

Market Zinciri Ürün Dağıtım Probleminin Farklı Genetik Algoritma Versiyonları ile Çözümü ve Karşılaştırması

Burak GÜLMEZ^{1*}

¹Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri

¹<https://orcid.org/0000-0002-6870-6558>

*Sorumlu yazar: burakgulmez@erciyes.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 16.05.2022

Kabul tarihi: 22.07.2022

Online Yayınlanma: 10.03.2023

Anahtar Kelimeler:

Gezgin satıcı problemi
Metaheuristic algoritmalar
Genetik algoritma
Ürün dağıtım

ÖZ

Bu çalışmada Kayseri’de bulunan bir market zinciri için ürün dağıtımlarının en düşük mesafe ve en düşük maliyet ile gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Market şubeleri çok fazla olduğu için ürün dağıtımlarının farklı sıralamalar ile yapılması, sonucu oldukça etkilemektedir. Bu problem gezgin satıcı problemi şeklinde tanımlanmıştır. Gezgin satıcı problemi büyük boyutlu olduğunda polinom zaman içerisinde saf tam sayılı doğrusal programlama ile çözülememektedir. Bundan dolayı NP-zor bir problem türüdür. Bu yüzden çözüm için genetik algoritma kullanılmıştır. Genetik algoritma optimum çözümü garanti etmez fakat kabul edilebilir çözümler elde edebilir. Ayrıca bu çözümleri kısa bir zaman içerisinde elde eder. Elde edilen çözüm optimum olmasa bile kabul edilebilir seviyededir. Bu çalışmada Kayseri’deki 61 adet market için genetik algoritma ile bir rota oluşturulmuştur. Klasik genetik algoritmaya ilave olarak son yıllarda çıkan genetik algoritma varyasyonları kullanılmıştır. Tüm bu algoritmalar sonucunda bütün marketleri dolaşmak için yaklaşık 80 kilometrelik bir mesafe elde edilmiştir. Elde edilen çözüm incelendiğinde gayet iyi bir rota olduğu gözlemlenmiştir.

Optimizing and Comparison of Market Chain Product Distribution Problem with Different Genetic Algorithm Versions

Research Article

Article History:

Received: 16.05.2022

Accepted: 22.07.2022

Published online: 10.03.2023

Keywords:

Traveling salesman problem
Metaheuristic algorithms
Genetic algorithm
Product distribution

ABSTRACT

In this study, it is aimed to carry out product distributions with the lowest distance and lowest cost for a market chain in Kayseri. Since there are too many market branches, the distribution of products in different orders affects the result quite a lot. This problem has been defined as the traveling salesman problem. When the traveling salesman problem is large, it cannot be solved by integer linear programming in polynomial time. It is therefore an NP-hard problem type. Therefore, a genetic algorithm was used for the solution. The genetic algorithm does not guarantee the optimum solution, but it can obtain acceptable solutions. It also obtains these solutions in a short time. The solution obtained is at an acceptable level, even if it is not optimal. In this study, a route was created with a genetic algorithm for 61 markets in Kayseri. In addition to the classical genetic algorithm, genetic algorithm variations that have emerged in recent years have been used. As a result of all these algorithms, approximately 80 kilometers has been obtained to visit all the markets. When the solution obtained was examined, it was observed that it was a very good route.

To Cite: Gülmez B. Market Zinciri Ürün Dağıtım Probleminin Farklı Genetik Algoritma Versiyonları ile Çözümü ve Karşılaştırması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(1): 180-196.

1. Giriş

Gezgin satıcı problemi, konumları ve aralarındaki uzaklıkları bilinen şehirler arasında bir satıcının dolaşmasını konu edinen bir problem türüdür. Bu satıcı her şehre bir kez uğramaktadır. En kısa mesafe veya en az maliyetli şekilde şehirlerin gezilmesi amaçlanmaktadır. Kolay bir problem gibi görülebilir fakat çözmesi oldukça zordur. Çünkü şehir sayısı arttıkça çözüm varyasyonları üstel olarak artar. Bu da NP-zor (NP-hard) bir problem türü olmasına sebep olur (Flood, 1956). Çok küçük boyuttaki gezgin satıcı problemini çözmek kolay olabilir fakat büyük boyuttaki problemler için çözüm zorlaşır ve bu yüzden genetik algoritma yaklaşımı kullanılabilir (Moon ve ark., 2002).

Genetik algoritma metasezgisel bir optimizasyon algoritmasıdır. Bütün metasezgisel algoritmalar gibi rastgele çözümlerle başlar ve zaman geçtikçe çözümleri iyileştirir. Optimum çözümü garanti etmez fakat kabul edilebilir seviyede çözümler bulabilir. Ayrıca bulduğu çözümleri hızlı bir biçimde bulur. Metasezgisel algoritmaların genel kullanım amacı optimum veya optimuma yakın çözümü kısa süre içinde elde etmektir (Whitley, 1994; Gülmez ve Kulluk, 2019).

Gezgin satıcı problemi popüler bir konu olduğu için literatürde çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Little ve ark. (1963) gezgin satıcı problemi için dal ve sınır (branch and bound) algoritmasını gezgin satıcı problemi üzerinde çalıştırmışlardır. Bu algoritma kesin çözüm vermektedir. Fakat sadece küçük boyutlu problemlerde kullanılabilir. Büyük boyutlu problemlerde süreden dolayı kullanılamaz.

Held ve Karp (1970) çalışmalarında minimum kapsayan ağaç (minimum spanning tree) yaklaşımını gezgin satıcı problemi üzerinde uygulamışlardır. Böylece çözümler için bir alt sınır elde etmişlerdir. Daha sonra oluşturdukları ağaç üzerinden yeni çözümlere geçmişlerdir.

Wang ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada parçacık sürü algoritmasını (particle swarm algorithm) gezgin satıcı problemine uyarlamışlardır. Ayrıca algoritma içerisindeki bazı değişim operatörlerini güncelleyerek gezgin satıcı problemine uygun bir hale getirmişlerdir. Sonuç olarak iyi çözümler elde etmişlerdir.

Yıldırım ve ark. (2016) toprak altında yaşayan kör farelerin kurdukları tünel sisteminden esinlenilerek oluşturulan kör fare algoritması ile gezgin satıcı problemine çözüm aramışlardır. Literatür verileri üzerinde çalışmışlardır ve kör fare algoritmasının başlangıç çözümleri açısından iyi olduğunu tespit etmişlerdir.

Şahin ve Karagül (2019) gezgin satıcı problemi için bir genetik algoritma varyantı olan akışkan genetik algoritma, en yakın komşu sezgiseli ve 2-opt sezgiselini birlikte kullanmışlardır. Literatür verileri üzerinden yaptıkları çalışmada elde ettikleri sonuçlar gayet iyi çıkmıştır.

Ertuğrul ve Özçil (2016) siyasi partilerin yaptıkları mitinglerden esinlenerek bir çalışma yapmışlardır. Siyasi partiler seçim zamanlarında şehirleri sırayla dolaşırlar. Türkiye’de çok sayıda şehir olduğu için en kısa rotayı bulmak için çalışmışlardır. Bunun için ise genetik algoritma kullanmışlardır.

Özkır ve Topçu (2018) melez bir elektro-manyetizma sezgiseli ile gezgin satıcı problemine çözüm aramışlardır. Elektro-manyetizma sezgiseli elektromanyetizma teorisinden esinlenilerek geliştirilmiştir. 15 adet literatür verisi üzerinde test edilen algoritma iyi sonuçlar vermiştir.

