihtiyacı ortadan kalkmıştır. Değişim, Şekil 3.31’de gösterilmiştir.



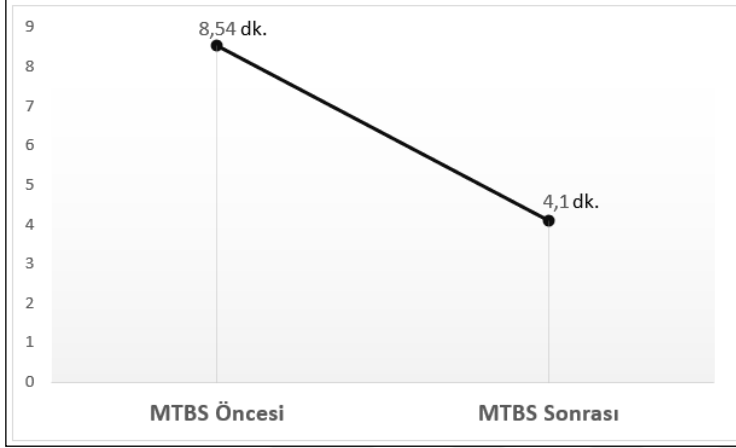
Şekil 3.31. MTBS uygulanması ile başlangıç noktasına dönülmesi değişim grafiği

- 10 farklı iş emrindeki malzemelerin ilgili stok adreslerinden toplanması faaliyetlerinde MTBS öncesi toplam 1.452 metre mesafe kat edilmiş ve toplam 1.161 dakika zaman harcanmıştır. MTBS sonrası, toplam kat edilen mesafe 893 metre hesaplanarak **%39**'luk bir iyileştirme sağlanmıştır. Değişim, Şekil 3.32’de gösterilmiştir.



Şekil 3.32. MTBS uygulanması ile iş emri başına ortalama kat edilen mesafe değişim grafiği

- Toplam harcanan süre ise 1.161 dakikadan 557,6 dakikaya düşürülmüştür. Malzeme kalemi başına ortalama malzeme toplama süresi 8,54 dakika iken MTBS'nin uygulanması ile birlikte 4,1 dakikaya indirilerek **%52** oranında dakikalık iyileştirme sağlanmıştır. Değişim, Şekil 3.33'de gösterilmiştir.



Şekil 3.33. MTBS uygulanması ile malzeme kalemi başına düşen ortalama sürenin değişim grafiği

- Şirketin depo içerisinde yılda ortalama 12.506 adet kalem malzemeyi topladığı düşünüldüğünde, toplamda 55.526,64 dakikalık iyileştirme sağlanacağı hesaplanmaktadır. Şirketin saatlik depo operasyon maliyeti \$27,85'dir. Şirket, 55.526,64 dakikalık iyileştirme ile yıllık **\$25.773,62** maliyetlerini azaltacağı hesaplanmıştır.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Birçok işletme, işletmelerinin ekonomisini sürdürmek için ürün fiyatlarını yükseltmedikleri için maliyetlerini düşürmeye odaklanmaktadır. Depo içerisinde yürütülen tüm maliyetlerin hesaba katılması ile %55-%65 oranlık maliyet kısmı depodan malzemeleri stok yerlerinden toplama ve hazırlama faaliyetleri oluşturmaktadır. Depolarda yürütülen üretime veya satışa hammaddelerin, parçaların, yarı mamullerin veya mamullerin hazırlanması faaliyetlerindeki kayıplar azaltılarak maliyetlerin düşürülmesi işletmeler tarafından hedeflenmektedir.

Ankara ilinde elektromekanik ürün üreten bir işletmede daha önce personel deneyimi ve sezgisine dayalı olarak gerçekleştirilen depodan malzeme toplama ve hazırlama işlemleri, sistematik bir yaklaşımla tasarlanan ve uygulanan Malzeme Toplama Bilgi Sistemi (MTBS) ile birlikte yaklaşık çözüm (uygun çözüm) elde edilmiştir.

