

## Kritik Ulaştırma Altyapı Problemleri için AHP Uygulamalarının Nicel Analizi

Ertuğrul Ayyıldız<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Endüstri Mühendisliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye

\* (ertugrulayyildiz@ktu.edu.tr)

**Özet** – Bu çalışma, Kritik Ulaştırma Altyapısı (KUA) ile ilgili karmaşık problemlerin çözümünde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) uygulamasını ele almaktadır. Hızlı kentleşme ve ulaşım ağlarına olan bağımlılığın arttığı bir çağda, KUA sistemlerinin dayanıklılığını ve verimliliğini sağlamak son derece önemlidir. Araştırma, ilgili makaleleri belirlemek ve incelemek için Scopus veri tabanını kullanarak sistematik bir yaklaşım kullanmakta ve KUA için bir karar verme aracı olarak AHP'nin etkinliğine ilişkin değerli içgörüler elde etmektedir. Scopus veri tabanı, zengin bir akademik makale havuzuna erişim sağlayarak bu konudaki literatürün kapsamlı bir şekilde incelenmesini sağlamaktadır. Toplanan veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu çalışma, KUA bağlamında AHP'nin güçlü yönlerine ve sınırlamalarına ışık tutmakta ve AHP ile KUA sorunlarının çözümünün kesiştiği noktalarla ilgilenen politika yapıcılara, uygulayıcılara ve araştırmacılara değerli bir rehberlik sunmaktadır. Scopus veri tabanının kullanılması, araştırmanın derinliğini ve güvenilirliğini artırarak akademik topluluk için önemli bir kaynak haline getirmektedir.

**Anahtar Kelimeler** – AHP, Kritik Ulaştırma Altyapısı, Literatür Taraması, Bibliyometrik Analiz

### I. GİRİŞ

Kritik Ulaştırma Altyapısı (KUA) modern toplumların işleyişinde vazgeçilmez bir rol oynamaktadır [1]. Günlük işe gidiş gelişleri kolaylaştıran karayolu ağlarından küresel varış noktalarını birbirine bağlayan havalimanlarına kadar KUA, ekonomik büyümenin, sosyal uyumun ve acil durum müdahale sistemlerinin bel kemiğini oluşturur. Bununla birlikte, KUA sistemlerinin karmaşıklığı ve birbirine bağımlılığı, bakım ve genişletmeden afete hazırlık ve kaynak tahsisine kadar çok yönlü zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu zorlukları etkili bir şekilde ele almak için, ulaştırma altyapısı alanındaki karar vericiler, ilgili çeşitli faktörleri ve öncelikleri barındırabilecek sağlam metodolojilere ihtiyaç duymaktadır.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), karmaşık karar verme senaryolarının ele alınmasında önem kazanan tür metodolojilerden biridir [2]. Saaty tarafından 1970'lerin sonunda geliştirilen AHP, birden fazla kriter ve alternatif içeren problemlerin

çözümüne yardımcı olan yapılandırılmış ve sistematik bir yaklaşımdır [3]. Cazibesi, öncelikleri ve ödünleşimleri değerlendirmek için net bir çerçeve sağlarken hem nitel hem de nicel verileri işleme yeteneğinde yatmaktadır. AHP yıllar içinde mühendislik, finans, sağlık ve çevre yönetimi gibi çeşitli alanlarda uygulama alanı bulmuştur [4].

Bu çalışma, AHP'nin KUA bağlamında bir karar destek aracı olarak uygunluğunu değerlendirmeye yönelir. Kanıta dayalı karar vermeye verilen önemin artmasıyla birlikte, AHP'nin KUA profesyonellerinin karşılaştığı çok yönlü sorunlara ilişkin değerli içgörüler sağlayıp sağlayamayacağının araştırılması bir zorunluluk hale gelmiştir. Ayrıca, kapsamlı bir hakemli makale koleksiyonuna erişim sunan Scopus veri tabanının mevcudiyeti, bu alandaki mevcut literatürün kapsamlı bir incelemesini yapmak için bir fırsat sunmaktadır.

Bu çalışma, AHP'nin gücünü Scopus veri tabanındaki bilgi zenginliği ile birleştirerek, AHP'nin KUA problem çözme alanındaki güçlü

yönlerini ve sınırlamalarını ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. İstatistiksel analiz ve grafiksel gösterimler aracılığıyla eğilimleri, en iyi uygulamaları ve iyileştirme alanlarını belirlenmiştir. Bu araştırmanın bulgularının yalnızca AHP'nin KUA'de uygulanabilirliğine ilişkin akademik anlayışa katkıda bulunması değil, aynı zamanda kritik ulaşım altyapı sistemlerinin dayanıklılığını ve verimliliğini artırmaya yönelik çalışan politika yapıcılar, altyapı planlamacıları ve araştırmacılar için pratik bilgiler sunması beklenmektedir..