Şahin (2019) yaptığı çalışmada gezgin satıcı problemi için farklı sezgisel ve metasezgisel algoritmaları test etmiştir. 16 literatür verisi ile yaptığı çalışmaya göre en iyi sonucu en yakın komşu ve 2-opt hibrit algoritmasının en iyi sonucu verdiğini gözlemlemiştir.

Karagül (2019a) yaptığı çalışmada Prüfer-Karagül isminde yeni bir algoritma oluşturmuştur. Literatürdeki gezgin satıcı problemleri verileri üzerinde yaptığı çalışmalardan elde ettiği sonuçlar hem çözüm kalitesi olarak hem de süre olarak başarılıdır.

Karagül (2019b) yaptığı çalışmada TPORT adını verdiği yeni bir yaklaşımı gezgin satıcı problemlerinde kullanmıştır. Bu yeni yöntem uzaklık matrisi üzerinde çalışarak başlangıç çözümleri elde etmektedir. Bu sayede kullanılan algoritmaların sonuçlarında bir iyileştirilmeye gidilmiştir.

Tüker ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada karınca koloni algoritması ile gezgin satıcı problemini çözmeye çalışmışlardır. Çok etmenli sistemler yaklaşımıyla NetLogo ortamında problemi çözmüşlerdir.

Dikmen ve ark. (2014) karınca koloni algoritması ve genetik algoritmayı gezgin satıcı problemi üzerinde test etmişlerdir ve ortaya çıkan sonuçları karşılaştırmışlardır. Veri kümesi olarak Türkiye haritası kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuca göre karınca koloni algoritması daha iyi sonuçlar vermiştir.

Hussain ve ark. (2017) genetik algoritma üzerinde bir değişiklik yapmışlardır ve çaprazlama işlemlerini modifiye etmişlerdir. Bu sayede gezgin satıcı problemi için daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

Osaba ve ark. (2018) ayırık su döngüsü algoritmasıyla (discrete water cycle algorithm) simetrik ve simetrik olmayan gezgin satıcı problemi üzerinde çalışmışlardır. 33 farklı veri kümesi üzerinde çokça kullanılan sezgiseller algoritmalarla karşılaştırma yapmışlardır. Sonuç olarak önerdikleri algoritma iyi sonuçlar vermiştir.

Ha ve ark. (2020) çalışmalarında gezgin satıcı probleminin drone ile ulaştırılması problemini ele almışlardır. Hibrit bir genetik algoritma ile bu problemi çözmüşlerdir. Klasik genetik algoritmadan farklı olarak çaprazlama sonrası ortaya çıkan yeni bireyler üzerinde yerel arama yöntemi ile geliştirmeler yapmışlardır. Bu geliştirmeler sayesinde daha başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.

Sharma ve Jain (2021) yaptıkları çalışmada klasik gezgin satıcı problemi üzerinde uğraşmışlardır. Genetik algoritmadaki çaprazlama yöntemi değiştirmişlerdir. Tek noktalı çaprazlama kullanırlarken, çaprazlama noktasından sonraki değerleri en yakın komşu algoritmasına göre seçmişlerdir. İlk genden çaprazlama noktasına kadarki kısım aynı kalmıştır. Geri kalan kısım en yakın komşu algoritmasına göre düzenlemişlerdir. Bu sayede çözümlerde geliştirmeler elde etmişlerdir.

Agrawal ve Jain (2020) çalışmalarında gelişmiş bir genetik algoritma versiyonuyla gezgin satıcı problemi çözmüşlerdir. Değişiklik olarak çaprazlama için seçilen kromozomların bir kısmı popülasyondan, diğer kısmı ise ağgözlü bir yaklaşım olan en yakın komşu algoritması üzerinden seçmişlerdir. Yaptıkları bu iyileştirme ile sonuçları daha iyi hale getirmişlerdir.

Alkafaween ve ark. (2020) yeni bir bakış açısıyla genetik algoritmada geliştirmeler yapmışlardır. Değişiklik başlangıç popülasyonu oluşturmak için yapılmıştır. Öncelikle noktalar k-ortalamar yöntemine göre kümelerle ayrılmıştır. Alt kümeleri kendi içerisinde çözmüşlerdir. Daha sonra bu alt kümeleri birleştirilerek başlangıç popülasyonu oluşturmuşlardır. Bu sayede başlangıçta iyi çözümler elde etmişlerdir ve iterasyonlar ilerledikçe daha kaliteli çözümlere ulaşmışlardır.

Literatürdeki bu çalışmalara ek olarak çok sayıda karınca koloni algoritması (Gülcü ve ark., 2018; Liao and Liu, 2018; Chowdhury ve ark., 2019; Eskandari ve ark., 2019; Gao, 2020; Pamosoaji ve Setyohadi, 2020; Rokbani ve ark., 2020), parçacık sürü algoritması (Wang ve Xu, 2017; Cheng ve ark., 2017; Cansiz ve Göçmen, 2018; Khan ve ark., 2018; Zhong ve ark., 2018; Gulcu ve Ornek, 2019), yapay arı kolonisi algoritması (Zhong ve ark., 2017; Choong ve Wong, 2018; Choong ve ark., 2019; Fairee ve ark., 2019; Karaboga ve Gorkemli, 2019; Khan ve Maiti, 2019; Pandiri ve Singh, 2019) gibi algoritmalar kullanan çalışmalar vardır.

Bu çalışmanın amacı Kayseri’de bulunan bir market zinciri için optimum şekilde ürün dağıtımlarını bulmaktır. Bunun için problem, gezgin satıcı problemine benzetilmiştir. Çözüm için ise genetik algoritma kullanılmıştır. Böylece en düşük maliyetle ve en kısa mesafe ile ürün dağıtımları gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada birinci bölümde konuya bir giriş yapılmıştır ve literatürde yapılan ilgili çalışmalar anlatılmıştır. İkinci kısımda ise öncelikle gezgin satıcı problemi anlatılmış ve Kayseri’deki market zincirinin şubeleri harita üzerinde gösterilmiştir. Ayrıca genetik algoritma hakkındaki bilgilere yer verilmiştir. Üçüncü kısımda market ürün dağıtım problemi gezgin satıcı problemi şeklinde modellenmiş ve genetik algoritma ile çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar anlatılmıştır. Son bölümde ise genel bir değerlendirme yapılmış ve gelecek çalışmalar için öneride bulunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Gezgin Satıcı Problemi

Gezgin satıcı problemi (Traveling salesman problem) aralarındaki uzaklıkların bilindiği şehirlerin her birinden bir kez geçerek bu şehirleri dolaşmak isteyen bir satıcının rotasını en kısa yoldan veya en düşük maliyetli yoldan oluşturması problemidir (Nuriyeva ve Kizilateş, 2016).

Gezgin satıcı problemi Karl Menger tarafından 1930’lu yıllarda tanımlanmıştır. Çözümü zor bir problemdir, NP-zor (NP-hard) türünde bir problemdir. Gezgin satıcı probleminin popüler olmasının dört sebebi vardır (Çolak, 2010; Pulat ve Kocakoç, 2019):

- Tanımlanması kolay, çözümü zor bir problemdir.
- Kısa sürede kesin çözümü veren bir yöntem bulunamamıştır.
- Gerçek hayat problemleri gezgin satıcı türünde modellenebilir.
- Algoritmaları test etmek için farklı veri kümeleri mevcuttur.