Tasarlanan veri akış diyagramı ile MTBS’de verilerin nasıl depolandığı ve süreçlerde nasıl işlendiği detaylı bir şekilde açıklanmıştır. MTBS sayesinde ise bilgi akışının depo operatörlerine aktarımı sağlanmıştır. Depo Yöneticileri ve depo operatörleri arasındaki iletişimi ve bilgi akışını güçlendiren bu bilgi sistemi ile sistematik bir iş yapış şekli de oluşturulmuştur.

MS Excel VBA, MS Excel Çözücü ve MS Excel Makro kullanılarak oluşturulan MTBS kullanıcıya iki aşamalı sonuç sunmaktadır. Birinci aşama depo içerisinde farklı stok yerlerinde bulunan malzemelerin toplanması için en kısa malzeme toplama yolunun sunulması ve bunun kullanıcıya bir rapor ile verilmesidir. İkinci aşama ise toplanması yapılacak malzemelerin konulacağı taşıma kutusu miktarını ve kutu içi yerleşimini hesaplamak olmuştur. Bir simülasyon yardımıyla da kutu içerisine malzemelerin nasıl yerleştirilecekleri sırasıyla 3 boyutlu görseller kullanılarak görsel simülasyon ile kullanıcıya sağlanmıştır. Bir sonuç raporuyla da kullanıcıya yönlendirici bilginin aktarılması MTBS ara yüzleri ile gerçekleştirilmiştir. Fonksiyonların sıralı çözülmesi ile birlikte de aynı rapor üzerinden kullanıcıya malzemelerin kutu içi yerleşim simülasyonunun yanı sıra hem en kısa malzeme toplama yolu hem de ihtiyaç olan malzeme taşıma kutusu çeşidi ve miktarı birlikte sunulmuştur.

MTBS içerisinde ise yöneticinin raporlar alabilmesi ve temel verilerin sisteme işlenmesinin kolaylaştırılması, tasarlanan ara yüzler ile sağlanmıştır.

Şirketteki malzeme toplama faaliyeti, malzeme kalemi başına ortalama malzeme toplama süresi 8,54 dakika iken MTBS'nin uygulanması ile birlikte 4,1 dakikaya indirilerek **%52** oranında iyileştirilmiştir.

MSBS'nin uygulanması ile birlikte faaliyet sırasında başlangıç noktasına dönülerek taşıma kutusu alma veya değiştirme ihtiyacı tamamen ortadan kaldırılmıştır. İş emri başına düşen ortalama rota mesafesi 146,2 metreden 89,3 metreye düşürülerek **%39** oranında iyileştirilmiştir.

Şirketin depo operasyon maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda yıllık **\$25.773,62** maliyetlerini MTBS sayesinde azaltacağı hesaplanmıştır.

Gelecek çalışmalarda ise çok sık tüketilen ve/veya depoda hareket gören malzemeleri için başlangıç noktasına en yakın yere konumlandırma, veri madenciliği yöntemleri kullanılarak birbiri ile ilişkili olarak hareket gören malzemeleri birbirine yakın konumlandırmak bu çalışmanın yanında yapılabilecek iyileştirmeler fırsatları olarak değerlendirilmektedir.