## II. TARAMA SONUÇLARI

Farklı AHP yaklaşımlarını kullanan ulaşırma altyapısı ile ilgili çalışmaların incelenmesinin yanı sıra, farklılıkları vurgulamak ve bu çalışmanın temelini oluşturmak için kullanılan çalışmaların sistematik olarak belirlenmesi gerekmektedir. David Moher tarafından literatür taraması için önerilen Sistematik İncelemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses/PRISMA) metodolojisi [5], detaylı bir literatür taraması gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Metodoloji beş ana adımdan oluşmaktadır: kriterlerin tanımlanması, kaynakların belirlenmesi, literatürün seçilmesi, verilerin toplanması ve veri öğelerinin seçilmesi [6]. Bu metodoloji, literatür araştırmasındaki yanlılığı azaltmak ve daha sistematik yöntemler geliştirmek için benimsenmiştir [7]. Ulaşırma altyapısı ile ilgili karar verme problemleri incelenmiştir. Bu nedenle, bu çalışmalarda AHP yaklaşımlarının kullanımı analiz edilmiş, ayrıca yatırım kararlarını inceleyen çalışmalar da daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Literatür taraması 1 Eylül 2023 - 15 Eylül 2023 tarihleri arasında Tablo 1'de gösterilen anahtar kelimeler ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Literatür taramasında kullanılan anahtar kelimeler

| Data base | Sorgu  | Sayı |
|-----------|--|------|
| SCO PUS   | TITLE-ABS-KEY ("Transportation infrastructure" AND ahp)                          | 64   |
|           | TITLE-ABS-KEY ("Transportation infrastructure" AND "analytic hierarchy process") | 51   |
|           | TITLE-ABS-KEY ("Transport infrastructure" AND ahp)                               | 32   |
|           | TITLE-ABS-KEY ("Transportat infrastructure" AND "analytic hierarchy process")    | 21   |

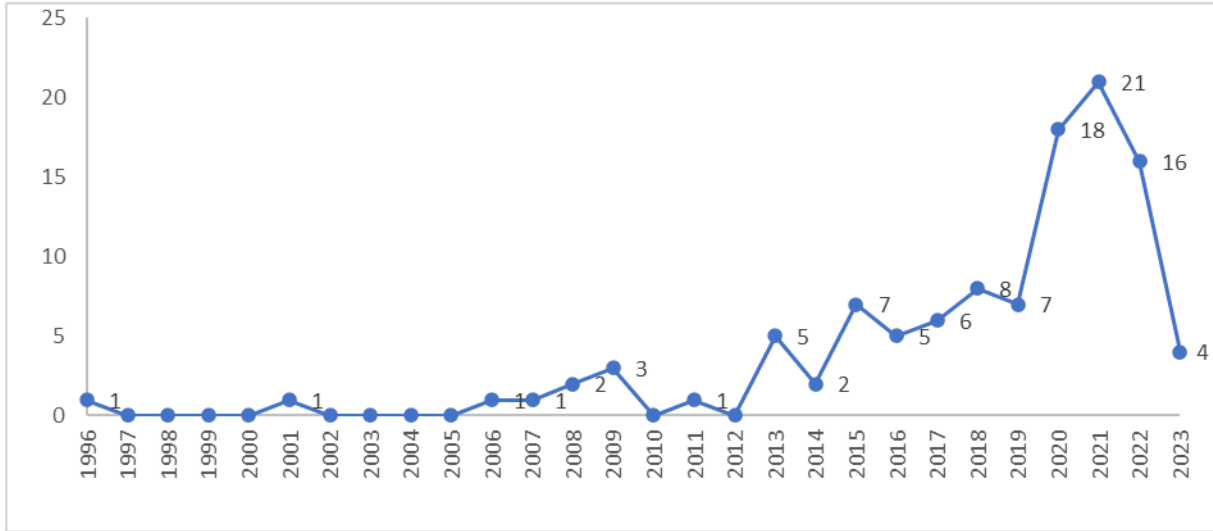
Tablo 1'de gösterilen anahtar kelimelerle SCOPUS veri tabanında yapılan aramada toplam 168 çalışma belirlenmiştir. Bazı makaleler üç veya iki aramada bulunduğu için mükerrerdir. Bu nedenle tekrar eden çalışmalar çıkarılmış ve 109'a ulaşılmıştır. Daha sonra çalışmalar incelenmiş ve 8 tanesi hatalı olduğu için elenmiştir ve böyle 101 çalışma incelenmiştir

## III. UYGULAMA

Detaylı ve sistematik bir literatür taramasının ardından çalışmaların bazı karakteristik özelliklerine göre özet diyagramlar oluşturulmuştur. Bu diyagramlar sayesinde çalışma kapsamında yürütülen araştırmalara yönelik özet bir yapı ortaya çıkarılmıştır. Çalışmaların yayın yılı, kullanılan yöntem ve türü gibi temel ayrımları gösteren bu şekiller değerlendirilerek bu çalışmanın tartışma bölümü oluşturulmuştur. Bu ayrımların detaylı yorumlarına ilerleyen alt bölümlerde yer verilmiştir.

