



Araştırma Makalesi

## Zaman Pencere Evinde Bakım/Beslenme Hizmeti Yönlendirme Problemi İçin Karınca Koloni Algoritması

Burak CAN<sup>\*1</sup>, Hamza EROL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Toros Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Mersin, Türkiye

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

### ÖZ

**Anahtar Kelimeler:**  
Evde Bakım  
Optimizasyon  
Araç Rotalama  
Karınca Koloni Algoritması

Ülkemizde ve Dünya genelinde hızla artan yaşlı nüfus oranı dikkat çekmektedir. Yaşlanan bu nüfus ile birlikte de bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Yaşlanan insanların vücut dirençlerinin düşmesi, metabolik reaksiyonlarının yavaşlaması, hareket kabiliyetlerinin zayıflaması, düşünüp karar verebilme yetilerinin azalması gibi birçok sebepten bu insanlar bakıma muhtaç hale gelmektedir. Ayrıca muhtaç olma durumu sadece yaşlı insanlarda değil fiziksel veya zihinsel anlamda doğuştan ya da sonradan engelli olan insanlarda da görülmektedir.

İnsanlar hasta, yaşlı veya engelli olmasalar dahi ameliyat, tedavi, muayene gibi sağlık hizmetlerinin arkasından sunulan sosyal bakım hizmetlerini evlerinde almak istemektedirler. Evde sunulan bu sağlık veya bakım hizmetleri ile ayrıca devletlerin sağlık kurumlarındaki mali giderler düşürülmekte ve bu kurum veya kuruluşlar fazladan iş yükünden de kurtulmaktadır.

Bu çalışma da evde sunulan bakım hizmetleri kapsamında yer alan beslenme veya üç öğün yemek dağıtımında araçların en kısa mesafe ve dolayısıyla zamanda yönlendirilmesi, mevcut maliyetleri düşürmek için meta sezgisel yöntemlerden Karınca Koloni Algoritması ile iyileştirmelerin yapılması sağlanarak ihtiyaç sahibi insanlara ulaştırılan hizmetin kalitesinin artırılmasına yardımcı olunmuştur. Bu yolla mobil hizmet sunan araç maliyetlerinin azaltılmasının yanı sıra hizmet veren ekibin tükenmişliği de azaltılarak hizmet veriminin artırılmasını hedeflenmiştir.

## Ant Colony Algorithm For Household Care / Nutrition Service Direction Problem With Time Window And Fuzzy Demand

**Keywords:**  
Household Care  
Optimization  
Vehicle Routing  
Ant Colony Algorithm

### ABSTRACT

The rapidly increasing rate of elderly population in the world and in our country draws attention. Some problems arise with this aging population. These people become in need of care for many reasons such as the decrease in body resistance of aging people, slowing down of their metabolic reactions, weakening of their mobility and their ability to think and make decisions. In addition, the state of neediness is not only seen in elderly people, but also in people who are congenital or later disabled physically or mentally.

Even if people are not sick, elderly or disabled, they want to receive social care services at home after health services such as surgery, treatment and examination. With these health or care services offered at home, the financial expenses of the health institutions of the governments are also reduced and these institutions or organizations get rid of the extra workload.

In this study, it has been helped to increase the quality of the service delivered to the people in need by making improvements with the Ant Colony Algorithm, which is one of the meta-heuristic methods to reduce the current costs, in the nutrition or three-course meal distribution within the scope of the home care services. In this way, it is aimed to increase service efficiency by reducing the cost of vehicles providing mobile services as well as reducing the burnout of the serving team.