IoT cihazları kullanılarak ise tam otomasyon kullanılarak malzeme toplama ve kutulara yerleştirmede insansız depo yönetimi çalışmalarının yapılması daha etkili sonuçlar oluşturacağı şirkete önerilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Theys, C., Braysy, O., Dullaert W., ve Raa B. (2010). Using a TSP heuristic for routing order pickers in warehouses. *European Journal of Operational Research*, 200 (3), 755–763.
2. Turban, E., Aronson, J. E., ve Liang, T. (2007). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Neww Jersey: PrenticeHall, Yedinci Baskı.
3. Toffler, A. (2011). *Şok/Gelecek Korkusu*. İstanbul: Koridor Yayıncılık.
4. Stewart, T. A. (2007). *The Wealth of Knowledge: Intellectual Capital and the Twentyfirst Century Organization*. Crown Business.
5. Canberk, G., ve Sağıroğlu, Ş., (2006). Bilgi, bilgi güvenliği ve süreçleri üzerine bir inceleme. *Politeknik Dergisi*, 9 (3), 165-174.
6. Barutçugil, İ. (2002). *Bilgi Yönetimi*. İstanbul: Kariyer Yayıncılık, İkinci Baskı.
7. Akgün, Ali E., ve Keskin, H. (2003). Sosyal bir etkileşim süreci olarak bilgi yönetimi ve bilgi yönetimi süreci. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 1-17.
8. Hariharan, M. R., ve Khaneja M. (2003). E-Knowledge Management Framework for Government Organizations. *Information Systems Management, Spring*, 38-48.
9. Gökçen H. (2011). *Yönetim Bilgi/Bilişim Sistemleri: Analiz ve Tasarım (Information Management Systems: Analysis and Design)*. Ankara: Afşar Matbaacılık.
10. Davenport, T. H., ve Prusak, L. (2001). *İş Dünyasında Bilgi Yönetimi: Kuruluşlar Elleriindeki Bilgiyi Nasıl Yönetirler? (Çev. Günhan Günay)*. İstanbul: Rota Yayınları.
11. İnternet: Özer, M.A. *Bilginin Yolculuğunda Bilgi Çalışanlarının Rolü*. URL: <http://www.ceis.org.tr /dergi/2011Mayis/makale.pdf>, Son Erişim Tarihi: 31.05.2022.
12. O'Brien, J.A., (2003). *Introduction to Information Systems: Essentials for the e-Business Enterprise*. Boston, MA: 11th ed. McGraw Hill – Irwin.

13. Kroenke, D.M. (2008). *Experiencing MIS*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
14. Laudon, K.C., ve Laudon, J.P. (2007). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. Upper Saddle River, NJ: 10th ed., Pearson Prentice-Hall.
15. Watson, R.T. (2008). *Information Systems*. Release 6, Global Text Project.
16. Wandy, Y., ve Weber, R. (2002). Research Commentary: Information Systems and Conceptual Modeling – A Research Agenda. *Information Systems Research*, 13(4), 363-376.
17. Schultheis, A.R. (1998). *Management Information System: The Manager's View*. Irwin/McGraw Hill, 4th ed.
18. Theys, C., ve diğerleri (2010). Using a TSP Heuristic for Routing Order Pickers in Warehouses. *European Journal of Operational Research*, 200(3), 755–763.
19. Ölçer, C., ve Önüt S. (2003). Lojistik Sektöründe İnsan Kaynakları Yönetimi, *International Logistics Congress*, 2-3.
20. Çelikçapa, F., O. (2003). *Üretim Yönetimi ve Teknikleri*. İstanbul: Alfa Yayınları, 165-166.
21. Koster R., Brito M.P., ve Van Vendel M. (2002). Return Handling: An Exploratory Study With Nine Retailer Warehouses. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 30 (8/9), 411.
22. Kevin, R. G. (2007). Warehouse Without Inventory, *International Commerce Review*, Vol. 7, Iss. 2, 127.
23. Perrealt W.D., ve McCarthy E.J. (1996). *Basic Marketing: A Global Managerial Approach*. Chicago: Times Mirror Higher Education Group. 12, 72.
24. Lambert D.M., Stock J.R., ve Ellram L.M. (1998). *Fundamentals of Logistics Management*. Singapore: McGraw-Hill, 49.
25. İnternet: İmrak E., ve Gerdemeli İ. “Endüstriyel Depolama Teknikleri”, Transport Tekniği Ders Notları. URL: www.mkn.itu.edu.tr, Son Erişim Tarihi: 25.05.2022.

