

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİ İLE COĞRAFİ
BİLGİ SİSTEMLERİ ORTAMINDA YER SEÇİMİ MODELLERİ
GELİŞTİRİLMESİ VE TUCBS İLE ENTEGRASYONU**

İREM ERGÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
JEODEZİ VE COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ PROGRAMI

DANIŞMAN: PROF. DR. ARİF ÇAĞDAŞ AYDINOĞLU

ŞUBAT 2025

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİ İLE
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ORTAMINDA YER
SEÇİMİ MODELLERİ GELİŞTİRİLMESİ VE TUCBS
İLE ENTEGRASYONU**

İREM ERGÜL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
JEODEZİ VE COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ
PROGRAMI**

DANIŞMAN: PROF. DR. ARİF ÇAĞDAŞ AYDINOĞLU

ŞUBAT 2025

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

**DEVELOPING SITE SELECTION MODELS BY USING MULTI-
CRITERIA DECISION SUPPORT SYSTEMS IN A GEOGRAPHIC
INFORMATION SYSTEMS ENVIRONMENT AND INTEGRATION
WITH NATIONAL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE**

İREM ERGÜL

**A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
GEODESY AND GEOGRAPHICAL INFORMATION
TECHNOLOGIES PROGRAM**

ADVISOR: PROF. DR. ARİF ÇAĞDAŞ AYDINOĞLU

FEBRUARY 2025

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 03/02/2025 tarih ve 2025/08 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 28/02/2025 tarihinde tez savunma sınavı yapılan İrem ERGÜL'ün tez çalışması Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Arif Çağdaş AYDINOĞLU

ÜYE

: Prof. Dr. Turan ERDEN

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Abdullah KARA

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Dünya nüfusunun artışı, teknolojinin gelişimi ve tüketimle birlikte, kaynak yönetimi ve hizmet tesislerinin optimum planlanması ve yer seçimi çalışmaları önem kazanmıştır. Bu noktada mevcut durum analizi yapılarak yeni tesislerin kurulması veya ihtiyaca göre en uygun yerlerin belirlenmesinde yer seçimi uygulamaları etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Yer seçimi çalışmalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında geliştirilmesi ve analiz edilmesi coğrafi verilerin çok kriterli bir yaklaşımla değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Arazi kullanımı, topoğrafya, altyapı sistemleri, doğal kaynaklar ve çevresel kısıtlamalar gibi çeşitli kriterlerin entegrasyonu, karar vericilerin etkili seçimler yapmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, mekânsal analizler ve görselleştirme teknikleri karar süreçlerini desteklemektedir. Karmaşık ve çok katmanlı yer seçimi çalışmalarında, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin CBS ile entegrasyonu, optimize edilmiş yer seçimi problemlerinde etkili çözümler sunmaktadır. Tez kapsamında, yatırım planlama ve literatür araştırması sonucu 20 farklı konuda yapılmış yer seçimi çalışması incelenmiş ve bu yer seçimi kararlarını etkileyen 81 adet kriter detaylı irdelenerek yatırım planlama tabloları oluşturulmuştur. Bu tablolarda yer alan kriterler ile Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) veri teması, uygulama şeması özellikleri üzerinden kriter eşleştirmeleri yapılarak TUCBS standartlarına uygun veri yapısı ortaya koyulmuştur. Yatırım planlama tablolarında yer alan 8 farklı yer seçim çalışmasının CBS ortamında dinamik yer seçim modelleri tasarlanmıştır. Seçilen 3 model ile uygulama metodolojisi geliştirilmiştir. Bu uygulamalar; Güneş Enerji Santrali (GES) Yer Seçimi: Konya Örneği, Rüzgâr Enerji Santrali (GES) Yer Seçimi: Çanakkale Örneği ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonları (EAŞİ) Yer Seçimi: İstanbul Pendik Örneği olarak ifade edilebilir. Sonuç olarak yer seçimi çalışmalarının CBS ortamında karar destek sistemler ile sürdürülebilir otomasyonunun sağlandığı ve standartlara dayandırıldığı, etkin ve verimli bir yer seçim model metodolojisi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bütünleşik Yer Seçimi Modelleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri.

ABSTRACT

The increase in world population, technological development, and consumption, the resource management and optimal planning and site selection of service facilities have gained significant importance. In this context, by analyzing the current situation, site selection applications are effectively used to establish new facilities or determine the most suitable locations based on demand. The development and analysis of site selection studies within Geographic Information Systems (GIS) provide an opportunity for the evaluation of geographic data through a multi-criteria approach. The integration of various criteria such as land use, topography, infrastructure systems, natural resources, and environmental constraints enables decision-makers to make effective choices. Moreover, spatial analyses and visualization techniques support decision-making processes. In complex and multi-layered site selection studies, the integration of Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods with GIS offers effective solutions to optimized site selection problems. In this thesis, 20 different site selection studies from various investment planning and literature research were reviewed, and 81 criteria influencing these site selection decisions were examined in detail. Investment planning tables were created based on these criteria. These tables were used to align criteria with the data theme of the Turkey's National Spatial Data Infrastructure (NSDI), application schemas, and stereotypes, thereby developing a data structure compliant with NSDI standards. Eight different site selection studies in the investment planning tables were used to design dynamic site selection models within a GIS environment. The application methodology was developed using three selected models: Solar Power Plant (SPP) Site Selection: Konya Example, Wind Power Plant (WPP) Site Selection: Çanakkale Example, and Electric Vehicle Charging Stations (EVCS) Site Selection: Istanbul Pendik Example. As a result, a site selection model methodology was developed that ensures sustainable automation in GIS environments with decision support systems, based on standards, and provides an effective and efficient site selection process.

Keywords: Integrated Site Selection Models, Geographic Information Systems, Multi Criteria Decision Making Methods, Turkish National Geographic Information Systems.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi ve birikimlerini paylaşarak bana rehberlik eden, tecrübeleri ile her zaman yol gösteren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Arif Çağdaş AYDINOĞLU'na,

Tez süreci boyunca deneyimlerini ve fikirlerini benimle paylaşan, çalışmalarına katkıda bulunan değerli Arş. Gör. Süleyman ŞİŞMAN'a,

Süreç boyunca moral ve destekleriyle her zaman yanımda ve yardımcı olan sevgili iş arkadaşlarım Tuğçe ÖZBİLEN ve Samet Ramazan ÖZSAĞDIÇ'a,

Her anımda yanımda olan, bu süreçte de beni motive eden, bana inanan ve bu günlere gelmemde büyük emekleri olan, sonsuz destekleriyle bana güç veren sevgili annem Handan ERGÜL, babam Mehmet ERGÜL, kardeşim Eren ERGÜL ve tüm aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı	3
1.2. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	6
1.3. Metodoloji	7
1.4. Literatür Taraması	10
2. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE YER SEÇİMİ	21
2.1. Coğrafi Analiz Teknikleri	24
2.1.1. Vektör Tabanlı Analiz Teknikleri	25
2.1.1.1. Tampon Analizi	25
2.1.1.2. Kesişim Analizi	26
2.1.1.3. Bindirme Analizi	26
2.1.2. Raster Tabanlı Analiz Teknikleri	27
2.1.2.1. Yakınlık Analizleri	28
2.1.2.2. Yüzey Analizleri	29
2.1.2.3. Enterpolasyon Analizleri	31
2.1.2.4. Vektör Verinin Raster Veriye Dönüştürme Analizi	32
2.1.2.5. Yeniden Sınıflandırma Analizi	33
2.1.2.6. Bulanık Üyelik Analizi	34
2.1.2.7. Ağırlıklı Bindirme Analizi	36
2.2. CBS Tabanlı Yer Seçim Analizleri	37
3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME (ÇKKV) YÖNTEMLERİ	43
3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	47
3.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP)	55
3.3. Best and Worst Method (BWM)	59
3.4. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)	62
4. TÜRKİYE ULUSAL COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (TUCBS)	65
5. UYGULAMA	76
5.1. Yatırım Planlamada Yer Seçim Uygulamaları	76
5.2. Yer Seçim Kriterleri ve TUCBS ile Eşleştirilmesi	95
5.3. CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Destek Sistemleri ile Bütünleşik Yer Seçim Modellerinin Geliştirilmesi	97

5.4. CBS Tabanlı Yer Seçim Modellerinin Yatırım Planlama Uygulamalarının Geliştirilmesi	113
5.4.1. Uygulama 1: Güneş Enerji Santralleri Yer Seçimi: Konya Örneği	114
5.4.2. Uygulama 2: Rüzgar Enerji Santralleri Yer Seçimi: Çanakkale Örneği	121
5.4.3. Uygulama 3: Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Yer Seçimi: Pendik Örneği	128
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	138
KAYNAKLAR	144
ÖZGEÇMİŞ	153
TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYIN	154
EKLER	155

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AHP	: Analytic Hierarchy Process
ALOS	: Advanced Land Observing Satellite
ANP	: Analytic Hierarchy Process
BAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
BWM	: Best and Worst Method
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CBS YOİP	: Coğrafi Bilgi Sistemi İle Yatırım Ortamının İyileştirilmesi Projesi
CDP	: Çevre Düzeni Planı
CI	: Consistency Index
COPRAS	: COmplex PROportional ASsessment
CR	: Consistency Ratio
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
EA	: Elektrikli Araç
EAŞİ	: Elektrikli Araç Şarj İstasyonları
ELECTRE	: Extended Elimination And Choice Expressing Reality
ESMAP	: Energy Sector Management Assistance Program
FAHP	: Fuzzy Analytic Hierarchy Process
GES	: Güneş Enerji Santrali
HGM	: Harita Genel Müdürlüğü
IDW	: Inverse Distance Weighting
INSPIRE	: Infrastructure for Spatial Information in the European Community
ISO	: International Organization for Standardization
km ²	: Kilometrekare
kWh	: Kilowatt-hour
m ²	: Metrekare
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
MW	: Megawatt
OGC	: Open Geospatial Consortium
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
OSM	: Open Street Map
OWA	: Ordered Weighted Average
PALSAR	: Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method For Enrichment
Evaluation	
RES	: Rüzgar Enerji Santrali
RI	: Random Index
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
TC 211	: Technical Committee 211
TIN	: Triangulated Irregular Network
TO	: Tutarlılık Oranı
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TUCBS	: Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UIP	: Uygulama İmar Planı
UML	: Unified Modelling Language

VIKOR : Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
YEGM : Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Tez çalışması iş akış süreci.	9
Şekil 2.1: CBS bileşenleri.	22
Şekil 2.2: CBS'nin işlevleri.	23
Şekil 2.3: Tampon analiz örneği.	26
Şekil 2.4: Kesişim analiz örneği.	26
Şekil 2.5: Bindirme analiz örneği.	27
Şekil 2.6: Öklid uzaklığı analizi çalışma prensibi.	28
Şekil 2.7: Gerçek öklid uzaklığı algoritması.	29
Şekil 2.8: Eğitim hesaplama yöntemleri.	30
Şekil 2.9: Eğitim analizinin çalışma prensibi.	30
Şekil 2.10: Bakı analizinin çalışma prensibi.	31
Şekil 2.11: IDW enterpolasyon tekniği çalışma modeli.	32
Şekil 2.12: Tek değerlere belirli sınıf atamaları.	33
Şekil 2.13: Farklı aralıklara sahip gruplara sınıf atamaları.	33
Şekil 2.14: Ağırlıklı bindirme analizi çalışma prensibi.	36
Şekil 2.15: Model oluşturma elemanları.	42
Şekil 3.1: Çok kriterli karar verme yöntemi genel akış modeli.	44
Şekil 3.2: Karar verme süreci kavramsal model.	45
Şekil 3.3: AHP genel yapısı.	48
Şekil 3.4: Üçgensel sayı ordinarları.	58
Şekil 3.5: En iyi (best)-en kötü (worst) referans karşılaştırma.	59
Şekil 4.1: TUCBS tarihsel gelişimi.	65
Şekil 4.2: Altyapı coğrafi veri teması uygulama şemaları.	70
Şekil 4.3: Altyapı coğrafi veri teması paket yapısı.	70
Şekil 4.4: Altyapı coğrafi veri teması Elektrik Ağı sınıf diyagramı.	71
Şekil 4.5: TUCBS coğrafi veri temaları UML model yapısı.	72
Şekil 4.6: TUCBS Coğrafi Veri Sözlüğü ara yüzü.	75
Şekil 4.7: TUCBS Rehber Uygulaması ara yüzü.	75
Şekil 5.1: Güneş enerji santrali veri hazırlama modeli.	100
Şekil 5.2: CBS tabanlı güneş enerji santrali yer seçim modeli.	100
Şekil 5.3: Rüzgar enerji santrali veri hazırlama modeli.	101
Şekil 5.4: CBS tabanlı rüzgar enerji santrali yer seçim modeli.	101
Şekil 5.5: Elektrikli araç şarj istasyonlu veri hazırlama modeli.	102
Şekil 5.6: CBS tabanlı elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim modeli.	103
Şekil 5.7: Otopark yer seçimi veri hazırlama modeli.	104
Şekil 5.8: CBS tabanlı otopark yer seçim modeli.	105
Şekil 5.9: Kentsel tarım alanları yer seçimi veri hazırlama modeli.	106
Şekil 5.10: CBS tabanlı kentsel tarım alanları yer seçim modeli.	107
Şekil 5.11: Yeşil alan gelişimi saha uygunluk yer seçimi veri hazırlama modeli.	108
Şekil 5.12: CBS tabanlı yeşil alan gelişimi saha uygunluk yer seçim modeli.	109
Şekil 5.13: Kentsel yerleşim alanları yer seçimi veri hazırlama modeli.	110
Şekil 5.14: CBS tabanlı kentsel yerleşim alanları yer seçim modeli.	111
Şekil 5.15: Bisiklet istasyonu/yolu yer seçimi veri hazırlama modeli.	112
Şekil 5.16: CBS tabanlı bisiklet istasyonu/yolu yer seçim modeli.	113