\*Sorumlu Yazar

\*(burak.can@toros.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-7419-5942  
(herol@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-8983-4797

e-ISSN: 2717-8579

Geliş Tarihi: 10/01/2022; Kabul Tarihi: 31/03/2022

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

## 1. GİRİŞ

Sağlık alanında sunulan hizmetlerin kalitesi gün geçtikçe daha da artırılmaya çalışılmaktadır. Bu da ortalama yaşam sürelerinin artması, daha sağlıklı yaşama ve kaliteli yaşlılık gibi faydaları ortaya çıkarmaktadır. Ortalama yaşam süresi artan insanlar ise yaşlılık dönemlerinde sağlık alanında daha iyi hizmet almayı istemektedirler. Bu sağlık hizmetlerinden biri de evde bakım hizmetleridir. Ülkelerin bu alanda yaptıkları çalışmalar artmakta, vatandaşlarına bu hizmeti daha hızlı, daha kaliteli ve daha az maliyetli sunmayı istemektedirler.

Evde bakım hizmetlerinin (EBH) sunulması sırasında maliyet parçaları incelendiğinde en büyük payın ulaştırmaya ait olduğu görülmektedir. Evde hizmet bekleyen yaşlı ve hastalara hizmeti götüren mobil sağlık ekibinin yönlendirilmesi ve araçların rotalanması maliyetler için oldukça önemlidir. Lojistik maliyetlerin yaklaşık olarak %50'sini ulaştırma maliyetleri oluşturmakta, yiyecek ve içecek gibi bazı özel alanlarda ise bu oran %70'e kadar çıkabilmektedir (De Backer, Furnon, Shaw, Kilby, & Prosser, 2000). Ortalama olarak bir ürünün toplam maliyetinin %20'si kadarını ulaştırma maliyetleri oluşturmaktadır (Reimann, Doerner, & Hartl, 2004).

Araç rotalama problemleri için en iyi çözüm, üretilecek olası rota kombinasyonlarından birisidir. Eğer tüm kombinasyonlar denenebilirse, en iyi çözüme ulaşmak mümkündür. Fakat büyük boyutlu problemlerin tüm kombinasyonlarının denenmesi ve optimal çözümün bulunması zaman açısından pratik değildir. Çözümlere ulaşmak için çok fazla zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle sonuçlara kabul edilebilir çözümler ile daha hızlı ulaşılması ihtiyacından dolayı sezgisel yöntemler geliştirilmiştir (Cordeau, Gendreau, Laporte, Potvin, & Semet, 2002).

Önümüzdeki yıllarda daha da önem kazanacak olan evde bakım hizmetlerinin en yüksek maliyet basamağı araçların rastgele rotalanmasından kaynaklı yakıt maliyetidir. Bu çalışmanın amacı, bakım sunan mobil ekibe ait araçların rastgele olarak değil de Karınca Koloni Algoritması ile en kısa yoldan rotalandırılmasıdır. Bu sayede sunulan hizmete ait yakıt maliyetleri ve hizmet sunan mobil ekibin tükenmişliğinin de azaltılması hedeflenmektedir. Tükenmişliği azalan mobil ekibin sunduğu hizmet kalitesinin de artması beklenmektedir.

## 2. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Araç rotalama problemi (ARP), herhangi bir veya birden fazla merkezden belirli noktalara olan ürün, malzeme, hizmet vb. parçaların dağıtımı, toplanması veya hizmetin sunulması işlemlerinin tümünde kullanılan araçların optimizasyonudur. Müşterilere veya hizmet alan kişilere hizmetin hızlı,

güvenli ve doğru bir şekilde ulaştırılması oldukça önemlidir. Ayrıca bütün bu nedenlerin çözümü de maliyetleri artırmaktadır. Dağıtım ağında yer alan araçların optimum sürede optimum maliyetle hizmeti sunması istenmektedir.

ARP üzerinde yapılan çalışmalarda farklı özellikler veya kısıtlar göz önüne alınarak çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Farklı çözüm yöntemleri farklı problem türlerinin olduğunu ortaya koymaktadır. ARP rota, depo, teslimat, zaman gibi bazı özellikler baz alınarak farklı türlere ayrılmıştır.

