

## Çiğ Süt Dağıtımında Zeki Algoritmaların Kullanılması

Nihat ÇANKAYA<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, Konya, Türkiye

### Makale Bilgisi

Geliş Tarihi: 04.04.2024  
Kabul Tarihi: 22.07.2024  
Yayın Tarihi: 31.12.2024

### Anahtar Kelimeler:

Çiğ süt,  
Genetik algoritma,  
Karınca koloni algoritması,  
Optimizasyon.

### ÖZET

Bu çalışmada, günlük 30 farklı noktaya çiğ süt dağıtımı yapan bir kamyonet için, en kısa rotanın tespit edilmesi amacıyla genetik algoritma (GA) ve karınca kolonisi optimizasyonu algoritması (KCOA) kullanılmıştır. İki algoritmadan elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Firmanın kullandığı güzergahın 78.856 m iken, kullanılan her iki algoritma en kısa güzergahı 61.062 m olarak bulmuştur. KCOA kullanılarak bulunan rotaların ortalama uzunluğu 66.159 m iken GA her denemede 61.062 m uzunluğundaki en kısa rotayı bulmuştur. Önerilen rotanın kullanılması ile kat edilen mesafe %22,6 azalmıştır. Çalışma sonucunda, çiğ süt toplama ve dağıtım rotalarının belirlenmesinde GA ve KCOA kullanılabilirliği görülmüştür. GA ile bulunan rotaların uzunluklarının ortalaması, KCOA kullanılarak bulunanlara göre %7,7 daha kısadır. Süt maliyeti içerisindeki çiğ süt taşıma maliyeti %15-20 gibi yüksek bir paya sahiptir. Uygulamanın ülke genelinde yaygınlaştırılması taşıma maliyetlerini azaltarak süt maliyetinin düşülmesine katkı sağlayacaktır. Çalışma çiğ süt dağıtım süreci için yapılmıştır. Ancak süt toplama süreci de aynı karakteristik özelliklere sahiptir. Geliştirilen algoritmaların hem süt dağıtım hem de süt toplama süreçlerinde kullanılarak yaygınlaştırılması halinde sektörel operasyon maliyetleri azalacaktır. Azalan taşıma mesafesi ve taşıma zamanı sayesinde, bozulan süt miktarı azalacaktır, aynı araçla daha fazla süt toplama ve süt dağıtım imkânı oluşacaktır. Çiğ süt taşınmasında kullanılan araç sayısı, bakım ve akaryakıt giderleri, personel sayısı gibi maliyetler azalacaktır.

## Using Intelligent Algorithms in Raw Milk Distribution

### Article Info

Received: 04.04.2024  
Accepted: 22.07.2024  
Published: 31.12.2024

### Keywords:

Raw milk,  
Genetic algorithm,  
Ant colony algorithm,  
Optimization.

### ABSTRACT

In this study, genetic algorithm (GA) and ant colony optimization algorithm (AKO) were used to determine the shortest route for a truck that delivers raw milk to 30 different points daily. The data obtained from the two algorithms were compared. Both algorithms found the shortest route as 61,062 m while the route used by the company was 78,856 m. GA found the shortest route of 61,062 m in each trial while the average length of the routes found using AKO was 66,159 m. The distance covered decreased by 22.6% with the use of the suggested route. It was seen that GA and AKO could be used in determining raw milk collection and distribution routes as a result of the study. The average length of the routes found with GA was 7.7% shorter than those found using AKO. Raw milk transportation cost has a high share of 15-20% in milk cost. The widespread use of the application throughout the country will contribute to the reduction of milk cost by reducing transportation costs. The study was conducted for the raw milk distribution process. However, the milk collection process also has the same characteristics. Sectoral operation costs would decrease in case of the developed algorithms are used and spread in both milk distribution and milk collection processes. Thanks to the reduced transportation distance and transportation time, the amount of spoiled milk will decrease, and it would be possible to collect and distribute more milk with the same vehicle. Costs such as the number of vehicles used in raw milk transportation, maintenance and fuel expenses, and the number of personnel would be reduced.

### To cite this article:

Çankaya, N. (2024). Çiğ süt dağıtımında zeki algoritmaların kullanılması. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(3), 525-542. <https://doi.org/10.47112/neufmbd.2024.63>

\*Sorumlu Yazar: Nihat Çankaya, [ncankaya@erbakan.edu.tr](mailto:ncankaya@erbakan.edu.tr)



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## GİRİŞ (INTRODUCTION)

TÜİK verilerine göre 2022 ve 2023 yıllarında üretilen çiğ süt miktarı sırasıyla 21.563.492 ton ve 21.481.567 ton olarak gerçekleşmiştir. Üretilen sütün yaklaşık olarak yarısı üreticiden toplanarak sanayiye aktarılmış ve fabrikalarda işlenmiştir. Günlük toplanan süt miktarı yaklaşık 30.000 tondur. Süt toplama işi kamyonlarla yapılmakta olup kamyon başına günlük toplanan süt miktarı ortalama 13.8 ton civarındadır. Her gün 5.000 civarında süt toplama merkezinden yaklaşık 2.200 kamyon süt toplamaktadır. Her bir süt toplama merkezinin ortalama kapasitesi ise günlük 6 ton olarak gerçekleşmiştir [1-3]. Çiftliklerden ve mandıralardan toplanan sütler süt toplama merkezlerine getirilmekte ve buradan fabrikalara taşınmaktadır. Bazı işletmeler ise doğrudan mandıralardan süt toplamaktadır. Çiğ süt ile ilgili yasal düzenlemelere göre, süt sağımdan sonra 2 saat içinde toplanmayacak ise 8 °C'ye, günlük toplanacak ise 8 °C'nin altına, günlük toplanmayacak ise 6 °C'nin altına soğutulmalıdır. Sütün işleme ve üretim tesisine taşınırken sıcaklığının 10 °C'yi geçmemesi sağlanmalıdır. Ülkemizde, süt toplama tesisleri ve çok büyük işletmeler dışındaki süt üreticilerinde soğutma tesisi bulunmamaktadır. Süt toplayan kamyonlarda soğutma altyapısı yoktur ve süt sıcak olarak taşınmaktadır. Bu durumda sütün, ilgili mevzuata göre mandıradan 2 saat içerisinde toplama merkezine getirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple, bozulan süt miktarının azaltılması için çok ciddi lojistik organizasyon gerekmektedir. Bu zaman darlığı sebebiyle, araçlar çok az miktarda süt toplayabilmekte, toplama işi yapan kamyonet ve personel sayısı artmaktadır. Türkiye'deki mandıraların kapasitesinin düşük oluşu bu taşıma işleminin maliyetini daha da artırmaktadır. Türkiye'de mandıra başına sağmal inek sayısı 4,4 adet, Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde 36,3 adet, günlük mandıra başına süt üretimi ise Türkiye'de 35 kg, AB'de ise 658 kg olarak gerçekleşmiştir [4]. Mandıralardan süt toplama merkezlerine süt toplanması işi küçük kamyonetlerle yapılmakta, mandıra başına ortalama günlük süt üretiminin çok düşük olması sebebiyle, çok sayıda kamyonetin küçük kapasitelerle ve oldukça yüksek maliyette süt toplama işi yaptığı görülmektedir. Rakamlar, süt toplama işleminde ciddi bir lojistik ve izlenebilirlik probleminin varlığını göstermektedir. Bunda mandıraların belirli bir bölgede değil, rastgele ve dağınık yerleşiminin de payı büyüktür. Türkiye'de bir litre çiğ süt fiyatı 0,42-0,43 Euro, AB'de 0,28-0,30 Euro, ABD'de ise 0,30 USD civarındadır. Süt toplama lojistiğinde çeşitli performans ölçüleri tanımlanmaktadır. Bunlardan birisi 100 litre çiğ süt toplamak için km cinsinden gidilen mesafedir ve bu değer Fransa'da ortalama 1.25 km'dir. Başka bir ölçü ise her bir km için toplanan süt miktarıdır ve bu değer Fransa için 80 litredir. Yukarıda bahsedilen koşullara bağlı olarak Türkiye'de süt toplama işleminin maliyeti yüksektir. Türkiye'de çiğ süt toplama işleminin maliyeti süt fiyatının %15-20'sini oluştururken, Fransa'da %5, Portekiz'de % 10'unu oluşturmaktadır [5-8].