Şekil 5.17:	Güneş enerji santrali yer seçimi çalışma alanının belirlenmesi.	115
Şekil 5.18:	Güneş enerji santrali yer seçimi CBS tabanlı analizlerinin sonuç haritaları.	117
Şekil 5.19:	Güneş enerji santrali yer seçimi kriterlerinin yeniden sınıflandırma analizlerinin sonuç haritaları.	119
Şekil 5.20:	Güneş enerjisi santrali yer seçimi uygunluk haritası.	121
Şekil 5.21:	Rüzgar enerji santrali yer seçimi çalışma alanının belirlenmesi.	122
Şekil 5.22:	Rüzgar enerji santrali yer seçimi CBS tabanlı analizlerinin sonuç haritaları.	124
Şekil 5.23:	Rüzgar enerji santrali yer seçimi kriterlerinin yeniden sınıflandırma analizlerinin sonuç haritaları.	127
Şekil 5.24:	Rüzgar enerjisi santrali yer seçimi uygunluk haritası.	128
Şekil 5.25:	Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi çalışma alanının belirlenmesi.	129
Şekil 5.26:	Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi CBS tabanlı analizlerinin sonuç haritaları.	132
Şekil 5.27:	Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi kriterlerinin normalizasyon yapılmış sonuç haritaları.	135
Şekil 5.28:	Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi uygunluk haritası.	137

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo3.1: İkili karşılaştırma matrisi.	51
Tablo3.2: İkili karşılaştırmalarda kullanılan önem dereceleri, tanımları ve açıklamaları.	51
Tablo3.3: RI çizelge değerleri.	54
Tablo 3.4: Bulanık AHP yönteminde kullanılan üçgen bulanık sayılar.	56
Tablo 3.5: Tutarlılık indeks (CI) değerleri.	61
Tablo 4.1: TUCBS veri temaları ve alt temaları.	67
Tablo 5.1: Proje kapsamında yer alan öncelikli 13 sektör için yer seçimi çalışma raporu.	76
Tablo 5.2: Termik santraller yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	78
Tablo 5.3: Nükleer enerji santralleri yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	79
Tablo 5.4: Lojistik yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	79
Tablo 5.5: Teknoloji geliştirme bölgeleri yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	80
Tablo 5.6: Üniversite ve okul alanları yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	81
Tablo 5.7: Otomotiv yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	81
Tablo 5.8: Mandıra/besicilik alanları yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	82
Tablo 5.9: Kent ve bölge hastaneleri yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	83
Tablo 5.10: Organize sanayi bölgeleri (OSB) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	84
Tablo 5.11: Eko-Turizm yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	85
Tablo 5.12: Toplu konut alanları yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	86
Tablo 5.13: Katı atık depolama alanı yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	86
Tablo 5.14: Kentsel tarım alanları yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	87
Tablo 5.15: Yeşil alan gelişimi için saha uygunluk yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	88
Tablo 5.16: Kentsel yerleşim alanlarının uygunluk değerlendirmesi yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	88
Tablo 5.17: Güneş enerji santrali (RES) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	89
Tablo 5.18: Rüzgar enerji santrali (RES) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	90
Tablo 5.19: Otopark yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	91

Tablo 5.20:	Bisiklet yolu/istasyonu yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	92
Tablo 5.21:	Elektrikli araç şarj istasyonu (EAŞİ) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.	93
Tablo 5.22:	Güneş Enerji Santralleri Yer Seçimi: Konya Örneği çalışması kriter, yer seçimine olan etkisi ve ağırlıkları.	115
Tablo 5.23:	Rüzgar Enerji Santralleri Yer Seçimi: Çanakkale Örneği çalışması kriter, yer seçimine olan etkisi ve ağırlıkları.	123
Tablo 5.24:	Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Yer Seçimi: Pendik Örneği çalışması kriter, yer seçimine olan etkisi ve ağırlıkları.	130

1. GİRİŞ

1980'lerden bu yana kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) mekansal verilerin toplanması, analiz edilmesi, yönetilmesi ve kullanıcılara sunulması süreçlerini bir araya getiren gelişmiş bir bilgi teknolojisidir. CBS, farklı veri türlerini bir araya getirerek, konum analizi ve konumsal verilerin veritabanı sistemleriyle bütünleşmesini sağlamaktadır. Bu sayede, veriler haritalar üzerinde ve üç boyutlu ortamlarda görselleştirilebilir hale gelmektedir. Gelişen yöntemler, kullanıcıların daha pratik ve etkili çözümler geliştirmesine ve doğru kararlar almasına imkân sağlamaktadır. CBS, veriler arasında ilişki kurarak ve modellemeler gerçekleştirerek kullanıcılara daha kapsamlı bir bakış açısı sunmakta ve detaylı analiz yapmalarına olanak tanımaktadır. [Ünaldık, 2019]. Aynı zamanda mekânsal verilere dayalı bilgilerin sistematik bir şekilde işlenmesine ve çeşitli alanlarda karar verme süreçlerini imkan sağlamaktadır. Bu doğrultuda konumsal verilere dayalı analizler yaparak karar verme süreçlerinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Teknolojinin gelişmesi, ekonominin büyümesi, artan nüfus, kentleşme, değişen tüketim modelleri, sanayileşme, gelir düzeyindeki değişiklikler ve ekonomik büyüme gibi faktörler, hem kamu hem de özel sektör hizmetlerinin optimum tesis yerlerinin belirlenmesi zorunlu hale getirmiştir. Yer seçimi kararları, kullanıcıların, kurumların veya işletmelerin yeni yerleşim alanları ya da tesis ihtiyaçları doğrultusunda alınmaktadır. Buna bağlı olarak mevcut durumun analiz edilmesi sonrasında tespit edilen eksikliklerin giderilmesi veya ihtiyaçların karşılanması en uygun yerin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır [Ünaldık, 2019]. Bu çalışmalar, karar verme ve analiz süreçlerini de içermektedir. Bu süreçler de kullanım ihtiyaçlarına en uygun çözümü sunmayı hedeflemektedir. Sürekli gelişen yöntemler ve yeni tekniklerin ortaya çıkışıyla birlikte fiziksel ve çevresel faktörler, arz-talep dengesi gibi unsurlar dikkate alınarak mekânsal anlamda en uygun yer seçimi çalışmaları daha yaygın ve çeşitli hale gelmiştir [Yetişkul, 2022].

Günümüzde birçok kurum ve kuruluş tarafından yaygın kullanılan CBS teknolojileri; enerji tesisleri, afet yönetimi, risk yönetimi, doğal kaynakların korunması, ulaşım, altyapı tesisleri, eğitim tesisleri, sağlık kurumları, kırsal ve kentsel planlama çalışmaları sektör yatırım planlama gibi pek çok alanda uygun yer seçimi

alışmalarında etkili bir karar destek aracı olarak geniş bir kullanım alanı bulmuştur. CBS tabanlı uygun yer seçimi analizleri, planlama süreçlerinin başarısı açısından kritik bir rol oynamaktadır. Alanın en verimli şekilde kullanılabilmesi ve doğru kararlar alınabilmesi için insan-mekân ilişkilerinin detaylı bir şekilde incelenmesi ve analiz edilmesini sağlamaktadır **[Bayar, 2005]**.

Yer seçimi çalışmalarında, çok sayıda seçim kriterinin ve bu kriterlerin değişken nceliklendirmesinin söz konusu olduğu senaryolarda, mevcut alternatifler arasından optimal seçeneğin belirlenmesi amacıyla çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metodolojileri uygulanmaktadır **[Taherdoost ve Madanchian, 2023]**. Alınan kararları sağlam ve güvenilir bir temel dayandırılmasını ve karar vericilerin optimum seçeneğin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Yer seçimi çalışmalarında kullanılan ve altlık oluşturan CBS analiz teknikleri, ÇKKV yöntemleri ile bütünleşik yapısı yer seçimi çalışmasında birden fazla amacın en iyisinin bulunmasını sağlamaktadır. **[Ertunç ve ay, 2020]**. Yer seçimi çalışmaları ile ilgili literatürde ve uygulamalarda kullanılan birçok ÇKKV yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerden literatde en yaygın kullanılanları; Analitik Hiyerarşi Süreci/Proses (AHP), Bulanık AHP, En İyi-En Kötü Metodu (BWM), Analitik Ağ Süreci/Proses (ANP), İdeal zme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (TOPSIS), Zenginleştirme Değerlendirmeleri İçin Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi (PROMETHEE), ok Kriterli Optimizasyon Ve Uzlaşık zm (VIKOR), Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçim Yöntemi (ELECTRE), Karmaşık Orantılı Değerlendirme Yöntemi (COPRAS).

Yer seçimi çalışmalarında uygun tesislerin belirlenmesinde ve yatırım planlamasında mekansal veya mekansal olmayan çevresel, ekonomik, topografik, kentsel yaşam, sosya-ekonomi gibi birçok kriter dikkate alınarak optimum sahalara belirlenmektedir. Dolayısıyla uygunluk indekslerini etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi CBS tabanlı analiz teknikleri ile olanaklı hale gelmiştir. Ayrıca uygun alanların belirlenmesinde tekrarlı gerçekleştirilen analizler için modeller kurularak yer seçimi uygulamalarının otomasyonu sağlanabilmektedir. Bu doğrultuda CBS tabanlı analiz modelleri ve ÇKKV yöntemleri ile birlikte, son yılların gelişen teknolojileri yapay zeka ve makine öğrenme teknikleri yer seçimi çalışmalarında yenilikçi çözümler sunmaktadır. Yapay zeka ve makine öğrenme teknikleri; karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, büyük ölçekteki mekansal verilerin işlenmesi/sınıflandırılması/modellenmesi, optimal saha belirleme süreçlerinin otomatik hale getirilmesi ve tahmine dayalı analizlerin

gerçekleştirilmesinde gibi süreçlerde etkili bir araç olarak öne çıkarken, farklı yer seçimi senaryolarının değerlendirilmesi açısından büyük avantajlar sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri; veri, yazılım, donanım, yöntemler ve insan bileşenlerinden oluşmaktadır [Gold, 2006]. Veri, CBS'nin en temel ve en önemli bileşenidir. Bu nedenle verinin üretilmesi, analiz edilmesi, paylaşılması ve kalitesi önem taşımaktadır. Bu doğrultuda ülkemizde verinin yönetimini sağlamak ve standardize etmek amacıyla Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) projesi; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulmuştur. TUCBS kapsamında oluşturulan coğrafi veriler, ISO/TC211 Coğrafi Bilgi/Geomatik Komitesi ve Açık Jeo-uzamsal Konsorsiyum (OGC) standartlarına dayanmaktadır. Ayrıca, Avrupa Birliği üyesi ülkeler ve katılımcılar arasında coğrafi veri standartlarını incelemeyi ve konumsal veri altyapısı kurmayı amaçlayan INSPIRE direktiflerine uygun olarak düzenlenmiştir. TUCBS, ulusal düzeyde çeşitli kaynaklardan elde edilen coğrafi verilerin bilgi teknolojileri ile kaydedilmesi ve yönetilmesini sağlamaktadır. Ek olarak, coğrafi veri altyapısının geliştirilmesi, veri üretimi ve paylaşımına yönelik standartların ve politikaların tesisi ve söz konusu verilerin birlikte çalışabilirliğinin temini gibi kritik görevleri de üstlenmektedir [Yomralıoğlu ve Aydınoglu, 2014].

Sonuç olarak yer seçimi çalışmalarında uygun yerlerin belirlenmesinde CBS sunduğu analiz teknikleri ile kullanılan ÇKKV yöntemlerinin bütünlük yapısı önem taşımaktadır. Optimum sahaların yer seçimini etkileyen kriter verileri üretilirken belirli standartlar doğrultusunda üretilerek veri kalitesi ve paylaşımı sağlanılarak birlikte çalışabilirliği ortaya koymaktadır.

1.1. Problemin Tanımı

Gelişen teknolojik ve ekonomik faaliyetler, artan nüfus, hayat standartlarında sosyal ve bölgesel gelişme; enerji, sağlık, eğitim, ulaşım, afet-risk yönetimi gibi birçok konuda kullanılan tesislerin doğru planlanmasında önem arz etmektedir. Bu tesislerin etkin planması için uygun yer seçimi çalışmalarının geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Yer seçimi uygulamaları mevcut durumun tespiti ardından görülen eksikliklerin çözümüne olanak sağlamaktadır veya duyulan ihtiyaçlara göre kullanılmaktadır. Bu nedenle yer seçimi çalışmaları analiz aşaması ve karar destek mekanizması sunan bir yapıya sahiptir. Her gün gelişen yeni metotlar ile fiziksel ve çevresel faktörler, arz-

talep ilişkisi gibi etmenler en mekansal uygun yer seçimi çalışmalarının uygulama alanlarını arttırmıştır. Nüfusun artmasıyla kentleşme, tüketim artışı, sanayileşme, ekonomik büyümeye bağlı olarak, enerji tesisleri, fabrika kurulumu, hastane, itfaiye istasyonları, perakende, kaynak yönetimi, yatırım planlama gibi hem kamu hem özel hizmet alanlarında en uygun tesislerin belirlenmesi çeşitliliği artış göstermiştir.

