

ÇOK AMAÇLI KONTEYNER YÜKLEME VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNİN
ÇÖZÜMÜ İÇİN GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞIMI:
PORSELEN SEKTÖRÜNDE KARAR DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ

Elif Güler ERMUTAF

Yüksek Lisans Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak - 2019

ÇOK AMAÇLI KONTAYNER YÜKLEME VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNİN
ÇÖZÜMÜ İÇİN GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞIMI:
PORSELEN SEKTÖRÜNDE KARAR DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ

Elif Güler ERMUTAF

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Durmuş ÖZDEMİR

Ocak-2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Elif Güler ERMUTAF'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “ÇOK AMAÇLI KONTEYNER YÜKLEME VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞIMI: PORSELEN SEKTÖRÜNDE KARAR DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ” başlıklı bu çalışma, jürimizce Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

10/01/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL

Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

.....

Doç. Dr. Doğan AYDIN

Bölüm Başkanı, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

.....

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş ÖZDEMİR

Danışman, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

.....

Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Ayhan İSTANBULLU

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Balıkesir Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş ÖZDEMİR

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Derya DELİKTAŞ

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

.....

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının % 12 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş ÖZDEMİR

Elif Güler ERMUTAF



**ÇOK AMAÇLI KONTEYNER YÜKLEME VE ARAÇ ROTALAMA
PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞIMI:
PORSELEN SEKTÖRÜNDE KARAR DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ**

Elif Güler ERMUTAF

Bilgisayar Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Durmuş ÖZDEMİR

ÖZET

Teknolojinin gelişmesi ile büyüyen ticaret hacmi, şirketlerin operasyonlarında optimizasyon uygulamalarını kullanmasını ve geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Çözüm aranacak olan operasyonların hızları, maliyetliyetleri ve doğrulukları verimli bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Çoğu şirketin sıklıkla karşılaştığı ve çözümüne ihtiyaç duyduğu problemler arasında konteyner yükleme ve rotalama problemleri yer almaktadır. Özellikle porselen sektöründe yer alan firmaların üretim esnasındaki iş akış ve teslimat süreçlerinde önceliklerinin belirlenmesi, verimli ve etkin bir şekilde yürütülmesi için karar destek sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde porselen sektörüne yönelik üretilen yapay zeka temelli karar destek sistemlerinin çok sınırlı sayıda ve bu alanda ihtiyaç olduğu görülmüştür. Porselen sektöründe üretim önceliklerinin karlılık, müşteri memnuniyeti ve depolama kısıtları gibi nedenlerle değişkenlik göstermesi ve bu duruma bağlı olarak sevkiyat işlemlerinde öncelikli yüklenecek ürünlerin tercihinde karar destek sistemlerinin optimizasyonu önem arz etmektedir.

Bu çalışmada farklı alanlardaki şirketlerin sıklıkla karşılaştığı ve çözüm aradığı konteyner yükleme problemi ve sonrasında yüklenen konteynerin toplam mesafeyi en küçükleyecek bir rotayı oluşturmaya yönelik çözüm yaklaşımı için çok amaçlı matematiksel model ve genetik algoritma önerilmiştir. Araştırmada ilk olarak porselen sektöründe konteyner yükleme probleminde toplam kar veya teslimat süresi önceliği esas alınarak matematiksel model oluşturulmuştur. Oluşturalan matematiksel model ağırlıklı toplam skalerleştirme yöntemiyle iki adet olan amaç tek amaca dönüştürülmüştür. Hazırlanan yazılım ile, ilgili amaç doğrultusunda ürünlerin konteynerlere verimli ve etkin bir şekilde yüklenmesine yönelik önerilerin üretilmesi sağlanmıştır. Ayrıca yüklenen konteynerin bayilere veya mağazalara dağıtımı esnasında en kısa

rotanın belirlenmesi amacıyla iki nokta arası mesafe bulma yöntemi matematiksel modelde kullanılmış, genetik algortima ile çözüm aranmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç Rotalama, Genetik Algoritma, Karar destek, Konteyner Yükleme, Optimizasyon, Yapay Zeka, Yükleme



**GENETIC ALGORITHM APPROACH TO THE SOLUTION OF MULTI-PURPOSE
CONTAINER LOADING AND VEHICLE ROUTING PROBLEMS: DECISION
SUPPORT SYSTEM PROPOSAL IN PORCELAIN SECTOR**

Elif Güler ERMUTAF

Computer Engineering, M.S. Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Asist. Prof. Durmuş ÖZDEMİR

SUMMARY

The growing trade volume with the development of technology necessitates companies to use and develop optimization practices in their operations. The speed, cost and accuracy of the operations to be searched for a solution should be designed efficiently. Among the problems that companies frequently encounter and need the solutions are container loading and routing problems. In particular, decision support systems are needed in order to determine the priorities of the companies in porcelain sector in the workflow and delivery processes during the production, and to execute them efficiently and effectively.

In the literature, decision support systems that based on artificial intelligence are scant produced for porcelain industry. There is a shortage in this area. Production priorities in the field of porcelain industry are variable due to reasons such as profitability, customer satisfaction and storage capacity constraints. Depending on this variability decision support systems optimization is give some serious consideration on preference of freight in shipment transactions.

In this study, a multi-purpose mathematical model and genetic algorithm are proposed for the solution approach to create a route that will frequently minimize the total distance of the loaded container and the container loading problem in which different companies are frequently faced and where they seek solutions. In the research, firstly, mathematical model was formed based on total profit or delivery time priority in container loading problem in porcelain sector. Two mathematical model-weighted total scalarization methods have been transformed into a single goal. With the software prepared, suggestions have been made for the efficient and effective loading of the products to the containers in accordance with the related purpose. In addition, in order to determine the shortest route during the distribution of the loaded container to the dealers or the stores, the method of finding the distance between two points was used in the mathematical model and the solution was searched with genetic algorithm.

Keywords: Container Loading, Vehicle Routing, Genetic Algorithm, Optimization, Artificial Intelligence, Installation, Decision support



TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlık süresince bilimsel katkısını, desteğini ve yardımlarını esirgemeyen, her türlü deneyim ve bilgiyi paylaşan çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Durmuş ÖZDEMİR'e en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

Karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesiyle aşmamda yardımcı olan çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Derya DELİKTAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında varlıklarını hissettiğim, destek ve yardımlarını asla esirgemeyen sevgili babam Ömer ERMUTAF'a, canım annem Süheyla ERMUTAF'a ve bir tanecik ablam Görkem YANIK'a bütün içtenliğimle teşekkürlerimi iletirim.

Çalışmalarıma imkan sağlayan Kütahya Porselen Sanayi A.Ş.'ye teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL ÇERCEVE ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	3
2.1. Konteyner Yükleme Problemi ve Çözümünde Kullanılan Yöntemler.....	3
2.1.1. Optimizasyon	4
2.1.2. Yapay zeka ve uygulama alanları.....	6
2.2. Konteyner Yükleme Problemi Çözümü için Literatür Araştırması.....	12
2.3. Araç Rotalama Problemi ve Literatür Araştırması.....	16
3. GENETİK ALGORITMA	22
3.1. Genetik Algoritma Tarihçesi.....	22
3.2. Genetik Algoritma Kullanım Sebepleri	22
3.3. Genetik Algoritmanın Diğer Yöntemlerden Farkı	22
3.4. Genetik Algoritmanın İşletmelerdeki Uygulama Alanları	23
3.4.1. Finans ve pazarlama	23
3.4.2. Çizelgeleme problemi	23
3.4.3. Tesis yerleşim problemi	23
3.4.4. Sistem güvenilirliği problemi	24
3.4.5. Gezgin satıcı problemi	24
3.4.6. Sırt çantası problemi.....	24
3.5. Genetik Algoritma Temel Kavramları	24
3.5.1. Gen	25
3.5.2. Kromozom.....	25
3.5.3. Popülasyon	25
3.5.4. Kodlama	26
3.5.5. Seçim mekanizmaları	27

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.6. Genetik Algoritma operatörleri	28
3.6.1. Çaprazlama operatörü	28
3.6.2. Değişim (Mutasyon) operatörü	31
3.6.3. Elitizm (En iyinin saklanması) yöntemi	32
3.7. Genetik Algoritma Akış Şeması.....	33
 4. DENEY TASARIMI	 34
4.1. Klasik Metodoloji ile Deney Tasarımı	34
4.2. İstatiksel Metodoloji ile Deney Tasarımı	34
4.2.1. Tam faktöriyel deney tasarımı.....	34
4.2.2. Kesirli faktöriyel deney tasarımı	35
4.2.3. Taguchi metodu.....	36
 5. MATARYEL, METOT VE UYGULAMA	 37
5.1. Kullanılan Platformlar ve Geliştirme Araçları	37
5.2. Varsayımlar, Sınırlılıklar ve Amaçlar	37
5.3. Konteyner Yükleme Problemine Yönelik Tasarlanan Çözüm Önerisi ve Uygulama	38
5.3.1. Çok amaçlı matematiksel modelleme.....	38
5.3.2. Önerilen sistemin akış diyagramı	41
5.3.3. Genetik algoritma parametrelerinin ve düzeylerinin belirlenmesi	41
5.3.4. Konteyner yükleme problemi için karar destek sistemi	47
5.4. Araç Rotalama Problemine Yönelik Tasarlanan Çözüm Önerisi ve Uygulama	49
5.4.1. Matematiksel modelleme	49
5.4.2. Önerilen sistemin akış diyagramı	51
5.4.3. Genetik algoritma parametrelerinin ve düzeylerinin belirlenmesi	51
5.4.4. Araç rotalama problemi için karar destek sistemi	53
 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	 55
KAYNAKLAR DİZİNİ	58

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

EKLER

Ek 1. Lingo Kod Örneği ve Test Verileri

EK 2. Programın Arayüzü

ÖZGEÇMİŞ



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kesme ve paketlenme problemlerinin gruplandırılması	3
2.2. Otonom makina örnekleri.	4
2.3. Uzman sistemler.....	7
2.4. İleriye doğru zincirleme.	8
2.5. Geriye doğru zincirleme.....	8
2.6. Karar destek sistem özellikleri ve yetenekleri.....	10
2.7. Araç rotalama çözüm yöntemleri.	17
3.1. Gen, kromozom ve popülasyon yapısı.	25
3.2. İkili kodlama.	26
3.3. Sıralı kodlama.	26
3.4. Değer kodlama.	26
3.5. Rulet seçim olasılığı.....	27
3.6. Tek noktalı çaprazlama.	28
3.7. Çok noktalı çaprazlama.....	29
3.8. Pozisyona dayalı çaprazlama.	29
3.9. Sıraya dayalı çaprazlama.....	30
3.10. Kısmi planlı çaprazlama.....	30
3.11. Kısmi planlı çaprazlama sonucu.	30
3.12. Değişim operatörü.....	31
3.13. Komşu iki işi değiştirme.	31
3.14. Keyfi iki işi değiştirme.....	31
3.15. Araya gen ekliyerek değiştirme.	32
3.16. Genetik algoritma akış şeması.	33
5.1. Genetik gösterim.	40
5.2. Konteyner yükleme akış diyagramı.	41
5.3. Ortalama için ana etki grafikleri.	44
5.4. Ortalama için bileşik etki grafikleri.	44
5.5. GA yakınsama grafiği.	45
5.6. GA deney sonuçları.....	45
5.7. Duyarlılık analizi.....	46
5.8. Konteyner yükleme için tasarlanan program arayüzü.....	47
5.9. Konteyner yükleme problemi için tasarlanan hesaplama ekranı.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.10. Pisagor bağıntısı.....	49
5.11. Kromozom yapısı.....	50
5.12. Araç rotalama akış diyagramı.	51
5.13. Mesafe karşılaştırma.	52
5.14. Araç rotalama arayüz.	53
5.15. Araç rotalama Google harita.	54



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Yapay zeka optimizasyon teknikleri	5
2.2. Konteyner literatür çalışması.	12
2.3. Araç rotalama literatür çalışması.	18
3.1. Sıralı seçim yöntemi.....	28
4.1. Tam faktöriyel deney tasarım tablosu.	35
5.1. GA yaklaşımı için faktör ve faktörlerin düzeyleri.	42
5.2. GA parametreleri için varyans analizi sonuç tablosu.....	43



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

Açıklama

Api	Application Programming Interface (Uygulama programlama arayüzü)
ARP	Araç Rotalama Problemi
CPU	Central Proccessing Unit (Ana İşlem Birimi)
GA	Genetik Algoritma
IDE	Integrated Development Environment (Bütünleşik Geliştirme Ortamı)
P-median problemi	Yer seçim problemi
PW	Pallet Wide (Palet genişliği)
RAM	Random Acces Memory (Rastgele Erişimli Bellek)



1. GİRİŞ

Günümüz iş dünyasında şirketler, rekabet ortamının arttığı müşteri odaklı pazarlarda daha kaliteli fakat daha düşük maliyetli ürünler üretmeyi hedeflemekte ve zorlanmaktadır. Bu nedenle günümüz işletmeleri sürekli olarak maliyetlerini özellikle de önemli bir maliyet kalemi olan lojistik maliyetlerini düşürmek için çalışmalar yapmaktadır. Literatür tarandığında, ulaştırma ve yükleme maliyetlerinin toplam maliyetler içerisinde (toplam maliyetlerin %10-20'si) önemli bir yere sahip olduğunu gösteren çalışmalar yer almaktadır (Pembe, 2014).

Müşteri memnuniyetini sağlamak ve zamanında ürün teslim etmek durumunda olan lojistik firmaları ile üretim yapan büyük şirketler optimizasyon yöntemlerini kullanarak etkili ve verimli bir şekilde süreçlerini yürütmektedirler. Ürün taşımacılığında ürünün zamanında, zarar görmeden, istenilen miktarda ve en az maliyetle (yol, işçilik vb.) yapılması amaçlanmaktadır.

Hızla ilerleyen bilgisayar teknolojileri ile çözümlenemeyen bir çok NP-Zor (Non-Deterministic Polynomial-Hard Problem) optimizasyon problemlerine çözümler üretilmeye başlamıştır (Russell ve Norving, 2016). Bu optimizasyon problemlerinin çözülmesini amaçlayan yapay zeka uygulamaları günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Konteyner yükleme ve araç rotalama problemleri pek çok şirket için iş akış sürecinde önemli bir problem olarak değerlendirilmektedir (Solomon, 1987). Bu problemler optimizasyon problemleri içerisinde yer almaktadır. Literatür incelendiğinde konteyner yükleme ve araç rotalama problemlerinin matematiksel bir çözümü olmadığı için metasezgisel yöntemle çözümler önerildiği görülmektedir. Konteyner hacmini en iyi şekilde doldurma ve aracın rotasını en küçükleyecek şekilde oluşturmak için karınca koloni algortması, karma evrimsel algoritma, tabu arama algoritması, hibrit genetik algoritması, ağaç arama algoritması ve genetik algoritma gibi metasezgisel algoritmalar kullanılmıştır (Raghavan vd., 2008).

Literatür tarandığında, porselen sektöründe yer alan firmalara yönelik konteyner yükleme ve araç rotalama çalışmalarının oldukça kısıtlı olduğu ve bu alanda ihtiyaç olduğu görülmüştür (Erdoğan ve Sivrikaya, 2017). Bir çok şirket gibi porselen sektöründeki şirketlerde maliyetleri düşürerek ve işlemler sırasındaki önceliklerini belirleyerek çalışmayı amaçlamaktadır. Maliyetin azaltılması amacıyla ürünün dağıtımında kullanılan konteynerin teslimat önceliğinin seçilmesi, verimli kullanılması ve en kısa rotanın belirlenmesi süreçleri, maliyeti ve karı etkileyen önemli bir bölümünü kapsamaktadır. Bu çalışmada porselen sektöründeki konteyner yükleme problemine yönelik iki temel unsur çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bu unsurlardan birincisi şirketin kar

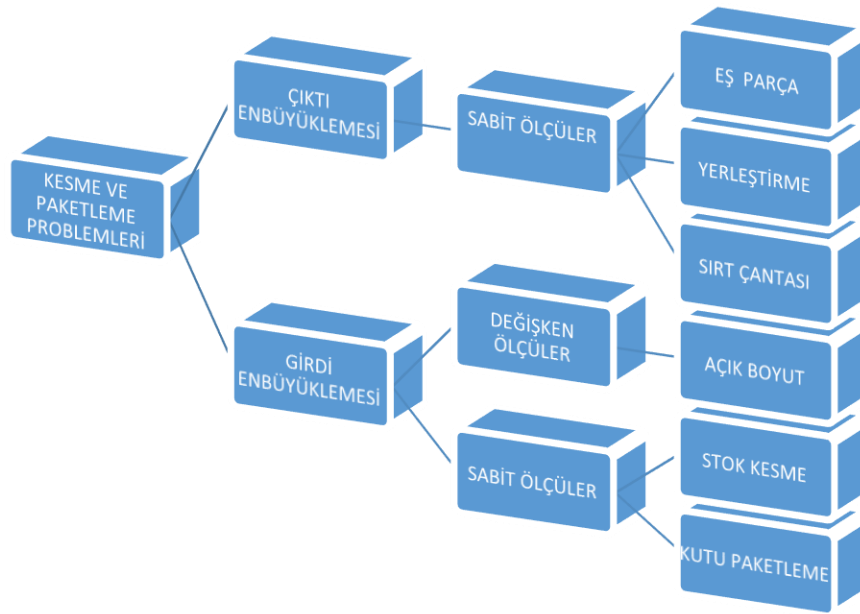
önceliğidir. İkinci unsur ise müşteri memnuniyetini esas alan teslimat süresidir. Oluşturulan karar destek sistemi yazılımı ile kullanıcı tarafından şirket için belirlenen ve önem arz eden bu iki unsur çerçevesinde, önem katsayısı alanlarında uygun değerlerin girilmesi suretiyle yazılımın en uygun sonucu vererek yükleme işleminde yer alacak ürünlerin seçilmesi gerçekleştirilir. Araştırmada bu amaca uygun matematiksel model oluşturularak genetik algoritma ile kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci amacı ise, yüklenen konteyneren bayilere veya mağazalara dağıtım esnasındaki araç rotalama problemine yönelik olarak, en kısa rotanın belirlenmesi amacıyla iki nokta arası mesafe bulma yöntemi matematiksel modele uygulanmış, genetik algortima ile çözüm aranmıştır.



2. KURAMSAL ÇERCEVE ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1. Konteyner Yükleme Problemi ve Çözümünde Kullanılan Yöntemler

Konteyner yükleme problemi “Kesme ve paketlenme” problemleri kümesinde bulunmaktadır (Paternoster vd., 1992).



Şekil 2.1. Kesme ve paketlenme problemlerinin gruplandırılması (Aydemir, 2017).

Kesme ve paketlenme problemlerine en iyi çözüm üretilmesi zor olduğu için NP-Zor problem olarak literatürde geçmektedir. Dolayısıyla konteyner yükleme kesme ve paketlenme problemlerinin alt dalı olduğundan konteyner yükleme problemleride NP-Zor problem olarak kabul edilmektedir (Gehring ve Bortfeldt, 1997).

Konteyner yükleme probleminin amacı; yükseklik, boy ve en bilgileri verilen n adet kutunun, ölçüleri belli bir konteynerin içerisine yerleştirmektir. Yerleşimin ardından konteyner içerisindeki boş alanı en aza indirmek ve konteyner hacmini maksimize etmektir (A. Moura ve Oliveira, 2005).

Lojistik sektöründe konteyner yüklemenin önemi son yıllarda artmıştır ve bundan kaynaklı problemin farklı şekilleri ortaya çıkmıştır (Özsüt, 2015).

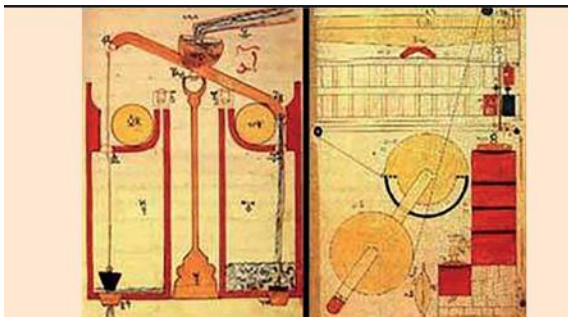
2.1.1. Optimizasyon

Optimizasyonu en sade halinde tanımlayacak olursak, eldeki az miktarda olan kaynağı en verimli şekilde kullanmak olarak tanımlayabiliriz. Optimizasyonun matematiksel modeldeki yeri ise amaç fonksiyonunun maksimize ve minimize edilmesidir (Bunday, 1984).

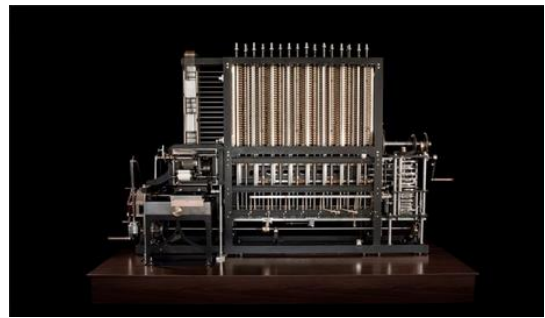
Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucu, optimizasyon yöntemlerinin kullanımı birçok alanda artmıştır. Günümüz optimizasyon araştırmacılarının çoğu sayısal modellemeler ve çözümleri için çalışma yapmaktadır (De Rousseau vd., 2018).

Bu gelişmelerle problemlerin az maliyetli ve hızlı çözümü için araştırmalar ve kullanılan yöntemlerin geliştirilmesi için çalışmalar yapılmıştır (Antoniou ve Lu, 2007). Çözüme yönelik optimizasyon yöntemlerinin geliştirilmesi, bilinen optimizasyon yöntemlerinin çözüm bulamadığı veya fazla vakit aldığı düşünülerek bu yöntemlere alternatif, doğal olayların modellenmesinde yapay zeka kavramları ortaya çıkmıştır (DeRousseau vd., 2018).