ARP' nin temelinde yer alan yapılar yol ağı, depolar ve araçlardır. Bu temel yapılarla farklı bileşenler eklenerek başka alanlarda da başarı sağlanabilmektedir. ARP' nin başlıca türleri: kapasite kısıtlı (KARP), mesafe ve kapasite kısıtlı (MKARP), zaman pencereli (ZPARP), geri toplamalı (GTARP), dağıtım ve toplamalı (DTARP) araç rotalama ve bu varyantların birleşiminden oluşan diğer kombinasyonlardır.

### 2.1. Zaman Pencereli Araç Rotalama Problemi

Klasik araç rotalama problemlerinde birinci amaç araç sayısının, ikinci amaç ise toplam seyahat mesafesinin minimize edilmesidir. Ancak bu ikinci amaç çok yüksek bekleme zamanlarına, dolayısıyla yüksek maliyetlere yol açabilir (Oosterle & Bauernhansl, 2016).

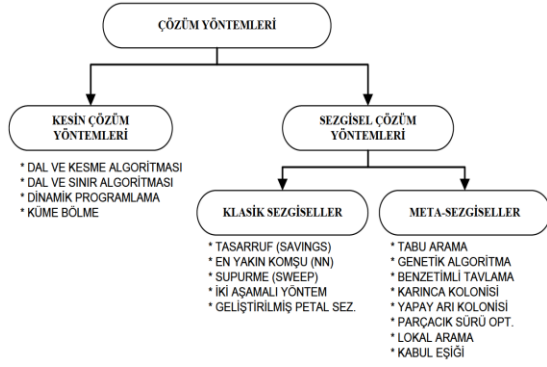
Kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerindeki düğüm noktalarının her birine zaman kısıtları ekleyerek problem, zaman pencereli araç rotalama problemine dönüştürülür. Literatürde, a ile b kapalı aralığında tanımlanan zaman penceresinde, servise en erken başlama zamanı  $a_i$ , servise en geç başlama zamanı ise  $b_i$  ile gösterilmektedir. ZPARP' in amacı, servis zamanlarını ve araç kapasitelerini göz önüne alarak her bir aracı en uygun rotalara atamak ve ziyaret edilecek müşteri sırasını belirlemektir (Çetin & Gencer, 2010).

### 2.2. Araç Rotalama Problemi Çözüm Yöntemleri

Araç rotalama problemlerinin çözümü için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Çözüm yöntemlerinin farklılaşmasındaki sebep ise rotalanacak problem uzayına ait veri setlerinin büyümesidir. Başlangıçta küçük bir veri setine sahip problem uzayı Kesin Çözüm Yöntemleri (KÇY) ile çözülebilirken veri setlerinin büyümesiyle bu yöntemlerle çözümü zor bir hal almıştır. KÇY ile çözülemeyen problemlerin çözümü için Sezgisel Çözüm Yöntemleri (SÇY) geliştirilmiştir. Ardından KÇY ya da SÇY ile çözülemeyen veya çözümü uzun zaman/maliyet alan problemlerin çözümü için Meta Sezgisel Çözüm Yöntemleri geliştirilmiştir.

Şekil 1.'de rotalama problemlerinin çözümü için geliştirilen Kesin Çözüm Yöntemleri ve Sezgisel Çözüm Yöntemleri gösterilmiştir. Sezgisel Çözüm

Yöntemleri başlığı altında ise Klasik Sezgiseller ve Meta-Sezgiseller yer almaktadır.



**Şekil 1.** Metotlarına göre çok kullanılan çözüm yöntemleri

Kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinin çözümü için günümüze kadar birçok yöntem geliştirilmiştir. Optimal çözümü sağlayan yöntemler kesin çözüm yöntemi, optimale yakın sonuçlar veren yöntemler ise sezgisel çözüm yöntemi olarak sınıflandırılır. Literatür incelendiğinde kesin çözüm yöntemi olarak dal ve kesme, dal ve sınır algoritmaları ile dinamik programlama ve küme bölme algoritmalarının sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Nihai çözüm için de kullanılmakla birlikte, genellikle çözüm kurucu olarak tercih edilen tasarruf, en yakın komşu, iki aşamalı yöntem ve petal sezgisel, klasik sezgiseller içerisinde yer alır. Bunun yanı sıra, üçüncü ve son grupta ise tabu, genetik, benzetimli tavlama, karınca kolonisi, yapay arı kolonisi, parçacık sürüsü, lokal arama ve kabul eşiği gibi meta sezgiseller de yine kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinin çözümü için kullanılan diğer yöntemlerdir (Şahin & Eroğlu, 2014).