CBS ortamında gerçekleştirilen yer seçimi çalışmaları, literatür çalışmaları ve kullanıcılar tarafından kullanılan analiz tekniklerine göre üç farklı yöntemde ele alınmaktadır. Bunlar sırasıyla; Vektör tabanlı analizler ile yer seçimi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ile yer seçimi ve ağ tabanlı yer seçimi çalışmalarıdır. Klasik yöntem olarak da ifade edebileceğimiz vektör tabanlı analizler; nokta, çizgi ve poligon veri düzeyine mesafe alanlarının oluşturulması, keşisen bölgelerin tespit edilmesi ve elde edilen vektörel haritaların üst üste bindirilmesiyle bir sonuç haritasının üretilerek istenilen ölçekteki yerlerin belirlenmesini sağlayan yer seçimi yöntemidir. İkinci bir yöntem olan ve uygulamalarda oldukça sık kullanılan ÇKKV yöntemleridir. Bu yöntem, birden fazla seçim kriterinin ve farklı kriter önceliklerinin bulunduğu durumlarda, alternatif seçenekler arasından en uygun olanın belirlenmesine imkân tanımaktadır [Ünaldık, 2019]. ÇKKV yöntemi uygulanan yer seçimi çalışmasında birden fazla çözümün en iyisinin bulunmasıdır [Ertunç ve Çay, 2020]. Özellikle yatırım planlamada yer seçimi uygulamalarında altlık oluşturan CBS tabanlı analizler, ÇKKV sürecinin oluşmasını sağlamaktadır. Literatür çalışmalarında en sık kullanılan ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği, karmaşık problemleri en üst düzeyden en basite doğru hiyerarşik bir yapıyla sıralayarak analiz etmeye olanak tanımaktadır. [Ünaldık, 2019]. Diğer sık kullanılan ÇKKV yöntemi olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP), bulanık kümeler kuramı ve hiyerarşik yapıyı temel alarak, çok kriterli ortamlarda en iyi seçeneği belirlemek veya alternatifleri sıralamak amacıyla kullanılmaktadır. ÇKKV teknikleri arasında daha yeni ve daha efektif bir çözüm sunan Best-Worst Metodu (BWM), Rezaei (2015) tarafından geliştirilen en iyi ve en kötü kriterler karar verici tarafından tanımlanmakta olup kriterlerin ağırlıklarını ve alternatiflerin puanlarını belirlemek amacıyla ikili karşılaştırma vektörü kullanılmaktadır. Üçüncü yöntem ise network (ağ) tabanlı yer seçim uygulamalarıdır. Network analizleri, birden fazla bağlantıya sahip iki düğüm noktası arasındaki en iyi çözümü belirlemek ve en uygun güzergâhı tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. [Erden vd., 2003]. Network analizleri ile yer seçimi

çalışmalarında, ağ tabanlı veriler, coğrafi ağ yapısı ve ağ üzerindeki akış, erişebilirlik, mesafe, süre, maliyet gibi parametreler analizlerde dikkate alınarak en uygun yerler/tesisler belirlenmektedir.

Tüm bu yöntemler çalışmaların amaç ve hedefi kapsamında kullanılabilirliği farklılık göstermektedir. Her bir teknik kendi içerisinde farklı kullanılabilirlik durumu içermektedir. Bu durum yer seçimi çalışmalarında uygun tesislerin belirlenmesinde probleme yönelik doğru çözümün seçilmesine olanak sağlamaktadır. Vektör tabanlı analizler yer seçimi çalışmalarına temel olarak kullanılabilir. Network analizleri ağların yapısal özelliklerine ve optimizasyonuna odaklanmaktadır. Uygulamalarda sıkça kullanılan ÇKKV teknikleri ise yer seçimi çalışmaları bu konuda en fazla kullanılan yöntemdir. Literatürde ÇKKV yöntemleri ile yapılmış birçok farklı yer seçimi yaklaşımları mevcuttur. Örneğin; **[Uyan, 2013]** Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), **[Suh ve Brownson,2016]** Bulanık Küme ve AHP, **[Josimović vd., 2023]** PROMETHEE, **[Sindhu vd.,2017]** TOPSIS, **[Tercan, 2021]** En İyi-En Kötü Yöntemi (BWM), **[Erbaş vd., 2018]** Bulanık AHP (BAHP) ve TOPSIS, **[Baki, 2021]** Bulanık COPRAS, **[Aydemir Karadağ, 2019]** Hedef Programlama, **[Rezaei, 2021]** Bulanık VIKOR, **[Dinan vd., 2020]** Analitik Ağ Proses (Analytic Network Process-ANP), **[Akyüz ve Soba, 2013]** ELECTRE teknikleri kullanılmıştır. Bu teknikler problem çözümüne ve çalışma bölgesine göre farklılık göstermektedir. Ayrıca bu metotları hibrit yaklaşımla inceleyerek yöntemlerin performansları karşılaştırılmıştır.

Kullanıcının ihtiyacına göre bu yöntemler kullanılmakta, uzman görüş ve anket süreci ile kriter ve ağırlıkları belirlenmektedir. Konu kapsamında uzman kişilerden alınan görüşler doğrultusunda etkileyen faktörler belirlenmesi bir süreç olsa da karar vericinin birçok seçeneği karşılaştırarak en iyi kararı vermesi çalışmanın uygulanabilirliğini arttırmaktadır. Bu doğrultuda vektör tabanlı analizler ve ağ analizleri ile yer seçiminde karar vericilerin en uygun seçeneğin belirlenmesinde yetersiz kaldığı görülmektedir. Karar verme aşaması ve kriterler belirlendikten sonra CBS tabanlı analizler gerçekleştirilmekte ve uygun tesislerin yer seçimi yapılmaktadır. Ancak burada yapılan CBS tabanlı analizlere bakıldığında yakınlık analizleri, yüzey analizleri, bulanık üyelik, yeniden sınıflandırma, ağırlıklı bindirme, raster veriye dönüştürme, enterpolasyon analizleri gibi tekniklerin sıkça kullanıldığı görülmektedir. CBS’de çok sayıda katman kullanılarak analizler gerçekleştirildiği için analiz tekrarları kaçınılmaz olmaktadır. Bunu önlemek ve hataları minimuma indirmek için

CBS’de otomasyonu sağlamaya yönelik Model Builder (Model Oluşturma) aracı bulunmaktadır. Model Builder aracı ile yer seçimi modelleri geliştirilerek en uygun yerlerin belirlenmesine yönelik yaklaşım sunulmaktadır. Yer seçimi uygulamalarında ele alınan kriterler ve analiz teknikleri yer seçimi uygulamalarında sıkça kullanılan kriter ve analiz teknikleri olduğundan bu analizlerin gerçekleştirilmesine yönelik veri hazırlama modeli tasarlayarak bütünlęik bir model elde edilmektedir.

CBS endüstrisinde veri ve veri kalitesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda Çevre, şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından oluşturulmuş olan Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri (TUCBS) projesi; verilerin hangi ölçek ve standartta üreteceğini, mükerrer veri oluşmasının engellenmesi, verilerin güncelliği, verilerin etkin kullanılmasını ve ortak bir platformdan paylaşılmasını sağlayan bir rehber sistemidir. Bu doğrultuda yer seçimi çalışmalarında kullanılan kriter verileri TUCBS projesi ile entegre edilerek kullanılan veya üretilen veriler ortak yaklaşım ve standartlara dayandırılmaktadır. Hangi verinin hangi TUCBS veri temalarından altlık olarak kullanılması gerektiğini göstermektedir.

Çok kriterli karar destek sistemleri ile oluşturulan yer seçimi çalışmalarında optimizasyon sağlamak amacıyla geliştirilen yer seçimi araç modelleri uygulama alanlarında otomasyonunun sağlanması önem taşımaktadır. Bu modellerin TUCBS ile entegrasyonunun sağlanması verinin standartlara uygun şekilde üretilmesini, ortak bir sistem üzerinden paylaşılmasını ve verinin kalitesini ifade etmektedir.

1.2. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Günümüzde birçok planlama ve yatırım uygulamalarında yer seçimi tekniklerine gereksinim duyulmaktadır. Tezin amacı; literatürde çok Kriterli Karar Verme yöntemleri ile yapılmış yer seçimi çalışmalarında kullanılan kriterlerin, CBS ortamında analiz modellerinin oluşturularak, otomasyonunu sağlayan yer seçimi model araçları geliştirilmesi ve bu kriterleri TUCBS standartları ile ilişkilendirilerek bütünlęik bir yapı oluşturulmasıdır. Bu kapsamda araştırmanın hedefleri;

- Literatür araştırması yapılarak kabul görmüş yer seçimi çalışmalarının irdelenmesi ve kullanılan ÇKKV tekniklerin belirlenmesi
- İrdelenen ÇKKV teknikleri ile yapılan yer seçimi çalışmalarında, kullanılan kriter ve ağırlıkların belirlenmesi

- Kriterleri temsil eden coğrafi veri setlerinin üretilmesi için coğrafi analiz yaklaşımının belirlenmesi
- CBS tabanlı ÇKKV destek sistemleri ile bütünleşik yer seçim modelleri ve yatırım planlama uygulamalarının geliştirilmesi amacıyla CBS ortamında modellerin geliştirilmesi
- Modellerde kullanılacak her bir kriterin TUCBS’de yer alan 32 coğrafi veri temaları, uygulama şemaları ve stereotype yapıları ile eşleştirilerek veri üretiminde standardizasyonunun sağlanması
- Yer seçimi uygulamalarında kullanılacak verilerin TUCBS standartları ile hangi tema kapsamında, hangi öznitelik bilgilerine sahip, verinin kalite standartları ve paydaşlar arası birlikte çalışabilirlik ilkesiyle hareket edilmesi
- CBS Endüstrisi ve yatırım planlama çalışmaları için, ÇKKV yöntemleri ile uygun tesislerin belirlenirken CBS teknolojileri kullanılması ve seçimi belirleyen kriter verilerini TUCBS projesiyle ilişkilendirilerek bütünleşik bir metodolojinin geliştirilmesi olarak belirlenmiştir.

1.3. Metodoloji

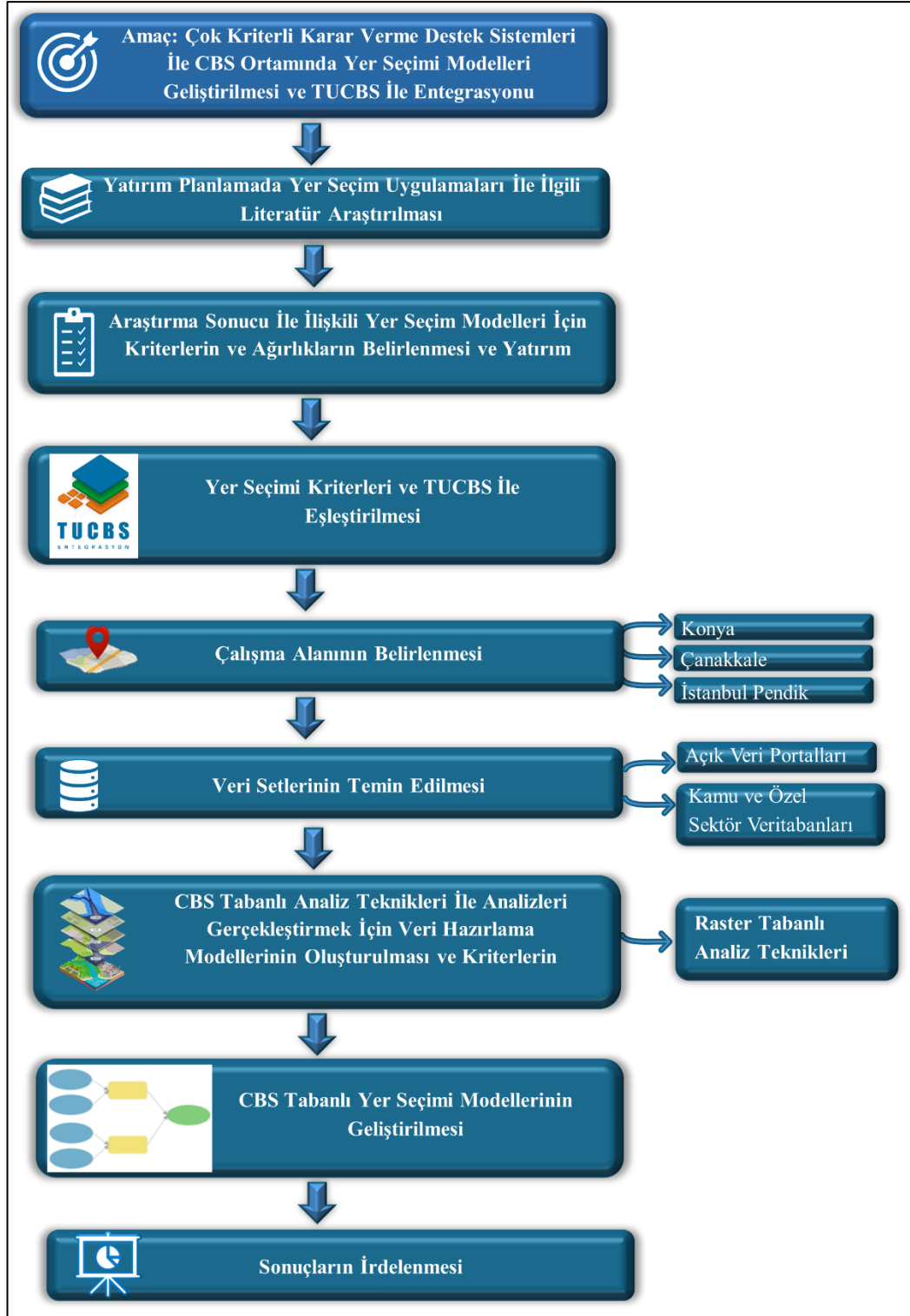
Bu tez çalışmasının metodolojisi; literatür taraması, yatırım planlamada yer seçim uygulamaları, yer seçim kriterleri ve TUCBS veri temaları ile eşleştirmesi ve uygulama sonuç olmak üzere dört aşamada organize edilmiştir.

