

YATIRIM ÖNCELİKLERİNİN BELİRLENMESİNDE MEKÂNSAL ANALİZİN GÜCÜ: YOL ÖNCELİK PUANI VE ULAŞIM DEĞER HARİTASI ÖRNEĞİ

Abdullah ÖZDEMİR¹, Arzu ÖZDEMİR²,

¹ CBS Uzmanı (Seviye 6), Çevre Yüksek Mühendisi, Ordu Büyükşehir Belediyesi CBS ve Akıllı Şehirler Şube Müdürlüğü 52100,Altınordu, Ordu, abduallah.ozdemir@ordu.bel.tr,

² Harita Mühendisi, Ordu Büyükşehir Belediyesi Harita ve Kamulaştırma Şube Müdürlüğü 52100,Altınordu, Ordu, arzu.ozdemir@ordu.bel.tr,

ÖZET

Ordu ili, dağınık demografik yapısı, engebeli topografyası ve yoğun yağış rejimi nedeniyle altyapı yatırımlarının hayata geçirilmesi ve bakımının son derece güç olduğu bir coğrafyada yer almaktadır. Dağınık yerleşimlerden kaynaklanan uzun yol ağı, bu zorlukları daha da pekiştirerek yol yatırımlarının planlanmasında önceliklerin belirlenmesini kritik bir gereklilik haline getirmektedir. Bu çalışmada, bu zorlukların üstesinden gelmek amacıyla geliştirilen "Yol Öncelik Puanı" yaklaşımı ve bu yaklaşımı mümkün kulan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olanakları detaylı bir şekilde incelenmektedir. Çalışmanın temel amacı, kısıtlı kaynakların etkin ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için veri temelli bilimsel yaklaşımlar ve CBS'nin sunduğu yenilikçi araçların nasıl kullanılabileceğini somut bir örnek üzerinden göstermektir. Çalışma, yedi ana adımdan oluşmaktadır: "En Yakın Yol Analizi," "Önemli Yollara Bağlanan Yolların Tespiti," "Nüfus ve Hane Analizleri," "Topoğrafik Analizler," "Çakıştırma ve Kümelenme Analizleri," "Elde Edilen Öznitelikleri Veri Setine Ekleme," ve farklı senaryo ve katsayılar göre "Değer Haritaları" oluşturulması. İlk adımda, yolların ulaşımında kullanım derecesi ve önemini belirlemek için il ve ilçe merkezlerinden mahalle merkezlerine, eğitim ve sağlık kurumlarına doğru "En Yakın Yol Analizleri" gerçekleştirilmiştir. Ordu gibi nüfusun dağınık ve yaz-kış nüfusu arasında büyük farklılıkların bulunduğu bölgelerde, yolların hizmet verdiği nüfusun belirlenmesi oldukça zorlu bir süreçtir. Bu nedenle, yol yatırımlarının sosyal etkisini maksimize etmek için nüfus ve hane yoğunluğu analizleri yapılmıştır. Kümelenme analizleri, nüfus yoğunluk haritaları ve hane yoğunluk haritaları kullanılarak elde edilen veriler, veri setine eklenmiştir. Yapım ve bakım maliyetlerini etkileyen topoğrafik faktörlerin değerlendirilmesi amacıyla; eğim, baki, taşkın ve sel analizleri gerçekleştirilmiş, aynı zamanda yolların geçtiği dere sayısı ve köprü sayısı gibi hidrografik bilgiler de ulaşım veri setine entegre edilmiştir. Yol öncelik puanlarının hesaplanmasında sabit (ulaşım skorları, yararlanılan nüfus ve hane sayısı), değişken (grup yol ağırlığı, yol yüzdesi) ve kontrol (kullanım yoğunluğu) parametreleri kullanılmıştır. Bu parametreler ışığında, her bir yolun toplam yol öncelik puanı hesaplanmış ve ulaşımındaki öncelikleri belirlemek üzere değer haritaları oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: değer haritası, skor, ulaşım değer puanı, yatırım

THE POWER OF SPATIAL ANALYSIS IN DETERMINING INVESTMENT PRIORITIES: A CASE STUDY OF ROAD PRIORITY SCORE AND TRANSPORTATION VALUE MAP

ABSTRACT

Ordu province is located in a region where implementing and maintaining infrastructure investments is extremely challenging due to its scattered demographic structure, rugged topography, and heavy rainfall regime. The extensive road network resulting from the dispersed settlements further exacerbates these challenges, making the prioritization of road investments a critical necessity. This study provides a detailed examination of the "Road Priority Score" approach developed to overcome these difficulties, along with the Geographic Information Systems (GIS) capabilities that make this approach possible. The primary aim of this study is to demonstrate how limited resources can be used effectively and efficiently through data-driven scientific approaches and the innovative tools offered by GIS, using a concrete example. The study consists of seven main steps: "Nearest Road Analysis," "Identification of Roads Connecting to Important Routes," "Population and Household Analyses," "Topographic Analyses," "Overlay and Clustering Analyses," "Incorporating Obtained Attributes into the Dataset," and creating "Value Maps" based on different scenarios and coefficients. In the first step, "Nearest Road Analyses" were conducted from provincial and district centers to neighborhood centers, educational, and health institutions to determine the usage degree and importance of roads in transportation. In regions like Ordu, where the population is scattered, and there are significant differences between summer and winter populations, identifying the population served by the roads is a highly challenging process. Therefore, to maximize the social impact of road investments, population and household density analyses were conducted. Clustering analyses, along with population and household density maps, were utilized, and the obtained data were integrated into the dataset. To assess the topographic factors affecting construction and maintenance costs, slope, aspect, flood, and inundation analyses were conducted. Additionally, hydrographic information such as the number of streams crossed by the roads and the number of bridges on the road segments was integrated into the transportation dataset. In calculating road priority scores, fixed (transportation scores, benefiting population and household numbers), variable (group road weight, road percentage), and control (usage intensity) parameters were used. Based on these parameters, the total road priority score for each road was calculated, and value maps were created to determine transportation priorities such as machine learning and deep learning into the analysis processes.