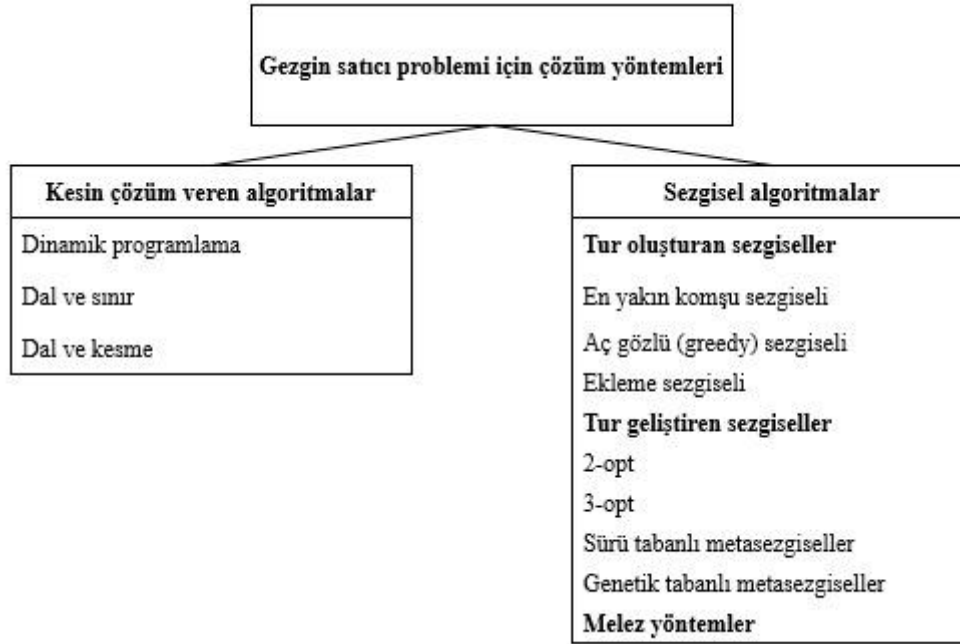
Gezgin satıcı probleminde eğer n adet şehir varsa $(n-1)!/2$ adet çözüm vardır (Fujimura, 2020). Eğer mesafe matrisi simetrik değilse $(n-1)!$ adet çözüm vardır. Bu çalışmadaki mesafe matrisi simetriktir.

Tablo 1’de görüldüğü üzere düğüm sayısı artıkça çözüm sayısı olağanüstü bir şekilde artmaktadır. Hatta bu çalışmadaki 61 adet market düşünüldüğünde $4,16 * 10^{81}$ adet çözüm mevcuttur.

Tablo 1. Gezgin satıcı problemi için düğüm ve çözüm sayıları

Düğüm sayısı	Çözüm sayısı $(n-1)!/2$
10	$1,81 * 10^{05}$
30	$4,42 * 10^{30}$
50	$3,04 * 10^{62}$
61	$4,16 * 10^{81}$

Gezgin satıcı problemini çözmek için farklı algoritmalar kullanılabilir. Bu algoritmalar kesin çözüm veren algoritmalar ve sezgisel algoritmalar olarak iki farklı kategoride incelenebilir. Kesin çözüm veren algoritmalar dinamik programlama, dal ve sınır algoritması ve dal ve kesme algoritmalarıdır. Sezgisel algoritmalar ise üç kategoriye ayrılabilir. Bunlar tur oluşturan sezgiseller, tur geliştiren sezgiseller ve melez yöntemlerdir. Genetik tabanlı algoritmalar tur geliştiren sezgiseller içerisinde yer almaktadır. Şekil 1’de gezgin satıcı problemi için çözüm yöntemleri gösterilmiştir (Pulat ve Kocakoç, 2017).

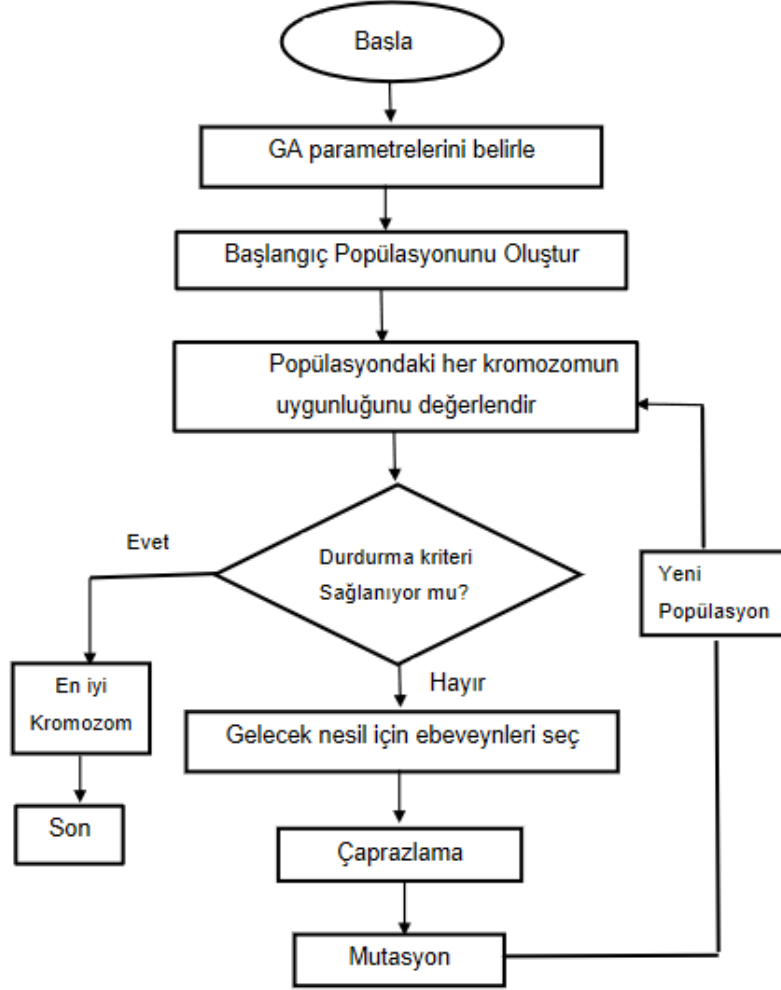


Şekil 1. Gezgin satıcı problemi için çözüm yöntemleri (Pulat ve Kocakoç, 2017)

2.2 Genetik Algoritma

Genetik algoritma bir metasezgisel optimizasyon algoritmasıdır. Genel prensip olarak çözümler, genlerden oluşan kromozomlar olarak tanımlanmıştır ve iyi çözümler sonraki nesillere aktarılır, kötü çözümler sonraki nesillere aktarılamaz. Güçlü olan hayatta kalır prensibine göre çalışmaktadır. Genetik algoritmada arama uzayı bireylerden yani çözümlerden oluşmaktadır. Çözümler kromozom olarak ifade edilir ve her bir kromozom bir dizi veya matris şeklindedir. Her bireyin kalitesi amaç fonksiyonu ile ölçülür. Eğer amaç minimizasyon ise düşük amaç fonksiyonuna sahip bireyler daha

değerlidir. Eğer amaç maksimizasyon ise yüksek değerli çözümler daha değerlidir. İlk olarak başlangıç popülasyonu oluşturulur. Bu başlangıç popülasyonundaki çözümler rastgele değerler alırlar. Sonra bu çözümlerin her biri amaç fonksiyonuna göre değerlendirilir ve her birine bir değer verilir. En iyi değere sahip bireyler seçilirler ve çaprazlama ile yeni çözümler oluşturulur. Daha sonra mutasyon ile de yeni bireyler oluşturulur. En sonunda bütün bu bireyler içerisindeki iyi çözümler sonraki nesile aktarılır. Kötü çözümler ise elenir. Bu işlem durdurma kriteri sağlanıncaya kadar devam eder. Genetik algoritma akış diyagramı Şekil 2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2. Genetik algoritma akış diyagramı (Pulat ve Kocakoç, 2019)