Literatür taraması aşamasında; ÇKKV yöntemleri ile CBS ortamında uygulanan analizlerle farklı çalışma alanlarında yapılmış yer seçimi çalışmaları mevcut akademik araştırmalar çerçevesinde incelenmiştir. Özellikle farklı ÇKKV tekniklerinin ve analizlerinin kullanıldığı, uygulama alanı olarak sürdürülebilir konu başlıkları, yöntemlerin başarısının karşılaştırıldığı ulusal ve uluslararası çalışmalar ele alınmıştır.

Yatırım planlamada yer seçim uygulamaları aşamasında; CBS tabanlı analizler ve ÇKKV ile farklı alanlarda yapılmış yer seçimi çalışmalarında kullanılan kriterler, alt kriterler ve ağırlıklar detaylandırılmıştır. Her kriter tek tek çalışma kapsamında incelenmiştir. Söz konusu kriterlerin çalışmayı nasıl etkilediği durumu ortaya koyulmuştur. Örnek uygulamalar için mekansal ve mekansal olmayan kriterlerin verilerinin elde edilmesi, elde edilen verilerin uygulama kapsamında kriterlerin ağırlıklarının eşleştirmesi yapılmıştır.

Yer seçim kriterleri ve TUCBS veri temaları ile eşleştirmesi aşamasında; yatırım planlamada yer seçim uygulamalarının detaylandırıldığı yatırım planlama tablosunda yer alan toplam 81 kriter, ulusal veri altyapısı TUCBS'nin mevcut 32 coğrafi teması ve stereotype (tema, uygulama şeması, öznitelik, değer ve kod listeleri vs.) yapıları ile her kriter ilişkilendirilerek detaylandırılmıştır.

Uygulama ve sonuç aşamasında; yatırım planlama tablosunda yer alan yer seçimi çalışmalarından enerji ve ulaşım alanına yoğunlaşarak bu alanda yapılmış yer seçimi çalışmalarından; güneş enerji santrali, rüzgar enerji santrali ve elektrikli araç şarj istasyonları yer seçimi çalışmaları uygulama kapsamında değerlendirilmiştir. Bu örnek üç yer seçimi uygulamalarında kullanılan ve yatırım planlama tablosunda da yer alan bu kriterlerin CBS tabanlı analizlerinin otomasyonu sağlanması amacıyla veri hazırlama modelleri geliştirilmiştir. Bu konuda yapılan literatür çalışmalarında kullanılan kriterler ve ağırlıklar üzerinden CBS tabanlı yer seçimi modelleri geliştirilmiştir. Modellerin coğrafi analizleri, veri hazırlama modeli ile entegre edilmiş ve geliştirmeye açık bir yapı oluşturulmuştur. Bu kapsamda tez çalışmasının uygulama süreci **Şekil 1.1**'de verilmiştir.



Şekil 1.1: Tez çalışması iş akış süreci.

1.4. Literatür Taraması

Tezin amacı, katkısı ve içeriği kısımlarında ifade edilen konular doğrultusunda; yer seçimi uygulamaları, ÇKKV ve CBS tabanlı coğrafi analiz teknikleri, yer seçimi çalışmaları kapsamında kullanılan kriterler ve seçim aracı modellerinin oluşturulması ve de bunların TUCBS coğrafi veri temalarıyla entegrasyonunun sağlanması konularında gerçekleştirilen mevcut akademik çalışmalar incelenmiş ve irdelenmiştir.

Çolak vd., güneş enerji santralleri için optimum/en uygun sahaların belirlenmesi amacıyla ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemini ve CBS teknolojilerini kullanılarak Malatya ili için bir güneş enerji santralleri (GES) uygun yer seçimi çalışması gerçekleştirmişlerdir. Küresel güneş radyasyon dağılım istatistikleri incelendiğinde Malatya ili ortalamanın üzerinde olup en çok güneş alan bölgelerden biri olduğu için seçilmiştir. Ayrıca düz bir araziye sahip olduğundan ekonomik ve yatırım planlama açısından da avantajlı bir konuma sahiptir. Çalışmada literatür taraması ve uzman görüşleri sonucunda; arazi örtüsü, eğim, bakı, yol, güneş enerji potansiyeli, enerji nakil hatları, trafo merkezleri, göl ve nehirler, doğalgaz hatları, fay hatları ve yerleşim bölgeleri olmak üzere 11 farklı kriter belirlenmiştir. CBS tabanlı yakınlık ve yüzey analizleri uygulanmış olup her bir kriter katmanı 0-10 arasında uygunluk indeksi olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Analizde kullanılan kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile hesaplanmış ve analizlere dahil edilmiştir. Tüm kriter katmanları, AHP yöntemi belirlenen ağırlıklar ile birleştirilmiştir. Sonuç olarak Malatya ilinde güneş enerji santralleri kurulumu için en uygun sahaları gösteren bir uygunluk haritası elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar mevcut GES ile karşılaştırılmış olup karar vericilere en optimal çözüm sunan bir çalışma geliştirilmiştir [Çolak vd., 2020].

Tercan, Balıkesir ilinde rüzgar enerji (RES) santralleri için ÇKKV yöntemi Best-Worst Metodu (BWM) metodu ile CBS tabanlı arazi uygunluk modeli geliştirmiştir. Çalışmada 9 değerlendirme kriteri ve 19 kısıt kullanılmıştır. Altı uzman ile görüşülerek anket sonucu kriterler belirlenmiş ve kriterlerin ağırlıkları BWM yöntemi ile hesaplanmıştır. Altı uzman tarafından kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi kurularak kriterlerin birbirine göre 1-9 arasında ölçek verilerek en iyi ve en kötü durumu karşılaştırılmıştır. RES saha tesislerinde; rüzgar hızı, en iyi/en öne çıkan değerlendirme kriteri olarak belirlenmiştir. Bunu sırasıyla arazi örtüsü/kullanımı, belirli koruma alanlarına yakınlık, kentsel yerleşimlere yakınlık, eğim, sulak alanlara

ve önemli kuş bölgelerine yakınlık, enerji nakil hatlarına yakınlık, havaalanlarına yakınlık ve en kötü değerlendirme kriteri ana yollara yakınlık kriterleri izlemiştir. CBS ortamında kriterlerin mekansal analizleri gerçekleştirilmiş ve weighted overlay (ağırlıklı bindirme analizi) yöntemi kullanılarak dört sınıftan (uygun olmayan, kısmen uygun, orta derecede uygun ve yüksek derece uygun) oluşan tematik uygunluk haritası sunulmuştur. Elde edilen bulgular, çalışma alanının %59,10 uygun olmayan, %12,19'u kısmen uygun, %18,13 orta derecede uygun ve %10,58'nin yüksek derecede uygun olduğunu göstermiştir. Uygun olmayan bölgelerin alansal değerinin nedenleri; çevresel faktörler (önemli sulak alanlar, doğal ve milli tabiat parklar, antik kentler, koruma bölgeleri, flora ve fauna çeşitliliği), arazi kullanım özellikleri ve afet koşulları (heyelan, toprak kayması, çığ vb.) parametreleridir. Çalışma alanının bu etkilerinin analizlere dahil edilerek optimum ve sürdürülebilir bir yaklaşım sunulmuştur **[Tercan, 2021]**.

Akbaba vd., CBS tabanlı teknikler ve AHP yöntemi ile birlikte sürdürülebilir ulaşım ağları için Ankara /Mamak ilçesinin Ege Mahallesi bisiklet ile yürüyüş yolu için yer seçimi çalışması yapmışlardır. Türkiye'deki bisiklet ve yürüyüş yollarına ilişkin mevcut mevzuatlar incelenerek mevcut durum değerlendirilmiştir. CBS teknolojileri kullanılarak entegre bir yaklaşım geliştirilmiştir. Uzman kişilerin görüşleri ve anket süreci ile kriterler belirlenmiştir. Çalışma kriterlerinde ikisinde de ortak olanlar; park ve yeşil alanlara yakınlık, eğitim, toplu taşıma sistemine entegrasyon, okullara yakınlık, sağlık merkezlerine yakınlık, alışveriş merkezlerine yakınlık ve anayollara yakınlık kriterleridir. Bu kriterlere ek olarak bisiklet yolu kriterleri; bisiklet yolunun varlığı, bisiklet yolunun varlığı ve spor merkezlerine yakınlık, yürüyüş yolu kriterleri; kaldırım varlığı, kültür ve eğlence merkezlerine yakınlık ve bankalara yakınlık kriterleridir. AHP tekniği ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Kriterlerin alt kriterleri ve öncelik sırası belirlenerek CBS tabanlı analizleri gerçekleştirilmiş ve 0-5 arası yeniden sınıflandırılmıştır. Elde edilen kriter katmanları ile bindirme analizi yapılarak hem bisiklet hem yürüyüş yolu için uygunluk haritası üretilmiştir. Aynı zamanda çalışmada yürüyüş yapılabilen ve bisiklet binilebilen alanların araziyle uyumluluğu da çalışma kapsamında irdelendiğinde bisiklet yollarının bulunmadığı ve yürüyüş yolları için dizayn edilen kaldırımların yetersiz olduğu tespit edilmiştir **[Akbaba vd., 2023]**.

Kumar vd., Hindistan'ın Bihar eyaletinde uygun hastane tesis edilecek sahaların belirlenmesinde ÇKKV yöntemlerinden Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçim Yöntemi (ELECTRE) kullanmışlardır. Bihar'da yeni bir hastane tesis etmek için Sitamarhi, Ara, Begusarai, Purnia ve Jamui olmak üzere beş lokasyon belirlemişlerdir. Bu lokasyonların avantajlar ve dezavantajlar durumları ELECTRE yöntemi ile sıralanmıştır. Karar alma süreci bulanık ELECTRE ile belirlenmiştir. Çalışmada maliyet, yakınlık, nüfus özellikleri, sağlık personellerinin mevcut durumu, erişebilirlik ve çevresel olmak üzere altı ana kriter irdelenmiştir. Kriterler ve bulanık ELECTRE yönteminin matematiksel modeli kullanılarak, diğer lokasyonlara göre erişebilir ulaşım ağları, çevresel faktörleri, diğer sağlık tesislerine olan mesafesi, nüfus yoğunluğu gibi kriterleri karşılaştırıldığında beş lokasyon içinden en iyi ve en uygun lokasyon Purnia olduğu tespit edilmiştir **[Kumar vd., 2016]**.

Ekin ve Sarıkaya, Kütahya ilinin merkezinde bulunan Fuat Paşa Mahallesi'ne olası bir afet anında ve sonrasında hizmet verebilecek optimum acil toplanma alanlarının belirlenmesine yönelik çalışma yürütmüşlerdir. Mahalleye yardım hizmeti sunabilecek 29 adet alternatif toplanma alanı mevcuttur. ÇKKV yöntemlerinden AHP ve İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (TOPSIS) kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kriterler literatür araştırması ve uzman görüşleri alınarak belirlenmiştir. Bu kriterler; altyapı (su, kanalizasyon, elektrik) , ulaşım (engelli, kara, yaya), alan tipi (açık, kapalı), çevre güvenliği (etrafındaki yapı yükseklikleri, yapılara uzaklık), alansal büyüklük (metrekare) ve uzaklık olmak üzere ana altı kriter belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Ana kriterlerin alt kriterleri ve toplanma alanları TOPSIS yöntemi ile karşılaştırmış ve önem derecesine göre sıralamıştır. Elde edilen sonuçlara göre alternatif toplanma alanlarından, Fuat Paşa Mahallesi'ne hizmet verebilecek en önemli/en uygun/en iyi alanlar sırasıyla; kentpark, şeker fabrikası spor alanı ve Ziraat Mahallesi pazar alanı olarak tespit edilmiştir **[Ekin ve Sarıkaya, 2021]**.

Erbaş vd., elektrikli araç şarj istasyonlarının (EAŞİ) konumlandırılması ile ilgili CBS tabanlı çok kriterli karar analizi yaklaşımını irdeleyerek Ankara'da EAŞİ optimum yer seçimi çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. İstasyonların optimum yerlerinin belirlenmesinde Bulanık AHP (BAHP) ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma dört adımlı bir çözüm yaklaşımı ile geliştirilmiştir: (i) uzman görüşlerinden alınan 3 ana kriter ve 15 alt kriterin belirlenmesi, (ii) CBS analiz teknikleri ile kriterlerin

katmanlarının oluşturulması, (iii) Bulanık AHP yöntemi ile her kriterin ağırlıklarının önceliklendirilmesi ve hesaplanması, (iv) Potansiyel sahaların TOPSIS yöntem kullanılarak puanlanması ve sıralanması. Ankara ilinin nüfusu fazla olan merkez ve 8 ilçe (Çankaya, Altındağ, Keçiören, Yenimahalle, Mamak, Etimesgut, Gölbaşı ve Pursaklar) çalışmaya dahil edilmiştir. Kriterler sırasıyla; (1) Çevresel/Coğrafi Kriteri ve alt kriterleri; yeşil alanlara uzaklık, su kaynaklarına yakınlık, heyelan riskine uzaklık, arazi eğimi, EAŞİ genişleme olasılığı ve deprem riski, (2) Şehircilik Kriteri ve alt kriterleri; hizmet alan nüfusu, kavşaklara yakınlık, ana yollara yakınlık, trafo merkezlerine yakınlık, akaryakıt istasyonlarına yakınlık ve diğer EAŞİ olan mesafe, (3) Ekonomik Kriteri ve alt kriterleri; arazi maliyeti, servis alanında elektrikli araç sahipliği ve elektrik kesintisine olan mesafe olarak uygulama kapsamında kullanılmıştır. BAHP ile hesaplana kriter ağırlıkları kullanılarak, alternatif lokasyonların sıralanması ve EAŞİ için en yüksek puan değerine sahip önerilen 12 alternatif lokasyon TOPSIS yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmanın amacı yeni alternatif lokasyonlar bulmanın yanı sıra mevcut EAŞİ 'larını değerlendirmektedir. 12 alternatif lokasyon seçilme nedeni mevcut 12 EAŞİ ile adil bir karşılaştırılma yapılmasıdır. Elde edilen sonuçlar önerilen alternatif lokasyonların, dikkate alınan kriterler açısından, mevcut 12 EAŞİ lokasyonlarından daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır [Erbaş vd., 2018].