Üretilen çiğ sütlerin tamamı fabrikalar tarafından toplanmamaktadır. Bu sütlerin bir bölümü üretildiği mandırada başka süt ürünlerine çevrilmektedir. Bir bölümü ise çiğ süt olarak doğrudan son tüketicilere satılmaktadır. Büyük mandıralarda üretilen süt fabrikalara satılırken, küçük mandıralar ürettiği sütü son kullanıcıya satma eğilimindedir. Bunun en önemli sebebiyse fabrikalara toptan verilen sütün fiyatı ile son tüketiciye verilen sütün fiyatı arasındaki büyük farktır. Küçük mandıralarda üretilen süt, şehir içinde dolaşarak satılacak kadar az olduğu için, işletmeler gelirlerini artırmak için sütü kendileri satmaktadırlar. Beslenme alışkanlıklarındaki değişimler ve yeni alışkanlıklar sütün çiğ olarak alınması hatta çiğ tüketilmesi gibi yeni trendler oluşturmaktadır. Bu durum çiğ süt dağıtım sektörünün güçlü kalmasını sağlamaktadır. Çiğ süt dağıtılması süreci, çiğ sütün toplanmasında uyulması gereken aynı yasal düzenlemelere tabidir [9-11].

Yukarıda bahsedilen verilerden, süt sektöründe sütün toplanması, dağıtılması ve taşınmasının ciddi bir maliyet teşkil ettiği görülmektedir. Süt toplayan ve süt dağıtan kamyonetlerin güzergâhlarının kısaltılması nakliye maliyetinin azaltılması için en etkili çözümlerden biri olacaktır. Mevcut durumda, kamyonetlerin süt toplarken ve dağıtırken izleyecekleri güzergâhın belirlenmesinde herhangi bir teknoloji kullanılmamakta olup süreç tamamen şoförlerin inisiyatifindedir. Bu güzergâhın

belirlenmesinde optimizasyon yöntemleri kullanılması halinde çok daha kısa taşıma mesafelerinin elde edilmesi ve taşıma giderlerinin düşürülmesi mümkündür. Süt toplama işleminin maliyeti, süt maliyetini etkileyen önemli parametrelerden birisidir. Çiftliklerde üretilen sütlerin kalitesi birbirinden farklıdır. Süt toplamada işlemin iki yaygın metot vardır. Birinde, kalitesi ne olursa olsun tüm sütler harmanlanarak (karıştırılarak) toplanır. Diğerinde ise farklı kalitede sütler ayrı ayrı toplanır. Sütün hangi şekilde toplanacağını belirleyen, kaliteli sütün fiyatı ile taşıma maliyeti arasındaki ilişkidir [12-14]. Çiftliklerde üç farklı kalitede süt üretilmektedir. Her kalite sınıfı için belirli standartlar bulunmaktadır. Çiftliklerden alınan süt, kamyon ile toplanmaktadır. Sütler kalitelere göre ayrı ayrı araçlarla toplanabileceği gibi, farklı kalitedeki sütler tek araçla toplanıp birbirine karıştırılabilir [15-17]. Sütlerin karıştırılması süt kalitesini en düşük kaliteye indirecektir. Kaliteli sütlerin daha az kalitelilerle karışması geliri bir miktar düşürmektedir. Ancak süt toplama maliyetindeki azalma sebebiyle toplamda daha fazla gelir elde edilmiş olmaktadır. Bu çalışmada en yaygın süt toplama metodunun sütün kalite sınıflarına ayrılmadan aynı tank içinde karıştırılarak toplanmasıdır. Toplanan süt fabrikalarda doğru bir sınıflandırmaya tabi tutulduğu sürece, karıştırarak toplamayı kısıtlayan hiçbir kanuni düzenleme bulunmamaktadır. Bakteriyel limitler, somatik hücre sayısı veya yağ içeriği ile ilgili düzenlemelere uyulduğu sürece, karıştırılarak toplama yapılabilir [18,19]. Ancak sütlerin kalitesine göre ayrı bölmelere alınarak toplandığı çok sayıda uygulama da mevcuttur [20-23].

Zeki optimizasyon algoritmaları, mühendislikte çok geniş bir uygulama alanına sahiptir [24-30]. Bu algoritmaların, araçlarla süt toplama süreci gibi uygulamalara çözüm bulma amacıyla kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Yeni Zelanda, Norveç, Hollanda, Yunanistan, Kanada gibi ülkelerde aynı probleme çözüm geliştirmek için bu mantıkla yapılan çok sayıda uygulama mevcuttur. Bu uygulamaların amacı, başta sütün kalitesinin korunması olmak üzere, teslim süresinin kısaltılması, kamyonların en az seyahat masrafıyla depolara geri dönmesi, yakıt tüketiminin ve bakım masraflarının azaltılması, mevsimsel değişimlerin etkisinin azaltılması, CO<sub>2</sub> salınımının azaltılması gibi sıralanabilir [31-37].

Türkiye’de süt toplama merkezlerinin kapasiteleri düşüktür. Bu sütlerin dağıtımı, deposunda süt soğutma düzeneği olmayan hafif ticari araçlarla yapılmaktadır. Gerek her bir noktaya dağıtılan süt miktarının azlığı gerekse mesafelerin uzak olması, dağıtım süresini uzatarak sütün bozulmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple hafif ticari süt dağıtım araçlarından vazgeçilerek soğutucusu olan kamyonlara doğru bir yönelme vardır. Bu durum dağıtım maliyetlerini daha fazla artırmaktadır [1,3,5].

Bu çalışmanın amacı, zeki algoritmaların desteğiyle, seyahat mesafe ve sürelerini kısaltarak, çiğ süt dağıtım işinin hafif ticari araçlarla yapılabilirliğini devam ettirmektir. Bu sayede yatırım ve işletme maliyeti yüksek olan soğutuculu kamyon kullanım zarureti mümkün olduğunca ortadan kaldırılacak, süt birim fiyatındaki taşıma maliyeti yükü hafifleyecektir. Çalışmada, bir mandırada üretilen sütleri çiğ olarak çok sayıda müşteriye dağıtan bir firma için en kısa süt dağıtım güzergâhının GA ve KKOA kullanılarak tespit edilerek dağıtım maliyetlerinin düşürülmesi amaçlanmıştır.

## **TEORİ (THEORY)**

Süt toplama ve dağıtım sürecine yapılabilecek en önemli katkı güzergâhın kısaltılmasıdır. Bunun için optimum yolun bulunması gerekmektedir. Yolun kısaltılması, süt kalitesini artıracak, taşıma esnasında bozulan süt miktarını azaltacaktır. Süt taşıma aracı kısaltılan süre sebebiyle daha çok noktaya süt verebilecektir. En kısa güzergâhın tespit edilmesi, optimizasyon literatüründe gezgin satıcı problemi (GSP) olarak yer almaktadır. GSP, aralarındaki uzaklığı bilinen n adet şehrin her birine sadece bir defa uğramak ve başlangıç şehrine geri dönmek koşuluyla, seyahat boyunca alınan mesafenin en kısa olacağı şehir sıralamasının bulunması problemidir. Bu problemin çok geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. GSP, çözümü zor (NP-Hard) kategoride değerlendirilen bir problemidir. Burada, şehirler düğümlerle gösterilir. Yollar ise hatları oluşturur. Problemin çözümü, en düşük maliyetli yolun bulunmasına karşılık

gelmektedir. Bu çözüm başladığı noktaya geri dönen kapalı bir güzergâhtır. En düşük maliyet sonucu, en kısa güzergâh, en düşük zaman, en az yakıt sarfiyatı gibi bileşenlerin birini ya da birkaçını amaçlıyor olabilir. Artan düğüm sayısı, çözüm olasılıklarını artırdığı gibi, çözüm için gerekli zaman da üstel olarak artmaktadır [31,38].

GSP probleminde, ilk şehir belli ise gidilmesi mümkün olan tüm yolların sayısı (Hamilton yolları) kalan  $(n-1)$  adet şehrin kendi arasında yer değiştirmesine eşittir. Yani  $(n-1)!$  kadardır. Bir problem için oluşan tüm kombinasyonları tek tek denemek mümkün olmayacaktır. Bu sebeple bu tür problemlerin çözümü için tüm çözüm alternatiflerini tek tek denemek yerine sezgisel ve meta sezgisel yöntemler kullanılması en etkili yoldur. Elde edilen çözümün en iyi çözüm olduğu kesin olmamakla beraber kabul edilebilir ve optimum bir çözüm olduğu açıktır. Geliştirilen yeni optimizasyon yöntemlerinin birbirlerine göre üstünlüklerini göstermek için de araştırmacılar tarafından GSP bir test alanı olarak kullanılmaktadır [20,21]. GSP birçok gerçek hayat problemine uygulanmakla birlikte en çok yol ve rota planlama gibi konularda kullanılmaktadır. GSP başlıca uygulama alanları; baz istasyonu kurulacak noktaların seçilmesi, ulaşım, nakliye, lojistik süreçlerinin ayarlanması, üretim akış sistemlerinin oluşturulması, her türlü araç rotası belirleme problemleri, depolarda bulunan vinçler için güzergah belirlenmesi, stok sahalarından ürün toplanması, uçakların uçuş rotalarının ve havaalanlarının seçilmesi, elektronik kartlar için baskı devresi geliştirilmesi, baskı ve matbaa işlerinin planlanması, kablolama, fabrikalarda makine ve hatların yerleşimi, sipariş alma gibi listelenebilir [34,39,40].