Yapay zeka geçmişi sanılanın aksine oldukça eskidir. Tarihsel süreç incelendiğinde El-Cezerinin hidrolik kurallara göre çalışan otomatik makinaların olduğu bilinmektedir. Matematikçi Pascal tarafından mekanik bir hesap makinası geliştirilmiştir. 19. yy.'da Babbage dokuma tezgahları için ilk programlanabilir mekanik bilgisayarları geliştirmiştir (Hyman, 1995).



El cezeri otonom makina çizimleri



Babbage dokuma makinası

Şekil 2.2. Otonom makina örnekleri.

1950 yıllarında ticari olarak bilgisayarların kullanılmasıyla yapay zeka kendine özgü bir araştırma alanı olmuştur (Rahwan ve Simari, 2009).

Optimizasyon, istenen çıktıyı elde edebilmek amacıyla, sistem girdilerinin ve/veya bu girdilerin değerlerinin ne olacağının belirlenmesi sürecidir. Bu süreçte kullanılan teknikler:

Analitik yöntemler (matematiksel modelleme, dal-sınır algoritması, vb.): Verilen tolerans dahilinde problem çözüme kavuşturulur. Büyük boyutlu problemlerde çözüme ulaşmak çok uzun sürer veya çözüme ulaşılamaz.

Sezgisel yöntemler: Probleme özgü çözüm yöntemleri geliştirirler ve belirlenen bir algoritmayı takip ederler. Analitik yöntemlere göre problemi daha hızlı çözüme ulaştırırlar. Bu yöntemde optimum çözüm garanti edilmemektedir.

Metasezgisel yöntemler: Probleme göre şekillenen algoritmalarından meydana gelmektedir. Bu algoritmalar genetik algoritma, karınca koloni algoritması, tavlama benzetimi vb. algoritmalar örnek olarak verilebilir.

Çizelge 2.1’de günümüzde halen iyileştirme ve geliştirme araştırmaları devam eden yapay zeka sistemlerini içeren optimizasyon uygulamaları sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Yapay zeka optimizasyon teknikleri (Coşkun, 2007).

Yapay Zeka Optimizasyon Teknikleri ve Uygulama Alanları	
<u>Grafik Optimizasyon</u> Grafik bölümlendirme, grafik renkleri, grafik seçme, grafik oluşturma ve görüntü işleme problemleri <u>Teknoloji</u> Sismik teknoloji ve elektrik güç dağıtım, problemleri, mühendislikte yapı tasarımı ve robot hareketleri <u>Rota</u> Araç rotalama, ulaşım rotaları, gezgin satıcı, bilgisayar ağları ve havayolu rota belirleme problemleri <u>Yer tespiti ve Dağıtım</u> Çoklu ticaret, ticaret dağıtım ve petrol maden araştırmaları problemleri <u>Genel Kombinatoryal Optimizasyon Problemleri</u> 0-1 programlama problemleri, kısmi ve çoklu optimizasyon problemleri ve nonlinear programlama <u>Çizelgeleme</u> Makina, Üretim, iş gücü ve sınıf çizelgeleme	<u>Mantık ve Yapay Zeka</u> Memnuniyet problemleri, olasılık mantığı, kümelendirme, model belirlenmesi ve sınıflandırılması, veri tabanı ve veri depolama problemleri <u>Telekominikasyon</u> Arama rotası, yola atama, servis için network tasarımı ve müşteri hesap planlaması <u>Üretim ve Finans</u> İmalat, MRP kapasite, üretim bölümü seçimi, üretim planlanması, maliyet hesaplaması ve borsa tahminleri

2.1.2. Yapay zeka ve uygulama alanları

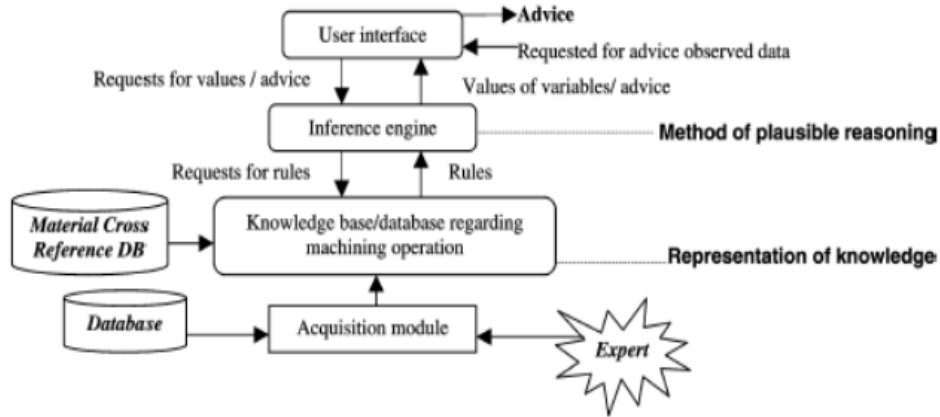
Yapay zeka genel olarak problemleri çözmeye, süreçleri planlama, işleyişi öğrenme ve anlama gibi insane özgü özellikleri ve durumları kapsamaktadır. Bu yeteneklerin bilgisayarlara öğretilmesi olarak ifade edebileceğimiz geçmişten günümüze önemli ölçüde yer edinen geliştirmelerin, araştırmaların ve çalışmaların yapıldığı bir alan haline gelmiştir (Brooks, 1991).

Bilgisayar, çok karmaşık problemleri anında çözebilmeye ve tecrübelerle kazanılmış bilgileri şekillendirmede yetersiz kalmaktadır. İnsanı ve insan beynini üstün kılan en önemli özellik, sinirsel algılayıcılar tarafından kazanılmış bilgileri kullanabilmesidir. Son yıllarda genetik algoritma, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve uzman istemler için geliştirmeler ve araştırmalar artmıştır (Çetin, 2007).

Uzman sistemler ve uygulama alanları

Uzman sistemler, insan düşüncelerini kullanmak için bilgisayar tarafından işlenen bir yazılımdır. Uzman Sistem geliştirilirken, bir konuda bilgi ve tecrübelerin bilgisayara öğretilmesi amaçlanmaktadır (Rahwan ve Simari, 2009; Çetin, 2007). Bunun için Bilgiye Dayalı Sistemler şeklinde söylenebilir. Uzman sistemlerin yapısında aşağıdaki unsurlar yer almaktadır:

- Kullanıcı Arabirimi (User Interface)
- Açıklama Ünitesi (Explanation Facility)
- Muhakeme Ünitesi (Inference Engine)
- Bilgiye Tabanı (Knowledge Base)
- Bilgiyi Alma Ünitesi (Knowledge Acquisition) (Atiyah vd., 2016)



Şekil 2.3. Uzman sistemler (Atiyah vd., 2016).

Uzman sistemlerin yapısında bulunan unsurlar aşağıdaki gibi tanımlamak mümkündür (Turban ve Watkins, 1986):

Bilgi tabanı: Bilgilerin saklandığı veri tabanıdır. Nesneler arasındaki mantıksal ilişkilerin saklandığı yerdir.

Muhakeme Ünitesi: Kuralları ve olayları anlayarak ne anlama geldiklerini bularak muhakeme fonksiyonunu icra eder.

Kullanıcı arabirimi: Sistem ile kullanıcı arasındaki iletişimi sağlar. Neden ve nasıl sorularına cevap veren bir açıklama ünitesi gibi düşünülebilmektedir.

Bilgi alma ünitesi: Bilgi tabanındaki kuralları ve olguları ekleme, silme ve düzeltme gibi işlemleri kullanıcıya sağlamaktadır.

Açıklama ünitesi: Akıl yürütmenin nasıl yapıldığını açıklamaktadır. Bu ünite kullanıcı ile iletişim sırasında sorular sorar. Kullanıcı bu sorunların neden sorulduğunu bilmek isterse, bu ünite tarafından gerekli açıklamalar yapılır.

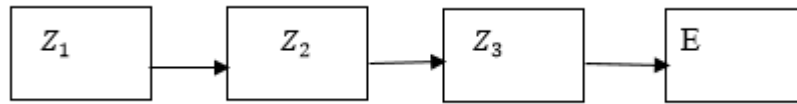
Uzman sistemlerin uygulama alanları: Yatırım danışmanlığı, menkul değerler için alım ve satım kararları, hastalıklara tanı koyma ve hastalara reçete yazma, mühendislikte planlama, eczacılık, hukuk ve muhasebecilik danışmanlığı ve öğretimi, yapıların tasarlanması ve planlanması, iç mimarlık ve yapıların denetimi, bilgisayar tasarımı ve ürün maliyetlerini bulma şeklinde alanlar verilebilmektedir (Wanger, 2017).

Özkan ve Gülesin (2001) uzman sistem programlamanın mantığını iki teknikle açıklamışlardır:

- İleriye Doğru Zincirleme

Bu karar verme ünitesi problemin başından, eğer, sonuç ve o halde kısmına ulaşmasıdır. Yöntemde tümevarım mantığı vardır. Kuralların şartları sağlayıp sağlamadığı göz önünde bulundurularak sonuca varılmaktadır. Şartlar sağlanmıyorsa o halde kısmında bulunan yargı cümlesi doğru olarak kabul edilmektedir.

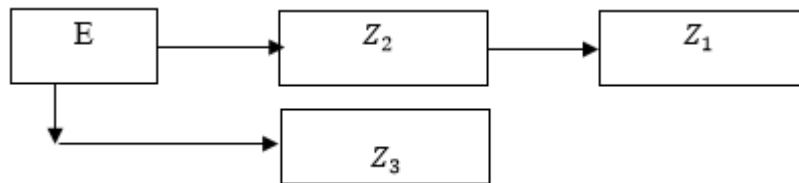
İleriye doğru zincirlemede eğer Z_1 durumu kanıtlanırsa Z_2 durumuna geçilir. Z_2 durumu kanıtlanırsa Z_3 durumuna geçilir. Şekil 2.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. İleriye doğru zincirleme.

- Geriye Doğru Zincirleme

Bu karar verme ünitesinde problem çözülürken kuralın en sonu olan sonuç, yani veya o halde cümlesi ile başlar. Burada ki şart yani, o halde cümleleri tatbik edilerek çözüm bulunur. Bu tür zincirlemeler tümdengelim ilkesini temel alır ve sonuç kısmını sağlayacak bütün kuralları tek tek incelemektedir.



Şekil 2.5. Geriye doğru zincirleme.

Bu yöntemde bir hipotezin gerçek olduğu varsayılır ve bu hipotezi kanıtlayacak Z_1 , Z_2 ve Z_3 durumları aranmaktadır. Şekil 2.5.'de geriye doğru zincirlemenin bir modeli görülmektedir. Burada bir hipotezi kanıtlamak için Z_2 ve Z_3 durumlarını sorgulamak gerekir. Fakat Z_2 durumu

da Z_1 durumunun sorgulanmasını istemektedir. Z_3 durumunu sorgulamakla ise Z_1 ve Z_2 durumlarına ulaşmadan hipotez kanıtlanabilir.

Karar destek sistemleri

Karar destek sistemleri, bilgisayar tabanlı bilgi sistemi olarak işletmelerde karar verme süreçlerine destek vermektedirler. Verilere işlem uygulanarak işletme açısından önemli analizlerin matematiksel yöntemlerle çözüm yolunu bulmasını sağlamaktadırlar. Karar destek sistemleri, belirsiz ve hızla değişen rekabet ortamlarında karar vericilere, çeşitli planlamalar, yönetim ve operasyon için karar vermelerine yardımcı olur. Karar destek, işletmeler için büyük fayda sağlamaktadır. Hataların minimize edilmesi için uzman çalışanların tecrübelerini tecrübesiz çalışanlara bir karar destek sistemi kullanarak aktarması, uzman personelin vereceği kararları daha hızlı ve hatasız vermesi sağlanabilmektedir (Gençler vd., 2018).

Karar destek modelini dört adımda inceleyebiliriz (Çelik, 2018):

Veri Tabanı: Belirlenen bir amaca yönelik düzenlenmiş kayıt ve dosyaların tümüdür.

Raporlama: Periyodik raporlar ve özel raporlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Periyodik raporlar, belirlenen aralıklarla prosedür doğrultusunda kodlanmış bir yazılım dili ile üretilir.

Matematiksel model: Şirketler için bir veya birden fazla fiziksel sistemin bileşenlerini içeren simülasyonların sonucu olarak üretilir.

Grup karar verme: Birden fazla karar vericinin, bir grup şeklinde birlikte hareket ederek çözüme ulaşmasını sağlar.

İdeal karar destek sisteminin özellikleri ve yetenekleri Şekil 2.6'da verilmiştir (Turban ve Aronson, 2001).



Şekil 2.6. Karar destek sistem özellikleri ve yetenekleri.

Bulanık mantık ve uygulama alanları

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) karmaşık, modellemesi zor, doğrusal olmayan, bilgilerin ve niteliklerin kesin olmadığı durumlarda süreçlerin kontrolünde oldukça etkili bir metottur. İnsan mantığına yakın bir şekilde çalışmaktadır (Eğrisöğüt vd., 2007).

Bir sistemin karmaşıklığı ne kadar fazlaysa ve yeteri derecede veri bulunamazsa bulanıklık o kadar etkili olmaktadır. Bu karmaşıklığın çözülmesi için bulanık olan girdi ve çıktı bilgilerinde bulanık mantık kurallarının kullanılmasıyla anlamlı ve yararlı çözüm çıkarımları yapılabilmektedir (Kömür ve Altan, 2005).

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından yayınlanan bir makalede belirtilmiştir (Zadeh, 1965). Bulanık mantık ile yapılan ilk kontrol uygulaması ise buhar makinası kontrolü üzerine 1974’de Mamdani tarafından yapılmıştır (Mamdani, 1974).

1990 yılında Japonya’da bulanık mantık kullanılarak yapılan ürünler kullanıcılara sunulmuştur. Örnek olarak bulanık denetimli çamaşır yıkama makinası verilebilir. Bu makina ile

çamaşırın cinsine, miktarına ve kirliliğe göre en etkili programı seçebilmektedir. Bulanık mantığın uygulandığı bazı alanlar listelenmiştir (Karakaşoğlu, 2008).

Bulanık mantık çoğu alanda uygulanabilmektedir. Uygulanan bu alanlar: Otomatik kontrol sistemleri, bilgisayar ve mühendislik bilimleri, bilgi sistemleri, uzman sistemler, kontrol sistemleri, optimizasyon, karar destek ve yönetim sistemleri, ekonomi, finans, tıp, biyoloji, çevre bilimi, araştırma çalışmaları, veri madenciliği ve psikolojidir (Ross, 2005).

Yapay sinir ağları ve uygulama alanları

İnsan beyninin özelliği olan öğrenme fonksiyonunu sağlayan bilgisayar sistemine yapay sinir ağları denilmektedir (Öztemel, 2012).

Yapay sinir ağlarının birçok alanda kullanılmasının sebebi;

- Doğrusal Olmama: Hücre, yapay sinir ağlarının temel işlem elemanıdır. Hücre, doğrusal değildir. Hücrelerin birleşmesinden oluşan yapay sinir ağlarında bundan dolayı doğrusal olmamaktadır.
- Öğrenme: İstenen davranışı gösterebilmesi için yapay sinir ağları istenene uygun olarak ayarlanması gerekmektedir. Bu durum hücreler arasında doğru bağlantının yapılması gerektiği anlamına gelmektedir.
- Genelleme: Problemi öğrendikten sonra yapay sinir ağları test sırasında istenen tepkiyi üretebilir.
- Uygulanabilirlik: Yapay sinir ağları, programdaki değişikliğe göre eğitilebilir.
- Hata Toleransı: Yapay sinir ağları paralel dağılmış bir yapıya sahiptir. Bu yapı sebebiyle hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir (Ergezer vd., 2003).

Yapay sinir ağları uygulama alanları: Veri madenciliği, tahmin etme, örüntü tanıma, sınıflandırma, optimizasyon problemleri, desen tanıma, fiziksel sistem modellemesi, iletişimde konuşulanların tanınması, hepatit teşhisi, hatalı yazılımlardan telekomünikasyonun kurtarılması, denizaltı maden tespiti, doku analizi, iflas tahmini, üç boyutlu nesne tanıma, ekonomik gösterge tahminleri, döviz kuru tahmini, makineler üzerinde görülen hataların sınıflandırılması, eksik resimin tamamlanması, finansal risk analizi, hedef izleme (Kamal, 2018).

2.2. Konteyner Yükleme Problemi Çözümü için Literatür Araştırması

Konteyner yükleme, kesme ve paketleme problemlerinin alt dalı olarak literatürde yer almaktadır. NP-Zor problem olarak kabul edilmektedir (Gehring ve Bortfeldt, 1997). Bu problem türünün çözümü için literatür araştırıldığında aşağıda listelenen çalışmalar görülmüştür.

Çizelge 2.2. Konteyner literatür çalışması.

Çalışma	Kullanılan Algoritma(lar) ve Model(ler)	Amaç(lar)	Sonuç(lar)	Önerme(ler)
Gülesin Sena Daş, (2010)	Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO) ve Arı Algoritması	3 boyutlu konteyner yükleme probleminin metasezgisellerle çözülmesi	Elde edilen sonuçların firmanın ulaştırma politikasına olumlu etkisi tartışılmıştır	Farklı hedefler ve kısıtlamalar kümesi ile algoritmalar istihdam edilebilir.
Mustafa Küçük, (2010)	Konteyner yükleme probleminin karma evrimsel algoritmalar ile çözümü	Çıktı enbüyüklemesi ve girdi enküçüklemesi	Algoritmanın gürbüzlüğünü ölçmesi açısından önemlidir ve eşdeğerlerinden daha iyi sonuçlar elde etmiştir.	Bir veya iki boyutlu problemlerde denenmemiştir. Denendiğinde başarılı olacağı düşünülmektedir.
Ozan Pembe, (2014)	Tabu arama algoritması	Üç boyutlu konteyner yükleme karışık dağıtım toplamalı araç rotalama problemi için matematiksel model önerisi ve sezgisel tabanlı bir çözüm yaklaşımı	Tabu arama sezgiselinde en iyi sonuç veren parametre setinin belirlenmesi.	Başlangıç çözümü farklı bir teknikle oluşturulabilir , Komşu çözümlerin oluşturulması için yeni komşuluk fonksiyonları tanımlanabilir vb.
Zeynep Özşüt, (2015)	Ağırlıklandırılmış toplam yöntemi ve Konik skalerleştirme yöntemi olmak üzere iki farklı skalerleştirme yöntemi kullanılmıştır	Konteyner yükleme problemleri için matematiksel modeller ve çözüm yöntemleri	Tavlama benzetimi aracılığıyla sezgisel yöntemle elde edilen başlangıç çözümler iyileştirilmiştir.	Büyük problemler için çözüm aranması
Selim Selçuk, (2015)	Boşluk tanımlama yaklaşımı ile çözülecektir	Üç boyutlu tanımlanan konteyner yükleme probleminin boşluk tanımlama yaklaşımı ile çözümü ve benzetimi	Kullanımı yazar tarafından kısıtlanmıştır.	Kullanımı yazar tarafından kısıtlanmıştır.
Ecem Barış, (2016)	Matematiksel model geliştirilmiştir.	Konteyner yükleme ve araç rotalama problemlerinin bir entegrasyonu	İki ayrı problem birleşimi incelenip, sonrasında daha iyi bir çözüm sağlamak amacıyla ikiye bölünmüştür.	Müşteri sayısında ki artış analizi, aynı araçtaki kutuların arasındaki mesafeler performans ölçütü, ek kısıtlamalar eknebilir.

Çizelge 2.2. Konteyner literatür çalışması (devamı).

Çalışma	Kullanılan Algoritma(lar) ve Model(ler)	Amaç(lar)	Sonuç(lar)	Önerme(ler)
Merve Aydemir, (2017)	Genetik algoritma	Sezgisel algoritmalar kullanarak konteyner yükleme problemi optimizasyonu	Literatürdeki diğer genetik algoritmalar ve sezgisel algoritmalarla karşılaştırıldığında önerilen algoritmanın sonuçlarının diğer algoritmaların gerisinde kaldığı gözlemlenmiştir.	Algoritmanın performansının iyileştirilmesi için duvar örme tekniği yerine kule oluşturma gibi benzer doldurma teknikleri kullanılabilir.

İlk olarak, boyutlar dikkate alınarak yapılan çalışma örnekleri aşağıda listelenmiştir.

Chan ve Sen (1995), konteyner yükleme problemleri için bir analitik model geliştirmişlerdir. Farklı boyutlarda kutular ve konteynerler olduğu varsayılmıştır. Kutuların tümünün yüklenmesi için hacim kaybını enküçükleyerek uygun konteyner kümesinin seçilmesi amaçlanmıştır.

Martello ve Toth (1990), tek boyutlu çanta probleminde birbirinden farklı fayda ve maliyet değerlerine sahip bir grup nesnenin belirli bir kapasiteye sahip olan çantaya yerleştirilerek faydanın enbüyüklediği probleme çözüm çalışması yapılmıştır.

Kasimbeyli vd., (2011), bir boyutlu kesme ve malzeme seçimi problemlerini ele alarak iki amaçlı doğrusal tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Firenin enküçüklenmesi ve rula çeşit sayısının enküçüklenmesi şeklinde iki amaca sahiptir.

Gilmore ve Gomory (1961), parçaları kule halinde inşa ederek, bu kuleleri konteyner zeminine iki boyutlu kesme problemini çözerek yerleştiren bir yaklaşımı benimsemiştir.

Kang ve arkadaşları (2012), konteyner yükleme problemlerinin incelenmesi ve lojistik sektöründe bir uygulama adlı çalışmalarında, çeşitli hacimlerdeki paketleri konteyner içersine optimum şeklinde yerleştirmeye çalışmışlardır. Üç boyutlu olan kutulama problemini hibrit genetik algoirtma ile çözüm önermişlerdir.