Roodposhti vd., Zenginleştirme Değerlendirmeleri İçin Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi (PROMETHEE) ve Bulanık AHP (BAHP) yöntemlerini kullanılarak İran'ın Gorgan ilindeki Minoo Dasht bölgesi için CBS tabanlı heyelan duyarlılık haritası geliştirmişlerdir. Çalışmada; eğim, bakı, nehire olan mesafe, drenaj yoğunluğu, fay hatlarına olan mesafe, ortalama yıllık yağış miktarı, yollara uzaklık ve litoloji olmak üzere heyelan ile ilgili sekiz kriter belirlenmiştir. BAHP ile kriterler ağırlaklandırılmıştır ve PROMETHEE yöntemi kullanılarak entegre edilmiştir. Heyalan duyarlılık haritası için önerilen 83 adet yakın tarihli ve tarihi heyelan noktası çalışma kapsamında yapılan anketler sonucunda belirlenmiştir. Çalışma kriterleri ilgili CBS tabanlı analizleri yapılmıştır. Bulanık AHP ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir ve PROMETHEE yöntemi ile her kriterin pozitif ve negatif performans değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak tüm kriter katmanları ile bindirme analizi yapılarak; çok düşük duyarlılık, düşük duyarlılık, orta duyarlılık, yüksek duyarlılık ve çok yüksek duyarlılık olmak üzere beş sınıftan oluşan heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

Heyelan noktalarının 43 tanesinin (~%52'si) gerçekten yüksek ve çok yüksek duyarlılık bölgelerine girmektedir. 4 heyelan noktası (~%4.8'si) düşük duyarlılık sınıfına düşmektedir. Ayrıca çok düşük duyarlılık bölgesinde kaydedilen bir heyelan olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar PROMETHEE tekniğinin heyelan duyarlılık haritası doğruluğu için CBS tabanlı veri katmanları ile entegre edilmesi performansının yüksek olduğunu göstermiştir [Roodposhti vd., 2014].

Güldü vd., Sivas'ta bulunan birbirinden bağımsız 5 bisiklet yolunu, birbirine entegre edilmesine yönelik AHP ve Analitik Ağ Süreci/Prosesi (ANP) tekniklerini hibrit bir şekilde kullanılarak kentsel alanlarda bisikletlerin verimli kullanılmasını sağlayan bir bisiklet yol ağı metodolojisi geliştirmişlerdir. Her iki metot karar verme süreçlerinde farklı aksiyon almaktadır. AHP kriter ve ağırlık ilişkisini sunmakla sınırlıyken, ANP belirli ilişki düzeniyle sınırlı değildir ve karar vericiye geri bildirim sunar ancak ANP'de AHP'deki gibi ikili karşılaştırma matrisi oluşturmak zordur. Çalışmada 11 farklı uzmandan alınan görüşler doğrultusunda 3 ana kriter ve 9 alt kriter belirlenmiştir. Bunlar; fiziksel kriterler (yol genişliği, eğim, yol devamlılığı), çevresel kriterler (arazi kullanımı, ulaşım sistemlerine entegrasyon, mahalle nüfusu, trafik yoğunluğu) ve görsel kriterler; kat yükseklikleri, yapının inşaat durumu). Trafik yoğunluğu ve yol genişliği arasındaki bağımlı ilişkiyi çözümlerken ve ağırlıklandırılırken ANP yöntemi, birbirinden bağımsız olan kriterler için AHP yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca kriter ağırlıkları AHP ile hesaplanmıştır ve bu ağırlıklar üzerinden CBS tabanlı bisiklet yolu uygunluk haritası üretilmiştir. Yeni bisiklet güzergahları oluşturulurken, mevcut bisiklet güzergahları (Tablo 1), şehrin önemli noktalarından geçecek şekilde birleştirilmiştir (Şekil 5). Bu aşamada, elde edilen ağırlık dağılımına göre, ağırlık değerleri belirli bir eşik değerinin üzerinde olan yollar (şehrin turizm, ticaret, eğitim, sağlık, kültür, ulaşım ve rekreasyon alanları açısından önemli olan yollar), bisiklet yolu yapımı için uygun olarak değerlendirilmiş ve bu değerlerin üzerindeki alanların belirlenmesinde ağ analizleri kullanılmıştır. Bu yöntem ile iki nokta arasında rota oluştururken en uygun koşullara sahip yol hatlarını seçmek ve alternatif bulunmayan durumlarda zorunlu olarak kullanılacak uygun olmayan yol hatlarını minimum seviyede tutmaktır. Bu şekilde, bisiklet sürüşüne uygun olmayan yolların iyileştirilmesi maliyeti de minimize edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre bisiklet yollarının %99,7'sinin (orta uygunluk: %16,65, uygun: %58,72, çok uygun: %24,33) uygun yollardan geçtiği, %0.3'ünün uygun olmayan yollardan geçildiği tespit

edilmiştir. Bulgular önerilen yaklaşımla hem verimli hem daha az maliyetli bir yer seçimi metodolojisi sunduğunu göstermektedir **[Güldü vd., 2024]**.

Bovkır ve Aydınoglu, coğrafi veri altyapısı, veri standartlarını ve TUCBS ile bütünleşik yapı geliştirmek amacıyla Bulanık Mantık yaklaşımı kullanarak toplu taşınmaz değerlendirme veri modeli yaklaşımı geliştirmişlerdir. Veri modelinde ISO/TC 211 standartları ile uyumlu TUCBS Tapu-Kadastro veri temasına entegre bir yapı oluşturulmuştur. Modelde İstanbul ili Pendik ilçesi için toplu taşınmaz değerlemeyi etkileyen kriterler 7 grup halinde oluşturulmuş ve ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bunlar; planlama, çevresel faktörler, ulaşım, kültürel faktörler, kamu hizmetleri, kullanım düzeyi ve sosyal faktörlerdir. Her bir kriter grubu Bulanık Mantık yöntemi ile CBS tabanlı teknikler ile analiz edilmiş ve her bir kriter grubuna ilişkin tematik haritaları ve indeksleri üretilmiştir. Elde edilen kriter grup indekslerinin ağırlıkları literatür taraması ile belirlenmiştir. Kriter grupları ve ağırlıkları ile bindirme analiz yapılarak CBS tabanlı ve ulusal coğrafi veri altyapısı ile entegre taşınmaz değerlendirme haritası elde edilmiştir **[Bovkır ve Aydınoglu, 2018]**.

Başegmez vd., CBS teknolojileri ve AHP yöntemi kullanılarak okul alanlarının planlanmasına yönelik bir optimum okul alanlarının yer seçim çalışmasını gerçekleştirmişleridir. Uşak ili Merkez ilçesi yapılan çalışmada, kullanılan kriterler anket çalışması ve literatür araştırması sonucu ile belirlenmiştir. Değerlendirme sürecinde kullanılan kriterler şunlardır: taşkın sahası, yüksek/orta gerilim hattı güzergahı, topografik eğim, gürültü kirliliği, ana ulaşım arterlerine ve yerleşim merkezlerine mesafeler, altyapı planlaması entegrasyonu, nüfus yoğunluğu, havaalanlarına yakınlık, zemin özellikleri, kimyasal, yakıt ve nükleer tesislere, yüksek basınçlı doğalgaz hatlarına, benzin istasyonlarına, basınçlı kanalizasyon hatlarına ve yüksek basınçlı su boru hatlarına yakınlık, jeolojik formasyonlar, itfaiye istasyonlarına ve mevcut eğitim kurumlarına yakınlık. Bu 20 kriter çalışma kapsamında kullanılmıştır. Her bir kriter ağırlığı AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Kriterlerin katman haritaları, coğrafi analiz teknikleri ile sınıflandırılmış uygunluk haritaları üretilmiştir. Tüm kriter katman haritaları ağırlıkları bindirme analizi ile en uygun okul sahaları yer seçimi yapılmıştır. Ayrıca çalışmada mevcut 132 adet eğitim tesislerinin uygunluk durumu da değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda 132 adet eğitim tesisinin; 3 adet tesis daha uygun (%2'si), 7 adet tesis uygun (%5'i), 22 adet tesis daha az uygun (%17'si) ve 100 adet tesis uygun olmayan (%76'sı) sahalarda yer aldığı, en

uygun sahalarda ise hiçbir eğitim tesisinin yer almadığı sonucu elde edilmiştir. Buna bağlı olarak %76 oranında eğitim tesislerinin planlanamaz alanlara tesis edilmesi, ilgili belediyenin eğitim yatırım planlamasının doğru bir strateji ile planlanmadığını göstermektedir [Başgömez vd., 2019].

Ustaoglu ve Aydınoglu, İstanbul ili, Pendik ilçesindeki kentsel yerleşim alanlarının uygunluk analizi yapılarak potansiyeli uygun arazi kullanımı için en uygun alanları belirlemek ve sürdürülebilir bir şehirleşmeyi desteklemek amacıyla yönelik bir yer seçimi çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın amacı; fiziksel özellikler, erişilebilirlik, yeşil ve mavi alanlar, mevcut yapılaşma ve altyapı gibi faktörlerin etkisini analiz etmekte ve uygunluk haritaları oluşturmaktadır. Bunların analiz CBS ve ÇKKV tekniklerini bütünlük bir yapıda ele alınarak yapılmıştır. Çalışmada AHP ve bulanık mantık yaklaşımlarını içeren bulanık AHP olmak üzere iki farklı model karşılaştırılmıştır. Çalışmada 6 ana ve 17 alt kriter kullanılmıştır. Bunlar; fiziksel (eğim, bakı, yükseklik), erişilebilirlik (otoyollara uzaklık, anayollara uzaklık, otobüs duraklarına mesafe, metro duraklarına mesafe, limana olan mesafe ve havalimanına olan mesafe), su kaynakları (rezervuardan uzaklık, su kaynaklarına uzaklık, kıyı şeridinde mesafe), kentsel arazi (kentsel yeşil alanlara mesafe, endüstri/ticari alanlarına mesafe, yerleşim merkezlerine mesafe), bitki örtüsü (arazi kullanımı) ve jeoloji (toprak kapasite). Tüm kriterler üzerinden ilk modelde; AHP yöntemi ile kriterlerin uygunluk sınıflandırılması 1-7 ölçeğinde yapılmıştır. 1 en az uygun alanı, 7 en uygun alanı ifade etmektedir. Buna göre uygunluklar sınıflandırılırken, CBS tabanlı analizler ile kriterlerin kriter katman haritaları üretilmiş ve kriter ölçeğine göre sınıflandırılmıştır. En son ağırlıklı bindirme analizi ile 1-7 arasında değişen uygunluk indeksleri hesaplanmıştır. İkinci modelde Bulanık AHP ile kriterlerin uygunluk sınıflandırılması 0-1 arasında bulanık üyelik fonksiyonlarına dayanmaktadır. 1 değeri maksimum uygunluğu temsil ederken 0 değeri en düşük uygunluğu temsil etmektedir. Uygunluk sınıflandırılırken bulanık üyelik fonksiyonları olan Gauss, doğrusal, sigmoid ve ters sigmoid fonksiyonları kullanılmıştır. Uygunluk indeksleri hesaplanırken ağırlıklı lineer kombinasyon modeli kullanılarak 0-1 arasında değişmektedir. Her iki modelde de kriter ağırlıkları hem AHP hem BAHP ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Pendik ilçesinin merkezi ve güney kesimler özellikle ulaşım ağına ve mevcut kentsel alanlara yakın yerler yüksek uygunluk göstermektedir. Kuzey kesim, tarım alanları ve ormanlık bölgeler nedeniyle daha düşük uygunluk göstermektedir. Her iki

model ve yöntemde hesaplanan ağırlıklar ve analizler ulaşabilirlik ve mevcut altyapının uygunluk değerlendirmesinde önemli rol almaktadır. Ayrıca bulanık mantık, bulanık AHP ve CBS entegrasyonu, geleneksel yaklaşımlara kıyasla uygunluk değerlendirmelerini iyileştirebilecek gelişmiş bir metodolojidir **[Ustaoglu ve Aydinoglu, 2020]**.

Alinia vd., CBS tabanlı sürdürülebilir otopark alanı yer seçimi ve kentsel trafik yoğunluk yönetimine etkisi irdelenmiştir. Çalışma İran'ın batısında yer alan en kalabalık şehirlerinden biri olan Boroujerd şehri için otoparklar için en uygun alanlar belirlenmiştir. Yeni otopark yerlerinin inşası için gerekli alan büyüklüğü Park Yeri Oluşturma Yöntemi (Parking Generation Method) kullanılarak tahmini oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında kullanılan kriterler; seyahat çekim merkezlerine mesafe, geçiş yollarına mesafe, arazi maliyeti ve otopark alanları için uygun arazi kullanımları olmak üzere belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Kriter ve ağırlıkları ile CBS tabanlı analizler uygulanarak kriterlerin harita katmanları oluşturulmuştur. Harita katmanları öncelikle Boolean Yöntemi kullanılarak üst üste bindirilmiştir. Ancak, çıktı haritasında belirlenen alanların çalışma bölgesi genelinde yeterince dengeli bir dağılıma sahip olmadığı görülmüştür. Bunun üzerine ÇKKV yöntemlerin biri olan Sıralı Ağırlık Ortalama (Ordered Weighted Average-OWA) yöntemi kullanılarak üst üste bindirme işlemi yeniden yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Boroujerd şehri için otoparklar için en uygun alanlar; Safa Caddesi, Bahrololoum Caddesi ve Kashani Caddesi olarak elde edilmiştir **[Alinia vd., 2015]**.