### A. Yıllara Göre Çalışmalar

Literatür taraması sonucu çalışmaların yıllara göre dağılımı, KUA araştırmalarındaki ilginç eğilimleri ortaya koymaktadır. Şekil 1, bu çalışma için zamansal analizi sunmaktadır. Şekil 1, bu alandaki araştırma faaliyetlerindeki eğilimleri göstermektedir.



Şekil 1. Yıllara göre çalışmalar

Yıllar içinde KUA konusunda yayınlanan çalışmaların sayısının analizi, ilginç eğilimleri ve dalgalanmaları ortaya koymaktadır. KUA konusunda yayınlanan çalışmaların sayısının analizi, özellikle COVID-19 salgını bağlamında, ilgi çekici eğilimleri ve dalgalanmaları ortaya koymaktadır. Özellikle son yıllarda, muhtemelen pandeminin ortaya çıkardığı zorluklardan etkilenerek, KUA'ye yönelik akademik ilgide belirgin bir artışla birlikte önemli bir yükseliş eğilimi söz konusudur. 2016 yılından itibaren her yıl yayınlanan çalışma sayısında istikrarlı bir artış olmuş ve 2021 yılında KUA ile ilgili toplam 21 yayımla zirveye ulaşmıştır. Bu durum, bir akademik araştırma konusu olarak KUA'nin önemini giderek arttığını göstermektedir.

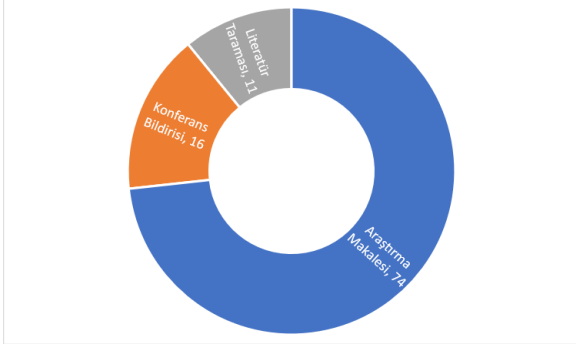
Eğilim genel olarak yukarı doğru olsa da, KUA yayın sayılarında yıldan yıla dalgalanmalar görülmektedir. Örneğin, 2023 yılı, önceki yıllara kıyasla KUA yayınlarının sayısında hafif bir düşüşe tanık olmuş ve bu da araştırma çıktılarında bir miktar değişkenlik olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, 2018, 2017 ve 2015 gibi yıllar, KUA araştırmalarında genel olarak artan bir yörüngeyle birlikte dalgalanmalar göstermektedir. İlk yıllarda, özellikle 2000-2006 yılları arasında, KUA ile ilgili yayınların çok düşük olduğu veya hiç olmadığı görülmüştür; bu da o dönemde akademik ilginin olası bir eksikliğine işaret etmektedir. Ancak, 2007'den 2009'a kadar az sayıda KUA yayını ile ilginin yeniden canlanması, KUA ile ilgili sorunlara yeniden odaklanıldığının bir göstergesi olabilir. 2012 ve 2010 yıllarında KUA yayınlarının olmaması, bu yıllarda potansiyel

araştırma boşlukları veya akademik önceliklerdeki değişimler hakkında sorular ortaya çıkarmaktadır. KUA literatüründeki bu boşluklar, gelecekteki araştırmalar için fırsat teşkil edebilir.