Genetik algoritma beş aşamaya ayrılabilir:

- Başlangıç popülasyonu
- Amaç fonksiyonu
- Seçilim
- Çaprazlama
- Mutasyon

2.2.1 Başlangıç Popülasyonu

Başlangıç, popülasyon adı verilen bir grup bireyle başlar. Her birey, çözmek istediğiniz problem için bir çözümdür. Bir birey kromozomdan oluşur. Kromozomları ise genler oluşturur. Genler, bir kromozom oluşturmak için bir dizi halinde birleştirilir. Tablo 2’de görülen örnekte her biri toplam 9 gene sahip 2 adet kromozom yani çözüm bulunmaktadır. Popülasyon büyüklüğü 2’dir. Başlangıç popülasyonu, rastgele bir biçimde oluşturulmuş genler ve kromozomlardan oluşan bir popülasyondur.

Tablo 2. Popülasyon, kromozom ve gen gösterimleri

Popülasyon	Kromozom 1	1 (Gen)	8	2	9	7	3	4	6	5	
	Kromozom 2	8		7	6	1	5	2	4	3	9

2.2.2 Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonu, bir bireyin ne kadar değerli veya istenen amaca yönelik olduğunu belirler. Ayrıca bu bir bireyin diğer bireylerle rekabet edebilme yeteneğidir. Her bir bireye bir amaç fonksiyonu puanı verilir. Bir bireyin üreme için seçilme olasılığı, bu amaç fonksiyonu değerine bağlıdır.

2.2.3 Seçilim

Seçilim aşamasında en uygun bireyler seçilmeye ve sonraki nesillere aktarılmaya çalışılır. Ayrıca çaprazlama aşaması için de ebeveyn seçimi gerekmektedir. Onlar için de seçilim yapılacaktır. Seçilim için amaç fonksiyonlarının değerlerine göre seçilim yapan rulet tekerleği yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem sık kullanılan bir seçilim yöntemidir ve iyi sonuçlar vermektedir. Bu yöntemle alakalı örnek bir seçilim Tablo 3’te verilmiştir. Buradaki seçilme şansı maksimizasyon problemleri için geçerlidir. Minimizasyon problemleri için amaç fonksiyonu değeriyle ters orantılı olarak düzenlenmelidir, yani amaç fonksiyonu değerinin çarpma işlemine göre tersi dikkate alınmalıdır.

Tablo 3. Seçilim olasılıkları

Bireyler	Amaç fonksiyonu değeri	Seçilme şansı
Birey 1	100	0,20
Birey 2	200	0,40
Birey 3	150	0,30
Birey 4	50	0,10
<i>Toplam</i>	<i>500</i>	<i>1</i>

2.2.4 Çaprazlama

Çaprazlama genetik algoritmanın en önemli kısmıdır. Burada iyi çözümler kendi aralarında gen değişimine giderler. Bu sayede yeni çözümler elde edilir. Elde edilen yeni çözümler iyi çözümlerden elde edildiği için çözümlerin kalitesi de korunmuş olur. Çaprazlamada iki farklı varyasyon denenebilir. İlki tek noktalı çaprazlama, ikincisi ise çift noktalı çaprazlamadır. Tek noktalı çaprazlamada iki ayrı bireyin kromozomları rastgele bir noktadan ikiye bölünür ve parçalar bireyler arasında takas edilir. Böylece iki yeni birey meydana gelir. Tablo 4’te tek noktalı çaprazlama işlemi görülebilir. Kırmızı

renkli ve kalın çizgili noktadan çaprazlama gerçekleştirilmiştir. Çaprazlama sonrasında iki yeni birey ortaya çıkmıştır. Daha sonra bu iki yeni bireyde tekrar eden genler oluşmuştur ve bu genler düzeltme ile tekrarsız hale getirilmiştir. Düzeltme işlemi için öncelikle tekrarlayan sayılar saptanır. Sonra eksik olan sayılar saptanır. Birden fazla tekrarlayan sayılar veya birden fazla eksik sayılar olabilir. Eksik olan sayılar, tekrarlayan sayıların yerine rastgele bir biçimde atanır.

Tablo 4. Tek noktalı çaprazlama

Ebeveyn bireyler					
Birey 1	1	2	3	4	5
Birey 2	3	5	1	2	4
Çocuk bireyler					
Birey 3	1	2	3	2	4
Birey 4	3	5	1	4	5
Düzeltilme					
Birey 3	1	2	3	5	4
Birey 4	3	5	1	4	2

Çift noktalı çaprazlamada ise bireylerin kromozomları iki farklı noktadan işaretlenir ve üç parçaya bölünür. Ortadaki parçalar bireyler arasında takas edilir ve iki yeni birey meydana gelir. Tablo 5’te çift noktalı çaprazlama örneği görülebilir. İki ebeveyn bireyler için iki nokta belirlenmiştir. Bu noktalar kırmızı renkte ve kalın olarak işaretlenmiştir. Bu işaretli yerlerden kromozomlar üçe bölünmüştür. Ortadaki parçalar takas edilmiş ve iki yeni birey elde edilmiştir. Bu bireyler daha sonra tekrarlayan gen olmaması için düzeltmeye uğramışlardır.

Tablo 5. Çift noktalı çaprazlama

Ebeveyn bireyler					
Birey 1	1	2	3	4	5
Birey 2	3	5	1	2	4
Çocuk bireyler					
Birey 3	1	5	1	4	5
Birey 4	3	2	3	2	4
Düzeltilme					
Birey 3	1	5	2	4	3
Birey 4	3	2	1	5	4

