

ENGELSİZ KAMPÜSLER İÇİN ÇOK AJANLI SİSTEMLER SİMÜLASYONU İLE BİR PUANLAMA YÖNTEMİ ÖNERİSİ: SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ

Onur Ferdi GÜZEL¹, İsmail Ercüment AYAZLI², Hüseyin DUMAN³

¹Harita Müh., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 58140, Merkez, Sivas, onurferdiguzel@hotmail.com
²Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 58140, Merkez, Sivas, eayazli@cumhuriyet.edu.tr
³Dr. Öğr. Üyesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 58140, Merkez, Sivas, hduman@cumhuriyet.edu.tr

ÖZET

Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) verilerine göre, küresel nüfusun yaklaşık %15'i çeşitli engellilik durumlarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Bu oran, dünya genelinde milyonlarca insanın günlük yaşamlarında çeşitli zorluklarla mücadele ettiğini göstermektedir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2020 verilerine göre, Türkiye'de yaşayan bireylerin %12,5'i engelli olarak kaydedilmiştir. Bu oran, Türkiye'de de önemli bir engelli nüfusun bulunduğunu ve bu bireylerin yaşamlarını kolaylaştıracak çözümler üretilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi (SCÜ) yerleşkesi örneği üzerinden, tekerlekli sandalye kullanan bireylerin kampüs içindeki hareketliliği ele alınmıştır. Çalışmanın amacı, engelli bireylerin kampüs içindeki ulaşımını optimize etmek ve engelsiz üniversitelerin planlanması için nesnel ölçütlerle bir puanlama sistemi geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda, sağlıklı bireyler ve tekerlekli sandalye kullanan bireylerin kampüs içindeki ulaşım güzergahları Dijkstra algoritması kullanılarak gerçekleştirilen en kısa yol analizi ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Ayrıca, çok ajanlı sistemler (ÇAS) kullanılarak simülasyonlar üretilmiş ve bu simülasyonlar aracılığıyla ulaşım süreleri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında, öncelikle SCÜ yerleşkesi haritası üzerinde, sağlıklı bireyler ve tekerlekli sandalye kullanan bireyler için en kısa yol analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, elde edilen en kısa yol sonuçları ÇAS kullanılarak simüle edilmiştir. Bu simülasyonlar aracılığıyla farklı bireylerin kampüs içindeki hareket süreleri ve erişim noktaları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında yalnızca yerleşke içi ulaşım güzergahları incelenmiş olup, bina içi erişim analizleri çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmanın sonuçları, SCÜ yerleşkesi içinde tekerlekli sandalye kullanan bireyler için mevcut erişilebilirlik durumunun belirlenmesine ve iyileştirilmesi gereken alanların tespit edilmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca, engelsiz üniversiteler konseptinin geliştirilmesi için nesnel bir puanlama sistemi önerilmiştir. Bu puanlama sistemi, üniversite yerleşkesinin erişilebilirlik düzeyini karşılaştırmalı olarak değerlendirme imkânı sunmaktadır. Çalışma sonuçları, kampüs planlaması ve iyileştirme çalışmalarında önemli bir rehber niteliğindedir.

Anahtar Sözcükler: çok ajanlı sistemler, engelsiz üniversite, en kısa yol analizi, Dijkstra algoritması, uzamsal simülasyon,

ABSTRACT

A SCORING METHOD PROPOSAL WITH MULTI-AGENT SYSTEM SIMULATION FOR ACCESSIBLE CAMPUSES: THE CASE OF SIVAS CUMHURİYET UNIVERSITY

According to World Health Organization (WHO) data, the ratio of disabled individuals to the global population is approximately 15%. This figure highlights that millions of people worldwide struggle with various challenges in their daily lives. According to 2020 data from the Turkish Statistical Institute (TÜİK), 12.5% of individuals living in Turkey are recorded as disabled. This statistic indicates that there is a significant disabled population in Turkey, and solutions should be developed to ease the lives of these individuals. This study addressed the mobility of wheelchair users within the Sivas Cumhuriyet University (SCU) campus. It aims to optimize the transportation of disabled individuals on campus and develop a scoring system with objective criteria for planning accessible universities. For this purpose, the transportation routes of healthy and wheelchair users within the campus were comparatively examined using the shortest path analysis conducted with the Dijkstra algorithm. Furthermore, simulations were generated using multi-agent systems (MAS), and transportation times were calculated through these simulations. Within the study's scope, shortest path analyses were initially conducted for healthy individuals and wheelchair users on the SCU campus map. In the second phase of the study, the results of the shortest path analyses were simulated using MAS. These simulations determined the movement times and access points of different individuals within the campus. The study only examined campus transportation routes, and interior accessibility analyses of buildings were not included. The study results provided insights into the current accessibility situation for wheelchair users on the SCU campus and identified areas that require improvement. Additionally, an objective scoring system was proposed to develop accessible university concepts. This scoring system offers a comparative evaluation of the university campus's accessibility level. The study results are an essential guide for campus planning and improvement efforts.