KUA çalışmalarının, muhtemelen COVID-19 salgını ve dayanıklı ulaştırma sistemlerine duyulan ihtiyaçtan etkilenerek son yıllarda ivme kazandığını göstermektedir. Önceki yıllardaki dalgalanmalar ve boşluklar, bu dinamik ve kritik KUA araştırma alanında hem pandemiye yanıt olarak hem de sonrasında keşfedilecek ve ortaya çıkarılacak daha çok şey olduğunu göstermektedir. KUA alanındaki araştırmacılar ve politika yapıcılar, bu eğilimlerin arkasındaki nedenleri daha derinlemesine incelemeyi ve KUA içinde, özellikle pandemiye hazırlık ve müdahale bağlamında daha fazla araştırılması gereken belirli alanları belirlemeyi değerli bulabilirler. Genel olarak, bu analiz KUA çalışmalarının son yıllarda ivme kazandığını, bunun da muhtemelen alanda gelişen zorluklara ve ilerlemelere yanıt olarak gerçekleştiğini göstermektedir. Daha önceki yıllardaki dalgalanmalar ve boşluklar, KUA araştırmalarının bu dinamik ve kritik alanında hala keşfedilecek ve ortaya çıkarılacak çok şey olduğunu göstermektedir. KUA alanındaki araştırmacılar ve politika yapıcılar, bu eğilimlerin arkasındaki nedenleri daha derinlemesine incelemeyi ve KUA içinde daha fazla araştırma ve dikkat gerektiren belirli alanları belirlemeyi değerli bulabilirler.

## B. Türlerine Göre Çalışmalar

Bu bölümde, KUA araştırmalarında yaygın olan çalışma türlerinin derinlemesine bir analizini sunulmuştur. Şekil 2, KUA araştırmalarında çalışma türlerine kapsamlı bir genel bakış sunmaktadır. Bu Şekil, KUA yayınlarını üç ana türe ayırmaktadır: Araştırma Makaleleri, Konferans Bildirileri ve Literatür İncelemeleri.



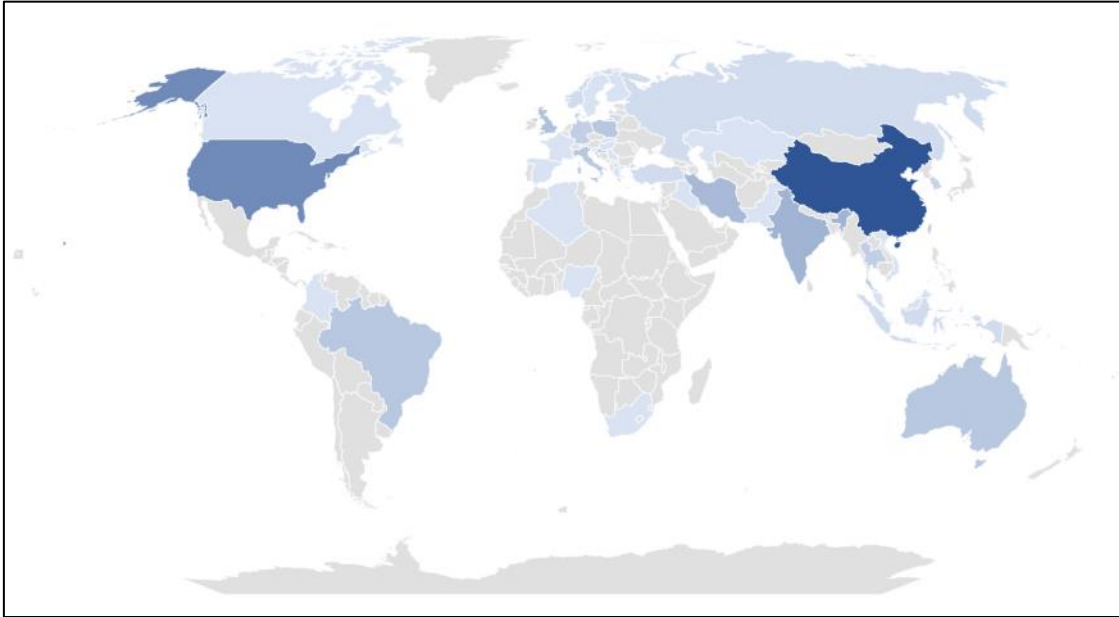
Şekil 2. Türlerine göre çalışma sayıları

Şekil 2'de görüldüğü üzere, Araştırma Makalelerinin en belirgin kategori olarak öne çıktığı ve 74 sayıyla KUA yayınlarının çoğunluğunu oluşturduğu görülmektedir. Bu gözlem, ampirik çalışmalar yürütmeye, derinlemesine analizler yapmaya ve KUA alanındaki mevcut bilgi birikimine önemli katkılarda bulunmaya verilen güçlü önemin altını çizmektedir. Konferans Bildirileri, KUA araştırmalarının bir başka önemli yönünü temsil

etmektedir. Bu çalışmalar, KUA araştırmalarının dinamik doğasını ve konferanslar aracılığıyla akademik toplulukla aktif etkileşimini yansıtarak, araştırma bulgularını yaymak için daha özlü ve zamanında bir platform sağlama yetenekleriyle dikkat çekmektedir. Literatür İncelemeleri, sayıları 11 ile daha az olsa da KUA araştırma ortamında çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu incelemeler, mevcut bilgilerin özetlenmesi ve sentezlenmesinde, araştırma boşluklarının belirlenmesinde ve alanın durumuna ilişkin kapsamlı içgörüler sunulmasında etkili olmaktadır. Bunların varlığı, KUA konularının çok yönlü bir şekilde anlaşılmasını sağlamaya yönelik bir taahhüdü ifade etmektedir.