Keywords: investment, score, transportation value score, value map

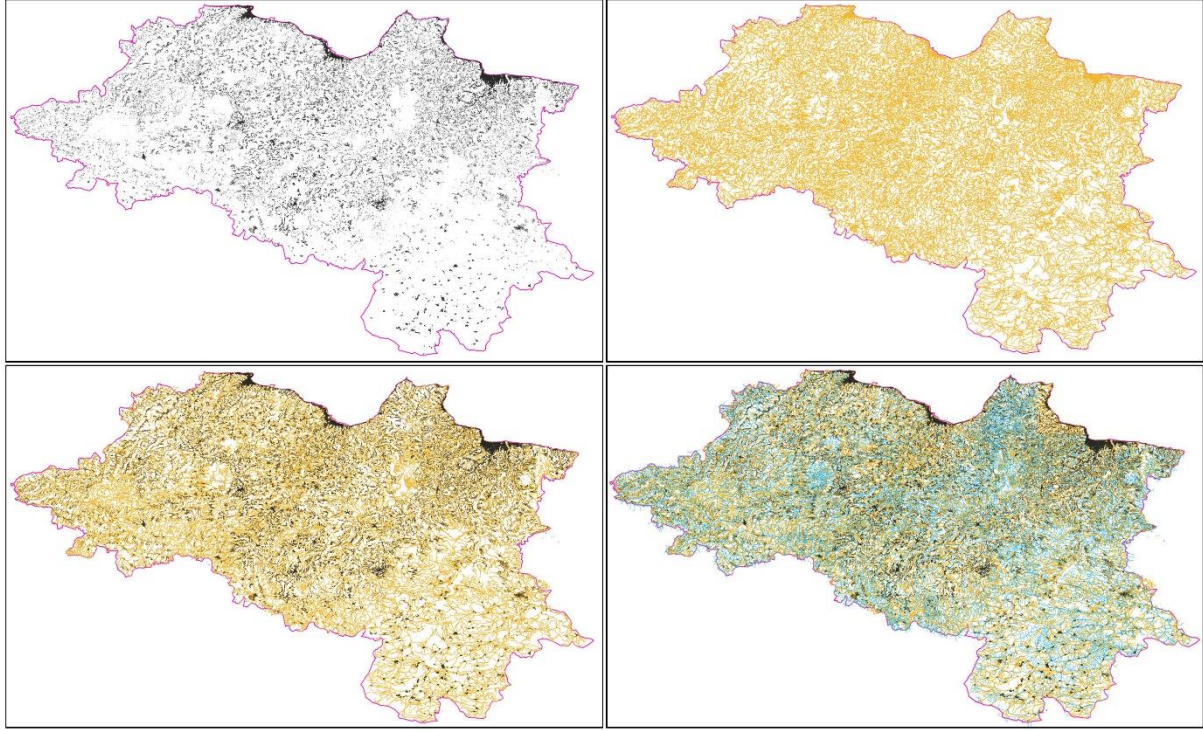
1.GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Arka Planı

Ulaşım altyapısı, bir bölgenin ekonomik ve sosyal gelişiminin temel dinamiklerinden biridir. (Miller ve Shaw 2001). Bu altyapının planlanması ve geliştirilmesi, karmaşık ve maliyetli bir süreçtir. Ordu ili örneğinde olduğu gibi, dağınık demografik yapı, engebeli topografya ve yoğun yağış rejimi gibi faktörler bu maliyetleri daha da artırmaktadır (Şekil 1). Artan maliyetlere rağmen, belediyelerin bütçeleri her yıl daha da azalmakta, mevcut bütçe olanaklarının etkin ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için yatırımların önceliklendirilmesi ise her zamankinden daha önemli hale gelmektedir (Şekil 2).

