

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ İLE KOCAELİ GENELİ
BİSİKLET PARK İSTASYONU YER SEÇİMİ

TUĞBA DEMİRCAN KUTLUAY

KOCAELİ 2022

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ İLE KOCAELİ GENELİ
BİSİKLET PARK İSTASYONU YER SEÇİMİ

TUĞBA DEMİRCAN KUTLUAY

Doç. Dr. Süleyman EKEN

Danışman, Kocaeli Üniv.

.....

Doç. Dr. Serdar SOLAK

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

.....

Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Şakir DOKUZ

Jüri Üyesi, Niğde Ömer Halis Demir Üniv.

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 06.06.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler tarafından no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....
Tuğba DEMİRCAN KUTLUAY

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayımlanan "***Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge***" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.
- Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....
Tuğba DEMİRCAN KUTLUAY

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, literatür araştırmalarımnda yardımcı olan, bilgi ve tecrübesi ile yardımlarını esirgemeyen değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Süleyman EKEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin uygulama aşamasındaki desteklerinden dolayı Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkür ederim. Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Haziran - 2022

Tuğba DEMİRCAN KUTLUAY



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ.....	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1. AHP'nin Akıllı Şehir Uygulamalarında Kullanımı	5
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı ÇKKV Problemleri	13
3. ÇOK KRİTERLİ BİSİKLET PARK İSTASYONU YER SEÇİMİ SİSTEM MİMARİSİ	21
3.1. AHP	23
3.2. Yoğunluk Haritaları	27
4. DENEYSEL SONUÇLAR.....	29
4.1. Kullanılan Veriler	29
4.2. Test Ortamı Hazırlanması	31
4.3. İlçe Bazlı Haritalar ve Yorumlanması	32
4.4. Kocaeli Büyükşehir Belediyesinin Çalışması İle Karşılaştırılması	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR.....	42
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Karar Analizi Tekniklerinin Sınıflandırılması	23
Şekil 3.2. AHY Yapısının Gösterimi.....	24
Şekil 4.1. Bisiklet Park İstasyonu Yer Seçimi Mimarisi Gösterimi	29
Şekil 4.2. Alt Kriter Puanlaması.....	30
Şekil 4.3. Anaconda Navigator geo_env Çevre Birimi, Genel Arayüz ve Jupiter Notebook Gösterimi	31
Şekil 4.4. ArcGIS 10.7.1 Genel Gösterimi	32
Şekil 4.5. Kriter Matrisi Gösterimi ve Ağırlık Hesabı	33
Şekil 4.6. Nüfus Yoğunluğuna Göre Donatı Alanlarının AHP Analizi	33
Şekil 4.7. Toplu Taşımaya Yakınlığına Göre Donatı Alanlarının AHP Analizi	34
Şekil 4.8. Yeşil Alanlara Yakınlığına Göre AHP Analizi	34
Şekil 4.9. Ana Kriter ile Alt Kriterlerin Matrisel Karşılaştırılma Sonucu	35
Şekil 4.10. Eğitim Alanlarının Yoğunluk Gösterimi.....	36
Şekil 4.11. Eğlence Alanlarının Yoğunluk Gösterimi.....	36
Şekil 4.12. Sağlık Alanlarının Yoğunluk Gösterimi	36
Şekil 4.13. Eğitim Alanlarının İlçe Sınırlarına Göre Bisiklet Yolları İle Kesişiminin Gösterimi.....	37
Şekil 4.14. Eğlence Alanlarının İlçe Sınırlarına Göre Bisiklet Yolları İle Kesişiminin Gösterimi.....	38
Şekil 4.15. Sağlık Alanlarının İlçe Sınırlarına Göre Bisiklet Yolları İle Kesişiminin Gösterimi	38

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1. AHY İkili Karşılaştırma Ölçeğinin Gösterimi	25
Tablo 3.2. İkili Karşılaştırma Matrisi	25
Tablo 4.1. Ana Kriter Puanlaması	30
Tablo 4.2. Ana Kriter – Alt Kriter Sonuç Tablosu	34
Tablo 4.3. Ana Kriter Matrisi Sonucu	35



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AHP	:	Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşik Proses)
AHRM	:	Analitik Hiyerarşik Regresyon Modeli
CBS	:	Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇKKV	:	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi
F-PROMETHEE	:	Fuzzy Preference Ranking Organization Method Enrichment Evaluation (Bulanık Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi Zenginleştirme Değerlendirmesi)
F-TOPSIS	:	Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (Bulanık En Doğru Çözümleme Benzerlik Açısından Sıralama Teoremi)
F-VIKOR	:	Fuzzy Vise Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje (Bulanık Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm)
O-D	:	Origin – Destination (Başlangıç – Bitiş)
TOPSİS	:	En Doğru Çözümleme Benzerlik Açısından Sıralaması

ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ İLE KOCAELİ GENELİ BİSİKLET PARK İSTASYONU YER SEÇİMİ

ÖZET

Dünya genelinde nüfusun giderek artması ile birlikte büyükşehirlere olan göç de hızla artış göstermektedir. Artan nüfus nedeniyle büyükşehirlerde ulaşım zorluğu da paralelinde artmaktadır. Bu yüzden ulaşımı kolaylaştırmak için bisiklet kullanımına olan eğilim arttırılmaya çalışılmaktadır. Dolayısıyla özellikle gelişmekte olan ülkelerde ve gelecek yıllarda daha da artması öngörülmektedir. Bisiklet kullanımını arttırmak ve desteklemek için yeni bisiklet kullanım alanları ve uygulamaları geliştirilmektedir. Bisiklet kullanımına gösterilen yüksek orandaki talep ve istasyon yerlerinin en doğru şekilde seçilmesi, çalışmaların başarısını ve sürdürülebilirliğini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada, Kocaeli ili kent genelinde bisiklet park istasyonu ihtiyacına yönelik en uygun alanların yer seçim kriterleri doğrultusunda tespit edilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı çok kriterli karar verme yöntemi tercih edilmiştir. Yer seçim kriterleri olarak; eğitim tesisi, alışveriş, eğlence/dinlenme, kamu kurumları, ulaşım yapıları, spor tesisleri, sağlık tesisleri, kültürel tesisler ve dini tesisler değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, Python Geopandas, Folium, Numpy kütüphanelerini kullanarak, bir harita üzerinde Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin oluşturduğu donatı alanlarına ait yoğunluk analizi yapıldı. Daha sonra CBS kullanılarak yoğunluk analizlerinin, ilçe sınırları ve bisiklet yolları ile kesişimi gösterildi. Sonrasında ise çok kriterli bir karar verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile yapılan anket sonucu dikkate alınarak bisiklet kullanım alanlarının ihtiyaçları doğrultusunda yer seçim kriterlerine göre öncelik sıralaması uygunlanmıştır. Önerilen yeni bisiklet yolu park istasyonu seçiminde kullanıcının ihtiyacına en uygun, erişilebilir ve ulaşılabilir konumda olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşi Süreci, Bisiklet Park İstasyonu, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Donatı Alanları, Yer Seçimi.

KOCAELİ GENERAL BICYCLE PARKING STATION LOCATION WITH ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

ABSTRACT

With the increasing population around the world, migration to metropolitan cities is also increasing rapidly. Due to the increasing population, the difficulty of transportation in metropolitan cities increases in parallel as well. For this reason, it is tried to increase the tendency to use bicycles to facilitate transportation. Therefore, it is expected to increase even more in developing countries and in the coming years. New bicycle usage areas and applications are being developed to increase and support bicycle use. The high demand for bicycle use and the most accurate selection of station locations greatly affect the success and sustainability of the studies. In this study, Geographical Information System (GIS) based multi-criteria decision making method was preferred in order to determine the most suitable areas for bicycle parking station needs throughout the city of Kocaeli in accordance with the site selection criteria. As the site selection criteria; educational facility, shopping, entertainment/recreation, public institutions, transportation structures, sports facilities, health facilities, cultural facilities and religious facilities were evaluated. In this context, using Python Geopandas, Folium, Numpy libraries, density analysis of reinforcement areas created by Kocaeli Metropolitan Municipality on a map had been made. Then, using the GIS, the intersection of density analyzes with district borders and bicycle paths was shown. Afterwards, the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, which is a multi-criteria decision-making method, and taking into account the survey result, the priority order according to the location selection criteria in line with the needs of the bicycle usage areas was applied. In the selection of the proposed new bike path parking station, it is aimed to be in the most suitable, accessible and accessible location for the user's needs.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, Bicycle Parking Station, Geographic Information Systems, Reinforcement Areas, Site Selection.

1. GİRİŞ

Son yıllarda şehirde yaşayan nüfus tüm dünyada giderek daha fazla artmaktadır. Çevre kirliliği, küresel ısınmanın artması ile ortaya çıkan çölleşme, orman yangınları, biyolojik çeşitlilik kaybı gibi birçok çevresel sorunlar, her geçtiğimiz gün insan yaşamına ve kalkınma sürecine olan etkisini daha fazla hissettirmektedir (Hamurcu ve diğ., 2010). Şehirler; insanların yaşadığı ve bulunduğu, şirketlerin yerleştiği, okulların ve üniversitelerin en çok bulunduğu yerlerdir. Kentlerde ortaya çıkan nüfus artışı ile birlikte çevre ve yaşam koşulları üzerine meydana gelmiş olan olumsuzluklar nedeniyle mücadele edilmeye çalışılmaktadır. Özellikle son dönemlerde bilgi teknolojileri alanında yapılan çalışmaların ve kullanımın artması için kentler daha teknolojik uygulamalar ile donatılmış akıllı, kullanışlı ve verimli uygulamalar ile her geçen gün artma yönünde bir eğilim göstermektedir (Benevolo ve diğ., 2016).

Modern bilgi teknolojileri ile ortaya çıkan akıllı kent tanımı, çevre düzenleme sistemleri, kamu ve kentsel çalışmalar gibi daha kapsamlı bir çerçevede değerlendirilmektedir. Kentsel alanlarda yaşam kalitesini artırarak daha verimli konuma getirmeyi hedef alan akıllı kentlerin önemli ölçütlerinden biride “akıllı mobilite ve hareketlilik” kavramıdır (Lee ve diğ., 2013). Derlenen birçok araştırma ile mevcut kentlerin sahip oldukları ulaşım sistemlerinin sürdürülebilirlik ve ayrıca gelecek jenerasyonlar için de bir tehdit oluşturabileceği ön görülmektedir (Bamwesigye ve diğ., 2019).

Bu sebeple üzerinde çalışılan akıllı mobilite, kentin çevresel boyuttaki olumsuz yan etkilerini indirgemeye ve insanların yaşam kalitesini artıracak daha iyi bir seviyede kent yaşam ortamı ortaya çıkarmayı hedeflemektedir. Akıllı mobilitenin, kent yaşamı için en değerli adımlarından birisi yoğun trafik ve paralelinde doğan kirlilik, zaman ve maliyet kaybı gibi birçok negatif tesirleri azaltmayı ve hatta mümkün oldukça yok etmeyi hedeflediği için akıllı kentlerin en mutlu edici yaklaşımlarından biri olarak değerlendirilmektedir (Benevolo ve diğ., 2016). Literatürde yapılan araştırmalar ile ilk sıralarda yer alan akıllı mobilite amaçları; çevre ve gürültü kirliliği ile trafik yoğunluğunun azaltılması ve güvenlik çemberlerinde iyileştirmelerin yapılması, bir konumdan başka bir konuma gidip gelme süresinin azaltılması, ulaşım harcamalarının azaltılması olarak altı kategoride değerlendirilmiştir (Cerutti ve diğ., 2019). Bu aşamada,

tanımlanan amaçların çoğunu karşılayan bisikletin kent içi ulaşımında tercih edilebilirliğini artırma yönündeki çalışmalar dünya genelinde de artığı görülmektedir. Bu çalışmalardan birisi ise bisiklet paylaşım istasyonlarının kullanımınıdır. Bisiklet paylaşım istasyonları, her bir bisikletin kilitlendiği belirli istasyonlardan oluşmaktadır. Bisiklet istasyonlarının ilk konumları ve boyutları veya mevcut bir sistemin nasıl genişletileceği ile ilgili karar süreçleri istasyonların eklenmesi veya mevcut istasyon konfigürasyonlarının değiştirilmesi çok önemlidir (Efthymiou ve diğ., 2012). Ancak, uygun istasyon konumlarına sahip verimli bir bisiklet paylaşım sistemi geliştirmek zorlu bir çalışmadır. Başarılı bir bisiklet paylaşım ağı oluşturmak için bisiklet paylaşım ağı içindeki ilgili istasyonların konumları, bunların uygun merkezlerde seçimi, toplu taşımaya konumları ve buna benzer faktörlerin kullanıcılarla olan ilişkileri dikkate alınmalıdır.

Hollanda-Amsterdam bölgesinde ilk bisiklet paylaşım sistemlerinin çalışması 1965 yılına dayanmaktadır. O zamandan itibaren bisiklet paylaşım sistemlerinin çeşitli uygulamaları sunulmuştur (Kabak ve diğ., 2018). Bir bisiklet paylaşım sistemi, her biri belirli sayıda park yeri olan ve bir coğrafi bölgeye dağılmış bir dizi kiralama istasyonundan oluşur. Kullanıcılar istedikleri bir istasyondan mevcuttaki bisikletleri kiralayabilir ve ücretsiz park yeri olan herhangi bir istasyona iadesini sağlayabilirler .

Spesifik olarak, bisiklet istasyonu yer seçimi için iki büyük zorluk vardır. İlk konu, çevredeki insan aktivitelerinin, bisiklet talebine yansıyan mekansal bilgileriyle ilgilidir. İlk zorluğu çözümlenebilmek için, çevredeki ortamın coğrafi bilgisi ve istasyon ağ yapısı gereklidir. İkincisi, çevredeki ortamın nitelikleridir. Ayrıca bisiklet paylaşım sistemleri sahip oldukları nitelikler arasında tek tip önem derecelerine veya etkiye sahip değildir (Kabak ve diğ., 2018). Örneğin, bazı çalışmalarda nüfus yoğunluğu, eğitim tesisine olan konumu en anlamlı kriterken, bazı çalışmalarda ise alışveriş ve sağlık tesisine olan konumu en anlamlı kriterleri oluşturmaktadır. Bu nedenle, bisiklet paylaşım sistemlerinin faydaları ve değerlendirme kriterleri uygulandıkları şehirlere göre genelde farklılık göstermektedir. Dolayısıyla bisiklet paylaşım istasyonlarının konumlarını belirlerken detaylı çalışma yapılmalıdır.

Bu yüzden çalışmamızda öncelikle bisiklet paylaşım sistemlerini etkileyen kriterler belirlenmiştir. Kocaeli ilinin genel durumu incelenmiş ve incelemeler doğrultusunda ana kriter ve alt kriter olarak iki başlık altında değerlendirilmiştir. Ana kriterler olarak; nüfus

yoğunluğu, toplu taşımaya yakınlık ve yeşil alanlara yakınlık olarak üç ana kriter belirlenmiştir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin yapmış olduğu anket çalışmasındaki donatı alanları ise alt kriter olarak belirlenmiştir. Yapılan anket çalışmasında bu kriterler; eğitim tesisi, eğlence/eğlendirme, spor tesisleri, kültürel tesisler, alışveriş, kamu kurumları, ulaşım yapıları, sağlık tesisleri ve dini tesisler olarak yer almaktadır. Kocaeli ili; topoğrafya, kent içi mesafeler ve ulaşım ağı açısından bisiklet kullanımı için oldukça uygun yerleşkelerden biridir. Dolayısıyla çalışmamızda, Kocaeli ili genelinde bisiklet paylaşım istasyonlarının sayısının artırılması ve kullanıcılar için aşağıdaki faydaların oluşturulması amaçlanmıştır: Bisikletin Kocaeli genelinde kısa mesafelerde ulaşım için uygun olması,

- Bisiklet kullanım seyahatinden mutlu olunması ve kullanıcıların fiziksel, zihinsel ve ruhsal sağlıklarına katkı sağlayabileceğinin düşünülmesi,
- Özellikle şehir merkezlerinde otopark probleminin azalması ve araç park yeri probleminin iyileştirilmesi ve bu sebepten dolayı evlerin önünün otopark yerine daha verimli ve sosyal açıdan daha kullanışlı olacak şekilde değerlendirilmesinin sağlanması,
- Ekolojik boyutta genel anlamda gürültü ve kirliliğin azalması,
- Yeşil alanların sayısının artması ve yaşam kalitesinin artırılması ile daha yaşanılabilir bir konuma gelmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır (Chan ve diğ., 2003).

Çalışmada, Kocaeli ilinin bisiklet rotaları tespit edilerek uygun bisiklet park istasyonları yerlerinin tayin edilmesi amaçlanmıştır. Böylece yeni kurulabilecek olan bisiklet park istasyonları ile birlikte bireysel bisikletlere gerek kalmadan, Kocaeli ili ve çevresinde ulaşım aracı olarak bisiklet kullanılabilir.