GSP, bir tam sayılı doğrusal programlama modeli ile ifade edilebilir.  $x_{ij}$ ,  $i$  düğümünden  $j$  düğümüne hareket edilip edilmeyeceğini belirleyen ikili bir karar değişkeni ve  $N$  düğüm sayısı olmak üzere model aşağıdaki gibidir [41]:

$$\min z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = 1; j = 1, \dots, N \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = 1; i = 1, \dots, N \quad (3)$$

$$u_i - u_j + N x_{ij} \leq N - 1; \forall i, j; i \neq j \quad (4)$$

$$u_j \geq 0; \forall j \quad (5)$$

$$x_{ij} \in [0,1]; \forall i, j \quad (6)$$

Yukarıda verilen denklemlerde (1), toplam maliyetin minimize edilmesi için amaç fonksiyonudur. (2) ve (3),  $i - j$  yolunun güzergahta kullanılıp kullanılmadığını gösteren kısıtlardır. (4), iç içe alt turların oluşmasını engellemektedir. (5), değişkenleri tanımlamaktadır. (6), ikili değişken olarak tanımlanan karar değişkenini göstermektedir [41,42].

Amaç fonksiyonu değişikliği ya da farklı kısıtlar kullanılarak değişik tiplerde GSP'ler oluşturulmuştur. Bunlardan bazıları, simetrik, asimetrik, kârlı, zaman pencereli, belirsiz, iki depolu heterojen, çoklu, dinamik, genelleştirilmiş, açık döngülü GSP'ler olarak listelenebilir. GSP çözümünde önceleri klasik metotlar kullanılmıştır. Bunlar kesin ve sezgisel yöntemlerdir. Çözüm uzayı eğer çok büyürse klasik metotlar yetersiz gelmekte olup bu durumlarda popülasyon temelli algoritmalar kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan iki algoritma olan GA ve KKO bu türden algoritmalardır [37,43].

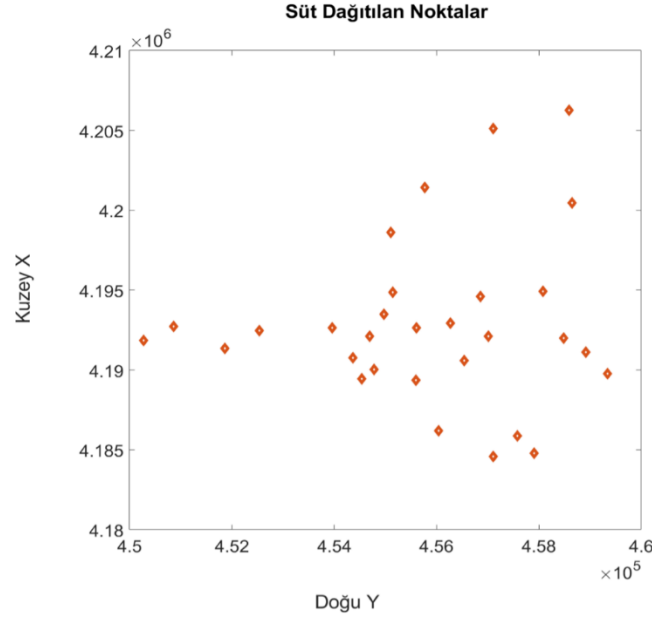
## MATERYAL VE METOD (MATERIALS AND METHOD)

Bu çalışmada, mandırada üretilen çiğ sütü müşterilerine dağıtan bir firma (STB, Karaman Caddesi No:510/A, Konya, Türkiye) için, en kısa dağıtım güzergahı, zeki algoritmalar kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Mandırada, sabah 120 litre ve akşam 80 litre olmak üzere günde ortalama 200 litre süt üretilmektedir. Üretilen süt, tek araçla, sabah 30 farklı noktaya akşam ise 18 farklı noktaya dağıtılmaktadır. Bu çalışmada sabah süt dağıtımı yapılan 30 noktadan oluşan güzergahın optimizasyonu yapılmıştır. Tablo 1’de süt dağıtımı yapılan noktaların evrensel enlem merkatörü formatında Y ve X koordinatları verilmiştir. Şekil 1’de ise aynı düğüm noktalarının yine evrensel enlem merkatörü formatında koordinatlarının harita üzerindeki yerleşimi görülmektedir.

**Tablo 1**

*Süt dağıtılan noktaların evrensel enlem merkatörü formatında koordinatları*

<b>Noktalar</b>	<b>Bölge</b>	<b>Doğu Y</b>	<b>Kuzey X</b>
P1	36S	457583	4185865
P2	36S	457106	4184589
P3	36S	457908	4184798
P4	36S	456537	4190593
P5	36S	459339	4189774
P6	36S	458917	4191133
P7	36S	458487	4191997
P8	36S	457013	4192117
P9	36S	455601	4189360
P10	36S	454536	4189439
P11	36S	454777	4190025
P12	36S	454365	4190754
P13	36S	455603	4192647
P14	36S	454696	4192100
P15	36S	453964	4192649
P16	36S	454975	4193493
P17	36S	455144	4194873
P18	36S	456275	4192930
P19	36S	455105	4198625
P20	36S	455766	4201435
P21	36S	458650	4200450
P22	36S	458586	4206271
P23	36S	457103	4205121
P24	36S	452533	4192469
P25	36S	450862	4192732
P26	36S	450274	4191840
P27	36S	451865	4191360
P28	36S	456039	4186201
P29	36S	456859	4194591
P30	36S	458083	4194938



### Şekil 1

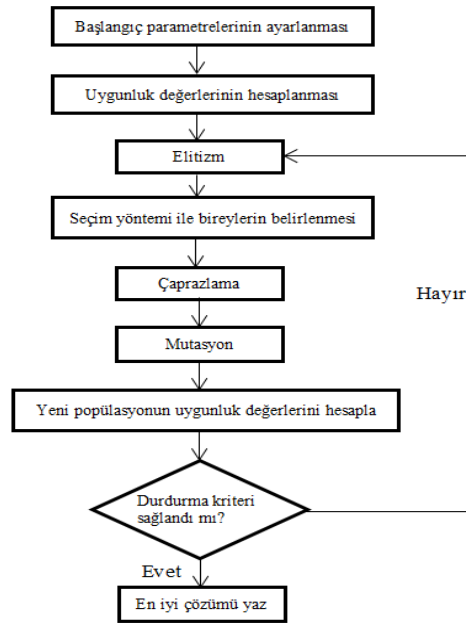
*Süt dağıtılan noktaların koordinat sisteminde haritalanması*

Firmaya ait araç P1 noktasında bulunan mandıradan başlayarak tüm noktalara uğramakta ve en son başladığı noktaya geri dönmektedir. Bu çalışmada literatürde erişilebilen ve yaygın olarak kullanılan GA kodları [44,45] ve KKOAA kodları [46,47] baz alınarak çalışmalar yapılmıştır. Kullanılan algoritmalar ile ilgili genel literatür bilgi aşağıda verilmiştir.

### GA (GA)

GA, 1975'te John Holland tarafından geliştirilmiştir [48]. Bu algoritma doğada var olan genetik adaptasyondan esinlenmiştir. David Goldberg tarafından 1989 yılında yapılan çalışmayla birlikte çok yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 2'de GA akış şeması verilmiştir [49,50].