## C. Bölgelere Göre Çalışmalar

KUA ile ilgili çalışmaların farklı ülkelere dağılımı, KUA konularının küresel önemi ve çeşitli metodolojilerin farklı bağlamlarda uygulanması hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır. KUA çalışmalarında ülkelerin dağılımı Şekil 3'te görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 3. KUA ile ilgili AHP çalışmaları için coğrafi ısı haritası

Çalışmaların menşee ülke veya bölgelere göre analizi, KUA alanındaki zorlukları ele alma konusunda küresel bir kararlılık olduğunu ortaya koymaktadır. Çin, hızlı kentleşmesi ve büyüyen ekonomisi ile tutarlı olarak ulaştırma altyapısına olan büyük ilgi ve yatırımını yansıtan 22 çalışma ile lider olarak ortaya çıkmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri 14 çalışmayla bu ülkeyi yakından takip etmekte ve ulaştırma sistemlerini geliştirme konusundaki kararlılığının altını çizmektedir. Hindistan, 8 çalışma ile önemli nüfusu ve kentleşmesi karşısında dayanıklı altyapının önemini vurgulamaktadır. İran'ın 7 çalışması KUA araştırmalarına aktif katılımını gösterirken, Birleşik Krallık'ın 6 çalışması ulaşım altyapısı güvenilirliğine odaklandığının altını çizmektedir. Avustralya, Brezilya, Hırvatistan, İtalya ve Polonya, her biri 5 çalışma ile Avrupa ve Güney Amerika'nın KUA araştırmalarına olan ortak ilgisini toplu olarak vurgulamaktadır. Almanya'nın 4 çalışması bu alandaki etkili rolüne işaret ederken, Tayvan ve Tayland 4'er çalışmayla Asya-Pasifik bölgesindeki KUA sorunlarının önemini vurgulamaktadır. Diğer birçok ülke ise 3 veya daha az sayıda çalışmayla, dayanıklı ve verimli ulaşım sistemlerinin evrensel önemini ortaya koyarak, KUA sorunlarının küresel olarak anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu farklı coğrafi temsil, KUA sorunlarının ele alınmasında uluslararası iş birliğine duyulan ihtiyacın altını çizmekte ve hem politika yapıcılarını hem de araştırmacıları ulaşım altyapısı araştırmalarının küresel durumu hakkında bilgilendirmektedir.

#### D. En Çok Yayın Yapılan Dergiler

Bu alt bölümde, KUA araştırmaları alanında en çok yayın yapan dergiler değerlendirilmiştir. Bu dergiler, akademisyenlerin bulgularını yaymaları ve bu hayati alanda gelişen literatüre katkıda bulunmaları için önemli platformlar olarak hizmet vermektedir. Tablo 2, en fazla yayına sahip 5 dergiyi göstermektedir.

Tablo 2. En çok yayın yapılan dergiler

| Dergi  | Sayı |
|--|------|
| Sustainability Switzerland                               | 7    |
| Journal of Infrastructure Systems                        | 4    |
| Transportation Research Part D Transport and Environment | 4    |
| Journal of Urban Planning and Development                | 3    |
| Transportation Planning and Technology                   | 3    |

Bu dergiler, KUA alanında araştırma ve bilgi yayılımının teşvik edilmesinde önemli rol oynamaktadır. "Sustainability Switzerland" [8]–[14], 7 yayımla öne çıkan bir dergi olarak sürdürülebilirliğin KUA'daki merkezi rolünün altını çizmektedir. "Journal of Infrastructure Systems" [15]–[18] ve "Transportation Research Part D Transport and Environment" [19]–[22], 4'er yayımla, altyapı sistemlerinin karmaşıklığını ve KUA'daki çevresel unsurları vurgulayarak bu dergileri yakından takip etmektedir. Ayrıca, her biri 3 yayımla "Journal of Urban Planning and Development" [23]–[25] ve "Transportation Planning and Technology" [26]–[28] de KUA'nın şehir planlama ve teknolojik boyutlarına önemli katkılarda bulunmaktadır. Bu dergiler birlikte, ulaşım altyapısındaki çok yönlü zorluklara ve fırsatlara ilişkin değerli içgörüler sunarak KUA araştırma ortamını zenginleştirmektedir.

