YAPAY ZEKA DESTEKLİ TURİST ROTA PLANLAMASI

Arkın AKYIL
Ece ERDÖNMEZ
Simge AY

Prof. Dr. Ali Serdar TAŞAN

Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Özet

Bu proje, yapay zeka modeli aracılığıyla turist rotası planlama problemini çözmeyi amaçlayan bir optimizasyon sistemi geliştirmektedir. Projenin amacı, kullanıcıların belirlediği başlangıç ve bitiş noktaları, kişisel tercihleri, zaman kısıtlamaları ve mekânsal tercihler doğrultusunda, en yüksek ağırlıklı puanı sağlayacak rotaları öneren bir sistem tasarlamaktır. Sistem, Google Maps API aracılığıyla elde edilen mekan bilgileri ve mekanlar arası süre verilerini kullanır. Google Colab platformu üzerinde geliştirilen optimizasyon modeli, tek amaçlı doğrusal programlama yöntemine dayanır. Bu model, her bir ziyaret edilen mekanın puanını dikkate alarak, toplamda en yüksek ağırlıklı puanı sağlayacak rotayı bulmayı hedefler. Yapay zeka modeli, doğal dil işleme, diyalog sürdürme ve veri ayıklama özellikleri ile kullanıcıyla direkt etkileşime geçip, kullanıcıya sorular sorarak kullanıcı girdilerini elde eder. Kullanıcı, başlangıç ve bitiş noktalarını, sahip oldukları seyahat süresini, varsa gitmek istediği mekanları ve gitmek istedikleri mekan türü sayılarını girdi olarak sağlar. Yapay zeka modeli, bu verilerin tamamını elde ettikten sonra sisteme iletir. Sistem, bu girdileri kullanarak, belirtilen kısıtlamalar dahilinde en yüksek ağırlıklı puanı sağlayan rotayı optimizasyon modeli aracılığıyla oluşturur. Kullanıcı arayüzü, web tabanlı olarak tasarlanmış olup, kullanıcılar arayüzde yapay zekayla etkileşime geçip, girdikleri verilerle anında kişiselleştirilmiş rotalar alabileceklerdir. Bu proje, seyahat planlamasında verimliliği arttırmayı, zaman yönetimini kolaylaştırmayı ve kullanıcıların turistik deneyimlerini daha anlamlı hale getirmeyi hedeflemektedir.