1.2 Problemin Tanımı

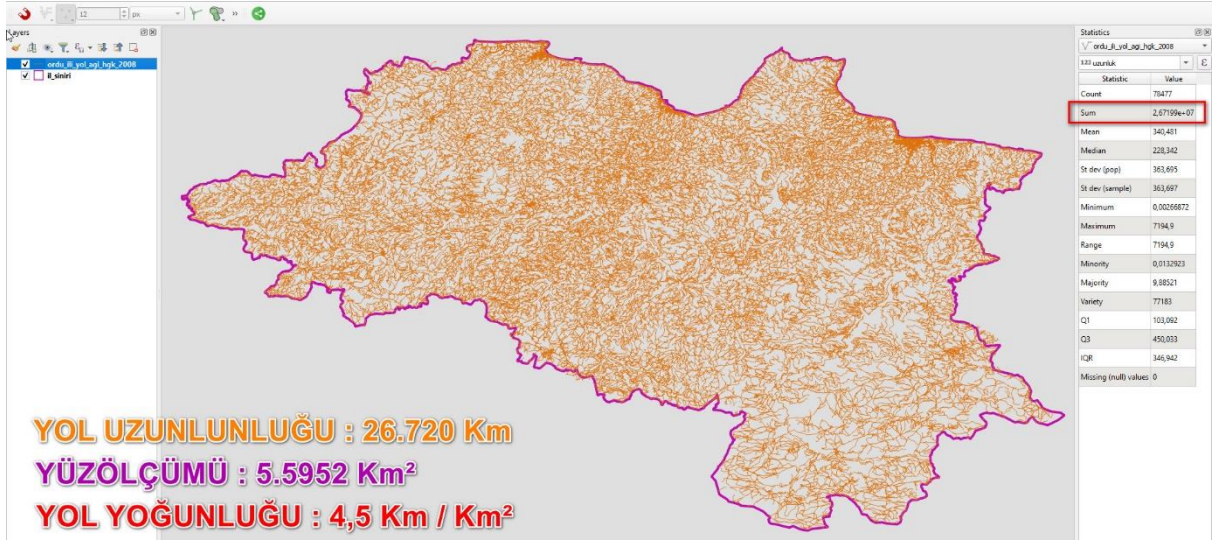
Ordu ili, dağınık yerleşim yapısı nedeniyle uzun ve grift bir yol ağına sahiptir (Şekil 1 ve Şekil 2). Kentin engebeli arazisi, yoğun yağış rejimi, mevsimsel nüfus değişimleri gibi faktörler de eklenince sınırlı bütçe olanaklarıyla bu yolların yapım, bakım ve onarım maliyetleri artmakta, artan maliyetler, ulaşım hizmetlerinin etkin bir şekilde sunulmasını engellemekte ve bölgenin genel kalkınma hedeflerini olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 1. Ordu İli Yerleşim Yerleri, Ulaşım Ağı ve Akarsuların Coğrafi Dağılımı

1.3 Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın temel amacı, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve veri analitiği yöntemlerini kullanarak yol yatırımlarının planlanmasında kullanılabilecek kapsamlı bir "Yol Öncelik Puanı" metodolojisi geliştirmek ve bu metodolojinin Ordu ili örneği üzerinde uygulanabilirliğini değerlendirmektir. (Malczewski, 2006). Bu sayede eldeki kaynakların daha verimli kullanılması, karar alma süreçlerinin hızlandırılması ve daha kalıcı hizmetlerin sunulması hedeflenmektedir. Ayrıca, çalışma sonuçlarının benzer coğrafi ve demografik özelliklere sahip olsun olmasın diğer bölgelerde de uygulanabilir olması, araştırmanın önemini artırmaktadır.



Şekil 2. Ordu ili ulaşım ağı ve yol yoğunluğu haritası

1.4 Literatür Taraması

Ulaşım altyapısının planlanması ve yol önceliklendirme konularında yapılan önceki çalışmalar genellikle çok kriterli karar verme yöntemlerine odaklanmıştır. Kırsal yol bakım önceliklerinin belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) gibi yöntemleri kullanmıştır. (Kabir, Sadiq, Tesfamariam 2014) Benzer şekilde, Arıkan vd. (2020), Türkiye'deki kırsal yolların önceliklendirilmesi için bir karar destek sistemi geliştirmiş ve bu sistemde çeşitli sosyo-ekonomik ve topoğrafik kriterleri değerlendirmiştir. Bu çalışmalar, yol yatırımlarının planlanmasında veri temelli yaklaşımların önemini vurgulamaktadır. Yol yatırımlarının önceliklendirilmesi, dünya genelinde birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Kumar ve Kumar (2018), Hindistan'daki kırsal yol projelerinin önceliklendirilmesinde çok kriterli karar verme tekniklerini kullanmışlardır. Çalışmalarında, AHP ve TOPSIS yöntemlerini birleştirerek farklı sosyo-ekonomik ve coğrafi faktörleri değerlendirmişlerdir (Kumar ve Kumar, 2018). Aynı şekilde, Çalışkan vd. (2017), Türkiye'de karayolu projelerinin seçiminde bulanık AHP ve PROMETHEE yöntemlerini kullanmışlardır. Bu çalışma, ekonomik, çevresel ve sosyal faktörlerin entegre edildiği bir karar destek sistemi sunmuştur. CBS'nin yatırım planlamasında kullanımı geniş bir literatüre sahiptir. Miller ve Shaw (2001), CBS'nin ulaşım altyapısı yatırımlarının planlanmasında sunduğu olanakları inceleyerek, mekânsal analizlerin bu süreçte nasıl kullanılabilceğini detaylandırmıştır. (Miller ve Shaw, 2001). Aynı zamanda, çok kriterli karar analizi (ÇKKA) yöntemlerinin CBS ile entegrasyonunun, yatırım kararlarının alınmasında nasıl daha etkili sonuçlar doğurabileceğini göstermiştir. (Malczewski, 2006). Uluslararası bağlamda, Dünya Bankası'nın geliştirdiği "Roads Economic Decision Model" (RED) de önemli bir referans noktasıdır. Bu model, özellikle düşük trafik hacmine sahip yollar için ekonomik analiz ve yatırım önceliklendirmesi yapmaktadır (Archondo ve Callao, 2004). Bu çalışmalar, yol yatırımlarının önceliklendirilmesinde çok boyutlu bir yaklaşımın gerekliliğini vurgulamaktadır. Türkiye'nin özgün koşullarına göre yapılmış CBS entegrasyonu sunan çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışma, literatürdeki bu boşluğu doldurmayı ve Ordu ili özelinde geliştirilen metodolojinin daha geniş bir bağlamda uygulanabilirliğini araştırmayı hedeflemektedir.