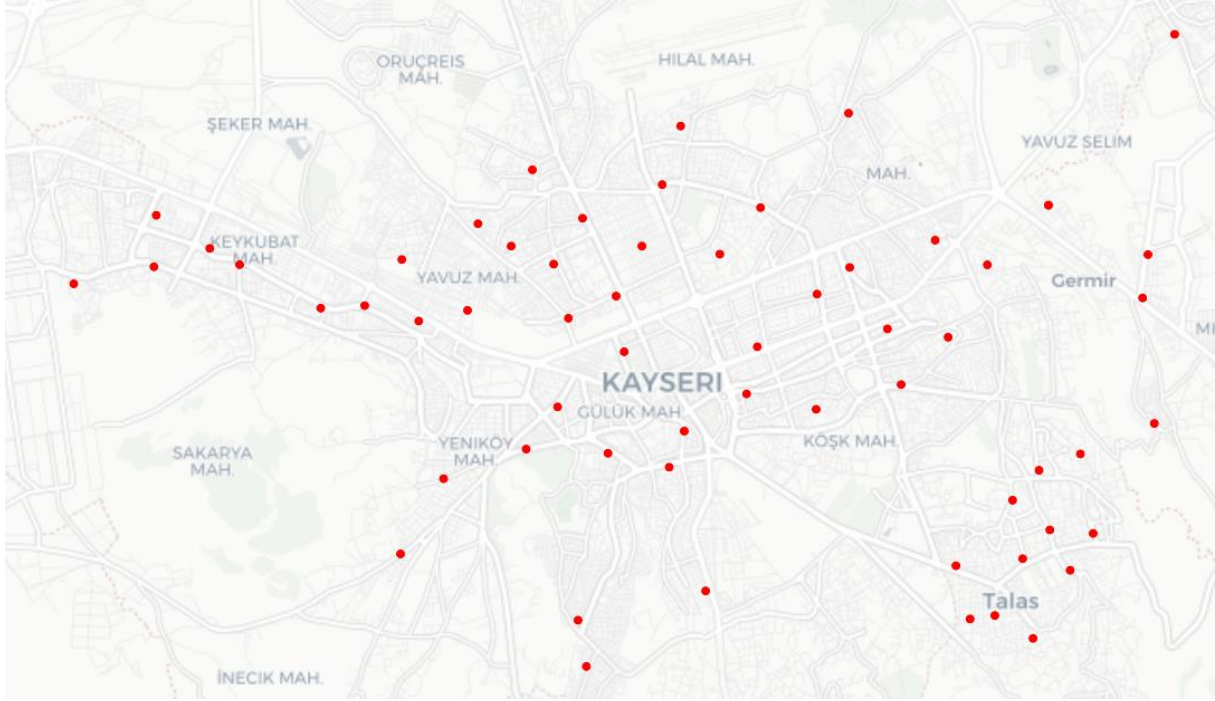
2.2.5 Mutasyon

Mutasyon sayesinde çözümler içerisindeki çeşitlilik artar. Eğer çözümler sürekli birbirlerine benzemeye başladıysa mutasyon ile dar alandan çıkıp farklılaşırlar. Fakat mutasyon çok fazla olursa da çözümlerin iyiye doğru gitme hızları azalır. Bu yüzden mutasyon gereklidir fakat düşük oranda tutulmalıdır. Mutasyon bir kromozomdaki genlerin rastgele olarak değişime uğramasına denir. Kromozomlardaki rastgele seçilen bir gen değişime uğrar. Böylece yeni bir çözüm elde edilmiş olur. Bütün bu aşamalardan sonra sonraki iterasyona (nesile) geçilir. Bu işlemler durdurma kriteri sağlanan kadar devam eder. Tablo 6’da görüldüğü üzere kırmızı renkte iki farklı gen seçilmiştir ve bu genler yer değiştirmiştir. Böylece yeni bir çözüm elde edilmiştir.

Tablo 6. Mutasyon					
Mutasyon öncesi					
Birey 1	1	2	3	4	5
Mutasyon sonrası					
Birey 1	1	4	3	2	5

2.3. Market Zinciri Şubeleri

Market zincirinin Kayseri’de 61 adet şubesi bulunmaktadır. Şekil 3’te bu şubelerin konumları görülebilir. En kısa yoldan bütün şubelerin dolaşılması amaçlanmaktadır.



Şekil 3. Market şubeleri ve konumları

3. Bulgular ve Tartışma

Genetik algoritma ile gezgin satıcı problemi türünde bir problem olan marketlere ürün dağıtım rotalama problemine çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Market zinciri Kayseri’de faaliyet göstermektedir. Ve toplam 61 şubeye sahiptir. Market zincirinin şubelerinin koordinat değerleri ve konumları Yandex Haritalar sayesinde toplanmıştır. Daha sonra bu elde edilen veriler ile şubeler arası mesafeler ölçülmüş ve Python programlama dili ile genetik algoritma kullanılarak gezgin satıcı problemi çözümü üzerine kod yazılmıştır. Amaç market zincirinin şubelerine dağıtım yapacak olan araçların en kısa mesafeyi kat etmesini sağlamaktır. Performans kriteri olarak mesafe uzunluğu dikkate alınmıştır. Mesafeler hesaplanırken Öklit uzaklıkları hesaplanmıştır ve kullanılmıştır. Tur için gereken toplam mesafe ne kadar az ise çözüm o kadar başarılıdır. Genetik algoritma 100 birey, 2000 iterasyon, çaprazlama olasılığı 0,90 ve mutasyon olasılığı 0,01 olarak çalıştırılmıştır. Parametre değerleri Tablo 7’deki gibidir.

Tablo 7. Genetik algoritma parametre değerleri

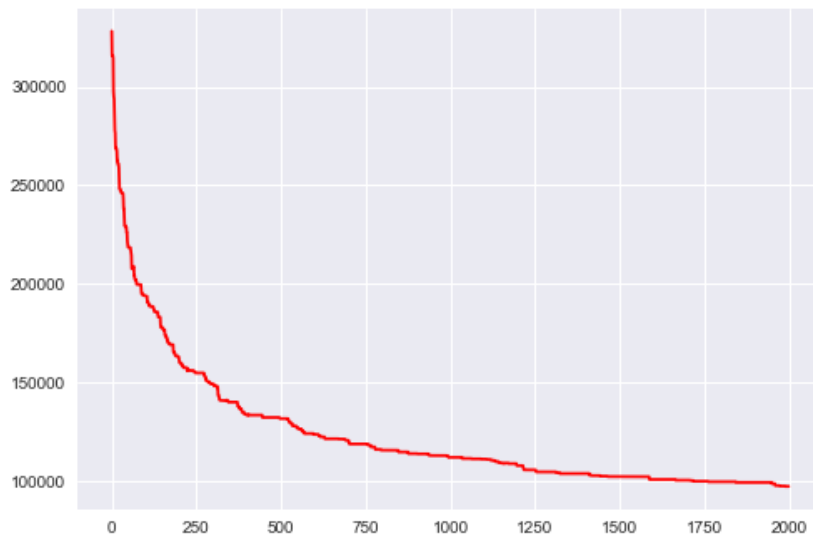
Parametre	Değer
Popülasyon büyüklüğü	100
Çaprazlama olasılığı	0,90
Mutasyon olasılığı	0,01

Bu çalışmada genetik algoritmanın çeşitli varyasyonları ile çalışılmıştır. Bazı araştırmacılar çalışmalarında genetik algoritmayı farklı çaprazlama, seçim, mutasyon türleriyle kullanmışlardır. Bu farklı varyasyonlar da denenmiştir. Bu farklı varyasyonlar Tablo 8’de görülebilir.

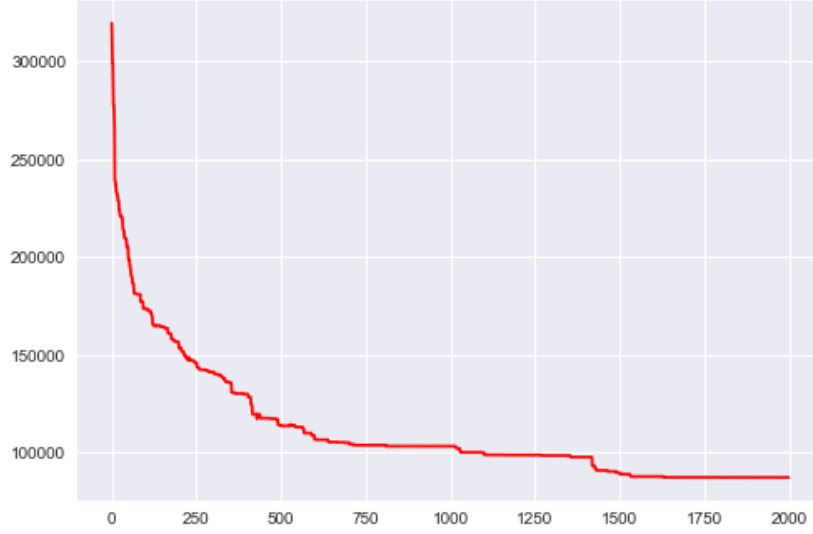
Tablo 8. Genetik algoritma varyasyonları