#### E. En Çok Alıntı Yapılan Çalışmalar

Bu alt bölümde, KUA araştırmaları alanında en çok atıf alan yayınlara odaklanılmıştır. Bu makaleler, akademik camiada önemli bir ilgi ve tanınırlık kazanmış olup, alana yaptıkları etkili katkıları ortaya koymaktadır. Tablo 3, en çok atıf alan yayınları vurgulamakta ve araştırmalarının etkisine ve alaka düzeyine ışık tutmaktadır.

Tablo 3. En çok atıf yapılan beş çalışma

| Makale  | Atıf |
|---|------|
| Flood risk assessment in metro systems of mega-cities using a GIS-based modeling approach [29]                                      | 258  |
| Inundation risk assessment of metro system using AHP and TFN-AHP in Shenzhen [30]   | 182  |
| Multiple criteria decision-making techniques in transportation systems: a systematic review of the state of the art literature [31] | 149  |
| Incorporating equity considerations in transport infrastructure evaluation: Current praKUAce and a proposed methodology [32]        | 138  |
| Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation [33]  | 111  |

Bu yayınlar KUA araştırmalarına önemli ölçüde etkilemiştir. "Flood risk assessment in metro systems of megacities using a GIS-based modelling approach" 258 atıfla öne çıkmakta ve kentsel ulaşım altyapısında sel riskiyle ilgili kritik konuların ele alınmasındaki önemli rolünü yansıtmaktadır. "Inundation risk assessment of subway system in Shenzhen using AHP and TFN-AHP" 182 atıfla onu yakından takip ederek metro sistemlerinin korunmasında sağlam risk değerlendirme metodolojilerinin önemini

vurgulamaktadır. Ayrıca, 149 atıfla "Multi-criteria decision-making techniques in transport systems" ve 138 atıfla "Inclusion of equality considerations in transport infrastructure assessment", ulaşım altyapısında karar verme çerçevelerini ve eşitlik hususlarını araştırarak alana önemli katkılar sağlamaktadır. "Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transport" 111 atıfla ulaştırma sistemlerinin optimizasyonunda verimli kaynak tahsis tekniklerinin önemini altını çizmektedir

#### IV. SONUÇLAR

KUA üzerine yapılan bu çalışma, bu önemli alanın dinamik ve çok boyutlu manzarasına ilişkin değerli bilgiler sağlamıştır. Sistematik tarama ve analiz yoluyla, KUA araştırmalarını şekillendiren temel eğilimler ve kalıplar ortaya çıkarılmıştır. Çalışmaların yıllara göre analizi, KUA yayınlarında kayda değer bir artış eğilimi ortaya koyarak bu alanın artan önemini vurgulamıştır. Bu eğilim, özellikle gelişen küresel dinamikler bağlamında, ulaştırma altyapısıyla ilgili zorluklar ve fırsatlar konusunda artan bir farkındalığa işaret etmektedir. Çalışmaların türlerine göre sınıflandırılması, KUA araştırmalarına yapılan çeşitli katkıları vurgulamaktadır. Araştırma Makaleleri, Konferans Bildirileri ve Literatür İncelemelerinin her biri, bilginin ilettilmesinde ve ulaştırma altyapısındaki çok yönlü zorlukların ele alınmasında farklı roller oynamıştır. Çalışmalar bölgelere göre incelendiğinde, dünya çapındaki ülke ve bölgelerden gelen katkılarla birlikte, KUA'nın küresel alaka düzeyi ortaya koyulmuştur. Bu küresel bakış açısı, dayanıklı ve verimli ulaşım sistemlerinin evrensel önemini altını çizmektedir. En çok yayın yapan dergilerin ve en çok atıf alan çalışmaların belirlenmesi, KUA araştırmacıları içindeki etkili platformların ve etkili araştırmaların altını çizmektedir. Bu yayınlar, literatüre şekillendirmeye ve bu kritik alanda gelecekteki araştırma yönelimlerine rehberlik etmeye devam etmektedir.

Bu çalışmayı sonuçlandırırken, KTİ araştırmalarının ulaşım altyapısının sürekli gelişen zorluklarını ve karmaşıklıklarını ele almada ön planda olmaya devam ettiği açıktır. Bulgularımız araştırmacılar, politika yapıcılar ve paydaşlar için değerli bir kaynak teşkil etmekte ve toplum yararına esnek, sürdürülebilir ve verimli ulaşım sistemleri inşa etmek için bir temel sağlamaktadır.