Giriş

Günümüzde bireylerin zaman kaynaklarının sınırlı olması, zamanı daha etkin ve planlı kullanma gereksinimini artırmıştır. Bu ihtiyaç, özellikle turizm sektöründe kendini açıkça göstermekte; kısa süreli ve günübirlik seyahatlerde sınırlı zaman dilimi içinde maksimum deneyim ve fayda elde etme zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Özellikle modern şehir hayatının getirdiği yoğunluk ve bireylerin seyahat için ayırabildikleri kısıtlı zaman, turistik rotaların kişiselleştirilmiş, verimli ve optimum şekilde planlanmasını kaçınılmaz kılmıştır. Turistik rota planlaması, gidilecek yerlerin seçimi, bu yerlerin ziyaret sırası, mekanlar arası geçiş sürelerinin hesaplanması ve her mekânda harcanacak zamanın dengelenmesi gibi çok sayıda faktörün eş zamanlı olarak dikkate alınmasını gerektiren çok değişkenli, karmaşık ve çok kısıtlı bir karar verme problemidir. Turistlerin karşılaştığı başlıca zorluklar arasında, belirlenen zaman dilimi içerisinde en yüksek faydayı sağlayacak mekanları seçmek, bu mekanlar arasındaki ulaşım sürelerini minimize etmek ve seçilen mekanları mantıklı ve verimli bir sıraya koymak bulunmaktadır. Bu kapsamda rota planlama sadece mekanların seçimiyle sınırlı kalmayıp, mekanların ziyaret sıralaması, her bir mekânda kalınacak süre, mekanlar arası geçiş süreleri ve ziyaret edilen mekanların sağladığı fayda ya da puanlama sistemini de içeren çok yönlü bir optimizasyon gerektirmektedir. Bu projede ele alınan problem, belirli bir zaman ve kullanıcı tercihleri doğrultusunda, turistin başlangıç ve bitiş noktaları arasında geçeceği güzergahta ziyaret edeceği mekanları en yüksek toplam fayda puanını sağlayacak şekilde sıralamayı amaçlamaktadır. Projenin temel amacı, toplam ziyaret süresi ve mekan türü kısıtlarını dikkate alarak, tek amaçlı bir optimizasyon modeli ile en yüksek ağırlıklı puana sahip turistik rotayı belirlemektir. Modelin kısıtları arasında kullanıcının belirlediği toplam süre, ziyaret edilmesi zorunlu veya tercih edilen mekan türleri (örneğin müze, kafe, park gibi) ve başlangıç-bitiş noktaları yer almaktadır. Ayrıca rota planlamasında mekanlar arası mesafe ve geçiş süreleri ile her mekan için önerilen kalış süresi gibi faktörler Google Maps API aracılığıyla gerçek veriler kullanılarak modele dahil edilmektedir. Bu tür karmaşık ve çok değişkenli problemler için matematiksel optimizasyon teknikleri, özellikle doğrusal programlama yöntemleri, etkili ve sistematik çözümler sunmaktadır. Projede geliştirilen doğrusal programlama tabanlı model, Google Colab bulut ortamında çalıştırılarak kullanıcıdan alınan giriş verileri doğrultusunda kişiselleştirilmiş ve maksimum puanlı rotalar oluşturulmaktadır. Literatürde turistik rota optimizasyonu için yaygın olarak kullanılan modeller arasında Gezgin Satıcı Problemi (TSP), Ödül Toplayan Gezgin Satıcı Problemi (PCTSP) ve Oryantiring Problemi (OP) yer almaktadır (Golden ve ark., 1987; Tsiligirides, 1984; Vansteenwegen ve ark., 2010). Bu modeller, klasik olarak belirli bir hedef doğrultusunda en kısa yol ya da en yüksek ödülü toplama amacıyla geliştirilmiş olsa da, bireysel turist planlamasında kullanıcı tercihleri ve gerçek mekânsal verilerin entegre edilmesiyle yeni bir boyut kazanmaktadır. Projemiz, bu literatürde yer alan klasik optimizasyon yaklaşımlarını yapay zeka destekli kullanıcı etkileşimi ve gerçek zamanlı harita verileri ile bütünleştirerek, kullanıcı odaklı ve dinamik bir rota planlama sistemi sunmaktadır. Sistem, kullanıcıların doğal dil işleme temelli yapay zeka modülüyle etkileşime geçerek seyahat tercihlerini belirtmelerine olanak sağlar. Kullanıcıların belirttiği başlangıç ve bitiş noktaları, toplam süre, mekan türleri ve öncelikli tercihler gibi girdiler, web tabanlı kullanıcı ara yüzü üzerinden toplanmakta ve gerçek zamanlı olarak modelin girdisi olarak kullanılmaktadır. Böylece sistem, yalnızca matematiksel optimizasyon değil; etkileşimli, kişiselleştirilmiş ve ölçeklenebilir bir dijital turizm çözümü olarak tasarlanmaktadır. Bu proje, yapay zeka ve optimizasyonun güçlü birleşimiyle turistik seyahat planlamasında etkinlik, esneklik ve kullanıcı deneyimini iyileştirmeyi amaçlamakta; günümüzde artan dijitalleşme trendleri ve kişiselleştirilmiş hizmet talebi doğrultusunda turizm sektörüne değerli bir katkı sağlamaktadır.

Kullanılan Yöntemler ve Elde Edilen Bulgular

Matematiksel Notasyon

$$\text{Maximize: } \sum_{i \in I}^{V} ap_i \cdot x_i \quad (3.1)$$

$$\sum_{i \in I}^{V} gs_i \cdot x_i + \sum_{i \in I}^{V} \sum_{j \in I, i \neq j}^{V} d_{ij} \cdot y_{ij} \leq Z \quad (3.2)$$

$$x_s = 1,\ x_e = 1 \quad \forall s, e \in I \quad (3.3)$$

$$x_m = 1\ \forall m \in M \quad (3.4)$$

- Başlangıç ve bitiş farklı noktaysa ($s \neq e$);

$$\sum_{i \in I, i \neq s}^{V} y_{is} = 0,\ \sum_{j \in I, j \neq s}^{V} y_{sj} = 1 \quad (3.5)$$

$$\sum_{j \in I, j \neq e}^{V} y_{ej} = 0,\ \sum_{i \in I, i \neq e}^{V} y_{ie} = 1 \quad (3.6)$$