Algoritma	Açıklama
Algoritma 1 (Ha ve ark., 2020)	Çaprazlama sonrası ortaya çıkan yeni bireyler üzerinde yerel arama yöntemi ile geliştirmeler yapılmaktadır.
Algoritma 2 (Sharma ve Jain, 2021)	Çaprazlama yöntemi değiştirilmiştir. Tek noktalı çaprazlama kullanılırken, çaprazlama noktasından sonraki değerleri en yakın komşu algoritmasına göre seçilmiştir. İlk genden çaprazlama noktasına kadarki kısım aynı kalmıştır. Geri kalan kısım en yakın komşu algoritmasına göre düzenlenmiştir.
Algoritma 3 (Agrawal ve Jain, 2020)	Çaprazlama için seçilen kromozomların bir kısmı popülasyondan, diğer kısmı ise açęözlü bir yaklaşım olan en yakın komşu algoritması üzerinden seçilmiştir.
Algoritma 4 (Alkafween ve ark., 2021)	Değişiklik başlangıç popülasyonu oluşturmak için yapılmıştır. Öncelikle noktalar k-ortalamlar yöntemine göre kümelere ayrılır. Alt kümeler kendi içerisinde çözülür. Daha sonra bu alt kümeler birleştirilerek başlangıç popülasyonu oluşturulur.

Klasik genetik algoritma ve dört farklı versiyonu ile çalışılmıştır. Klasik genetik algoritma ile elde edilen sonuç grafiği Şekil 4’te gösterilmiştir. İterasyonlara bağlı olarak uzaklıklardaki değişimler metre cinsinden grafikten görülmektedir. 2000 iterasyon sonucunda bulunan çözüm 100 kilometrenin altına inmiştir.

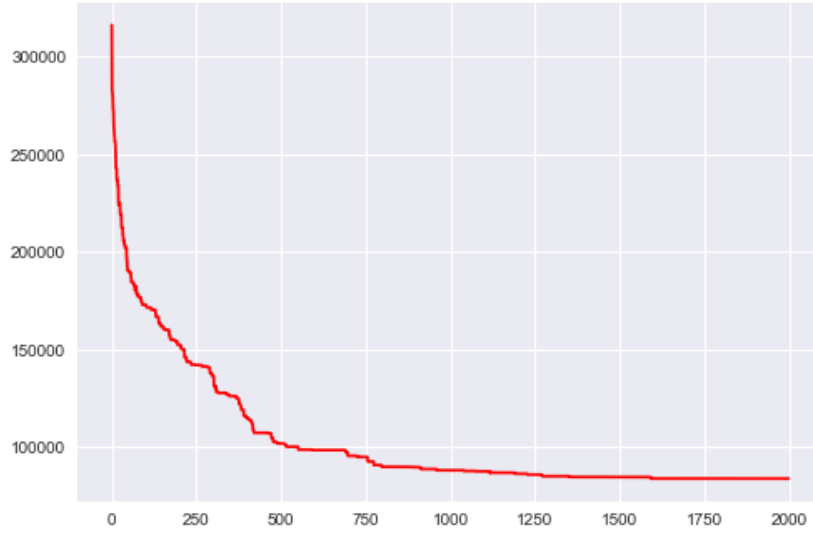
**Şekil 4.** Klasik genetik algoritma ile elde edilen iterasyonlara bağlı uzaklık değerleri

Algoritma 1 ile elde edilen sonuç Şekil 5'te gösterilmiştir. Algoritma 1 ile 2000 iterasyon sonucunda toplam uzaklık değeri 85 kilometre çıkmıştır.



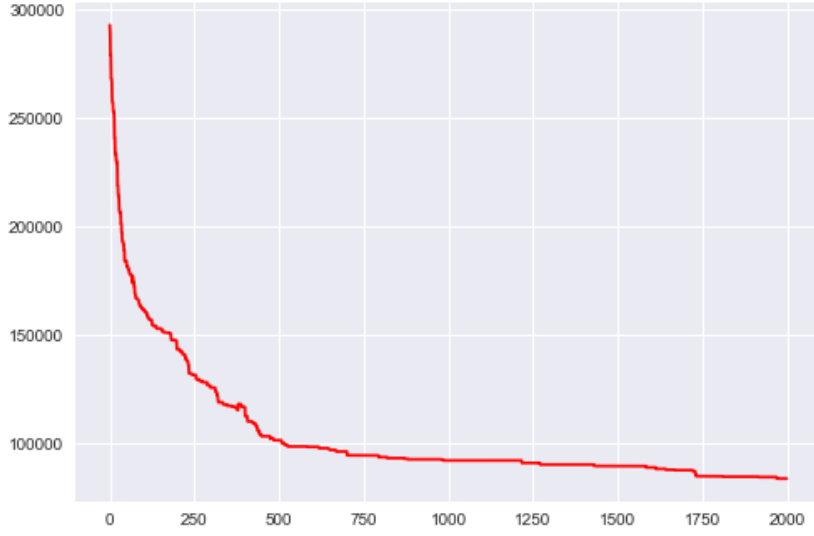
Şekil 5. Algoritma 1 ile elde edilen iterasyonlara bağlı uzaklık değerleri

Algoritma 2 ile elde edilen sonuç Şekil 6'da gösterilmiştir. 2000 iterasyon sonunda uzaklık 85 kilometre değerine inmiştir.



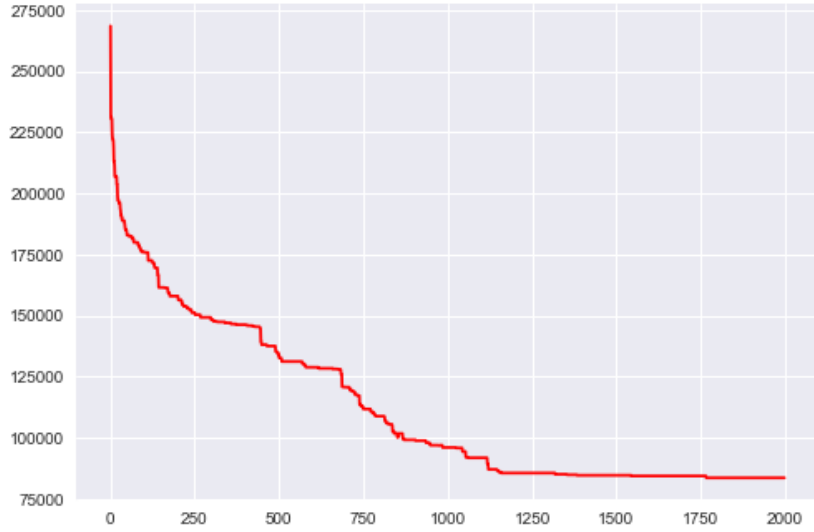
Şekil 6. Algoritma 2 ile elde edilen iterasyonlara bağlı uzaklık değerleri

Algoritma 3 ile elde edilen sonuç Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu algoritma ile alınan sonuç da 85 kilometre civarı bir değere inmiştir. Fakat bu algoritmada başlangıç çözümleri iyileştirildiğinden ilk iterasyondaki değerler klasik genetik algoritma, Algoritma 1 ve Algoritma 2'ye göre daha düşüktür. Fakat 2000 iterasyon sonucunda başlangıçtaki kadar fark oluşmamıştır.