Bu sayede, çalışma dahilinde ilk aşamada olası bisiklet rotaları oluşturulmuştur. Ayrıca farklı kaynaklardan elde edilen verilerin analiz edilmesini zorunlu kılan bisiklet paylaşım istasyonları, yer seçimini belirlemek ve coğrafi değerleri değerlendirmek için CBS ve çok kriterli karar verme yöntemi olan AHP ile birlikte kullanılmıştır. Bu kısımda, elde edilmiş olan sayısal verilerin haritalar üzerinde görsel hale getirilmesinde destek olması için CBS kullanılırken çok kriterli karar verme yöntemi ile kriterler dikkate alınarak öncelikleri ve

sıralama istasyonlarını atamak için AHP ve CBS sonuçları birleştirilerek değerlendirilmiştir.

Tez, giriş bölümünün ardından dört bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde, konu ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. İkinci bölümde, çok kriterli bisiklet park istasyonu yer seçimi sistem mimarisinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, deneysel sonuçlarda kullanılan veriler, test ortamı, ilçe bazlı haritaların yorumlanması ile bisiklet rotalarının ve bisiklet paylaşım istasyonları için en doğru konumların belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen analizler ve değerlendirmelerden bahsedilmiştir. Son olarak dördüncü bölümde ise analiz değerlendirmelerinin sonuçları ve gelecek çalışmalar anlatılmıştır.



2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde AHP'nin akıllı şehir uygulamaları ve CBS'ye dayalı ÇKKV yönteminin uygulama alanlarına değinilmiştir.

2.1. AHP'nin Akıllı Şehir Uygulamalarında Kullanımı

AHP; karar analizi problemleri için hedef, kriterler, alt kriterler ve alternatifler şeklinde uygun bir hiyerarşik sıralama halinde modelleme yapan ayrıca aynı zamanda nitel ve nicel değişkenleri değerlendirebilen matematiksel bir yöntem olarak uygulanmaktadır. AHP yöntemi 1970'li yıllardan günümüze kadar hayatımızın birçok noktasında kullanılmaktadır. Literatürde AHP yönteminin akıllı şehir uygulamalarında kullanılması ile ilgili olarak; akıllı ulaşım, akıllı şehir özellikleri, akıllı raylı sistemler, en uygun yer seçimine karşı uygulamalar, tedarikçi belirleme, sürdürülebilir ulaşım ve yatırım kararları gibi farklı birçok açıdan yapılmış çalışma bulunmaktadır.

Akıllı şehir özelliklerinin seçimine yönelik literatür çalışmaları incelendiğinde; Dae-Bong ve arkadaşları (Kim ve diğ., 2003). Güney Kore'de yapmış oldukları çalışmalarında, Birleşmiş Milletler araştırmalarının baz alındığı modern şehirlerin birbirine bağlı vatandaşlardan, şirketlerden, çeşitli ulaşım ve telekomünikasyon ağlarından oluştuğunu belirtmiştir. Güney Kore'de mevcut şehirlerin çoğu akıllı şehirlere dönüşmeye hazırlanıyor. Planlanan akıllı şehirlerin aksine, mevcut şehirlerin akıllı hale getirilmesi konusundaki en önemli sorun, büyük finansal girdilere ihtiyaç duyulmasına rağmen, altyapı gibi çeşitli akıllı unsurların oluşturulması gerektiğinden bütçenin sınırlı olmasıdır. Bu nedenle tüketiciler tarafından tercih edilen yüksek verimli akıllı elemanların sırayla uygulanması gerekmektedir. Bu farkındalıktan hareketle yapmış oldukları bu çalışma, çok kriterli hiyerarşik bir karar verme aracı olan AHP'yi kullanarak akıllı şehirlerde yaşamak isteyen tüketiciler tarafından tercih edilen akıllı unsurları ortaya çıkarmayı ve ardından kentsel akıllı şehirleri uygulamak için verimli yollar önermeyi amaçlamaktadır.

Ozarpa ve arkadaşları Karabük'te yapmış oldukları çalışmalarında, ulaşımında sıklıkla kullanılan raylı sistemlerin, toplumlar üzerinde büyük ölçüde ekonomik ve sosyal bir alana sahip olduğunu belirtmişlerdir. Dijitalleşme yönünde fırsat bulan diğer alanlar gibi,

raylı ulaşım sistemleri de akıllı sistemlerin kullanımına olanak sağlamakta ve gelişiminin hızlı bir ivmeyle artmasını desteklemektedir. Raylı sistemlerin uygulama alanları içerisinde raylı istasyonlar, demiryolu hatları, kullanım ekipmanları ve merkezi bir sistem üzerinden yönetilmesi yer almaktadır. Uygulanan bu çalışma ile akıllı raylı sistemlerde kullanılan kritik alt sistemler AHP yöntemi ile önceliklendirme seviyeleri üzerinde gerekli çalışmalar yapılarak kritiklik analiz değerlendirmeleri uygulanmıştır. Analizler yapılırken, beş ayrı uzman görüşü ön planda bulundurularak sıralamalar uzmanların vermiş olduğu puanlara göre baz alınmıştır. Uygulanan kritiklik analizlerine göre önem dereceleri seviyelendirilmiştir. Elde edilmiş olan sonuçlara göre, önem öncelikleri %26,65 ile sinyalizasyon sistemleri, %23,47 ile makas sistemleri olarak hesaplanmıştır. Dijital gelişmelerden elde edilen sonuçlara göre akıllı raylı sistemlerin bilgi güvenliği açısından dolayı siber güvenlik sistemlerine erişim sağlanarak herhangi bir saldırıya maruz kalması olası bir durum olarak değerlendirilmiştir. Bu tehditler dolayısı ile sistemlerde siber güvenlik açısından gerekli çalışmaların uygulanması artık zorunlu bir durum olarak belirtilmiştir. Bu kapsamda, akıllı raylı sistemlerde alt sistem kritik önem değerlendirmesi ve risk analizlerine göre değerlendirmelerin yapılması amaçlanmıştır (Ozarpa ve diğ., 2021).

İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolojileri A.Ş. (İSBAK) firmasında yapmış olduğu çalışmada, merkezi kamera ile kontrol(CCTV) uygulamalarında kullanılan kameraların 5 farklı üretici firma üzerinden tedarik edildiği belirtilmiştir. Tedarik süreci boyunca yaşanan aksaklıklar, artan maliyetler ve teknik destek konusunda karşılaşılan sorunlar dolayısıyla ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemini kullanarak “en uygun tedarikçi seçimi” uygulanması hedeflemiştir.

Kamu kurumları özel işletme yeri olmadığı gibi kar amacı olmayan yerlerde olduğu için en az maliyet ile en kaliteli ürün sağlama gibi bir düşüncesi olmadığı görülmektedir. Ayrıca kamu kurumları tüm ihtiyaçlarını kamu kaynaklarını kullanarak karşıladığından, bu doğrultuda en az maliyetle en kaliteli ürünün tedarik edilmiş olması bu kurumlarda, işletmelerden ziyade daha çok tercih edilen bir durumdur. Bu sebeple, bu çalışmada kullanılan AHP yöntemiyle birlikte kamu kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması hedeflenmiştir.

Kamu kuruluşlarında yürütülen satın alma sürecinin, gelişmekte olan tedarik zinciri yönetimi sistemi ile birlikte tedarikçi seçiminde fiyat dışındaki faktörlerin değerlendirilebileceği bir karar sistemini sunmak amaçlanmıştır. Kamu kuruluşlarında yürütülen satın alma sürecinin ekonomik açıdan en uygun teklif dahilinde ilerletiliyor olması yönetimin ihtiyaçlarının tamamını karşılayamıyor olması dolayısıyla kamu kaynağının efektif bir şekilde kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Mevcut tedarik zinciri yönetimi anlayışının müşteri ihtiyaçlarını karşılayabiliyor olması açısından değerlendirildiğinde fiyat dışındaki faktörlerin satın alma sürecinde fiyat faktörlerinden daha önemli olduğu görülmüştür. Yapılan incelemeler doğrultusunda bu çalışmada fiyat dışında kullanılan tedarikçi seçim kriterleri analiz edilerek kamu satın alma süreçlerinde kullanılacak bir karar mekanizması oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmanın, kamu satın alma süreçlerinde, gereksinim sahibinin talepleri göz önünde bulundurularak tedarikçi seçim sürecinin gerçekleştirebilmesi açısından büyük ölçüde katkı sağlayacağı öngörülmektedir (Oğuz, 2019).

Rana ve arkadaşları (Rana ve diğ., 2018). akıllı şehirlerin gelişimindeki engelleri belirlemek üzere yaptıkları bu çalışmada, engellerin kategorilerini belirlemek için engelleri önceliklendirirler. Bu çalışma ile, otuz bir adet engel belirlenmiştir. Bu araştırmada AHP tekniği kullanılmıştır. Akıllı şehir gelişimindeki en önemli engeller; ekonomi, teknoloji, sosyal etkenler, çevresel etkenler, yasal konular ve etik olmuştur. Bu çalışma ile, akıllı şehirlerdeki potansiyel engelleri ortadan kaldırmak için politikacılara ve hükümete yararlı olmak amaçlanmıştır. Bu çalışmayı insan yaptığı için önyargı ortaya çıkmaması açısından AHP tekniği uygulanmıştır.

Alkılıç ve arkadaşları, Balıkesir Üniversitesi kapsamında uygulanan bisiklet istasyonlarının belirlenmesi çalışmasında, Balıkesir Üniversitesi Çağış Kampüsü'nde yer alan bisiklet rotaları boyunca bisiklet park istasyonlarının konumlandırmasını en doğru şekilde tespit etmek için CBS tabanlı olan çok kriterli bir karar verme yöntemi önermişlerdir. Bu doğrultuda ilk olarak, coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılarak kampüs içerisinde bulunan bisiklet rotaları tespit edilmiştir. Daha sonraki aşamada ise CBS ve çok kriterli bir karar verme yöntemi olan AHP ile birlikte değerlendirilerek kampüste bulunan öğrenci ve personelin kullanımına göre en doğru bisiklet park istasyonlarının belirlenmesi üzerine gerekli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar

ile bisiklet park istasyonları çevresel ve sosyal yönlerden kampüsün daha kullanışlı ve verimliliği artmış bir alana dönüştürülmesi, öğrenci ve personele de fiziksel ve ruhsal yönlerden daha sağlıklı bir ortam sağlanması amaçlanmıştır. Çağış Kampüsü'nde yapılan değerlendirmeler doğrultusunda, tercih edilen yöntemin en doğru bisiklet park istasyonu yerlerinin tespit edilmesi için verimlilik artışına destek olduğu ve kampüste yer alan öğrencilere, personellere daha aktif ve çevre dostu olan bir ulaşım olanağı sunduğu görülmüştür.

Bu çalışma sayesinde uygulanacak olan bisiklet park istasyonu ile birlikte bireysel bisikletlere gerek olmaksızın, üniversite öğrencileri ve personelleri kampüs içinde ulaşımını bisiklet ile sağlayabileceklerdir. Kampüs içerisinde ana ulaşım ağı olarak bisikletin kullanılıyor olması ile daha keyifli ve rahat bir ulaşım ağına erişilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda yaşam kalitesi artırılarak sürdürülebilir bir ulaşım ağı yaratılması planlanmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda, ilk olarak olası bisiklet rotaları belirlenmiş ve elde edilen farklı verilerin analiz edilmesi ile bisiklet park istasyonu yer seçimi uygulaması olarak CBS ve ÇKKV yöntemleri birlikte uygulanmıştır.

Bu doğrultuda CBS sayısal verilerin haritalar üzerinde uygulanması ile haritalar üzerinde elde edilen görsel gösterim haline getirilmesinde kullanılırken çok kriterli karar verme yöntemleri ise nitel verilerin büyük oranda yer aldığı karar verme işlemlerinde yardımcı olması adına kullanılmaktadır. Bisiklet park istasyonu yer seçimi için iki ana problem belirlenmiştir. Bunlardan birincisi bisiklet talebini içeren o bölgede yaşayanların aktivitelerini kapsayan mekânsal bilgilerdir. Bu doğrultuda, çevrenin ve istasyon ağ yapısının tavsiye edileceği yerin coğrafi bilgilerini içermelidir ve çalışmada CBS yönteminden faydalanılmıştır. İkincisi ise çevre özelliklerinin bisiklet park istasyonları arasındaki önem derecesi aynı ölçüde değildir. Bu çalışma ile ilk olarak tanımlanan unsur, kampüste bisiklet kullanımına etki yaratacak kriterlerin belirlenmesi şeklinde tanımlanmıştır. Ayrıca bu kriterler için ilişkili analiz veriler derlenmiştir. ÇKKV yöntemi olan AHP ile tanımlanan kriterlerin ağırlıklandırması gerçekleştirilerek, belirlenen istasyonların yerleşimine göre etkileri farklı sınıfta değerlendirilmiştir. Sonraki adımda ise tekrar CBS yöntemi ile bu kriterler ayrı şekilde görsel halde birleştirilerek haritaları meydana getirilmiş ve bu haritalar bir araya getirilerek bisiklet park istasyonları için bir uygunluk haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu haritada en uygun park istasyonu

yerlerine alternatif park istasyon noktaları belirlenmiş ve bu noktaların objektif bir şekilde değerlendirilebilmesini sağlayabilmek amacıyla AHP yöntemiyle ele alınmıştır.

CBS yöntemi ile bisiklet paylaşım istasyonu yerlerinin uygunluk haritasını oluşturmak için AHP tekniğinde belirlenen kriter ağırlandırmadan faydalanılmıştır. Bu uygulamada çevresel verilerin bisiklet park istasyonu seçimi üzerindeki etkilerini gözlemleyebilmek amacıyla ArcGIS Pro programı tercih edilmiştir. ArcGIS Pro programında ilk aşamada kullanıcıların akış diyagramına göre başlangıç ve varış noktaları tespit edilerek O-D matrisi oluşturulmuştur.

Bu uygulamada, konum adlandırmaları şu şekilde belirtilmiştir: öğrenci, öğretim üyesi ve personellerin bulunmuş oldukları binalar ve yurt binaları “başlangıç noktası”, üniversite kullanıcıları için hizmet açık olan alanlar ise “varış noktası ” olarak ele alınmıştır. Bu diyagram sayesinde kullanım yoğunluğu olarak en fazla olan hat güzergahının tespit edilmesi ile bisiklet rotaları tanımlanmıştır. Elde edilmiş olan kriter verileri ise ArcGIS Pro programına veri girişi yapılarak kriter haritaları meydana getirilmiş ve görsel halde oluşturulmuştur. Bir sonraki adımda da, AHP ile karşılaştırılan kriter ağırlıkları doğrultusunda uygunluk haritası meydana getirilmiş ve bu haritaya göre alternatif bisiklet park istasyonları tanımlanmıştır. Tespit edilen alternatif istasyon noktaları AHP ile analiz edilerek en doğru noktaların belirlenilmesi üzerine değinilmiştir. AHP yöntemi CBS ile birlikte göz önünde değerlendirilerek pek çok alanda etkili karar verme yöntemi olarak ele alınmaktadır. Bu çalışmada ise bisiklet park yerini belirlemek için bu yöntemlerin birlikte uygulanabileceği karar verme problemlerinde verimli sonuç sunacağı düşünülmektedir (Alkılınç ve diğ., 2021).

Zapolskyte ve arkadaşları, Akıllı şehir değerlendirme kriterlerini belirleme çalışmasında, kentsel hareketlilik sistemlerinin “akıllılık” düzeylerinin karşılaştırılması için bir çerçeve önerilmiştir. Araştırmada kullanılan akıllılık düzeyinin anlamlılığını değerlendirmek için ÇKKV yöntemi olan AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, öznel kriterlerin ağırlıklandırılmasını uzman yargısına dayandırır. Uzman görüşlerinin tutarlılığını belirlemek için sıra korelasyonu kullanılır. Bireysel şehirlerin akıllı mobilite sistemlerini ve altyapılarını karşılaştırmak için bir model geliştirmişlerdir (Zapolskyte ve diğ., 2020).

Süt ve arkadaşları, ring araçlarının seçimi için yaptıkları bir karar verme süreç analizi çalışmasında, yeşil ulaşım alanları değerlendirilmiş ve kampüs için ulaşım aracı olarak çevre dostu araçların kullanımı tavsiye edilerek farklı nitelikleri ile öncelik oluşturan üç alternatif yakıtlı araç arasından AHP ve TOPSIS yöntemleri ile seçim uygulanmıştır. Bu çalışmada Kırıkkale Üniversitesi kampüsünde çevreye karşı daha hasas en uygun ring araçlarının seçimi tercih edilerek analiz edilmiştir. Değerlendirmede özellikle ön planda olan bazı kriterler belirlenmiştir. Bunlar; motorun teknik özelliği bakımından (yakıt tedariki, tırmanma kabiliyeti, motor gücü), donanım (kapasite, konfor, şarj/hizmet süresi), dış görünümü, enerji tasarufu, hareket kabiliyetindeki esneklik, maliyet analizi ve çevreye olan etkisi açısından kriterler ele alınmıştır

Son dönemde yapılan araştırmalarda çok kriterli karar verme yöntemleri çok sık kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP kullanılarak ağırlıklar tespit edilmiş ve sonrasında ise TOPSIS yöntemi uygulanarak seçime karar verilmiştir. Yeşil ulaşımı ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için çevre dostu ve engelsiz ulaşımın artırılması yönündeki çalışmaların ivmelenmesi önerilmiştir. Gelecek uygulamalarda AHP yönteminden daha ileri bir şekli olan ve kriterler arasındaki ilişkiyi önem veren analitik ağ süreci (AAS) yöntemiyle de problemlerin çözüme kavuşabileceği belirtilmiştir (Süt ve diğ., 2019).