GA lineer olmayan problemlerin çözümünde kullanılabilecek özelliğindedir. GA çok sayıda değişkeni olan zor problemler için popülasyon temelli meta sezgisel bir metottur [50]. Ön bilgi ya da varsayımlara ihtiyaç duymadan sadece amaç fonksiyonu ile GA kullanılabilir. GA işleyişinde kromozom ve genler örnek alınmaktadır. Değişkenler kromozom benzeri dizilerdeki genler gibi tutulmaktadır. Her değişken kullanılan kodlamaya bağlı olarak tek başına ya da bir grup genle temsil edilmektedir. GA 'da yürütülen iterasyonlarda, kromozomlarda çeşitli değişiklikler yapılmakta ve optimum çözüm noktası bulunmaya çalışılmaktadır. Bu değişiklikler için genetik operatörler kullanılmaktadır. Bu operatörler, başlangıç popülasyonunun seçilmesi, çaprazlama ve mutasyon ile en iyi çözümün seçilmesi gibi sıralanabilir. GA'da; ikili kodlama, gerçek değerli kodlama ve permütasyon kodlama gibi çeşitli kodlama tipleri kullanılabilir mevcuttur. İkili kodlamada genler 0 ve 1 değerlerinden oluşur ve ikili sistemde temsil edilir. Değişkenlerin kendi sayısal değerleri ile ifade edildiği kodlama tipi ise gerçek değerli kodlama olarak adlandırılır. Permütasyon kodlamada ise önemli olan sıralamadır ve tekrara müsaade edilmeyen GSP gibi problemlerin çözümünde kullanılır. GA popülasyon temelliyse,



**Şekil 2**

*GA akış şeması*

en iyi çözümün aranması ilgili çözüm uzayına ait bir noktada değil noktalar kümesiyle gerçekleştirilmektedir. Öncelikle belli miktarda bir kromozom kullanılarak popülasyon oluşturulur. Çözüme ilkel bir başlangıç popülasyonu kullanılarak başlanır. Başlangıç popülasyonu rastgele seçim esaslarına ya da çok basit seçim tekniklerine bağlı olarak oluşturulur. Genlerde bulunan değişkenler, fonksiyonda işlenerek kromozom uygunluk değeri hesaplanır. Bundan sonra seçim operatörü devreye girer. Doğada var olan iyi ve güçlülerin hayatta kalması zayıf olanların ise elenmesi işlemine benzer şekilde iyi olanlar seçilirken diğerleri elenir. Burada da değişik seçim metotları bulunmaktadır. En çok kullanılanlar rulet tekerleği, stokastik örnekleme, turnuva, sıralı seçim yöntemi gibi sıralanabilir [51]. Daha sonra çaprazlama operatörünün sırası gelir. Çaprazlamada amaç iki bireyin de farklı özelliklerini taşıyan daha iyi nesil elde etmektir. Bu şekilde daha yüksek uygunluk değerinde çözüm alternatifleri üretilmektedir. İkili kodlamada tipinde daha çok tek, iki ve çok noktalı çaprazlama kullanılmaktadır [52]. Permütasyon kodlamada ise sıralı [49], pozisyona dayalı ve dairesel çaprazlama yaygındır [53]. Gerçek değerli kodlamada, kesikli üretim, çizgi üretim, aritmetik çaprazlama kullanılır. Mutasyon operatörü ise tekrar erişilmesi mümkün olmayan çözüm alternatiflerinin kaybına karşı geliştirilmiş olup çok düşük bir olasılıkla rastgele bir gende yapılan tesadüfi değişikliklerdir [50]. Değişken ikili ise, değerin; 0 ise 1'e, 1 ise 0'a çevrilmesinden ibarettir. Permütasyon kodlamadaysa birçok mutasyon çeşidi vardır. Bunlar toplu kaydırma, yakın kaydırma, uzak kaydırma, sıralı değişim, tesadüfi değişim gibi sıralanabilir. Gerçek değerli kodlamada, değişken içeriği kararlaştırılan mutasyon adımı miktarınca azaltılır ya da eşit olasılıkla artırılır. Bu şekilde, başlangıç popülasyonuna genetik operatörler uygulanarak yeni bir jenerasyon elde edilir. Gerekli tamamlanma koşulu sağlanıncaya kadar yeni popülasyonlar üretilmeye, iyiler seçilerek kötüler elenmeye devam eder. Elde edilen en iyi çözüm sonuç olarak verilir [54].

GA araştırmaları genellikle fonksiyon optimizasyonu ile ilgilidir. GA, geleneksel optimizasyon tekniklerinin baş edemediği zor, ayrık ve gürültülü fonksiyonları çözme konusunda daha etkilidir. Eğer optimize edilmesi gereken uygunluk fonksiyonu ayrık ise, kesikli noktalarda fonksiyonun türevi alınmaz ve bu yüzden türeve dayalı optimizasyon yöntemleri kullanılamaz. Ancak GA, problemleri çözmek için türeve ya da diğer yardımcı bilgilere ihtiyaç duymaz, bu nedenle özellikle bu tür problemleri çözerken geleneksel yöntemlere göre büyük bir avantaj sağlar [55,56].

GA bileşenleri; çözümün temelini oluşturan bir ya da birkaç bitlik bloklardan oluşan gen, problem için olası bir çözümü temsil eden ve kromozom olarak da adlandırılan birey, bireylerden oluşan topluluk (popülasyon), bir fonksiyon ile hesaplanarak çözümün kalitesini belirleyen uygunluk (fitness), muhtemel çözümlerin farklı bölümlerini birleştirerek gerçekleştirilen mutasyon, olarak listelenebilir.

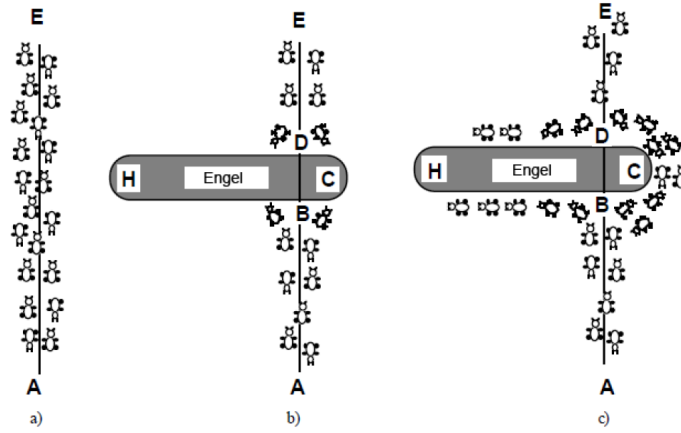
GA parametreleri ise birey sayısı, birey seçim yöntemi, çaprazlama olasılığı, mutasyon olasılığı değerleridir. Birey sayısı, oluşturulan popülasyonda kaç adet birey bulunacağını belirleyen parametredir. Birey sayısı az olursa yerel maksimum ve minimumlara takılma ihtimali artarken çok olduğunda işlem süresi uzamaktadır. GA, sezgisel yöntem olup birey sayısı da sezgisel olarak belirlenir. Birey seçim yöntemi, çaprazlamada hangi yöntemin seçileceğini belirleyen parametredir. Yaygın kullanılan yöntemleri, rulet seçim yöntemi, sıralama seçim yöntemi ve turnuva seçim yöntemidir. Çaprazlama olasılığı, yeni neslin oluşumunda seçilen bireylerin çaprazlama işlemine tutulma sıklığını belirleyen olasılıktır. Buna göre bireyler çaprazlanır ya da doğrudan sonraki nesle aktarılır. Çaprazlama olasılığının düşük olması, yeni neslin mevcut nesilden farkını azaltır, çözüm sürecini uzatır. Çaprazlama olasılığı için ideal değerler 0,7 ya da 0,75 olarak belirtilir. Mutasyon olasılığı, mutasyon işleminin sıklığını belirleyen olasılıktır. Buna göre bireyler mutasyona tabi tutulur veya doğrudan sonraki nesle aktarılır. Mutasyon olasılığı değeri çok yüksek ise optimum çözüme erişmek zorlaşır. Düşük ise çözüme ulaşmak gecikir. İdeal mutasyon oranı değeri 0.001 olarak yaygın kullanılır [57-59].