26. Gu J., Goetschalckx M., ve McGinnis L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research* 177, 1–21.
27. Gu, J., Goetschalckx, M., ve McGinnis, L.F. (2007). Research on Warehouse Operation: A Comprehensive Review. *European Journal of Operational Research*, 177, 1–21.
28. Yener F., ve Yazgan H. R. (2019). Optimal warehouse design: Literature review and case study application. *Computers & Industrial Engineering* 129, 1-13.
29. Cook R. D., ve Saipet A. L. (1979). Optimal batching in a semi-automated order picking System. *Journal of the Operational Research Society*, 30(8), 711–720.
30. Mike C. P., ve Bob H., (2003). An algorithm for using excel solver for the traveling salesman problems. *Journal of Education for Business*, 78, 341-346.
31. Tsai, C. Y., Liou, J. J. H., ve Huang, T. M. (2008). Using a multiple-GA method to solve the batch picking problem: Considering travel distance and order due time. *International Journal of Production Research*, 46(22), 6533–6555.
32. Lin, C. C., Kang, J. R., Hou, C. C., ve Cheng, C. Y. (2016). Joint order batching and picker Manhattan routing problem. *Computers and Industrial Engineering*, 95, 164–174.
33. Elsayed, E. A. (1981). Algorithms for Optimal Material Handling in Automatic Warehousing System. *International Journal of Production Research*, 19(5), 525–535.
34. Stern, G. R., ve Elsayed, E. A. (1983). Computerized Algorithms for Order Processing in Automated Warehousing Systems. *International Journal of Production Research*, 21(4).
35. Elsayed, E. A., ve Unal, O. (1989). Order Batching Algorithms and Travel-Time Estimation for Automated Storage/Retrieval Systems. *International Journal of Production Research*, 27(/), 1097-1114.
36. Ratliff, H. D., ve Rosenthal, A. S. (1983). Order-picking in a Rectangular Warehouse: A Solvable Case of the Traveling Salesman Problem. *Operations Research*, 31(3), 507–521.

37. Daniels, R. L., Rummel, J. L., ve Schantz, R. (1998). A model for warehouse order picking. *European Journal of Operational Research*, 105(1), 1-17.
38. De Koster, R., Le-Duc, T., ve Roodbergen, K.J. (2007). Design and control of warehouse order picking: a literature review. *European Journal of Operational Research* 182(2), 481-50.
39. Tsai, C. Y., Liou J. J. H., ve Huang, T. M. (2008). Using a Multiple-GA Method to Solve the Batch Picking Problem: Considering Travel Distance and Order Due Time. *International Journal of Production Research*, 46(22), 6533–6555.
40. Lin, C. C., Kang, J. R., ve Cheng, C. Y. (2016). Joint Order Batching and Picker Manhattan Routing Problem. *Computers and Industrial Engineering*, 95, 164–174.
41. Internet: Erdoğan G. CLP Spreadsheet Solver, Released on 07.09.2017, URL: <https://researchportal.bath.ac.uk/en/publications/clp-spreadsheet-solver>, Son Erişim Tarihi: 31.05.2022.
42. Trivella, A., ve Pisinger, D. (2016). The loadbalanced multi-dimensional bin-packing problem. *Computers & Operations Research*, 74, 152–164.
43. Kang, K., Moon, I. ve Wang, H. (2012). A hybrid genetic algorithm with a new packing strategy for the three-dimensional bin packing problem. *Applied Mathematics and Computation*, 219(3), 1287– 1299.
44. Grange, A., Kacem, I. ve Martin, S. (2018). Algorithms for the bin packing problem with overlapping items. *Computers & Industrial Engineering*, 115, pp.331–341.
45. Internet: Hu, H., Zhang, X., Yan, X., Wang, L. ve Xu, Y. (2017). Solving a new 3d bin packing problem with deep reinforcement learning method. URL: <https://arxiv.org/abs/1708.05930>, Son Erişim Tarihi: 10.08.2022.
46. Araya I., ve Riff M.C. (2014). A Beam Search Approach to the Container Loading Problem. *Computers & Operations Research*, 43, 100–107.