Vatandaş odaklı kentsel dönüşüm aracı olarak akıllı şehirlerin ön değerlendirilmesi ve uygulanması çalışmasında, eski kentsel mekânları yeniden canlandırmaya ve akıllı şehir sistemlerini tanıtmaya yönelik projeleri araştırıyor. Vatandaş bakış açısına ve vatandaş merkezli akıllı bir şehir inşa etme yollarına odaklanıyor. Güney Kore'nin ilgili projelerinin uygulandığı üç şehirde 624 sakinin katılımı ile bir anket yapıldı. Vatandaşların akıllı şehir projelerine yönelik genel tercihlerini hangi faktörlerin etkilediğini öğrenmek için AHRM kullanıldı. Analizde, vatandaşların günlük yaşamlarıyla yakından bağlantılı hizmetleri tercih ettikleri, konut koşulları ve güvenlik açısından yaşam kalitesi düşük olanların, şehirler arasında farklılıklar olsa da akıllı şehir projelerine daha fazla ilgi gösterdiği ortaya çıktı. Ayrıca bu projeleri, belirli teknolojiler veya cihazlar aramak yerine, günlük sorunları çözenin ve yerel ekonomik kalkınmanın bir yolu olarak görüyor ve tercih ediyorlar. Bu araştırma, kentsel dönüşüm planlarını akıllı

şehir projelerine bağlamak için çıkarımlar ve öneriler sunmaktadır. Bu çalışmada AHP tekniği; mevcut eski şehirlerde akıllı şehir projeleri için kilit unsurların önemini anlamak için akıllı şehir teknolojilerinin, tesislerinin ve hizmetlerinin önemini değerlendirmek için yapılmıştır. Bu araştırma, kısmen eski şehirlerde ikamet eden vatandaşların akıllı şehir işletmelerinin yaşam koşullarını iyileştirmelerine ve güvenli alan sağlamalarına yardımcı olmasını hedeflemiştir (Oh, 2020).

Hamurcu ve Eren yapmış oldukları araç yeri seçimi çalışmasında, ulaştırma sistemlerinde matematiksel programlama yöntemleri ve çok kriterli karar verme yöntemlerini içeren konuları güncel uygulamalarında kullanmıştır. Özellikler genel olarak bu uygulamalarda optimizasyon ve çok kriterli karar verme yöntemleri ile ele alınmış ve sürdürülebilir şehirler oluşturmak amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada ulaşım planlamasına da değinilerek ulaşım planlamasında kritik açıdan önemli olan problemler değerlendirilmiştir. Bu problemler ise araç seçimi, proje seçimi yer seçimi problemleridir.

Çalışmanın diğer bölümlerinde ise matematiksel model ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden de bahsedilmiştir. Araç seçimi hakkında 4 farklı uygulama yapılmıştır bunlar sırasıyla; kent içersindeki ulaşım sorununun geliştirilmesi için araç seçimi, çevre dostu olan ulaşım otobüslerinin seçimi ve elektrikli arabaların seçimidir. Yeşil ulaşımında kullanılmak üzere belirlenen toplu ulaşım araçlarının seçimi için sıralama yöntemi uygulanmıştır. Kent ulaşımının iyileştirilmesi için uygulanan elektrikli otobüs seçiminde ise AHP ve TOPSIS yöntemleri uygulanmıştır. Özellikle çevresel sürdürülebilirlik ile kentsel hava kalitesinin iyileştirilmesi için çeşitli otomobil teknolojik uygulamaları arasından ÇKKV ve hedef programlama ile seçimler tercih edilerek çıktılar oluşturulmuştur. Ayrıca raylı sistem projelerinin belirlenmesi, şehirler arası yüksek hızlı ve hızlı demiryolu projelerinin seçimi için AHP, analitik ağ sürecinden faydalanılmıştır (Hamurcu ve Eren, 2017).

Erdem ve Araz , toplu ulaşım sistemlerinde uygulanması düşünülen yatırım projelerinin veri madenciliği teorisiyle çalışılması hedefli oluşturdukları projede, akıllı kentleşme, yapılan en yeni çalışmalarda bile tüm ülkede ve tüm dünyada değer kazanan bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeni ve iyi dizayn edilmiş yaşanılacak yerler ortaya çıkartarak ve tüm hayata önem katan illeri daha fazla oluşturmak amacıyla şehirlerin akıllı hale getirilmesi ile ilgili projeler çok fazla artmış ve ivmelenmiştir. Genelde illerde

yapılan bu tarz çalışmalar ile birlikte sosyal olanakların çok fazla olduğu ortamlar ve ilgili fırsatlar da artmaktadır. Her bir birey tüm oluşturulan bu tip imkan ve olanaklardan kendini geliştirme hakkına sahiptir ve sosyal hayat içerisinde kendi yaşamlarını ilerletebilmektedirler. Her bir engelli vatandaş için her türlü sosyal yaşantısını yaşayabilmesi, ve tüm bu sosyal yaşantı alanlarının genişletilmesi ve yaşamlarında herhangi bir engel yokmuş gibi kolaylıkların sağlanması, engelsiz bir yaşam oluşturabilme ve oluşturulabilir çevre şartları ise her bir engelli bireyin özellikleri göz önünde bulundurularak oluşturulmalıdır. Geliştirilen bu projede, İzmir’de yer alan toplu taşıma olanaklarının ve rahat bir ortamın artırılmasına yönelik oluşturulması projelendirilmiş teknolojik alandaki yatırımların, tam olarak hangi durak ve ilgili rotasına ve kaç numara otobüs için yapılması gerektiği, akıllı şehir projelerinden ve veri madenciliği çalışmalarından yararlanılarak oluşturulmuştur. Otobüs hatlarında kullanılan ulaşım kartlarından oluşturulan tüm veriler, analiz edilerek engelli her bir yolcunun kullandığı otobüs numaraları ve rotaları, özellikleri önceden ortaya koyularak 3 sınıfa ayrılmıştır. Yapılması düşünülen projelerin miktarına da dikkat edilerek projelerin oluşturulacağı hatlar ve rotalar, bu nitelikler ışığında ortaya çıkarılmıştır. Bu yöntem ile birlikte veriyi ağırlıklandırma methoduna göre analiz edilebilen AHP tekniği kullanılmış ve ABC sıralaması kullanılmış ve ilgili kurumun diğer tüm çalışmalarında da bu yöntemlerin kullanılabileceği ortaya konulmuştur. İzmir ilinde yaşamını sürdüren engelli bireylerin, ESHOT Genel Müdürlüğü’ne ait toplu taşıma otobüsleri ile gerçekleştirecekleri ulaşımı engelsiz hale getirmek, ulaşım konforlarını ve erişebilirlik imkânlarını artırmak amacıyla 100 adet otobüse dış hoparlör sistemi takılması ve 900 adet otobüs içerisine, hem sesli hem görsel uyarı yapan akıllı bilgilendirme ekranı takılması, ilaveten 500 adet durağa da hem sesli hem görsel uyarı yapan akıllı bilgilendirme ekranı yatırımı yapılması planlanmaktadır. Dış hoparlör sistemi öncelikli olarak görme engelli yolculara, akıllı bilgilendirme ekranı ise öncelikli olarak görme ve/ veya işitme engelli yolculara kolaylık sağlayacaktır. Yatırımların en fazla sayıda engelli yolcuya fayda sağlayabilmesi için belirtilen akıllı sistemlerin yerleştirileceği otobüs hattı ve durakların seçilmesi kritik önem taşımaktadır. Bu çalışmada, şehir içi toplu taşıma hizmeti veren bir kamu kuruluşunun akıllı kartlardan elde ettiği büyük veri tabanı kullanılarak, engelli bireylerin yararına olması planlanan yatırımların hangi otobüs hattı ve hangi bölgelere yapılacağı kararı, veri madenciliği, AHP çok kriterli karar verme ve ABC analizi

yöntemleriyle desteklenmiştir. Veri madenciliği uygulaması ile hat ve duraklar kümelerine ayrılmış, AHP yöntemi ile kümelerin birbirine göre üstünlük sıralaması yapılmış ve ABC analizi ile kümelerin nitelikleri belirlenerek yatırım dağılımı gerçekleştirilmiştir (Erdem ve Araz, 2021).

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı ÇKKV Problemleri

Gümüş ve arkadaşları, Niğde iline yapılacak bir alışveriş merkezinin inşa edileceği yerin seçilmesinde CBS uygulamalarından ÇKKV yöntemi ile, farklılaşan hayat koşulları ve teknolojik yenilikler ile birlikte tüketim de oluşan değişiklikler, alışveriş merkezlerinin daha fazla piyasa da yer edindiğini belirtmiştir.

AVM'ler ile ilgili çok farklı türde literatür çalışmaları varken karar veren kişiler tarafından en önemli adımlardan bir tanesi olan kuruluş konumunun belirlenmesine yönelik mekânsal incelemeler çok kısıtlıdır. Karar veren kişiler, her kriteri en ince ayrıntısına kadar inceleyerek en doğru konuma ulaşmak için birçok farklı seçeneği göz önünde bulundurmalıdır. Bu uygulamada, ÇKKV yöntemlerinden AHP kullanılarak CBS kapsamında iç anadolu bölgesinde yer alan orta ölçekli büyüklükte il olan Niğde'ye kurulması planlanan en doğru AVM lokasyonunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Gerçekleştirilen bu projede, konum belirleme çalışmalarında kullanılan inovatif yöntemler ile karar veren kişilere yol gösterici nitelikte olması açısından önem arz etmektedir. Konum belirleme çalışmalarının yapılmasında ÇKKV yöntemi incelemelerin efektif, hızlı ve daha doğru bir metodla uygulanması için yapılmıştır.

Bu çalışma iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda kuruluş lokasyonu problemine ait daha eski yapılan projeler incelenmiş, AVM konum belirlenmesi ile ilgili problemler ve diğer ana ve alt kriter kısımları tanımlanarak bir hiyerarşik sistem haline getirilmiştir. İkinci kısımda ise, bu kriter kısımları ağırlıklandırılarak doğru önem kat sayılarının tanımlanması amacı ile uzman kişilerin yorumları ortaya konulmuştur. Uzman kişilerin yorumları akabinde ortaya çıkan tespitler, Expert Choice programında ağırlıklandırılıp ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Akabinde CBS aracılığı ile yerel analizler yapılarak Niğde merkez sınırları içerisindeki en uygun AVM lokasyon yer belirleme işlemi tamamlanmıştır (Gümüş ve arkadaşları, 2011)

Alkan ve Akyol, CBS ve ÇKKV yöntemi ile mahallelerin lokasyon doğruluğunun belirlenmesinde Denizli ili incelenmiştir. Bu inceleme kapsamında Denizli Belediyesi sorumluluk alanı dahilindeki alanın jeoteknik açıdan yerleşim alanına uygunluğu incelenmiş ve inceleme alanı “çok uygun” ile “hiç uygun değil” arasında değişime ayrılan beş ayrı grup üzerinden değerlendirilmiştir. Bu ayrıştırma yapılırken laboratuvar ve arazide ortaya çıkan farklı jeoteknik koşullar değerlendirilmiştir. Çalışmada ÇKKV methodlarından bir tanesi olan ağırlıklandırılmış puanlama yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonunda ortaya çıkartan kriterler veya koşullar ortaya koyulduktan sonra önem sıralamasına göre birbirleri ile kendi arasında karşılaştırılmıştır. Bunun için hepsi ayrı ayrı, kriterin veya koşulun bir diğeri ile karşılaştırıldığı kıyaslama matrisi oluşturulmuştur. Her bir kriterin veya koşulun diğeri bazında önemine göre özvektör değerleri ve doğrulukları hesaplanarak belirlenmiştir. Elde edilen değerlerin lokasyonel özelliklerine göre gösterimlerinde ve analizlerinde CBS yöntemi uygulanmıştır (Alkan ve Akyol, 2015)

Uyan ve Yalпыr, tıbbi atıkların toplandığı ve sterilize edildiği tesislerin kurulacağı alanın doğru ve tutarlı olabilmesi için ÇKKV modeli kullanılmıştır. Bu tesislerinin yer tespiti çalışmalarında, toprak ana bilimi, mühendislik, hidrojeoloji, jeoteknik, deprem, topografya, arazi kullanımı, sosyoloji ve ekonomi vb. gibi çeşitli sosyal ve çevresel alanlarda önemli uzmanlıklar gerektiren yönetimi incelemişlerdir. Şehirselle ve bölgesel yapılan tüm planlama çalışmalarında, arazilerin uygunluk harita çalışmalarında, ve yapılacak yatırımlar için doğru lokasyonun belirlenmesinde çok geniş bir çalışma alanı ve yararlanma durumu ÇKKV yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. CBS büyümesi ile beraberinde çeşitli ÇKKV yöntemleri mekansal ölçeklerde de uygulanmıştır. Bu proje çalışmasında, Konya ili sınırları içerisinde yer alması planlanan tıbbi atıkların sterilize edildiği tesisin lokasyonunu belirlemek için ÇKKV yöntemleri ile CBS'nin ortak çalıştırılmasıyla tamamlanmıştır. Doğruluk haritası eşit aralık belirleme yöntemi ile “az uygun”, “uygun”, ve “çok uygun” olarak üç farklı bölüme göre sınıflandırılmıştır. İncelemelerin sonucunda projeden çıkan sonuçlar doğrultusunda tıbbi atık sterilizasyon tesisleri için çalışma alanlarının % 62.50'si düşük uygun, % 10.93'ü uygun ve % 26.57'si çok uygun alanlar olarak çıkmıştır. Tıbbi atık tesisinin kurulacağı lokasyonun seçiminde ortaya koyulan kriterler ArcGIS programı ile derlenmiş ve mekansal analiz haritaları üzerinde gösterilmiştir. Belirlenen her bir kriter ve alt

kriterlerin ağırlıkları ise Excel programı üzerinde AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Hesaplamalar sırasında altı ana kriter ve yirmi dokuz alt kriterlere göre değerlendirilmiştir. Tüm ana kriterler ve alt kriterlerin tamamı AHP yöntemi ile ağırlıklandırılarak hesaplanmıştır (Uyan ve Yalıpır, 2016)

Deniz ve Topuz, Uşak il merkezinde oluşturulması planlanan farklı lokasyonlardaki çöplük alanlarının yer seçimi projesinde CBS alt yapılı ÇKKV yöntemleri ve analitik hiyerarşi tekniği ile, doğru lokasyonlarda alternatif atık depolama alanları için yerler oluşturulmuştur. Projede uygulanan yöntemin belirlendiği kısımda kullanılan AHP yöntemi, oluşturulan koşulların ikili kendi aralarındaki karşılaştırılmaları sonucu oluşan önem sıralamasına göre analiz edilen ise ÇKKV yöntemidir. Bu proje çalışmasında, alternatif sahaların tespit edilmesinde akarsular, yerleşim alanları, fay hatları, heyelan, erezyon, sahanın tarımsal açıdan değeri, arazi kullanım şekli, ulaşım alt yapıları, jeolojik formasyonları, ve havaalanına olan uzaklığı açısından on iki kriter veya koşul göz önüne alınmıştır. Kriterlerin haritalar üzerinde gösterimleri için ise ArcMap programından faydalanılmıştır. Uygulamada Öklid mesafe analizi kullanılarak yeniden puanlama ve kendi aralarındaki ağırlıklandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. İkili karşılaştırmalar sonucuna göre yerleşim yerlerine ve akarsulara olan mesafeleri en önemli ölçütler olarak sıralanmıştır. AHP tekniğine göre tespit edilen ağırlık oranlarından faydalanarak çakıştırma işlemi uygulanmış ve alternatif sahalar oluşturulmuştur (Deniz ve Topuz, 2018)

Uşakta yapılması planlanan bir okul için en doğru lokasyon belirleme çalışmalarında ÇKKV yöntemi ve CBS kullanılarak, CBS'nin olanak sağladığı konumsal analizler ve çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP ile elde edilecek kriterlerin ağırlıkları ve önceliklendirilmeleri kullanılarak Uşak merkez ilçesi için en doğru eğitim alanlarının lokasyon tespitlerinin sağlanması amaçlanmıştır. Bu bilgiler kullanılarak yapılan bu çalışmanın temel amaçları eğitim alanlarının lokasyon seçimi için gerekli koşulların belirlenmesi, belirlenen bu koşulların ağırlıklarının hesaplanıp ortaya koyulması, eğitim alanlarının lokasyon seçimi için koşulların çalışılacak ortama göre farklılık oluşturabileceğinin belirlenmesi, yapılacak detaylı incelemeler sonucunda karar vericilere rehber olabilecek dinamik harita altlıklarının oluşturulması, eğitim alanları lokasyon seçimi için dinamik ve doğru bir tasarım ortaya koyulması, Uşak için en doğru

eğitim alanlarına ait lokasyonların belirlenmesi, mevcutta bulunan eğitim lokasyonlarının bu çalışma ile ortaya koyulacak yeni lokasyonlar ile karşılaştırılması amaçlanmıştır (Başeğmez, 2019)

CBS uygulaması ile perakende sektöründe yer alacak marketlere ait yapılacak lokasyon belirleme çalışmasında, CBS'nin konumsal olan ve konumsal olmayan verileri ile birlikte değerlendirmesi açısından önemli bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Gerçekleştirilen bu projede de ülkemizde çok hızlı yükselen ve büyük önem arz eden sektörlerden biri olan perakende marketilik sektörü için stratejik öneme ve değerine sahip ve analiz edilmesi gereken konulardan biri olan kurulacak şubelerin lokasyonlarının belirlenmesi sorununun zmlenmesine doğrudan etki edecek bir örnek çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu proje İstanbul-Pendik'te gerçekleştirilmiş ve toplam da 14 adet mahalle ilk aşamada detaylı olarak incelenmiştir. İstanbul-Pendik'te hizmet veren bir perakende firmanın hali hazır da çalışan şubelerine ilave olarak açacağı 5 farklı yeni şube için en doğru ve uygun lokasyonun belirlenmesi için analiz gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama kullanılarak konuma bağlı olmayan nüfus, ekonomik ve lokasyon verilerinden faydalanarak konuma bağlı tematik haritalar ve uydu görüntüleri veri girdi katmanı olarak CBS'ye aktarılmış ve doğru veritabanı hazırlanmıştır. Belirlenmesi gereken 5 adet market alanı, uzaklık, nüfus yoğunluğu ve ana yola ile ulaşıma yakınlık gibi önemli koşullar aracılığıyla belirlenmiştir.