### **KKOA (KKOA)**

Bu algoritma 1992 yılında Marco Dorigo tarafından geliştirilmiş ve doktora tezi olarak sunulmuştur [60]. KKOA genellikle GSP üzerine uygulamaları ile literatürde yer bulmuştur. KKOA, karınca davranışlarını referans alınarak, besin ve yön bulma davranışlarından kurgulanmış meta sezgisel bir yöntemdir. Karıncalar yiyecek ile kendi yuvaları arasında en küçük mesafeye sahip olan bir rota izlemektedir. Gittikleri her güzergâha da feromon denilen bir kimyasal bırakarak bu yolları işaretlemektedirler [61]. KKOA, gidilebilecek yolları araştırarak problemlerin çözümünde kullanılan olasılıksal bir tekniktir. İlham kaynağı gerçek karıncalardır. Karıncalar, besin ararken kullanacakları yolları, bu yolu daha önceden kullanan karıncaların bıraktığı feromon sayesinde belirlerler. Feromon, bir kimyasal madde olup, karıncaların bacaklarından salgılanır. Bu salgı bir süre yol üzerinde kalmakta ancak zamanla buharlaşarak azalmakta ve ortadan kaybolmaktadır. İlk önce karıncalar rastgele yollardan harekete başlarlar. Ancak en kısa yolu kullanan karıncalar daha kısa sürede yuvaya dönerler. Bu karıncalar yuvaya döndüklerinde, yola feromon bırakmış olurlar. Uzun yolu kullanan karıncalar henüz dönemedikleri için dönüş yoluna bıraktıkları feromon henüz yoktur. Yeni yola başlayan karıncalar kısa yolu kullanan karıncaların bıraktığı feromon sebebiyle feromon miktarı fazla olan kısa yola doğru yönelirler. Şekil 3'te karıncaların davranışı görülmektedir [49]. Eşit uzunluktaki yolda karıncalar yolları aynı oranda kullanır (Şekil 3a). Bir engel oluşturularak yolun uzaması halinde (Şekil 3b), oluşan gecikme yüzünden bu yoldaki feromon azalır. Bu sebeple uzun yolu kullanan karınca sayısı azalırken (Şekil 3c) kısa yolu kullanan karınca sayısı hızla artar. Zaman ilerledikçe, kısa mesafeli rotalarda feromon miktarı artmakta ve bu yolu kullanan karınca sayısı artmaktadır. Uzun yollarda ise feromon artmadığı için kullanan karınca sayısı azalmaktadır. Buharlaşma etkisi ile gitgide daha az feromon kalmaktadır. Bir süre sonra bu yolu kullanan karınca kalmayacaktır [62,63]. Başlangıç çözümü olarak bir grup yapay karınca rastgele yollar kullanarak seyahatlerine başlamakta ve tamamlanan tur sonunda yuvaya geri dönmektedir. Kullanılan yollar üzerine feromon bırakılmaktadır. İlk turun ardından ikinci tur başlamakta, bu turda kısa yollar üzerinde daha fazla feromon olduğundan kısa yollar daha fazla tercih edilir olmaktadır. Her turun sonunda, belirlenen oranda bir buharlaşma hesap edilerek feromon miktarı buna göre yeniden güncellenmektedir. Bu şekilde kötü çözümler ortadan kalkmakta, feromon miktarının fazla olduğu güzergâhlar ise en iyi çözüm olarak sunulmaktadır. Böylece algoritma lokal minimumlara takılmadan çözüm arayışını sürdürmektedir. Feromon güncellemesi sayesinde daha iyi çözüm üreten rotaya feromon eklenerek bu yolun daha cazip hale getirilmesi sağlanmaktadır. Bulunan en iyi çözüm



sonuç olarak sunulmaktadır [64]. Gezgın satıcı problemlerinde çok kullanılan bir algoritmadır. Su damlası algoritması gibi yeni nesil çok farklı algoritmalar da bu tür problemlerin çözümünde kullanılmaktadır [65].



**Şekil 3**

*Gerçek karıncalar ile bir örnek*

KKOA ayrıık optimizasyon problemlerini çözmeye yaygın olarak kullanılan model tabanlı arama algoritmaları sınıfındandır [55,66]. Kolonideki karınca sayısı ( $n$ ), arama işleminin kaç defa yapılacağını belirleyen iterasyon sayısı, düğümlerin arasında bulunan feromon miktarlarının önem derecesini ortaya koyan feromon kuvvetlendirme oranı ( $\alpha$ ), düğümler arası uzaklığın önemini derecelendiren sezgisellik kuvvetlendirme oranı ( $\beta$ ), işletilen her iterasyonun sonunda düğümlerin arasında bulunan feromonların ne kadar buharlaşacağını belirleyen feromon buharlaşma oranı ( $\rho$ ), başlıca KKOAA parametreleridir. KKOAA'da kaç karınca kullanılacağı öncelikle belirlenir. Karıncaların her biri her bir düğümü tek tek dolaşmak üzere, herhangi bir düğüme rastgele yerleştirilir. Bir düğümden sonrakine gidebilmenin matematiksel denklemi (7) deki gibidir [59,67,68].

$$P_{ij}^l = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N_i^l} [\tau_{il}]^\alpha [\eta_{il}]^\beta}, \text{ eğer } j \in N_i^l \quad (7)$$

Burada;  $P_{ij}^l$ ,  $l$  karıncası için  $i$  düğümünden  $j$ 'ye geçme olasılığıdır.  $\tau_{ij}$ ,  $i$  düğümü ile  $j$  düğümü arasında bulunan feromonun değeridir.  $\eta_{ij}$ ,  $i$  düğümü ile  $j$  düğümü arasında bulunan sezgisel değerdir.  $\alpha$  feromon katsayısıdır.  $\beta$  sezgisel katsayıdır.  $N$  düğümler kümesidir. KKOAA işletim sırası adımları aşağıdaki gibidir [59]:

- 1) Sayısı belirlenen karıncalar düğümlere rastgele yerleştirilir.
- 2) Karıncalar  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerine göre düğümleri dolaşarak rotalarını oluştururlar.
- 3) Her bir karınca için güzergâh uzunluğu hesaplanır.
- 4) Güzergâh mesafelerine göre yollarda bulunan feromon miktarı artırılır.
- 5)  $\rho$  değerine göre yollardaki feromon buharlaştırılarak değeri azaltılır.

Ayarlanan nesil sayısı ya da hedef değerine erişilinceye kadar 2 nolu adıma gidilerek işlem tekrarlanır.

### Çalışma Parametreleri (Working Parameters)

Bu çalışmada kullanılan algoritmalar her bir problem için 20 defa çalıştırılmış ve sonuçları; bulunan en iyi değer (minimum), bulunan en kötü değer (maksimum), 20 denemenin ortalaması (ortalama), 20 denemenin standart sapması (standart sapma) ve optimumu bulma sayısı (OBS) başlıkları

altında değerlendirilmiştir. Her iki algoritma, 30 farklı noktadan oluşan süt dağıtım güzergahına ait en kısa rotayı belirlemek için çalıştırılmıştır. Popülasyon sayısı 100 olarak alınmıştır. Durdurma kriteri olarak fonksiyon çağırma sayıları kullanılmış ve iterasyon sayısı 10.000 olarak belirlenmiştir. Amaç fonksiyonu ile yapılan her bir işlem bir fonksiyon çağırma olarak adlandırılmış olup, bu işlemin bütün noktalar için değerlendirilmesi iterasyonu oluşturmaktadır. Denemeler 20 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Kullanılan algoritmalara ait temel parametreler Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2***Algoritmalara ait parametreler*

GA		KKOA	
Parametreler	Değerler	Parametreler	Değerler
Durdurma Kriteri	İterasyon Sayısı	Durdurma Kriteri	İterasyon Sayısı
İterasyon Sayısı	10.000	İterasyon Sayısı	10.000
Birey Sayısı	100	Karınca Sayısı	100
Birey Seçim Yöntemi	Sıralama	$\alpha$ Feromon Kuvvetlendirme	3,0
Çaprazlama Olasılığı	0,9	$\beta$ Sezgisellik Kuvvetlendirme	6,0
Mutasyon Olasılığı	0,1	$\rho$ Feromon Buharlaştırma	0,15

### BULGULAR (RESULTS)

Her iki algoritma için, 30 farklı noktaya sahip güzergâh, 10.000 amaç fonksiyonu çağırma limiti ve 20 tekerrürlü olarak yapılan çalışma sonuçları Tablo 3’te verilmiştir. Algoritmaların performansını belirleyen gösterge değerleri ise Tablo 4’te verilmiştir.