- Başlangıç ve bitiş aynı noktaysa ($s = e$);

$$\sum_{i \in I, i \neq s}^{V} y_{is} = 1,\ \sum_{j \in I, j \neq s}^{V} y_{sj} = 1 \quad (3.7)$$

$$u_i - u_j + V\ y_{ij} \leq V - 1 \quad \forall i, j \in I \setminus \{S\}, i \neq j \quad (3.8)$$

$$y_{ij} \leq x_i \ \forall i, j \in I, i \neq j \quad (3.9)$$

$$y_{ij} \leq x_j \ \forall i, j \in I, i \neq j \quad (3.10)$$

$$\sum_{j \in I, j \neq i}^{V} y_{ji} = x_i \ \forall i \in I \setminus \{S\} \quad (3.11)$$

$$\sum_{j \in I, j \neq i}^{V} y_{ij} = x_i \ \forall i \in I \setminus \{E\} \quad (3.12)$$

$$x_i = 0\ \forall i \in I \text{ eğer } tur_i = \text{'Havalimanı' ve } i \neq s, i \neq e \quad (3.13)$$

$$\sum_{i \in I_{konaklama}}^{V} x_i \leq [tur_s = \text{'Konaklama'}] + [tur_e = \text{'Konaklama'}].[s \neq e] \quad (3.14)$$

$$y_{ij} = 0\ \forall i, j \in I, i \neq j \text{ eğer } tur_i = tur_j \text{ ve } tur_i \notin \{\text{'Müze', 'Turistik'}\} \quad (3.15)$$

$$\sum_{i \in I}^{V} x_i \leq maxsayi_t \ \forall t \in T \quad (3.16)$$

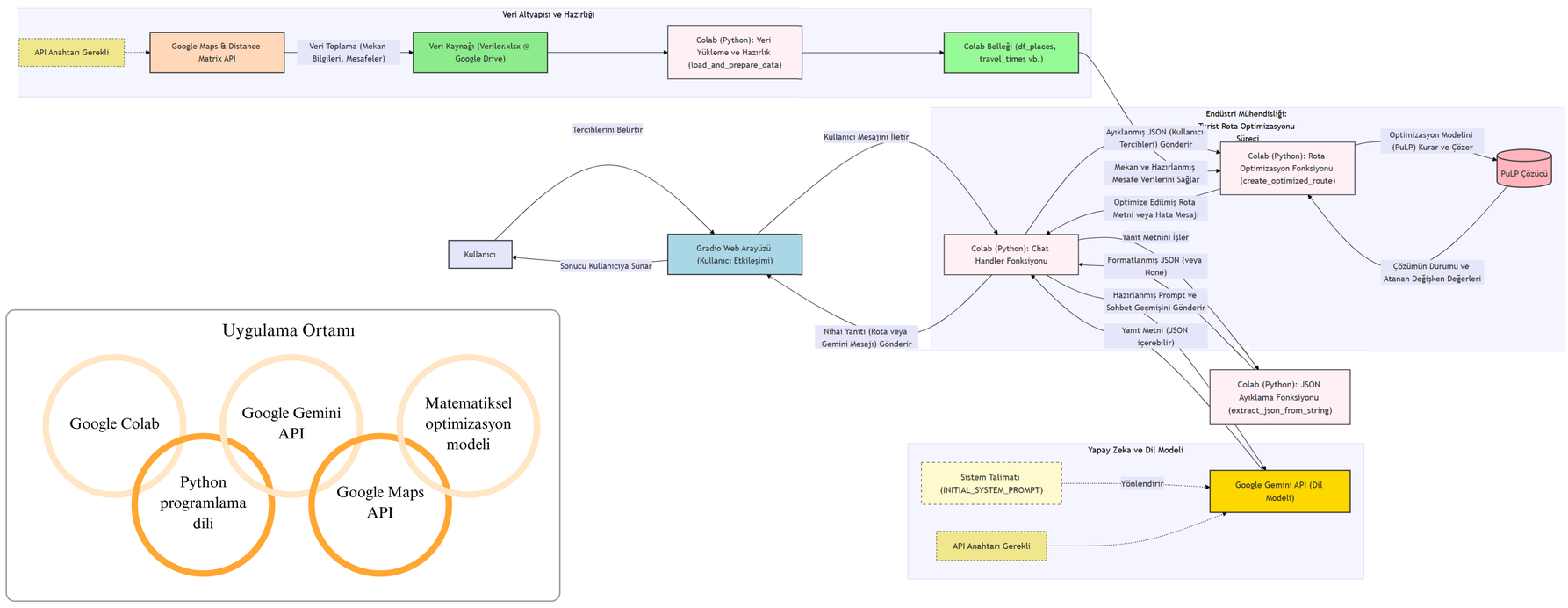
$$\sum_{i \in I}^{V} x_i \geq minsayi_t \ \forall t \in T \quad (3.17)$$

$$y_{ij}, x_i \in \{0, 1\},\ u_i, t_i \geq 0 \quad \forall i, j \in V, i \neq j \quad (3.18)$$