Bu projede gerçekleştirilme lokasyonu olarak İstanbul-Pendik sınırları içerisinde yer alan 14 mahalle deneme amaçlı pilot alan seçilmiştir. Bu mahallelerin farklı lokasyonlarında yer aldığı kabul edilen bir perakende firmasının mevcut 10 adet marketine karşılık, yeni amayı planladığı 5 yeni şube için en doğru lokasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Ortaya koyulan çalışma sahasını demografik, ekonomik, topolojik ve dış ve i etkenleri ön planda tutularak meydana getirilmiştir. Market kurulabilecek toplam 8 nokta mekansal özelliklerin yer aldığı ve almadığı veriler ile gerçekleştirilmiş analizler akabinde belirlenmiştir. Ancak projede gerçekleştirilmesi planlanan senaryo sonucu toplam da 5 adet market kurulabilecek alan gereklidir bu sebeple konumları ve belirlenen talep miktarları nedeniyle 3 nokta iptal edilmiş ve 5 nokta ile devam edilmiştir (şahin ve diğ., 2010).

Uslu ve arkadaşları, Ankara’da yapılması planlanan bir okul için yapılacak yer seçim çalışmasında CBS teorisi kullanılmıştır. Bu kapsam da CBS teorilerinden analitik hiyerarşi yöntemi ve en ideal sunulabilecek çözüme ilişkin tercihlerin sıralandığı teknik olan TOPSİS yöntemi ile bir çözüm ortaya koyulmuştur. Bu çalışmaya başlamadan önce Ankara ilindeki imar planlarına göre okulun yapılabileceği devlete ait olan araziler, yer belirleme konusunda aday olarak seçilmiştir. Yer belirleme konusunda öncelikli devranılan devlet arazilerinden yasal uygunluğu olan ve Ankara’da yer alan okullar ile birlikte belirlenmiş yürüme mesafesindeki alan içerisinde kalan öğrencileri kapsayan yerler alternatif arazi olarak ArcGIS ESRI programı ile analiz edilmiştir. Akabinde kriterler literatür incelemesi sonucu belirlendiğinden, bu kriterlere göre AHP yöntemi ile hesaplanmış ve TOPSİS yöntemi ile en ideale yakın sıralanmıştır. Bu çalışma Ankara-Çankaya’da uygulamaya koyulmuştur.

Okulun yapılacağı yere ilişkin belirleme işleminde üç aşamadan oluşan bir çözüm önerilmiştir. İlk olarak tümleşik bir yaklaşımla CBS aracılığıyla okullar için tahsis edilmiş yerler ortaya koyulmuş, ve bu yerlere göre mesafelerde analizler gerçekleştirilip alternatifler belirlenmiştir. Belirlenen bu alternatif konumlar, belediyenin genel imar planı kapsamında okullar için özel olarak belirlenmiş, tüm yasal gereklilikler sağlayan ve özellikle öğrenciler için yürüme mesafeleri için içine katılarak belirlenmiştir. İkinci aşamada ise, literatür çalışması kapsamında ortaya koyulan toplam 7 adet kriter ki bu kriterler sırasıyla, altyapı, erişilebilirlik, potansiyel büyüme, nüfus, güvenlik, çevre kirliliği ve çevredeki okul sayısı olarak puanlanmış ve AHP ile analiz edilmiş ve son aşama da ise tüm alternatif olarak belirlenen yerler, analiz sonucunda TOPSİS yöntemi kullanılarak en ideale yakın sıralanmıştır. Ankara-Çankaya’da açılması planlanan bir ilkokul için yapılan bu çalışma sonucunda 17 adet alternatif konum belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerin önem sıralaması bazında nüfus, erişilebilirlik, çevredeki okul sayısı, güvenlik, çevre kirliliği, potansiyel büyüme durumu ve alt-yapı şeklinde oluşmuştur (Uslu ve arkadaşları, 2017)

Ertunç ve Çay, havaalanı yapılması planlanan yerin belirlenmesi için coğrafi bilgi sistemleri ile AHP kullanımı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda AHP ile kullanılacak ve ağırlığı hesaplanacak kriterler belirlenmiş ve bir hiyerarşik düzen oluşturulmuştur. Daha sonra belirlenen bu kriterlere göre kendi aralarında

karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar ile ikili karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir ve bu sayede normalizasyon matrislerine dönüştürülmüştür. Normalizasyon matrislerinden de öncelik vektörleri hesaplanmıştır. Yapılan bu ikili karşılaştırmaların, birbirleri ile arasındaki tutarlılığı kontrol etmek için de ilgili testler gerçekleştirilip kontrol edilmiştir. Genel itibari ile havalimanları özellikli, nitelikli ve yatırım maliyeti çok yüksek projeler ve çalışmalar olduğundan kurulması planlanan yerlerin belirlenmesi kapsamında en doğru karar verme aşamalarını tamamladıktan sonra gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Havalimanının kurulması gereken bölge de tam olarak kurulacak yerin belirlenmesi tüm yatırım projesi kapsamını etkileyen birçok özellik barındırır. Bu kapsamda doğru bir seçim yapılabilmesi ve bir bütün olarak doğru karar mekanizmasının uygulanabilmesi için tüm kriterlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu proje de havalimanının yer seçimi çalışmasında CBS kapsamında AHP kullanılmıştır (Ertunç ve Çay, 2019).

Mercan ve arkadaşları, tarımsal yerlerin seçilmesinde CBS ile birçok özellik analiz edilerek ortaya koyulmak istenmektedir. Türkiye’de ise bitkisel ürünlerin ekileceği ve hayvansal ürünlerin üretiminin yapılacağı tarım arazileri ve konumları için ilgili yasal sınırlamalar ve düzenlemeler çok fazla yoktur ve üniversiteler tarafından yapılan çalışmalar ise çok azdır ve belirlenmiş olan bir karar verme mekanizması mevcut değildir. Bu durum ise bazı işletmesel problemleri beraberinde getirmektedir. Genellikle bu problemler ise iklim koşulları, topoğrafya, ulaşım, su ve enerji kaynaklarına yakınlık gibi coğrafi yönden çok uygun olmayan yerlerde meydana gelmektedir. Belirlenecek kararların uygun ve doğru olabilmesi için sorunun ne olduğunun çok iyi belirlenmesi gerekmektedir ve bu soruna etki eden tüm faktörlerin bir bir değerlendirmeye alınması gerekir. Bu sebepten sorunun çözülmesi için farklı teoriler ve yöntemler kullanılmaktadır. Tarımsal alanlar için kullanılacak yerlerin belirlenmesinde çok fazla yöntem ve analiz seçeneği mevcuttur. Önemli olan ise doğru yöntemi ve teoriyi belirleyerek ilgili analizleri gerçekleştirebilmektir. Bu proje de ise bu kapsam da Çok Ölçütlü Karar Analizi(ÇÖKA) ve CBS kullanılmıştır. Tüm oluşan coğrafi verileri kullanan ÇÖKA teorisinin CBS ile tümlenerek bu tür çalışmalar da kullanıldığı C-ÇÖKA yöntemi, özellikle tarım alanında kurulması planlanan işletmeler için daha verimli olmaktadır (Mercan ve arkadaşları, 2017).

Erden ve Coşkun, Bu çalışmada İstanbul ili için kullanılmak üzere yeni itfaiye istasyonu yer seçimi için CBS ve AHP'den faydalanılmıştır. Çalışma sırasında 23 adet İstanbul Avrupa yakası ve 12 adet İstanbul Anadolu yakası bölgelerinde bulunan mevcut itfaiye istasyonları verileri analiz çalışmalarına dahil edilmiştir. İstasyon veri analizleri ile çalışma bölgesinde yer alan toplam 35 istasyonun uluslararası standartlara göre 5 dakika erişim zamanında olması gerekirken olmadığı görülmüştür. Mevcut istasyon konumlarına göre için erişim analizi uygulandığında bu istasyonların erişim alanları arasında bir ilişki olmadığı saptanmıştır. Dolayısıyla, bu uygulamada şuanki istasyonların yerlerinde değişiklik yapılmasından ziyade yeni istasyon yerlerinin önerilmesi gerektiği düşünülmüştür. Önerilen yeni istasyon yerleri mahalle bazlı olarak çalışmaya dahil edilmiştir Genel olarak, özellikle nüfus ve yapılaşmanın yoğun olduğu yerlerde boş alanların bulunabilmesi oldukça zor olduğu için önerilen bölgenin mahalle içinde en uygun yerin tahis edilmesine göre şekillenecektir. Yapılan analiz çalışmaları doğrultusunda toplam 17 adet itfaiye istasyonu önerilmiştir (Erden ve Coşkun, 2011).

Eğirdir katı atık depo alanının yer seçimi kriterlerinin CBS ile belirlenmesi çalışmasında, Eğirdir'de bulunan katı atık deposunda yer seçimi için CBS ve ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Bu doğrultuda bölgeye ait 15 kriter tespit edilmiş ve CBS ortamında hazırlanarak ağırlıklar oluşturulmuş ve haritalar üst üste çakıştırılarak uygunluk haritası meydana getirilmiştir. Oluşturulan bu haritaların çakıştırma analizleri uygulanarak en yüksek ve en az uygunluk haritası elde edilmiştir. Çalışma alanında yer alan yerüstü su kaynaklarından; Eğirdir gölü, akarsu ve dere gibi hidrolojik veriler değerlendirilmiş ve sayısal haritaları oluşturulmuştur. Koruma alanlarına ve milli parkların bulunduğu yerler tesis yapılamayacağı için bu alanların dışındaki yerler depo alanı için uygun olan alanlar olarak belirlenmiştir. Eğirdir'de bulunan katı atık depo alanı yer seçiminde geçirimsiz alanların tespiti önem taşıdığından ilçenin 1/25000'lik jeoloji haritası hazırlanmıştır. Hazırlanan bu harita, geçirimsiz alanlara uygunluk sıralamasında ağırlıklı olarak dikkate alınmıştır. Bunun yanı sıra ilçedeki depremsellik durumu da dikkate alınmıştır. Depolama yer tesisinde meteorolojik parametrelerde etkin rol oynadığından Eğirdir Meteoroloji İstasyonu'na ait yağış ve rüzgâr durumları incelenmiş ve yer belirleme çalışmaları üzerine etkileri tartışılmıştır. Alan kullanım sınıflandırması için 2004 yılına ait Aster uydu görüntüsü, Erdas 8.4 yazılımında kontrollü sınıflandırma ile gerçekleştirilmiştir. Çıplak kaya olarak belirlenen alanlar depo alanı için en uygun sınıfta yer almıştır. Bu çalışma ile

değerlendirilen kriterler doğrultusunda Eğirdir ilçesi için en doğru katı atık depo alanı Kuyu boğazı, Dutlu dere bölgesinde yer alan 1 nolu alternatif depo alanı belirlenmiştir. ÇKKV ve CBS yöntemleri sosyal, kültürel, ekonomik ve çevresel faktörleri göz önünde bulundurarak çok çeşitli veriler ile çalışma imkânı sağlamaktadır (Dağıstanlıoğlu, 2012).



3. ÇOK KRİTERLİ BİSİKLET PARK İSTASYONU YER SEÇİMİ SİSTEM MİMARİSİ

Çok kriterli karar verme yöntemi, uygulanan bir çok yöntem içerisinde en çok kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. Problemin çözülmesine ve faktörlere göre en doğru kararların uygulanmasına imkan sağlayan yöntemdir. Ayrıca kriterlerin birbiri ile çakışmasında ya da kriterlerin sayısal olarak ele alınıp alınmayacağı durumlarda ortak bir sonuç ortaya koyarak değerlendirme yapabilen yöntemlerdir (Kocaeli, 2021).

Rasyonel bir karar verme durumunda en çok uygulanan yöntem, genel olarak kısıtlar ve yönetimin amaçları ile sınırları belirlenmiştir. Bu doğrultuda kararın bu kısıtlar ve amaçlar içerisinde karar verilmesi ile daha sağlıklı ve istenen çözümler elde edilmektedir (Hamurcu ve Eren, 2010). ÇKKV yöntemlerinin kullanım alanları sürekli değişkenlik göstermektedir. Çoğu zaman birbirleri ile çelişen kriterleri içermesi sebebiyle doğru karar ortamı hazırlama bakımından daha önemlidir (Karaatlı ve diğ, 2015). Bu sebeple birçok bilimsel uygulamada tercih edilmektedir.

Ayrıca son zamanlarda gelişmeler kaydeden Çok Kriterli Karar Verme teoremleri, karşılaştırma tablolarının belirlenmesinde kararı yöneten kişilerin en doğru kararı verebilmesi için normal hayatta kullanılan alışkanlıklar gibi bir oluşum oluşturabilmek ve yazılım ile analiz edilerek en az hata ile bu çalışmaların gerçekleştirilmesini sağlayabilmektedir. Bu şekilde en doğru sonuç ortaya çıkmaktadır. Günümüzde gözlemlediğimiz birçok karar verilmesi gerek sorunların çok fazla değişik yapıda olması sebebiyle sürekli gelişim gösteren çok kriterli karar verme yöntemleri, Dünya da bir çok alanda; sosyal, finans, tarım, politika vb. gibi karşımıza çıkmaktadır. ÇKKV ile birçok ortaya çıkmış problemin arasında birbirleir ile çakışan sorunlar arasında bir seçim yapılması gerekir. ÇKKV yönteminde uygulanan adımlar ise şöyledir;

- Problem ile ilgili tüm kriter ve seçenekler belirlenir.
- Kriterlerin doğruluk ve ne kadar önemli olduğu belirlenir.
- Tüm seçenekler, tüm kriterlere göre değerlendirilir sonra sıralanır.

Seçenekler: Alternatifler uygulanması gereken temel kavramlardır. Amaç ise alternatif arasından birini belirlemektir ve ayrıca karar problemlerini yansıtacak doğrulukta ve

sayıda olması istenmektedir. Eğer bir karar verme sürecine dahil edilmez ise karar vericiye ekstra bir maddi bir yük oluşturmaktadır. Belirlenen alternatifler önceden bilinen alternatifler olabileceği gibi kıyaslama için oluşturulmuş yapay olarak tasarlanan alternatiflerde karar verme problemine dahil edilebilir. Ele alınmış olan alternatifler duruma göre birçok alternatifi içerebilir. Bu durumda önemli olan ise amaca en uygun olan alternatifin seçilmiş olmasıdır.