#### KAYNAKLAR

- [1] J. S. Szyliowicz, "Safeguarding critical transportation infrastructure: The US case," *Transp. Policy*, vol. 28, 2013, doi: 10.1016/j.tranpol.2012.09.008.
- [2] E. Ayyildiz and A. Taskin, "Humanitarian relief supply chain performance evaluation by a SCOR based Trapezoidal type-2 fuzzy multi-criteria decision making methodology: An application to Turkey," *Sci. Iran.*, vol. 29, no. 4, pp. 2069–2083, 2022, doi: 10.24200/sci.2020.52592.2786.
- [3] E. Tumsekali, E. Ayyildiz, and A. Taskin, "Interval valued intuitionistic fuzzy AHP-WASPAS based public transportation service quality evaluation by a new extension of SERVQUAL Model: P-SERVQUAL 4.0," *Expert Syst. Appl.*, vol. 186, p. 115757, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.ESWA.2021.115757.
- [4] E. Ayyildiz and A. Taskin Gumus, "A novel spherical fuzzy AHP-integrated spherical WASPAS methodology for petrol station location selection problem: a real case study for İstanbul," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 27, no. 29, pp. 36109–36120, Oct. 2020, doi: 10.1007/s11356-020-09640-0.
- [5] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, and T. P. Group, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement," *PLOS Med.*, vol. 6, no. 7, p. e1000097, Jul. 2009, doi: 10.1371/JOURNAL.PMED.1000097.
- [6] R. P. Santi and H. Putra, "A Systematic Literature Review of Business Intelligence Technology, Contribution and Application for Higher Education," 2018 Int. Conf. Inf. Technol. Syst. Innov. ICITSI 2018 - Proc., pp. 404–409, Jul. 2018, doi: 10.1109/ICITSI.2018.8696019.
- [7] D. Satria, D. I. Sensuse, and H. Noprisson, "A systematic literature review of the improved agile software development," 2017 Int. Conf. Inf. Technol. Syst. Innov. ICITSI 2017 - Proc., vol. 2018-Janua, pp. 94–99, Jul. 2017, doi: 10.1109/ICITSI.2017.8267925.
- [8] A. Raza et al., "Evaluation of a Sustainable Urban Transportation System in Terms of Traffic Congestion—A Case Study in Taxila, Pakistan," *Sustain.*, vol. 14, no. 19, 2022, doi: 10.3390/su141912325.
- [9] M. Ivić, J. Kilić, K. Rogulj, and N. Jajac, "Decision support to sustainable parking management—investment planning through parking fines to improve pedestrian flows," *Sustain.*, vol. 12, no. 22, 2020, doi: 10.3390/su12229485.
- [10] O. O. Ajayi, A. B. Bagula, H. C. Maluleke, and I. A. Odun-Ayo, "Transport inequalities and the adoption of intelligent transportation systems in Africa: A research landscape," *Sustain.*, vol. 13, no. 22, 2021, doi: 10.3390/su132212891.