Senaryo Analizi

Özellik	Kültür Gezgini	Gurme Turist	Zamanı Kısıtlı İş İnsanı
Başlangıç Noktası	o3 (Vita Park)	o3 (Vita Park)	o3 (Vita Park)
Bitiş Noktası	o3 (Vita Park)	o3 (Vita Park)	h1 (Havalimanı)
Süre Sınırı	39600 sn (11 saat)	39600 sn (11 saat)	25200 sn (7 saat)
Gerçekleşen Süre	37505 sn	38961 sn	23316 sn
Ziyaret Edilen Mekan Sayısı	5	6	3
Restoran Sayısı	0	2	1
Kafe Sayısı	0	2	0
Bar Sayısı	1	1	0
Müze Sayısı	2	1	1
Turistik Mekan Sayısı	2	0	1
Toplam Puan	271	296	225
Kısıtlar Karşılandı mı?	Evet	Evet	Evet

Sistem Tasarım Diyagramı



Uygulama Ortamı

Deney Tasarımı

Deney 1

Özellik	Toplam Puan Amaç Fonksiyonu	Ağırlıklı Puan Amaç Fonksiyonu
Başlangıç Noktası	h1	h1
Bitiş Noktası	o4	o4
Toplam Seyahat Süresi	46800 saniye	46763 saniye
Toplam Puan	403	398
Toplam Mekan Sayısı	7	7
Kafe Sayısı	2	2
Restoran Sayısı	3	3
Müze Sayısı	1	1
Turistik Mekan Sayısı	1	1
Farklı Mekan Seçimleri	k5 - r4	k4 - r2

Amaç fonksiyonu, toplam puan olarak hesaplandığında, yorum sayısıyla ağırlıklandırılmış amaç fonksiyonuna göre daha fazla toplam puana ulaşıldığı görülmüştür. Ancak, amaç fonksiyonu toplam puan olarak hesaplandığında seçilen farklı mekanlar k5 ve r2'nin puanları yüksek olmasına rağmen, yorum sayıları düşüktür. Dolayısıyla bu mekanların performansının güvenilirliğinin daha düşük olduğu söylenebilir.

Deney 2

Özellik	Kısıt Kapalı	Kısıt Aktif
Başlangıç Noktası	r3	r3
Bitiş Noktası	o1	o1
Toplam Seyahat Süresi	44965 saniye	44992 saniye
Toplam Puan	356	352
Toplam Mekan Sayısı	8	8
Restoran Sayısı	3	3
Kafe Sayısı	2	2
Müze Sayısı	1	1
Turistik Mekan Sayısı	1	1
Konaklama Mekanı Sayısı	1	1
Art Arda Aynı Tür Mekan Ziyareti	Var	Yok