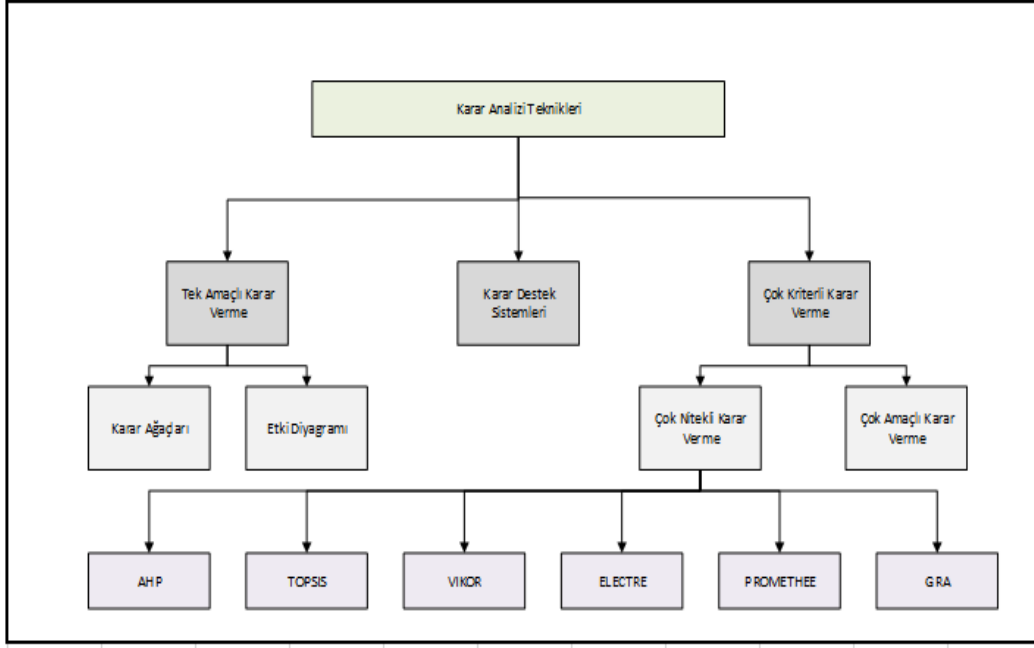
Kriter ve temel belirti: Kriter ve temel belirti tanımları belli başlı birkaç farklılıklar göstermiş olsada daha önce yapılmış çalışmalarda birbiri yerine kullanıldığı durumlar çok fazla karşımıza çıkmaktadır. Öz nitelik kriterleri içerisinde temel alt gruplar yer almaktadır. Kriterleri değerlendirdiğimizde alternatiflerin temel özellik parametreleri içerisinde kalite veya verimlilik parametreleri yer almaktadır. Ayrıca karar vericilerin temel değer yargılarına göre de değerlendirilip ölçülebilir.

Amaçlar: Kriterlerin, karar vericilerin hedefleri doğrultusunda yönlendirilmiş açık ve herkes anlaşılabilir olması gerekir. Dikkat edilmesi gereken noktalar ise üzerinde uzlaşılmış, gerçekçi, zamana bağlı ve ölçülebilir olması gerekir.

Karar matrisi: Çok kriterli karar verme problemleri ele alınırken çoğunlukla değişik seçenekler, ortaya çıkan oluşumlar ve bu oluşumların sonuçları bir matris üzerinde incelenir. ÇKKV, genel olarak birbirleri arasında çelişen kriterler olması durumu ile karşılaşarsa alternatifler arasından seçim yapması gerekir. Karar problemleri matris üzerinde deklam gibi ifade edilir:

$$\begin{array}{c}
 K_1 \ K_2 \ \dots \ K_n \\
 \\
 D = \begin{array}{c} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}
 \end{array} \tag{3.1}$$

Burada olabilecek tüm seçenekleri $K_j, j = 1, \dots, n$ seçeneklerin incelenmesinde kullanılan kriterleri ve a_{ij} 'ler A_i alternatifinin K_j kriteri ile incelenerek biraraya getirilip puanlanmıştır (Paksoy, 2017).



Şekil 3.1. Karar Analizi Tekniklerinin Sınıflandırılması [38]

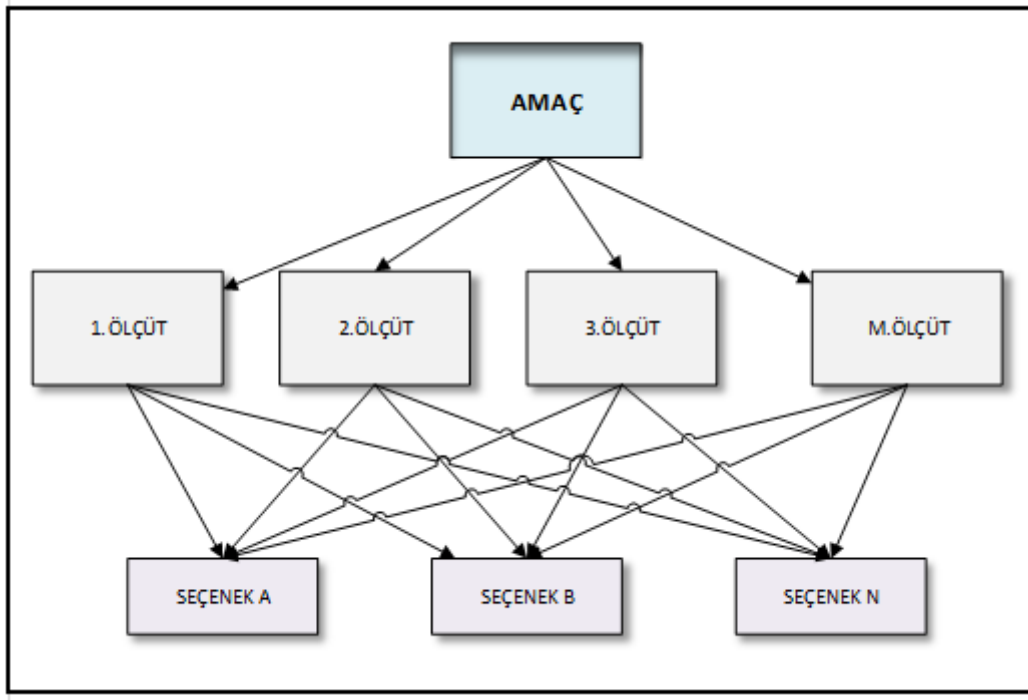
Karar analizi teknikleri kendi içerisinde üçe ayrılır. ÇKKV’de bunlardan bir tanesidir. ÇKKV ise birçok alt teoremden oluşur. AHP ise çok nitelikli karar verme yöntemine dayanır.

Şekil 3.1’de ortaya koyulan teoremlere ilişkin ek olarak, Bulanık AHP, Bulanık En Doğru Çözümleme Benzerlik Açısından Sıralama Performansı Teoremi (F-TOPSIS), Bulanık VIKOR (F-VIKOR), Bulanık PROMETHEE (F-PROMETHEE) teoremleri de bulanık mantık çalışması ile çözümlemenin farklı yollarıdır.

3.1. AHP

AHP ilk ortaya çıktığı tarih 1970’li yıllara dayanmaktadır. Analitik hiyerarşi yöntemi çok sayıda ölçüt içeren karmaşık problemin çözülmesi için kullanılmakta olan birçok kriteri barındıran bir karar verme teoremidir. AHP, ile sıkıntılı olan farklılıkları hedef ölçütler ile alt ölçütler arasında ilişki kurarak çözmeyi sağlamaktadır. AHP, kullanım adımları üç ana temel adımı kapsamaktadır. Bunlardan ilki, problemi bölme ve bir düzene sokma, ikincisi, birbirleri arasında karşılaştırarak doğru olan karara yönelme ve bir matrisel yünden sıralama, son olarak üçüncüsü ise önceliklerin sentezlenmesidir(Saaty, 1980).

AHP'nin aşamalarını daha ayrıntılı bir şekilde incelersek; ilk adım karar verilecek sorunun bölümlere ayrılarak bir sıralmaya sokularak yapılandırılmasıdır. İlk adım altında bir model tablo oluşturulur. Bu sayede hedeflenen amacın altında hangi ölçütlerin yer aldığını ve bu ölçütlerin hangi seçeneklerden oluştuğunu rahatlıkla görebiliriz (Şekil 3.2'e bakınız).



Şekil 3.2. AHP Yapısının Gösterimi

Analitik hiyerarşi yönteminin ikinci adımında ise, karşılaştırmalı olarak karar oluşturma ve matrisel olarak tercihlerin belirlenmesini içermektedir. Bu sayede tercihler kendi aralarında ikili bir şekilde karşılaştırılır ve bu da ikinci adımın temelidir.

Bu çalışma sırasında, kararın ortaya çıkartılması için, karşılıklı ikili şekilde oluşturulmuş gruplamanın birbirleri arasındaki ilişkisinin incelenmesi kararın problemlili ve karmaşık yapısını ortadan kaldırmaktadır. İkili karşılaştırma metodu üç aşamadan oluşur:

- Hiyerarşinin her bir adımında bir matrisel karşılaştırma yaratılması
- Oluşturulmuş tüm düzen için ağırlık oranlarının oluşturulması ve hesaplamalarının yapılması
- Doğruluk katsayılarının netleştirilmesi

Hedef, belirlenen kriterlerin ve alt ölçütler kriterlerinin belirlenmesinden sonra, kriterlerin kendileri ile ilgili olan ilişkilerinin belirlenerek puanlama ile birbirleri arasında bir matrisel düzen oluşturulur. Kararı veren kişi, Tablo 3.1’de belirtilmiş olan değerler ve açıklamalara göre ilgili puanlamaları gerçekleştirir.

Tablo 3.1. AHY İkili Karşılaştırma Ölçeğinin Gösterimi

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Teçrübe ve yargılara göre bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerinden kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre yüksek derecede kuvvetle daha önemlidir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Faktörlerden biri diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir.
2,4,6,8	Ara Değerleri Temsil Etmektedir	İki faktör arasındaki tercihte yukarıdaki açıklamalarda bulunan derecelerin ara değerleridir.

Tablo 3.2. İkili Karşılaştırma Matrisi

	1. ölçüt	2. ölçüt	3. ölçüt	...	n. ölçüt
1. ölçüt	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
2. ölçüt	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
3. ölçüt	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3n}
:	:	:	:	...	:
n. ölçüt	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	a_{nn}

Karşılaştırma matrislerin hepsinin meydana getirilmesinin ardından ağırlıklandırma puanlamalarına göre hesaplamaları yapılır. Ağırlık vektörü ünlü teoremi olan Saaty özvektör teoremi mantığına göre hesaplanır. Ağırlık vektörünün hesaplanabilmesi için iki önemli adım ele alınır. İlki, İki kriterin birbiri arasındaki matrisel karşılaştırılmasında doğrulaştırılabilmesi; ikinci adımı ise doğrulaştırılmış olan tüm değerlerden ortak ağırlık hesabı yapılmasını kapsar. İkili karşılaştırma matrisinde tek tek tüm sütun elemanları, ilgili sütunun toplam elde edilmiş değerine bölünür. Sonuç olarak $Aw = [*a_{ij}] p \times p$ gibi tanımlanmış ve her bir sütundaki değerlerin toplam değeri 1’e eşit olan bir

“Doğrulaştırılmış Matrisel İki Teoremin Karşılaştırılması” bulunmuştur. Doğrulaştırma işlemleri tüm $j= 1,2,\dots,n$ için aşağıda belirtilmiş olan eşitlik doğrultusunda oluşturulur.

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.2)$$

Oluşturulmuş olan Aw matrisinde, tüm satır elemanlarının ortalama değeri ele alınır. Puanlanmış ağırlıklar, tüm $i= 1, 2,\dots, n$ değerleri için aşağıda belirtilmiş olan formüle göre hesaplanır:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \quad (3.3)$$

Saaty teoremine göre ağırlıklandırma yöntemi vektörü w ile ikili karşılaştırma matrisi olan A arasındaki ilişki aşağıda belirtilmiş olan formülde yer alır.

$$w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T \quad (3.4)$$

Saaty'e göre ağırlık vektörü w ile ikili karşılaştırma matrisi olan A arasında aşağıda belirtilmiş olan eşitlik yer alır;

$$Aw = \lambda_{max}w \quad (3.5)$$

Eğer sonuç 1 çıkarsa, A matrisinin en büyük kendi değeri olarak ortaya koyulmuş olur. Bu terimler matrisel olarak karşılaştırılan tüm ikili elemanları ile ağırlıklandırma vektörünün tüm elemanları ile çarpılarak oluşturulur. Maksimum sonucun 1 olması analitik hiyerarşi yöntemi için önemli bir parçadır ve doğruluk oranının hesaplanmasında bir temel birim olarak ortaya koyulmaktadır.

Doğuluk Katsayısı (DK)'nın oluşturulması zorunludur ve Saaty teoremine göre DK'nın oluşturulması için aşağıda belirtilen formül oluşturulmuştur.

$$TK = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (3.6)$$

Ortaya çıkartılan Tutarlılık Katsayısı (TK)'ndan mantıklı değerlendirmeler çıkartabilmek için Saaty tarafından Tutarlılık Oranı teoremi olarak adlandırılmıştır:

$$TO = \frac{TK}{RK} \quad (3.7)$$

Yukarıdaki formülde belirtilen RK terimi ise, Rastlantısal Katsayı (Rastgele oluşturulmuş veya bulunmuş) olarak tanımlanmaktadır. RK rastlantısal olarak adlandırılmış ikili karşılaştırma matrisinden türetilmiş olan bir katsayı değeri olarak belirtilmiştir. Saaty teoremleri doğrultusunda, ayrıca, TO'ya ait bir üst sınır da ortaya koyulmuştur. Eğer $TO < 0.1$ olursa bu sonuç matrisel olarak ikili bir şekilde karşılaştırılmış ve sonuçlandırılmış çıkarımın kabul edilebilir bir ölçütte olduğunu ifade eder. Eğer $TO > 0.1$ ise bu oranın değeri matrisel olarak ikili bir şekilde karşılaştırılmış çıkarımın tutarsız olduğunu belirtmektedir ve böyle bir durumda tüm işlemin en baştan tekrar başlatılması gerekmektedir. Problemin çözümünün son adımı ise bütün seviyeleri içerecek bir tümleşik ağırlıklandırılmış puanlamanın uygulanmasıdır. Bu adım hiyerarşinin tüm aşamasında tüm ağırlıklandırılmış puanlamanın normla bir sırada değil de diğer sıralamaya göre oluşturulmuş yapının puanlaması ile çarpılarak meydana gelmektedir. AHY, karar verici kişilerin bir karar verilmesi gereken sorun üzerinde çok farklı konuları gösteren yargı değerlerini, en doğru karar sonuçlarını ortaya koyabilmesi için en doğru çözümlenebilecek bir sıralamada ve kararlılıkta oluşturmaktadır. İkinci seviyeden en alt seviyeye kadar inerek bu teorem adımları tek tek sürdürülmekte ve son olarak bir tümleşik ağırlık vektörün elde edilmesini sağlamaktadır (Erden ve Coşkun, 2011).

3.2. Yoğunluk Haritaları

CBS'de yoğunluk, belirli bir alana düşen öznitelik verisinin sayısıdır. Km²'deki nüfustur. Yoğunluk Haritası, katmanlar şeklinde belirtilen ve içindeki alanlarda yer alan değerlerin harita üzerinde renklendirilerek grafiksel şekilde görselleştirilmesidir. Belirlenmiş olan konular hakkında harita üzerinde verinin daha doğru anlamlandırılması, okunması ve harita üzerinde analiz edilmesini sağlamaktadır.

Tanımlanmış olan her bir alanın etrafındaki bir yakınlığın içerisinde yer alan nokta özelliklerinden birim alan başına genel bir büyüklük hesaplaması yapılır. Ayrıca noktasal yoğunluk analizi her bir pikselde tanımlanmış olan her bir hücre içerisine düşen noktaların sayı değeri ile hesaplanır.

Çekirdek yoğunluğu olan ve Kernel yoğunluk olarak da tanımlanan yoğunluk analizinde ise hücrelerle değil de, belirlenmiş bir yarıçapa sahip çember içerisinde yer alan

noktaların yoğunluğu ile birlikte bu ana kaynaktan uzaklaşarak değişen noktasal yoğunluğu içermektedir.