1.5. Metodoloji

1.5.1 Veri Kaynakları ve Temin Yöntemleri

Çalışmada kullanılan veriler ile bunların temin edildiği kaynaklar veya yöntemler aşağıda listelenmiştir:

A. Birincil Veriler

- Mekânsal adres verileri ve yapıdaki kişi sayısı: Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü'nden (NVI) temin edilmiştir.
- TOPO25 Ulaşım verisi: Harita Genel Müdürlüğü'nden (HGM) alınmıştır.
- Sayısal yükseklik modeli: Harita Genel Müdürlüğü'nden (HGM) alınmıştır.
- Mahalle merkezleri: Ordu Kırsal Alan Bilgi Sistemi (OKABİS) veri setinden temin edilmiştir.

- Yolun niteliği (grup veya münferit yol): OKABİS veri setinden temin edilmiştir.
- Yolun kaplama cinsi: OKABİS veri setinden alınmıştır.

B. İkincil (Türetilmiş) Veriler

- Sağlık kurumları: Google Earth ve Google Maps üzerinden veri madenciliği ile elde edilmiştir.
- Eğitim kurumları: İlçe Milli Eğitim Müdürlüklerinin web sayfalarından veri madenciliği ile elde edilmiştir.
- İlçeden mahalleye en kısa güzergâhlar: En Yakın Yol Analizi ile bulunmuştur.
- İliden mahalleye en kısa güzergâhlar: En Yakın Yol Analizi ile bulunmuştur.
- İlçeden sağlık kurumuna en kısa güzergâhlar: En Yakın Yol Analizi ile bulunmuştur.
- İlçeden eğitim kurumuna en kısa güzergâhlar: En Yakın Yol Analizi ile bulunmuştur.
- Eğim: Topoğrafik analizler sonucunda elde edilmiştir.
- Bakı: Topoğrafik analizler sonucunda elde edilmiştir.
- Topoğrafik Pozisyon İndeksi: Topoğrafik analizler sonucunda elde edilmiştir.
- Dereler ve önemli dereler: Topoğrafik analizler sonucunda elde edilmiştir.
- Yararlanan nüfus sayısı: Konumsal analizler kullanılarak tespit edilmiştir.
- Yararlanan hane sayısı: Konumsal analizler kullanılarak tespit edilmiştir.
- Birim yoldan yararlanan hane ve nüfus sayısı: Matematiksel işlemlerle hesaplanmıştır.
- Yol kaplama cinsi yüzdesi: Matematiksel işlemlerle hesaplanmıştır.
- Yolun yaklaşık maliyeti: Yol kaplama cinsi, yol genişliği ve birim maliyetler kullanılarak Matematiksel işlemlerle hesaplanmıştır.
- Taşkın ve sel risk analizleri: Hidrografik analizler sonucunda elde edilmiştir.
- Kullanım yoğunluğu: Kullanıcı Deneyimleri ile Trafik Yoğunluk Haritaları kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.
- Ulaşımındaki öncelik durumu: Kullanıcı Deneyimleri ile Trafik Yoğunluk Haritaları kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

1.6 Analiz Yöntemleri

Yol öncelik puanının belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

1.6.1 En Yakın Yol Analizi

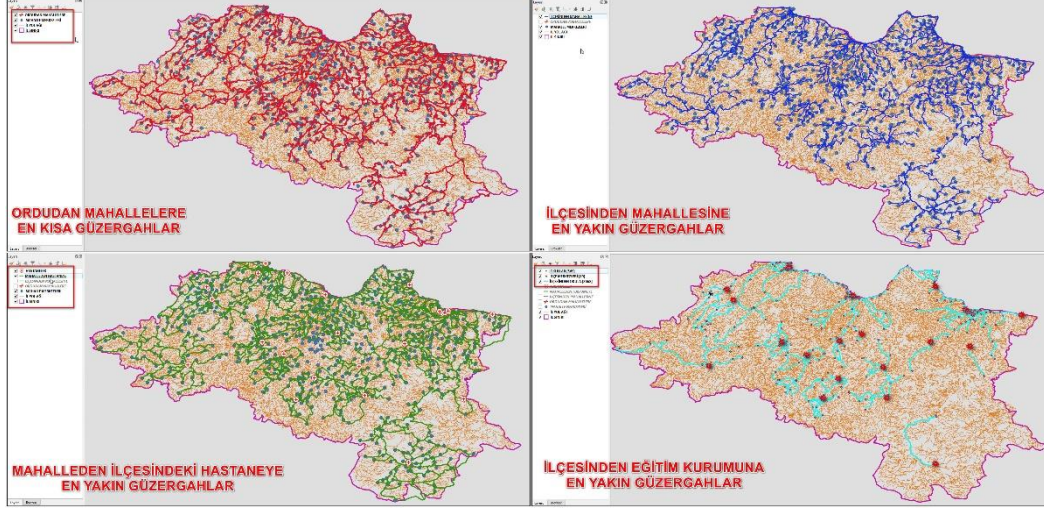
Bu analizde, il ve ilçe merkezlerinden mahalle merkezlerine, eğitim ve sağlık kurumlarına olan en kısa yollar tespit edilmiştir (Şekil 3). HGM'den alınan yol verilerinde yön bilgisi bulunmadığı için en yakın güzergâhlar Google Earth Pro kullanılarak tespit edilmiştir. Analiz süreci şu adımları içermektedir:

1. Google Earth Pro yazılımı kullanılarak her bir ilçe merkezinden her bir mahalle merkezine en kısa yollar belirlenmiştir.
2. Belirlenen güzergâhlar QGIS yazılımına aktarılarak veri temizleme ve düzenleme işlemleri gerçekleştirilmiştir.
3. Yollar, kesişim noktalarından parçalara (segmentlere) ayrılmıştır.
4. Çakışma, Konumsal Birleştirme ve Yakınlık analizleri kullanılarak her bir yol parçasının kaç mahallenin ulaşımında kullanıldığı hesaplanmıştır.
5. Elde edilen değerler, "ulaşım skorları" olarak veri setine eklenmiştir.

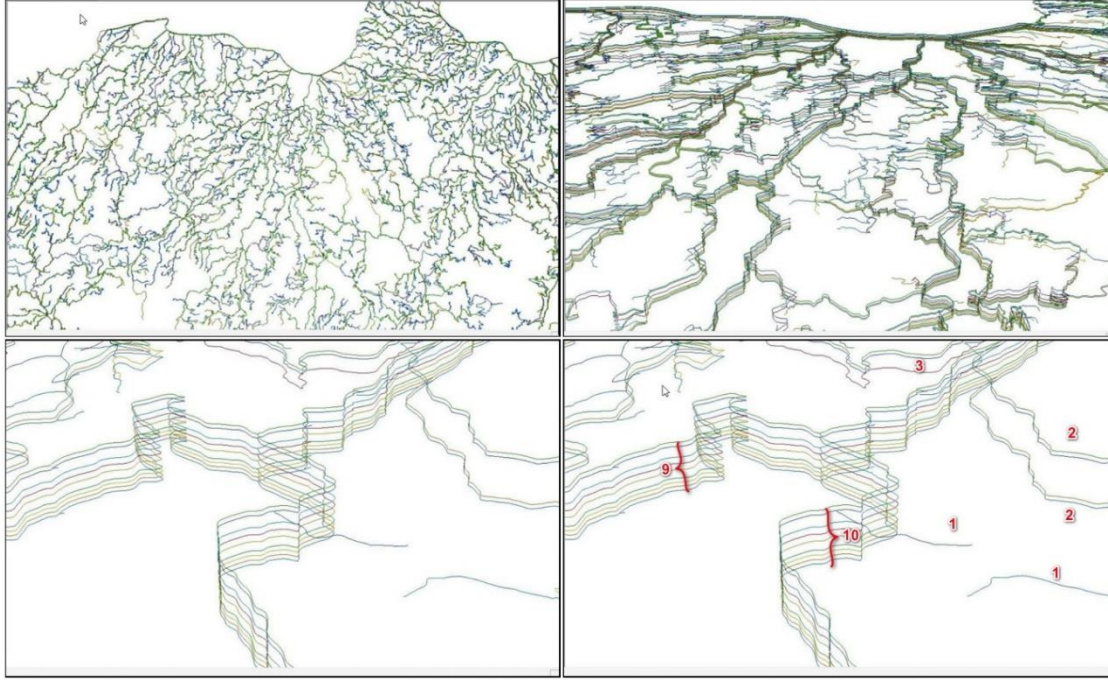
Bu işlem adımları, aşağıda sıralanan dört farklı kategorinin her biri için tekrar edilmiştir:

- İlçeden mahalleye ulaşım
- İl merkezinden mahalleye ulaşım
- İlçeden eğitim kurumlarına ulaşım

- İlçeden sağlık kurumlarına ulaşım



Şekil 3. En yakın yol analiz sonuçlarının konumsal gösterimi



Şekil 4. Çakıştırma analizlerinin gösterimi

1.6.2 Stratejik Öneme Sahip Yolların Belirlenmesi

Bu aşamada, devlet yolları, il yolları ve turizm yolları gibi ana arterlere bağlanan yollar tespit edilmiştir. yakınlık analizleri kullanılarak, bu yolların öznelilik tablolarına bağlandıkları yol türü kodlanmıştır.