Rize ilinde bulunan Organize Sanayi Bölgesi (OSB)'nde kurulacak öncelikli sektörlerin belirlenmesine yönelik bir yer seçimi metodolojisi geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında yapılan literatür araştırması ve anket çalışmasıyla 7 kriter belirlenmiştir. Değerlendirme kriterleri şu şekildedir: işgücü arzı ve maliyeti, teşvik ve destek mekanizmaları, tedarik zinciri çeşitliliği ve kalitesi, ulaşım hizmetlerinin yeterliliği, toplumun sektöre yönelik algısı, enerji arzı ve eğitim/araştırma kurumlarının varlığı. Rize ilinin istihdam, ihracat, kaynaklar ve benzeri durumları göz önünde bulundurularak 7 alternatif sektör belirlenmiştir. Bu sektörler şunlardır: gıda ürünleri ve içecek imalatı, tekstil ürünleri imalatı, kâğıt hamuru-kağıt ve kağıt ürünleri imalatı, metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı, ana metal sanayi sektörü, makine ve teçhizatı hariç fabrikasyon metal ürünleri imalatı ve başka yerde

sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalat sektörü. ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. TOPSIS ve Çok Kriterli Optimizasyon Ve Uzlaşık Çözüm (VIKOR) yöntemleri ile alternatiflerin öncelik sıraları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre teşvik ve destekler kriteri öncelikli sektörlerin karar verme aşamasında en önemli kriter olmuştur. Alternatif sektörler sıralamasında gıda ürünleri ve içecek imalatı sektörü hem TOPSIS hem VIKOR yöntem sonuçlarına göre Rize OSB için kurulması öncelikli sektör olarak tespit edilmiştir [Ar vd., 2014].

Uyan ve Yalpır, tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin belirlenmesine yönelik AHP ve CBS teknolojisi kullanılarak bir yer seçimi çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada Konya Büyükşehir Belediyesi sınırları içindeki tesislerin yer seçimini değerlendirirken 6 önemli kriteri göz önünde bulundurmıştır: konut ve sanayi alanlarına uzaklık, jeoloji, arazi kullanımı, eğitim, yollar ve demiryollarına uzaklık ve nehirler, göller, sulak alanlar, kıyı bölgesi ve baraj alanlarından uzaklık. Ayrıca çalışmada çevresel etkiler dikkate alındığında uygun olmayan alanlar için maskeleme yapılmış ve tampon bölgeleri oluşturularak yer seçimi dışında tutulmuştur. AHP yöntemi ile ağırlıkları belirlenen kriterlerin coğrafi analiz teknikleri ile kriter katman haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca bu çalışmada yer seçim çalışmaların optimizasyonu sağlamak tekrarlı CBS analizlerinin otomasyonunu sağlamak amacıyla ArcGIS yazılımı içerisinde yer alan Model Builder aracı ile uygunluk modeli ve yer seçim aracı geliştirilmiştir. Tüm kriter haritaları ve katmanları üst üste bindirme analiz uygulanarak, en uygun tıbbi atık tesis yerleri uygunluk haritası ‘az uygun’, ‘uygun’ ve ‘çok uygun’ olmak üzere 3 sınıfta üretilmiştir. Çalışma alanının coğrafi analiz sonuçlarına göre, arazinin büyük bir bölümü (%62.50) ‘az uygun’ olarak sınıflandırılmıştır. Bu, arazinin bazı kısıtlamalar içerdiği ve belirli koşullar altında kullanıma uygun olabileceği anlamına gelir. Arazinin %10.93’ü "uygun" olarak belirlenirken, %26.57’si ‘çok uygun’ olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar, arazinin kullanım potansiyeli hakkında önemli bilgiler sunmaktadır ve planlama kararlarında dikkate alınması gerekmektedir. Tıbbi atık tesisler için çalışma alanında aslında birçok alan uygun olarak tespit edilmiştir ancak Konya ilindeki rüzgar yönü kuzey ve kuzeydoğuda hakim olduğundan ve tıbbi atık tesisleri için en uygun bölgeler güney bölgeleri olarak seçilmiştir. Bunlara ek olarak çalışma kapsamında 3 adet aday tıbbi

tesis alanı önerilmiştir ve mevcut tesisler de kısıtlanmış bölgeler içerisinde kalmakta olup yerleşim yerlerine oldukça yakındır [Uyan ve Yalpir, 2016].

Kara vd., Kırıkkale ilinde güneş ve rüzgar enerjisini sürdürülebilir ve yüksek verimli enerji üretimini sağlamak için, hibrit enerji santrali kurulumu optimum yer seçimi çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında literatür taraması sonucu 6 kriter coğrafi kriter belirlenmiştir. Bunlar; eğim, trafo merkezi uzaklık, güneş enerji potansiyeli, rüzgar hızı, arazi maliyeti ve arazi kullanımı. Çalışmada Kırıkkale'nin ilçeleri santrallerin tesis edilmesi planlanan alternatif yerler olarak belirlenmiştir. Bunlar; Bahşili, Balışeyh, Çelebi, Delice, Karakeçili, Keskin, Merkez, Sulakyurt ve Yahşıhan ilçeridir. En uygun yerlerin belirlenirken ÇKKV tekniklerinden; AHP, TOPSIS ve Karmaşık Orantılı Değerlendirme (COPRAS) teknikleri kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları AHP yöntemi ikili karşılaştırma ve normalize matrisleri ile hesaplanmıştır. Elde edilen kriter ağırlıkları ile AHP uygulama sonucu hibrit enerji santrali kurulumu en uygun ilçe 'Keskin' ilçesi olmuştur. AHP ile elde edilen kriter ağırlıkları ile alternatiflerin önceliklendirmesi TOPSIS yöntemi bütünleşik olarak incelendiğinde, santral kurulumu için en uygun ilçe 'Keskin' ilçesi olmuştur. COPRAS yöntemi de AHP ve TOPSIS bütünleşik yapısında olduğu gibi alternatifler sıralanmıştır kriterlerin faydalı faydasız ayrımı yapılarak hesaplamalara dahil edilmesidir. Güneş enerji potansiyeli faydalı kriter iken arazi maliyeti faydasız kriter gibi kriterleri yorumlanabilir kılmıştır. Bu entegre yöntemde de en uygun ilçe yine Keskin ilçesi olmuştur. Her üç modelde de hibrit enerji santrali kurulumu uygun olmayan ilçe 'Delice' ilçesi olmuştur. Ayrıca çalışmada yöntemler arası korelasyon ilişkisini tespit etmek amacıyla Spearman Sıra Korelasyon yöntemi kullanılmıştır. Korelasyon sonucunda; TOPSIS ve COPRAS teknikleri korelasyon değeri en yüksek değere sahipken, ikinci yüksek değer AHP-COPRAS teknikleri arasındadır [Kara vd., 2022].

Bingül vd., su kaynaklarının efektif yönetilmesi amacıyla yapılan analizlerde kullanılan yöntemlerin belirlenmesi ve coğrafi verilerin TUCBS veri standartları ile uyumlaştırma çalışmasına yönelik bir metodoloji sunmuşlardır. Su kaynaklarının yönetimi, karmaşık ve çok boyutlu bir süreçtir ve bu süreçte doğru kararlar alabilmek için çeşitli analizlerin yapılması gerekmektedir. Bunlar: yağış-akış ilişki, taşkın ve hidrojeolojik analizler. Analizlerde kullanılacak coğrafi veriler tespit edilerek TUCBS 32 coğrafi veri temaları ile ilişkisi irdelenerek karşılaştırma tabloları oluşturulmuştur.

Her kriterin verisi TUCBS veri temalarında olması beklenmemekte ve herhangi bir veri standartları irdelenememektedir. TUCBS’de bulunan kriter verileri, TUCBS veri temaları, şemaları ve stereotip ile açıklanmıştır. Yağış-akış ilişki analizleri TUCBS’nin Atmosfer ve Meteoroloji Verileri veri teması öznitelikleri ile, Taşkın analizi TUCBS’nin Hidrografya, Yükseklik, Jeoloji, Arazi Kullanımı, Atmosfer ve Meteoroloji Verileri veri temaları öznitelikleri ile, Hidrojeolojik analizler Jeoloji veri teması ile detaylı ilişkilendirilmiştir. Tablosal olarak verilerin olup/olmama durumu, ilgili tema, şema ve stereotip detaylandırılmıştır. Böylelikle TUCBS veri standartları, su kaynaklarının yönetiminde etkili ve önemli olduğu görülmüştür. TUCBS birlikte çalışabilirlik kavramı ile, verilerin standartlara göre üretilmesi, belirlenen kurallara göre analizlerin yapılması, su kaynakların izlenmesi ve planlanması veri bütünlüğünün sağladığını göstermektedir **[Bingöl vd., 2024]**.

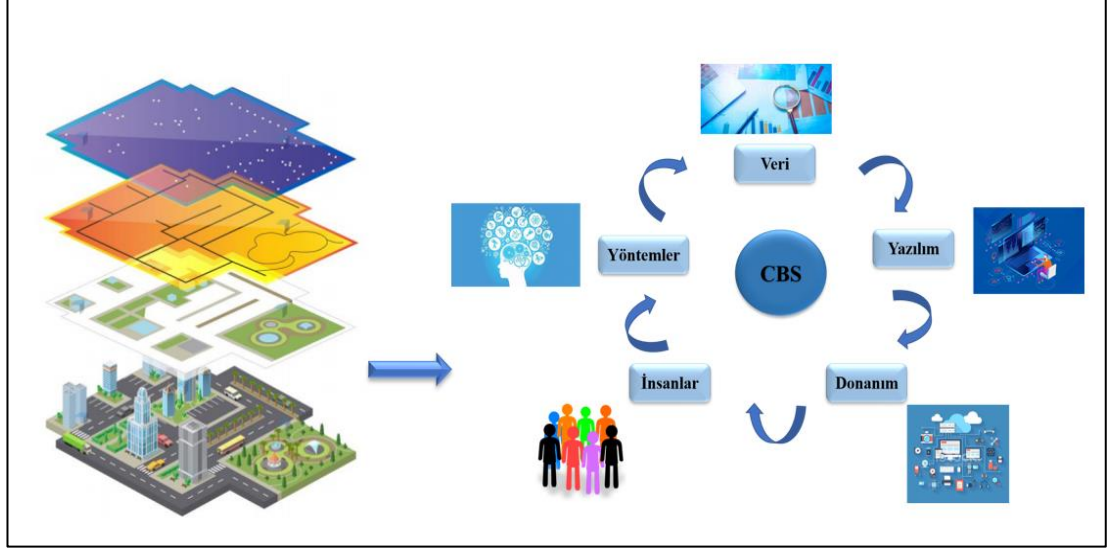
2. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE YER SEÇİMİ

Günümüzde birçok kurum ve kuruluş tarafından yaygın olarak kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri, özellikle planlama çalışmalarında birçok imkanlar sunmaktadır. Coğrafi verinin bilgisayar tabanlı sistemlerde elde edilmesi, düzenlenmesi, sorgu yapılması ve analiz edilmesini sağlayan bu sistemler, coğrafya çalışmalarının hızlanmasına ve daha bütüncül bir yaklaşımla sonuçların ortaya konmasına katkı sunmaktadır. Coğrafi verinin sorgulanması, farklı boyutlarda karşılaştırılması, üst üste getirilmesi ve benzerlik ile farklılıkların tespit edilmesi gibi işlemler, bu sistemler sayesinde kısa sürede net sonuçlar elde etmeyi mümkün kılmaktadır. [Bayar, 2005; Şahin, 2010].

Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi konumu belirlenen verilerin toplanması, yönetilmesi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellerinin oluşturulması ve görselleştirilmesi süreçlerini bir arada sunan; karmaşık planlama ve yönetim sorunlarını çözmek için tasarlanmış yazılım, donanım, yöntemler ve personellerden oluşan entegre bir yapıdır. [Aktaş vd., 2011]. CBS'nin görevlerini yerine getirebilmesi için veri, yazılım, donanım, insan kaynağı ve yöntemlerden oluşan beş temel bileşenin uyum içinde ve entegre bir yapı içerisinde çalışması gerekmektedir. (Şekil 2.1) [Aydınoglu vd., 2018]:

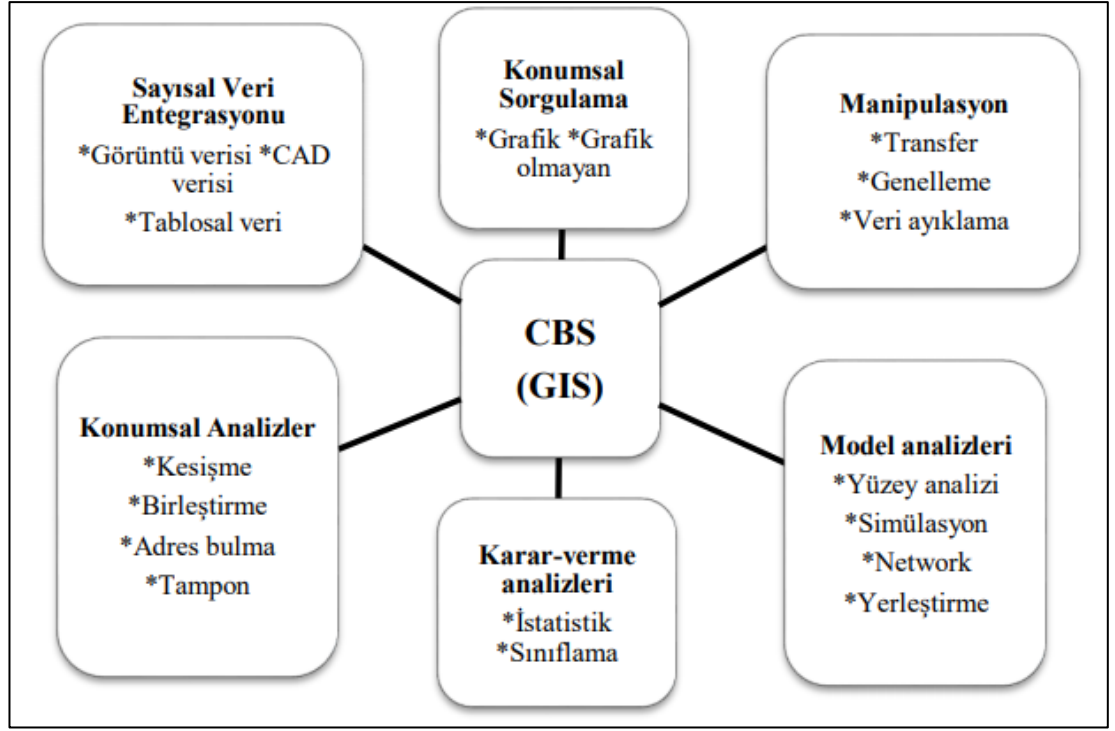
1. **Veri:** Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin en temel elemanı olan veri, bilginin ham maddesidir ve CBS için en önemli unsurdur. Coğrafi veriler; konumsal veriler ile tanımlayıcı özniteliklerden veya konumsal olmayan tablo verilerinden oluşur. Coğrafi veri, doğrudan ya da dolaylı olarak konum/yer bilgisi içeren verilerdir.
2. **Yazılım:** Yazılım, coğrafi verilerin elektronik ortamlarda saklanması, yönetilmesi, işlenmesi, analiz edilmesi ve kullanıcıya sunulmasını sağlayan işlemlere sahip bilgisayar programlarından oluşur.
3. **Donanım:** CBS'nin çalışabilmesi için ihtiyaç duyulan cihazlar, bilgisayarlar, sunucular GPS cihazları, sensörler ve diğer veri toplama ekipmanları donanım bileşenini meydana getirmektedir. Bu bileşenlerin temel unsuru, CBS yazılımlarını çalıştırmak ve gerekli işlemleri yürütmek için kullanılan bilgisayarlardır.

4. **İnsanlar:** CBS'nin insan bileşenini, coğrafi verilerin sağlayıcısı ve kullanıcısı konumunda olan kamu kurumları, özel sektör çalışanları ve diğer kullanıcılar oluşturur.
5. **Yöntemler:** Coğrafi bilgi akışını ve ilişkilerini birimler veya kurumların iş süreçlerine uygun şekilde düzenleyen yöntemler, CBS'nin etkin şekilde çalışmasını sağlayan önemli bir bileşendir.



Şekil 2.1: CBS bileşenleri.

CBS’de farklı yazılımlar kullanılmakta olup, her yazılımın sunduğu kabiliyetler değişiklik göstermektedir. Ancak bazı fonksiyonlar, tüm CBS sistemlerinde ortak olarak bulunur: Yeniden sınıflandırma, birleştirme, mesafe ve bağlantı ölçümleri ile komşuluk karakteristiği gibi işlemler, tüm CBS sistemlerinde gerçekleştirilebilen ortak uygulamalardır [Tecim, 2008]. Şekil 2.2’de görüldüğü üzere CBS’nin başarılı analitik yapısı ve teknikleri ile birçok analiz işlemlerini kolaylıkla yapabilmektedir [Yomralıoğlu, 2009].



Şekil 2.2: CBS'nin işlevleri.

CBS, kentsel ve altyapı projeleri, arazi kullanımı, yatırım planlamaları, çevre yönetim uygulamaları, jeolojik çalışmalar, ormancılık, tarım, ticari faaliyetler, güvenlik uygulamaları ve yer seçimi çalışmaları gibi birçok farklı alanda, ihtiyaçlar ve talepler doğrultusunda uygun tekniklerle uygulanmaktadır [Türk, 2011]. Bu kapsamda yer seçimi uygulamaları, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin yaygın olarak kullanıldığı çalışma alanlarından biridir. Yer seçimi, belirli bir amaca yönelik olarak, karar vericilerin, kurumların veya işletmelerin yeni yerleşim veya tesis ihtiyaçlarını karşılamak için yapılan bir süreçtir. Bu süreçte, mevcut yerleşim alanlarının yetersiz olduğu durumlarda, yerleşimlerin başka bir alana taşınması ya da alanın genişletilmesi amacıyla, kullanım ihtiyacına en uygun alanın seçilmesi için alınan kararları kapsamaktadır. [Ünaldık, 2019].

CBS, yer seçimi çalışmalarında planlanan birçok tesis için en uygun yerlerin etkin bir şekilde tespit edilmesinde karar destek sistemleri ile entegre bir yapıda çalışarak coğrafi verilerin analizini, yöntemini ve görselleştirmesini sağlayan, karar problemlerini yapılandırmaya ve incelenen alternatifleri değerlendirmeye izin veren bir dizi teknik ve prosedür [Vişne vd., 2023] içeren mekansal karar destek mekanizmasıdır. Bu mekanizmayı sunan CBS tabanlı coğrafi analiz teknikleri, mekânsal verilerin anlamlandırılması ve değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Bu

kapsamda en uygun alanların seçilme sürecinde coğrafi analiz teknikleri, yer seçimi kararlarını destekleyen temel araçlar olarak yer almaktadır.

2.1. Coğrafi Analiz Teknikleri

Coğrafi analiz tekniklerinde kullanılan veri yapısı iki farklı veri tipi üzerinden modellenmektedir. Bunlar vektör veri ve raster veri modelleridir.

- Vektör veri modeli, coğrafi varlıkları kesin geometrik şekillerle temsil eden bir modeldir. Bu model, üç temel eleman kullanır:
 - **Nokta (Point):** Konumu ifade eden tek bir koordinat (örneğin, bir şehir merkezi).
 - **Çizgi (Line):** Birden fazla noktanın birleşimiyle oluşturulan sürekli bir yapı (örneğin, yollar, nehirler).
 - **Poligon (Polygon):** Birden fazla çizginin birleşerek kapalı bir alan oluşturduğu yapı (örneğin, göller, ormanlar).

Vektör veri modeli; coğrafi varlıkların sınırları tam olarak tanımlanmaktadır. Her varlık, açıklayıcı bilgilerle (örneğin, bir nehrin adı, uzunluğu) ilişkilendirilebilir. Haritalama, yön bulma sistemleri altyapı analizleri örnek kullanım alanlarıdır.

- Raster veri modeli, coğrafi alanları hücre (piksel) yapısında temsil eder. Her piksel belirli bir alanı kapsar ve tek bir değer içerir (örneğin, yükseklik, sıcaklık, arazi türü). Veriler bir ızgara yapısında organize edilir. Uydu görüntüleri, dijital yükseklik modelleri, arazi kullanımı haritaları örnek kullanım alanlarıdır.

Raster veriler, vektör verilere kıyasla daha fazla depolama alanı gerektirmektedir. Ancak, bindirme/çakıştırma analizleri, alan hesaplamaları ve yakınlık analizleri gibi bazı konumsal analizler raster veri formatında daha efektif şekilde gerçekleştirilebilir. Raster verilerdeki hassasiyet, piksel boyutuna bağlı olduğundan, yüksek hassasiyet gerektiren çalışmalarda veri kayıpları yaşanabilmektedir. Öte yandan, vektör veri formatında grafik objelerle ilişkili öznitelik bilgilerine erişmek, bu bilgileri güncellemek veya düzenlemek daha kolay ve kullanıcı dostudur. Bu kapsamda coğrafi bilgi teknolojilerinde birçok analiz teknikleri bulunmaktadır. Bu teknikler uygulama alanına göre farklılık göstermektedir. Genel kapsamda veri modelleri ile birlikte coğrafi analiz tekniklerini; vektör ve raster tabanlı analizler olarak ele alınmaktadır.

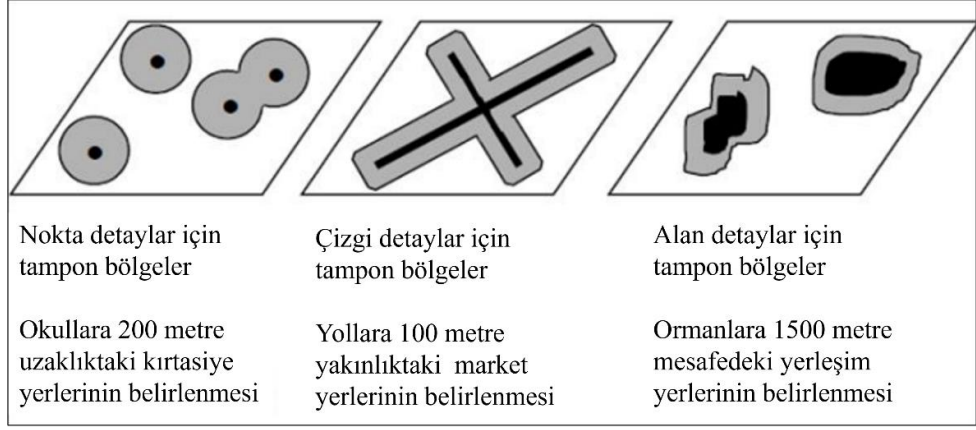
2.1.1. Vektör Tabanlı Analiz Teknikleri

Vektör tabanlı analiz teknikleri, coğrafi varlıkların nokta, çizgi ve poligon biçiminde temsil edildiği bir veri modeli kullanılmaktadır. Bu model, nesnelerin kesin sınırlarını ve geometrik özelliklerini ifade etmektedir. Vektör tabanlı analiz teknikleri ile; poligonların yüzey alanları veya çevresi hesaplanır, iki nokta veya çizgi arasındaki mesafe hesaplanır, belirli bir varlığın çevresinde tampon alanları oluşturulur, kesişim, birleştirme veya fark alma gibi geometrik operasyon işlem analizleri, vektör tabanlı bindirme analizleri ile optimum yer seçimi veya uygunluk modellemesi yapılmaktadır [Fazal, 2008]. Vektör tabanlı analiz teknikleri; yüksek doğruluk ve detay sunmakta ve kesin geometrik sınırlar belirlenmektedir. Veri yönetimi ve sorgulama açısından etkilidir. Ancak karmaşık analizler işlem yükü artmakta ve süreklilik gösteren verilerle kullanım kapsamı sınırlıdır. [Sugumaran ve Degroote, 2010]. Herhangi bir yerde yeni bir alışveriş merkezinin kurulması için yer seçimi niteliklerinin belirlenmesi, perakende market, hastane, çöp toplama merkezinin kurulması gibi uygulamalarda kullanılabilir.

Vektör tabanlı analiz teknikleri içerisinde en sık kullanılan analizler; tampon (buffer) analizi, kesişim (intersect) ve bindirme (overlay) analizleridir. Analizlerin detayları ve kullanımını aşağıda sırasıyla detaylı olarak verilmiştir.

2.1.1.1 Tampon (Buffer) Analizi

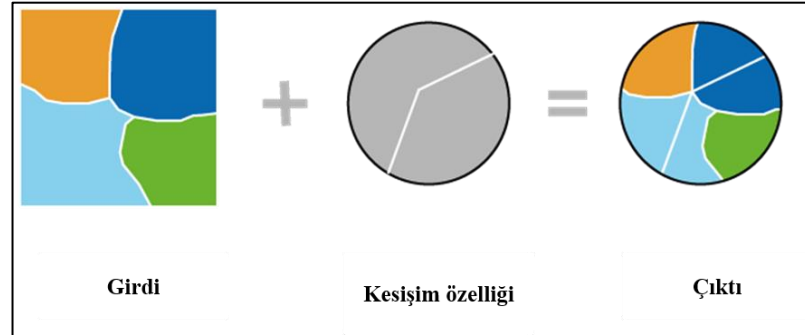
Tampon analizi belirli bir nokta, çizgi veya alan etrafında tanımlanan bir mesafeye dayalı olarak bir tampon bölge oluşturmaktadır. Bu bölge, analiz edilen varlık etrafındaki mekânsal etkileri veya yakınlıkları belirlemek için kullanılmaktadır. Vektör verisiyle yapılan analiz, nokta, çizgi veya poligon özelliklerine dayanarak gerçekleştirilmektedir (Şekil 2.3) [Tecim, 2008]. Buffer analizi, bir noktanın belirli bir çap değerine göre etrafında, bir çizginin sağında veya solunda belirli bir mesafeye göre, ya da her ikisinde ve bir poligonun içinde veya dışında belirli bir mesafeye göre yapılan bir coğrafi analiz türüdür. Bu analiz, belirli bir alandaki etki alanlarını veya etkileşim bölgelerini tanımlamak ve görselleştirmek için kullanılır [Web 1, 2024].



Şekil 2.3: Tampon analiz örneği.

2.1.1.2 Kesişim (Intersect) Analizi

Kesişim (Intersect) analizi, giriş özelliklerinin geometrik bir kesişimi hesaplamaktadır. İki veya daha fazla coğrafi katman arasındaki ortak alanları belirlemek için kullanılmaktadır. Tüm katmanlarda veya özellik sınıflarında örtüşen özellikler veya özelliklerin kısımları, çıktı özellik sınıfına yazılmaktadır. Bu işlem hem geometrik hem öznitelik verilerini birleştirerek analiz sonuçlarını üretmektedir [Web 2, 2024]. Örneğin bir yol ile kesişen arazi parsellerinin seçilmesini veya aktif bir fay hattıyla kesişen kentsel alanların bulunmasını sağlamaktadır (Şekil 2.4) [Web 3, 2024].