Westerlund vd., (2007), iş çizelgeleme, tesis yerleşimi ve konteyner yükleme gibi problemleri üç boyutlu tahsis problemi olarak ele almışlardır. Tamsayılı doğrusal programlama modeliyle küçük problemler için çözümler elde etmişlerdir.

Gonçalves ve Resende (2013) alışmasında, iki boyutlu ve üç boyutlu kutu paketleme probleminde parçaları kutulara yerleştirmek için kullanılan sıralamayı oluşturmak ve yerleştirme prosedüründe kullanılan parametreleri geliştirmek için yanlı rassal anahtarlı genetik algoritmayla birlikte yeni bir uyum fonksiyonu ile çözüm kalitesi artırılmaya çalışılmıştır.

İkinci olarak, hacim doluluğu dikkate alınarak yapılan çalışma örnekleri listelenmiştir.

Bischoff vd., (1995), konteyner yükleme problem için sezgisel bir algoritma önermişlerdir. Yüklmesi gereken bir kutu kümesinde, kutular üst üste koyulmaktadır ve hacim doluluğu dikkate alınmaktadır.

Eley (2003), çalışmasında yüklmesi gereken bir kutu kümesinde gerekli konteyner sayısının enküçüklenmesini amaçlamıştır. Sezgisel olarak parçaların istiflenmesi şeklinde maksimum hacim doluluğuyla konteyneren yüklmesi ve kalan parçalara göre diğer konteynerlerde maksimum dolulukta doldurulmaktadır.

Dereli ve Das (2010), iki amaçlı konteyner yükleme problemi için hibrit tavlama benzetimi önerilmiştir. Maksimum hacim doluluğu ve ağırlıkla yükleme amaç olarak belirlenmiştir.

Üçüncü olarak, belirlenen kısıtlar doğrultusunda yapılan çalışma örnekleri şöyledir.

Bischoff ve Ratcliff (1995), konteyner yüklemede farklı kısıtları incelemişlerdir. Parçaların, birlikte yüklmesi, yüklene öncelikleri, rotasyonu ve parçaların diğerlerinden belirli bir mesafeden uzak veya yakın olması gibi kısıtlar düşünülerek çözüm aranmıştır.

Maura ve Oliveira (2013), konteyner yükleme ve araç rotalama problemlerini birlikte ele almışlar. Aynı yerden gelen siparişlerin birlikte yüklmesi ve konteynerin ağırlık sınırını aşmamak gibi kısıtları ele alınmıştır.

Ramos vd., (2018), çalışmada yük dengesi zorunlu bir kısıt olarak ele alınmıştır. Aracın teknik özelliklerine göre yükün ağırlık merkezi hesaplanarak konteyner yükleme ele alınmıştır. Çalışmada genetik algoritma kullanılmıştır.

Dördüncü olarak diğer durumlarda yapılan çalışmaların bazıları aşağıda sunulmuştur.

Tian vd., (2016), çoklu konteyner yükleme üzerine çalışılmıştır. özüm için iki aşamalı bir algoritma geliştirilmiştir. Birinci aşamada performans istatistikleri incelenerek en verimli çözüm alanı incelenmiştir. İkinci olarak üç boyutlu paketleme problemi incelenmiştir.

Ren vd., (2011), çalışmasında nakliye önceliği olan özel bir konteyner yükleme problemi ele alınmıştır. Sezgisel yöntemlerden ağaç arama yöntemi kullanılmıştır.

Pisinger (2002), Sırt çantası problemi üzerine çalışmıştır. Problemde paketlenmiş kutuların hacmini maksimuma çıkaracak şekilde dikdörtgen biçimli bir kaba kutuların yüklenmesi problemi ele alınmıştır. Durma kurma yaklaşımı çözüm için kullanılmıştır.

Matovani vd., (2018), çalışmasında tek ya da çift istiflemeli vagonların yanı sıra isteğe bağlı konteyner araba eşleştirme kurallarında ele alabilecek bir model önerilmiştir. Ağırlık ve ağırlık merkezi kısıtlarında çalışmada kullanılmıştır. Çözüm tamsayılı doğrusal programlama kullanılmıştır.

Sheng vd., (2016), çalışmasında ürün kutularının, ürün paletleri üzerine yerleştirildiği konteyner yükleme problemi ele alınmıştır. Çözüm için ağaç arama algoritması ve açgözlü algoritması kullanılmıştır.

Chen vd., (1995), çalışmasında tek tip olmayan karton kutulara sahip konteyner yükleme problemi ele alınmıştır. Tamsayılı programlama modeli çözüm için önerilmiştir.

Correcher vd., (2017), çalışmasında her fabrikanın bir arac için gereken tüm parçaları üretmediği düşünülmektedir. Her gün bir yerden bir yere büyük miktarda araba parçaları gönderilmektedir. Gönderilirken kullanılan konteyner ve kamyonların kullanımını en aza indirmek amaçlanmıştır. Çözüm için sezgisel bir algoritma önerilmiştir.

Alonso vd., (2017), çalışmasında bir dağıtım şirketinin problemi ele alınmıştır. İlk öncelikle ürünler paletlerin üzerine konur ardından paletler yüklenerek müşterilere dağıtılır. Çözüm için tamsayılı doğrusal model kullanılmıştır.

Zhen vd., (2017), çalışmasında konteyner yüklenirken karın önemli olduğu çalışmada üç farklı durum birbirleriyle karşılaştırılmıştır ve sonuçlar incelenmiştir.

Kargin vd., (2017), çalışmasında çevre güvenliğini sağlamak, belediye atıklarının toplanması gibi sorunları ele alınmıştır. Çözüm için operasyonel süreç modellenmiştir.

Fedtke ve Boysen (2017), çalışmasında bir demiryolu ağı içindeki merkezi düğümler arası hareket ve farklı yük trenleri arasında konteyneren hızlı bir şekilde birleştirilmesi problemi ele alınmıştır. Bu problem için karar destek çalışması yapılmıştır.

Balci vd., (2018), çalışmasında konteyner hatları ve nakliye şirketleri için anket yapılmıştır. Bu anket sonuçlarına göre doğrulayıcı faktör analizleri yapılmıştır. Karar destek çalışması olarak adlandırılabilen bir çalışma önerilmiştir.

Vaferi vd., (2018), çalışmasında metasezgisel algoritmalarla kullanılacak olan konteyner seçim sürecine yardımcı bir karar destek çalışması yapılmıştır.

2.3. Araç Rotalama Problemi ve Literatür Araştırması

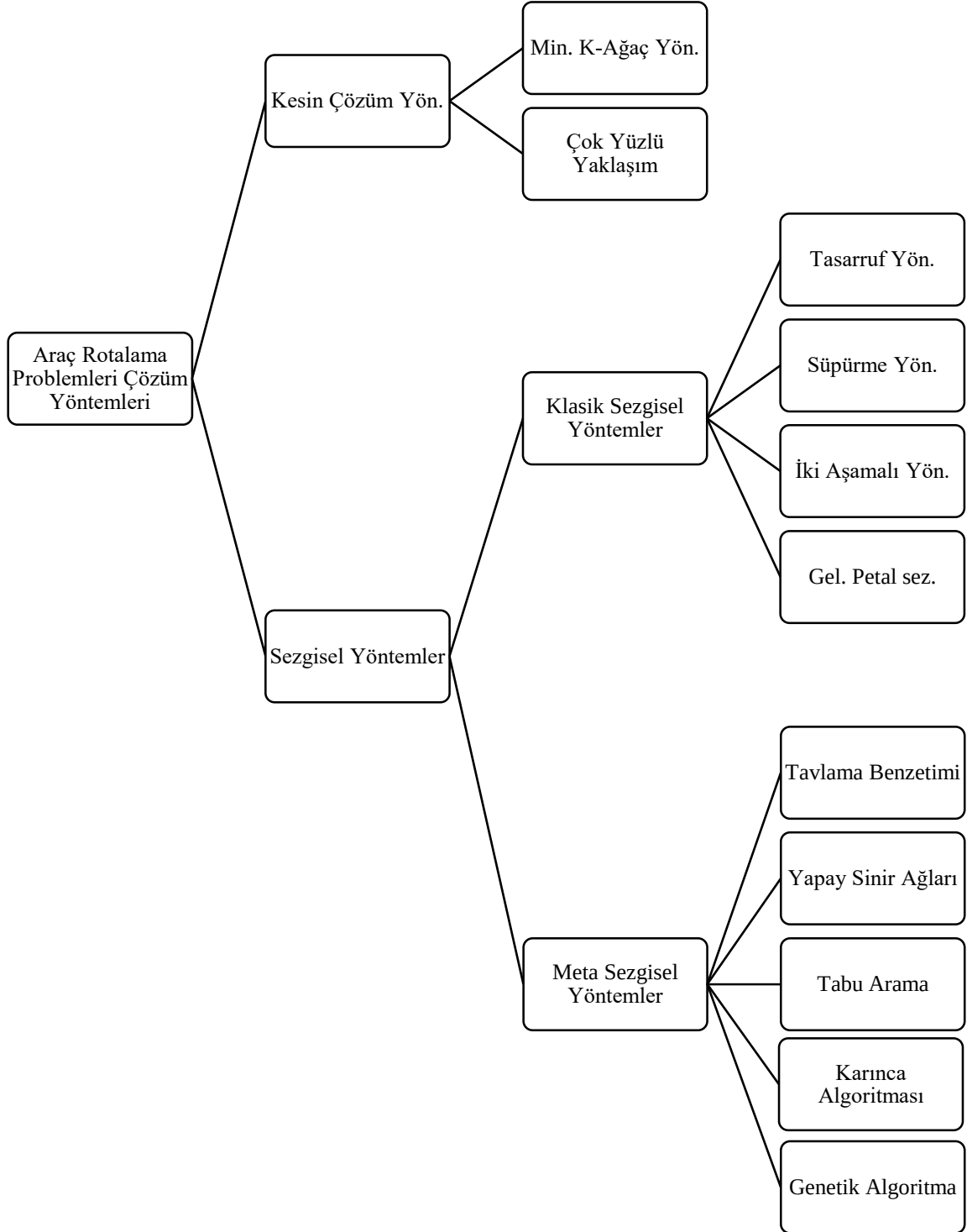
Bu problem gezgin satıcı probleminin bir alt problemi olarak literatürde geçmektedir. İlk olarak kapasite kısıtı ile farklılaşan araç rotalama problemleri yeni kısıtlar ile alt sınıflara ayrılmıştır. Araç rotalama problemleri gezgin satıcı problemlerine oranla daha zor kabul edilmiştir. Literatürde binlerce nokta ile gezgin satıcı probleminin çözümü bulunabilirken, araç rotalama problemleri için sadece yüz nokta ile kesin çözüme ulaşılmıştır. İlerleyen teknoloji ile güçlenen hesaplama kabiliyeti sonucu hesaplanabilen nokta sayısında artış görülebilir. Fakat aradaki zorluk farkı aynı ölçekte kalacaktır (Çam, 2018).

Araç rotalama problemlerinin günümüzde çok sayıda türü bulunmaktadır ve zamanla yeni türlerde eklenmektedir. Tüm araç rotalama problemleri temel problem kümelerinin üzerine inşa edilmektedir (Laporte, 1992).

Araç rotalama problemlerinin çeşitleri;

- Kapasite kısıtlı araç rotalama
- Zaman kısıtlı araç rotalama
- Çok depolu araç rotalama
- Periyodik araç rotalama
- Bölünebilir taşınmalı araç rotalama
- Toplama ve dağıtma için araç rotalama

Araç rotalama problem çözüm yöntemleri Şekil 2.7’de gösterildiği gibi özetlenmiştir.



Şekil 2.7. Araç rotalama çözüm yöntemleri.

Literatür incelendiğinde araç rotalama problemlerine çözüm olarak geliştirilen metasezgisel yöntemler ön plana çıkmaktadır. Problemlerin karışıklık durumu arttıkça çözüm yöntemlerinin geliştirilmesi zorlaşmıştır. Rotalama problemlerine çözüm aranacak bir çok durum söz konusudur. Araştırmalar sonucu araç rotalama problemine yönelik çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.3. Araç rotalama literatür çalışması.

Çalışma	Kullanılan Algoritma(lar) ve Model(ler)	Amaç(lar)	Sonuç(lar)	Önerme(ler)
Selim EROĞLU, (2015)	Tasarruf Algoritması , Genetik Algoritma	Heterojen filolu araç rotalama probleminin metasezgisel hibrit model ile çözümü	Maliyeti optimum seviyeye düşüren uygun rotaların belirlenmesi sağlanmış oldu.	Diğer alternatif çözümler tekil veya hibrit olarak adapte edilip elde edilecek optimum çözümler daha geniş çerçevede kıyaslanarak değerlendirilebilir
İsmail KAYA, (2012)	Genetik Algoritma	Genetik algoritmaların optimal güzergah belirlenmesine uygulaması	Optimal güzergah belirmesinde genetik algoritma ile çok kısa süreler içinde başarılı çözümler elde edilmiştir.	Teknolojinin gelişmiş olmasına karşın büyük boyuttaki problemlere çözüm bulunamamıştır.
Birsan URGAN, (2011)	Karınca kolonisi optimizasyonu algortimaları	Karınca kolonisi algoritmaları ve bir uygulama	Karınca kolonisi algoritmasının problemlere çözüm önerisi sunmada etkili ve başarılı olduğunu ortaya koymuştur.	Karınca kolonileri metasezgiselinde parametre optimizasyonu yapılarak optimuma yakın sonuçların elde edilebileceği görülmüştür
Ömer Nuri ÇAM, (2018)	Genetik Algoritma	Aylak zamanı en küçükleme amaçlı araç rotalama probleminin genetik algoritma ile çözümü	Sürücüsüz bir araç için en verimli kullanım ortaya çıkacaktır.	ARP problemlerinde yer alan kısıtlar bu problem turune de uygulanarak, diğer gerçek hayat senaryoları iceren problemler türetilir.
Erhan TONBUL, (2016)	Genetik Algoritma	Gerçek hayat maliyetlerini göz önüne alan açık uçlu araç rotalama problem için bir melez genetik algoritma önerisi	Maliyetlendirme yöntemi ile literatüre katkı yapmıştır.	Oluşan yeni bireylerin ikisinin de tutulduğu algoritmalarda bu çalışmada anlatılan yasaklı eş kavramının çeşitlendirme açısından daha etkili olabileceği düşünülmektedir.

İlk olarak araç rotalama problemi gezgin satıcı problemiyle benzerlik gösterdiği için gezgin satıcı probleminde yapılan çalışmalar incelenmiş ve aşağıda listelenmiştir.

Pullan (2003), tarafından yapılan çalışmada “Genetik Algoritmaları Gezgin Satıcı Problemi” ne uyarlamak bildirisinde yerel arama sezgiselleri ile genetik algoritmaların beraber kullanımının gezgin satıcı problem çözümündeki etkinliğine değilinilmiştir.

Çevre vd., (2015), gezgin satıcı probleminin genetik algoritmalarla eniyilemesi ve etkileşimli olarak internet üzerinde görselleştirilmesi çalışmıştır.

Ruland ve Rodin (1997), çalışmasında dağıtım toplamalı gezgin satıcı problemini ele almışlardır. Çözüm için dal-kesme algoritması kullanılmış ve problem yeni bir çözüm yaklaşımı getirilmiştir.

Özkan vd., (2001), dinamik gezgin satıcı probleminin çözümü için bir eniyilemek kütüphanesinin tasarımı ve görsel yazılım geliştirme ortamı ile birlikte gerçekleştirim adlı tezinde gezgin satıcının yazılım sayesinde Pratik hayat uygulaması gösterilmiştir.

Gendreau vd., Dağıtım (1999), toplamalı araç rotalama problemi için tam sayılı programlama modeli oluşturulmuştur ve dağıtım toplamalı rotalama problemini gezgin satıcı problem ile birlikte ele alınmıştır.

Côté vd., (2012), dolu süt şişelerinin bırakması ve toplanması ele alan gezgin satıcı probleminin çözümünde yasaklı arama algoritması kullanılmıştır.

İkinci olarak araç rotalama probleminde yapılan çalışmalar incelenmiş ve aşağıda listelenmiştir.

Ho ve Hougland (2003), zaman pencereci parçalı teslimatlı kapasiteli araç rotalama problemi için tabu arama algoritması geliştirmişlerdir. Bu çalışma başlangıç çözümü, zaman limitlerinin göz önünde bulundurulduğu rotalanmamış en yakın müşteri yaklaşımı ile bulunmuştur.

Archetti (2008) tarafından “Rotaları Sırala ve En iyi Komşu” adlı çalışmada tabu arama algoritması kullanılmıştır.

Sörensen ve Sevaux (2006) tarafından geliştirilen parçalı teslimatlı kapasiteli araç rotalama problemine çözüm üretmek içi geliştirilen popülasyon yönetimli memetik algoritması kullanılmıştır.

Berbotto (2014) çalışmasında, tanecikli komşuluk yapısının olduğu rastgeleleştirilmiş tanecikli tabu arama algoritması kullanarak parçalı teslimatlı kapasiteli araç rotalama problemine çözüm aranmıştır.

Brandao (2004), açık kapasiteli araç rotalama problemini çözmek için bir tabu arama algoritması geliştirmiştir. Başlangıç sezgiseline en yakın komşu sezgiseli ve K-ağaç metodu bulunmuştur.

Psinger ve Ropke (2007) çalışmalarında, açık kapasiteli araç rotalama problem ile beraber çok depolu kapasiteli araç rotalama problem ve zaman pencereli kapasiteli araç rotalama problem gibi farklı varyantlara çözüm üretecek bir yöntem geliştirilmiştir. Problemin çözümü için birden fazla parçalama ve onarma operatörleri ile çalışan uyarmalı büyük komşuluk araması algoritması kullanılmıştır.

Li vd., (2012) çalışmalarında açık kapasiteli araç rotalama problemi ve sabit filolu heterojen kapasiteli araç rotalama probleminde varyantları birlikte ele almışlardır. Problemin çözümü için çok başlangıçlı uyarlamalı bellek tabanlı tabu arama algoritması geliştirilmiştir.

Zhang vd., (2017), çalışmasında zaman ve palet yükleme kısıtı olan araç rotalama problemi ele alınmıştır. Çalışmada tabu algoritması ve yapay arı kolonisi algoritması birleştirilerek hibrit bir yaklaşım önerilmiştir.

Hu ve Wei (2018), çalışmada büyük ebatlı kargo taşımacılığında araçların iş birliği üzerine çalışılmıştır. Birden fazla aracın senkronize bir şekilde çalışması büyük önem arz etmektedir. Genetik algoritma ve açgözlü kesici uçlu algoritması kullanılmıştır. İki algoritmanın sonuçları karşılaştırılmıştır.

Li ve Lu (2014), çalışmasında birden fazla teslimat noktasına, bir veya birden fazla aracın rotolanması amaçlanmıştır. Çalışmada hibrit genetik algoritma kullanılmıştır.

Muntadas vd., (2019), GPS olmadığında kameralı aracın çevresine monte edilmiş akustik sistemi gözlemleme ve navigasyon bilgisi üzerine çalışılmıştır. Çalışmada yol planlama yaklaşımı yanında navigasyon sistemi için kritik öneme sahip yerlerin korunmasını ele alınmıştır.

Guimarans vd., (2018), çalışmasında iki boyutlu, fazla mesainin ceza maliyeti olan 2L-VRP modeli sunulmuştur.

Beheshti vd., (2015), her müşterinin kapasitesine göre, her müşterinin ziyaret edilebileceği depodan başlayıp ve biten, en az toplam seyahat maliyeti ve maksimum müşteri memnuniyeti amaçlanan çok amaçlı araç yönlendirme sorunu ele alınmıştır.

Lacomme vd., (2013), çalışmasında toplam taşıma maliyetini en aza indiren bir depo düğümüne dayanan homojen bir araç filosu için bir dizi gezi tasarlamaktadır. GRASP $\times$ ELS hibrit algoritması kullanılmıştır.

Beheshti ve hejazi (2015), toplam seyahat mesafesini ve teslimat süresi maliyetlerini en aza indirirken coğrafi olarak farklı yerlere dağılmış müşteriye hizmet vermek için gereken merkezi bir depoya dayanan bir araç filosu için rota seti tasarlanması ele alınmıştır. Matematiksel model ve hibrit kolon üretimi metasezgisel yaklaşım geliştirilmiştir.

Kang vd., (2008), çalışmasında araçların çalışma süresini en küçüklemek ve müşterilerin almış olduğu hizmetin gecikmemesi kısıtları ile araç rotalama problemi ele alınmıştır. Karma tamsayılı bir model ve tabu algoritması kullanılmıştır.

Mahvash vd., (2017), araç güzergah belirleme ve üç boyutlu yükleme sorunu ele alınmıştır. Sütün oluşturma tekniğiyle sezgisel bir model önerilmiştir.

Wei vd., (2017), müşteri talebi doğrultusunda rotalama işlemine merkezi bir depoda başlayan aynı depoda sona eren düşük maliyetli rota belirleme çalışması ele alınmıştır. Komşuluk arama algoritması ve ufuk çizgisi sezgiseli uyarlanmıştır.

3. GENETİK ALGORİTMA

3.1. Genetik Algoritma Tarihçesi

Genetik algoritma, 1975 yılında John Holland tarafından, doğal seçim ve genetik popülasyonların modellenmesi olarak geliştirilmiştir. Holland evrim teorisinden yararlanarak makine öğrenmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Çalışmalarını bilgisayar ortamına taşıyarak tek bir yapının mekanik öğrenme yeteneğini geliştirmek yerine birden fazla yapıdan oluşan topluluğun değişim, çiftleşme ve çoğalma gibi genetik süreçlerden başarılı yeni bireyler oluştuğunu gözlemlemiştir (Cordon, 2011).