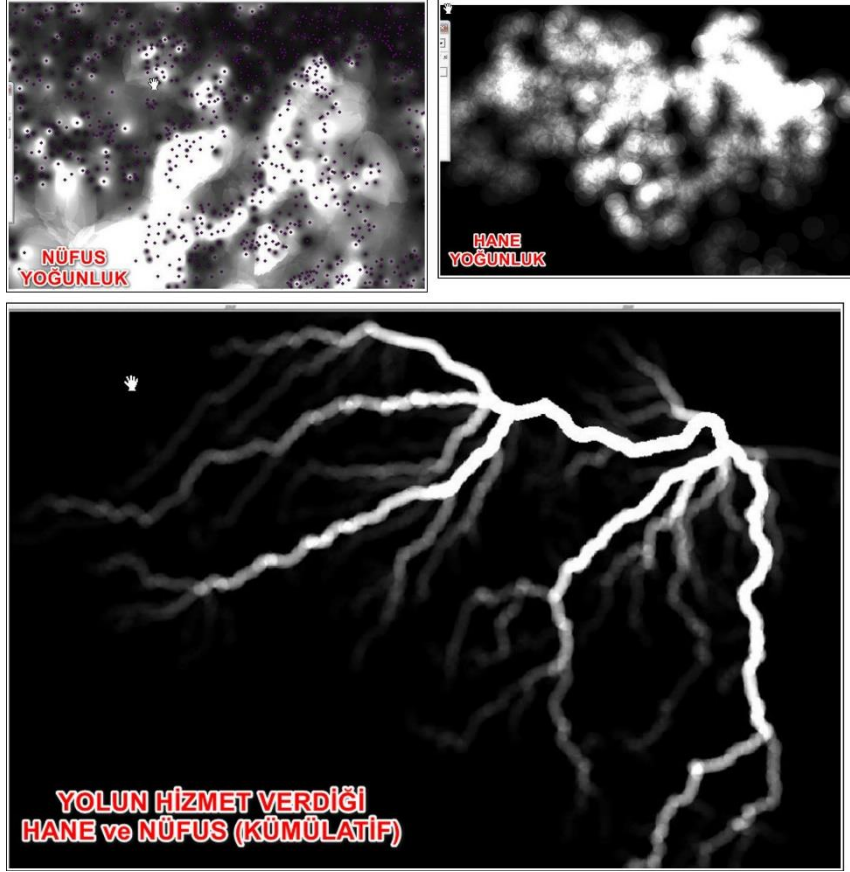
1.6.3 Nüfus ve Hane Analizleri

Ordu ilinin dağınık demografik yapısı ve mevsimsel nüfusta görülen radikal değişimler nedeniyle nüfus analizlerinin yanı sıra hane analizleri de yapılmıştır (Şekil 5).

- Kümelenme analizleri,

- Nüfus yoğunluk haritaları,
- Hane yoğunluk haritaları,
- Haneler için kümelenme analizleri yapılmıştır.

Bu analizlerden elde edilen bilgiler, her bir yol parçası ile konumsal olarak ilişkilendirilmiş, veri setine; “doğrudan yararlanan nüfus”, “doğrudan yararlanan hane sayısı”, “dolaylı yararlanan nüfus”, “dolaylı yararlanan hane sayısı”, “doğrudan yararlanan mahalle sayısı”, “dolaylı olarak yararlanan mahalle sayısı” şeklinde ayrı öznitelikler olarak eklenmiştir.



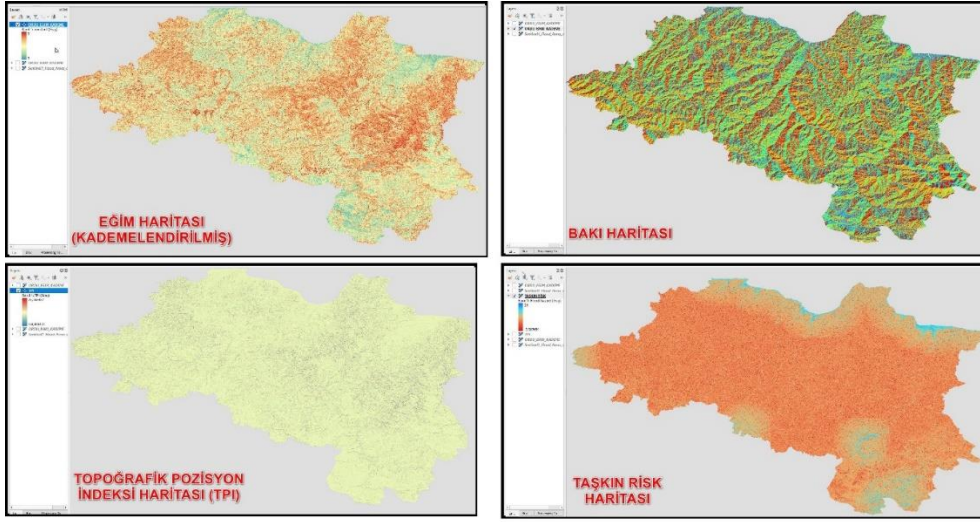
Şekil 5. Yolların hizmet ettiği nüfus yoğunluğunun gösterimi

1.6.4 Topoğrafik Analizler

Yol projelerinin sürdürülebilirliği ve bakım-onarım ihtiyaçlarının belirlenmesi açısından kritik öneme sahip olan topoğrafik faktörler analiz edilmiştir (Şekil 6). Bu analizler;

- Eğim analizi
- Bakı analizi
- Taşkın ve sel riski analizi
- Hidrografik analizler (yolların geçtiği dere sayısı, köprü sayısı vb.)