Keywords: accessible university, Dijkstra algorithm, multi-agent systems, shortest path analysis, geo-simulation,

1. GİRİŞ

Engelli bireylerin topluma tam katılımı, başta fiziksel çevre olmak üzere çeşitli erişim olanaklarıyla doğrudan ilişkilidir. Üniversite kampüsleri, sadece eğitim alanları değil, aynı zamanda sosyal ve kültürel yaşamın yoğun bir

şekilde devam ettiği yerlerdir. Bu bağlamda, üniversite kampüslerindeki erişilebilirlik, engelli bireylerin sosyal, kültürel ve akademik hayata katılımı için özel bir öneme sahiptir.

Literatürde, engellilerin fiziksel çevreye erişim sorunları üzerine yapılan çalışmalar, genellikle bina içi erişimler ve toplu taşıma sistemleri üzerine odaklanmıştır. Ancak, üniversite kampüsleri gibi geniş alanlarda, açık alanlardaki erişim zorlukları da en az kapalı alanlardaki kadar önemlidir. Özellikle tekerlekli sandalye kullanan bireylerin kampüs içindeki hareketliliğine dayanan puanlama sistemi, genellikle yeterince araştırılmamış bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi (SCÜ) kampüsü içinde, tekerlekli sandalye kullanan engelli bireylerin yerleşke içindeki hareketliliğini analiz etmek ve engelsiz kampüs projelerine katkı koymak için bir erişilebilirlik katsayısı önermektir. Çalışmada, Dijkstra algoritması ve çok ajanlı sistemler (ÇAS) simülasyonları kullanılarak, engelli bireylerin ve sağlıklı bireylerin kampüs içindeki ulaşım güzergâhları karşılaştırılmalı olarak incelenmekte ve bu bağlamda bir puanlama sistemi önerilmektedir.

Çalışmanın sonuçları, üniversite kampüslerinde erişilebilirlik sorunlarına yönelik çözümler geliştirilmesine katkı sağlamakta ve bu alanda gelecekte yapılacak çalışmalara önemli bir zemin hazırlamaktadır. Ayrıca, engelli bireylerin kampüs içerisinde kimseye muhtaç olmadan yaşamlarını sürdürmek için yapılacak planlamalara altlık oluşturmaktadır.

1.1 Literatür Özeti:

Dünyada ve ülkemizde engelli bireylerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları sorunları ele alan pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Filipinler Üniversitesi Diliman Kampüsü'nde yaya hareketliliğini incelemek amacıyla ÇAS ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak, öğrencilerin kampüs içindeki yaya davranışları ve hareketliliği analiz edilmiştir (Fortu vd., 2023). Çalışma, NetLogo yazılımı aracılığıyla kampüs yolları ve bina yerleşimlerini modelleyerek, öğrenci hareketlerinin yoğunluğunu ve akışını simüle etmeyi hedeflemiştir. Özellikle pandemi sonrası yüz yüze eğitime dönüş sürecinde, kampüs içindeki yaya hareketlerinin dinamikleri ve bu hareketlerin altyapı planlaması üzerindeki etkileri incelenmiştir (Fortu vd., 2023).

Foini ve arkadaşları (2023) tarafından hazırlanan "CrowdLogo: NetLogo'da Kalabalık Simülasyonu" adlı makale, özellikle Torino'daki Piazza San Carlo'da olmak üzere büyük kamusal alanlarda acil tahliyeler sırasında kalabalık davranışını simüle etmeye odaklanmaktadır. NetLogo kullanılarak, kalabalığın hareketlerini yeniden yaratmayı ve acil durum senaryosu sırasında çeşitli güvenlik önlemlerinin etkisinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Simülasyon, yaya hızı, sağlık durumu ve çıkış yerlerinin farkındalığı gibi farklı değişkenleri içermektedir. Ayrıca paniğin ortaya çıkmasının, kalabalık dinamiklerini nasıl etkilediğini de araştırmıştır. Araştırma, mobil uygulamalar aracılığıyla çıkışların farkındalığını artırmak gibi daha iyi planlama yoluyla acil tahliyelerin nasıl optimize edilebileceğini göstermiştir. Ancak, bu önlemlerin getirilmesi, bazen çıkışların yakınında tıkanıklığa yol açtığı için bazı tavizler de sunmuştur. Bu çalışma, ajan tabanlı modellemeyi kullanan kalabalık simülasyonları yoluyla acil durumlarda tahliye sürelerini optimize etme ve yaralanmaları en aza indirme konusunda değerli bilgiler sunmaktadır (Foini vd., 2023).