**Tablo 3***Algoritmalara ait parametreler*

Deneme	GA (m)	KKOA (m)
1	61.062,8	63.995,9
2	61.062,8	69.556,0
3	61.062,8	68.135,7
4	61.062,8	71.040,3
5	61.062,8	68.965,5
6	61.062,8	67.530,5
7	61.062,8	67.833,2
8	61.062,8	61.062,8
9	61.062,8	69.426,1
10	61.062,8	69.908,9
11	61.062,8	67.688,9
12	61.062,8	71.128,6
13	61.062,8	70.098,9
14	61.062,8	69.390,5
15	61.062,8	61.062,8
16	61.062,8	61.334,2
17	61.062,8	61.062,8
18	61.062,8	61.713,5
19	61.062,8	61.193,1
20	61.062,8	61.062,8
<b>ORTALAMA</b>	61.062,8	66.159,5
<b>STANDART SAPMA</b>	0,0	4.012,1

**Tablo 4***GA ve KKOAların performans göstergeleri*

Algoritmalar	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	OBS
GA	61.062,8	61.062,8	61.062,8	0,0	20
KKOA	61.062,8	71.128,6	66.159,5	4.012,1	3

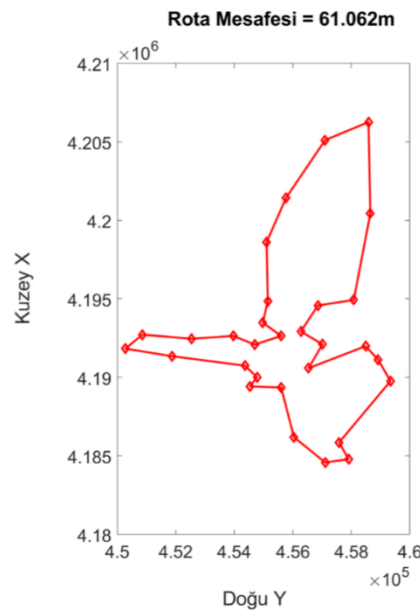
Tablo 3 ve Tablo 4 ’teki sonuçlar incelendiğinde çalışmada elde edilen en kısa mesafe 61.062,8 m olup her iki algoritma tarafından da bulunmuştur. GA, elde edilen en kısa rotayı tüm denemelerde bulmuştur. KKOAl ise en kısa rotayı 3 kere yakalayabilmiştir. Firmanın normalde kullanmakta olduğu güzergâhın uzunluğu 78.856,9 m’dir. Zeki algoritmalar kullanılarak elde edilen güzergâhların tamamı

bu mesafeden daha kısadır. Tablo 5'te firmanın halen kullandığı mevcut rota ile zeki algoritmaların kullanılmasıyla elde edilen en kısa mesafeye sahip rota verilmiştir. Bulunan en kısa rota sayesinde güzergahın uzunluğu 61.062,8 m'ye düşerek %22,6 azalmıştır. Bu rota önerilen rota olarak sunulmuştur. Çalışmada elde edilen en uzun rota ise 71.128,6 m olarak KKOA'da bulunmuştur. GA ve KKOA standart sapma değerleri sırasıyla 0 ve 4.012,1 olarak gerçekleşmiştir. Şekil 4 çalışmada bulunan en kısa rotayı, Şekil 5 ise bu rotaya ait yakınsama eğrisini göstermektedir. Şekil 4 ve Şekil 5'te sunulan değerler GA kullanılarak elde edilmiştir.

**Tablo 5**

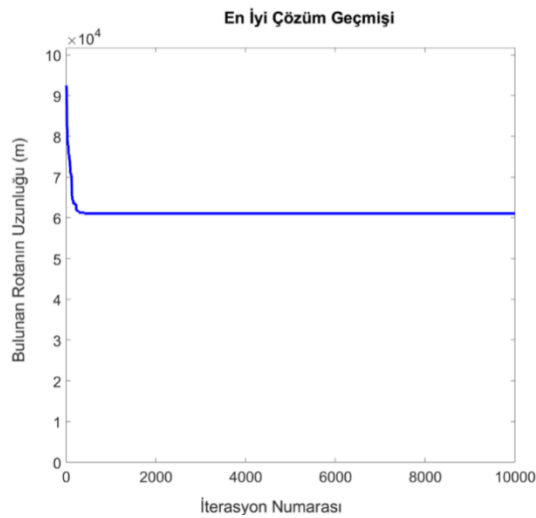
*Mevcut rota ve önerilen rota*

Rota	Sıralama	Mesafe (m)
Mevcut	1 3 2 28 9 10 11 12 4 5 6 7 8 18 29 30 13 14 15 16 17 24 27 26 25 19 21 20 23 22 1	78.856,9
Önerilen	1 3 2 28 9 10 11 12 27 26 25 24 15 14 13 16 17 19 20 23 22 21 30 29 18 8 4 7 6 5 1	61.062,8



**Şekil 4**

*Çalışmada bulunan en kısa rota*



**Şekil 5**

*Çalışmada bulunan en iyi rotaya ait yakınsama eğrisi.*

Şekil 4'te verilen rota hem GA hem de KKOAA algoritması tarafından bulunmuştur. GA her seferinde en kısa rotayı ve aynı değeri bulmuştur. GA optimumu bulma sayısı 20 olurken, KKOAA için bu değer 3 olarak gerçekleşmiştir. GA lokal minimumlara takılmama konusunda daha başarılı olmuştur. GA ve KKOAA rotalarının ortalamaları sırasıyla 61.062,8 m ve 66.159,5 m olarak gerçekleşmiştir. Şekil 6'da GA tarafından bulunan en kısa rotanın Google Earth üzerinden kuşbakışı ekran görünümü verilmiştir.



**Şekil 3**

(a) Orijinal temiz görüntü, gürültülü görüntü ve gürültü kalıntısı örneği, (b), (c) ve (d) sırasıyla ADOM

### TARTIŞMA (DISCUSSION)

Benzer literatür çalışmalarında, GSP çözümünde kullanılan algoritmaların performans kriterleri incelendiğinde, KKOAA performans değerlerinin GA performans değerlerine göre bir miktar daha iyi olduğu gözlemlenmektedir. Bu çalışmada ise GA bariz şekilde daha başarılı olmuştur. Ortaya konulan bu net üstünlüğün değerlendirilmesi tam olarak yapılamamıştır.

GA kodlamasının çözüm aranan probleme daha başarılı şekilde uyarlanmış olabileceği ya da problem uzayının özelde GA ile çözüme daha elverişli olabileceği düşünülmüştür. GA, diğer arama yöntemlerine göre farklı ve avantajlı özelliklere sahiptir. GA, parametrelerin doğrudan kendisi yerine onların kodlarıyla ilgilenir ve arama işlemini yalnızca belirli noktalarda değil, tüm popülasyon üzerinde gerçekleştirir. Amaç fonksiyonunu kullanarak hedefe yönelik sonuçlar üretir ve stokastik operatörlerle çalışır. Bu da onu deterministik yöntemlerden ayırır. GA'nın meta sezgisel yöntemlere kıyasla esneklik, sürekli ve kesikli değişkenlerle çalışabilme, geniş arama alanı ve çoklu iyi çözümler sunabilme gibi avantajları vardır. Ayrıca, paralel hesaplama teknikleri kullanarak işlem süresini kısaltabilir ve optimum olmayan durumlarda bile optimuma yakın çözümler sunar.

KKOAA'da parametre seçimi başarı sürecinde çok etkilidir. Bu çalışmada, KKOAA için parametre seçiminin iyi yapılamamış olabileceği, algoritmayı ifade edecek kodların oluşturulması ve algoritmanın çözüm aranan probleme uyarlanması gibi hususlarda KKOAA tasarımının yeterince iyi yapılamamış olabileceği de mütalaa edilmiştir [69,70].

### SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan çalışmada, çiğ süt dağıtımını yapan bir firmanın dağıtım güzergahı rotasının minimize edilmesi için GA ve KKOAA kullanılmıştır. Her iki algoritma tarafından bulunan güzergahların tümü, firmanın halen kullanmakta olduğu ve araç şoförlerinin inisiyatifinde belirlenen güzergâhtan daha kısadır. Çalışmada elde edilen en kısa rota, her iki algoritma tarafından da bulunmuş olup firmanın

mevcut kullandığı rotaya göre % 22,6 daha kısadır. GA ve KKOVA performans kriterleri incelendiğinde, GA çok daha başarılı olmuş, her seferinde en kısa rotayı vermiş, lokal minimumlara takılmamıştır.

Çalışma çiğ süt dağıtım süreci için yapılmıştır. Ancak süt toplama süreci de aynı karakteristik özelliklere sahiptir. Süt toplanması ve dağıtılması işi için binlerce araç kullanılmaktadır. Her iki süreç için taşıma güzergahlarının belirlenmesinde zeki algoritmaların kullanılması halinde taşıma mesafeleri kısalmaktadır. Azalan mesafe sayesinde, bozulan süt miktarı azalacaktır, aynı araçla daha fazla süt toplama ve süt dağıtma imkânı oluşacaktır. Çiğ süt taşınmasında kullanılan araç sayısı, bakım ve akaryakıt giderleri, personel sayısı gibi maliyetler azalacaktır. Süt maliyeti içerisindeki çiğ süt taşıma maliyeti %15-20 gibi yüksek bir paya sahiptir. Uygulamanın ülke genelinde yaygınlaştırılması taşıma maliyetlerini azaltarak süt maliyetinin düşülmesine katkı sağlayacaktır.

#### **Etik Beyan (Ethical Statement)**

Bu çalışma, yazar tarafından tasarlanıp geliştirilen özgün bir araştırma makalesidir.