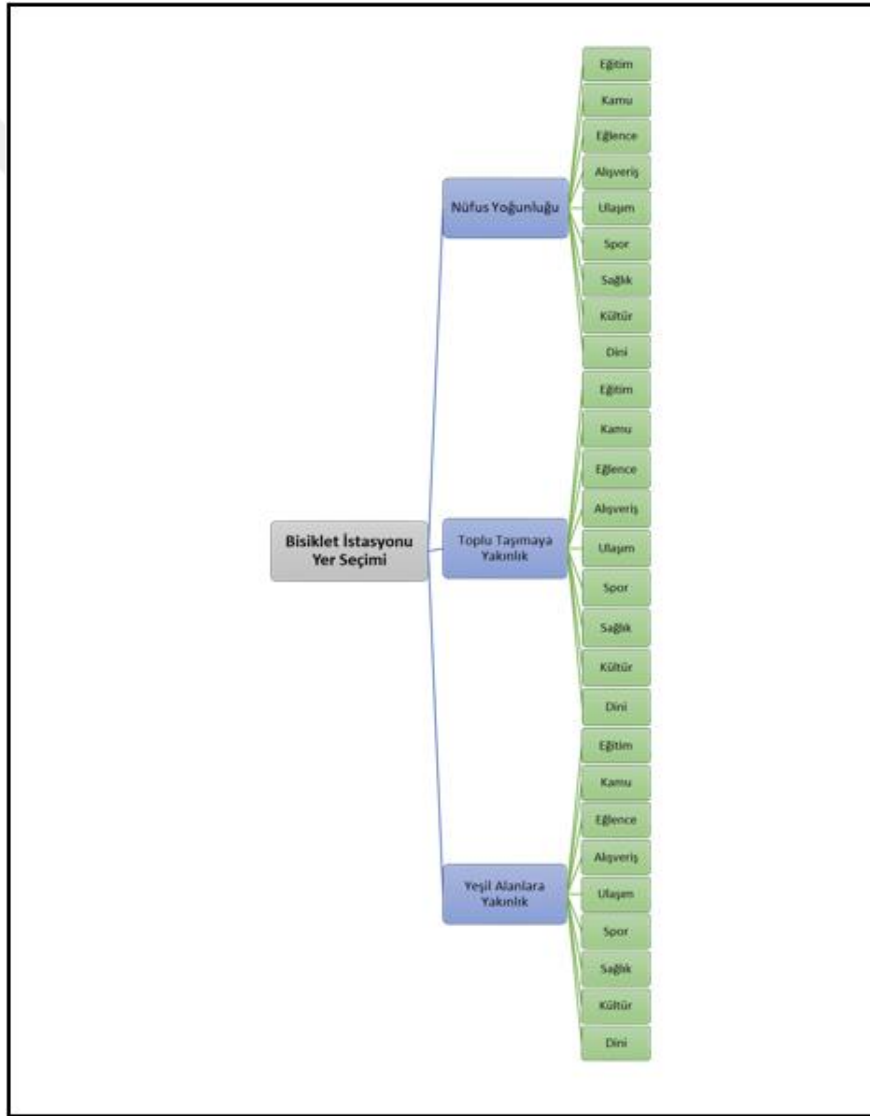
Yoğunluk fonksiyonu esas olarak nokta ve çizgi yoğunluklarını tanımlamak için kullanılmaktadır. Örneğin, kilometrekareye başına düşen nüfus yoğunluğu yoğunluk analizi sayılabilir nesnelere için (iş yerleri, okullar hastaneler vb.) ve bunların öznitelikleri (işyerinde çalışan kişi sayısı, okulların konumu, hastanedeki yatak sayısı vb.) üzerinde uygulamalar yapılmaktadır (Erdoğan, 2017).



4. DENEYSEL SONUÇLAR

4.1. Kullanılan Veriler

Bu çalışmada, analitik hiyerarşi süreci ile Kocaeli genelinde tüm ilçeler dahil yoğunluk analizleri yapılarak bisiklet park istasyonlarının yer seçimi yapılması hedeflenmiştir. İlk olarak Kocaeli'nin genel durumu incelenmiş ve nüfus yoğunluğu, toplu taşımaya yakınlık ve yeşil alanlara yakınlık olarak 3 ana kriter belirlenmiştir. Bu ana kriterler ile alt kriterlerin bisiklet istasyonu yer seçimi mimarisi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



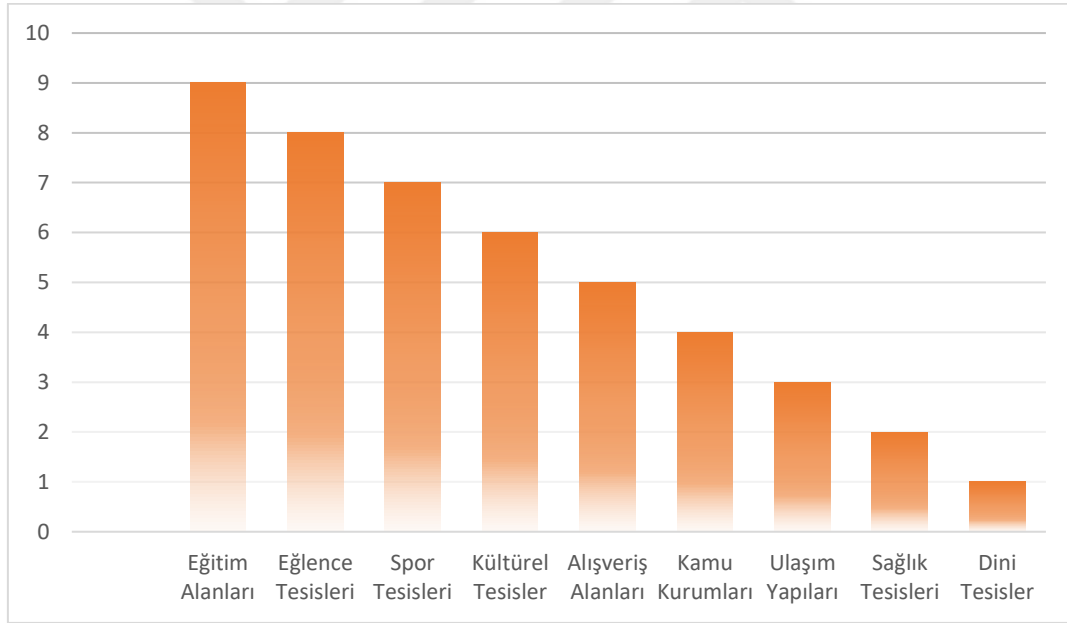
Şekil 4.1. Bisiklet Park İstasyonu Yer Seçimi Mimarisi Gösterimi

Bu kriterler belirlenirken Kocaeli’nde yaşam koşulları incelenmiştir. Bu yaşam koşullarına göre ana kriterlerin puanlaması Tablo 4.1’deki gibi yapılmıştır;

Tablo 4.1. Ana Kriter Puanlaması

Ana Kriterler	Puanlama
Toplu Taşımaya Yakınlık	3
Nüfus Yoğunluğu	2
Yeşil Alanlara Yakınlık	1

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi’nin yapmış olduğu anket çalışmasındaki donatı alanları alt kriter olarak belirlenmiştir. Alt kriterler için alt kriter matrisi oluşturulmuştur. Burada Kocaeli Büyükşehir Belediyesi’nin yapmış olduğu alt kriterler ile ilgili anket çalışmasındaki puanlama kullanılmıştır. Bu anket çalışmasına göre puanlama sıralaması Şekil 4.2’deki gibi oluşturulmuştur (Kocaeli, 2021).



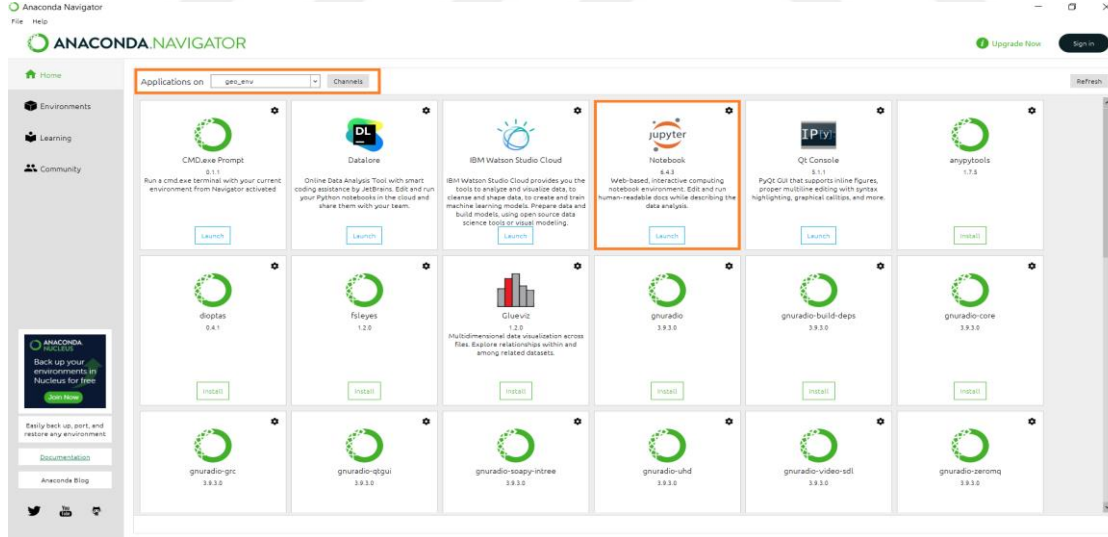
Şekil 4.2. Alt Kriter Puanlaması

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi’nin hazırlamış olduğu alt kriterlere ait (alışveriş alanları, dini tesisler, eğitim alanları, eğlence tesisleri, kamu kurumları, kültürel tesisler, sağlık tesisleri, spor tesisleri ve ulaşım yapıları) analiz çalışmaları .cpg, .sbn, .sbn, .shp gibi formatlarda incelenmiştir. Tüm bu formatlar incelenirken Kocaeli genelindeki tüm bisiklet yollarını gösteren AutoCAD çizimi kullanılmıştır. Bu AutoCAD çizimi CBS

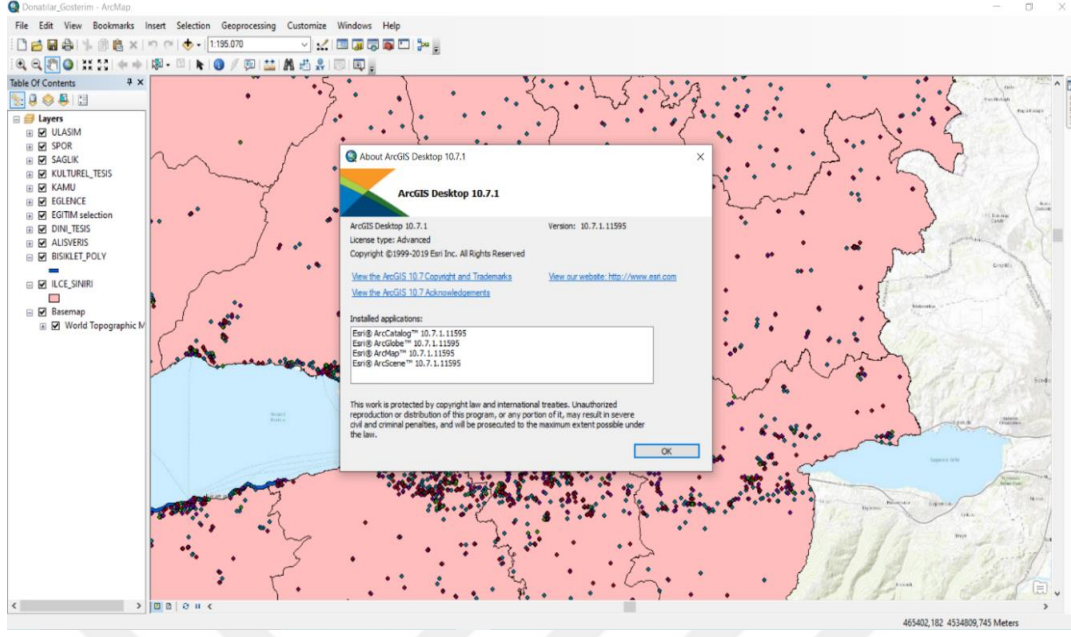
programı olan ArcGIS programında incelenmiştir. Tüm bu donatı alanları ve bisiklet yolları ile Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin hazırlamış olduğu Kocaeli iline ait ilçe sınırlarının AutoCAD çizimi çalışmaya entegre edilmiştir. Tüm donatı alanları ise OpenStreetMap ile haritalarda gösterilmiştir.

4.2. Test Ortamı Hazırlanması

Bu çalışmada AHP yöntemi ile analiz edilmiş verinin CBS ile gösterilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Python Jupyter Notebook v6.3.0 ile ArcGIS 10.7.1 programları kullanılmıştır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından oluşturulmuş .sbn, .sbx, .cpg, .shp ve .dwg formatlı verilerin içeriklerini incelenmek için Python Jupiter programının geopandas, Folium, Numpy, Geopy, Pandas gibi kütüphaneleri kullanılmıştır. İlgili verileri Python Jupyter Notebook'a ait bir harita üzerinde gösterebilmek için Geocoder ve ipywidgets özellikleri kullanılmıştır. Tüm bu gösterimleri yapabilmek için Anaconda navigatör arayüzünün geo_env çevre birimi kullanılmıştır. Bu gösterim Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de belirtilmiştir.



Şekil 4.3. Anaconda Navigator geo_env Çevre Birimi, Genel Arayüz ve Jupyter Notebook Gösterimi



Şekil 4.4. ArcGIS 10.7.1 Genel Gösterimi

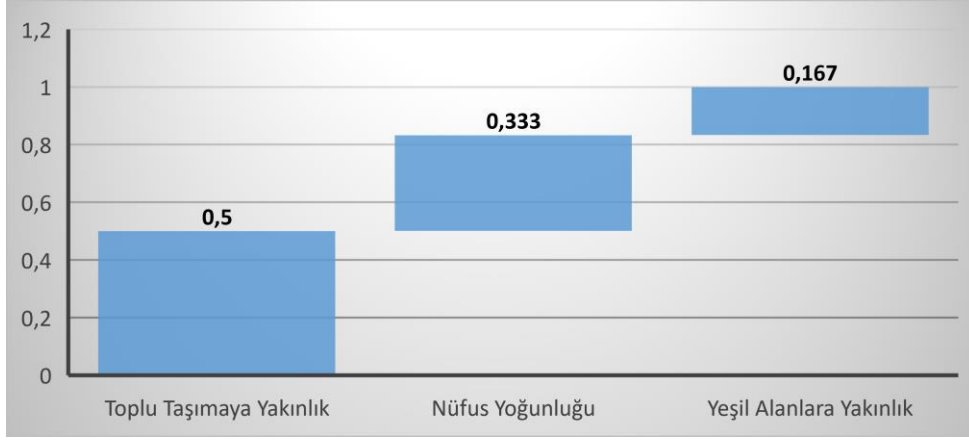
AHP yöntemi ile analizler yapılırken Python Jupyter programının ahpy kütüphanesi kullanılmıştır. Ayrıca, kriterlerin kendi aralarındaki karşılaştırmaları ve ağırlık hesaplamaları ahpy kütüphanesi ile analiz edilmiştir.

Tüm bu analizler; Intel® Core™ i7-10510U CPU @1.80GHz 2.30 GHz işlemci, 8,00 GB ram hafızasına sahip Windows 10 Pro kurulu bir bilgisayarda gerçekleştirilmiştir.

4.3. İlçe Bazlı Haritalar ve Yorumlanması

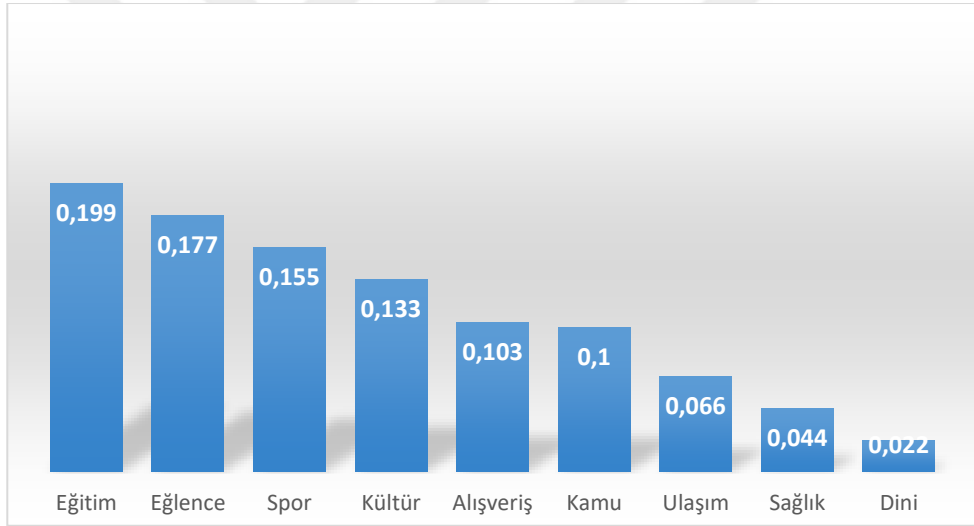
AHP tekniğini kullanarak hazırladığımız bu çalışmada, Python programı ile ana kriterlerimiz olan nüfus yoğunluğu, toplu taşımaya yakınlık ve yeşil alanlara yakınlık kriterlerini kullanarak kriter matrisi oluşturulmuştur. Kriter matrisi oluşturulduktan sonra ilgili kriterlerin ağırlıklandırılması Python ahpy.comparison ve target_weight kodları kullanılarak yapılmış ve Şekil 4.5’de belirtildiği gibi Toplu Taşıma: 0,5, Nüfus Yoğunluğu: 0,333 ve Yeşil Alanlara Yakınlık: 0,167 olarak elde edilmiştir.

Yer seçimi mimarisinde gösterildiği gibi her bir ana kriter için, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi anket sonuçları baz alınarak alt kriter matrisleri hazırlanmıştır. Bu kriter matrisleri oluşturulduktan sonra eğitim, kamu, eğlence, alışveriş, ulaşım, spor, sağlık, kültür ve dini alanların, toplu taşıma alanlarına, yeşil alanlara ve nüfus yoğunluğuna göre sırasıyla ağırlıklandırma hesaplamaları yapılmıştır.