Kokkinogenis vd. (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışma, acil durumlar sırasında bireylerin en az enerji ve zaman harcayarak güvenli alanlara ulaşma eğiliminde olduklarını, ancak bu davranışların acil durumlarda karmaşık kalabalık hareketlerine (yığılma ve kemer oluşturma gibi) neden olduğunu göstermektedir. NetLogo kullanılarak geliştirilen bu model, yangın güvenliği uzmanlarının farklı senaryoları test etmesi ve acil durum planlamalarını değerlendirmesi için genişletilebilir ve uyarlanabilir özellikler taşımaktadır (Kokkinogenis vd., 2013).

Lestari ve arkadaşlarının (2020) yaptığı çalışmada, NetLogo kullanılarak çok katlı bir binadan tahliye simülasyonu yapılmıştır. Çalışma, acil çıkış merdivenlerinin yerleşimi, kat sayısı ve binadaki kişi sayısı gibi parametrelerin tahliye süresi üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Çalışmada, merkezi ve köşeye yerleştirilen acil çıkış merdivenlerinin kullanıldığı senaryolarda tıkanma (clogging) ve kalabalığa uyma (follow-the-crowd) gibi olaylar gözlenmiş ve tahliye süresi açısından merkezi çıkışların daha verimli olduğu bulunmuştur. Ayrıca, üç katlıdan daha yüksek binalarda sadece merdivenlerle yapılan tahliyelerin verimli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Lestari et al., 2020).

Tekerlekli sandalye kullanıcılarının karşılaştığı zorluklar, özellikle üniversite kampüslerindeki fiziksel erişim sorunları üzerinden ele alınmaktadır. Örneğin, tekerlekli sandalye kullanıcısı olan Shah, üniversitesindeki yürüyüş yolları ve diğer olanakların kendileri için yeterli olmadığını belirtmiş, bu olanakların iyileştirilmesi gerektiğine vurgu yapmıştır. Shah, "Evet, olanaklar var, ancak bunlar standartlara uygun mu ve bizim bağımsız bir şekilde hareket etmemizi kolaylaştırıyor mu? Diğer üniversitelerde de benzer sorunlar yaşıyor; olanaklar var ama zamanla iyileştirilmesi gerekiyor" şeklinde durumu özetlemiştir (Yusof et al., 2020). Ayrıca, başka bir katılımcı, kampüsteki ulaşım sistemlerinin tekerlekli sandalye kullanıcılarına uygun olmadığını ve ulaşım sistemlerinin iyileştirilmesi

2.2 Veri Toplama ve Altlık Oluşturma:

Çalışmanın ilk aşamasında, SCÜ yerleşkesinde yapılacak en yakın yol analizi için temel veri olarak yerleşkeye ait halihazır harita, SCÜ Yapı İşleri Teknik ve Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Elde edilen bu harita, yerleşkenin mevcut durumunu yansıtan bir temel harita olup, tüm yollar, kaldırımlar, otopark alanları gibi ayrıntıları içermektedir. Ancak, bu haritanın bazı kısımlarında eksiklikler olduğu tespit edilmiştir. Bu eksikliklerin giderilmesi için, halihazır harita, yerleşkenin daha güncel ve detaylı bir görsel temsili olan ortofoto harita ile karşılaştırılmıştır. Eksik olan veya hatalı olarak işaretlenmiş alanlar bu ortofoto harita yardımıyla düzeltilmiş ve harita detaylarına ait birleştirme işlemi tamamlanmıştır.

Bu aşamanın devamında, yerleşkede özellikle yollar, kaldırımlar ve otopark alanları gibi alanlarda, sağlıklı bireyler ve tekerlekli sandalye kullanan bireylerin geçebileceği ve geçemeyeceği yerler belirlenmiştir. Bu belirleme işlemi, saha çalışmaları ve gözlemlerle desteklenmiştir. Arazi üzerinde yapılan bu çalışmalar sonucunda, sağlıklı bireyler ve tekerlekli sandalye kullanan bireylerin kullanabileceği güzergahlar, harita üzerinde detaylı bir şekilde işaretlenmiştir. Sağlıklı bireyler için erişilebilir olan güzergâhlar sarı ve mavi renkle, tekerlekli sandalye kullanıcıları için erişilebilir olan güzergâhlar ise yeşil ve pembe renkle işaretlenmiştir. Bu işaretleme işlemi, çalışma alanında yol orta çizgilerinin üretilmesini sağlamış, bu sayede sağlıklı ve engelli bireyler için iki ayrı ulaşım ağı oluşturulmuştur. Elde edilen bu veriler, Netcad ve ArcGIS yazılımları kullanılarak dijital ortamda işlenerek analiz için gerekli olan veriler üretilmiştir.