### 2.2.1. Meta Sezgisel Çözüm Yöntemleri

Meta sezgisel yöntemler, kesin çözüm yöntemleri ile makul bir sürede çözülemeyen karmaşık optimizasyon problemlerinin çözümü için genellikle doğadaki olaylardan esinlenerek tasarlanmış algoritmalarıdır. Arama prosesine rehberlik eden stratejiler kullanan meta sezgiseller, özellikle büyük boyutlu ve bütünleşik yapıdaki gerçek yaşam problemlerinin çözümünde en pratik yol olarak kabul edilir. Bu yöntemlerin amacı, çözüm uzayını etkili bir şekilde araştırmak ve optimale yakın çözümleri hızlı bir şekilde sağlamaktır. Kolay anlaşılır ve uygulanabilir olması, farklı problem türlerinin çözümünde ufak değişikliklerle kullanılabilir olması gibi sebeplerden dolayı günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Meta sezgisel yöntemler, esin kaynağı (doğal veya yapay), kullandığı başlangıç çözüm (popülasyon veya tek çözüm), kullanılan amaç fonksiyonu (dinamik, statik), komşuluk yapısı (tekli, çoklu) ve hafıza durumu (hafızalı, hafızasız) gibi kriterlere sınıflandırmaya tabi tutulabilir (Blum & Roli, 2003).

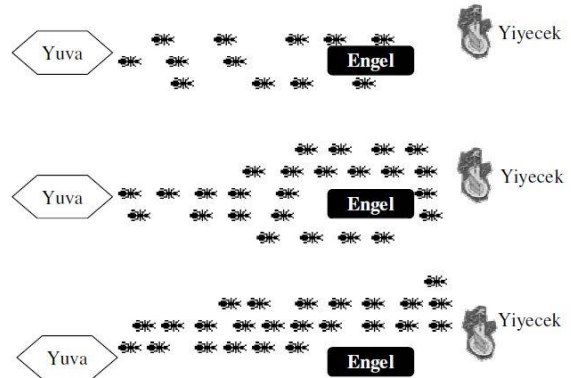
Çok fazla optimizasyon algoritması bulunmasına karşın literatürdeki çalışmalarda en çok kullanılan meta sezgisel algoritmalar, Benzetimli Tavlama (BT), Tabu Arama (TA), Yapay Bağışıklık Sistemi (YBS), Genetik Algoritma (GA), Karınca Kolonisi Algoritması (KKA), Yapay Arı Kolonisi (YAK), Parçacık Sürüsü Optimizasyon Algoritması (PSO) olarak sayılabilir.

### 3. KARINCA KOLONİSİ OPTİMİZASYONU

Doğadaki bazı sosyal sistemler, sınırlı yetenekli basit bireyler tarafından oluşturulmalarına rağmen kolektif zeka davranışı sergilerler. Problemlere üretilen zeki çözümler, bu bireylerin kendi içerisindeki organizasyonları ve dolaylı iletişimlerinden ortaya çıkar. Karıncalar tek başlarına basit yeteneklere sahip olmalarına rağmen, koloninin bütünü yüksek bir yapıdadır. Kendilerinden çok büyük cisimleri taşımak, köprüler oluşturmak veya yuva ile yiyecek arasındaki en kısa yolu bulmak için çözüm üretirler. Zeki davranış doğal olarak karıncalar arasındaki organizasyon ve dolaylı iletişim sonucunda ortaya çıkar (Nabiyev, 2003).