Bu analizler sonucunda elde edilen veriler, yol veri setine; “minimum, maksimum, ortalama eğim”, “bakı”, “taşkın alanında” / “taşkın alanında değil”, “en yakın dereye mesafe”, “geçtiği dere sayısı”, “köprü sayısı” gibi öznitelikler olarak eklenmiştir.



Şekil 6. Topografik analizler

1.6.5 Yol Öncelik Puanı Hesaplama Metodolojisi

Yol öncelik puanının hesaplanmasında üç tip parametre kullanılmıştır:

Sabit Parametreler;

- Ulaşım skorları (en kısa yol analizlerinden elde edilen dört kategori)
- Yararlanan nüfus sayısı
- Yararlanan hane sayısı
- Yolun niteliği (grup yolu veya münferit yol)
- Birim yoldan yararlanan hane ve nüfus sayısı
- Yolun yaklaşık maliyeti

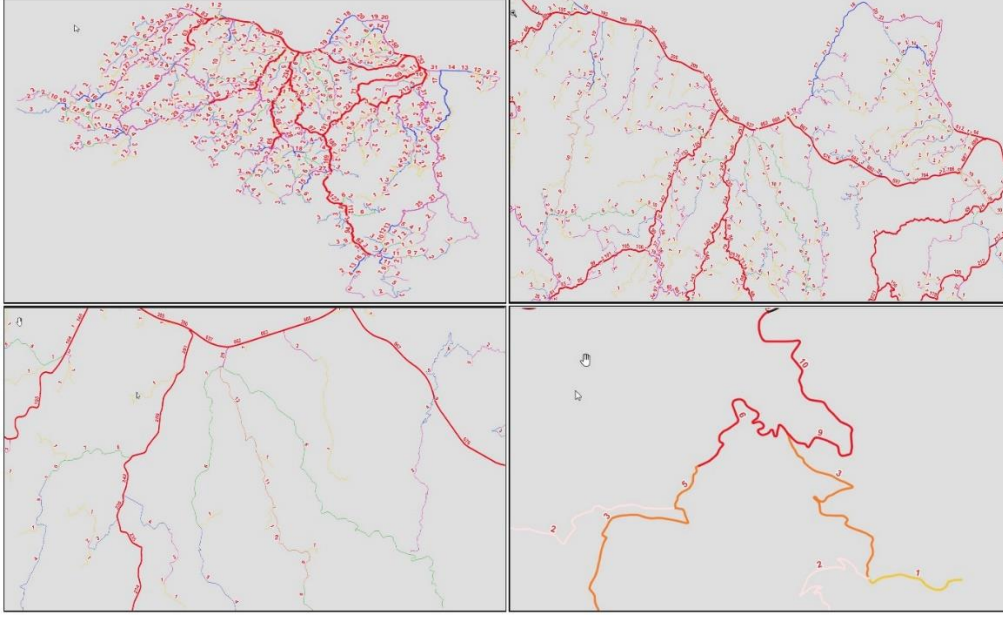
Değişken Parametreler;

- Grup yol ağırlığı
- Yoldaki stabilize altı yol yüzdesi
- Yoldaki stabilize yol yüzdesi
- Yoldaki asfalt yol yüzdesi

Kontrol Parametreleri;

- Kullanım yoğunluğu (Kullanıcı Deneyimi, Trafik Yoğunluk Haritaları)
- Ulaşımdaki öncelik durumu (Kullanıcı Deneyimi, Trafik Yoğunluk Haritaları)

İlgili parametrelere farklı ağırlıklar verilerek farklı senaryolar oluşturulmuşa göre elde edilen sonuçlar (Şekil 7).



Şekil 7. Analizlerden Elde Edilen Sonuçların Tematik Gösterimi

1.7 Tartışma

1.7.1 Metodolojinin Güçlü Yönleri ve Sınırlılıkları

Geliştirilen metodolojinin güçlü yönleri arasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinin etkin kullanımı ve çok kriterli değerlendirme yaklaşımı bulunmaktadır. Planlamada önemli olabilecek her bir kriterin ağırlığının dinamik olarak değiştirilebilmesi için bu kriterler veri setinde ayrı birer öznitelik olarak tutularak, idare tarafından belirlenecek ve/veya değiştirilebilecek strateji ve hedeflere uygun planların hazırlanmasında maksimum esneklik sağlanabilmektedir. Veri güncelliği ve kalitesi, özellikle yol üst yapısı, kaplama cinsleri gibi özniteliklerin hızlı değişebildiği bölgelerde sınırlılıklar oluşturabilir. Bu nedenle, veri kaynaklarının düzenli olarak güncellenmesi, model ile elde edilen sonuçların farklı kaynak ve yöntemlerle doğrulanması büyük önem taşımaktadır.

1.7.2 Literatürdeki Benzer Çalışmalarla Karşılaştırma

Metodoloji, literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında daha kapsamlı ve entegre bir yaklaşım sunmaktadır. Örneğin, Cova ve Johnson (2003) tarafından önerilen risk temelli yol önceliklendirme modelleri sadece afet risklerine odaklanırken, bu çalışmada sosyal, ekonomik ve topoğrafik faktörler birlikte değerlendirilmiştir. (Cova ve Johnson, 2003).