2.3 En Kısa Yol Analizi:

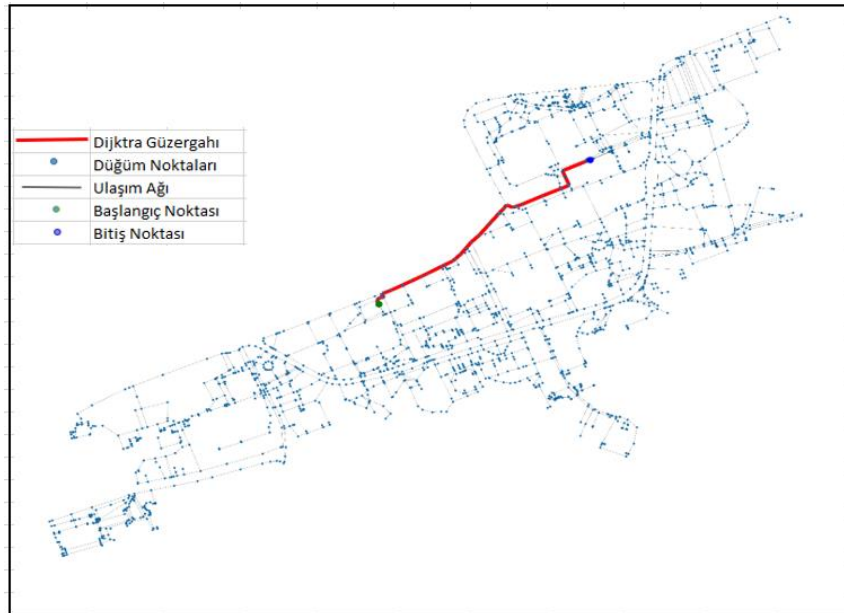
Çalışmanın ikinci aşamasında, Dijkstra algoritması kullanılarak yerleşke içerisindeki en kısa yolların hesaplanması hedeflenmiştir. Bu hesaplamalar için Python programlama dili tercih edilmiştir, çünkü Python, coğrafi verilerle çalışmak için oldukça güçlü kütüphanelere sahiptir. Bu aşamada kullanılan kütüphaneler şunlardır:

Geopandas: Coğrafi veri yapıları ve işlemleri için kullanılmıştır. Bu kütüphane, yerleşke içerisindeki yollar, kaldırımlar ve diğer güzergâhlar gibi coğrafi verilerin veri tabanında saklanması ve bu verilerin işlenmesini sağlamaktadır.

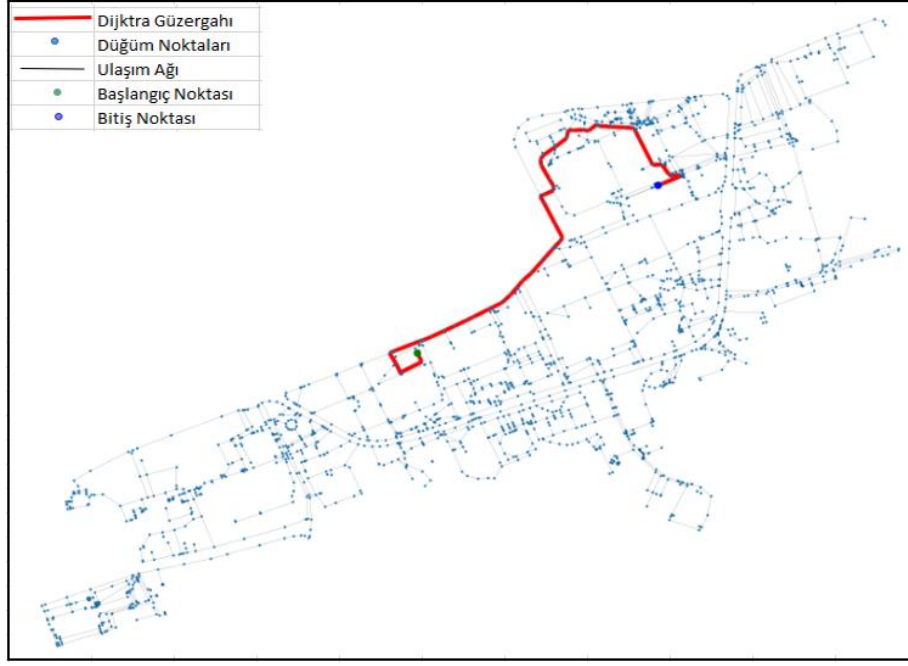
NetworkX: Bu kütüphane, ağ analizleri yapmak için kullanılmıştır. Yerleşke içerisindeki güzergâhlar, bir ağ yapısı olarak modellenmiş ve bu ağ üzerinde Dijkstra algoritması kullanılarak en kısa yol analizleri yapılmıştır.