Şekil 2.'de karıncaların yuvası ile yiyecek arasına engel konulmuş ve karıncaların yuvadan çıkıp yiyeceğe ulaşma için gösterdikleri davranış gözlemlenmiştir. Karıncaların engelle karşılaştıklarında başlangıçta rastgele salınım yaptıkları ancak bir süre sonra aynı zaman diliminde kısa olan yolda daha fazla feromon birikmesinden kaynaklı kısa yolu tercih ettikleri görülmektedir.

Karınca Kolonisi Optimizasyon (KKO) algoritması Dorigo tarafından 1996 yılında karıncaların yiyecek bulma mekanizmalarından ilham alınarak geliştirilen bir meta sezgisel yöntemdir. KKO tekniği genel olarak bir parametrelendirilmiş olasılıksal model olan feromon modeline dayanır. Çoğu uygulamada, karıncalar uygun bir çözüm oluşturmak için kullanılsa da, olasılıksal modelin bir sonucu olarak uygun olmayan çözümler de üretilebilmektedir (Blum & Roli, 2003).



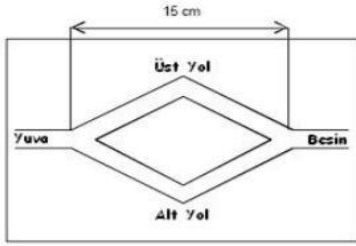
**Şekil 2.** Karıncaların En Kısa Yolu Bulma Yöntemi

Karıncaların bu yol seçim davranışları deneyler yapılarak incelenmiştir. Deneysel olarak feromon iz takibinin bir karınca kolonisi tarafından en kısa yolu gidebildiği gösterilmiştir. Bu konuda yapılan ilk deney tek köprü deneyidir (Deneubourg, Aron, Goss, & Pasteels, 1990).

Tek köprülü yol seçim deneyi Şekil 3.'de gösterilmiştir.

Bu deneyde, yuva ve besin kaynağı her yolu aynı uzunluğa sahip bir köprü ile birbirinden ayrılmıştır. Daha sonra karıncalar yuva ve besin arasında hareket etmeleri için serbest bırakılmıştır ve bu iki yoldan zamanla hangisini seçeceği gözlemlenmiştir. Sonuç; bazı salınımların gerçekleşebileceği geçici bir ilk aşamadan sonra karıncalar aynı yola yönelme eğilimi göstermişlerdir. Karıncaların bu davranışı gösterme sebebi yolda biriken ve karıncaların yol tercihlerinde etkili olan feromon maddesidir (Dorigo, Di Caro, & Gambardella, 1999).

Köprüyü oluşturan yollarının farklı uzunlukta ve köprü sayılarının birden fazla olduğu durumda feromon yayma mekanizması yüzünden en kısa yol seçildiği gözlemlenmiştir (Goss, Aron, Deneubourg, & Pasteels, 1989).



Şekil 3. Tek Köprülü Yol Seçim Deneyi

İlk başta yol tercih etmeleri gerektiğinde kısa yolu tercih eden karıncalar besine ilk ulaşırlar ve bu karıncalar geri dönüşe başladıkları zaman kısa olan yolda uzun olan yola göre daha fazla feromon bulunduğu için karıncalar kısa olan yolu seçmeleri için uyarılırlar. İleri doğru hareket eden karıncalar da bu feromon miktarından etkilenmiş olarak yol seçiminde bulunurlar. Sonuç itibariyle karıncalar kısa yolu tercih etmiş olurlar. Böylelikle karıncaların ilk rast gele hareketlerinin önemi azalır ve karıncaların stokastik feromon iz takip davranışı ana mekanizma olur (Dorigo et al., 1999).