3.2. Genetik Algoritma Kullanım Sebepleri

Problemin zorluk derecesinin bilinmesi büyük fayda sağlamaktadır. Bu fayda en iyi yöntemin seçilmesini sağlayacaktır. Polinomal olan denklemlerin çözümlenmesi ve incelenmesi kolay olan çözümlerdir. Polinomal olmayan denklemler çözümlenmesi zor sistemlerdir. Gerçek yaşamda karşılaşılan sorunlar bizden gerçek sonucu değil de kısa sürede gerçek çözüme yakın bir sonuç elde etmemizi çoğunlukla istemektedir. Bu nedenle gerçek sistemde karşılaşılan polinomal olmayan problemlerin çözümünde metasezgisel yöntemler yardımıyla geliştirilen algoritmalar kullanılmaktadır (Courtonis vd., 2000).

Gerçek hayatta karşılaştığımız problemler karşısında algoritmaların ne kadar sürede sonuca ulaştığı önemli bir noktadır. Çelişen ve değişen rekabet ortamında gereklerine hızlı ve optimal bir sonuçla cevap vermek sistemin ayakta kalmasını ve rekabette başarı kazanmasını sağlayacaktır. Genetik algoritmanın bir çok alanda başarılı uygulama alanları bulunmaktadır (Balın, 2010).

3.3. Genetik Algoritmanın Diğer Yöntemlerden Farkı

Goldberg'in görüşüne diğer yöntemlerden genetik algoritmanın ayrılmasının en önemli özelliği çözüm arama şeklinin farklı olmasıdır. Bu farklılıklar;

- GA, parametrelerin kendileri ile doğrudan ilgilenmez, parametre setlerinin kodları ile ilgilenmektedir.
- GA, tek noktaya bağlı kalarak arama yapmaz, yığının veya popülasyonun tamamında arama yapar.
- GA, amaç fonksiyonu kullanır.

- GA da kullanılan operatörlerde deterministik yöntemler kullanılmaz (Küçük, 2016).

3.4. Genetik Algoritmanın İşletmelerdeki Uygulama Alanları

İşletmelerde ki optimizasyon tekniklerinden biri olan genetik algoritmanın en yaygın kullanım alanları aşağıdaki gibidir:

3.4.1. Finans ve pazarlama

Finans problemlerinde, amaç fonksiyonları tahmin etmek için veya bir kıyaslama sonucuna bağlı olan getirilerdeki gelişimleri içermektedir. Öncelikle hisse senedi fiyatlarındaki değişim kalıplarını tahmin etmekte, kaynak ve uluslar arası sermaye tahsisinde genetik algoritmanın kullanıldığı görülmektedir.

Tüketicilerin bilgilerinin tutulduğu büyük veri tabanlarını hızlı ve etkin bir şekilde kullanmak gerekmektedir. Bu işlemler yapılırken kullanılan teknik veri madenciliği olarak geçmektedir. Bu teknik büyük veri tabanlarından istenilen kriterlerde veri çekmek için kullanılabilir. Veri madenciliğinin pazarı ve tüketiciyi tanımada önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Veri madenciliği veriyi bilgiye, bilgiyi de güvenli kararlara dönüştürebilmektedir. Bu teknikte kullanılan algoritmalarından bir tanesinde genetik algoritmadır. Veri yığınlarından modeller genetik algoritma ile elde edilebilmektedir (Chen, 2012).

3.4.2. Çizelgeleme problemi

İlk kez 1985’de Davis tarafından yapılmıştır. Bir iş atölyesinde karı maksimize etme amacıyla çizelgelemenin önemi üzerine durulmaktadır. Bu çalışmada genetik algoritmanın çizelgeleme problemine nasıl uygulanacağı anlatılmıştır. Bu çalışmanın yapılması daha sonraki çalışmalara yol göstermiştir. Bu çalışmanın arkasından Liepins ve diğerlerinin (1987) “Açgözlü Genetikler” çalışmasını ortaya koymuş ve bu sayede açgözlü algoritmalarla beraber genetik algoritmalar kıyaslanmıştır. Genetik algoritma yaklaşımı ile atölye tipi çizelgeleme problemi, eşzamanlı çalışan makinelerde son işin tamamlanma zamanını en küçükleme gibi çalışmalarda bu algoritma kullanılmıştır (Küçük, 2016).

3.4.3. Tesis yerleşim problemi

Tesiste bulunan araç, gereç veya diğer kaynakları belirlenen kriterlere göre optimum performans sağlayacak şekilde yerleştirmeyi içermektedir. Farklı ürünleri üretme esnasında oluşabilecek karmaşıklıkların çözülebilmesi amaçlanmıştır (Kratika vd., 2001).

3.4.4. Sistem güvenilirliği problemi

Sistemler işleyişleri esnasında kritik durumlarla karşılaşabilirler. Sistemlerde karşılaşılan arızaların sonuçları büyük zarar verebilmektedir. Sistem güvenilirliğinde yapılan optimizasyon, bozulan, etkisiz hale gelen parçaların sisteme en verimli şekilde atanarak fayda sağlamasını amaçlamaktır.

3.4.5. Gezgin satıcı problemi

Bu problem, istenen sayıda ve aralarında belirli bir mesafe bulunan şebekede bir gezgin satıcının, istenen tüm şehirlere birer kere gitmek ve başlangıç yapılan şehire geri dönmek koşuluyla dolaşabileceği en kısa mesafenin bulunmasını hedefleyen bir problem olarak bilinir (Wang vd., 2008).

Gezgin satıcı problemleri kombinasyonel problemler içerisinde en çok bilinen problemidir. Yapısı sayesinde ağ teorisi kapsamına girmektedir.

Hamilton tarafından 19. yüzyılda ilk kez bulunmuştur. Gezgin satıcı problemi Hamilton tarafından bir ağıdaki tüm düğümleri içeren bir çevrim olarak tanımlanmıştır. Bu çevrim, belirlenen bir düğümden başlayarak belirlenen sayıdaki düğümlere sadece bir kez uğrayarak başlangıç düğümüne geri dönen bir yol olarak tanımlanmıştır (Terzi, 2009).

3.4.6. Sırt çantası problemi

Belirli bir ağırlıktan fazlasını taşıyamayan bir çantanın içerisi varolan nesnelerle doldurulmak istenir. Her bir nesnenin bir ağırlığı ve bizim için farklı bir değeri vardır. Bu çanta öyle doldurulmalıdır ki hem çantanın maksimum ağırlığı aşılmaz hem de içerdeki nesnelerin değeri toplamı olabilecek en yüksek değerde olsun (Chu ve Beasley, 1998).

3.5. Genetik Algoritma Temel Kavramları

Genetik algoritma kısaca, bireylerden oluşan bir popülasyona seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinin uygulanmasını kapsar. Bu işlemlerin uygulanmasının ardından yeni bir popülasyon meydana gelmektedir. Eski Popülasyon ve yeni popülasyon birbirleri ile yer değiştirir. Her bireyin kendine ait bir uyum değeri vardır. Yeni oluşan popülasyon bu uyum değerine göre seçilir. Her yeni oluşturulan popülasyonda daha uyumlu popülasyonlar meydana getirilmeye çalışılır (Aydemir, 2017).

3.5.1. Gen

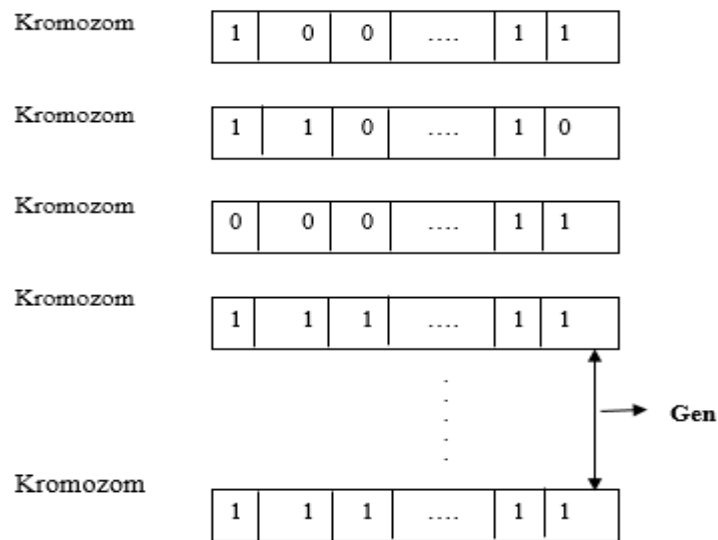
Tek başına anlamlı bir genetik bilgisi olan en küçük yapı birimidir. Genin içeriği programcıya bağlıdır. Genin içerisinde bilgi ikili tabandaki sayıları içerdiği gibi onluk taban ve onaltılık tabandaki sayı değerlerini de içerebilir. Yazılan program için genin içeriği oldukça önemlidir (Goldberg, 1989).

3.5.2. Kromozom

Bir yada birden fazla gen yapısının birleşerek problemin çözümüne dair tüm bilgiyi içeren dizileri oluşturması kromozom olarak adlandırılmaktadır. Kromozomlar, çözülmek istenen problemin çözüm bilgi kümeleridir. Genetik algoritma adımlarında, üzerinde durulan en önemli birimdir. Bu yüzden kromozom oluşturulmasında tüm durumlar göz önünde bulundurularak iyi kurgulanması gerekmektedir (Sivanandam ve Deepa, 2008).

3.5.3. Popülasyon

Popülasyon, kromozomların toplanarak oluşturduğu çözüm yığıdır. Yığının içerdiği kromozom sayısı değişken olup çözülecek olan problemin büyüklüğüne göre değişmektedir (Poli vd., 2008).

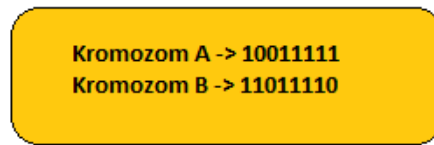


Şekil 3.1. Gen, kromozom ve popülasyon yapısı.

3.5.4. Kodlama

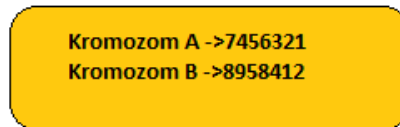
Her programa göre en iyi kodlama şekli değişiklik gösterir. Problem için arama uzayını en iyi temsil eden kodlamanın seçilmiş olması gerekmektedir (Küçük, 2016). Kodlama çeşitleri aşağıda listelenmiştir.

-İkili (Binary) Kodlama: Her bir kromozom 0 ve 1'lerden oluşan bit dizisidir. İkili dizi ile ifade edilir.



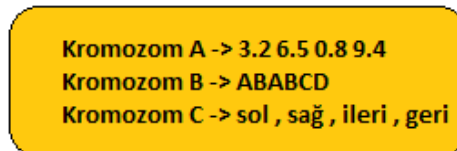
Şekil 3.2. İkili kodlama.

-Sıralı (Permütasyon) Kodlama: Bu kodlama gezgin satıcı problemi ve iş sıralama problemleri gibi sıralama problemlerinde kullanılmaktadır.



Şekil 3.3. Sıralı kodlama.

-Değer (Alpha-Numeric Encoding) Kodlama: Kompleks sayıların yer aldığı problemlerde kullanılır.



Şekil 3.4. Değer kodlama.

3.5.5. Seçim mekanizmaları

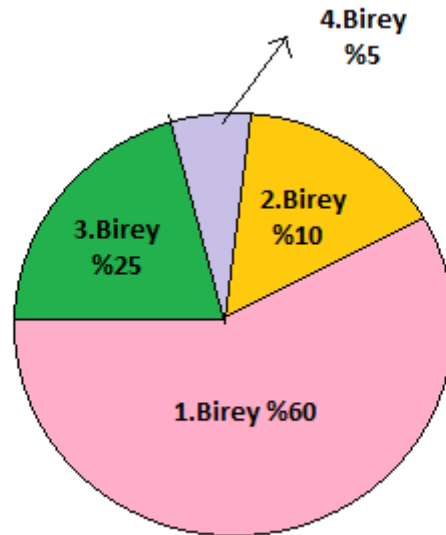
Nesiller arası aktarım gerçekleşirken bazı nesiller sonraki nesile aktarılır, bazıları ise kaybolur. İşte bu aşamada hangi dizilerin bir sonraki nesile aktarılacağını seçilmesi seçim mekanizması ile sağlanır.

Turnuva seçimi

İlk adımda turnuva büyüklüğü belirlenmektedir. Bu belirlenen turnuva büyüklüğü sayısı kadar popülasyon içerisinde rastgele bireyler seçilir. Seçilen bireyler daha sonra bir turnuva içerisine girer. Oluşan grupta ki en iyi bireyler eşleşme havuzuna konur ve bu şekilde (N) kadar birey seçilene kadar işleme devam edilir (Michalewich, 1994).

Rulet tekeri seçimi

Rulet tekeri seçim yönteminde bireylerin seçilme olasılıkları uygunluk fonksiyonlarıyla orantılıdır. Örnek olarak verilen bireylerin seçilme olasılıkları bu seçim yöntemi uyarınca aşağıdaki gibi olacaktır.



Şekil 3.5. Rulet seçim olasılığı.

Sıralı (rank) seçim yöntemi

Popülasyondaki bireylerin seçilme olasılıkları uygunluk değerinde ki sıralama ile doğru orantılıdır. Popülasyonda birey sayısı arttıkça en iyi birey ile en kötü birey arasında ki seçilme olasılıkları artacaktır. Çizelge 3.1’de yöntem örnek veriler ile gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Sıralı seçim yöntemi.

Birey	Uygunluk Değeri	Rank Sıra	Seçilme ihtimali
Birey 1	40	3	$3/15=\%20$
Birey 2	60	5	$5/15=\%33$
Birey 3	15	1	$1/15=\%6,66$
Birey 4	48	4	$4/15=\%26,66$
Birey 5	37	2	$2/15=\%13,3$

3.6. Genetik Algoritma operatörleri

Genetik algoritmanın iyi bir sonuç verebilmesi için genetik operatörler oldukça önemlidir (Sanaç ve Karcı, 2004).

3.6.1. Çaprazlama operatörü

Genetik algortmada ki çaprazlama işlemi bilgi değişimi sayesinde daha iyi bireylerin üretilmesini sağlamaktadır. Çaprazlama esnasında iki bireyin belirlenen genleri karşılıklı olarak yer değiştirir. Böylelikle iki yeni birey üretilmiş olur.

Tek noktalı çaprazlama: Tek noktalı çaprazlamada çaprazlama noktası rastgele seçilir. Eşlenen iki dizide bu çaprazlama noktasından sonraki bölümler yer değiştirerek iki tane yeni bireyler elde edilir.

1.Ebeveyn	11111 01000	⇒	1.Çocuk	11111 11011
2.Ebeveyn	11010 11011	⇒	2.Çocuk	11010 01000

Şekil 3.6. Tek noktalı çaprazlama.

Çok noktalı çaprazlama; Çok noktalı çaprazlamada çoklu bölge seçimi olmaktadır. Eşlenen iki dizide bu çaprazlama noktaları arasında kalan bölümler yer değiştirilerek iki yeni birey elde edilmektedir.

1. Ebeveyn	10 110 01 001	⇒	1.Çocuk	10 000 01 010
2. Ebeveyn	11 000 11 010	⇒	2.Çocuk	11 110 11 001

Şekil 3.7. Çok noktalı çaprazlama.

Genetik algorithmada ilk akla gelen çaprazlama yöntemleri tek ve çok noktalı çaprazlama yöntemleridir. Fakat problemin özelliğine göre farklı türlerde çaprazlama yapmakta mümkündür.

Pozisyona dayalı çaprazlama; Pozisyona dayalı çaprazlamada sabit olarak kalacak gen yapılarını belirlemede kullanılan yapı bulunmaktadır. Kalıbın gösterdiği noktalar dizide sabit kalırken diğer noktalar iki birey arasında yer değiştirir. Bu sayede yeni bireylerin oluşturulması sağlanmış olur.

1. Ebeveyn	347110489233
2. Ebeveyn	001472892100
Kalıp	111000110010
	↓ ↓
1.Çocuk	347472482130
2.Çocuk	001110899203

Şekil 3.8. Pozisyona dayalı çaprazlama.

Sıraya dayalı çaprazlama; Şekil 3.9’da görüldüğü gibi Kalıp üzerindeki 1’lerin gösterdiği değerler çaprazlama sırasında kullanılacak olan değerleri belirtmektedir. Bu değerler iki ebeveyn arasında yer değiştirilerek çaprazlama işlemi gerçekleşmiş olur.

1. Ebeveyn	123456789045
2. Ebeveyn	746128353196
Kalıp	100010100000
	↓ ↓
1.Çocuk	172456389045
2.Çocuk	146528373196

Şekil 3.9. Sıraya dayalı çaprazlama.

Kısmi planlı çaprazlama; İki bireyden rasgele bir aralık belirlenir. Bu aralıktaki değerler yer değiştirilir. Şekil 3.10’da kısmi planlı çaprazlama gösterilmiştir.

1. Ebeveyn	28 645 713
2. Ebeveyn	87 213 456
	↓ ↓
1.Çocuk	28 213 713
2.Çocuk	87 645 456

Şekil 3.10. Kısmi planlı çaprazlama.

Yer değiştirme sonunda dizide aynı olan değerler değiştirilen değerlerle tamamlanmaktadır.

1.Çocuk	68 213 745
2.Çocuk	87 645 123

Şekil 3.11. Kısmi planlı çaprazlama sonucu.

Bahsedilen çaprazlama metotlarından en çok kullanılanlar tek ve çok noktalı çaprazlama yöntemleridir (Çetin, 2007).

3.6.2. Değişim (Mutasyon) operatörü

Mutasyonun en önemli amacı popülasyonu çeşitli tutmaktır. Mutasyon işlemi kromozomda rastgele seçilen gen noktalarının karşılıklı olarak değiştirilmesi ile ifade edilebilir.

Sistem belli döngü değerine geldikten sonra kromozomlar birbirlerine benzemektedirler. Bu da çözüm uzayının daralmasına yol açmaktadır. Değişim operatörü sayesinde çözüm uzayının genişlemesi sağlanmaktadır.

Değişim Öncesi			Değişim Sonrası	
1.Çocuk	1011011010	⇒	1.Çocuk	1011001010

Şekil 3.12. Değişim operatörü.

Şekil 3.12’de değişim operatörü basitçe gösterilmiştir. Çözüm aranan problem göre değişim operatörünün kullanılma biçimi değişebilmektedir.

Komşu iki işi değiştirme; Şekil 3.13’te görüldüğü gibi rasgele seçilen iki komşu gen yer değiştirir.

Değişim Öncesi			Değişim Sonrası	
1.Çocuk	257 <u>1</u> 9432	⇒	1.Çocuk	257 <u>9</u> 1432

Şekil 3.13. Komşu iki işi değiştirme.

Keyfi iki işi değiştirme; Şekil 3.14’te görüldüğü gibi rasgele seçilen üç gen rasgele yer değiştirilir.

Değişim Öncesi			Değişim Sonrası	
1.Çocuk	2 <u>5</u> 7 <u>1</u> 9432	⇒	1.Çocuk	2 <u>4</u> 7 <u>5</u> 9132

Şekil 3.14. Keyfi iki işi değiştirme.

Araya gen ekleyerek değiştirme; şekil 3.15'te görüldüğü gibi keyfi olarak seçilen genin rasgele sayıda sağa veya sola kaydırılmasıyla gerçekleştirilebilir.

Değişim Öncesi			Değişim Sonrası	
1.Çocuk	257194 <u>32</u>	⇒	1.Çocuk	<u>23</u> 5719432

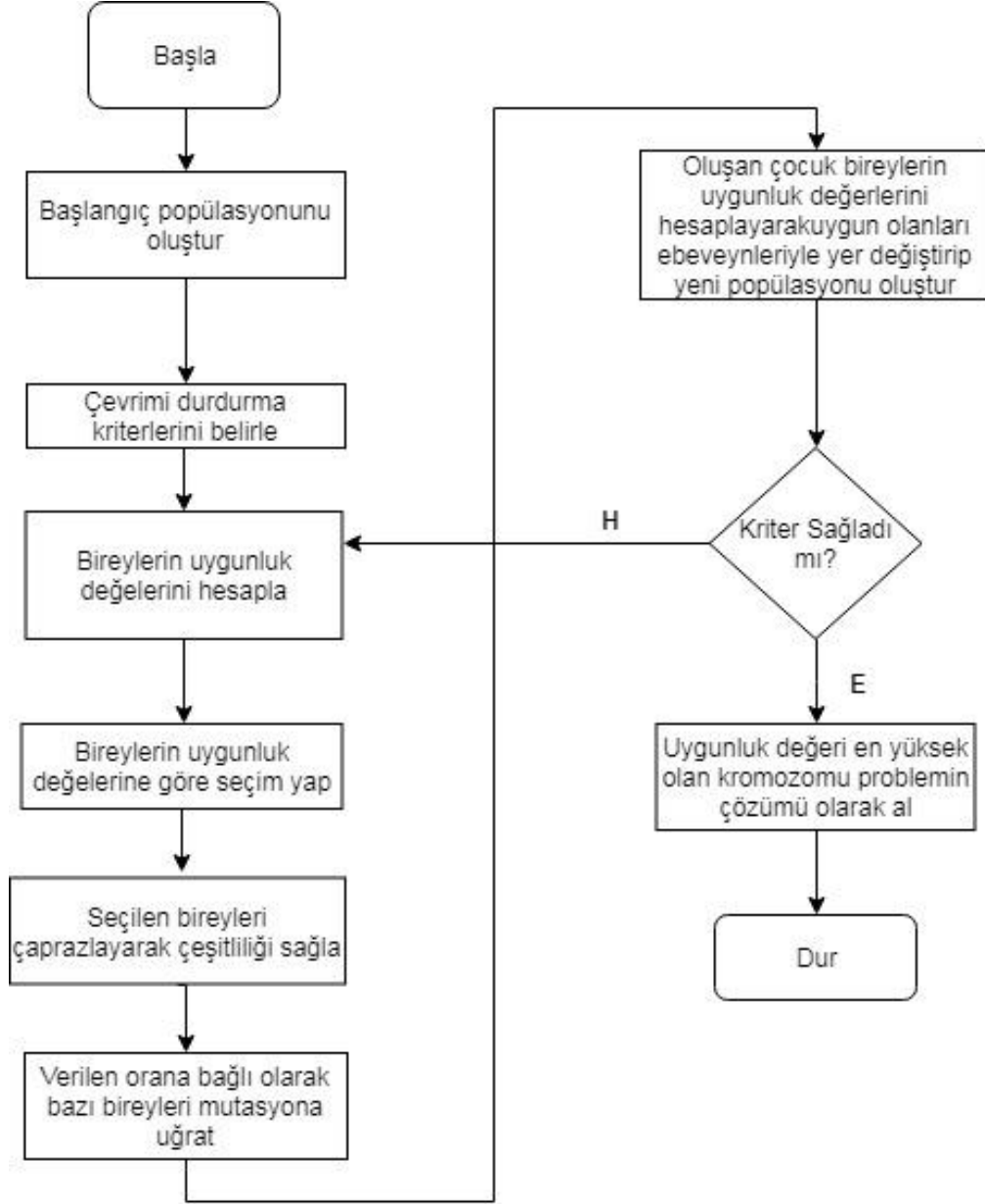
şekil 3.15. Araya gen ekliyerek değiştirme.