Matplotlib: Hesaplamaların sonuçlarını görselleştirmek için kullanılmıştır. Elde edilen en kısa yollar, grafik olarak görselleştirilmiş ve bu sayede sonuçlar daha anlaşılır hale getirilmiştir.

Bu aşamada, yerleşke içerisindeki önceden belirlenmiş ve rastgele seçilen iki nokta arasında, hem sağlıklı bireyler hem de tekerlekli sandalye kullanan bireyler için en kısa mesafeler ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, her iki grup için de en kısa yolların belirlenmesi sağlanmıştır. Python programlama dilinde yapılan analizlerin sonuçları Şekil 3 ve Şekil 4'te görselleştirilmiştir.



Şekil 3: Sağlıklı bireyler için Dijkstra algoritması (Rastgele noktalar için)



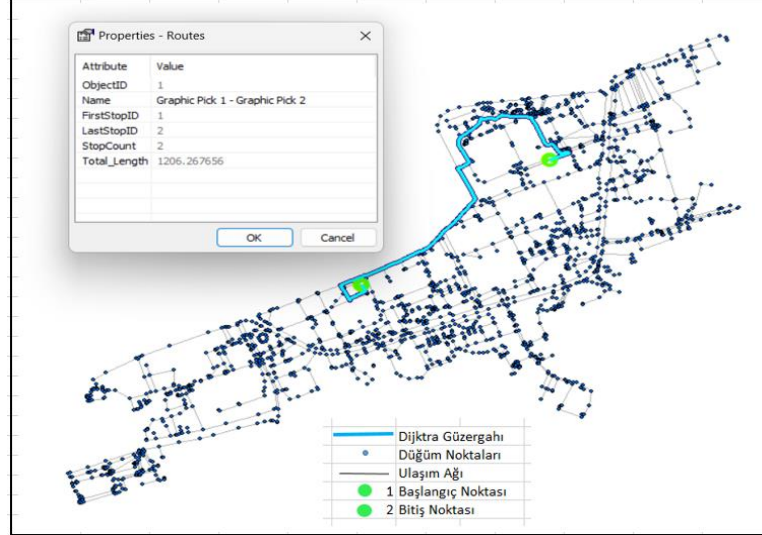
Şekil 4: Engelli bireyler için Dijkstra algoritması (Rastgele noktalar için)

Sonuçlar incelendiğinde, Şekil3'te sağlıklı bireyler için Python programında yazılan kodlarla rastgele seçilen iki nokta için, Dijkstra güzergâh uzunluğu 677.98 metre, Şekil5'te tekerlekli sandalye kullanan bireyler için aynı rastgele noktalar kullanılarak bulunan Dijkstra güzergâh uzunluğu 1206.38 metredir. Bu örnekteki çıkan sonuçlara göre rastgele noktalar için tekerlekli sandalye kullanan bireylerin yaklaşık 2 kat mesafe kat etmek zorunda kaldıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Python programlama dilinde Dijkstra algoritması ile hesaplanan en kısa yol güzergâhları ArcGIS yazılımında da hesaplanmış olup, sonuçların her iki yazılımda da aynı sonuçları verdiği gözlemlenmiştir. Şekil 5 ve Şekil 6'da ArcGIS yazılımındaki sonuçlara ilişkin görseller verilmiştir.



Şekil 5: Sağlıklı bireyler için Dijkstra algoritması (Rastgele noktalar için)



Şekil 6: Engelli bireyler için Dijkstra algoritması (Rastgele noktalar için)

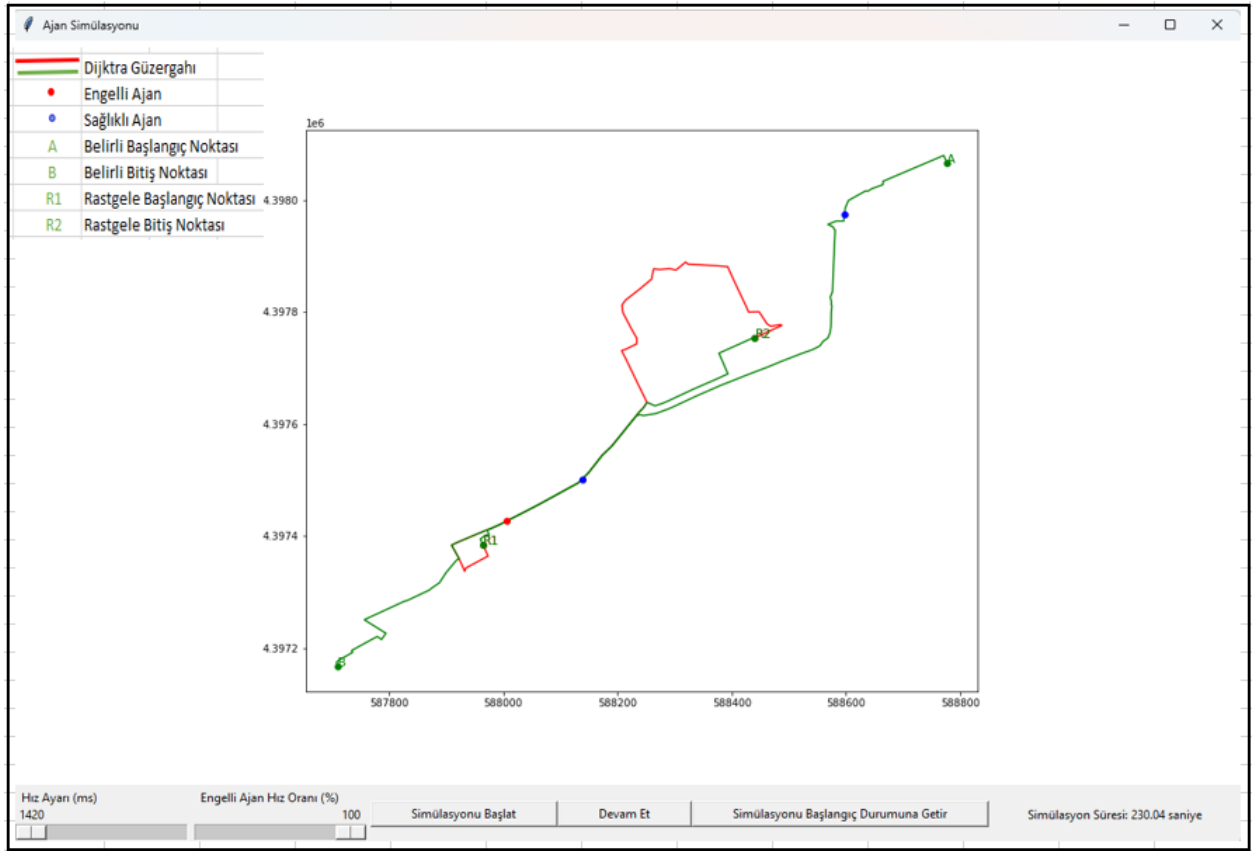
2.4 Ulaşım Sürelerinin Hesaplanması ve Simülasyon:

Üçüncü aşamada, Dijkstra algoritması ile elde edilen en kısa yol güzergâhları üzerinde, bireylerin ulaşım sürelerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Bu hesaplamalar, gerçek zamanlı bir simülasyon aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Simülasyonun oluşturulması için Python programlama dilinde iki ana kütüphane kullanılmıştır Mesa ve Tkinter.

Ajan tabanlı modelleme ve simülasyonlar oluşturmak için kullanılan Mesa Kütüphanesi, bireylerin yerleşke içindeki hareketlerini modellemek ve bu hareketler sırasında geçen süreleri hesaplamak için kullanılmıştır. Mesa, bireylerin rastgele seçilen güzergâhlar üzerindeki hareketlerini simüle ederek, gerçekçi ulaşım süreleri elde edilmesini sağlamıştır.

Tkinter kütüphanesi ise simülasyonun grafiksel kullanıcı ara yüzünü oluşturmak için kullanılmıştır. Tkinter, simülasyonun görselleştirilmesi ve kullanıcıların simülasyon sırasında etkileşimde bulunabilmesi için basit ve etkili bir araç sağlamıştır.

Mohler vd. (2007), insanların ortalama tercih edilen yürüyüş hızının enerji açısından en verimli hız olan 1,3 m/s olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle hesaplamalarda bir bireyin ortalama hızı 1,3 m/s olarak alınmıştır. Simülasyon sonucunda, belirlenen en kısa yol güzergâhları üzerinde bireylerin ulaşım süreleri hesaplanmış ve bu süreler analiz edilmiştir. Şekil 7 ve Şekil 8'de, sırasıyla simülasyonların ara yüzü ve sonuçları görselleştirilmiştir.



Şekil 7: ÇAS Simülasyonu Görşeli

```
In [1]: runfile('D:/onur/workspace/engelli_engelli_olmayan_bireyler/python2/ajanlar8.py', wd
Engelli Random Path dosyası başarıyla okundu.
Engelsiz Random Path dosyası başarıyla okundu.
Engelsiz Shortest Path dosyası başarıyla okundu.
Engelli Shortest Path dosyası bulunamadı ve boş olarak dahil edildi.

Figures are displayed in the Plots pane by default. To make them also appear in

Simülasyon sonlandı.
Engelsiz ajan R1 ve R2 hedefine 881.3999999999902 saniyede ulaştı ve 677.98 metre katetti.
Engelli ajan R1 ve R2 hedefine 1569.0999999999963 saniyede ulaştı ve 1206.38 metre katetti.
Engelsiz ajan A ve B hedefine 2146.2999999999963 saniyede ulaştı ve 1650.44 metre katetti.
Tüm ajanlar hedefe ulaştı. Simülasyon sonlanıyor.
Simülasyon sonlandı.

In [2]: |
```

Şekil 8: ÇAS Simülasyon Sonuçları

2.5 Ulaşım Mesafeleri ve Puanlama Sistemi:

Çalışmanın son aşamasında, SCÜ yerleşkesi içinde rastgele üretilen 1000 güzergâh için ulaşım mesafeleri hem sağlıklı bireyler hem de tekerlekli sandalye kullanan bireyler için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her bir güzergâh için elde edilen mesafe verileri, engelli bireyler ile engelsiz bireyler arasındaki farkları belirlemek amacıyla analiz edilmiştir.

Elde edilen veriler üzerinde yapılan analizler sonucunda, sağlıklı bireyler için elde edilen değerlerin engelli bireyler için elde edilen değerlere bölünmesi ile bir puanlama sistemi oluşturulmuştur. Bu puanlama sistemi, çalışma alanı içinde engelli bireylerin karşılaştığı zorlukların boyutunu sayısal olarak ifade etmektedir. Ancak, eğer engelli bir birey için güzergâh hesaplanmadıysa, bu güzergâhın sıfır değeri olması gerekir.

Bu çalışmada, erişilebilirlik puanı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$Puan_{(i)} = \frac{Mesafe_{sağlıklı(i)}}{Mesafe_{engelli(i)}} \quad (1)$$

Bu formülde:

- $Mesafe_{sağlıklı(i)}$: Sağlıklı bireyler için hesaplanan en kısa güzergâh mesafesini,
- $Mesafe_{engelli(i)}$: Engelli bireyler için hesaplanan en kısa güzergâh mesafesini ifade etmektedir.

Çalışmada hesaplanan erişilebilirlik puanlarının ortalaması aşağıdaki formülle elde edilmiştir:

$$Ortalama Puan = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Mesafe_{sağlıklı(i)}}{Mesafe_{engelli(i)}} \right) \quad (2)$$

Bu formülde:

- n , analiz edilen güzergâh sayısını,
- $Mesafe_{sağlıklı(i)}$, i . güzergâh için hesaplanan sağlıklı bireylerin en kısa güzergâh mesafesini,
- $Mesafe_{engelli(i)}$, i . güzergâh için hesaplanan engelli bireylerin en kısa güzergâh mesafesini ifade etmektedir.

Bu değer, engelli ve sağlıklı bireyler arasındaki erişim farklarının genel bir değerlendirmesini sunmakta ve erişilebilirlik konusunda kampüs genelinde engelli bireylerin karşılaştıkları zorlukları ortaya koymaktadır.

Çalışma sonucunda, SCÜ yerleşkesi için hesaplanan ortalama puan %11,75 olarak bulunmuştur. Bu oran, çalışma alanı içerisinde engelli bireylerin sağlıklı bireylere göre yaklaşık dokuz kat daha fazla zorlukla karşılaştığını göstermektedir.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, engelli ve sağlıklı bireylerin SCÜ kampüsündeki erişilebilirlik sorunlarına dikkat çekmek adına bir puanlama sistemi önerilmektedir. Bu ortalama puan değeri, sağlıklı bireyler için hesaplanan mesafenin engelli bireyler için hesaplanan mesafeye bölünmesiyle elde edilmiştir. Bu sayede üniversite yerleşkesi içerisinde tekerlekli sandalye kullanan engelli bireylerin sağlıklı bireylere göre karşılaştığı zorluklar nesnel bir şekilde ortaya konulmuştur. Hesaplanan puanın 1'den küçük olduğu durumlarda, sağlıklı bireylerin engelli bireylere kıyasla daha kısa mesafeler kat ettiği belirlenmiştir. Dijkstra algoritması ile rastgele 1000 güzergâh için örneklem seçilmiş olup, sağlıklı bireylerin kat ettiği mesafe, engelli bireylerin kat ettiği mesafeye bölünerek her bir örneklem için puan belirlenmiştir.