### 3.1. Yol Tercihinde Geçiş Kuralı

KKO' da yol tercihi belli bir olasılığa bağlı olarak iki şekilde gerçekleştirilir. İlk seçenek  $q_0$  olasılıkla feromonun en yoğun olduğu yolun seçilmesidir.  $q_0$  parametresi genellikle % 90 olarak belirlenir.  $\tau(i, j)$  i ve j noktaları arasındaki feromon miktarı, seçilebilirlik parametresi  $\eta(i, j)$ , i ve j noktaları arasındaki mesafenin tersi  $(1 / \delta(i, j))$ ,  $\alpha$  ve  $\beta$  ayarlanabilir parametreler olmak üzere, i noktasında bulunan bir karıncanın gideceği nokta

aşğıdaki gibi seçilmektedir (Keskintürk & Söyler, 2006):

$$j = \max_{u \in J_k(i)} \{[\tau(i, u)]^\alpha \times [\eta(i, u)]^\beta\} \text{ eğer } q \leq q_0 \quad (1)$$

İkinci seçenek ise gidilmesi mümkün olan yollar birini, yollardaki feromon izleriyle orantılı olarak seçmektir. Bu şekilde yol seçimi olasılığı  $1 - q_0$  oranındadır.  $J_k(i)$ , i noktasındaki karıncanın gidebileceği noktalar yani ziyaret edilmemiş şehirleri temsil eder. Tüm şehirler için seçilme olasılıkları aşğıdaki gibi hesaplanmaktadır (Keskintürk & Söyler, 2006):

$$p_k(i, j) = \begin{cases} \frac{[\tau(i, j)]^\alpha \times [\eta(i, j)]^\beta}{\sum_{u \in J_k(i)} [\tau(i, u)]^\alpha \times [\eta(i, u)]^\beta} & \text{eğer } j \in J_k(i) \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (2)$$

Bu olasılıklara bağlı olarak yol seçilmektedir. Feromonun yoğun olduğu yolların seçilme olasılığı yüksektir (Keskintürk & Söyler, 2006).

### 3.2. Feromon Güncellemesi

Feromon güncellemesi, çözüm uzayının taranması amacıyla yapılmaktadır. Güncelleme işlemi tüm karıncalar turlarını tamamladıktan sonra yapılır. Feromon güncellemesinin iki temel elemanı vardır:

1. Tüm yollardaki feromonların belirlenen oranda (buharlaştırma oranı) buharlaştırılması.
2. Karıncaların geçiş yapmış oldukları yollardaki feromon miktarlarının, o yolu kullanan karıncanın yol uzunluğuyla ters orantılı olarak artırılması (Stützle & Hoos, 2000).

Buharlaştırma oranı daha önceki çözümlerin önemini azaltılmasını sağlamaktadır. Yol uzunluğuyla ters orantılı olarak feromon artışı ise, iyi çözümlerin önemini artırılmasını temin eder (Dorigo & Gambardella, 1997).

### 4. UYGULAMA

Karıncalar davranışlarından yola çıkarak oluşturulan KKO ile araç rotalama problemi üzerinde çalışan bir sistem oluşturulmuştur. Öncelikle araçların rotaları için şehirler tanımlanmış ve bir matriste saklanmıştır. Bu matris Tablo 1.' de gösterilmiştir. Tanımlanan şehirler içerisinde karınca davranışı baz alınarak optimum rotaların oluşması beklenmiştir. Bu hesaplamaların yapılması içinde karınca sınıfı tanımlanmıştır. Karınca davranışı olarak iki şehir arasındaki en kısa yolun bulunması için karıncalar feromon adı verilen bir madde bırakmış ve bırakılan bu maddenin en

yoğun olduğu yol en kısa yol olarak kabul edilmiştir. Feromon miktarları da yine matriste saklanmıştır.

**Tablo 1.** Şehirler Matrisi

	A	B	C	D	E	F	G
A	-1.0	1.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
B	1.0	-1.0	1.0	10.0	10.0	10.0	10.0
C	10.0	1.0	-1.0	1.0	10.0	10.0	10.0
D	10.0	10.0	1.0	-1.0	1.0	10.0	10.0
E	10.0	10.0	10.0	1.0	-1.0	10.0	10.0
F	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	-1.0	10.0
G	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	-1.0

Şehirler arasında oluşan trafiğe bağlı olarak biriken feromon miktarlarının saklandığı matris Tablo 2.' de gösterilmiştir. Burada her iki şehrin keşişim noktalarında yer alan değerler o iki şehir arasındaki feromon miktarını göstermektedir.

**Tablo 2.** Feromon Matrisi

	A	B	C	D	E	F	G
A	0.000000	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667
B	0.166667	0.000000	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667
C	0.166667	0.166667	0.000000	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667
D	0.166667	0.166667	0.166667	0.000000	0.166667	0.166667	0.166667
E	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.000000	0.166667	0.166667
F	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.000000	0.166667
G	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.000000

## 5. SONUÇLAR

Şehir seçimindeki olasılıkların hesaplanması için örnek iki şehir seçilmiştir. A şehrinden bu iki şehre olan mesafe ve A şehri ile bu iki şehir arasında biriken feromon miktarları hesaplanmıştır. Feromon miktarının mesafeye oranlanması ile tercih sonucu oluşturulmuştur. Ardından bu tercih sonucu toplam tercihe oranlanarak olasılık hesaplanmıştır. Şekil 4.' te A şehri ile B şehri ve A şehri ile C şehri arasındaki mesafe, feromon miktarı ve tercih edilme olasılığı gösterilmiştir.

```

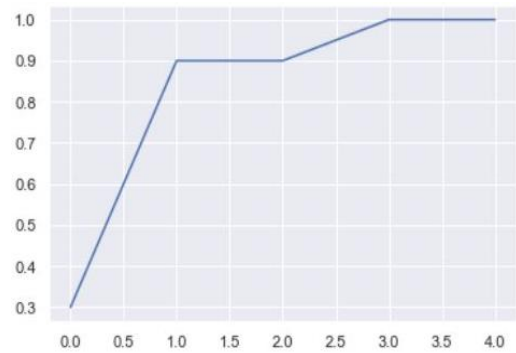
B    1.0
C    10.0
Name: A, dtype: float64
B    0.166667
C    0.166667
Name: A, dtype: float64
B    0.909091
C    0.090909
Name: A, dtype: float64

```

**Şekil 4.** A şehri ile B ve C şehirleri arasındaki değerler

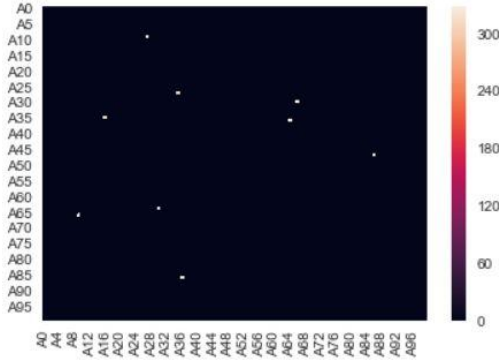
Tanımlanan karınca sınıfının yanı sıra karınca kolonisi sınıfı da tanımlanmıştır. Karınca kolonisi sınıfı içerisinde buharlaşan feromon miktarı, kolonide tanımlanan karınca sayıları, tanımlanan karıncaların dağılımı ve paralel hareketleri,

bağımsız hareketler sonucu biriken feromon miktarları gibi hem parametre tanımlaması hem de değer hesaplanması işlemleri yapılmıştır. Şekil 5.' te karınca koloni sürüsünün rota üzerindeki davranışı gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Karınca koloni sürüsünün rotası

Şekil 6. da ise karınca koloni sürüsünün dağılımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