Şekil 7. Algoritma 3 ile elde edilen iterasyonlara bağlı uzaklık değerleri

Algoritma 4 ile elde edilen sonuç Şekil 8’de gösterilmiştir. Burada da başlangıç popülasyonu iyi değerler elde etmiştir. 2000 iterasyon sonunda 85 kilometre civarı bir değer elde edilmiştir.



Şekil 8. Algoritma 4 ile elde edilen iterasyonlara bağlı uzaklık değerleri

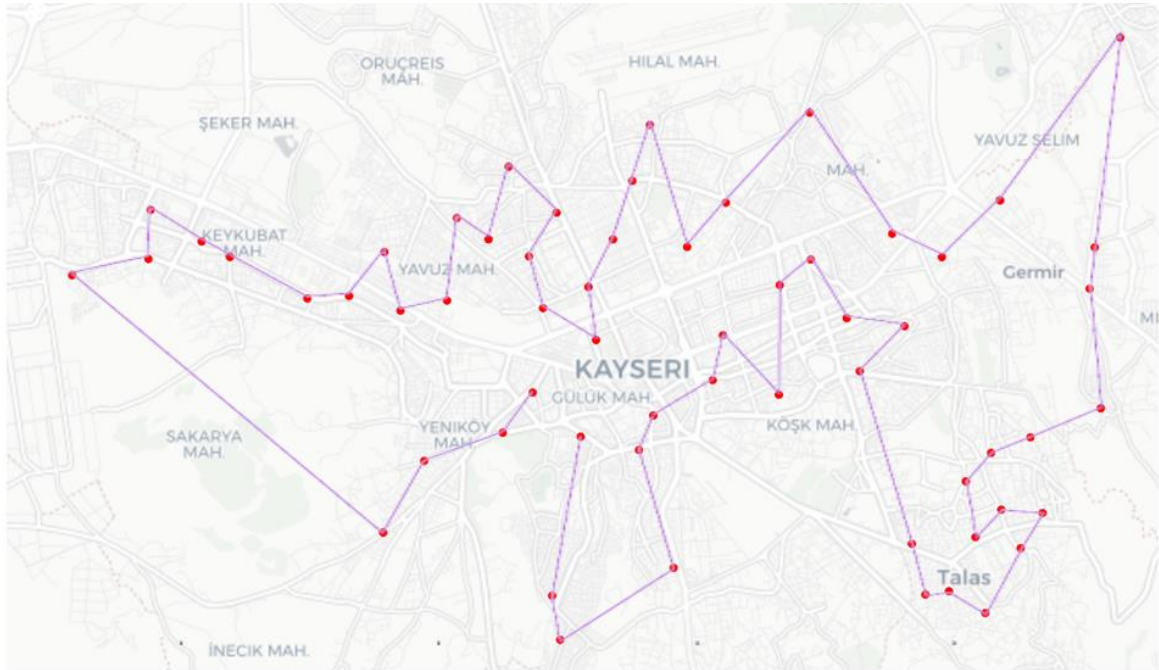
Test edilen dört farklı genetik algoritma versiyonunun tamamı da klasik genetik algoritmayı geçmiştir. Kendi aralarında yapılan karşılaştırmada ise oldukça yakın sonuçlar vermişlerdir. Bunun için her bir algoritma çok tekrarlı çalıştırılarak sonuçların karşılaştırılması en doğru sonucu verecektir. Böylece ortalama değerler ve standart sapmalar gözlemlenebilir ve karşılaştırma yapılabilir.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 9’da görüldüğü gibidir. Her bir algoritma 10 kez çalıştırılmıştır. Çalıştırılan algoritmaların ortalama ve standart sapma değerleri bulunmuştur.

Tablo 9. Algoritmaların karşılaştırılması

Algoritma	Ortalama	Standart sapma
Klasik Genetik Algoritma	97,45	8,01
Algoritma 1	86,76	4,16
Algoritma 2	82,93	4,87
Algoritma 3	88,18	5,11
Algoritma 4	85,37	2,42

Sonuçlar incelendiği zamanen iyi sonucu 82,93 kilometre ile Algoritma 2 vermiştir. En düşük standart sapmayı ise Algoritma 4 vermiştir. Genetik algoritmalarındaki farklı versiyonların çözüm üzerinde etki ettikleri görülmektedir. Algoritmalarından elde edilen en iyi çözüm ise Şekil 9’da görülebilir.



Şekil 9. Elde edilen en iyi çözüm

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Kayseri’de faaliyet gösteren bir market zinciri için ürün dağıtım problemi ele alınmıştır. Market zincirinin toplam 61 adet şubesi bulunmaktadır. 61 adet şubeyi sırayla dolaşmak için çok sayıda varyasyon elde edilmektedir. Bu problem gezgin satıcı problemine dönüştürülerek çözülebilir. Gezgin satıcı problemini çözmek için kesin çözüm veren matematiksel programlama algoritmaları küçük boyuttaki problemler için kısa süre içerisinde çözüm bulabilmektedir. Fakat problem boyutu büyüdüğünde kısa bir süre içerisinde sonuç veremezler. Bu yüzden sezgisel algoritmalar kullanmak gerekmektedir. Böylece kısa bir süre içerisinde çözüm elde edilmiş olur. Genetik algoritma oldukça popüler ve iyi sonuçlar veren bir algoritmadır. Gezgin satıcı problemine de uyarlanabilir. Gezgin satıcı problemine uyarlanan genetik algoritma çok kısa süre içerisinde kabul edilebilir çözümler verir. Bu çalışmada klasik genetik algoritma ve genetik algoritmanın farklı varyasyonları yardımıyla

Kayseri'deki market zincirinin ürün dağıtım problemi için çözüm bulunmuştur. 61 adet şubeyi dolaşmak toplam 82,93 kilometre civarı bir mesafe oluşturmuştur ve rota incelendiği zaman gayet iyi bir çözüm olduğu görülmüştür. İleriki çalışmalarda şubeler gruplanarak kendi içerisinde rotalama yapılabilir ve böylece tüm şubelerin farklı günlerdeki dolaşımını incelenebilir. Ayrıca daha farklı metasezgisel algoritmalar gezgin satıcı problemi benzeri problemler için denenebilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı olarak herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Bu çalışmaya %100 oranında katkı sağladığımı beyan ederim.

Kaynaklar

- Agrawal M., Jain V. Applying improved genetic algorithm to solve travelling salesman problem. Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), 15-17 Haziran 2020, Coimbatore, Hindistan.
- Alkafaween E., Hassanat AB., Tarawneh S. Improving initial population for genetic algorithm using the multi linear regression based technique (MLRBT). Communications-Scientific Letters of the University of Zilina 2021; 23(1): 1–10.
- Cansiz OF., Göçmen S. Distance analysis of multimodal transportation based on traveling salesman problem with particle swarm optimization method. International Journal of Advanced Engineering Research and Science 2018; 5(6): 264138.
- Cheng B., Lu H., Huang Y., Xu K. Particle swarm optimization algorithm based on self-adaptive excellence coefficients for solving traveling salesman problem. Journal of Computer Applications 2017; 37(3): 750–754.
- Choong SS., Wong LP. A hyper-heuristic based artificial bee colony optimization for the traveling salesman problem. Big Data Summit 2: HPC and AI Empowering Data Analytics, 3-6 October 2018, Pinang, Malezya.
- Choong SS., Wong LP., Lim CP. An artificial bee colony algorithm with a modified choice function for the traveling salesman problem. Swarm and Evolutionary Computation 2019; 44(1): 622–635.
- Chowdhury S., Marufuzzaman M., Tunc H., Bian L., Bullington W. A modified ant colony optimization algorithm to solve a dynamic traveling salesman problem: a case study with drones for wildlife surveillance. Journal of Computational Design and Engineering 2019; 6(3): 368–386.
- Çolak YS. Genetik algoritmalar yardımı ile gezgin satıcı probleminin çözümü üzerine bir uygulama. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 2010; 19(3): 423–438.