47. Sheng L., Xiuqin S., Changjian C., Hongxia Z., Dayong S., ve Feiyue W. (2017). Heuristic Algorithm for the Container Loading Problem with Multiple Constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 108, 149–164.
48. Túlio A., Toffolo M., Esprit E., Wauters T., ve Berghe G.V. (2016). A Two-Dimensional Heuristic Decomposition Approach to A Three-Dimensional Multiple Container Loading Problem. *European Journal of Operational Research*, 257, 526–538.
49. Ratliff, H.D., ve Rosenthal, A.S. (1983). Order-picking in a rectangular warehouse: A solvable case of the traveling salesman problem. *Operations Research*, Cilt 31, No 3, 507–521.
50. Petersen, C.G. ve Schmenner, R.W. (1999). An evaluation of routing and volume-based storage policies in an order picking operation. *Decision Science*, Cilt 30, No 2, 481–501.
51. Zhang, G.Q., Xue, J., ve Lai, K.K. (2002). A class of genetic algorithms for multiple-level warehouse layout problems. *International Journal of Production Research*, Cilt 40, No 3, 731-744.
52. Roodbergen, K.J., ve diğerleri (2005). Storage assignment policies for warehouses with multiple cross aisles. *Progress in Material Handling Research*, 541–560.
53. Potvin J. Y. (1996). Genetic algorithms for the traveling salesman problem. *Annals of Operations Research*, 63(3), 337-370.
54. Miller, C.E., Tucker, A.W., ve Zemlin. R.A. (1960). Integer programming formulation of traveling salesman problems. *Journal of the ACM*, 7(4), 326–329.
55. Dantzig, G., Fulkerson R., ve Johnson S. (1954). Solution of a Large-Scale Traveling-Salesman Problem. *Journal of the Operations Research Society of America*, 2 (4), 4.
56. Matai, R., Singh, S., ve Mittal, M.L. (2010). *Traveling Salesman Problem: an Overview of Applications, Formulations, and Solution Approaches, Traveling Salesman Problem, Theory and Applications*, Editor: Davendra, D.

57. Valdez, F., Moreno, F., ve Melin, P. (2020). Hybrid Intelligent Systems in Control, Pattern Recognition and Medicine. *A Comparison of ACO, GA and SA for Solving the TSP Problem*, P. 181-189.
58. Theys, C., Bräysy, O., Dullaert, W., ve Raa, B. (2010). Using a TSP heuristic for routing order pickers in warehouses. *European Journal of Operational Research*, 200(3), 755-763.
59. Raman, V., ve Gill, N.S. (2017). Review of different heuristic algorithms for solving Travelling Salesman Problem. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. 8(5), 423-425.
60. Masae, M., Glock, C.H., ve Grosse, E.H. (2020). Order picker routing in warehouses: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics*, 224, 2-22.
61. Özoğlu, B., Çakmak, E., ve Koç, T. (2019). Clarke & Wright's Savings Algorithm and Genetic Algorithms Based Hybrid Approach for Flying Sidekick Traveling Salesman Problem. *European Journal of Science and Technology*, 185- 192.
62. Chen, C., Lee, S.M ve Shen, Q. (1995). An analytical model for the container loading problem. *European Journal of Operational Research*, 80, 68-76.
63. Gehring, H., ve Bortfeldt, A. (1997). A genetic algorithm for solving the container loading problem. *Int. Trans. Oper. Res.*, 4, 401-418.
64. Bortfeldt, A., ve Gehring, H. (2001). A hybrid genetic algorithm for the container loading problem. *European Journal of Operational Research*, 131, 143-161.
65. Pisinger, D. (2002). Heuristics for the container loading problem. *European Journal of Operational Research*, 141(2), 382–392.
66. Hifi, M. (2004). Exact algorithms for unconstrained three-dimensional cutting problems: a comparative study. *Comput. Oper. Res.*, 31, 657-674.
67. Liu,J., Yue, Y., Dong, Z., Maple, C., ve Keech, M. (2011). A novel hybrid tabu search approach to container loading. *Comput. Oper. Res.*, 38, 797-807.

68. Baldi, M.M., Perboli, G., ve Tadei, R. (2012). The three-dimensional knapsack problem with balancing constraints. *Appl. Math. Comput.*, 218, 9802-9818.
69. Bortfeldt, A., ve Wäscher, G. (2013). Constraints in container loading—a state-of-the-art review. *European Journal of Operational Research*, 229, 1-20.
70. Ghomi, H.M., Amour, B.G. S., ve Abdul-Kader, W. (2017). Three-dimensional container loading: a simulated annealing approach. *Int. J. Appl. Eng. Res.*, 12, 1290.







EKLER

(Ekler Tezin arka kapağında CD ortamında verilmiştir.)



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR...