

## Inspiring Technologies and Innovations

December 2024, Volume: 3 Issue: 2

Araştırma Makalesi Süt Taşımacılığında İnsan Sağlığını Koruma Odaklı Çoklu Ajanlı Yol Planlaması: Bulanık Mantık ve Hibrit Yaklaşımların Entegrasyonu

Cem ÖZKURT<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Türkiye.

<sup>b</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Yapay Zeka ve Veri Bilimi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Türkiye.

ORCID<sup>a</sup>: 0000-0002-1251-7715

Sorumlu Yazar e-mail: cemozkurt@subu.edu.tr

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14585359>

Gönderilme : 26.06.2024 Kabul : 19.11.2024 Sayfalar : 17-34

**ÖZET:** Genellikle taşıma süreçlerinde yaşanan gecikmeler veya keyfi kararlar, özellikle gıda ve tarım sektörlerinde sıkça karşılaşılan bir sorundur. Mevcut navigasyon sistemlerinin genellikle sadece hız veya yakıt tasarrufu odaklı olması, kısa ömürlü ve özel ürünlerin korunmasını ihmal etmesine neden olmaktadır. Bu çalışma, özellikle süt taşıma süreçlerinde ortaya çıkan bu sorunlara çözüm getirmeyi hedeflemektedir. Süt taşımacılığında, verim, sıcaklık ve kütle kullanımı gibi belirli standartlar belirlenerek, dinamik bir yapı kullanılarak karar alınması önerilmektedir. Çalışma, genetik algoritmalar, bulanık mantık ve hibrit yaklaşımların çoklu ajan sistemleri ve otonom robot yol planlamasında kullanımına dair önemli perspektiflere dayanmaktadır. Literatürde, koordinasyon davranışları, bulanık kurallı yol planlaması, dil değişkenleri ve işbirliğine dayalı öğrenme yöntemleri gibi çeşitli alanlar incelenmektedir. Bu çalışmanın odaklandığı konu, "A\*" algoritması ile çoklu hedefli ajanları kullanarak bulanık mantık" üzerine yoğunlaşarak, bu temelleri daha da geliştirmeyi ve çoklu ajanlı yol planlama senaryoları için güçlü çözümler sunmayı amaçlamaktadır.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Mobil Yol Planlaması, A\* algoritması ile Yol Bulma, Çok Hedefli Ajanlar Yol Planlaması, Bulanık Mantık

**ABSTRACT:** In transportation processes, delays and arbitrary decisions are often encountered, especially in the food and agriculture sectors. The prevailing focus of current navigation systems on speed or fuel efficiency often neglects the preservation of perishable and specialty products. This study aims to address these issues, particularly in milk transportation processes. It proposes decision-making through the use of specific standards such as efficiency, temperature, and mass, employing a dynamic framework. The study draws insights from the utilization of genetic algorithms, fuzzy logic, and hybrid approaches in multi-agent systems and autonomous robot path planning. Various aspects are explored in the literature, including coordination behaviors, fuzzy rule-based path planning, linguistic variables, and collaboration-based learning methods. The focus of this study lies in enhancing these fundamentals, particularly emphasizing on utilizing the A\* algorithm with multi-target agents using fuzzy logic, aiming to provide robust solutions for multi-agent path planning scenarios.

**KEYWORDS:** Mobile Path Planning, Pathfinding with A\* algorithms, Multi-Target Agents Path Planning, Fuzzy Logic

## 1. GİRİŞ

Günümüzde, ham madde ve yan ürünlerin işlenmesi veya taşınması süreçlerinde, insan sağlığını koruma girişimleri henüz tam olarak sonuç vermemiştir. Bu zorluklar, taşıma süreçlerinde yaşanan gecikmelerden veya taşıma yöntemlerinin keyfi olarak belirlenmesinden kaynaklanmaktadır [15]. Özellikle gıda, tarım ve benzeri endüstrilerde bu tür sorunlar sıkça karşılaşılmaktadır. Geleneksel navigasyon sistemleri, araçların belirlenen hedefe en hızlı veya en az yakıt tüketerek ulaşmasını sağlamaya odaklanmıştır. Ancak bu yaklaşım, taşınan kısa süreli ve hassas ürünlerin korunmasını çoğunlukla göz ardı eder [15]. Sağlık, maliyet ve kalite gibi kritik parametreleri göz önünde bulundururken, kullanılan taşıma araçlarının verimliliğinin beklenen düzeyde olmayabileceğini vurgulamaktadır. Bu çalışma, özellikle süt taşıma sürecinde karşılaşılan bu sorunlara çözüm getirmeyi amaçlamaktadır. Süt taşıma süreçlerinde, verimlilik, sıcaklık kontrolü ve ürün kalitesinin korunması temel unsurlardır. Dinamik bir karar alma yapısı kullanarak, daha yüksek doğruluk ve daha az hata ile sonuçlar elde etmek mümkündür. Buradaki temel amaç sadece yakıt ve taşınan yük miktarını optimize etmek değil, aynı zamanda hangi rotanın ve taşıma yönteminin kullanılacağına karar vermektir. Çoklu karar alma sistemlerinin kullanımı, belirli koşulların daha net bir şekilde tanımlanmasına ve ölçülmesine katkıda bulunur.

Bu çalışma, genetik algoritmalar, bulanık mantık ve hibrit yaklaşımların çoklu ajan sistemlerinde ve otonom robot yol planlamasında kullanımına ilişkin önemli bulgular ve analizler sunmaktadır. İlgili literatür, koordinasyon davranışları, bulanık kural tabanlı yol planlaması, dil değişkenleri ve işbirliğine dayalı öğrenme yöntemleri gibi çeşitli alanları kapsamaktadır.

Shibata ve diğerleri tarafından yapılan çalışmalar, çoklu ajan sistemlerinde koordinasyon davranışları, genetik algoritmalar ve bulanık mantığa odaklanmaktadır [11]. Walker ve meslektaşları, dil değişkenleri ve bulanık mantık kullanarak yol planlama stratejilerini optimize etmeyi incelemektedir [12]. Fayad ve ekibi, bulanık ve kesin mantığı entegre ederek otonom mobil robotlar için hibrit bir mantık önermektedir [5].

Gireesh ve diğerleri, çoklu ajanların optimal yol planlamasını çarpışma önleme sensörleri kullanarak bulanık mantık yöntemiyle gerçekleştirmektedir [3]. Castillo ve diğerleri, otonom mobil robotlar için genetik algoritmaları çevrimdışı yol planlaması için kullanmaktadır [1]. Sabo ve ekibi, bulanık mantığın, hareketli engeller içeren senaryolarda yangın söndürme uçaklarının yol planlamasında nasıl kullanılabileceğini araştırmaktadır [10].

Lamini ve meslektaşları, bulanık mantık tarafından desteklenen Holonik Çoklu Ajan Sistemi içinde iş birliği Q-öğrenme yöntemini tanıtmaktadır [7]. Luviano ve arkadaşları, sürekli zamanlı yol planlamasına katkıda bulunmak için bulanık takviye öğrenme algoritmalarını kullanmaktadır [8].

Bulanık kümeler ve bulanık mantık teorileri üzerine kapsamlı bir inceleme yaparak, bu alanların matematiksel temellerini ve uygulama alanlarını derinlemesine ele almışlardır [14]. Çalışmalarında, bulanık mantığın belirsizlik içeren problemlerin çözümünde nasıl etkin bir şekilde kullanılabileceğine dair önemli bilgiler sunmakta ve bu alanda kullanılan yaklaşımların teorik zeminini oluşturmaktadırlar. Ancak mevcut literatür incelendiğinde, bulanık mantığın belirsiz verilerle çalışabilme yeteneğine rağmen bu tür yöntemlerin karar verme süreçlerinde daha etkin bir yapı sunabilmesi için belirli sınırlamaları olduğu görülmektedir. Örneğin, karar süreçlerinde karmaşıklığın arttığı durumlarda bulanık mantığın adaptasyon yeteneği zayıflayabilir ve mevcut yöntemler bazı belirsizlik düzeylerinde yetersiz kalabilir. Bu eksiklikler, literatürdeki bulanık mantık uygulamalarının geniş bir yelpazede kullanılıyor olmasına rağmen daha esnek ve optimize edilmiş modellere ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Bu bağlamda çalışmamız, literatürdeki bu sınırlılıkları gidermek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Mevcut teorik çerçevenin üzerine inşa edilen bu çalışma, bulanık mantık teorilerini daha dinamik ve geniş bir yelpazede uygulanabilir hale getirerek belirsizliklerin daha etkili bir şekilde yönetilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Özellikle, mevcut literatürde eksikliği hissedilen adaptif bulanık mantık modelleri geliştirerek, belirsizliğin yüksek olduğu karar alma süreçlerinde daha güvenilir ve esnek sonuçlar elde etmeye yönelik katkılar sunmaktadır. Bu yaklaşım hem teorik hem de uygulamalı alanlarda önemli bir boşluğu doldurmakta olup, belirsizlikle başa çıkmak zorunda kalınan çeşitli problem alanlarında yenilikçi çözümler üretilmesini hedeflemektedir.

Bu çalışma, "A\* algoritması ile çoklu hedefli ajanları kullanarak bulanık mantık" üzerinde odaklanarak, bu temelleri daha da geliştirmeyi hedeflemektedir. A\* algoritmasının bulanık mantık ile entegrasyonu, dinamik ortamlarda karar verme yeteneğini artırarak, çoklu ajanlı yol planlama senaryoları için güçlü çözümler sunmayı amaçlamaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Bulanık mantık teorisinin temel prensiplerini ve mühendislik ile bilgi işlem alanlarındaki uygulamalarını detaylandırmıştır [13]. Bu çalışma, klasik mantığın belirsizliği ele alma konusundaki yetersizliklerine alternatif bir yaklaşım sunmaktadır [13].

Karar verme sürecinin karmaşıklığı ve belirsizliklerin yönetilmesi gerekliliği, kesin olmayan ve eksik bilgilerle çalışma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır [14]. Bu bağlamda bulanık mantığın karar verme modellerine entegrasyonu, belirsizlik ve eksiklikleri ele almak için önemli bir gelişme olarak öne çıkmaktadır. Bulanık mantık, ikili mantık yerine doğruluk derecelerini işleme kapasitesiyle karar verme süreçlerine incelikli bir yaklaşım sunar, bu da verimliliği ve tutarlılığı artırır [17].

Carlsson'un hiyerarşik çok düzeyli sistemlerde çok ve ultra kararlı durumları anlamak için yaptığı çalışma, çok amaçlı karar verme ortamlarının karmaşık dinamiklerine dair önemli içgörüler sunmuştur. Bu çalışma, özellikle değişken derecelerde belirsizlik ve eksik bilgiyle karakterize edilen durumlarda, karar verme modellerinde çok düzeyli ve çok amaçlı perspektiflerin benimsenme potansiyelini vurgular.

Satyadas ve diğerleri tarafından geliştirilen Bulanık Karar Destek Uzman Sistemi, kesin olmayan ve eksik bilgilerle dolu ortamlarda daha verimli ve tutarlı karar alma süreçlerine işaret etmektedir. Bu sistem, çeşitli problem alanlarını ele alabilme yeteneği ile çok amaçlı ortamlarda bulanık mantığın çok yönlülüğünü ve uygulanabilirliğini vurgular.

Suzuki'nin araştırması, yapı/kontrol tasarımı sentezi için çok amaçlı programlamayı araştırırken bulanık hedeflerin karar verme modellerine entegrasyonunu inceler [16]. Suzuki'nin önerdiği sıralı doğrusal yaklaşım yöntemi, rüzgarın neden olduğu stres gibi çeşitli parametreler için bulanık hedeflerin tanıtılmasını içerir ve doğrusal olmayan çok amaçlı problemler için etkili bir çözüm sunar [16].

Bulanık mantığın karar verme modellerine entegrasyonu, geleneksel ikili mantığın karmaşıklık ve belirsizliği ele alma yeteneklerinin sınırlı olduğu senaryolarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu evrim, belirsizlik ve eksik bilgiyle başa çıkmada bir paradigma değişikliğini yansıtmakta ve karar verme süreçlerinde güçlü bir çerçeve sağlamaktadır.

Bu çalışma, süt taşımacılığı gibi hassas ve kısa ömürlü ürünlerin lojistik süreçlerinde karar verme mekanizmalarının geliştirilmesini hedeflemektedir. Taşıma sürecinin her aşamasında kaliteyi korumak ve insan sağlığını ön planda tutmak amacıyla bir mobil uygulama, sunucu altyapısı ve bulanık mantık sistemleri bir araya getirilmiştir.

Mobil uygulama, kullanıcıların taşıma rotalarını belirlemesi, kargo bilgilerini kaydetmesi ve taşıma araçlarını yönetmesi için özel olarak geliştirilmiştir. Kullanıcılar, taşıma yapılacak hedef adresleri ve kargo bilgilerini Firebase Firestore veritabanına yükleyerek rotaları oluşturabilir. Rota oluşturma sürecinde, kullanıcı başlangıç ve varış noktalarını, taşınacak süt miktarını ve taşıma sıcaklığını girerek en uygun güzergahı belirleyebilir. Kullanıcı dostu bir arayüze sahip olan uygulama, ana sayfa üzerinden rota oluşturma, kargo bilgisi girme ve araç bilgilerini kaydetme gibi işlemleri kolayca gerçekleştirmeye olanak tanır.

Sunucu uygulaması, mobil uygulama ile entegre çalışarak veritabanı ile sürekli iletişim halindedir ve karar alma süreçlerini destekleyen bir yapı sunmaktadır. Python ile geliştirilen sunucu, Firebase veritabanında bulunan verileri analiz ederek, bulanık mantık algoritmalarını kullanarak karar vermektedir. Veriler işlenerek her bir parametreye göre standartlara uygun puanlar atanır. Sunucu ayrıca, A\* Multigoal Path Planning algoritmasını kullanarak birden fazla hedefi dikkate alarak en kısa ve uygun rotayı belirlemektedir. Bu algoritma, taşıma sürecinde zaman tasarrufu sağlamanın yanı sıra ürünlerin güvenliğini koruyarak verimlilik sağlar.

Bulanık mantık sistemi, özellikle süt gibi hassas ürünlerin taşınması sırasında belirsizlikleri yönetmek ve karar verme süreçlerini optimize etmek için geliştirilmiştir. MATLAB ortamında modellenen bu sistem, sıcaklık ve yük gibi kritik parametreleri analiz ederek taşıma sürecinde alınacak kararları destekler. Sistem, sıcaklık ve yük değerlerine göre belirlenen 25 farklı kural seti ile çalışır. Bu kurallar, taşıma sırasında hangi kargonun öncelikli olduğunu belirlemeye yardımcı olur. Ek olarak, sıcaklık ve yük puanlarına dayalı yakıt maliyetleri hesaplanarak hangi güzergahın daha uygun olduğu kararlaştırılır. Bu sayede taşıma sürecinde verimlilik sağlanır ve yakıt maliyetleri optimize edilir.

Sonuç olarak, bu sistem, süt taşımacılığı gibi hassas lojistik süreçlerde karar verme süreçlerini geliştirerek operasyonel verimliliği artırmayı amaçlar. Mobil uygulama, sunucu ve bulanık mantık sistemi arasındaki entegrasyon, taşıma süreçlerinde hem maliyet hem de kalite avantajı sağlayarak insan sağlığını koruma hedefini desteklemektedir.

Son olarak, A\* algoritması ve benzeri sezgisel arama yöntemleri, buluşsal mesafelerin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu yöntemler, zaman ve hafıza kısıtlamaları olan problemlerde özellikle önemlidir ve çeşitli iyileştirme stratejileriyle birlikte kullanılmaktadır.

## 2.1. Mobil Uygulama

Mobil uygulama, taşımacılık sürecinde rota belirleme, kargo yönetimi ve araç bilgilerini kaydetme işlemlerini kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiş bir yazılımdır. Taşıma sürecinde kullanılan araçların rotalarının dinamik olarak belirlenmesi, kargo bilgileriyle uyumlu bir şekilde yönetilmesi ve bu verilerin düzenli olarak kaydedilmesi için mobil uygulama kritik bir rol oynamaktadır. Bu sistem, özellikle süt gibi hassas ürünlerin taşınmasında kaliteyi korumayı ve taşıma sürecinde meydana gelebilecek aksaklıkları en aza indirmeyi amaçlar. Mobil uygulama, kullanıcı dostu bir arayüze sahip olup, kullanıcının işlem adımlarını hızlı ve doğru bir şekilde tamamlamasına olanak tanır.

Mobil uygulamanın temel bileşenlerinden biri olan rota planlaması, taşıma sürecinin her aşamasında verimliliği artırmayı hedefler. Bu planlama sayesinde, belirli kargo ve hedef bilgilerine dayalı olarak en uygun güzergah seçilir ve süreç optimize edilir. Rota planlaması sırasında, taşınacak yükün hedef adresleri mobil uygulama aracılığıyla toplanır. Kullanıcılar, hedef noktaların adres bilgilerini mahalle, sokak/cadde, bina numarası veya adı biçiminde mobil uygulamaya girer. Bu adres bilgileri Firebase Firestore veritabanına güvenilir bir şekilde yüklenir. Veritabanında toplanan bilgiler, güzergah belirleme ve optimize etme aşamalarında sunucu tarafından kullanılır.

Mobil uygulama, yalnızca adres bilgilerini değil, aynı zamanda taşınacak kargo ve kullanılacak araç bilgilerini de kaydederek taşıma sürecinde önemli bir referans noktası oluşturur. Araç bilgilerinin (örneğin araç modeli, kilometre başına yakıt tüketimi gibi) ve kargo sıcaklığı veya ağırlık gibi özelliklerin girilmesi, rota planlamasında kullanılacak temel parametreleri sağlar. Böylece güzergah oluşturulurken taşıma sürecinde dikkat edilmesi gereken faktörler göz önünde bulundurularak en düşük maliyetli ve en güvenli rota oluşturulabilir.

Bu süreç, taşıma işlemlerinde zaman tasarrufu sağlamak, maliyetleri azaltmak ve ürün kalitesini korumak adına büyük önem taşır. Mobil uygulama aracılığıyla gerçekleştirilen rota planlaması, taşıma operasyonlarının verimliliğini artırarak taşımacılık sektöründe rekabet avantajı elde edilmesini sağlamaktadır.

Mobil uygulama, veritabanına erişerek kullanılacak aracın bilgilerini ve oluşturulmak istenen rota bilgilerini toplamak için arka planda çalışmaktadır. Program içerisinde 3 ana sayfa bulunmaktadır: Main\_page, RotaOluşturma, ArabaBilgisiOluşturma. Main\_page içerisinde, işlev sayfalarına yönlendiren 3 adet buton bulunmakta ve bu butonlar, sayfalarla iletişim sağlamaktadır.

RotaOluşturma sayfası içerisinde, 4 adet uyarı iletişim kutusu ve 5 adet buton bulunmaktadır. Adres girişi için kullanılan uyarı iletişim kutuları aracılığıyla adreslerin koordinatları alınarak veri tabanına aktarılmaktadır. Kargo girişi butonu içerisinde iki adet seçim menüsü bulunmaktadır. Bu seçim menüleri aracılığıyla kargo olarak taşınacak ham maddelerin sıcaklıkları ve ağırlıkları seçilir ve veri tabanı yüklenmektedir.

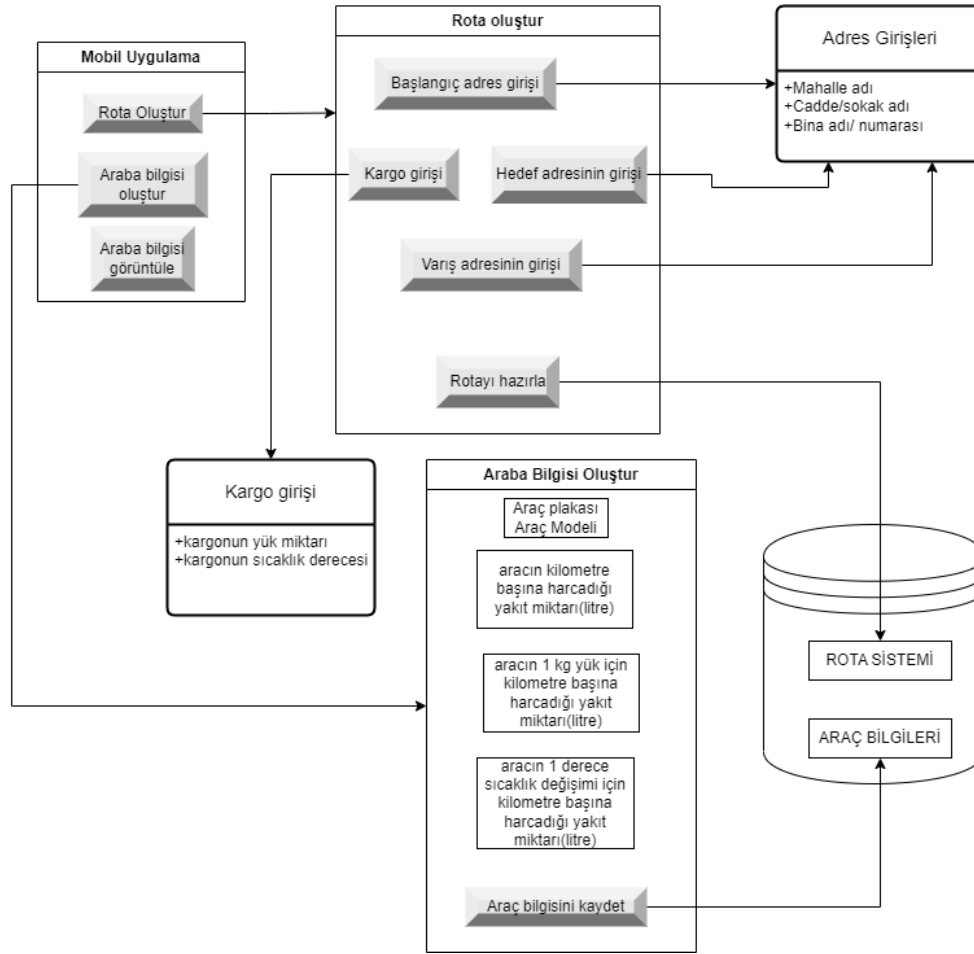
**Tablo 1.** Mobil Uygulamanın Algoritması

1. Başla
2. Anasayfaya gir
3. Eğer araç girişi yapılmamışsa araç girişi yap
4. Eğer araç girişi varsa rota oluşturmaya başla
5. Başlangıç noktasının adresini gir butonuna basılır
6. Sırasıyla mahalle, cadde/sokak adı, bina adı/numarası giriniz.
7. Gidilecek hedefin adresini giriniz.
8. Hedef için toplanacak kargonun özelliklerini giriniz.
9. Gidilmesi gereken bütün hedefler bu Şekilde girilir.
10. Varış noktasının adresini gir butonuna basılır.
11. Sırasıyla mahalle, cadde/sokak adı, bina adı/numarası giriniz.
12. Rota oluştur tuşuna basılır.
13. Serveri çalıştıran tetikleyici parametre aktif hale gelir.
14. Bitiş

## 2.2. UML Haritası

Unified Modeling Language (Birleşik Modelleme Dili (UML)), yazılım ve sistemlerin görsel olarak modellenmesi için standartlaştırılmış bir dildir [2]. UML, karmaşık sistemleri anlamlandırmak, tasarlamak, dokümantasyonunu yapmak ve bunları geliştirmek için kullanılan bir araçtır. Yazılım mühendisliği ve sistem analizinde yaygın olarak kullanılan UML, farklı paydaşlar arasında iletişimi kolaylaştırır ve anlaşılabilirlik sağlar.

UML'in temel amacı karmaşık sistemlerin tasarımını ve analizini kolaylaştırmak ve yazılım geliştirme sürecinin her aşamasında kullanılabilmesini sağlamaktır. Bu nedenle, UML standartları, yazılım mühendisliğinde ortak bir anlayış ve yöntem sağlar, böylece ekipler arası iletişimde netlik ve tutarlılık sağlanabilir.



Şekil 1. Mobil uygulamanın Unified Modeling Language (UML) haritası

### 2.3. Server Uygulaması

Server Sistemi, Python dilinde kodlanarak veri tabanı ile haberleşme içerisinde bulunarak çalışmaktadır. Server içerisinde, verilerin kullanılacak alanlar için çekilmesi, bulanık mantık kullanılarak kararın alınması, verilerin işlenmesi, koordinat verilerinin oluşturulması ve A\* Multigoal Path Planning yapacak olan fonksiyonun çalıştırılması gibi işlemler gerçekleştirilir.

A\* Multigoal Path Planning, yapay zeka ve robotik alanlarında kullanılan bir planlama algoritmasıdır. Bu algoritma, bir robot veya ajanın belirli hedeflere veya hedef bölgelere en etkin şekilde nasıl ulaşabileceğini hesaplamak için geliştirilmiştir. En kısa yol bulma problemlerinde yaygın olarak kullanılan bir bilgisayar bilimi algoritması olan A\*'ın genişletilmiş bir versiyonudur. Multigoal Path Planning, birden fazla hedef veya hedef bölge belirlenmesi durumunda kullanılır. Algoritma, ajanın başlangıç noktasından itibaren her bir hedef veya hedef bölgenin konumunu ve bu noktalara olan maliyetleri (mesafe veya zaman olarak ifade edilir) dikkate alarak çalışır [18].

A\* algoritmasının matematiksel temsili şu şekildedir: Her bir düğüm  $n$  için,  $f(n)$  fonksiyonu, o düğüme ulaşmanın toplam tahmini maliyetini ifade eder ve şu şekilde hesaplanır:

$$f(n) = g(n) + h(n) \quad (1)$$

Burada:

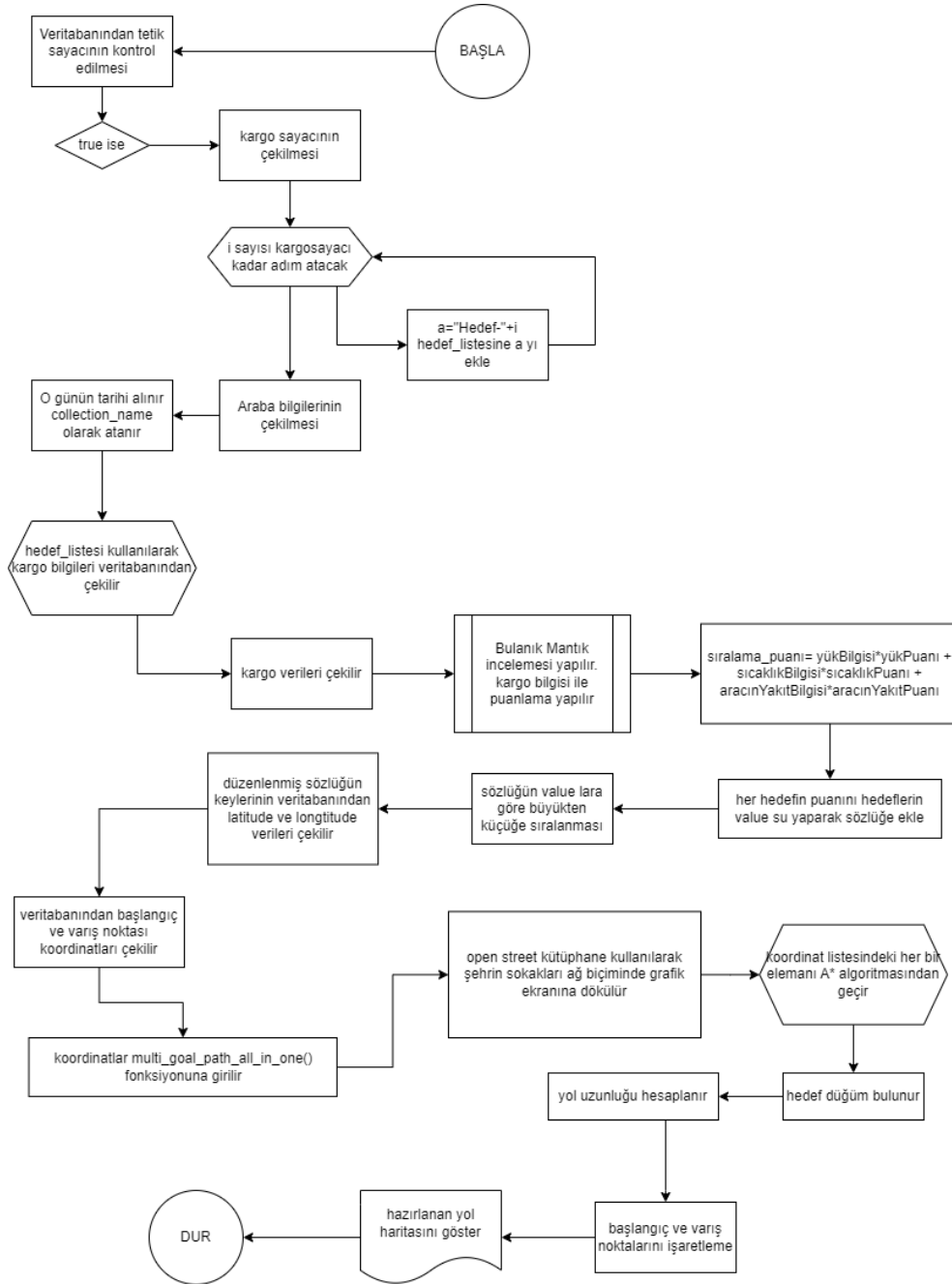
- $g(n)$ , başlangıç düğümünden  $n$  düğümüne kadar olan yolun maliyetini temsil eder. Bu değer, algoritmanın başlangıçtan  $n$  düğümüne kadar olan gerçek maliyetini ölçer.
- $h(n)$ ,  $n$  düğümünden hedef düğüme ulaşmanın tahmini maliyetini ifade eder. Bu tahmini maliyet, çoğunlukla bir heuristik fonksiyon kullanılarak belirlenir ve gerçek maliyetin alt sınırını tahmin etmeye çalışır [18].

A\* algoritması,  $f(n)$  değerlerini her adımda hesaplayarak öncelikli kuyruk kullanarak genişleme stratejisi uygular. Bu şekilde, her adımda en düşük  $f(n)$  değerine sahip düğümü seçerek başlangıçtan hedefe olan en verimli yolu bulmayı amaçlar. A\* algoritması, doğru bir heuristik fonksiyon seçimiyle optimal yol bulma problemlerinde etkili bir şekilde çalışır [18].

Server uygulaması çalıştırıldığında, veri tabanından kargo verilerinin taşınmasını sağlamanın yanı sıra arka planda kayıt işlemleri de gerçekleştirilir. Bu kayıt işlemleri, daha sonra bulanık mantık algoritmasını çalıştırıp karar alınmasını sağlayacaktır.

**Tablo 2.** Server Algoritması

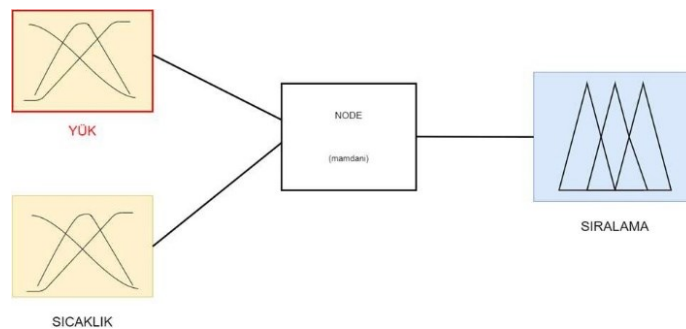
1. Başla
2. Veri tabanındaki tetikleyicilerin kontrol edilmesi
3. Tetikleyici aktif olduğunda Tetikleme collection içerisinde kargo_sayacını kullan.
4. Hedef+i olacak biçimde bir hedef_listesi oluştur.
5. Oluşturulan hedef listesi ile ROTA SİSTEMİ içerisinde hedef_listesi içerisinde kargo verileri kullanılmak üzere değişkenlere atanır.
6. Atanan değişkenler üzerinden bulanık mantık algoritması kullanılır.
7. Bulanık mantık algoritması ile her bir parametre için belirlenen standart çerçevesinde bir kriter puanı atanır.
8. Atanan puanlar ile bir çıkış yakıt puanı oluşturulur.
9. Puanlar ile “sıcaklık_puanı*sıcaklık için harcanan yakıt miktarı+ yük_puanı*yük için harcanan yakıt miktarı+ çıkış_puanı*hareket edebilmek için harcanan yakıt miktarı” hesaplaması yapılır.
10. Yapılan hesaplar birer listeye aktarılır
11. Aktarılan liste ile hedef listesi, value-key biçiminde sözlük yapısına aktarılır.
12. Sözlük değerleri büyükten küçüğe olacak biçimde sıralanır.
13. Sözlük değerleri büyükten küçüğe olacak biçimde sıralanır.
14. Atanan listedeki sıraya göre veri tabanından hedef adresleri çekilir
15. Çekilen adresler koordinat oluşturma işlevinden geçerek latitude ve longitude olmak üzere koordinata dönüştürülür
16. Bu dönüşümden sonra tüple olarak koordinatlar kaydedilir ve tuplelar listeye eklenerek bitiş noktası oluşturulur.
17. Başlangıç ve bitiş noktalarının adresleri de birleştirilerek bir başlangıcı ve sonu olan koordinat listesi elde edilir.
18. Bu listedeki parametreler multi_goal_path_all_in_one() işlevinden geçirilerek rota oluşturulur.
19. Bitiş



Şekil 2. Serverin Çalışma Algoritması

#### 2.4. Bulanık Mantık ile Süt Taşımalarının Standartlarını Oluşturma

Bulanık mantık uygulamalarında genellikle giriş, kural ağı ve çıkış olmak üzere en az üç adet olan bir ağ yapısı kullanılır [13]. Ancak bu çalışmada 2 girişli ve 1 çıkışlı bir bulanık mantık ağı kullanılarak 5 parametrelili ve 25 adet kural içeren bir ağ yapısı oluşturulmuştur.



Şekil 3. MATLAB Bulanık Mantık uygulaması

Bulanık mantık algoritmasında temel olarak iki parametre üzerinde odaklanılmıştır. Bu parametreler, kargo olarak taşınan sütün hedef noktasından alındığı andaki sıcaklık ve taşınan kargonun yüküdür. Aşağıda, bu parametrelerin puanlandırıldığı giriş ve çıkış değer aralıkları verilmiştir. Tablo-3'de ise her bir durum için kazanılacak olan puanların tablosu sunulmaktadır.

**Tablo 3.** MATLAB Bulanık Mantık yazılımı kodları

1.	[Input1]
2.	Name='YUK'
3.	Range=[0 10]
4.	NumMFs=5
5.	MF1='KOVA':trimf,[0 0 2.5]
6.	MF2='BIDON':trimf,[0 2.5 5]
7.	MF3='VARIL':trimf,[2.5 5 7.5]
8.	MF4='TANK':trimf,[5 7.5 10]
9.	MF5='TANKER':trimf,[7.5 10 10]
10.	[Input2]
11.	Name='SICAKLIK'
12.	Range=[0 10]
13.	NumMFs=5
14.	MF1='KOY EVI':trimf,[0 0 2.5]
15.	MF2='SUTEVI':trimf,[0 2.5 5]
16.	MF3='SUTHANE':trimf,[2.5 5 7.5]
17.	MF4='CIFTLIK':trimf,[5 7.5 10]
18.	MF5='MANDIRA':trimf,[7.5 10 10]
19.	[Output1]
20.	Name='SIRALAMA'
21.	Range=[0 10]
22.	NumMFs=5
23.	MF1='ÇOK KISA SÜRELİ':trimf,[0 0 2.5]
24.	MF2='KISA SÜRELİ':trimf,[0 2.5 5]
25.	MF3='NORMAL SÜRELİ':trimf,[2.5 5 7.5]
26.	MF4='UZUN SÜRELİ':trimf,[5 7.5 10]
27.	MF5='ÇOK UZUN SÜRELİ':trimf,[7.5 10 10]

### 2.5. Uygulamanın MATLAB yazılım programında oluşturulması

MATLAB yazılımı, taşıma sürecinde kullanılan bulanık mantık sisteminin modellenmesi ve simülasyonun gerçekleştirilmesi için kullanılmıştır. Bu kapsamda, kullanılan girdi ve çıktı parametrelerinin değer aralıkları belirlenmiş ve her bir parametreye karşılık gelen üyelik fonksiyonları tanımlanmıştır.

Uygulamanın MATLAB ortamında modellenmesi sırasında iki ana giriş parametresi (sıcaklık ve yük) ve bir çıkış parametresi (sıralama) kullanılmıştır. Her bir parametre için belirlenen değer aralıkları, taşıma sürecinde ortaya çıkan belirsizlikleri daha iyi yönetmeyi sağlamak amacıyla titizlikle düzenlenmiştir. Bu aralıklar, bulanık mantık sisteminin taşıma sırasında en uygun sıcaklık ve yük koşullarına göre karar vermesine yardımcı olur.

Ayrıca, tablo ve şekillerde gösterilen değerler, sistemin çalışma prensiplerini daha iyi anlamak amacıyla detaylandırılmıştır. Örneğin, giriş parametrelerinden "yük" ve "sıcaklık" için tanımlanan üyelik fonksiyonları, kargo özelliklerini daha hassas bir şekilde sınıflandırmayı sağlar. Yük için belirlenen değerler "Kova", "Bidon", "Varil", "Tank" ve "Tanker" gibi taşıma kapasitelerine göre farklı sınıflara ayrılmıştır. Bu sınıflar, yük miktarına bağlı olarak her bir taşıma seçeneğinin uygunluğunu değerlendirir. Benzer şekilde, sıcaklık parametresi de "Koy Evi", "Süt Evi", "Süthane", "Çiftlik" ve "Mandıra" gibi sıcaklık aralıklarına göre sınıflandırılmıştır.

**Tablo 4.** "Yük" girdi değişkeni için üyelik fonksiyon değerleri

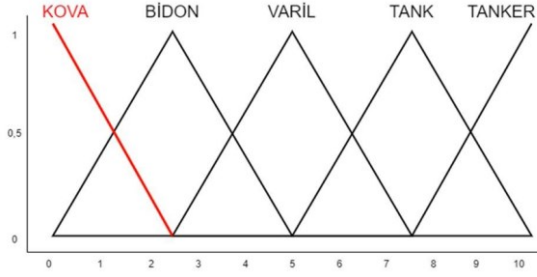
Kova	0	0	2,5
Bidon	0	2,5	5
Varil	2,5	5	7,5
Tank	5	7,5	10
Tanker	7,5	10	10

MATLAB ortamında kullanılan şekil ve tablolarda her bir üyelik fonksiyonunun nasıl belirlendiği, bu değerlerin taşıma sürecinde nasıl bir rol oynadığı açıklanmıştır. Örneğin, Şekil 4'te "Yük" üyelik fonksiyonları, farklı taşıma seçenekleri için belirlenen aralıkları görsel olarak sunmaktadır. Bu üyelik fonksiyonları sayesinde, taşıma sürecinde hangi yüklerin taşınacağı ve hangi sıcaklık koşullarının uygun olduğu daha iyi anlaşılır.



Tablo 4'deki değerler Şekil 4 'de MATLAB Bulanık Mantık uygulaması içerisinde gösterilmiştir.

Sonuç olarak, bu bölümde MATLAB ortamında yapılan modelleme çalışmaları, taşıma sürecinde belirsizliklerin yönetilmesi ve karar verme sürecinin optimize edilmesi açısından önemli bir temel sağlamaktadır. Tablolar ve şekiller aracılığıyla gösterilen bu veriler, sistemin işleyişini daha şeffaf hale getirirken, karar süreçlerinde daha hassas ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine katkıda bulunmaktadır.

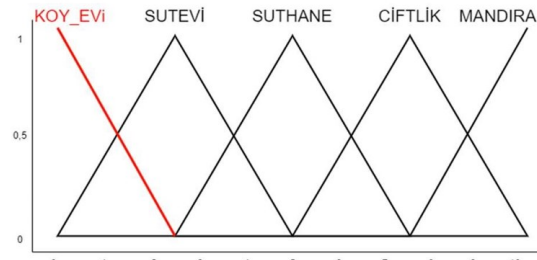


Şekil 4. "Yük" için üyelik fonksiyon değerleri

Tablo 5. "Sıcaklık" girdi değişkeni için üyelik fonksiyonu değerleri

Koy Evi	0	0	2,5
Süt Evi	0	2,5	5
SütHane	2,5	5	7,5
Çiftlik	5	7,5	10
Mandıra	7,5	10	10

Tablo 5'deki değerler şekil 5'te MATLAB Bulanık Mantık uygulaması içerisinde gösterilmiştir.

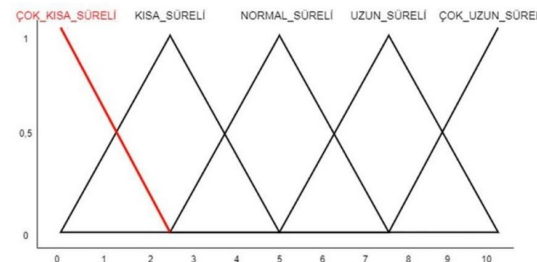


Şekil 5. "Sıcaklık" için üyelik fonksiyon değerleri

Tablo 6. "Sıralama" çıkış değeri için üyelik fonksiyonu değerleri

Çok Kısa Süreli	0	0	2,5
Kısa Süreli	0	2,5	5
Normal Süreli	2,5	5	7,5
Uzun Süreli	5	7,5	10
Çok Uzun Süreli	7,5	10	10

Tablo 6'daki değerler Şekil 6'daki MATLAB Bulanık Mantık uygulaması içerisinde gösterilmiştir.



Şekil 6. "Sıralama" için üyelik fonksiyon değerleri

Tablo 7. Bulanık Mantık Koşul Tablosu

Kural	Yük	Sıcaklık	Sıralama
1	1	1	1
2	1	2	1
3	1	3	2
4	1	4	3
5	1	5	4
6	2	1	1
7	2	2	2
8	2	3	3
9	2	4	4
10	2	5	4
11	3	1	2
12	3	3	4
13	3	4	4
14	3	5	5
15	4	1	1
16	4	2	3
17	4	3	4
18	4	4	5
19	4	5	5
20	5	1	2
21	5	2	3
22	5	3	4
23	5	4	5
24	5	5	5

Tablo 8. de belirtilen Bulanık Mantık koşullarının oluşturulmasında kullanılan ölçüt tablosu

1	Çok Düşük
2	Düşük
3	Orta
4	Yüksek
5	Çok Yüksek

Tablo 8 da belirtilen ölçütlere bağlı olarak kuralların nasıl oluşturulduğuna birkaç örnek vermek gerekirse:

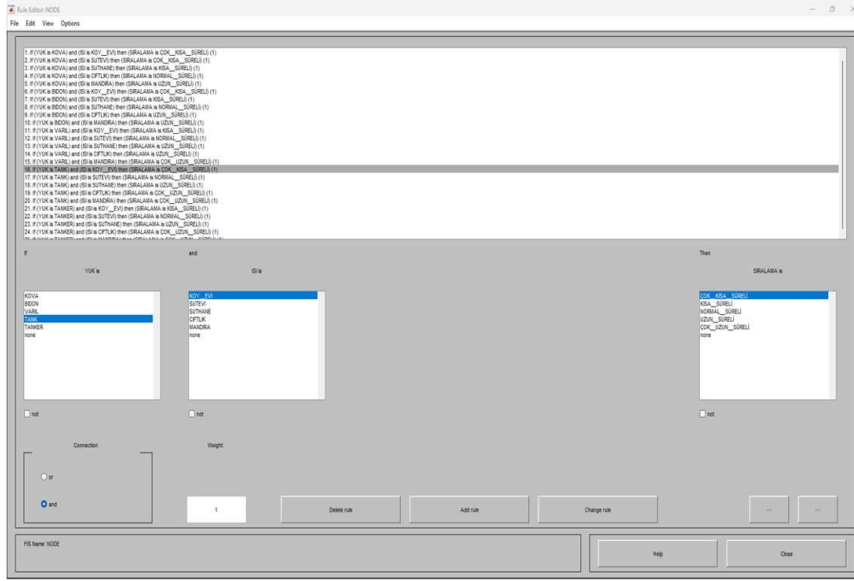
**Kural 4:** Eğer “Yük Çok Düşük” ve “Sıcaklık Yüksek” ise “Sıralama Orta” olur.

**Kural 7:** Eğer “Yük Düşük” ve “Sıcaklık Düşük” ise “Sıralama Düşük” olur.

**Kural 9:** Eğer “Yük Düşük” ve “Sıcaklık Yüksek” ise “Sıralama Yüksek” olur.

**Kural 17:** Eğer “Yük Yüksek” ve “Sıcaklık Orta” ise “Sıralama Yüksek” olur.

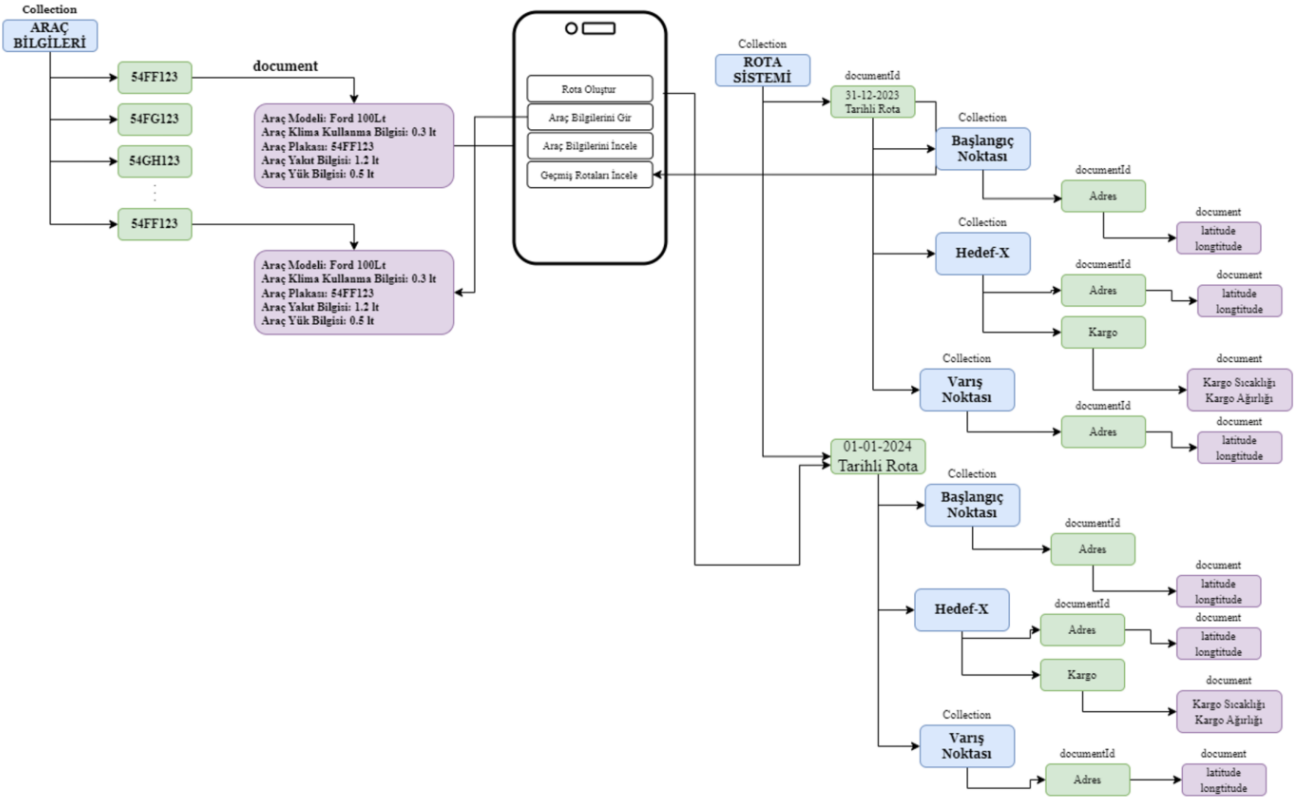
**Kural 23:** Eğer “Yük Çok Yüksek” ve “Sıcaklık Yüksek” ise “Sıralama Çok Yüksek” olur. Tüm koşulların MATLAB ortamında girişi şekil 7 de gösterilmiştir.



Şekil 7. MATLAB Bulanık Mantık uygulamasında koşulların gösterimi

**2.6. Android Java Kodları ve Mobil Ekran Görüntüleri**

Aşağıda bu proje için hazırlanan uygulamaların arayüz tasarımları verilmektedir.

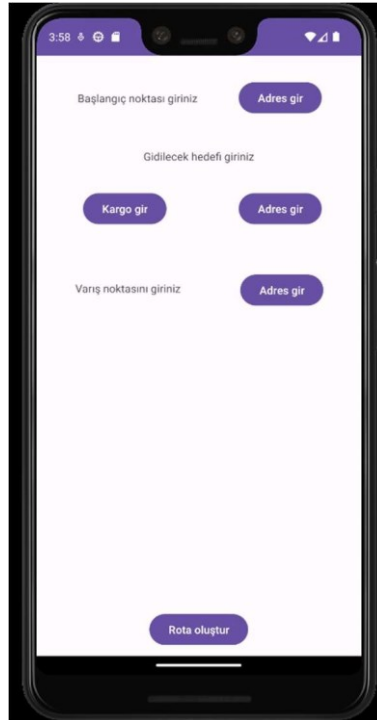


Şekil 8. Mobil Uygulama Anasayfası UML'si

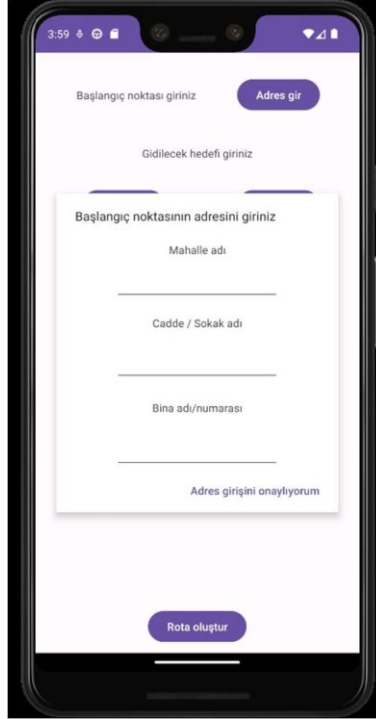


Şekil 9. Mobil Uygulama Anasayfası

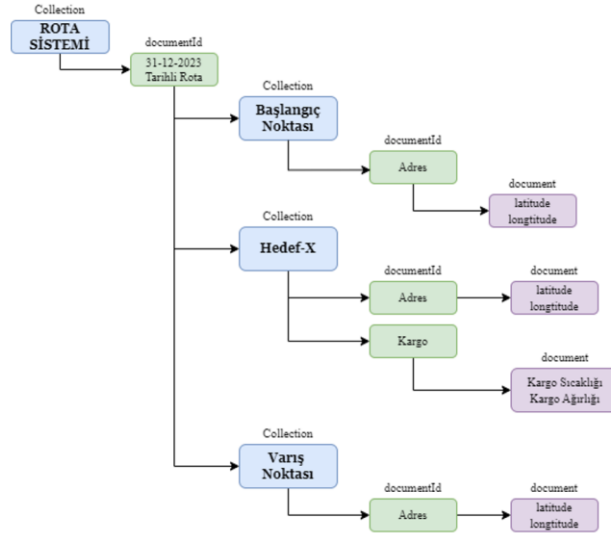
Uygulamanın ana sayfasında 4 adet buton bulunmaktadır. Bu ana sayfadan görüldüğü üzere 4 farklı işlem yapılabilmektedir. Şekil 8’de görüldüğü gibi rota oluşturabilir, geçmişteki rotaları inceleyebilir, araç bilgileri girip önceden girdiğimiz araçların bilgilerini incelenebilmektedir.



Şekil 10. Rota Oluşturma Ekran

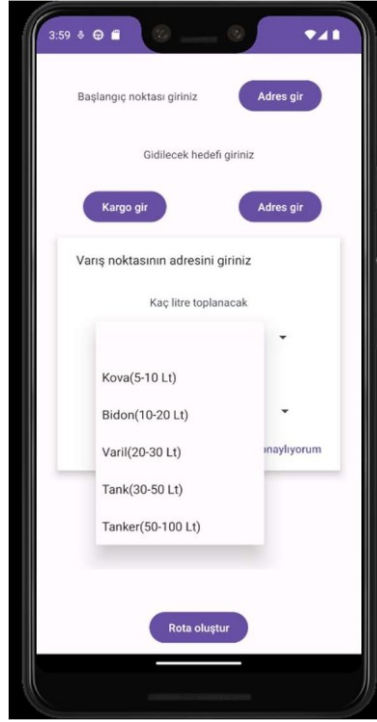


Şekil 11. Adres Girişini kaydeden Alert Diyalog

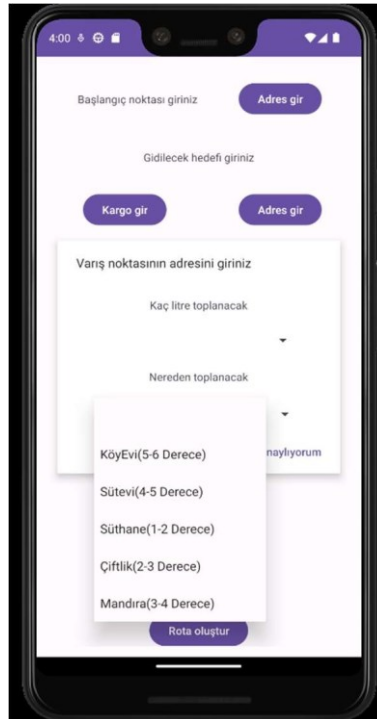


Şekil 12. Adreslerin ROTA SİSTEMİ'ne kaydedilmesi

Şekil 9'da "Rota oluştur" butonuna tıklandığında, Şekil 10'da gösterilen ekrana yönlendirilirsiniz. Bu ekranda, başlangıç konumu, gidilecek hedef, o hedefe taşınacak süt miktarı ve hedefin adresi gibi bilgiler girilir. Ayrıca, hedefe taşınacak sütün kaç derece sıcaklıkta taşınacağı da belirtilir. Son olarak varış noktasının adresi de girilir. Tüm bu bilgiler girildiğinde, uygulama en uygun rotayı çizerek en düşük maliyetli güzergahı bulur.



Şekil 13. Kargonun yük bilgisinin girilmesi



Şekil 14. Kargonun Sıcaklık derecesinin girilmesi

araç plakası

---

aracın modeli

---

aracın kilometre başına harcadığı yakıt miktarı(litre)

---

aracın 1 kg yük için kilometre başına harcadığı yakıt miktarı(litre)

---

aracın 1 derece sıcaklık değişimi için kilometre başına harcadığı yakıt miktarı(litre)

---

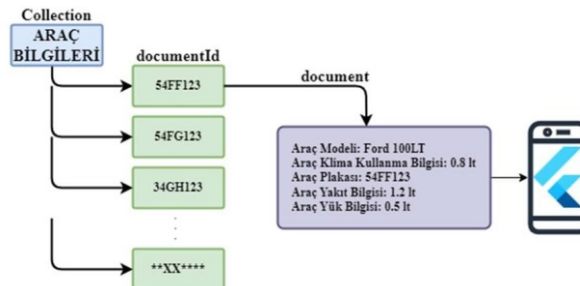
araç bilgisini kaydet

Şekil 15. Araç Bilgilerinin kaydedilmesi görseli

4:01

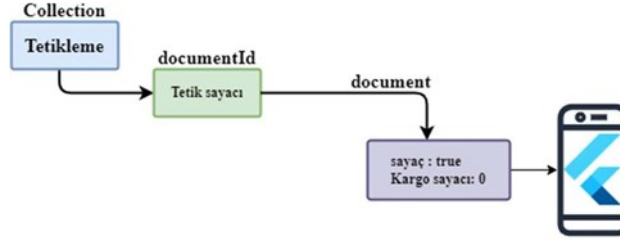
Araç Modeli: Ford 100lt  
Araç plakası: 54FF123  
Araç klima kullanma bilgisi: 0.8  
Araç yakıt bilgisi: 1.2  
Araç yük bilgisi: 0.5

Şekil 16. Araç Bilgilerinin gösterilmesi

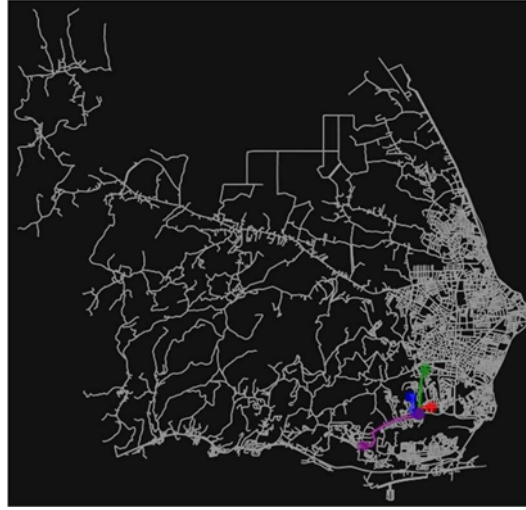


Şekil 17. Araç bilgilerinin FireBase'e kaydedilmesi

Şekil 8'de "Araç bilgileri gir" butonuna tıklandığında, şekil 15'teki ekran açılır. Bu ekranda, araç plakası, modeli, kilometre başına harcadığı yakıt, 1 kg yük için kilometre başına yaktığı yakıt ve 1 derece sıcaklık değişimi için kilometre başına harcadığı yakıt miktarları girilerek araç bilgisi kaydedilir. Araç bilgileri, şekil 17'de gösterildiği gibi kaydedilir. "Araç bilgilerini incele" butonuna tıklandığında, şekil 16'daki ekran açılır ve bu ekranda önceden girilen araçların tüm bilgileri görüntülenebilir.



Şekil 18. Tetikleme ve sayaçların kaydedilmesi



Şekil 19. Rotanın Harita üzerinde gösterilmesi

Şekil 10'da oluşturulan rota, şekil 19'da uzaktan bir görünümde gösterilmektedir. Bu ekranda, başlangıç noktası ve gidilecek noktaların güzergahları harita üzerinde görülebilir.

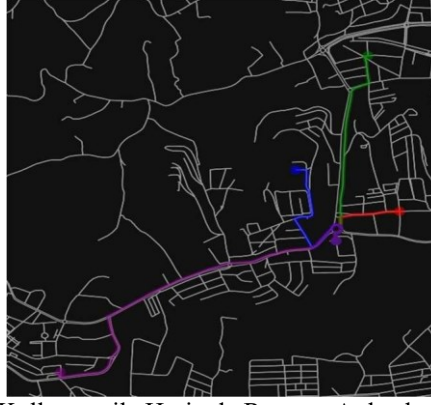
```

[ 'Hedef-1', 'Hedef-2', 'Hedef-3' ]
0.8
1.2
4.699999999999999
11.5
9.0
[ 'Varil(20-30 Lt)', 'Varil(20-30 Lt)', 'Bidon(10-20 Lt)' ]
[ 'KöyEvi(5-6 Derece)', 'Mandıra(3-4 Derece)', 'Çiftlik(2-3 Derece)' ]
[ 2, 5, 4 ]
[ 4.699999999999999, 11.5, 9.0 ]
{ 'Hedef-1': 4.699999999999999, 'Hedef-2': 11.5, 'Hedef-3': 9.0 }
{ 'Hedef-2': 11.5, 'Hedef-3': 9.0, 'Hedef-1': 4.699999999999999 }
[ 'Hedef-2', 'Hedef-3', 'Hedef-1' ]
[[ (40.749075, 30.35603), (40.758203, 30.354435), (40.75121, 30.349622) ]
(40.746782, 30.352549)
[[ (40.749075, 30.35603), (40.758203, 30.354435), (40.75121, 30.349622), (40.739633, 30.334243) ]
PS C:\Users\bilal\OneDrive\Masaüstü\Genel Klaser\4.sınıf\OTONOM SİSTEMLER VE UYGULAMALARI\A pathfinding>
  
```

Şekil 20. Uygulamada elde edilen koordinatın ve puan verilerinin gösterimi

Oluşturulan rotanın hangi araçla gidileceği seçildikten sonra, hangi hedefe ilk olarak gidileceği, daha sonra diğer hedeflere hangi güzergahlarla gidileceği ve hangi tanker seçileceği gibi soruların cevapları, şekil 20'deki programın çıktısında görülmektedir.