#### **Yazar Katkıları (Authors Credit)**

Araştırma Tasarımı (CRediT 1) N.Ç. (%100)

Veri Toplama (CRediT 2) N.Ç. (%100)

Araştırma - Veri Analizi - Doğrulama (CRediT 3-4-6-11) N.Ç. (%100)

Makalenin Yazımı (CRediT 12-13) N.Ç. (%100)

Metnin Tashihi ve Geliştirilmesi (CRediT 14) N.Ç. (%100)

#### **Finansman (Financing)**

Bu çalışma kapsamında herhangi bir kurum/kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

#### **Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)**

Yazarın bu çalışma için beyan ettiği herhangi bir çıkar çatışması yoktur. (The author has no conflicts of interest to disclose for this study.)

#### **Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG)**

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları 9: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları 13: İklim Eylemi

#### **Teşekkür (Acknowledgements)**

Çalışmada kullanılan verilerin temini için STB (Konya) firmasına ve Sn. Vehbi Bülüç'e, çalışmadaki destekleri için Sn. Şaban Gülcü, Sn. Vahit Tongur, Sn. Mehmet Çunkaş'a, yardımcıları için Sn. Humar Kahramanlı Örnek'e teşekkür ederim.

## KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] TÜİK, Süt Ürünleri İstatistikleri, (2024). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=85&locale=tr> (erişim 01 Nisan 2024).
- [2] A. Burcu, S. Özdemir, Erzurum’da süt toplama merkezlerinden alınan çiğ sütlerin somatik hücre sayısı ile bazı kalite niteliklerinin belirlenmesi, *ATA-FOOD Journal*. 1-3 (2022), 1-6.
- [3] A. Güleç, Konya İl Merkezinde İşlenen Çiğ Sütlerin Mikrobiyolojik Kalitesi ve Somatik Hücre Sayılarındaki Değişimin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya, 2021.
- [4] TÜİK, Çiğ Süt Üretim İstatistikleri, (2022). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Cig-Sut-Uretim-Istatistikleri-2022-49699> (erişim 31 Mayıs 2024).
- [5] FAO Avrupa ve Orta Asya Bölge Ofisi Politika Yardımları Şubesi., AB Giriş Süreci Çerçevesinde Türkiye’de Süt ve Süt Ürünleri Sektörüne Genel Bakış., *FAO Birleşmiş Milletler Gıda Ve Tarım Örgütü*, Roma İtalya, 2007.
- [6] Ambalajlı Süt Üreticileri Derneği, ASÜD’ten süt lojistiği için çözüm önerisi, (2015). <https://www.lojistikhatti.com/haber/2015/09/asudten-sut-lojistigi-icin-cozum-onerisi> (erişim 01 Nisan 2024).
- [7] Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Z. Y. Ataseven, Durum ve Tahmin Süt ve Süt Ürünleri, (2023). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Durum-Tahmin%20Raporlari/2023%20Durum-Tahmin%20Raporlari/Sut%20ve%20Sut%20Urunleri%20Durum%20Tahmin%20Raporu%202023-372%20TEPGE.pdf> (erişim 01 Nisan 2024).
- [8] S. Tekin, Z. Leblebici, Nevşehir İlinde süt toplama merkezlerindeki çiğ sütün mikrobiyal kalite yönünden incelenmesi, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 11-1 (2022), 38–35. doi:10.17100/nevbiltek.1119510.
- [9] FAO-Türkiye Gıda ve Tarım Ortaklık Programı (FTPP II). Orta Asya, Azerbaycan ve Türkiye’de Sürdürülebilir Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetimi için Kapasite Geliştirme (FISHCap). GCP/SEC/013/TUR. *Sazan Yetiştiriciliği Sanal Çalıştayı*. 8-9 Aralık, (2022). doi:10.4060/cb6715tr.
- [10] P. Ongkunaruk, Business Process analysis and improvement for a raw milk collection centre in Thailand, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 3 (2015), 35–39. doi: 10.1016/j.aaspro.2015.01.009.
- [11] D. Yeşil, Niğde İl kaliteli süt üretimi optimum toplama ve taşıma planlaması, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 9-3 (2021), 568-576. doi:10.24925/turjaf.v9i3.568-576.4050.
- [12] O.D. Palsule-Desai, Cooperatives for fruits and vegetables in emerging countries: Rationalization and impact of decentralization, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 81 (2015), 114–140. doi:10.1016/j.tre.2015.06.011.
- [13] K. Kaplan, A. Çiçek, Türkiye’de çiğ süt fiyatları ile süt yemi fiyatları arasındaki nedensellik ilişkisinin Toda-Yamamoto testi ile belirlenmesi, *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 10-2 (2022), 336-345.
- [14] H. Yildirim, M. Çimen, A. İlhan, Z. Turan, Z. Demir, B. Demir, Adıyaman ilinden elde edilen inek sütlerinde ekonomik öneme sahip biyokimyasal parametrelerin AB ve Türk standartlarına uygunluklarının belirlenmesi, *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*. 6-22 (2014), 1-7.
- [15] P. Toth, D. Vigo, Vehicle Routing: problems, methods, and applications. Society for industrial and applied mathematics. Second Edition. *Philadelphia, Pennsylvania: Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM, 3600 Market Street, Floor 6, Philadelphia, PA 19104)*, (2015), doi:10.1137/1.9781611973594.

- [16] S. Gulcu, E. Madenci, The Optimization of Laminated Composite Beams Using Particle Swarm Optimization Algorithm, *5nd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'20)*, Cappadocia /TURKEY, October 16-17-18, 2020
- [17] S. Liu, L. Lei, S. Park, On the multi-product packing-delivery problem with a fixed route, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 44-3 (2008), 350-360. doi:10.1016/j.tre.2006.10.009.
- [18] G. Paredes-Belmar, V. Marianov, A. Bronfman, C. Obreque, A. Lüer-Villagra, A milk collection problem with blending, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 94 (2016), 26-43. doi:10.1016/j.tre.2016.07.006.
- [19] P. Ongkunaruk, Business process analysis and Improvement for a raw milk collection centre in Thailand, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 3 (2015), 35–39. doi:10.1016/j.aaspro.2015.01.009.
- [20] I. Dayarian, T.G. Crainic, M. Gendreau, W. Rei, A column generation approach for a multi-attribute vehicle routing problem, *European Journal of Operational Research*. 241(3) (2015), 888-906. doi:10.1016/j.ejor.2014.09.015.
- [21] A.E. Dooley, W.J. Parker, H.T. Blair, Modelling of transport costs and logistics for on-farm milk segregation in New Zealand dairying, *Computers and Electronics in Agriculture*. 48(2) (2005), 75-91. doi:10.1016/j.compag.2004.12.007.
- [22] K. Sethanan, R. Pitakaso, Differential evolution algorithms for scheduling raw milk transportation, *Computers and Electronics in Agriculture*. 121 (2016), 245–259. doi:10.1016/j.compag.2015.12.021.
- [23] U. Pasha, A. Hoff, A. Løkketangen, A Hybrid approach for milk collection using trucks and trailers, *Annals of Management Science*. 3 (2014) 85-108. doi:10.24048/ams3.no1.2014-85.
- [24] B. Gökçe, O.B. Özden, Kaynaklı bağlantıya sahip karmaşık bir yapıda goldak modeli kullanılarak distorsiyonların ve kalıntı gerilmelerin nümerik analizler ile belirlenmesi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 5-2 (2023), 53-64. doi:10.47112/neufmbd.2023.9
- [25] M. Hacibeyoglu, M. Çelik, Ö.E. Çiçek, K en yakın komşu algoritması ile binalarda enerji verimliliği tahmini, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 5-2 (2023), 65-74. doi:10.47112/neufmbd.2023.10.
- [26] M. Karakoyun, A. Özkiş, Transfer fonksiyonları kullanarak ikili güve-alev optimizasyonu algoritmalarının geliştirilmesi ve performanslarının karşılaştırılması, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 3(2) (2021), 1-10.
- [27] F. Özen, R.O. Kabaoğlu, T.V. Mumcu, Deep learning based temperature and humidity prediction, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 5(2) (2023), 219-229. doi:10.47112/neufmbd.2023.20.
- [28] A. Pektaş, O. İnan, Ağaç Tohum algoritmasının kümeleme problemlerine uygulanması, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 4(1) (2022), 1-10.
- [29] N. Çankaya, Online measurement of flour particle size distribution using piezoelectric sensor, *KONJES*. 12(4) (2024), 941–954. doi:10.36306/konjes.1462390
- [30] A.K. Çopur, Some results on an iterative algorithm associated with enriched contractions in banach spaces, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 5(2) (2023), 123-133. doi.org/10.47112/neufmbd.2023.1
- [31] M. Caramia, F. Guerriero, A Milk collection problem with incompatibility constraints, *Interfaces*. 40(2) (2010), 130-143. doi:10.1287/inte.1090.0475
- [32] R. Masson, N. Lahrichi, L.-M. Rousseau, A two-stage solution method for the annual dairy transportation problem, *European Journal of Operational Research*. 251(1) (2016), 36-43.

- doi:10.1016/j.ejor.2015.10.058.
- [33] M. Shukla, S. Jharkharia, Agri-fresh produce supply chain management: a state-of-the-art literature review, *International Journal of Operations & Production Management*. 33(2) (2013), 114-158. doi:10.1108/01443571311295608.
- [34] I. Dayarian, T.G. Crainic, M. Gendreau, W. Rei, An adaptive large-neighborhood search heuristic for a multi-period vehicle routing problem, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 95 (2016), 95-123. doi:10.1016/j.tre.2016.09.004.
- [35] M. Alinaghian, N. Shokouhi, Multi-depot multi-compartment vehicle routing problem, solved by a hybrid adaptive large neighborhood search, *Omega*. 76 (2018), 85-99. doi:10.1016/j.omega.2017.05.002.
- [36] C.D. Tarantilis, C.T. Kiranoudis, A meta-heuristic algorithm for the efficient distribution of perishable foods, *Journal of Food Engineering*. 50(1) (2001), 1-9. doi:10.1016/s0260-8774(00)00187-4.
- [37] G.D.H. Claassen, Th.H.B. Hendriks, An application of special ordered sets to a periodic milk collection problem, *European Journal of Operational Research*. 180(2) (2007), 754-769. doi:10.1016/j.ejor.2006.03.042.
- [38] E. Ateş, Karınca kolonisi optimizasyonu algoritmaları ile gezgin Satıcı probleminin çözümü ve 3 boyutlu benzetimi, *Basılmamış Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir*. (2012).
- [39] G.O. Büyüköz, H. Haklı, Gri Kurt optimizasyon algoritmasının P-Medyan problemlerine uygulanması, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 6(1) (2024), 166-177. doi:10.47112/neufmbd.2024.40
- [40] N. Cankaya, O. Aydogdu, Three Parameter control algorithm for obtaining ideal postprandial blood glucose in Type 1 Diabetes Mellitus, *IEEE Access*. 8 (2020), 152305-152315. doi:10.1109/ACCESS.2020.3015454.
- [41] F. Ulu, Karınca kolonisi optimizasyonu algoritması ile depo rota planlaması, Yüksek Lisans Tezi, *Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa*, 2023
- [42] M. Erat, M. Taşyürek, Karınca koloni ve genetik algoritma yöntemleri kullanarak en iyi sayaç okuma güzergahının tespit edilmesi, *DÜMF Mühendislik Dergisi*. 13(3) (2022), 405-411. doi:10.24012/dumf.1072010
- [43] N. Lahrichi, T. Gabriel Crainic, M. Gendreau, W. Rei, L.-M. Rousseau, Strategic analysis of the dairy transportation problem, *Journal of the Operational Research Society*. 66(1) (2015), 44-56. doi:10.1057/jors.2013.147
- [44] M. Vedenyov, Travelling salesman problem with Genetic algorithm, (2011). <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/31818-travelling-salesman-problem-with-genetic-algorithm> (erişim 01 Nisan 2024).
- [45] C. Andrea, Simple example of genetic algorithm for optimization problems, (2011). <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/34144-simple-example-of-genetic-algorithm-for-optimization-problems> (erişim 01 Nisan 2024).
- [46] S. Ibrahim, Ant Colony Optimization (ACO) to solve traveling salesman problem (TSP), (2015). <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/51113-ant-colony-optimization-aco-to-solve-traveling-salesman-problem-tsp> (erişim 01 Nisan 2024).
- [47] Y. M. Heris, Ant Colony Optimization (ACO), (2015). <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/52859-ant-colony-optimization-aco> (erişim 01 Nisan 2024).
- [48] J.H. Holland, Genetic Algorithms and Adaptation, içinde: O.G. Selfridge, E.L. Rissland, M.A.



- Arbib (Ed.), *Adaptive Control of Ill-Defined Systems*, Springer US, Boston, MA, (1984), 317-333. doi:10.1007/978-1-4684-8941-5\_21
- [49] M. Çunkaş, Genetik Algoritmalar ve Uygulamaları Ders Notları, *Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Konya*, (2006).
- [50] D.E. Goldberg, Genetic and evolutionary algorithms come of age, *Communications of the ACM*. 37(3) (1994), 113-120. doi/10.1145/175247.175259
- [51] M. Obitko, Genetic Algorithms, (1998). <https://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/>(erişim 01 Nisan 2024).
- [52] R. Sarker, C. Newton, A genetic algorithm for solving economic lot size scheduling problem, *Computers & Industrial Engineering*. 42 (2002), 189-198. doi:10.1016/s0360-8352(02)00027-x.
- [53] R. Cheng, M. Gen, Y. Tsujimura, A tutorial survey of job-shop scheduling problems using genetic algorithms, part II: hybrid genetic search strategies, *Computers & Industrial Engineering*. 36(2) (1999), 343-364. doi:10.1016/s0360-8352(99)00136-9.
- [54] T. Keskinürk, S. Şahin, Doğrusal olmayan regresyon analizinde gerçek değer kodlamalı genetik algoritma, (2009). <http://www.iticu.edu.tr/uploads/kutuphane/dergi/s15/167-178.pdf> (erişim 02 Nisan 2024).
- [55] T. T. Ergüzel, Sıvı Seviye Denetimi İçin Bulanık Denetleyici Parametrelerinin Karınca Koloni ve Genetik Algoritma İle Optimizasyonu, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı*, İstanbul, 2009.
- [56] V. Topuz, Bulanık genetik proses kontrolü, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı*, İstanbul, 2002.
- [57] D. Karaboğa, Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları, *Nobel Akademi Yayıncılık*, 2014.
- [58] B. Özkan, Dinamik gezgin satıcı probleminin çözümü için bir eniyileme kütüphanesinin tasarımı ve görsel yazılım geliştirme ortamı ile birlikte gerçekleştirimi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 2008.
- [59] H. Dikmen, H. Dikmen, A. Elbir, Z. Ekşi, F. Çelik, Gezgin satıcı probleminin karınca kolonisi ve genetik algoritmalarla eniyilemesi ve karşılaştırılması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 18(1) (2014), 8-13.
- [60] M. Dorigo, Optimization, learning and natural algorithms, Doktora Tezi, *Politecnico di Milano*. (1992). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573950400977139328> (erişim 02 Nisan 2024).
- [61] T. Keskinürk, H. Söyler, Global karınca kolonisi optimizasyonu, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 21(4) (2006).
- [62] H. Söyler, T. Keskinürk, Karınca kolonisi algoritması ile gezen satıcı probleminin çözümü, (2007). <https://avesis.istanbul.edu.tr/yayin/fa22e262-7602-4e71-a57b-fac8e738152a/karınca-kolonisi-algoritması-ile-gezen-satici-probleminin-cozumu> (erişim 02 Nisan 2024).
- [63] Ş. Ekinci, K. Çarman, H. Kahramanlı, Investigation and modeling of the tractive performance of radial tires using off-road vehicles, *Energy*. 93 (2015), 1953-1963. doi:10.1016/j.energy.2015.10.070.
- [64] J. Brownlee, *Clever algorithms : nature-inspired programming recipes*. United Kingdom: Lulu.com, 2012.
- [65] S.D. Gülcü, Ş. Gülcü, H. Kahramanlı, A.K. Campus, K. Selçuklu, Solution of travelling salesman problem using intelligent water drops algorithm, içinde: *Proceedings of the 2nd International Conference on Information Technology and Computer Networks, Montreal*, 2013.
- [66] M. Dorigo, G. Di Caro, L.M. Gambardella, Ant algorithms for discrete optimization, *Artificial Life*. 5(2) (1999), 137-172. doi:10.1162/106454699568728
- [67] Y.S. Özdemir, Karınca kolonisi algoritması ile bilgisayar ağlarının topolojik en iyilenmesi,

- Yüksek Lisans Tezi, *Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, 2008.
- [68] S. Serin, Karınca kolonisi yaklaşımıyla karayolu üstyapı rutin bakım çalışmalarının planlanması, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı*, Isparta, 2009.
- [69] G. Çalışkan, Uçak iniş operasyonları için meta sezgisel yaklaşımlar kullanarak online çizelgeleme uygulaması çalışması, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, 2020.
- [70] S.D. Dao, K. Abhary, R. Marian, An innovative framework for designing genetic algorithm structures, *Expert Systems with Applications*. 90 (2017), 196-208. doi:10.1016/j.eswa.2017.08.018.