- Dikmen H., Dikmen H., Elbir A., Ekşi Z., Çelik F. Gezgin satıcı probleminin karınca kolonisi ve genetik algoritmalarla eniyilemesi ve karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2014; 18(1): 8–13.
- Ertuğrul İ., Özçil A. Siyasi parti mitinglerinin gezgin satıcı problemi yaklaşımı ile analizi. Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi 2016; 4(4): 223–238.
- Eskandari L., Jafarian A., Rahimloo P., Baleanu D. Mathematical methods in engineering. New York: Springer; 2018.
- Fairee S., Khompatraporn C., Prom-on S., Sirinaovakul B. Combinatorial artificial bee colony optimization with reinforcement learning updating for travelling salesman problem. 16th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 10-13 Haziran 2019, Pattaya, Tayland.
- Flood MM. The traveling-salesman problem. Operations Research 1956; 4(1): 61–75.
- Fujimura T. Quantum algorithm for traveling salesman problem by quarter method. Global Journal of Pure and Applied Mathematics 2020; 16(5): 711–721.
- Gao W. New ant colony optimization algorithm for the traveling salesman problem. International Journal of Computational Intelligence Systems 2020; 13(1): 44–55.
- Gülcü Ş., Mahi M., Baykan ÖK., Kodaz H. A parallel cooperative hybrid method based on ant colony optimization and 3-Opt algorithm for solving traveling salesman problem. Soft Computing 2018; 22 (5): 1669–1685.
- Gülcü SD., Örnek HK. Solution of multiple travelling salesman problem using particle swarm optimization based algorithms. International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering 2019; 7(2): 72–82.
- Gülmez B., Kulluk S. Social spider algorithm for training artificial neural networks. International Journal of Business Analytics (IJBAN) 2019; 6(4): 32-49.
- Ha QM., Deville Y., Pham QD., Hà MH. A hybrid genetic algorithm for the traveling salesman problem with drone. Journal of Heuristics 2020; 26(2): 219–247.
- Held M., Karp RM. The traveling-salesman problem and minimum spanning trees. Operations Research 1970; 18(6): 1138–1162.
- Hussain A., Muhammad YS., Nauman Sajid M., Hussain I., Mohamd Shoukry A., Gani S. Genetic algorithm for traveling salesman problem with modified cycle crossover operator. Computational Intelligence and Neuroscience 2017; 2017(1): 7430125.
- Karaboga D., Gorkemli B. Solving traveling salesman problem by using combinatorial artificial bee colony algorithms. International Journal on Artificial Intelligence Tools 2019; 28(1): 1950004.
- Karagül K. Prüfer-karagül algoritması: gezgin satıcı problemi için yeni bir yaklaşım. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 2019; 6(2): 452–470.
- Karagül K. Gezgin satıcı problemi için yeni bir çözüm yaklaşımı: TPORT. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi 2019; 21(63): 819–832.

- Khan I., Maiti MK. A swap sequence based artificial bee colony algorithm for traveling salesman problem. *Swarm and Evolutionary Computation* 2019; 44(1): 428–438.
- Khan I., Pal S., Maiti MK. A modified particle swarm optimization algorithm for solving traveling salesman problem with imprecise cost matrix. *4th International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)*, 15-17 Mart 2018, New York, ABD.
- Liao E., Liu C. A hierarchical algorithm based on density peaks clustering and ant colony optimization for traveling salesman problem. *IEEE Access* 2018; 6(1): 38921–38933.
- Little JDC., Murty KG., Sweeney DW., Karel C. An algorithm for the traveling salesman problem. *Operations Research* 1963; 11(6): 972–989.
- Moon C., Kim J., Choi G., Seo Y. An efficient genetic algorithm for the traveling salesman problem with precedence constraints. *European Journal of Operational Research* 2002; 140(3): 606–617.
- Nuriyeva F., Kizilateş G. Gezgin satıcı problemi için merkezden kenarlara hipersezgisel yöntem. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2016; 20(2): 319-323.
- Osaba E., Ser JD., Sadollah A., Bilbao MN., Camacho D. A discrete water cycle algorithm for solving the symmetric and asymmetric traveling salesman problem. *Applied Soft Computing* 2018; 71(1): 277–290.
- Özkır ÇV., Topçu B. Application of the random key based electromagnetism-like heuristic for solving travelling salesman problems. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences* 2018; 24(1): 76–82.
- Pamosoaji AK., Setyohadi DB. Novel graph model for solving collision-free multiple-vehicle traveling salesman problem using ant colony optimization. *Algorithms* 2020; 13(6): 153-172.
- Pandiri V., Singh A. An artificial bee colony algorithm with variable degree of perturbation for the generalized covering traveling salesman problem. *Applied Soft Computing* 2019; 78(1): 481–495.
- Pulat M., Kocakoç İD. Gezgin satıcı probleminin çözümünde kullanılan genetik algoritmanın parametrelerinin incelenmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi* 2017; 19(1): 21–36.
- Pulat M., Kocakoç İD. Gezgin satıcı probleminin genetik algoritmalar kullanarak çözümünde çaprazlama operatörlerinin örnek olaylar bazlı incelenmesi. *İzmir İktisat Dergisi* 2019; 34(2): 225–243.
- Rokbani N., Kumar R., Abraham A., Alimi AM., Long HV., Priyadarshini I. Bi-heuristic ant colony optimization-based approaches for traveling salesman problem. *Soft Computing* 2020; 25(5): 1–20.
- Şahin Y. Sezgisel ve metasezgisel yöntemlerin gezgin satıcı problemi çözüm performanslarının kıyaslanması. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2019; 19(4): 911–932.

- Şahin Y., Karagül K. Gezin satıcı probleminin melez akışkan genetik algoritma (MAGA) kullanarak çözümü. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2019; 25(1): 106–114.
- Sharma S., Jain V. A novel approach for solving tsp problem using genetic algorithm problem. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2021; 1116(1): 012194.
- Tüker M., Ballı S., Pembeci İ. Çok etmenli sistemlerde netlogo ile karınca kolonisi optimizasyonu. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2013; 19(2): 88–96.
- Wang K. P., Huang L., Zhou CG., Pang W. Particle swarm optimization for traveling salesman problem. International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 27-28 Haziran 2022, Toyama, Japonya.
- Wang Y., Xu N. A hybrid particle swarm optimization method for traveling salesman problem. International Journal of Applied Metaheuristic Computing 2017; 8(3): 53–65.
- Whitley D. A genetic algorithm tutorial. Statistics and Computing 1994; 4(2): 65–85.
- Yildirim T., Kalayci CB., Mutlu Ö. Gezin satıcı problemi için yeni bir meta-sezgisel: kör fare algoritması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2016; 22(1): 64–70.
- Zhong Y., Lin J., Wang L., Zhang H. Hybrid discrete artificial bee colony algorithm with threshold acceptance criterion for traveling salesman problem. Information Sciences 2017; 421(1): 70–84.
- Zhong Y., Lin J., Wang L., Zhang H. Discrete comprehensive learning particle swarm optimization algorithm with metropolis acceptance criterion for traveling salesman problem. Swarm and Evolutionary Computation 2018; 42(1): 77–88.