3.6.3. Elitizm (En iynin saklanması) yöntemi

Bulunan çözümler arasında uygunluk fonksiyonu en yüksek olan bireyin genetik algoritma adımları gerçekleşirken kaybolma ihtimali vardır. Bu durumun önüne geçilmesi için uygunluk fonksiyonu en yüksek olan bireyin hiç bir işleme girmeden bir sonraki jenerasyona aktarılması gerekmektedir. Böylece bir sonraki jenerasyondaki en iyi bireyden kötü olma ihtimali ortadan kaldırılmış olmaktadır.

Yukarıda belirtilen aşamalar ve hususlar dikkate alınarak genetik algoritma adımları şu şekilde özetlenebilir; başlangıç popülasyonun oluşturulması ile başlar, çevrimi durdurma kriterleri belirlenir, popülasyonun içerisindeki tüm bireylerin uygunluk değerleri hesaplanır, uygunluk değerine göre popülasyon içerisindeki bireyler seçilir, çeşitliliği sağlamak amacıyla çaprazlama ve mutasyon operatörleri uygulanır, yeni oluşan çocuk bireylerin uygunluk değeri hesaplanarak uygun olan bireyler ebeveynleriyle yer değiştirir ve yeni popülasyon oluşturulur. Durdurma kriteri sağlandı mı? Cevap evetse; uygunluk değeri en yüksek olan kromozomu problemin çözümü olarak alınır ve akış tamamlanır. Cevap hayırsa; yeni popülasyon oluşturularak akış devam ettirilir. Bu anlatımın akış şeması şekil 3.16' da sunulmuştur.

3.7. Genetik Algoritma Akış Şeması



Şekil 3.16. Genetik algoritma akış şeması.

4. DENEY TASARIMI

4.1. Klasik Metodoloji ile Deney Tasarımı

Bu metodoloji ile yapılan deneysel çalışmalarda, deneylerin parametreleri niteliksel ise deneylerin seviye skalarının dışındaki bir değerin deneye olan etkisi hesaplanabilir. Deneylerin parametreleri niteliksel değilse parametreye ait seviye skalasının dışındaki bir değeri ön görmek pek mümkün olmamaktadır (Taylan, 2011).

4.2. İstatiksel Metodoloji ile Deney Tasarımı

Deney tasarım yöntemleri sırasında istatiksel olmayan yöntemler kullanıldığında varyasyon analiz sonuçları bazen etkin süreci ya da işlemi belirleyememektedir (Breyfogle, 2003). Deney tasarımında klasik yöntemlerin yetersizliği istatiksel olan deney tasarım yöntemleri ile çözülmüştür.

İstatiksel deney tasarımı ile ilgili yöntemler; Tam faktöriyel deney tasarımı, kesirli faktöriyel deney tasarımı, taguci metodu ile deney tasarımı olarak üç farklı tasarımda incelenebilmektedir.

4.2.1. Tam faktöriyel deney tasarımı

En az iki olmak üzere parametre sayısı ve bu parametrelere ait en az iki veya daha fazla seviyenin bulunduğu deneylerde seviyelerin birbirleri ile çarpımıyla oluşan kombinasyonlardır. Her bir parametrenin 2 adet seviyesi bulunmaktadır. Bu durumda tüm kombinasyonlar sonucu sekiz adet deney yapılmalıdır. Başka bir örnek verecek olursak 5 parametrelili 4 seviyeye sahipse $4 \times 4 \times 4 \times 4 \times 4 = 1024$ tane deney yapılması gerekmektedir. Çizelge 4.1’de P_1 , P_2 ve P_3 parametreleri, 1-2 parametrelere ait seviyeleri göstermektedir. Her bir deneyin sonucu “Sonuç” sütununda verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tam faktöriyel deney tasarım tablosu.

Deney Sayısı	Parametre ve Seviyeleri			Sonuç
	P_1	P_2	P_3	
1	1	1	1	S_1
2	1	1	2	S_2
3	1	2	2	S_3
4	1	2	1	S_4
5	2	1	1	S_5
6	2	1	2	S_6
7	2	2	1	S_7
8	2	2	2	S_8

Bu tasarım, analiz aşamasında istatistiksel metotlarla birleştğinde araştırmacılara ve geliştiricilere büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Çizgelde 4.1.'de gösterilen örneğe göre her parametrenin birbirleri ile olan etkisi incelendiğinde ortaya şu şekilde bir denklem çıkmaktadır (Lazic, 2004).

$$\begin{aligned}
 X_1 &= (S_1+S_2+S_3+S_4)/4-(S_5+S_6+S_7+S_8)/4 \\
 X_2 &= (S_1+S_2+S_5+S_6)/4-(S_3+S_4+S_7+S_8)/4 \\
 X_3 &= (S_1+S_4+S_5+S_7)/4-(S_2+S_3+S_6+S_8)/4 \\
 X_1 X_2 &= (S_1+S_2+S_7+S_8)/4-(S_3+S_4+S_5+S_6)/4 \\
 X_1 X_3 &= (S_1+S_4+S_6+S_8)/4-(S_2+S_3+S_5+S_7)/4 \\
 X_2 X_3 &= (S_1+S_3+S_5+S_8)/4-(S_2+S_4+S_6+S_7)/4 \\
 X_1 X_2 X_3 &= (S_2+S_4+S_5+S_8)/4-(S_1+S_3+S_6+S_7)/4
 \end{aligned}$$

4.2.2. Kesirli faktöriyel deney tasarımı

Tam faktöriyel deney tasarımında parametrelerin bütün seviyelerinin kombinasyonları tek tek denenmesinden dolayı deney maliyetini arttırmaktadır ve zaman kaybına yol açmaktadır. Tam faktöriyel deney tasarımında maksimum zaman ve maliyet söz konusu olmaktadır. Tasarım yapılırken zaman ve harcanan maliyet arasındaki bağıntı büyük önem arz etmektedir. Tam faktöriyel deney tasarımında ki zaman ve maliyetten tasarruf edilmesi için kesirli faktöriyel deney tasarımı bulunmuştur. Bu tasarımda deney sayısı orantılı olarak azaltılmaktadır. Örneğin elimizde

7 parametrelili ve 2 şer seviyeli bir durum olsun. Deney tasarımı seçimi tam faktöriyel olarak yapıldığında $2^7 = 128$ deney yapılması gerekir. Bu durumu kesirli faktöriyel deney tasarımı ile yapılırsa 64 deney ya da 32 yada 1/8 yani 16 deney ile yapılabilir. Deney sayısını kesirli olarak azaltmak tamamen araştırmacılara bağlı olmaktadır (Gökçe ve Taşdere, 2009).

4.2.3. Taguchi metodu

Bu yöntem, toleransların tasarlanması, parametrelerin tasarlanması ve sistemlerin tasarlanması üzerine kurulmuş deney tasarım ve optimizasyon yöntemidir. Taguchi'nin deney tasarım yöntemi, farklı tasarımların farklı seviyeleri arasında optimum kombinasyonu bulmak için oldukça faydalı bir yöntem olarak kabul edilmiştir (Güral, 2003).

Taguchi metodunun 3 basamaktan oluşan adımları ise şu şekildedir.

Sistem tasarımı: Sistem tasarımında eldeki tüm durumlar değerlendirilir. Mevcut teknolojik yenilikler tümüyle araştırılır ve sistemde kullanılabilirliği açısından incelemesi yapılır.

Parametre tasarımı: Süreçleri yenilemesi ve iyileştirmesinde en önemli adım parametre tasarımı olarak kabul edilmektedir. Üretilecek olan ürünün veya geliştirilecek olan ürünün özelliklerinin en iyi seviyeye getirilebilmesi için üretimde kullanılan parametrelerin iyileştirilmesinin yapılması gerekmektedir. Üretim esnasında ürünün kalitesini olumsuz etkileyecek kontrol edilemeyen etkiler belirlenip, kontrol edilemeyen parametre adı verilir ve bu parametrelerin etkileri minimize edilmeye çalışılır.

Tolerans tasarımı: Parametre belirleme çalışmaları esnasında sonucun istenilen hedefe ulaşamadığı durumda yapılan ilave çalışmalardan oluşmaktadır. Bu durumda gözlenen sonuçlardan faydalanılarak ürünün hedef değerden sapma göstermesinin getirdiği kayıplar bulunur ve bu sapmalar azaltılmaya çalışılır.

5. MATARYEL, METOT VE UYGULAMA

5.1. Kullanılan Platformlar ve Geliştirme Araçları

Bu çalışmanın kodlamasında kullanılan platform ve geliştirme amaçları;

- Java Programlama dilinde yazılmıştır.
- Update to java 8 kullanılmıştır.
- NetBeans IDE 8.2 kullanılmıştır.
- Apache derby veri tabanı kullanılmıştır.
- Konteyner yükleme ve araç rotalama problem çözümü için genetik algoritma kullanılmıştır.
- Araç rotalamada kullanılan harita için google map apisi kullanılmıştır.

Bilgisayar sistem özellikleri; Windows 7 işletim sistemi, 2.20GHz Cpu, 4 GB Ram, Intel Core i7-4702MQ işlemci

5.2. Varsayımlar, Sınırlılıklar ve Amaçlar

Konteyner yükleme Amaçlar

- Tüm ürünlerin yüklenmesi değil, hesaplamalar sonucu yüklenmesine karar verilen ürünlerin yüklenmesidir.
- Problemdeki amaç fonkiyonunu enbüyüklemektir.
- Farklı ürünlerin farklı hacimlerdeki kutulara konularak konteyner hacmini aşmadan, maksimum dolulukta yükleme yapılmasıdır.

Konteyner yükleme için varsayımlar ve sınırlılıklar

- Farklı hacimlerdeki kare veya dikdörtgen kutular kullanılmıştır.
- Ürünlerin kırılma olasılığından dolayı kutular çevrilemez şeklindedir.
- Yükleme esnasında konteynerin uzunluğu, genişliği ve yüksekliği aşıp, geçilmemiştir.
- Kutu kenarları, konteyner kenarlarına paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir.
- Tek bir konteyner üzerinde işlemler yapılmıştır.
- Kutuların ağırlıkları göz ardı edilmiştir.
- Kutulardaki yüklerin tümü porselen ürün olarak kabul edilmiştir.

- Seçilen konteynerin içerisinde kullanılan paletlerin hacimleri hesaplamalarda toplam hacime dahil edilmemiştir.
- Teslimatı gerçekleşecek ürünler tam olarak konulduğunda tamamen yerleşmiş olacaktır.
- Ürünlerin birbirlerine zarar vermeyeceği varsayılmıştır.
- Program arayüzünde “Konteyner Tipi” alanı araç çeşitleri şeklinde düşünülmektedir.

Araç rotalama amaçlar

- Yüklü olan konteynerdaki kutuların müşterilere veya mağazalara en kısa mesafede dağıtılması amaçlanmıştır.

Araç rotalama için varsayımlar ve sınırlılıklar

- Müşterilerin veya mağazaların ürünleri parça parça taşınabilmektedir.
- Alt rota oluşumuna izin verilmemektedir.
- Her müşteriye veya mağazaya bir kere uğranılmaktadır.
- Araç çıkış noktasına geri dönmeyeceği varsayılmaktadır.

5.3. Konteyner Yükleme Problemine Yönelik Tasarlanan Çözüm Önerisi ve Uygulama

5.3.1. Çok amaçlı matematiksel modelleme

Literatürde konteyner yükleme problemine ait farklı kısıtlar ve varsayımlar altında bir çok matematiksel model bulunmaktadır. Bu çalışmada ele alınan problem için matematiksel model, ağırlıklı toplam skalerleştirme yöntemiyle iki adet amaçtan tek amaca dönüştürülmüştür.

Karar Değişkenleri

W	Ürün karlılığı enbüyüklenmesi
T	Ürün teslimat tarihi enbüyüklenmesi

Indisler ve parametreler

q_j	Ürün kar oranı
x_j	Ürün miktarı
y_j	Ürün yüklemede var mı? Yok mu?
t_j	Ürün teslimat süresi
v	Konteyner Hacmi
n	Ürün Sayısı

$$z_{max} = W \sum_{j=1}^n (q_j x_j y_j) + T \sum_{j=1}^n (t_j x_j y_j)$$

$$\sum_{j=1}^n (w_j x_j y_j) \leq v$$

Porselen sektöründe satış yapan bir firmanın koşulları ve istekleri göz önünde bulundurularak yapılan modellemede konteyner hacmi koşul olarak belirlenmiştir. Ürün kârlılığını ve ürün teslimat süresini göz önünde bulundurularak matematiksel model oluşturulmuştur.

Konteyner yükleme problemleri NP-Zor problem olarak literatürde geçmektedir (Gehring ve Bortfeldt, 1997). Literatür incelendiğinde konteyner yükleme problemlerinin matematiksel bir çözümü olmadığı için metasezgisel yöntemlerle çözümler üretildiği görülmektedir. Çalışmada metasezgisel algortimalardan genetik algoritma kullanılmıştır.

Kullanıcı yükleme sırasında bulunduğu durumu talepler doğrultusunda ve firmanın önceliklerini göz önünde bulundurarak karın mı veya teslimat süresinin mi önemli olduğunu

değerlendirir ve gerekli genetik operatörlere değerler vererek, program tarafından amaç fonksiyonu hesaplanması sağlanır.

Amaç fonksiyonu hesaplanırken kullanılan değerlerin genetik gösterimi örnek ile Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Örnekte 5 farklı malzemeli bir grup için işlemler yapılmıştır.

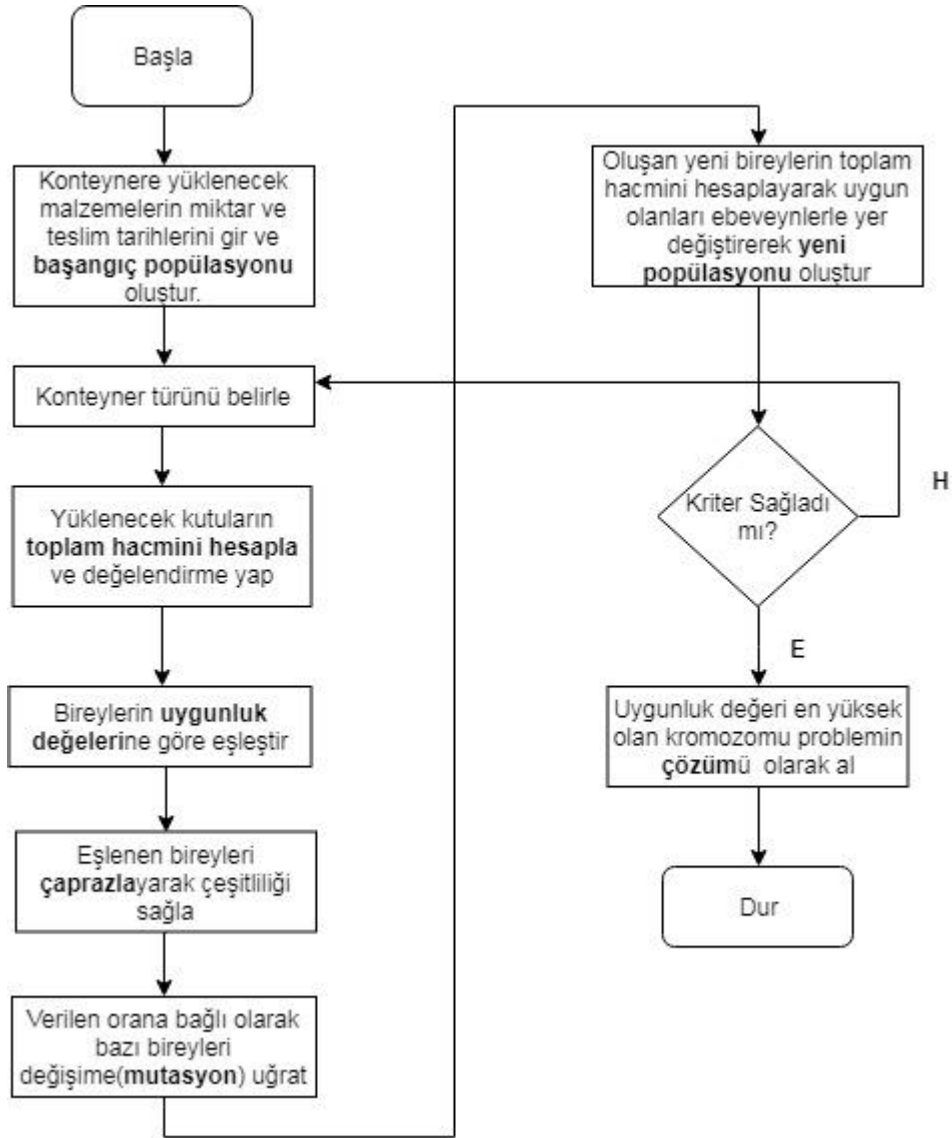
Rassal değişken
Ürün adedi
Kutu hacmi
Teslimat süresi
Ürün karı

0	1	1	0	1
2	3	4	7	1
1000	1500	2500	1500	2000
5	4	3	5	4
0.21	0.3	0.12	0.22	0.15

Şekil 5.1. Genetik gösterim.

Kullanıcı bu çalışmada, tek amaçlı metamatiksel model hesaplamasında ürün karlılığını enbüyüklemek veya teslimat süresini enbüyüklemek için, öncelik durumuna göre değerler vermektedir. Şekil 5.2’de önerilen sistemin tasarımına yönelik akış diyagramı sunulmuştur.

5.3.2. Önerilen sistemin akış diyagramı



Şekil 5.2. Konteyner yükleme akış diyagramı.

5.3.3. Genetik algoritma parametrelerinin ve düzeylerinin belirlenmesi

Bu bölümde, tek amaçlı genetik GA metasezgisel yaklaşımının uygun parametrelerini belirlemede tam faktöriyel deney tasarımının uygulama adımları açıklanmıştır.

Adım 1: Tek amaçlı GA yaklaşımında uygun parametreleri belirlemek için porselen sektöründe olan bir firmanın teslimat sürecinde olan 12 adet birbirinden farklı malzeme verileri alınmıştır.

Adım 2: Bu adımda, GA parametreleri belirlenmiştir. Popülasyon büyüklüğü, çaprazlama oranı, mutasyon oranı ve turnuva büyüklüğü ana faktör olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, test problemlerinin GA parametrelerini eniyilemek üzere tam faktöriyel deney tasarımı kullanılmıştır. Literatürdeki benzer sınıftaki problemlerde kullanılan parametre düzeylerinden hareketle faktörler ve düzeyleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. GA yaklaşımı için faktör ve faktörlerin düzeyleri.

Faktörler	Düzy 1	Düzy 2	Düzy 3
Popülasyon Büyüklüğü	50	100	150
Çaprazlama Oranı	0.1	0.5	0.9
Mutasyon Oranı	0.05	0.10	0.15
Turnuva Büyüklüğü	3	5	7

Adım 3: Faktörlerin etkinliğini araştırma için, 81 ($3 \times 3 \times 3 \times 3$) farklı denemeye ihtiyaç duyuldu. Buna ek olarak, deneylerin sayısı, çözümlerin doğruluğunu tekrarlamak için üç kez tekrarlanmıştır. Bu nedenle, bu problem seti için gereken deneme sayısı 243 (81×3) ‘dür.

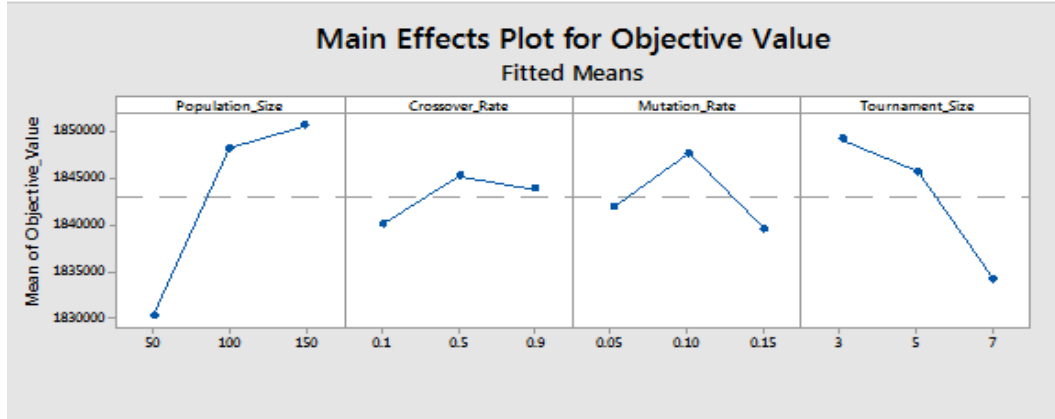
Adım 4: Her bir faktör düzeyinde tüm test problemlerinin çalıştırılması sonucunda, belirlenen durdurma ölçütü sonrasında elde edilen en iyi çözüm değeri esas alınarak Minitab 18 yazılımıyla varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi (ANOVA), test edilen parka gruplarının ortalama performansları arasındaki farklılığı ortaya koymak için kullanılan istatistiksel temelli bir metottür ve deneysel tasarım temelinde varyans analizine dayanmaktadır (Ross, 1988). Bu probleme ait olan varyans analiz tablosu Çizelge 5.2’de, ana etki grafikleri ise Şekil 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. GA parametreleri için varyans analizi sonuç tablosu.