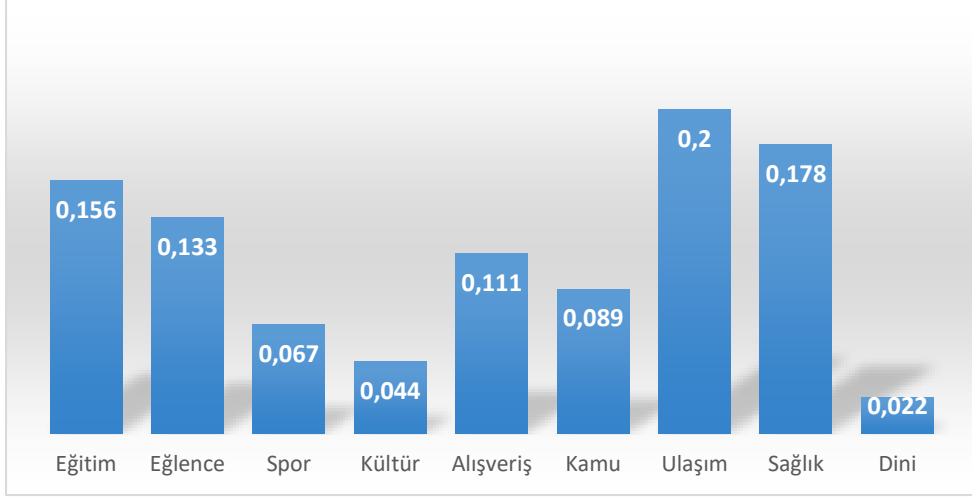
Şekil 4.5. Kriter Matrisi Gösterimi ve Ağırlık Hesabı

Şekil 4.6’de nüfus yoğunluğuna göre, Şekil 4.7’de toplu taşıma alanlarına göre ve Şekil 4.8’de yeşil alanlara göre donatı alanlarının AHP analizi uygulanmıştır.

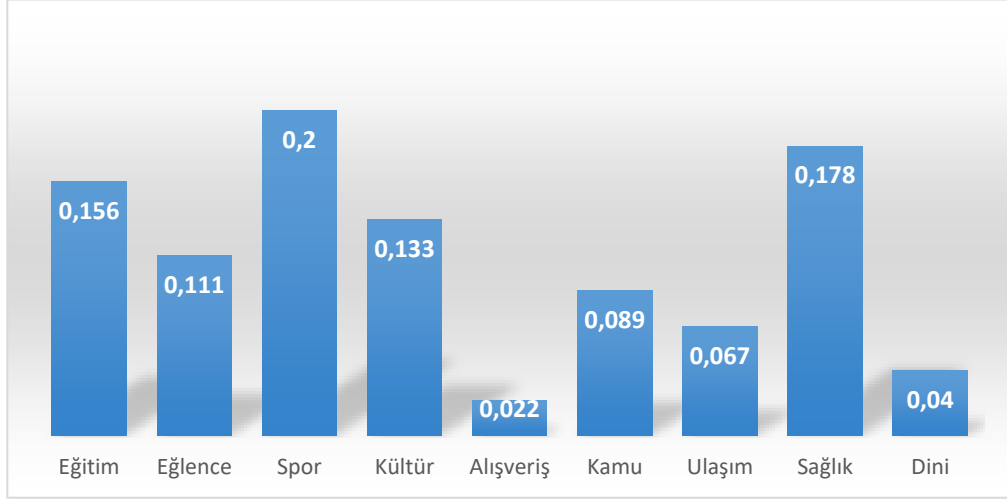


Şekil 4.6. Nüfus Yoğunluğuna Göre Donatı Alanlarının AHP Analizi

Nüfus yoğunluğu, yeşil alanlara yakınlık ve toplu taşımaya yakınlık ana kriterleri baz alınarak alt kriterler olan donatı alanlarının ağırlıklandırmaları Python kodlarının çıktılarında belirtildiği gibi uygulanmıştır. Bunun sonucunda, her bir ana kriterin alt kriterlere olan ağırlıklandırması AHP yöntemi uygulanarak elde edilen sonuçlar aşağıdaki Tablo 4.2’de ve Tablo 4.3’de alt ve ana kriter matrisi oluşturularak karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.7. Toplu Taşımaya Yakınlığına Göre Donatı Alanlarının AHP Analizi



Şekil 4.8. Yeşil Alanlara Yakınlığına Göre AHP Analizi

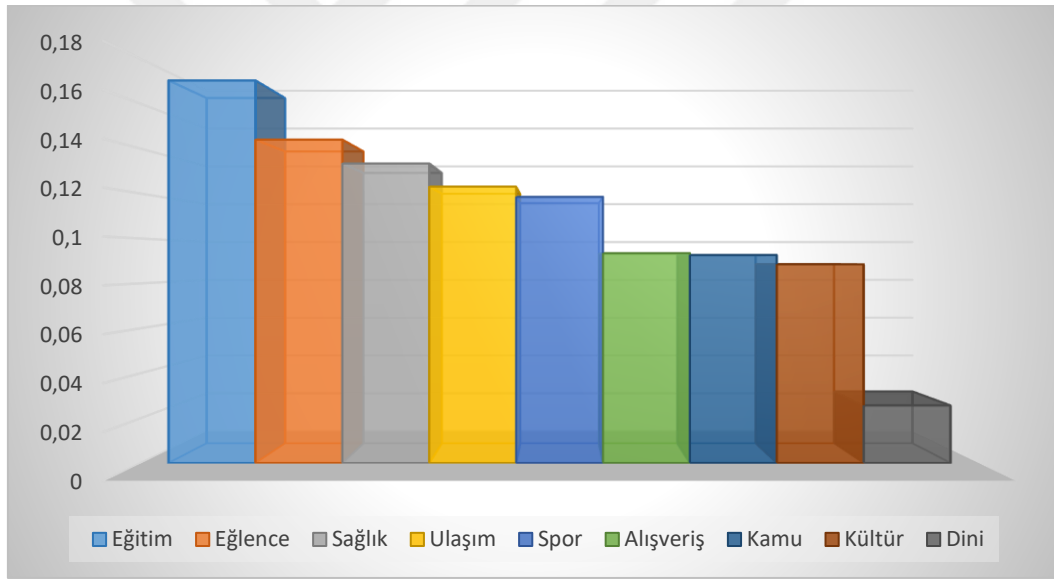
Tablo 4.2. Ana Kriter – Alt Kriter Sonuç Tablosu

Alt Kriter / Ana Kriter	Nüfus Yoğunluğu	Toplu Taşımaya Yakınlık	Yeşil Alanlara Yakınlık
Eğitim	0,199	0,156	0,156
Kamu	0,1	0,089	0,089
Eğlence	0,177	0,133	0,111
Alışveriş	0,103	0,111	0,022
Ulaşım	0,066	0,2	0,067
Spor	0,155	0,067	0,2
Sağlık	0,044	0,178	0,178
Kültür	0,133	0,044	0,133
Dini	0,022	0,022	0,044

Tablo 4.3. Ana Kriter Matrisi Sonucu

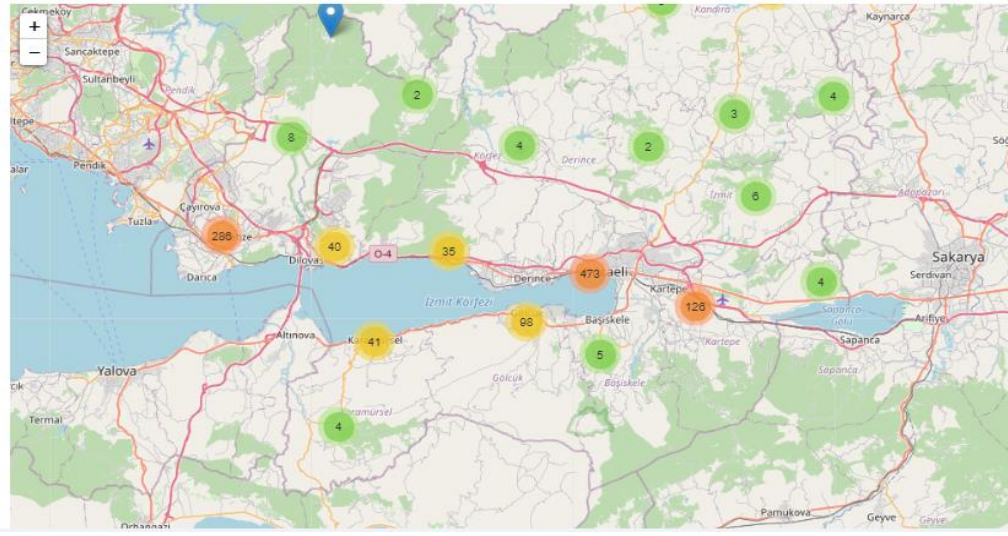
Ana Kriter	Ağırlık
Nüfus Yoğunluğu	0,333
Toplu Taşımaya Yakınlık	0,5
Yeşil Alanlara Yakınlık	0,167

AHP tekniğine göre ana kriterler (nüfus yoğunluğu, yeşil alanlara yakınlık ve toplu taşımaya yakınlık) ile alt kriterler karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda ise ana kriterlere göre hangi alt kriterlerin seçilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.9’de görüleceği gibi en yüksek ortalamaya sahip ilk üç donatı alanları sırasıyla Eğitim Alanları, Eğlence Merkezleri ve Sağlık Tesisleri olarak belirtilmiştir. Bu şekilde Kocaeli ilinde yerleştirilmesi planlanan bisiklet park istasyonlarının hangi donatı alanlarına daha yakın olması gerektiği belirlenmiştir.

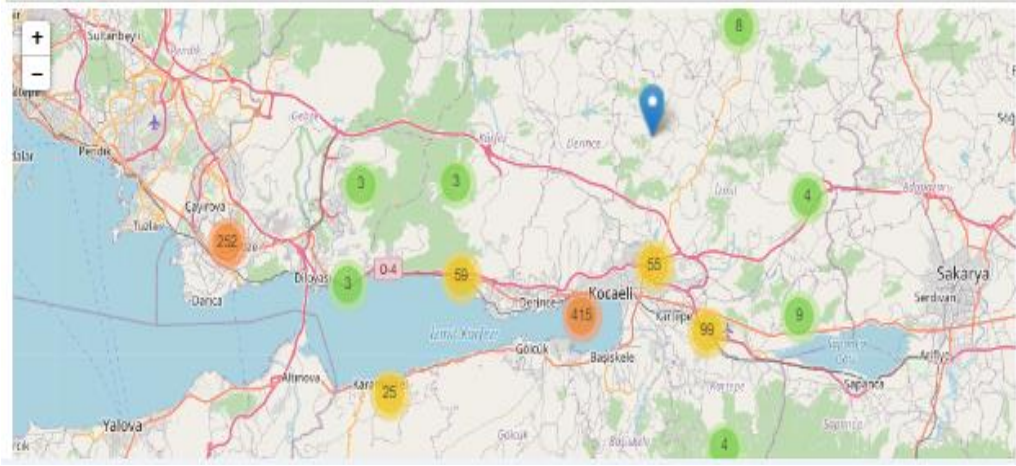


Şekil 4.9. Ana Kriter ile Alt Kriterlerin Matrisel Karşılaştırılma Sonucu

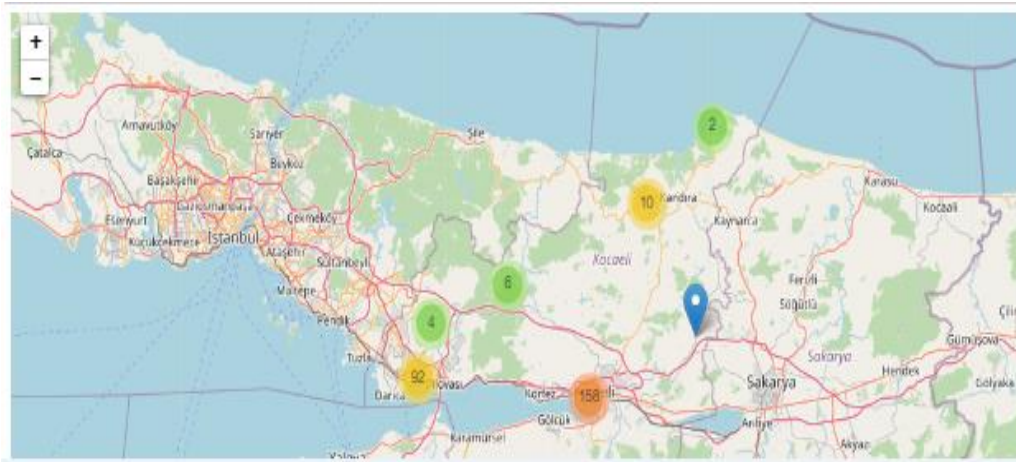
Kocaeli Büyükşehir Belediyesine ait veriler ile AHP tekniği sonucu ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılarak ilk 3 donatı alanının hangi ilçede daha yoğun olduğu Python programından elde edilen görseller ile Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Eğitim Alanlarının Yoğunluk Gösterimi



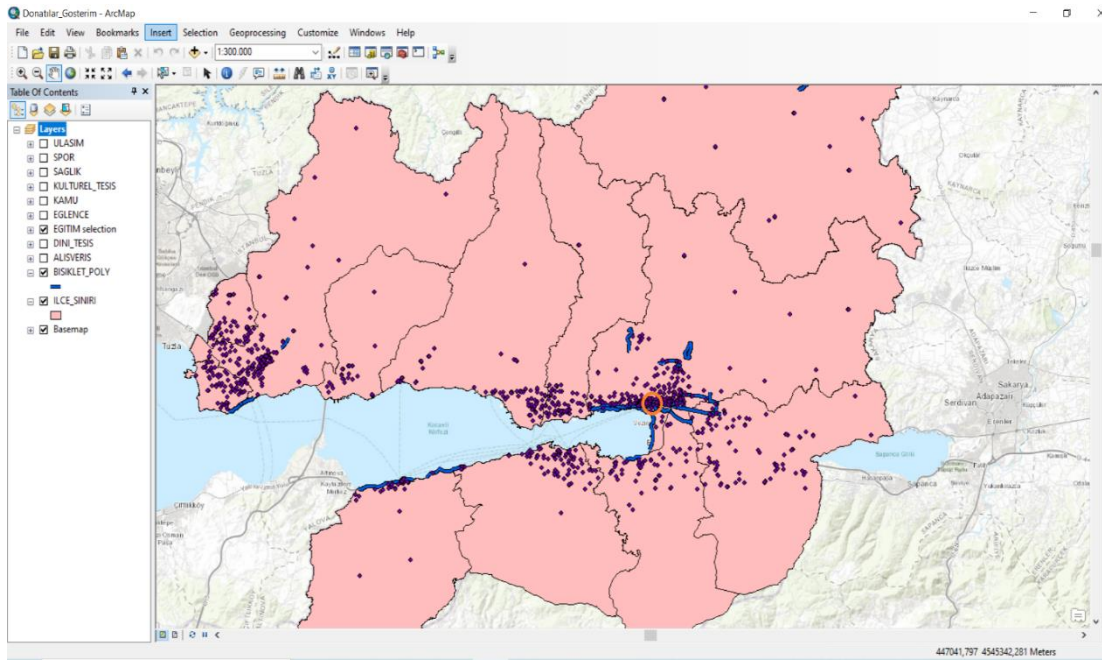
Şekil 4.11. Eğlence Alanlarının Yoğunluk Gösterimi



Şekil 4.12. Sağlık Alanlarının Yoğunluk Gösterimi

AHP analizine göre Kocaeli ilindeki eğitim, eğlence ve sağlık donatı alanlarına ait yoğunlukluklar Kocaeli Büyükşehir Belediyesi verilerine göre harita üzerinde gösterilmiştir. Bu yoğunluklar CBS programı olan ArcGIS ile ilçeler bazında analiz edilmiş ve mevcut bisiklet yolları ile kesiştirilmiştir.

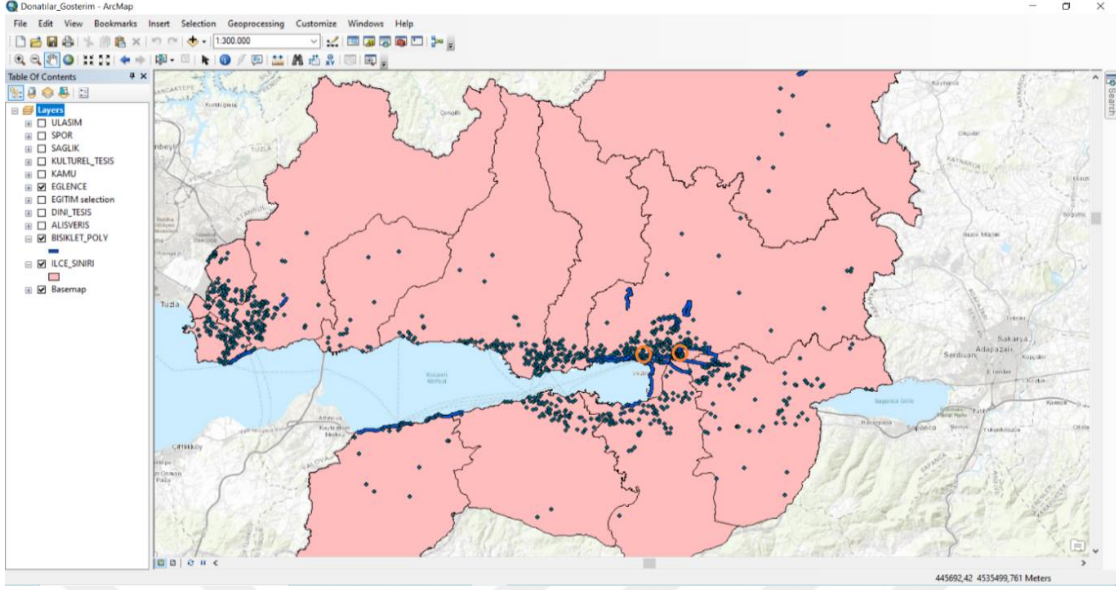
İlk olarak Şekil 4.13’de eğitim donatı alanı ile ilçe sınırları ve bisiklet yolları kesiştirilmiş ve en uygun bisiklet park istasyonu alanlarının kurulabileceği bölgeler turuncu işaret ile belirtilmiştir.