1.7.3 Uygulama Sürecinde Karşılaşılan Zorluklar ve Çözüm Önerileri

Uygulama sürecinde özellikle veri entegrasyonu ve farklı veri formatlarının uyumlaştırılması, çalışılan verinin büyüklüğü, doğrulama yöntemlerinin belirlenmesi gibi konularda zorluklar yaşanmıştır. Bu sorunların aşılması için standart veri formatlarının kullanılması, veri yönetimi süreçlerinin iyileştirilmesi, farklı doğrulama araç ve yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması önerilmektedir. Ayrıca, mevsimsel nüfus değişimlerinin etkisinin daha doğru bir şekilde modellenenebilmesi için dinamik veri kaynaklarının kullanılması, mevsimsel nüfus bilgisinin elde edilmesi faydalı olacaktır.

2. SONUÇLAR

2.1 Araştırmanın Temel Bulguları

Çalışma, yol öncelik puanı metodolojisinin sınırlı kaynakların en verimli şekilde kullanılmasına olanak tanıdığı ve ulaşım altyapısı yatırımlarının planlanmasında önemli bir araç olduğunu göstermiştir. CBS'nin sunduğu olanaklar sayesinde karmaşık coğrafi ve demografik veriler etkin bir şekilde analiz edilmiş ve karar verme süreçleri iyileştirilmiştir (Şekil 4 ve Şekil 7).

2.2 Kamuoyu Oluşturma ve Hesap Verebilirlik

Yapılan analizler, yatırım tercihlerini vatandaşa anlatmayı ve kamuoyunu ikna etmeyi kolaylaştırmıştır. Veri temelli ve nesnel yaklaşımlar, karar alma süreçlerini şeffaf ve hesap verebilir hale getirmiştir (Şekil 7).

2.3 Kaynakların Etkin Kullanımı ve CBS'nin Rolü

Yol öncelik puanlaması, Ordu ili gibi sınırlı kaynaklara ve zorlu coğrafi koşullara sahip bölgelerde kaynakların etkin ve verimli kullanılması açısından büyük önem taşımaktadır. CBS olanaklarıyla yapılan bu analizler, yol yatırım programlarının hazırlanmasında önemli bir veri altyapısı sağlamıştır. Doğru ve etkin analizlerle elde edilen kaynaklar daha verimli kullanılmakta, doğru ve hızlı kararlar alınmakta ve bu sayede daha kalıcı hizmetler sunulmaktadır.

2.4 Politika Önerileri

Araştırma sonuçlarına dayanarak, yerel ve merkezi yönetimlerin veri temelli ve bilimsel yaklaşımları benimsemeleri önerilmektedir. Karar verme süreçlerinin şeffaflığının artırılması ve katılımcı planlama yaklaşımlarının benimsenmesi, toplumun ihtiyaçlarına daha uygun çözümler üretilmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, veri yönetimi ve paylaşımı konusunda standartların geliştirilmesi, benzer çalışmaların etkinliğini artıracaktır.

2.5 Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler

Gelecekte yapılacak araştırmalar için metodolojinin farklı coğrafi ve demografik özelliklere sahip bölgelerde test edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, makine öğrenmesi ve yapay zeka tekniklerinin entegrasyonu ile modelin tahmin yetenekleri artırılabilir. Dinamik veri güncelleme mekanizmalarının geliştirilmesi ve uydu ile drone görüntüleri gibi görsel veri kaynaklarının kullanılması, analizlerin doğruluğunu ve güncelliğini artıracaktır.

2.6 Sonuç

Bu çalışma, işi doğru yapmak kadar doğru işi yapmanın da önemli olduğunu göstermektedir. Yatırım kararlarının alınmasında veri temelli, bilimsel ve nesnel yaklaşımlar, sınırlı kaynakların etkin ve verimli kullanımı için hayati öneme sahiptir. Doğru analiz ve planlama ile daha kalıcı ve sürdürülebilir altyapı hizmetleri sunulabilir. Yol öncelik puanlaması, sınırlı kaynakların etkin ve verimli kullanılmasına olanak sağlamış; CBS teknolojileri ve veri temelli yaklaşımlar sayesinde yol yatırımlarının planlanmasında önemli bir veri altyapısı oluşturulmuştur. Bu sayede, doğru ve hızlı kararlar alınmış, yapılan yatırım tercihlerini vatandaşa anlatmak ve kamuoyunu ikna etmek kolaylaşmıştır. Yapılan çalışma ile elde edilen bulguların gerçek hayatta sınanarak sürekli iyileştirilmesi, veri setinin güncel tutulması ve farklı bölgelerin özgün koşullarına adapte edilmesi, ülke genelindeki ulaşım yatırımlarının daha etkin ve verimli planlanmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Miller, H. J. ve Shaw, S. L., 2001. Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications. Oxford University Press.

Kabir, G., Sadiq, R. ve Tesfamariam, S., 2014. A review of multi-criteria decision-making methods for infrastructure management. *Structure and Infrastructure Engineering*, 10(9), 1176-1210.

Malczewski, J., 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726.

Cova, T. J. ve Johnson, J. P., 2003. A network flow model for lane-based evacuation routing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(7), 579-604.

Beimborn, E. A. ve Kennedy, R., 1996. Inside the blackbox: Making transportation investment decisions through the use of benefit-cost analysis. *Transportation Research Record*, 1499, 3-10.