Varyans Analizi					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	32	33359695058	1042490471	2.11	0.009
Linear	8	11444445155	1430555644	2.90	0.010
Populasyon_Buyuklugu	2	6798895726	3399447863	6.88	0.002
Caprazlama_Orani	2	384105454	192052727	0.39	0.680
Mutasyon_Orani	2	952445441	476222720	0.96	0.389
Turnuva_Buyuklugu	2	3308998534	1654499267	3.35	0.044
2-Way Interactions	16	14286207603	892887975	1.81	0.058
Populasyon_Buyuklugu*Mutasyon_Orani	4	1008263439	252065860	0.51	0.728
Populasyon_Buyuklugu*Turnuva_Buyuklugu	4	1614438937	403609734	0.82	0.521
Caprazlama_Orani*Turnuva_Buyuklugu	4	10335144690	2583786173	5.23	0.001
Mutasyon_Orani*Turnuva_Buyuklugu	4	1328360537	332090134	0.67	0.615
3-Way Interactions	8	7629042301	953630288	1.93	0.077
Populasyon_Buyuklugu*Mutasyon_Orani*Turnuva_Buyuklugu	8	7629042301	953630288	1.93	0.077
Hata	48	23714414308	494050298		
Toplam	80	57074109367			

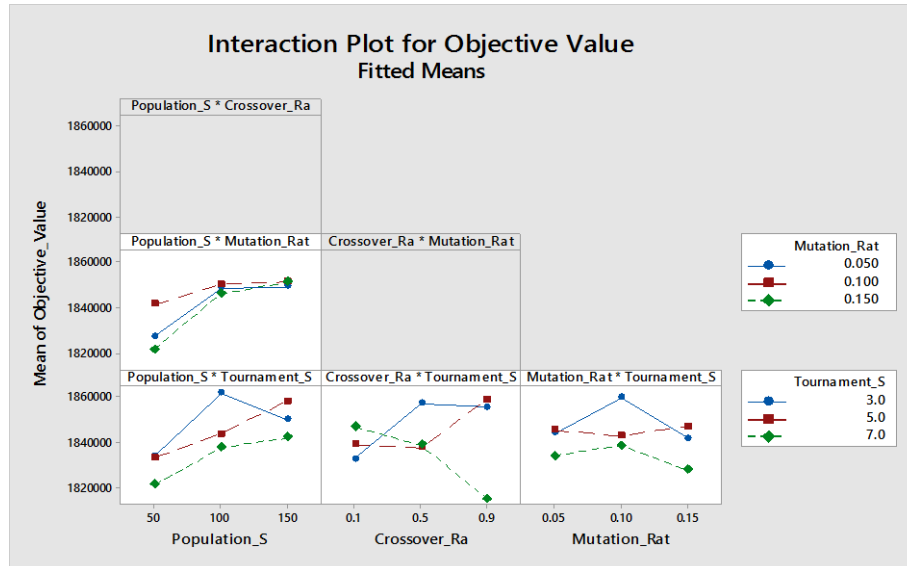
Çizelge 5.2’de ki analiz sonuçlarına göre, Popülasyon büyüklüğüne ve turnuva sayısına ait p değerleri, %95 güven aralığında 0.05’in altındadır. Bu nedenle, bu faktörler amaç fonksiyon değerini enbüyüklemeye kritik faktörler olarak seçilmiştir. Bu durumda, çaprazlama oranı ve mutasyon oranı kritik olmayan faktör olarak belirlenmiştir.

Ana etki, bir faktörün tepki üzerindeki etkisinin derecesini gösteren bir değerdir. Ana etki grafiği, kontrol faktörlerindeki varyasyonla tepki değişkenindeki varyasyonu temsil etmektedir ve faktörlerin düzey ortalamaları arasındaki farkı incelemek için kullanılmaktadır. Ana etki grafiğinde, çizgiler yatay ise faktörle ilgili herhangi bir değişiklik olmadığından faktörün önemsiz olduğu söylenmektedir. Öte yandan, çizgiler yüksek eğime sahipse faktörün tepkisinin önemli derecede etkilendiği görülmektedir (Mitra vb., 2016).



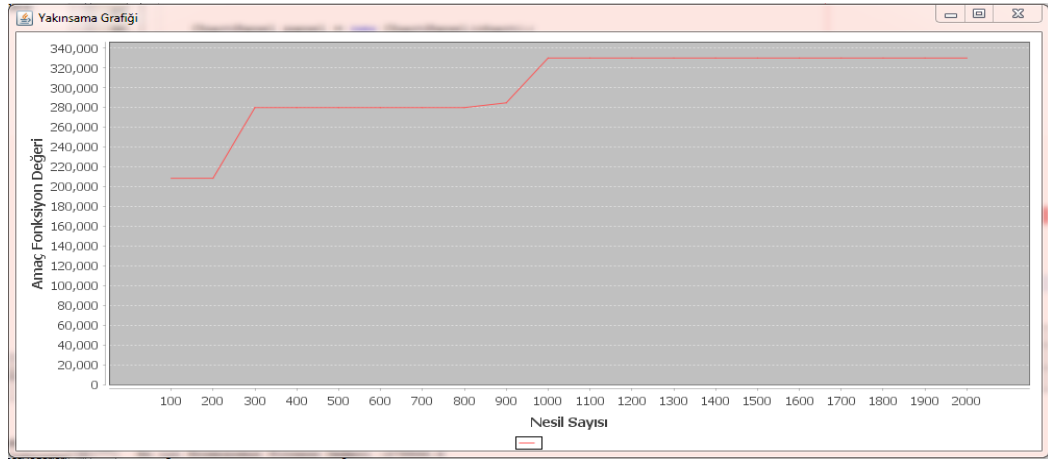
Şekil 5.3. Ortalama için ana etki grafikleri.

Şekil 5.3'deki ana etkiler grafiği ile kritik faktörlerin düzeyleri belirlenmiştir. Popülasyon büyüklüğü ve turnuva sayısı kritik faktörleri için en iyi değerler, sırasıyla 3. düzeyde (150), 1. düzeyde (3) elde edilmiştir. Kritik olmayan faktörler olan çaprazlama oranı ve mutasyon oranı faktörlerinin düzey belirleme işlemi için Şekil 5.4'de yer alan bileşik etki grafiğinden faydalanılmıştır. Şekil 5.4'de çaprazlama oranı (Crossover_Rate) faktörünün 2. düzeyde (0.5), mutasyon oranı (Mutation_Rate) faktörünün 2. düzeyde (0.1) seçilmesi ile en iyi sonuca ulaşılabileceği görülmektedir.



Şekil 5.4. Ortalama için bileşik etki grafikleri.

Şekil 5.5’da görüldüğü gibi, amaç fonksiyonu değeri 1000 değerinden sonra sabit bir şekilde artmaktadır ve tek amaçlı GA yaklaşımı en iyi değerine 1000 ardıştırmadan sonra ulaşılmaktadır. Bu nedenle en büyük nesil sayısı 1300 sayısı ile sınırlandırılmıştır. Bulunan bu değer, gerçek hayat problemleri için durdurma ölçütü olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.5. GA yakınsama grafiği.

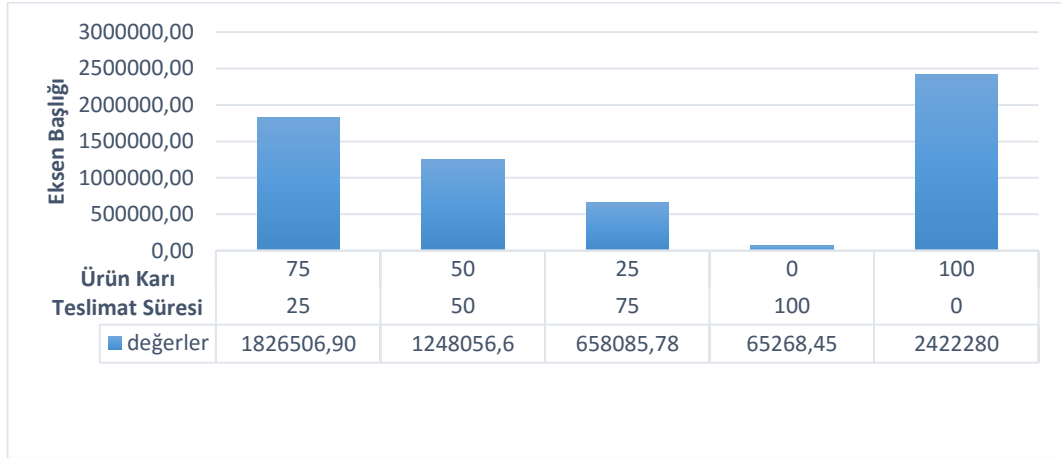
En iyi sonuca ulaşılan GA parametreleri, popülasyon büyüklüğü (150), çaprazlama oranı (0.5), mutasyon oranı (0.1), turnuva sayısı (3) uygulama üzerinde 1300 nesilde 10 defa denenmiş, amaç fonksiyon değerleri ve ortalaması Şekil 5.6’de verilmiştir. Bu ortalama, deney setinde en iyi sonuç olarak belirlenmiştir.

1.Deney	1930620.7	6.Deney	1901031.7
2.Deney	1915561.2	7.Deney	1900955.8
3.Deney	1898231.7	8.Deney	1900804.8
4.Deney	1909658.6	9.Deney	1913215.5
5.Deney	1903150.7	10.Deney	1896188.5
Ortalama amaç fonksiyon değeri : 1906941.92			

Şekil 5.6. GA deney sonuçları.

Amaç ağırlıklarının, amaç fonksiyonu üzerindeki etkisi Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Bu etki incelenirken en iyi sonuç veren GA parametreleri ve amaç ağırlıkları sırasıyla %0 , %25, %50, %75, %100 olarak kullanılmıştır. Örneğin ürün teslimat süresine %25 önlem verilirken,

ürün kar önemi %75 olmaktadır. Tüm durumlar 10'ar kez test edilmiştir. Şekil 5.7'de duyarlılık analizi yapılmış, ortalamaları ve alınan değerler gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Duyarlılık analizi.

Gerçek hayat test problemleri, tek amaçlı matematiksel model kullanılarak Lingo 11.0 yazılımı ile çözülmüştür. Fakat problem türümüz Np-Zor problem türünde olduğu için (Gehring ve Bortfeldt, 1997), büyük boyutlu problemleri çözüme ulaştıramayacaktır. Bu yüzden probleme, metasezgisel yöntemlerle çözüm aranmıştır.

Lingo 11.0 programı ile hazırlanan, gerçek hayat test problemine uygulanan kod örneği ekler kısmında verilmiştir.

5.3.4. Konteyner yükleme problemi için karar destek sistemi

GENETİK ALGORİTMA İLE KONTEYNER YÜKLEME VE ROTA BELİRLEME

Barkod

Malzeme No




Barkod No	Malzeme No	Malzeme Adı	Teslim Tarihi	Miktar	Şehir	Başlangıç Noktası
8690053516744	AO16DU	Flat Plate	Sat Jan 1...	2400	Bursa	false
8690053401149	AO18DU	Soup Tureen	Sun Jan 2...	4800	Kütahya	false
8690053401101	AO21DU	Salt Shaker	Mon Jan ...	1200	Bilecik	true
8690053401125	AO24DU	Pepper Shaker	Tue Jan 2...	1440	Eskişehir	false
8690053401132	AO27DU	Toothpick Jar	Wed Jan ...	6000	Ankara	false
8690053513293	AO30DU	Napkin Holder	Sat Jan 1...	7680	Antalya	false
8690053401118	AO22CK	Consume Bowl	Sun Jan 2...	7920	Ankara	false
8690053514276	EO12KR	Candle Holder	Sun Jan 1...	4080	Sivas	false
8690053505854	EO14KR	Ashtray	Mon Jan ...	22848	Şanlıurfa	false
8690053502815	EO17KR	Mustard Jar	Mon Jan ...	12492	Van	false
8690053504048	EO20KR	Oval Bowl	Tue Jan 2...	12156	Ankara	false
8690053504345	FO14KK	Joker Bowl	Wed Jan ...	120	Kütahya	false

Şekil 5.8. Konteyner yükleme için tasarlanan program arayüzü.

Şekil 5.8’de programın başlangıç arayüzü görülmektedir. Bu arayüz malzemeye ait bilgilerin giriş ekranıdır. Ekranda malzeme barkodu ile beraber malzemenin teslim edilmesi gereken tarih, malzeme miktarı ve malzemenin gönderileceği ilin girişi yapılmaktadır. Girilen iller arasında rotanın başlayacağı il belirlenir ve alan “true” yapılır.

Sonuçlar

Döngü	Toplam Hacim	Fitness
15	30960640	1835000.0
16	32823280	1873300.0
17	30659040	1882500.0
18	32372360	1888500.0
19	32084400	1894300.0
20	32169160	1901300.0
21	30061000	1915300.0
22	32713640	1919100.0
23	32490880	1923200.0
24	32909320	1951000.0
25	32666400	1974600.0

Kontrol	Ürün Adı	Adet	Hacim	Teslimat Süresi	İl
Yüklenecek	FLAT PLATE	177	1000	5	Bursa
Yüklenecek	SOUP TURE...	297	15000	4	Kütahya
Yüklenecek	SALT SHAK...	67	3000	3	Bilecik
Yüklenecek	PEPPER SH...	115	6000	2	Eskişehir
Yüklenmeyecek	TOOTHPICK...	403	9000	1	Ankara
Yüklenecek	NAPKIN HO...	1273	3840	3	Antalya
Yüklenecek	CONSUME B...	350	3960	2	Sivas
Yüklenecek	CANDLE HO...	326	4080	4	Şanlıurfa

Konteyner Tipi 20" KONTEY...
Ürün Karlılığı Önemi % 0
Teslim Tarihi Önemi %100
☐ Paletli Yükleme

Konteyner Yükleme

Çaprazlama Olasılığı: 0.5

Mutasyon Oranı: 0.1

Max İterasyon: 1300

Turnuva Sayısı: 3

Popülasyon Büyüklüğü: 150

Hesapla

Araç Rotalama

0.5

0.2

750

3

50

Hesapla

Paletli Yükleme Bilgileri

Fitness Grafiği

Şekil 5.9. Konteyner yükleme problemi için tasarlanan hesaplama ekranı.

Şekil 5.9’da malzemeye ait bilgiler girildikten sonra hesaplama işlemleri için geçilen ikinci ekrandır. Girilen parametreler ile kare içerisinde belirtilen “Hesapla” butonuna basılır ve amaç fonksiyon değeri hesaplanır. Algoritmanın çalıştırılmasıyla bulunan sonuçlar listelenmektedir.

Zorunlu alanlar kısmında kullanılabilen konteyner tipleri very tabanından çekilmektedir. Bu konteynerler 20’ konteyner, 40’ konteyner, PW konteyner ve truck ‘tır. İşletmeler konteyner seçenekleri içerisinde yüklemeye en uygun konteynere seçerler. Ancak bazı durumlarda müşteri yüklenmesini istediği konteynere kendisi göndermektedir. Bu durumda müşterinin gönderdiği konteyner tipi seçilmektedir.

Genetik algoritma operatörleri olan çaprazlama olasılığı, mutasyon oranı, maksimum nesil sayısı, turnuva sayısı ve popülasyon büyüklüğü için Şekil 5.9’da en verimli sonuç veren değerler girilmiştir. Kullanıcı istediğinde bu değerleri değiştirebilmektedir.

Ürün karlılığı önemi ve teslim tarihi öneminden oluşan amaç ağırlıklarının, amaç fonksiyonu üzerindeki etkisine kullanıcı karar vermektedir. Bu karara göre amaç ağırlıklarına yüzdelik (%) verilmektedir.

Sonuçlar kısmında genetik algoritma adımları gerçekleştikten sonra elde edilen sonuçlar amaç fonksiyonunun değerine göre küçükten büyüye listelenmiştir. İncelenmek istenen sonuca tıklandığında içeriği görülebilmektedir. En büyük değerli amaç fonksiyon sonucu en iyi çözüm olarak kabul edilmiştir. Bu sonuç, son kalemde listelenmektedir. Son kalemin içerikler kısmı incelendiğinde; kontrol sütünü malzemenin yüklenip yüklenmeyeceği hakkında bilgi vermektedir. Bu bilgi “Yüklenecek” veya “Yüklenmeyecek” şeklindedir. Kontrol sütünü “Yüklenecek” olan malzemelerin genetik algoritma işlemleri sonucu çıkan amaç fonksiyon değerine göre yüklenmesine karar verilmiştir. Yüklenecek olan malzemelerin adet sütununda konteynera yüklenecek malzemenin kaç kutu olduğu bilgisi verilmektedir.

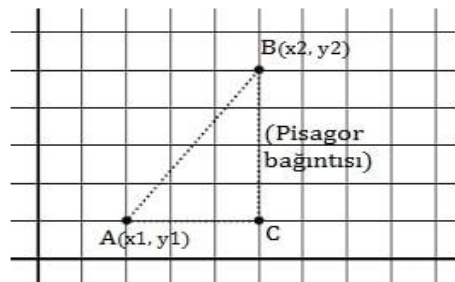
Hesapla butonuna basılmadan önce paletli yükleme alanı işaretlenirse “Paletli Yükleme Bilgileri” kısmında, kullanılacak olan palet sayısı verilmektedir.

5.4. Araç Rotalama Problemine Yönelik Tasarlanan Çözüm Önerisi ve Uygulama

5.4.1. Matematiksel modelleme

Literatürde araç rotalama problemine ait farklı kısıtlar ve varsayımlar altında bir çok matematiksel model bulunmaktadır. Bu çalışmada araç rotalama probleminde herkesin bildiği pisagor bağıntısından ortaya çıkmış formül olan iki nokta arası öklid mesafe formülü kullanılmıştır.

Pisagor bağıntı teoreminin bulunması; Pisagor isimli Yunan matematikçisi dik üçgenin kenar uzunlukları arasındaki ilişkiye ait çalışmalar yapmıştır. Çalışmalar sonunda elde ettiği sonuçlar da Pisagor bağıntısı olarak matematikte yerini almıştır (İlhan ve Aslaner, 2018).



Şekil 5.10. Pisagor bağıntısı.

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (5.1)$$

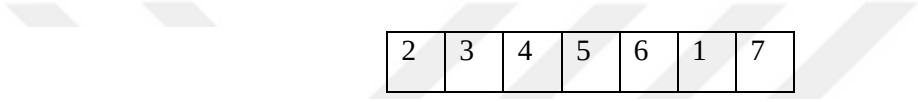
x_1 Birinci şehrin x koordinatı

x_2 İkinci şehrin x koordinatı

y_1 Birinci şehrin y koordinatı

y_2 İkinci şehrin y koordinatı

Amaç fonksiyonu hesaplanırken kromozom yapısı kısa bir örnek ile (Şekil 5.11.'de) gösterilmiştir.



2	3	4	5	6	1	7
---	---	---	---	---	---	---

Şekil 5.11. Kromozom yapısı.