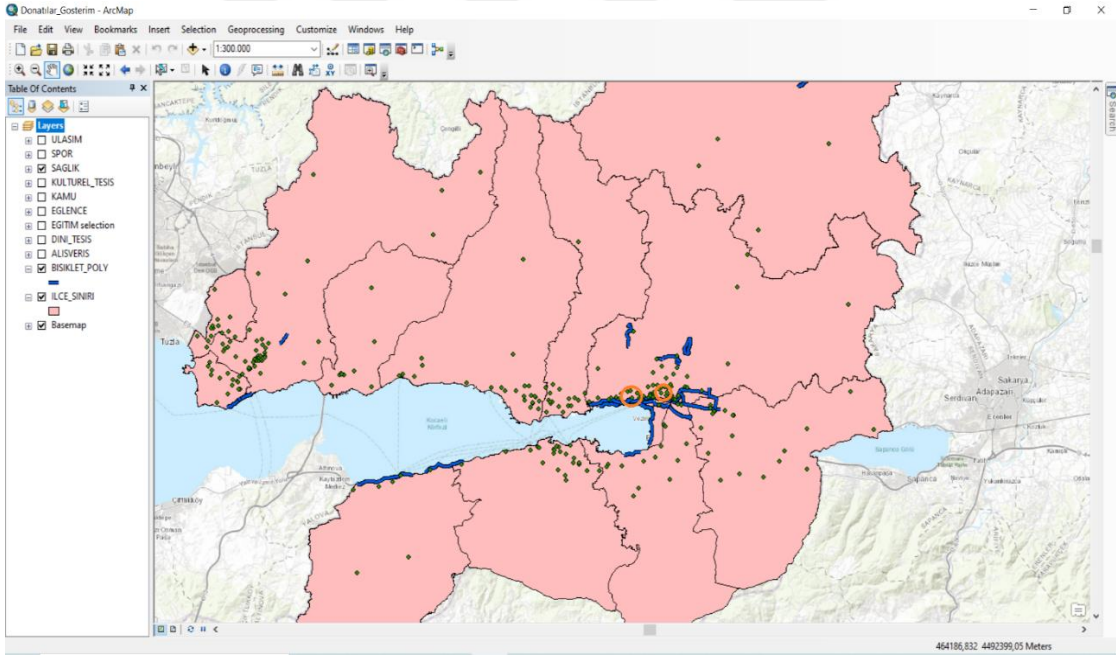
Şekil 4.13. Eğitim Alanlarının İlçe Sınırlarına Göre Bisiklet Yolları İle Kesişiminin Gösterimi

Şekil 4.14’de eğlence donatı alanı ile ilçe sınırları ve bisiklet yolları kesiştirilmiş ve en uygun bisiklet park istasyonu alanlarının kurulabileceği bölgeler turuncu ile işaretlenmiştir.

Şekil 4.15’de sağlık tesisleri donatı alanı ile ilçe sınırları ve bisiklet yolları kesiştirilmiş ve en uygun bisiklet park istasyonu alanlarının kurulabileceği bölgeler turuncu ile işaretlenmiştir.



Şekil 4.14. Eğlence Alanlarının İlçe Sınırlarına Göre Bisiklet Yolları İle Kesişiminin Gösterimi



Şekil 4.15. Sağlık Alanlarının İlçe Sınırlarına Göre Bisiklet Yolları İle Kesişiminin Gösterimi

4.4. Kocaeli Büyükşehir Belediyesinin Çalışması İle Karşılaştırılması

Kocaeli Büyükşehir Belediyesinin yapmış olduğu çalışmalar neticesinde; anket çalışması ve ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan bu yöntem ile elde edilen donatı yoğunluk analizi ve bisiklet yolları yoğunluk analizinin ağırlıklandırma yöntemi ile

hesaplanarak çakıştırılması ile en uygun bisiklet park istasyonu donatı alanı tespit edilmiştir. Tespit edilen sınır dahilinde yer alan donatı alanların sıralamasında ilk üç sırada ; eğitim tesisi, eğlence alanları ve spor tesisleri yer almaktadır. Bizim uygulamış olduğumuz ÇKKV yöntemi ile AHP analizi sonucuna göre ilk üç sırada yer alan donatı alanları; eğitim tesisi, eğlence alanları ve sağlık tesisi olarak elde edilmiştir. Her iki çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde önerilen ilk iki donatı alanlarının kesiştiği ve nc donatı alanlarının sonuçlarında ise farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. İki çalışmanın sonuçları karşılaştırıldığında, donatı alanlarının detaylı analizi ve bisiklet yollarının çakıştırılması ile elde edilen sonuçlar ÇKKV yöntemi ile AHP analizi yönteminin bu çalışma için uygulanabileceğini göstermektedir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bisiklet paylaşım sistemleri, insan yaşamında birçok kolaylık ve avantaj sağlamaktadır. Bu paylaşım sistemleri, şehirlerdeki bisikletli ulaşımı ve kültürü geliştirir. Ulaşım olanakları içerisinde yer alan bisikletli ulaşım yolunu tercih eden kişilerin ruhsal ve fiziksel sağlıkları yönünde olumlu etkiler yarattığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, Kocaeli ili genelindeki bisiklet kullanım olanaklarını geliştirmek ve kullanıcı sayısını arttırmaya yönelik mevcut bisiklet rotaları ile bisiklet kullanımının yoğun olabileceği bölgeleri analiz ederek en uygun bisiklet park istasyonlarının yerleri belirlenmiştir.

Bu çalışmada, en yoğun donatı alanlarını tespit etmek için CBS, uygun bisiklet park istasyonu noktalarına doğru karar verebilme için ise ÇKKV teoremlerinden faydalanılması uygun bulunmuştur. Uygun yer seçimi çalışmalarında en çok tercih edilen yöntemler arasında bu iki yöntem yer almaktadır. Bu kapsamda, bisiklet kullanım alanlarının belirlenebilmesi için üç ana kriter ve dokuz alt kriterden oluşan tüm kriterlerin sıralaması oluşturulmuştur. Ana kriterler ve alt kriterler kendi aralarında puanlandırılmıştır. Daha sonrasında ise bu kriterler, Python programında ÇKKV yöntemlerinden analitik hiyerarşi ile ağırlıklandırılmış ortalamaları hesaplanmıştır. Ana kriterlere göre hangi alt kriterlerin seçilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu şekilde Kocaeli ilinde yerleştirilmesi planlanan bisiklet park istasyonlarının hangi donatı alanlarına daha yakın olması gerektiği belirlenmiştir. AHP analizine göre Kocaeli ili genelinde en yoğun olan ilk üç donatı alanı eğitim, eğlence ve sağlık donatı alanları olarak tespit edilmiştir. Bu yoğunluklar CBS programı olan ArcGIS ile ilçeler bazında analiz edilmiş ve mevcut bisiklet yolları ile kesiştirilmiştir. Kullanılan bu yöntemin bisiklet dağıtım sistemini en doğru şekilde verimli bir hale geldiği ve projenin gerçekleştirilmesi ile Kocaeli ili genelinde sosyolojik yaşam koşullarını olumlu yönde etkileyecektir.

İleriki çalışmalarda, bisiklet park istasyonları ile ilgili, bisiklet park istasyonlarının tasarımları için ergonomik ve teknolojik koşullar göz önüne alınarak çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca, kullanıcıların bisikletlerini daha rahat kullanabilmeleri ve daha güvenilir bir ulaşım için bisiklet yol güzergahlarına ait çalışmalar değerlendirilmelidir. Ek olarak, bisikletlerin ve kullanıcıların güvenliği sebebi ile izlenebilirliğini sağlayabilmek adına bisiklet konum takip sistemleri geliştirilmelidir. Ayrıca, yürüme mesafesinin dışında, en uzak mesafenin daha yakın mesafelere indirgenmesi için bu

kriterlerde gerekli görülen değişiklikler yapılabilir. Bu değişikler ile yöntem farklı kullanım alanlarında veya farklı ulaşım şekillerinin (elektrikli bisiklet, elektrikli araçlar, vb.) istasyonları ile de ihtiyacın karşılanabileceği amaçlar içinde çözüm yaklaşımları ele alınmalıdır. Karar verici kişilerden bir ekip oluşturularak farklı bakış açısını yansıtan görüşlerin de çalışmaya yansıtılması sağlanmalıdır.



KAYNAKLAR

- Akyol, E, Alkan, M. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çoklu Karar Verme Tekniği ile Mahallelerin Yerleşime Uygunluğunun Seçimi: Denizli Kenti Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1-9 Denizli. DOI:10.5578/fmbd.8483.
- Alkılınc E., Cenani Ş., Çağdaş G. (2021). Bisiklet Paylaşım İstasyonlarının Belirlenmesi: CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 471-489 Balıkesir. DOI:10.25092/baunfbed.893434
- Bamwesigye, D. ve Hlavackova, P. (2019). Analysis of Sustainable Transport for Smart Cities, *Sustainability*, 11(7), DOI: 10.1007/978-3-319-23784-8_2
- Başeğmez, M. (2019). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak En Uygun Okul Yerlerinin Belirlenmesi: Uşak İli Merkez İlçe Örneği. Trabzon.
- Benevolo, C., Dameri, R., P., D'Auria, B. (2016). Smart Mobility in Smart City, In: Empowering Organizations. *Springer*, 13-18 DOI:10.1007/978-3-319-23784-8_2.
- Cerutti, P. S., Martins, R. D., Macke, J. ve Sarate, J. A. R.(2019) Green, but not as Green as that: An Analysis of a Brazilian Bike Sharing System. *Journal of Cleaner Production*, 217, 185-193.
- Chan, W. T. ve Suja, T. (2003) A Multi Criteria Approach in Designing Bicycle Tracks. *In: Map Asia Conference*.
- Dağistanlıoğlu C. (2012) Eğirdir Katı Atık Depo Alanının Yer Seçimi Kriterlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Deniz, M., Topuz, M. (2018). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Analitik Hiyerarşi Tekniği Kullanarak Uşak Merkez İlçede Alternatif Çöplük Alanlarının Belirlenmesi. *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, Karabük. DOI:10.7596/taksad.v7i5.1830.
- Efthymiou, D., Antoniou, C., Tyrinopoulos, Y. (2012) Spatially Aware Model for Optimal Site Selection. *Transport. Res. Rec.*, 2276, 146e155. DOI: 10.3141/2276-18.
- Erdem, N., Araz Ö. (2021). Toplu Taşımada Yatırım Kararlarının Veri Madenciliği Yöntemiyle Desteklenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 594-601 Manisa. DOI: 10.31590/ejosat.1009592.

- Erden, T., Coşkun, M., Z.(2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi, 12. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. Ankara.
- Erden, T., Coşkun, M., Z. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi. 13. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Erdoğan, M., A. (2017) CBS Tabanlı Modellemeler. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Ertunç, E., Çay, T. (2019). Havaalanı Yer Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Konya. DOI:10.36306/konjes.590605.
- Gümüş, M, G, Balta, M., Ö., Durduran, S., S. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Alışveriş Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi: Niğde Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1), 134-146, Konya. DOI:10.28948/ngumuh.495245.
- Hamurcu, M., Eren, T. (2010). Sürdürülebilir Ulaştırma Sistemlerinin Matematiksel Programlama ve Çok Kriterli Karar Verme ile Optimizasyonu.
- Hamurcu, M., & Eren, T. (2017). Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Monoray Güzergah Seçimi. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- Kabak M., Erbas, M., Çetinkaya, C. ve Özceylan, E. (2018), A GIS-based MCDM Approach for the Evaluation of Bike Share Stations. *Journal of Cleaner Production*, 201, 49-60. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.08.033.
- Karaaatlı, M., Ömürbek, N., Budak, İ., Dağ, O. (2015). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yaşanabilir İllerin Sıralanması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*.
- Kim, D., B., Kim, J., Park, J. (2019). A Study on Priority in Application of Smart City Elements, *International Journal of Innovation. Creativity and Change*, South Korea. DOI:10.3390/su14106243.
- Lee, J., H., Phaal, R. ve Lee, S. H. (2013). An Integrated Service Device Technology Roadmap for Smart City Development. *Technological Forecasting and Social Change*, 80, 2, 286-306. DOI:10.1016/j.techfore.2012.09.020
- Liu, J., Li, Q., Qu, M., Chen, W., Yang, J., Xiong, H., Zhong, H., Fu, Y. (2015). Station Site Optimization in Bike Sharing Systems. In: *In the Proceedings of IEEE International Conference on Data Mining*, pp. 883e888. DOI: 10.1109/ICDM.2015.99.

- Mercan, Y., Yılmaz, E., Sezgin, F., Ünal, H., B. (2017). Tarımsal İşletme Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Çok Ölçütlü Karar Analizi Uygulamaları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD)*, Tokat.
- Oğuz Ak, M. (2019). Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Tedarikçi Seçimi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (34) İstanbul.
- Oh, J. (2020). Smart City as a Tool Citizen-Oriented Urban Regeneration Framework of Preliminary Evaluation and Its Application. *Sustianibility*, 12(17), Seoul, Korea. DOI:10.3390/su12176874
- Ozarpa, C., Avcı, İ., Kınacı B., F. (2021). Akıllı Raylı Sistemlerde Kullanılan Alt Sistemlerin Kritik Seviye Analizi. *Demiryolu Mühendisliği*, 14, 143-153, Karabük. DOI:10.47072/demiryolu.937278.
- Paksoy, S. (2017). Çok Kriterli Karar Vermede Güncel Yaklaşımlar. Adana: Karahan Kitabevi.
- Rana N., Luthra, S. (2018). Mangla, K., Islam R., Roderick S., Dwivedi Y., Barriers to the Development of Smart Cities in Indian Context. India.
- Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. New York, McGrawHill.
- Süt, N., İ., Hamurcu, M., Eren, T. (2019). Kampüste Yeşil Ulaşım Uygulaması: Ring Araçlarının Seçimi İçin Bir Karar Verme Süreci. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 9-21, Kırıkkale. DOI:10.30855/gmbd.2019.01.02.
- Şahin, E.K. (2010). Perakende Marketlerin Yer Seçimine Yönelik CBS Uygulaması. Kocaeli.
- Tanrıvermiş, Y. (2020). Coğrafi Bilgi Sistemleri. Ankara Üniversitesi, Ankara, 2020.
- Ulaşım Daire Başkanlığı, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Kocaeli Geneli Bisiklet Park İstasyonu Yer Seçim Çalışması. Kocaeli, 2021.
- Uslu, A., Kızıloğlu, K., İşleyen, S., K., Kahya, E. (2017). Okul Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemine Dayalı AHP-TOPSIS Yaklaşımı: Ankara İli Örneği. *Politeknik Dergisi*, Ankara. DOI:10.2339/politeknik.369099.
- Uyan, M., Yapılır, Ş. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Modeli ve CBS Entegrasyonu ile Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesislerinin Yer Seçimi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16, 642-654, Konya. DOI:10.5578/fmbd.36294.
- Zapolskyte, S., Burinskiene, M., Trepanier, M. (2020). Evaluation Criteria of Smart City Mobility System Using MCDM Method. Montreal. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 15(4), 196-224, Canada. DOI:10.7250/bjrbe.2020-15.501.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Kutluay Demircan T., Eken S. (2021) Keşifsel Veri Analizi Kullanılarak Vakum Şarj Test Süresinin Azaltılması, *Acta Infologica*, S(1), 187-196.

Kutluay Demircan T., Eken S. (2022) Kocaeli Wide Bicycle Parking Station Site Selection with Analytical Hierarchy Process, *2nd International Conference on Computing and Machine Intelligence, Türkiye*.



ÖZGEÇMİŞ

Tuğba Demircan Kutluay; ilk, orta ve lise öğrenimini Aydın'da tamamladı. 2013 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği ve Makine Mühendisliği Bölümü'nden 2017 yılında Endüstri Mühendisi, 2018 yılında Makine Mühendisi olarak mezun oldu. 2017-2019 yılları arasında Autoliv Türkiye firmasında Proses Mühendisi, 2019-2021 yılları arasında BSH Türkiye firmasında Proses ve Method Mühendisi olarak çalıştı. 2021 yılından beri Accenture firmasında Kıdemli İş Analisti olarak görev yapmaktadır.