Engelli bireylerin sağlıklı bireylere göre erişilebilirlik bakımından yaklaşık 9 kat daha fazla zorlukla karşılaştığının belirlendiği bu çalışmada SCÜ'de bir planlama çalışması yapılması ve kaldırım, merdiven ve diğer geçiş noktalarının tekerlekli sandalye kullanan bireyler için uygun hale getirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sayede hem tekerlekli sandalye kullanan bireylerin kampüs içindeki yaşam kalitesi artacak hem de genel ulaşım verimliliğini iyileştirmek adına önemli avantajlar elde edilecektir.

Hesaplanan en kısa ve erişilebilir yollar, tekerlekli sandalye kullanan bireylerin kampüs içindeki ulaşımını optimize ederek günlük yaşamlarını kolaylaştıracak ve bağımsızlıklarını artıracaktır. Tekerlekli sandalye kullanan bireyler kampüs içinde daha etkin bir şekilde hareket ederek sosyal etkinliklere ve akademik faaliyetlere daha kolay ulaşabilecek ve daha aktif bir şekilde katılabilecektir.

Sağlıklı bireyler için yapılan ulaşım analizi sonuçları, genel ulaşım verimliliğini değerlendirerek, kampüs içindeki ulaşımın daha hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleşmesine katkıda bulunacaktır. Bu, genel kampüs hareketliliğini artırarak zaman ve enerji tasarrufu sağlayacak, ekonomik olarak bireylerin ve kurumların kaynaklarını daha etkili bir şekilde kullanmalarına olanak tanıyacaktır.

Çalışma kapsamında geliştirilen optimizasyon stratejileri, kampüs içindeki ulaşım altyapısının ve planlamasının gelecekteki projeler için iyileştirilmesine yönelik önemli bir rehber olma potansiyeli vardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda engelli bireylerin karşılaştığı zorlukların yerel yönetimler tarafından yapılacak planlama çalışmalarında da göz önünde bulundurulması gerekliliğini ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma sadece tekerlekli sandalye kullanan engelliler için yapılmıştır. Ancak, diğer engelli bireyler için de benzer çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Foini, L., Bandini, S., Manzoni, S., & Vizzari, G.** 2023. CrowdLogo: Crowd simulation in NetLogo. *In Proceedings of the International Conference on Crowd Dynamics*, 50-62.
- Fortu, Z. J. T. F., Guevarra, L. M. L., Ang, M. R. C. O., & Vergara, K. A. P.** 2023. Agent-based modeling of UP Diliman intracampus pedestrian mobility using NetLogo and GIS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 235-241.
- Kesik, O. A., Demirci, A., & Karaburun, A.** 2013. Büyükşehirde yaşayan engelli yayalar için kaldırımların analiz edilmesi: Şişli örneği. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 30, 135-154.
- Kokkinogenis, Z., Almeida, J. E., & Rossetti, R. J. F.** 2013. NetLogo implementation for crowd evacuation. *Proceedings of MECC*, 1, 10-17.
- Lestari, D. P., Sabri, A., Handhika, T., Murni, I., Sari, I., & Fahrurrozi, A.** 2020. The simulation of evacuation from multistorey building using NetLogo. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 854(1), 012060.
- Mohler, B. J., Thompson, W. B., Creem-Regehr, S. H., Pick, H. L., & Warren, W. H.** 2007. Visual flow influences gait transition speed and preferred walking speed. *Experimental Brain Research*, 181(2), 221-228.
- Sönmez, Z., & Aydın, C. C.** 2019. Fiziksel engelli bireylerin erişilebilirlik problemi için ağ analizi: Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü örneği. *Geomatik Dergisi*, 4(1), 58-67.
- Yusof, Y., Chan, C. C., Hillaluddin, A. H., Ramli, F. Z. A., & Saad, Z. M.** 2020. Improving inclusion of students with disabilities in Malaysian higher education. *Disability & Society*, 35(7), 1145-1170.