1,2,3,4,5,6 ve 7 numaraları şehirlere karşılık gelmektedir. Bu numaralar rastgele, kromozom yapısında dağıtılır. Kullanılan her şehrin x ve y koordinatları program içerisine sabitlenmiştir. Bu koordinatlarla matematiksel model olarak kullanılan pisagor bağıntısı (formül 5.1) ile iki şehir arasında ki mesafe ölçülür.

$$2 \text{ ve } 3 \text{ şehirleri arasında ki mesafe: } \sqrt{(37.76 - 38.75)^2 + (38.37 - 30.55)^2} = 7.8$$

$$3 \text{ ve } 4 \text{ şehirleri arasında ki mesafe: } \sqrt{(38.75 - 39.62)^2 + (30.55 - 40.02)^2} = 9.5$$

$$4 \text{ ve } 5 \text{ şehirleri arasında ki mesafe: } \sqrt{(39.62 - 38.36)^2 + (40.02 - 34.03)^2} = 6.1$$

$$5 \text{ ve } 6 \text{ şehirleri arasında ki mesafe: } \sqrt{(38.36 - 40.64)^2 + (34.03 - 35.83)^2} = 2.9$$

$$6 \text{ ve } 1 \text{ şehirleri arasında ki mesafe: } \sqrt{(40.64 - 39.92)^2 + (35.83 - 32.85)^2} = 3$$

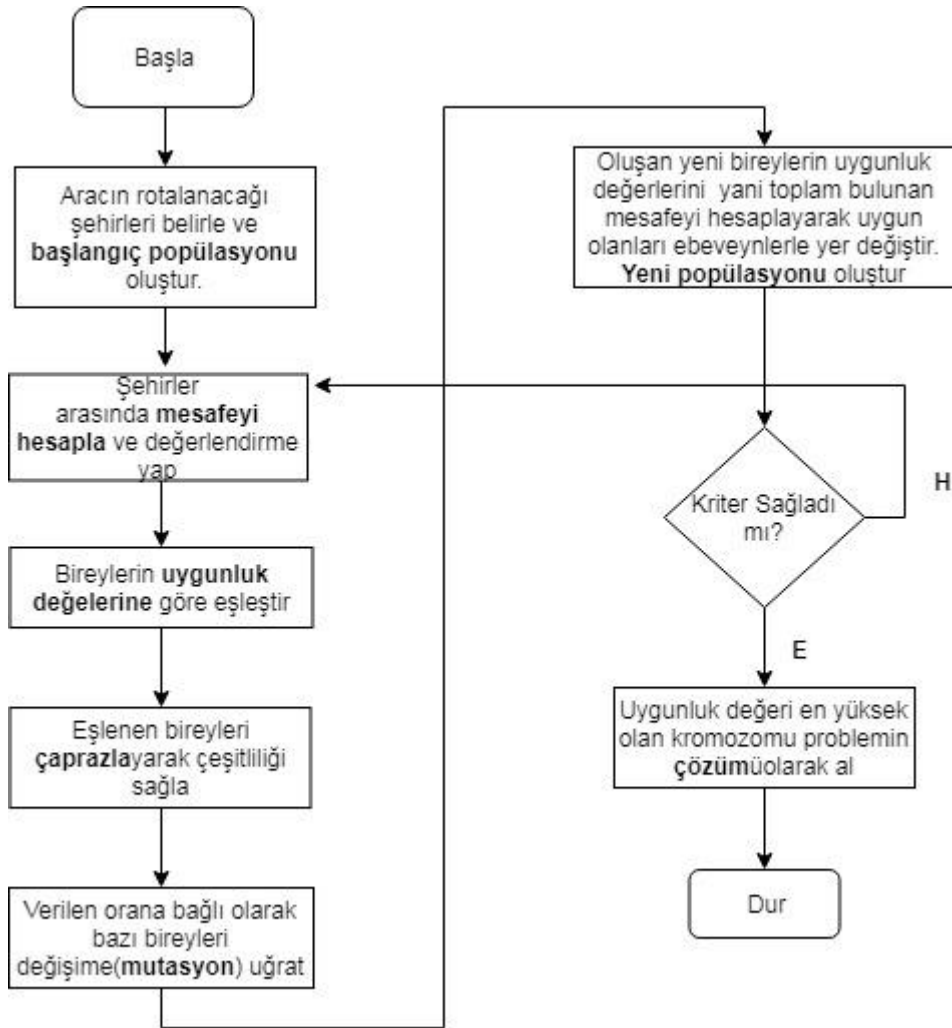
$$1 \text{ ve } 7 \text{ şehirleri arasında ki mesafe: } \sqrt{(39.92 - 36.88)^2 + (32.85 - 30.70)^2} = 3.7$$

$$\text{Amaç fonksiyonu} = 7.8 + 9.5 + 6.1 + 2.9 + 3 + 3.7 = 33$$

İlk amaç fonksiyon sonucu bulunmuştur. Bu adımdan sonra formül (5.1)'de önerilen matematiksel model ve genetik algoritma adımları uygulanarak (Permütatif çaprazlama metodu kullanılmıştır. Bu çaprazlama metodunda sıralama önemlidir. Çünkü kromozom yapısında her

şehirden bir tane olmalıdır.) müşterilere veya bayilere ürünlerin ulaştırılması için en kısa mesafeyi bulmak amaçlanmıştır.

5.4.2. Önerilen sistemin akış diyagramı



Şekil 5.12. Araç rotalama akış diyagramı.

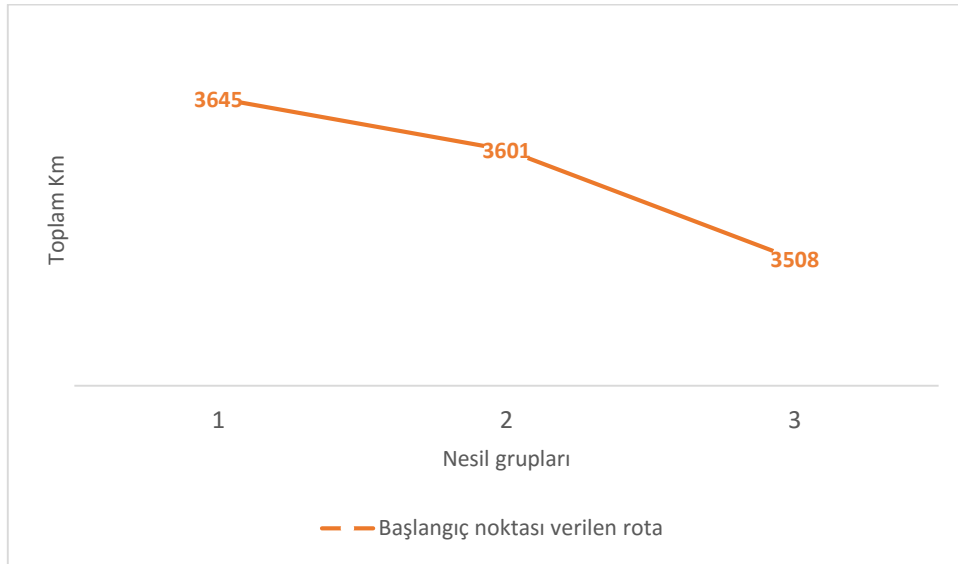
5.4.3. Genetik algoritma parametrelerinin ve düzeylerinin belirlenmesi

Araç rotalama probleminde genetik algoritma parametrelerinin belirmesi için literatür araştırması yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda, deney tasarımında taguchi yöntemi ile bulunan sonuçları anavo varyans analiziyle anlamlandıran ve en iyi değerler olarak popülasyon büyüklüğü

(50), çaprazlama oranı (0.5), mutasyon oranı (0.2) şeklinde kullanılan çalışmadan faydalanılmıştır (Çam, 2018). Yapılan denemelerde alınan sonuçlara göre en iyi turnuva büyüklüğü (3) olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, test edilen şehirler gerçek hayatta porselen sektöründe özel bir firmanın satış için araçlarını yönlendirdiği şehirlerdir. Kullanılan şehirler çoğaltılabilir. İşlem yapılan şehirler; Bursa, Bilecik, Kütahya, Eskişehir, Ankara, Antalya, Sivas, Şanlıurfa, Van 'dır.

Şekil 5.13'de 1.grupta nesil sayısı 250, 2.grupta nesil sayısı 500, 3.grupta nesil sayısı 750 olarak alınmıştır. Farklı kaynaktan yararlanılan GA parametreleriyle 10 tekrar yapılmıştır. Bu değerlerin ortalamaları Şekil 5.13'de sunulmuştur.



Şekil 5.13. Mesafe karşılaştırma.

5.4.4. Araç rotalama problemi için karar destek sistemi

Sonuçlar

Döngü	Toplam Hacim	Fitness
15	30960640	1835000.0
16	32823280	1873300.0
17	30659040	1882500.0
18	32372360	1888500.0
19	32084400	1894300.0
20	32169160	1901300.0
21	30061000	1915300.0
22	32713640	1919100.0
23	32490880	1923200.0
24	32909320	1951000.0
25	32666400	1974600.0

Kontrol	Ürün Adı	Adet	Hacim	Teslimat Süresi	İl
Yüklenecek	FLAT PLATE	177	1000	5	Bursa
Yüklenecek	SOUP TURE...	297	15000	4	Kütahya
Yüklenecek	SALT SHAK...	67	3000	3	Bilecik
Yüklenecek	PEPPER SH...	115	6000	2	Eskişehir
Yüklenmeyecek	TOOTHPICK...	403	9000	1	Ankara
Yüklenecek	NAPKIN HO...	1273	3840	3	Antalya
Yüklenecek	CONSUME B...	350	3960	2	Sivas
Yüklenecek	CANDLE HO...	326	4080	4	Şanlıurfa

Konteyner Tipi 20" KONTEY...

Ürün Karlılığı Önemi % 0

Teslim Tarihi Önemi %100

☐ Paletli Yükleme

Konteyner Yükleme **Araç Rotalama**

Çaprazlama Olasılığı 0.5 0.5

Mutasyon Oranı 0.1 0.2

Max İterasyon 1300 750

Turnuva Sayısı 3 3

Popülasyon Büyüklüğü 150 50

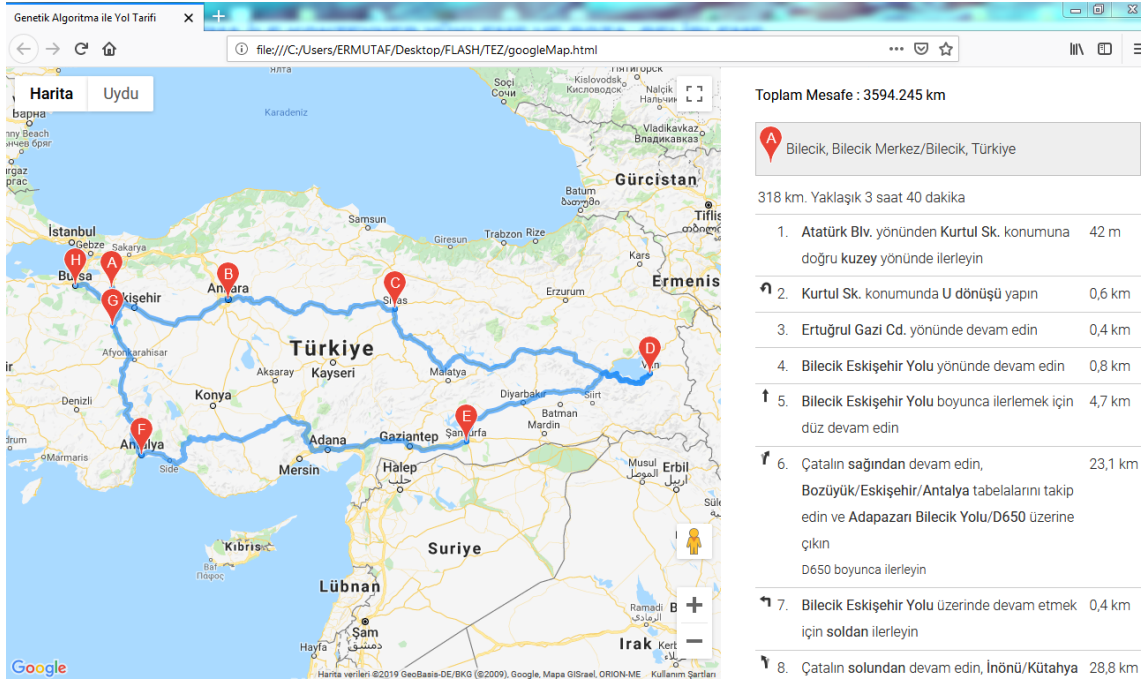
Hesapla **Hesapla**

Paletli Yükleme Bilgileri

Fitness Grafiği

Şekil 5.14. Araç rotalama arayüz.

Şekil 5.14'te Kutu içersine alınan kısımda "Hesapla" butonu yüklenen konteyneren rotalanmasında kullanılmaktadır. GA parametreleri girilerek genetik işlem basamakları gerçekleştirilmektedir ve kullanıcıya sunulmaktadır. Kullanıcının giriş ekranında seçtiği şehir ile aracın harekete başlayacağı en kısa rota belirtmektedir. En kısa yolun hesaplaması için pisagor bağıntısı matematiksel model olarak kullanılmış, genetik işlemler uygulanmıştır. Google haritalar kullanılarak aracın yön tarifileriyle beraber kullanıcıya sunulmuştur.



Şekil 5.15. Araç rotalama Google harita.

Şekil 5.15'te hesaplamalar sonucu belirlenen iller arasında oluşturulan en verimli yol güzergahı google harita üzerinde verilmiştir. Ayrıntılı olarak ekranın sağ kısmında aracın hangi yollardan gideceği gösterilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İşletmeler günümüz rekabet piyasasında güçlerini koruyabilmeyi, hızlarını, ürün çeşitliliklerini, verimliliklerini ve etkinliklerini attırmaları ile sağlayabilmektedirler. İşletmeler, müşterilerin taleplerine hızlı cevap vermeye ve müşteri ihtiyaçlarına daha iyi yanıt vermek için verimliliklerini arttırarak ya da koruyarak mümkün olan en kısa sürede gerekli üretimi gerçekleştirmeye ve belirlenen termin süreleri içerisinde teslimatı gerçekleştirmeye çalışmaları gerekmektedir.

Firmaların, ürün teslim süresinde kullanılacağı konteynerin iyi planlanamaması, ürünün yüklenebilecekken yüklenememesine sebep olabilmektedir. Yüklenen konteynerin rotalanmasında şehirler arası mesafenin iyi hesaplanamaması, teslimatın geçikmesiyle müşteri memnuniyetsizliği ortaya çıkarabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, konteyner yükleme ve araç rotalama problem tipinin gerçek hayat probleminde uyarlanması gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak konteyner yüklemedeki matematiksel model, ağırlıklı toplam skaleştirme yöntemiyle iki amaçtan (ürün kar önemi ve ürün teslimat önemi) tek amaca düşürülmüştür. Modele amaç ağırlıkları eklenmiştir ve bu sayede şirketlerin bulundukları koşulları analiz ederek amaç ağırlıklarına değerler verip, yüklemeyi gerçekleştirebilmesi sağlanmıştır. Önerilen model, gerçek hayat probleminde Lingo 11.0 yazılımı ile çözülebilmektedir. Fakat problem np-zor olmasından dolayı büyük boyutlu problemler çözüme kavuşturulamayacaktır. Bu yüzden model genetik algoritmaya uygulanmıştır.

Konteyner yüklemede geliştirilen GA yaklaşımı için uygun faktörleri ve bu faktörlerin düzeyleri belirlenmiştir. Tam faktöriyel deney tasarımı ile test problemi için belirlenen faktörlerin düzeyleri Minitap 18 programı kullanılarak en iyi sonuca ulaşılan GA parametreleri seçilmiştir.

Kullanılan GA parametreleri; popülasyon büyüklüğü (150), çaprazlama oranı (0.5), mutasyon oranı (0.1), turnuva sayısı (3) uygulama içerisinde 1300 nesilde 10 defa denenmiştir. Deneme sonucunda ortalama en iyi amaç fonksiyon değeri, amaç ağırlıkları eşit olarak alındığında 1906941.92 değerine ulaşılmıştır. Amaç ağırlıkları belirlenirken Şekil 5.7’de grafikte gösterildiği gibi en yüksek amaç fonksiyon değeri, ürün karlılığı enbüyüklemesine %0, teslimat süresi enbüyüklemesine %100 değerleri verildiğinde alınan 2422280 değeridir. $33\ 000\ 000\ cm^3$ hacmindeki konteynerin denemeler sonucu ortalama $32\ 405\ 824\ cm^3$ dolulukta olduğu

hesaplanmıştır. Bulunan bu sonuç konteyneren doluluk oranı %98.19 olduğunu göstermektedir. Gerçek hayat probleminde bulunan doluluk oranının işletmeye fayda sağlaması beklenmektedir.

Araştırmanın ikinci amacına yönelik olarak çalışılan araç rotalama problemi, porselen sektörü ve bir çok sektör de problem teşkil etmektedir. Araç rotalama problemi büyük boyutlarda çözümlemesi zor olan problem türüne girmektedir. Bu yüzden çoğu işletme optimizasyon tekniklerine başvurarak en iyi rotayı bulmayı hedeflemektedir.

Araç rotalama problemi için geliştirilen GA yaklaşımında uygun faktörler literatürden araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda deney tasarımında taguchi yöntemi kullanılan, bulunan sonuçlar anavo varyans analiziyle anlamlandırılan çalışma üzerinden önerilen model ile çözüm aranmıştır.

Kullanılan GA parametreleri; popülasyon büyüklüğü (50), çaprazlama oranı (0.5), mutasyon oranı (0.2), turnuva sayısı (3), uygulama içerisinde 750 nesilde 10 defa denenmiştir ve ortalaması alınmıştır. Başlangıç şehri Bursa seçilerek, Bilecik, Kütahya, Eskişehir, Ankara, Antalya, Sivas, Şanlıurfa, Van, Bursa şehirleri arasında 3508.582 km'lik rota oluşturulmuştur.

Geliştirilen konteyner yükleme ve araç rotalama çözüm önerisinin uygulamada beraber kullanılması porselen sektöründeki ve bir çok sektörün teslimat aşamasında zaman tasarrufuna katkı sağlayacağına, daha rahat kontrol edilebilmesine ve verimliliğin planlanmasına olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

Gelecek çalışmalar kapsamında araştırmacılara yön göstermesi bakımından araştırılmasının yarar getireceği düşünülen konu ve hususlar aşağıdaki gibidir:

Konteyner yükleme için amaç fonksiyonuna teslimat süresi ve ürün karlılığı dışında eklemeler yapılabilir, hacim ile beraber ağırlıkta koşullar içerisine katılabilir, genetik algoritma yerine başka bir metasezgisel algoritma türü kullanılabilir, taşınacak olan malzemenin hammaddesi gibi özel kısıtlar eklenebilir (plastik, cam vb.).

Araç rotalama için trafik durumu, hava durumu, yol çalışması, araç özellikleri (motor, model vb.), birden fazla araç ile çözümler eklenebilir ve gidilebilecek olan illerin sayısı artırılabilir.

Sonuç olarak porselen sektörü için geliştirilmiş olan uygulama, konteyner yüklemede teslimat süresi veya kar oranını enbüyükleyerek yükleme gerçekleştirmek ve yüklenen bu aracın en kısa mesafede rotalanmasını isteyen tüm işletmeler tarafından kendilerine göre uyarlanıp

kullanılabilir. Yeni çözüm metotları açısından gerekse probleme eklenecek yeni kısıt, parametre ve değişken ile problemin farklı versiyonları açısından geliştirmeye açık bir problemidir. Bu problemler gelecekte araştırmacılara yeni çalışma alanları sunacaktır.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Alonso, M. T., Alvarez-Valdes, R., Iori, M., Parreño, F., ve Tamarit, J. M. (2017), Mathematical models for multicontainer loading problems. *Omega*, 66, 106-117.
- Antoniou, A., ve Lu, W.-S. (2007), *The Optimization Problem*: Springer.
- Atiyah, I. A., Muhammad, A. K., Kamal, H. M., Abdulrehman, M. A., ve Chalob, S. H. (2016), Developing an Expert System for Material and Process Selection for Powder Metallurgy. 276.
- Avsar, V. (2016), Uzman Sistemlerde Bilgi Sunma Yöntemleri. Retrieved from <https://volkanavsar.blogspot.com/2016/04/uzman-sistemlerdebilgi-sunma-yontemleri.html>
- Aydemir, M. (2017), *Sezgisel Algoritmalar Kullanarak Konteyner Yükleme Problemi Optimizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayyıldız, M., Çiçek, A., ve Fuat, K. (2010), Bilgisayar Destekli Tasarımda Parametrik Dişli Çark Uygulamaları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(3).
- Balci, G., Cetin, I. B., ve Tanyeri, M. (2018), Differentiation of container shipping services in Turkey. *Transport Policy*, 61, 26-35.
- Balın, A. (2010), *Genetik Algoritma ile Hat Dengeleme*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Barış, E. (2016), *An Integration Of Container Loading And Vehicle Routing Problems*. (Yüksek Lisans), İzmir Ekonomi Üniversitesi.
- Barış Gökçe, S. T. (2009), Kalite İçin Deney Tasarımı. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6.
- Baynal, K., Gürsoy, A., Gülkaç, H., ve Aktel, A. (2011), Okuma Hızını Etkileyen Önemli Faktörlerin Deney Tasarımı İle Optimizasyonu.
- Bazzazi, M., Safaei, N., ve Javadian, N. (2009), A genetic algorithm to solve the storage space allocation problem in a container terminal. *Computers & Industrial Engineering*, 56(1), 44-52.
- Beheshti, A. K., Hejazi, S. R., ve Alinaghian, M. (2015), The vehicle routing problem with multiple prioritized time windows: A case study. *Computers & Industrial Engineering*, 90, 402-413.
- Beheshti, A. K., ve Hejazi, S. R. (2015), A novel hybrid column generation-metaheuristic approach for the vehicle routing problem with general soft time window. *Information Sciences*, 316, 598-615.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Berbotto, L., García, S., ve Nogales, F. J. (2014), A randomized granular tabu search heuristic for the split delivery vehicle routing problem. *Annals of Operations Research*, 222(1), 153-173.
- Bischoff, E.E., Janetz, F., ve Ratcliff, M.S.W., (1995), Loading pallets with non-identical items, *European Journal of Operational Research*, 84,3, 681–692.
- Bortfeldt, A. ve Homberger, J., (2013), Packing first, routing second—a heuristic for the vehicle routing and loading problem, *Computers and Operations Research*, 40,3, 873–885.
- Brandão, J. (2004), A tabu search algorithm for the open vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 157(3), 552-564.
- Bräysy, O., ve Gendreau, M. (2005), Vehicle routing problem with time windows, Part I: Route construction and local search algorithms. *Transportation science*, 39(1), 104-118.
- Breyfogle III, F. W. (2003), *Implementing six sigma: smarter solutions using statistical methods*: John Wiley & Sons.
- Brooks, R. A. (1991). Intelligence without representation. *Artificial intelligence*, 47(1-3), 139-159.
- Bunday, B. (1984), Basic Optimization Methods, Edward Arnold. *Bedford square, London, UK*.
- Çam, Ö. N. (2018), *Aylak Zamanı En Küçükleme Amaçlı Araç Rotalama Probleminin Genetik Algoritma İle Çözümü*. (Doktora), Uludağ Üniversitesi, Ekonometri Bilim Dalı Yöneylem Bilim Dalı.
- Çelik, H. D. (2018), *İşletmelerde Finansal Karar Destek Sistemleri*. (Yüksek Lisans Tezi), Bahçeşehir Üniversitesi.
- Chen, S.-H. (2012), *Genetic algorithms and genetic programming in computational finance*: Springer Science & Business Media.
- Chen C.S., Lee S.M. ve Shen Q.S., (1965), An analytical model for the container loading problem, *European Journal of Operational Research*, 80, 1, 68-76.
- Chu, P. C., ve Beasley, J. E. (1998), A genetic algorithm for the multidimensional knapsack problem. *Journal of heuristics*, 4(1), 63-86.
- Çiçek, A. (2000), Düz Dişli Tasarımında Bir Tersine Mühendislik Uygulaması. *Sakarya University Journal of Science*, 14(1), 39-44.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Çiçekli, U. G., ve Kaymaz, Y. (2015), Tehlikeli Madde Konteynerlerinin Depolama Alanı İçindeki Yerleşiminin Genetik Algoritma İle Belirlenmesi.