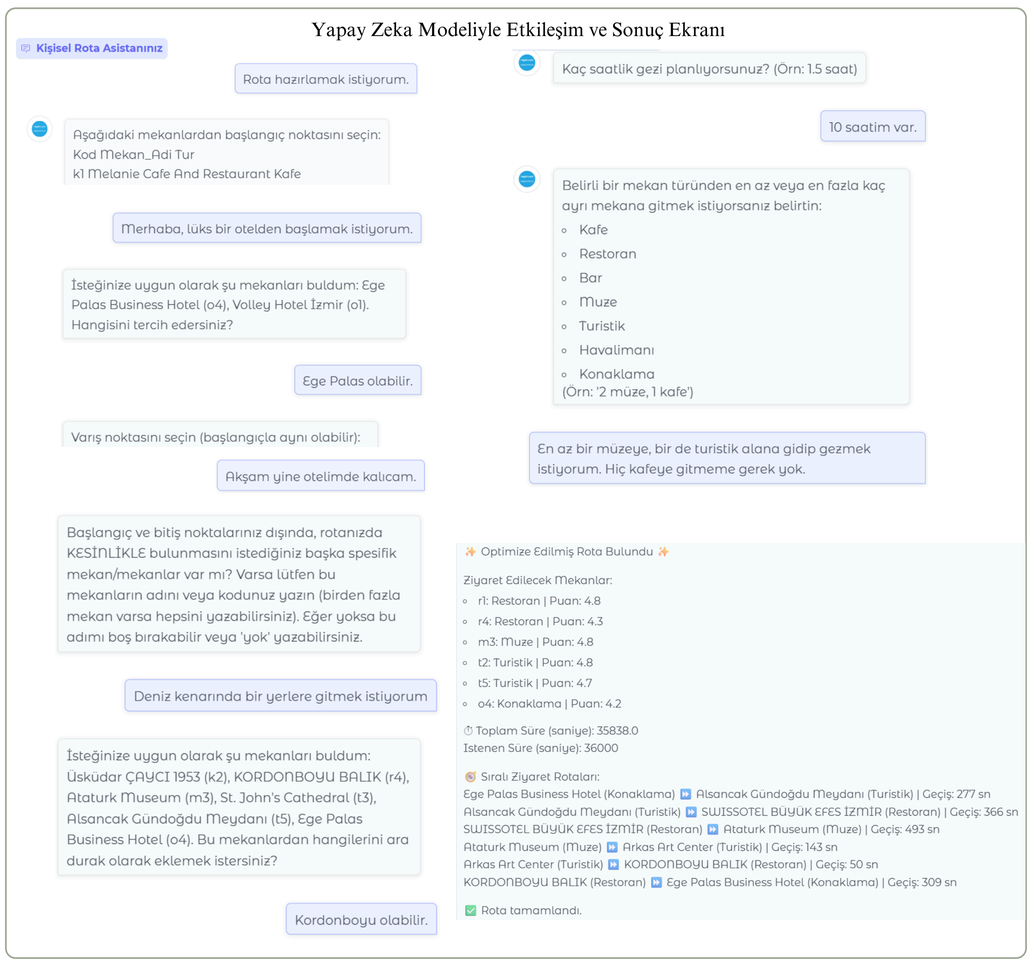
Art arda aynı tür mekanların ziyaretine dair koyulan kısıtlar kapandığında elde edilen rotada, kullanıcının art arda iki restorana gitmesinin önerildiği görülmüştür. Bu kısıtlar aktif edildiğinde ise, müze ve turistik alanlar dışındaki hiçbir mekan türüne art arda gidilmemiştir.

Deney 3

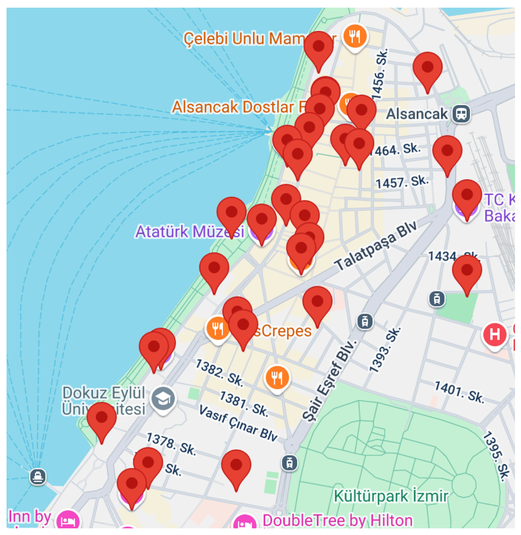
Özellik	k = 10	k = 100	k = 1000
Başlangıç Noktası	o2	o2	o2
Bitiş Noktası	h1	h1	h1
Toplam Seyahat Süresi	35962 saniye	35926 saniye	35926 saniye
Toplam Puan	317	314	314
Toplam Mekan Sayısı	5	5	5
Kafe Sayısı	0	0	0
Restoran Sayısı	2	3	3
Müze Sayısı	1	1	1
Turistik Mekan Sayısı	1	1	1
Farklı Mekan Seçimleri	b5	r2	r2

Amaç fonksiyonunda ağırlıklandırılmış toplam puanın hesaplanması için kullanılan k değerine sırasıyla farklı değerler verildiğinde elde edilen rotalarda, k=10 iken yorum sayısı açısından güven vermeyen b5 mekanı dahil edildiği görülürken, k=100 ve k=1000 değerleri verildiğindeyse sonucun değişmediği görülmüştür. Bu yüzden k, sonucun değiştiği son değer olan 100 olarak alınmıştır.