- [11] W. Luo, M. Sandanayake, G. Zhang, and Y. Tan, "Construction cost and carbon emission assessment of a highway construction—a case towards sustainable transportation," *Sustain.*, vol. 13, no. 14, 2021, doi: 10.3390/su13147854.
- [12] G. Lin, S. Wang, C. Lin, L. Bu, and H. Xu, "Evaluating performance of public transport networks by using public transport criteria matrix analytic hierarchy process models—case study of stonnington, bayswater, and cockburn public transport network," *Sustain.*, vol. 13, no. 12, 2021, doi: 10.3390/su13126949.
- [13] J. Božičević, I. Lovrić, D. Bartulović, S. Steiner, V. Roso, and J. P. Škrinjar, "Determining optimal dry port location for seaport rijeka using AHP decision-making methodology," *Sustain.*, vol. 13, no. 11, 2021, doi: 10.3390/su13116471.
- [14] J. K. Pamuković, K. Rogulj, D. Dumanić, and N. Jajac, "A sustainable approach for the maintenance of asphalt pavement construction," *Sustain.*, vol. 13, no. 1, 2021, doi: 10.3390/su13010109.
- [15] M. R. Oswald Beiler and C. Treat, "Integrating GIS and AHP to Prioritize Transportation Infrastructure Using Sustainability Metrics," *J. Infrastruct. Syst.*, vol. 21, no. 3, 2015, doi: 10.1061/(asce)is.1943-555x.0000245.
- [16] M. N. Mladenovic, K. Mangaroska, and M. M. Abbas, "Decision Support System for Planning Traffic Operations Assets," *J. Infrastruct. Syst.*, vol. 23, no. 3, 2017, doi: 10.1061/(asce)is.1943-555x.0000358.
- [17] S. Inti and V. Tandon, "Application of Fuzzy Preference–Analytic Hierarchy Process Logic in Evaluating Sustainability of Transportation Infrastructure Requiring Multicriteria Decision Making," *J. Infrastruct. Syst.*, vol. 23, no. 4, 2017, doi: 10.1061/(asce)is.1943-555x.0000373.
- [18] Y. B. Katpatal and S. Thorat, "Road Infrastructure Development Index for Urban Residential Layouts Using Satellite Images and the Analytical Hierarchy Process," *J. Infrastruct. Syst.*, vol. 28, no. 4, 2022, doi: 10.1061/(asce)is.1943-555x.0000716.
- [19] Ö. Kaya, A. Tortum, K. D. Alemdar, and M. Y. Çodur, "Site selection for EVCS in Istanbul by GIS and multi-criteria decision-making," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 80, p. 102271, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.trd.2020.102271.
- [20] Q. Zhang, H. Yu, Z. Li, G. Zhang, and D. T. Ma, "Assessing potential likelihood and impacts of landslides on transportation network vulnerability," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 82, 2020, doi: 10.1016/j.trd.2020.102304.
- [21] E. Broniewicz and K. Ogrodnik, "Multi-criteria analysis of transport infrastructure projects," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 83, 2020, doi: 10.1016/j.trd.2020.102351.
- [22] P. Fabianek and R. Madlener, "Multi-Criteria assessment of the user experience at E-Vehicle charging stations in Germany," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 121, 2023, doi: 10.1016/j.trd.2023.103782.
- [23] M. R. Oswald Beiler and B. Phillips, "Prioritizing Pedestrian Corridors Using Walkability Performance Metrics and Decision Analysis," *J. Urban Plan. Dev.*, vol. 142, no. 1, 2016, doi: 10.1061/(asce)up.1943-5444.0000290.
- [24] E. Özceylan, M. Erbaş, C. Çetinkaya, and M. Kabak, "Analysis of Potential High-Speed Rail Routes: A Case of GIS-Based Multicriteria Evaluation in Turkey," *J. Urban Plan. Dev.*, vol. 147, no. 2, 2021, doi: 10.1061/(asce)up.1943-5444.0000674.
- [25] A. M. Pitale, M. Parida, and S. Sadhukhan, "GIS-MCDM–Based Approach to Determine the Potential Facility Locations for Park-and-Ride Facilities along Transit Corridors," *J. Urban Plan. Dev.*, vol. 148, no. 1, 2022, doi: 10.1061/(asce)up.1943-5444.0000799.
- [26] F. C. M. Pires and F. S. de Carvalho, "Multicriteria analysis of inland waterway transport projects: The case of the Marajó Island waterway project in Brazil," *Transp. Plan. Technol.*, vol. 36, no. 5, 2013, doi: 10.1080/03081060.2013.818273.
- [27] D. Paraskevadakis, A. Bury, J. Ren, and J. Wang, "A services operations performance measurement framework for multimodal logistics gateways in emerging megaregions," *Transp. Plan. Technol.*, vol. 44, no. 1, 2021, doi: 10.1080/03081060.2020.1851451.
- [28] A. Janjić, L. Velimirović, J. Velimirović, and P. Vranić, "Estimating the optimal number and locations of electric vehicle charging stations: the application of multi-criteria p-median methodology," *Transp. Plan. Technol.*, vol. 44, no. 8, 2021, doi: 10.1080/03081060.2021.1992177.
- [29] H. M. Lyu, W. J. Sun, S. L. Shen, and A. Arulrajah, "Flood risk assessment in metro systems of mega-cities using a GIS-based modeling approach," *Sci. Total Environ.*, vol. 626, 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.138.
- [30] H. M. Lyu, W. H. Zhou, S. L. Shen, and A. N. Zhou, "Inundation risk assessment of metro system using AHP and TFN-AHP in Shenzhen," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 56, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2020.102103.
- [31] A. Mardani, E. K. Zavadskas, Z. Khalifah, A. Jusoh, and K. M. D. Nor, "Multiple criteria decision-making techniques in transportation systems: a systematic review of the state of the art literature," *Transport*, vol. 31, no. 3, 2016, doi: 10.3846/16484142.2015.1121517.
- [32] N. Thomopoulos, S. Grant-Muller, and M. R. Tight, "Incorporating equity considerations in transport

infrastructure evaluation: Current practice and a proposed methodology,” *Eval. Program Plann.*, vol. 32, no. 4, 2009, doi: 10.1016/j.evalprogplan.2009.06.013.

[33] W. M. Wey and K. Y. Wu, “Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation,” *Math. Comput. Model.*, vol. 46, no. 7–8, 2007, doi: 10.1016/j.mcm.2007.03.017.