Cordón, O. (2011), A historical review of evolutionary learning methods for Mamdani-type fuzzy rule-based systems: Designing interpretable genetic fuzzy systems. *International Journal of Approximate Reasoning*, 52(6), 894-913.

Correcher, J. F., Alonso, M. T., Parreño, F., ve Alvarez-Valdés, R. (2017), Solving a large multicontainer loading problem in the car manufacturing industry. *Computers & Operations Research*, 82, 139-152.

Coşkun, A. (2007), Yapay zeka optimizasyon teknikleri: literatür değerlendirmesi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 142-146.

Courtois, N., Klimov, A., Patarin, J., ve Shamir, A. (2000), *Efficient algorithms for solving overdefined systems of multivariate polynomial equations*. Paper presented at the International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques.

Cura, T. (2008), *Modern Sezgisel Teknikler Ve Uygulamaları*: Papatya Yayıncılık.

Côté, J. F., Gendreau, M., ve Potvin, J. Y. (2012), Large neighborhood search for the pickup and delivery traveling salesman problem with multiple stacks. *Networks*, 60(1): 19-30.

David, E. (1989), Goldberg: Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning, Addison. *Wesely Publishing Co., Inc*, 1998(3), 25.

Dereli, T., ve Das, G.S., (2010), A hybrid simulated anealing algorithm or solving multi-objective container-loading problems, *Applied Artificial Intelligent*, 24,5, 463-486.

DeRousseau, M., Kasprzyk, J., ve Srubar, W. (2018), Computational design optimization of concrete mixtures: A review. *Cement and Concrete Research*, 109, 42-53.

Eley, M., (2003), *A bottleneck assignment approach to the multiple container loading problem*, *OR Spectrum*, 25,1, 45-60.

Elmas, Ç. (2007), Yapay zeka uygulamaları. *Seçkin Yayıncılık, Ankara*, 379-401.

Emel, G. G., ve Taşkın, Ç. (2002), Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 129-152.

Erdoğan, D., ve Sivrikaya, K. (2017), Current Status Of Air Cargo Transportation In Turkey And The Role Of Service Quality In Creating Customer Satisfaction: Horoz Bollore Company Application. 142-154.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ergezer, H., Dikmen, M., ve Özdemir, E. (2003), Yapay sinir ağları ve tanıma sistemleri. *PiVOLKA*, 2(6), 14-17.

Fedtke, S., ve Boysen, N. (2017), A comparison of different container sorting systems in modern rail-rail transshipment yards. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 82, 63-87.

Gehring, H., ve Bortfeldt, A. (1997), A genetic algorithm for solving the container loading problem. *International transactions in operational research*, 4(5-6), 401-418.

Gençer, M. A., Alakaş, H. M., Eren, T., ve Hamurcu, M. (2018), Ankara Metrosu M1 Hattı Hareket Saatlerinin Çizelgelenmesi: Bir Karar Destek Sistemi Uygulaması.

Gendreau, M., Laporte, G., ve Vigo, D. (1999), Heuristics for the traveling salesman problem with pickup and delivery. *Computers & Operations Research*, 26(7): 699-714.

Gilmore P.C., ve Gomory R.E., (1961), A linear programming approach to the cutting-stock problem, *Operations Research*, 9, 6, 849-859.

Gokce, B., ve Tasgetiren, S. A. (2014), Multiobjective System Development for the Design and Optimization of Metallurgical Experiments by Using Genetic Algorithms and Taguchi Methods.

Golden, B. L., Raghavan, S., ve Wasil, E. A. (2008), *The vehicle routing problem: latest advances and new challenges* (Cilt. 43): Springer Science & Business Media.

Gonçalves J.F. ve Resende M.G.C, (2013), A biased random key genetic algorithm for 2D and 3D bin packing problems, *International Journal of Production Economics*, 145, 2, 500-510.

Guimarans, D., Dominguez, O., Panadero, J., ve Juan, A. A. (2018), A simheuristic approach for the two-dimensional vehicle routing problem with stochastic travel times. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 89, 1-14.

Günay, N. S. (2013), *Genetik Algoritma ile Araç Rotalama Problemlerinin Çözümü İçin Görsel Rotalama Yazılımı Geliştirme* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi.

Hu, Z. H., ve Wei, C. (2018), Synchronizing vehicles for multi-vehicle and one-cargo transportation. *Computers & Industrial Engineering*, 119, 36-49.

Hyman, A. (1982), *Charles Babbage: Pioneer of the computer*: Princeton University Press.

İlhan, A., ve Aslaner, R. (2018), Pythagoras Connection Expressed for Square Application of Other Plain Polygons and Appliances. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi* (45), 55-67.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kamal, L. L. K. (2018), *Yarasa Algoritması Kullanarak Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 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*, 1287–1299.
- Kargin, R. V., Yakovlev, I. A., ve Shemshura, E. A. (2017), Modeling of Workflow in the Grip-Container-Grip System of Body Garbage Trucks. *Procedia Engineering*, 206, 1535-1539.
- Kasimbeyli N., Saraç T. ve Kasimbeyli R., (2011), A two-objective mathematical model without cutting patterns for one-dimensional assortment problems, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 235, 16, 4663-4674.
- Kaya, İ. (2012), *Genetik Algoritmaların Optimal Güzergah Belirlenmesine Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi Yüksek Lisans Tezi), Haliç Üniversitesi.
- Kim, K. H., ve Kim, H. B. (2002), The optimal sizing of the storage space and handling facilities for import containers. *Transportation Research Part B: Methodological*, 36(9), 821-835.
- Kömür, M., ve Altan, M. (2011), Deprem hasarı gören binaların hasar tespitinde bulanık mantık yaklaşımı. *İTÜDERGİSİ/d*, 4(2).
- Kratica, J., Tošić, D., Filipović, V., ve Ljubić, I. (2001), Solving the simple plant location problem by genetic algorithm. *RAIRO-Operations Research*, 35(1), 127-142.
- Küçük, A. (2016), *Hemşire Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritmalarla Optimizasyonu ve Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Küçük, M. (2010), *Konteyner Yükleme Probleminin Evrimsel Algoritmalar İle Çözümü* (Yüksek Lisans Tezi), Hava Harp Okulu Komutanlığı.
- Lacomme, P., Toussaint, H., ve Duhamel, C. (2013), A GRASP× ELS for the vehicle routing problem with basic three-dimensional loading constraints. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 26(8), 1795-1810.
- Lai, K., Lam, K., ve Chan, W. (1995), Shipping container logistics and allocation. *Journal of the Operational Research Society*, 46(6), 687-697.
- Laporte, G. (1992), The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European journal of operational research*, 59(3), 345-358.
- Lazic, Z. R. (2006), *Design of experiments in chemical engineering: a practical guide*: John Wiley & Sons.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Li, J., ve Lu, W. (2014), Full truckload vehicle routing problem with profits. In *CICTP 2014: Safe, Smart, and Sustainable Multimodal Transportation Systems* (s. 864-875).
- Li, X., Leung, S. C., ve Tian, P. (2012), A multistart adaptive memory-based tabu search algorithm for the heterogeneous fixed fleet open vehicle routing problem. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 365-374.
- Mahvash, B., Awasthi, A., ve Chauhan, S. (2017), A column generation based heuristic for the capacitated vehicle routing problem with three-dimensional loading constraints. *International Journal of Production Research*, 55(6), 1730-1747.
- Mamdani, E. H. (1974), *Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant*. Paper presented at the Proceedings of the institution of electrical engineers.
- Mantovani, S., Morganti, G., Umang, N., Crainic, T. G., Frejinger, E., ve Larsen, E. (2018), The load planning problem for double-stack intermodal trains. *European Journal of Operational Research*, 267(1), 107-119.
- Maura, A. ve Oliveira J.F., (2013), A biased random key genetic algorithm for 2D and 3D bin packing problems, *International Journal of Production Economics*, 145,2, 500–510.
- Michalewicz, Z. (1994), Evolution Strategies and Other Methods *Genetic Algorithms+ Data Structures= Evolution Programs* (s. 167-184): Springer.
- Moura, A., ve Oliveira, J. F. (2005), A GRASP approach to the container-loading problem. *IEEE Intelligent Systems*, 20(4), 50-57.
- Moura, A., ve Oliveira, J. F. (2009), An integrated approach to the vehicle routing and container loading problems. *OR spectrum*, 31(4), 775-800.
- Özsüt, Z. (2015), *Konteyner Yükleme Problemleri İçin Matematiksel Modeller Ve Çözüm Yöntemleri*. (Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztemel, E. (2003), *Yapay Sinir Ağları*. PapatyaYayincilik, İstanbul.
- Pembe, O. (2014), *Üç Boyutlu Konteyner Yükleme Karışık Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemi İçin Matematiksel Model Önerisi Ve Sezgisel Tabanlı Bir Çözüm Yaklaşımı*. (Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pınar S. (2014), Genetik Algoritmelerde Tek ve Çok Noktalı Çaprazlamanın Sözde Rassal Populasyonlara Etkisi. *ELECO-2004*.
- Pisinger, D., ve Ropke, S. (2007), A general heuristic for vehicle routing problems. *Computers & operations research*, 34(8), 2403-2435.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Poli, R., Langdon, W. B., McPhee, N. F., ve Koza, J. R. (2008), *A field guide to genetic programming*: Lulu. com.

Ramos, A. G., Silva, E., ve Oliveira, J. F. (2018), A new load balance methodology for container loading problem in road transportation. *European Journal of Operational Research*, 266(3), 1140-1152.

Ren, J., Tian, Y., ve Sawaragi, T. (2011), A tree search method for the container loading problem with shipment priority. *European Journal of Operational Research*, 214(3), 526-535.

Ross, T. J. (2005), *Fuzzy logic with engineering applications*: John Wiley & Sons.

Ruland, K., ve Rodin, E. (1997), The pickup and delivery problem: Faces and branch cut algorithm. *Computers & Mathematics with Applications*, 33(12): 1-13.

Russell, S. J., ve Norvig, P. (2016), *Artificial intelligence: a modern approach*: Malaysia; Pearson Education Limited.

Sheng, L., Hongxia, Z., Xisong, D., ve Changjian, C. (2016), A heuristic algorithm for container loading of pallets with infill boxes. *European Journal of Operational Research*, 252(3), 728-736.

Sörensen, K., ve Sevaux, M. (2006), MA| PM: memetic algorithms with population management. *Computers & Operations Research*, 33(5), 1214-1225.

Steenken, D., Voß, S., ve Stahlbock, R. (2004), Container terminal operation and operations research-a classification and literature review. *OR spectrum*, 26(1), 3-49.

Sweeney, P. E., ve Paternoster, E. R. (1992), Cutting and packing problems: a categorized, application-orientated research bibliography. *Journal of the Operational Research Society*, 43(7), 691-706.

Tekil, S. (2017), *Büyük Boyutlu Kutuluma Problemleri İçin Bir Algoritma Önerisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (88)

Terzi, Ü. (2009), *Gezgin Satıcı Problemi İçin Diferansiyel Gelişim Algoritması Tabanlı Bir Metasezgisel Önerisi*. (Doktora Tezi), Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Thapatsuwana, P., Pongcharoena, P., Hicksb, C., ve Chainatec, W. (2012), Development of a stochastic optimization tool for solving the multiple container packing problems. *International Journal of Production Economics*, 140, 737-748.

Tian, T., Zhu, W., Lim, A., ve Wei, L. (2016), The multiple container loading problem with preference. *European Journal of Operational Research*, 248(1), 84-94.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Tiryaki, A. E., ve Kazan, R. (2007), Bulaşık makinesinin bulanık mantık ile modellenmesi. *Mühendis ve Makine*, 48(565), 3-8.

Turban, E., ve Watkins, P. R. (1986), Integrating expert systems and decision support systems. *Mis Quarterly*, 121-136.

Wagner, W. P. (2017), Trends in expert system development: A longitudinal content analysis of over thirty years of expert system case studies. *Expert Systems with Applications*, 76, 85-96.

Wang, X., Golden, B. L., ve Wasil, E. A. (2008), Using a genetic algorithm to solve the generalized orienteering problem *The vehicle routing problem: latest advances and new challenges* (pp. 263-274): Springer.

Wei, L., Zhang, Z., Zhang, D., ve Lim, A. (2015), A variable neighborhood search for the capacitated vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints. *European Journal of Operational Research*, 243(3), 798-814.

Westerlund, J., Papageorgiou, L. G. ve Westerlund, T., (2007), *A MILP model for N-dimensional allocation*, Computer And Chemical Engineering, 31, 1702–1714.

Vaferi, M., Fallah, M. S., ve Tayebi, A. H. (2018), A metaheuristic for the containership feeder routing problem with port choice process. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 34(2), 19-128.

Zadeh, L. A. (1965), Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.

Zhang, D., Cai, S., Ye, F., Si, Y. W., ve Nguyen, T. T. (2017), A hybrid algorithm for a vehicle routing problem with realistic constraints. *Information Sciences*, 394, 167-182.

Zhang, C., Liu, J., Wan, Y.-W., Murty, K. G., ve Linn, R. J. (2003), Storage space allocation in container terminals. *Transportation Research Part B: Methodological*, 37(10), 883-903.

Zhen, L., Wang, S., ve Zhuge, D. (2017), Analysis of three container routing strategies. *International Journal of Production Economics*, 193, 259-271.

EKLER

Ek 1. Lingo Kod Örneği ve Test Verileri

SETS:

Urun /1..12/; !Ürün sayısı;
Kar_Orani; !Malzeme kar oranı;
Teslimat_Onceligi; !Ürün teslimat süresi;
Urun_Hacmi; !Ürün hacmi;
Musteri_Talebi; !Müşteri sipariş miktarı;
x,y;

ENDSETS

DATA:

Kar_Orani: 75, 43, 12, 54, 12, 41, 23, 16, 84, 20, 32, 65;
Teslimat_Onceligi: 0.3, 0.9, 0.1, 0.2, 0.7, 0.4, 0.3, 0.6, 0.9, 0.1, 0.8, 0.5;
Urun_Hacmi: 1000,15000,3000,6000,9000,3840,3960,4080,4200,4320,4440,4920;
Musteri_Talebi: 200,40000,1000,1200,10000,12800,6600,3400,1904000,10410,101300,1200;
ENDDATA

MAX=@SUM(Urun:Kar_Orani*x+Teslimat_Onceligi*x);
@SUM(Urun:Urun_Hacmi*x)<=33000000;
@for(Urun: x<=Musteri_Talebi);
@for(Urun: x<=10000000*y);
@for(Urun: x>=1*y);
@FOR(Urun:@BIN(y));
@FOR(Urun:@GIN(x));
END

Test verileri

Global optimal solution found

Objective value:	678044.1
Objective bound:	678044.1
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	61

EK 2. Programın Arayüzü

İŞLEMLER – MALZEME LİSTESİ

GENİŞ ALGORİTMA İLE KÜÇÜK YERLERDE MALZEME VE ROTA BELİRLEME

1. Barkod

2. Malzeme No

3. Malzeme No

1. Barkod numarası giriş alanı
2. Malzeme numarası veya barkodu bilinmeyen malzemeler için arama butonu
3. Malzeme numarası giriş alanı

GENETİK ALGORİTMA İLE KONTEYNER YÜKLEME VE ROTA BELİRLEME

Barkod			Malzeme No					
		1		2		3		4
Barkod No	Malzeme No	Malzeme Adı	Teslim Tarihi	Miktar	Şehir	Başlangıç Noktası		
8690053516744	AO16DU	Flat Plate	Sat Jan 1...	2400	Bursa	false		
8690053401149	AO18DU	Soup Tureen	Sun Jan 2...	4800	Kütahya	false		
8690053401101	AO21DU	Salt Shaker	Mon Jan ...	1200	Bilecik	true		
8690053401125	AO24DU	Pepper Shaker	Tue Jan 2...	1440	Eskişehir	false		
8690053401132	AO27DU	Toothpick Jar	Wed Jan ...	6000	Ankara	false		
8690053513293	AO30DU	Napkin Holder	Sat Jan 1...	7680	Antalya	false		
8690053401118	AO22CK	Consume Bowl	Sun Jan 2...	7920	Ankara	false		
8690053514276	EO12KR	Candle Holder	Sun Jan 1...	4080	Sivas	false		
8690053505854	EO14KR	Ashtray	Mon Jan ...	22848	Şanlıurfa	false		
8690053502815	EO17KR	Mustard Jar	Mon Jan ...	12492	Van	false		
8690053504048	EO20KR	Oval Bowl	Tue Jan 2...	12156	Ankara	false		
8690053504345	FO14KK	Joker Bowl	Wed Jan ...	120	Kütahya	false		

1. Malzemenin son teslim tarihi
2. Yüklenecek malzeme miktarı
3. Malzemenin gönderileceği şehir
4. Rotalama başlangıç noktası

İŞLEMLER – YÜKLEME HESAPLAMASI

The screenshot shows a software interface for container loading calculations. It features a table of results, a list of items to be loaded, and a control panel with various input fields and buttons. Numbered callouts (1-15) point to specific elements in the interface.

Döngü	Toplam Hacim	Fitness
15	30960640	1835000.0
16	32823280	1873300.0
17	30659040	1882500.0
18	32372360	1888500.0
19	32084400	1894300.0
20	32169160	1901300.0
21	30061000	1915300.0
22	32713640	1919100.0
23	32490880	1923200.0
24	32010000	1923200.0
25	32010000	1923200.0

Kontrol	Ürün Adı	Adet	Hacim	Teslimat Süresi	İl
Yüklenecek	FLAT PLATE	177	1000	5	Bursa
Yüklenecek	SOUP TURE...	297	15000	4	Kütahya
Yüklenecek	SALT SHAK...	67	3000	3	Bilecik
Yüklenecek	PEPPER SH...	115	6000	2	Eskişehir
Yüklenmeyecek	TOOTHPICK...	403	9000	1	Ankara
Yüklenecek	NAPKIN HO...	1273	3840	3	Antalya
Yüklenecek	CONSUME B...	350	3960	2	Sivas
Yüklenecek	CANDLE HO...	326	4080	4	Şanlıurfa

Control Panel Fields:

- Konteyner Tipi: 20" KONTEY...
- Ürün Karlılığı Önemi: %0
- Teslim Tarihi Önemi: %100
- ☐ Paletli Yükleme
- Konteyner Yükleme: 0.5, 0.5
- Araç Rotalama: 0.1, 0.2
- Çaprazlama Oranı: 1300, 750
- Max İterasyon: 3, 3
- Turnuva Sayısı: 150, 50
- Popülasyon Büyüklüğü: 150, 50
- Hesapla (blue button)
- Hesapla (red button)
- Paletli Yükleme Bilgileri
- Fitness Grafiği

1. İterasyon sayısının kaç kere en iyinin bulunduğu
2. Bulunan en iyi fitness fonksiyon değerinde kullanılan hacim
3. Fitness fonksiyon değeri
4. Kullanılacak olan konteyner tipi
5. Ürün karlılığı önemi (Toplam karı en büyükmek için kat sayı)
6. Teslim tarihi önemi (Ürünlerin teslimat tarihini en büyükmek için kat sayı)
7. Konteynera yüklenme durum bilgisi
8. Konteynera yüklenecek olan kutu adeti
9. Kutuların hacmi
10. Malzenin teslimat süresi
11. Malzenin gönderileceği il
12. En verimli genetik operator girişleriyle konteyner yükleme hesaplaması
13. En verimli genetik operator girişleriyle araç rotalama hesaplaması
14. Paletli yükleme seçildiğinde kullanılacak palet sayısı gösterim alanı
15. Konteyner yükleme amaç fonksiyon grafiği



- 1- Toplam gidilecek mesafe
- 2- Başlangıç noktası
- 3- Başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar yol tarifi
- 4- Harita üzerinde gidilecek rota gösterimi

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı(Ünvanı) : Elif Güler ERMUTAF
Doğum Yeri : Kütahya
Doğum Tarihi : 03.01.1991
E-Posta : germutaf@gmail.com

EĞİTİM

Eylül 2013– Ocak 2019 : Yüksek Lisans, Dumlupınar Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği
Eylül 2009- Haziran 2013 : Lisans, Dumlupınar Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Bitirme Tezi : SQLite veritabanı android uygulaması
Eylül2003 -Haziran2008 : Fatih Anadolu Lisesi (Kütahya)

İŞ TECRÜBESİ

Kütahya Porselen

Temmuz 2013 – Devam Ediyor

Mağaza parakende satış programında hediye çeki, gift card satış entegrasyonu, E fatura, E irsaliye ve E arşiv müşteri kontrolü ve fatura kesmek için gerekli geliştirmeler ve güncellemeler.

Yeni nesil ödeme kaydedici cihazlar ile perakende satış programı entegrasyonu (Java,SAP).

Mağaza parakende ürün/müşteri aktarım programı (Java,SAP).

Mağaza Parakende satış aktarım programında belirlenen zaman dilimi aralığıyla Oracle veri tabanına satış aktarımı (Java) .

Lost and Found Screen tasarımı (Oracle Adf - Java).

SAP’de muhasebe için raporların tasarlanması ve geliştirmesi.

SAP SD modül desteği.