**Şekil 6.** Karınca koloni sürüsünün dağılımı

Araç rotalama problemleri için farklı farklı meta sezgisel optimizasyon algoritması çözümleri mevcuttur. Kesin çözüm yöntemleri basit verilerin çözümünde optimum sonuçlar verirken mevcut verilerin artması ile oluşan büyük verinin çözümünde sağlıklı sonuçlar vermemekte veya problemin çözümü oldukça uzun zaman almaktadır. Bu durumda 90' lı yıllardan sonra sezgisel çözüm yöntemleri ön plana çıkmaya başlamıştır. Literatür taramasında sezgisel yöntemleri meta sezgisel yöntemler takip etmiştir. Meta sezgisel yöntemler gerek tek başına kullanılmış gerekse hibrit model şeklinde melezlenerek çözüm yöntemleri oluşturulmuştur. Bu çözüm yöntemleri de oldukça başarılı sonuçlar ortaya koymuştur.

Meta sezgisel yöntemlerin çalıştığı veri grupları büyüklüğü, içerikleri ve çalışma alanları birbirinden farklı olduğu için araç rotalama problemlerinin farklı optimizasyon algoritmaları ile çözüm sonuçlarını birbirleriyle karşılaştırmak doğru sonuçlar üretmeyecektir.

Bu çalışmada evde bakım/beslenme veya sağlık hizmeti veren araçların hizmet verdikleri noktalara en kısa sürede ulaşması ve rotayı en kısa mesafede tamamlamaları amaçlanmıştır. Bu sayede maliyetlerin azaltılmasının yanı sıra hizmet veren mobil ekibin tükenmişliği azaltılarak verimlerinin artırılması da sağlanmış olacaktır.

## KAYNAKÇA

Blum, C., & Roli, A. (2003). Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison. *ACM Computing Surveys*, 35(3), 268–308.

Çetin, S., & Gencer, C. (2010). Kesin zaman pencereli • - Eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemi•: Matematiksel model. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 25(3), 579–585.

Cordeau, J. F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J. Y., & Semet, F. (2002). A guide to vehicle routing heuristics. *Journal of the Operational Research*

*Society*, 53(5), 512–522.

De Backer, B., Furnon, V., Shaw, P., Kilby, P., & Prosser, P. (2000). Solving vehicle routing problems using constraint programming and metaheuristics. *Journal of Heuristics*, 6(4), 501–523.

Deneubourg, J. L., Aron, S., Goss, S., & Pasteels, J. M. (1990). The self-organizing exploratory pattern of the argentine ant. *Journal of Insect Behavior*, 3(2), 159–168.

Dorigo, M., Di Caro, G., & Gambardella, L. M. (1999). Ant algorithms for discrete optimization. *Artificial Life*, 5(2), 137–172.

Dorigo, M., & Gambardella, L. M. (1997). Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1(1), 53–66.

Goss, S., Aron, S., Deneubourg, J. L., & Pasteels, J. M. (1989). Self-organized Shortcuts in the Argentine Ant. *Naturwissenschaften*, 76(1959), 579–581.

Keskinürk, T., & Söyler, H. (2006). Global Karınca Kolonisi Optimizasyonu. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(4), 689–698.

Nabiyev, V. (2003). *Yapay Zeka - Problemler, Yöntemler, Algoritmalar*. Seçkin Yayınevi.

Oesterle, J., & Bauernhansl, T. (2016). Exact Method for the Vehicle Routing Problem with Mixed Linehaul and Backhaul Customers, Heterogeneous Fleet, time Window and Manufacturing Capacity. *Procedia CIRP*, 41, 573–578.

Reimann, M., Doerner, K., & Hartl, R. F. (2004). D-ants: Savings based ants divide and conquer the vehicle routing problem. *Computers and Operations Research*, 31(4), 563–591.

Şahin, Y., & Eroğlu, A. (2014). KAPASITE KISITLI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ İÇİN METASEZGİSEL YÖNTEMLER: BİLİMSEL YAZIN TARAMASI. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4), 337–355.

Stützle, T., & Hoos, H. H. (2000). MAX-MIN Ant System. *Future Generation Computer Systems*, 16(8), 889–914.