Şekil 21. Renk Kullanımı ile Haritada Rotanın Anlaşılır biçimde işlenmesi

Şekil 21, Şekil 19'un daha yakınlaştırılmış ve netleştirilmiş bir görüntüsünü göstermektedir. Bu çıktı ile güzergahlar daha net bir şekilde görülmektedir.

Kargoları hedeflere taşıyacak olan aracın 1 kilometrede harcadığı yakıtı litre cinsinde gösterilerek araç özellikleri incelenmiştir. Sonrasında hedef-1'den sonuncu hedefe kadar kaydedilen her bir hedef için harcanacak yakıt puanı hesaplanmış ve bu puanlar kullanılarak hedeflerin sıralaması yapılmıştır. Ayrıca, yakıt puanları hesaplanırken kullanılan kargo bilgileri gösterilmiş ve bulanık mantık karar yapısından geçirilerek elde edilen yakıt puanı ile hedefler sıralanmıştır. Sıralanmış hedef listesi, Firebase Firestore'dan hedeflerin koordinatları ile eşleştirilerek sistem geliştirilmiş ve harita elde edilmiştir.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, süt gibi karmaşık bir hammadde için karar verme süreçlerinde daha yüksek doğruluk ve etkinlik sağlama amacıyla çoklu ajanlı yol planlaması yaklaşımının önemini vurgulamaktadır. Süt taşımacılığı gibi hassas ve kısa ömürlü ürünlerin lojistik yönetiminde, doğru ve optimize edilmiş bir taşıma planının benimsenmesi, ürün kalitesinin korunması ve maliyetlerin minimize edilmesi açısından hayati öneme sahiptir.

Bu araştırmanın ilerlemesi, karar verme yöntemlerinde geniş bir yelpazenin benimsenmesine yol açmaktadır. Bulanık mantık, genetik algoritmalar ve hibrit yaklaşımlar gibi çeşitli tekniklerin entegrasyonu, karar verme süreçlerinin karmaşıklığına ve belirsizliğine daha etkili bir şekilde cevap verebilir. Bu yöntemlerin kullanımıyla, süt taşımacılığı endüstrisinde ve benzeri lojistik süreçlerde verimliliği artırmak ve operasyonel maliyetleri düşürmek mümkün olabilir.

Buna ek olarak, bu çalışma Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm kavramlarına da ışık tutmaktadır. Taşımacılık alanında yapay zeka ve otomasyon teknolojilerinin kullanımı, lojistik süreçlerin daha verimli ve akıllı bir şekilde yönetilmesine olanak tanır. Bu da süt taşımacılığı gibi sektörlerde rekabet avantajı elde etme ve tüketici memnuniyetini artırma potansiyeline sahiptir.

Sonuç olarak, bu çalışma, Desteklemeli Öğrenme ve çoklu ajanlı sistemler gibi ileri teknolojilerin süt taşımacılığı gibi endüstrilerdeki karar verme süreçlerini nasıl iyileştirebileceğini göstermektedir. Sağlıklı kararlar için çeşitli faktörlerin dengeli bir şekilde dikkate alınması, operasyonel etkinliği artırmak ve kaynakları daha etkili bir şekilde kullanmak açısından kritik öneme sahiptir.

Bu çalışmanın bulguları, süt taşımacılığı endüstrisinde karar verme süreçlerinin geliştirilmesi ve optimize edilmesi için bir temel sağlamaktadır. Gelecekteki araştırmalarda, bu çalışmanın sonuçlarının daha geniş bir endüstriyel kontekste test edilmesi ve uygulanabilirliği üzerine daha fazla odaklanılması önemlidir. Ayrıca, yapay zeka ve lojistik yönetimi alanındaki yeni gelişmelerin entegrasyonu ile ilgili daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

### TEŞEKKÜR

Çalışma TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenmiştir.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, bu makalede bildirilen çalışmayı etkileyebilecek bilinen hiçbir rekabet eden mali çıkarlarının veya kişisel ilişkilerinin olmadığını beyan etmektedir.

### VERİ KULLANILABİLİRLİĞİ BEYANI

Çalışma sırasında üretilen veya kullanılan tüm veriler, modeller ve kodlar gönderilen makalede yer almaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Castillo, O., Soria, J., Arias, H., Morales, J. B., & Inzunza, M. 2007. Intelligent control and planning of autonomous mobile robots using fuzzy logic and multiple objective genetic algorithms. In *Analysis and Design of Intelligent Systems using Soft Computing Techniques* (pp. 799-807). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [2] Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (2005). *The Unified Modeling Language User Guide* (2nd ed.). Addison-Wesley Professional.
- [3] Gireesh Kumar, T., Poornaselvan, K. J., & Sethumadhavan, M. (2010). Fuzzy Support Vector Machine-based Multi-agent Optimal Path Planning Approach to Robotics Environment. *Defence Science Journal*, 60(4).
- [4] Cerami, C., Rapp, T., Lin, F. C., Tompkins, K., Basham, C., Muller, M. S., ... & Smith, J. 2021. High household transmission of SARS-CoV-2 in the United States: living density, viral load, and disproportionate impact on communities of color. medRxiv. Published online. DOI, 10(2021.03), 10-21253173.
- [5] Fayad, C., & Webb, P. 2006. Development of a hybrid crisp-fuzzy logic algorithm optimised by genetic algorithms for path-planning of an autonomous mobile robot. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 17(1), 15-26.
- [6] Kumar, G., & Vijayan, V. P. 2007. A multi-agent optimal path planning approach to robotics environment. In *International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA 2007)* (Vol. 1, pp. 400-404). IEEE.
- [7] Lamini, C., Fathi, Y., & Benhlima, S. 2017. H-MAS architecture and reinforcement learning method for autonomous robot path planning. In *2017 Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)* (pp. 1-7). IEEE.
- [8] Luviano, D., & Yu, W. (2017). Continuous-time path planning for multi-agents with fuzzy reinforcement learning. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 33(1), 491-501.
- [9] Makita, Y., Hagiwara, M., & Nakagawa, M. 1994. A simple path planning system using fuzzy rules and a potential field. In *Proceedings of 1994 IEEE 3rd International Fuzzy Systems Conference* (pp. 994-999). IEEE.
- [10] Sabo, C., Cohen, K., Kumar, M., & Abdallah, S. (2009, June). Path Planning for a Fire-Fighting Aircraft using Fuzzy Logic. In *47th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition* (p. 1353).
- [11] Shibata, T., & Fukuda, T. 1993. Coordinative behavior by genetic algorithm and fuzzy in evolutionary multi-agent system. In *Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 760-765). IEEE.
- [12] Walker, K., & Esterline, A. C. 2000. Fuzzy motion planning using the Takagi-Sugeno method. In *Proceedings of the IEEE SoutheastCon 2000. 'Preparing for The New Millennium'* (Cat. No. 00CH37105) (pp. 56-59). IEEE.
- [13] Zadeh, L. A. (1988). Fuzzy logic. *Computer*, 21(4), 83-93.
- [14] Klir, G., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic* (Vol. 4, pp. 1-12). New Jersey: Prentice hall.
- [15] Rao, M., Bast, A., & De Boer, A. (2021). Valorized food processing by-products in the EU: Finding the balance between safety, nutrition, and sustainability. *Sustainability*, 13(8), 4428.
- [16] Arenas-Parra, M., Bilbao-Terol, A., & Jiménez, M. (2016). Standard goal programming with fuzzy hierarchies: a sequential approach. *Soft Computing*, 20, 2341-2352.
- [17] Kahraman, C. (Ed.). (2008). *Fuzzy multi-criteria decision making: theory and applications with recent developments* (Vol. 16). Springer Science & Business Media.
- [18] Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3rd ed.). Prentice Hall