Yapay Zeka Modeliyle Etkileşim ve Sonuç Ekranı



Verilerin Toplanması

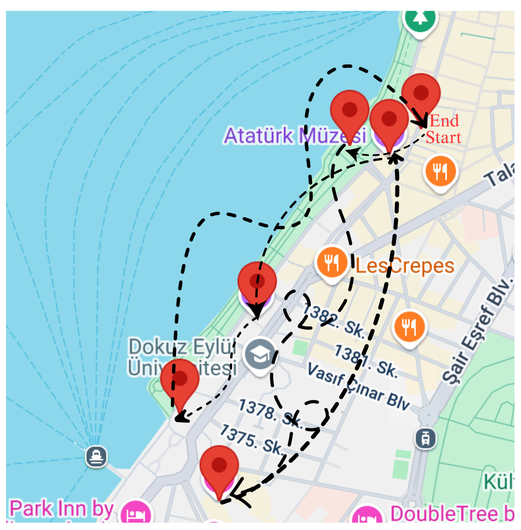


İzmir Alsancak'ta bulunan toplam 30 mekan Google Maps Places API ile çekilmiştir. 7 adet mekan türü bulunmaktadır. Bu türler;

- 5 adet kafe
- 5 adet restoran
- 5 adet bar
- 5 adet müze
- 5 adet turistik alan
- 1 adet havalimanı
- 4 adet konaklama

mekanları olarak yer almaktadır.

Optimize Edilmiş Rota



Kullanıcının yapay zeka modeliyle örnek etkileşiminde, kullanıcı kısıtlarını belirtmiştir. Yapay zeka, doğal dil işleme, diyalog sürdürme, öneri yapma ve veri ayıklama görevlerini başarıyla gerçekleştirmiştir. Kullanıcılardan aldığı verileri optimizasyon modeline iletmiş, optimize edilmiş rotayı ekranda kullanıcıya yansıtmıştır. Kullanıcının istediği gibi, rota lüks bir otelde başlayıp lüks bir otelde sona ermiş, rotaya kullanıcının istediği deniz kenarı restoran dahil edilmiş, kullanıcının saat sınırlarına uyulmuş ve kullanıcının istediği gibi en az bir müze, en az bir turistik alana yer verilmiş, hiç kafeye yer verilmemiştir.

Sonuç ve Öneriler

Bu tez, kişiselleştirilmiş turist rotaları oluşturan bir yapay zeka sisteminin tasarımını ve başarılı prototip uygulamasını sunmaktadır. Sistem, kullanıcı tercihlerini doğal dille anlamak için Google Gemini dil modelini, en uygun rotayı hesaplamak için PuLP kütüphanesiyle geliştirilmiş bir matematiksel optimizasyon motorunu ve interaktif bir Gradio arayüzünü bir araya getirir. Alsancak'ta 30 gerçek mekanla yapılan testlerde başarılı olan sistemin, 200 sanal nokta ile yapılan daha büyük ölçekli simülasyonlarda da çalıştığı, ancak artan mekan sayısıyla hesaplama süresinin önemli ölçüde uzadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, gelecekte binlerce mekan içeren daha geniş coğrafi alanlar için kesin optimizasyon yerine sezgisel algoritmalara geçilmesinin önemini ortaya koymuştur. Modüler mimarisi sayesinde farklı şehirlere veya lojistik gibi başka alanlara kolayca uyarlanabilen bu sistem; turizm acenteleri ve belediyeler için katma değer yaratma, turist akışını yöneterek yerel ekonomiyi destekleme ve verimli rotalarla çevresel etkiyi azaltma gibi önemli potansiyellere sahiptir. Proje, düşük geliştirme maliyetlerine karşın ticari uygulamada API kullanım maliyetleri ve kullanıcı veri gizliliği gibi konuların dikkatle ele alınması gerektiğini de vurgulayarak, doğal dil işleme ile yöneylem araştırmasını etkin bir şekilde birleştiren ve gelecekteki uygulamalar için sağlam bir temel oluşturan bir çözüm sunmaktadır.

Kaynaklar

Golden, B., Levy, L., & Vohra, R. (1987). The orienteering problem. Naval Research Logistics, 34(3), 307–318.

Tsiligirides, T. (1984). Heuristic methods applied to orienteering. Journal of the Operational Research Society, 35(9), 797–809. https://doi.org/10.1057/jors.1984.148

Golden, B., Levy, L., & Vohra, R. (1987). The orienteering problem. Naval Research Logistics, 34(3), 307–318.

Vansteenwegen, P., Souffriau, W., & Oudheusden, D. V. (2010). The orienteering problem: A survey. European Journal of Operational Research, 209(1), 1–10. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.01.012