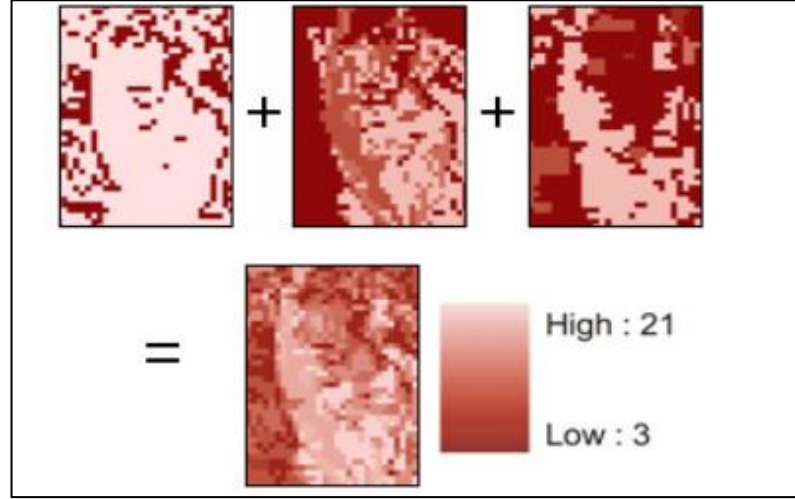


Şekil 2.4: Kesişim analiz örneği.

2.1.1.3 Bindirme (Overlay) Analizi

Bindirme (Overlay) analizi, aynı koordinat düzlemi üzerinde yer alan farklı niteliklere sahip coğrafi verileri taşıyan harita katmanlarının bir araya getirilmesidir (Şekil 2.5) [Web 4, 2024]. Farklı tematik veri setlerinin üst üste bindirilerek belirli bir amaç

doğrultusunda analiz edilemesini sağlamaktadır. Bütünleşmiş bir analiz oluşturmak için çeşitli ve farklı girdilere ortak bir değer ölçeği uygulamak için kullanılan bir tekniktir [Web 5, 2024]. Örneğin, bir bölgenin yerleşime uygun olup olmadığını belirlemek için çeşitli mekânsal verilerin ve bu veriler arasındaki ilişkilerin analiz edilmesidir. Her bir veriyi ayrı ayrı incelemek yerine, tüm verileri bir araya getirerek daha kapsamlı ve ayrıntılı analizler yapılmasına olanak tanımaktadır.



Şekil 2.5: Bindirme analiz örneği.

2.1.2. Raster Tabanlı Analiz Teknikleri

Raster tabanlı analiz teknikleri, coğrafi verilerin hücre (piksel) yapısında temsil edildiği bir veri modeli kullanılmaktadır. Her piksel, belirli bir alanı temsil eder ve tek bir değeri içermektedir (örneğin yükseklik, sıcaklık veya arazi türü). Raster tabanlı analizler ile; eğim, bakı, yükseklik hesaplamaları yapılması, uydu görüntüleri ile arazi kullanım sınıfları oluşturulması, belirli olayların yoğunluğu ve yayılımının analiz edilmesi, hücre değerleri üzerinde raster calculator aracı ile toplama, çıkarma gibi hücre tabanlı matematiksel işlemlerin yapılmasını sağlamaktadır. Raster tabanlı analiz teknikleri; süreklilik gösteren veriler için idealdir (örneğin sıcaklık veya nem). Büyük veri setlerinde hızlı analiz sağlamaktadır ve görselleştirme açısından güçlü bir analiz teknik yöntemidir. Ancak verilerin doğruluğu piksel boyutuna bağlıdır ve büyük raster dosyaları depolama-işlem açısından maliyetli olabilmektedir.

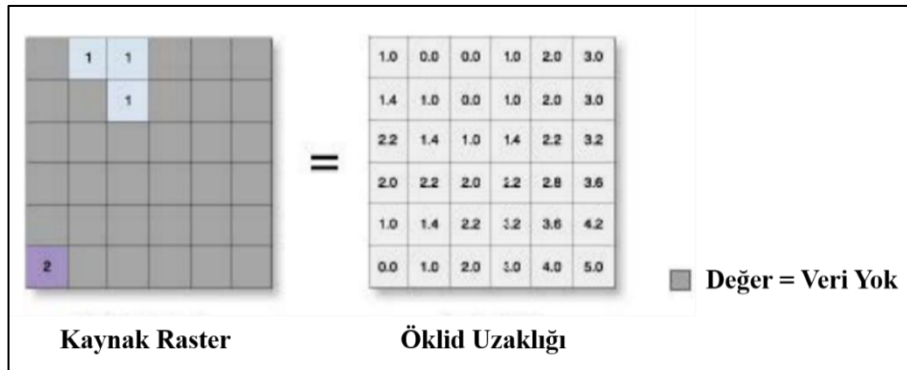
Raster tabanlı analiz teknikleri içerisinde en sık kullanılan analizler; yakınlık, yüzey, enterpolasyon, vektör verinin raster veriye dönüştürme (feature to raster), yeniden

sınıflandırma (reclassify), bulanık üyelik (fuzzy member), ve ağırlıklı bindirme (weighted overlay) analizleridir. Analizlerin detayları ve kullanımı aşağıda sırasıyla detaylı olarak verilmiştir.

2.1.2.1 Yakınlık Analizleri

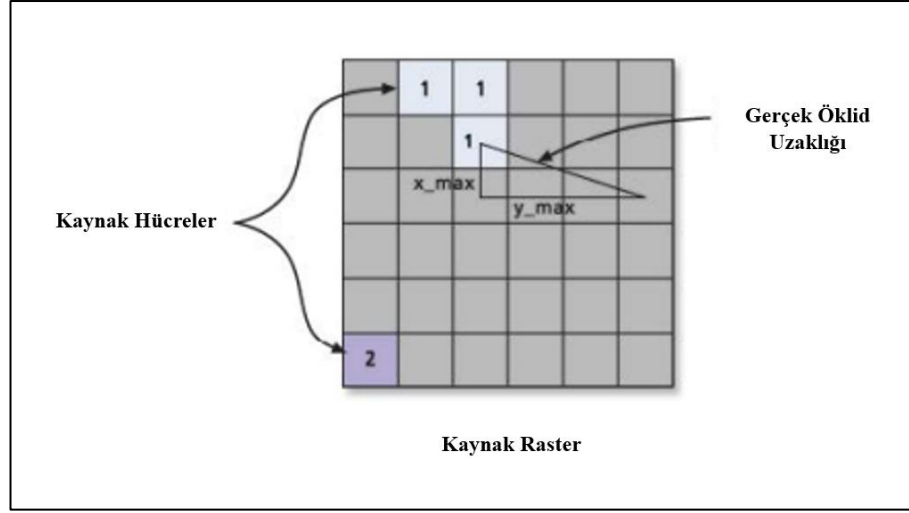
Yakınlık analizleri, coğrafi detayların çevresindeki diğer coğrafi unsurlara olan uzaklıklarını incelemeye dayanan bir konumsal analiz türüdür. Bu analizler, en yakın, en etkili veya en fazla etkilenecek gibi sorulara yanıt bulmada yardımcı olmaktadır [Çabuk vd., 2011]. Yakınlık analizleri mesafeye dayalı mekânsal analizleri ifade etmektedir. Bu analizler, belirli bir konumdan diğer konumlara olan mesafeleri hesaplamak ve bu mesafelere bağlı çeşitli mekânsal kararlar almak için kullanılmaktadır [Haining, 2003]. CBS’de yakınlık analizi için birçok yöntemler bulunmaktadır, bu bağlamda CBS tabanlı analiz araçları içerisinde en çok kullanılan yakınlık analiz tekniği Öklid Uzaklığı (Euclidean Distance) analizidir.

- **Öklid Uzaklığı (Euclidean Distance):** Öklid uzaklığı analizi ile her bir hücre için en yakın kaynağa olan Öklidyen uzaklık hesaplanır. Bu analizde kullanılan kaynak veri, vektör ya da raster formatında olabilir. Vektör verilerinin girdi olarak seçildiği durumlarda, analiz arka planda vektör verileri raster formatına dönüştürerek gerçekleştirilir. Raster veriler kullanıldığında ise, kaynak veri dışındaki hücrelerde no data (veri yok) değeri bulunması gerekmektedir [Mete, 2019]. Öklid uzaklığı analizi ile, ‘en yakın X tesisine olan kuş uçuşu uzaklığı nedir?’ gibi sorulara cevap aranır. Öklid mesafesine göre yakınlık analizinin çalışma prensibi Şekil 2.6’da belirtildiği gibi ifade edilmektedir [Web 6, 2024].



Şekil 2.6: Öklid uzaklığı analizi çalışma prensibi.

Öklid uzaklığı hücrelerin orta noktaları arasındaki uzaklığı baz alır. Gerçek öklid uzaklığı hücrelerin orta noktaları arasında kurulan dik üçgenin hipotenüs uzunluğuna karşılık gelmektedir. Böylelikle tüm hücrelerin sonuç değeri (output value) ondalıklı sayı olarak hesaplanır. Gerçek öklid uzaklığının algoritması **Şekil 2.7** 'de gösterilmektedir [Mete, 2019], [Web 6, 2024].



Şekil 2.7: Gerçek öklid uzaklığı algoritması.

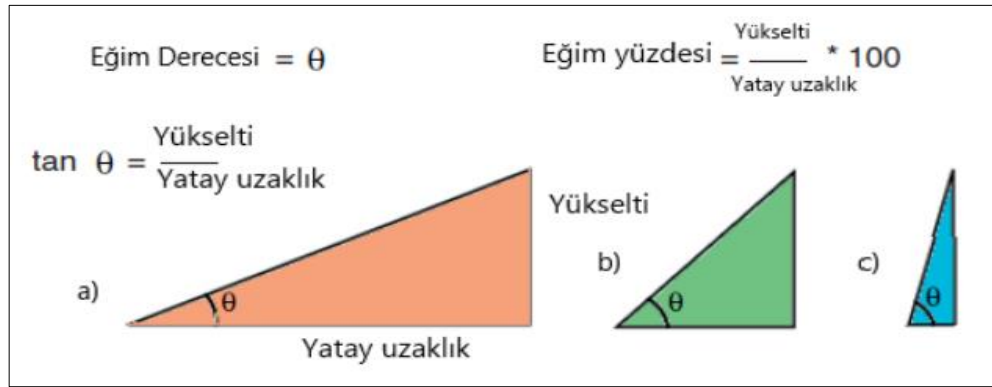
Tez kapsamında yakınlık analizi ilgili tüm konumsal coğrafi kriterler için, Öklid Uzaklığı (Euclidean Distance) analizi ile yakınlık analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanlarından biri olan Pendik ilçesinde bulunan akaryakıt istasyonlarının konumlarına ilişkin coğrafi veriler kullanılarak yakınlık analizi gerçekleştirilmiştir.

2.1.2.2 Yüzey Analizleri

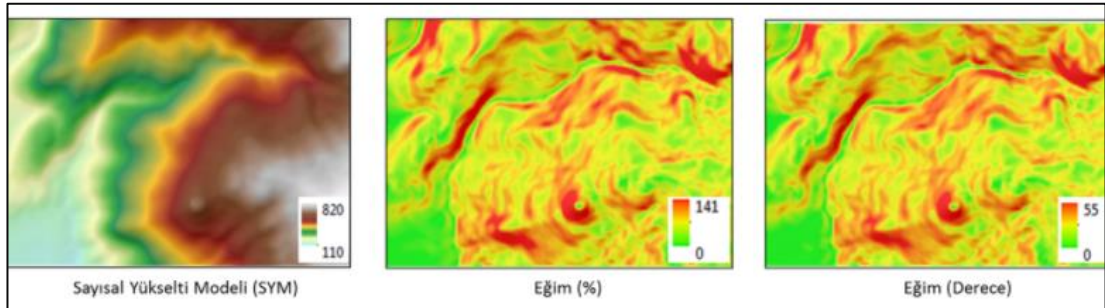
Yüzey analizleri; Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) veya Düzensiz Üçgen Ağları (Triangulated Irregular Network-TIN) gibi çeşitli yüzey verileri kullanarak başka veri setlerinin oluşturulması işlemleridir [Yomralıoğlu, 2009]. Arazi modelleri, bilgisayar ortamında gerçeğe son derece yakın bir şekilde görselleştirilebilmektedir. Başlıca yüzey analizleri arasında eğim, bakı, görünürlük, kontur, hacim ve kabartma analizleri yer almaktadır [Çabuk vd., 2011]. Bu bağlamda CBS tabanlı uygulamalar içerisinde en çok kullanılan yüzey analiz teknikleri Eğim (Slope) ve Bakı (Aspect) analizleridir.

- **Eğim (Slope) Analizi:** Bir yüzeyin eğim derecesini hesaplayarak, yüzeydeki her bir pikselin yatay düzleme göre dikey eğilimini belirlemeye yönelik bir

tekniktir. **Şekil 2.8**'de ifade edildiği üzere iki nokta arasındaki yükselti ve yatak uzaklık değerlerinin oranlamasıdır. Eğim değerleri **Şekil 2.9**'de görüldüğü üzere derece ya da yüzde olmak üzere iki farklı şekilde hesaplanabilmektedir [Aysal, 2010; ESRI, 2001]. Yüzde eğim, yükselti farkı ile yatay uzaklık oranının 100 ile çarpımı şeklinde hesaplanmaktadır. Eğim; su drenajı ve akışı, heyelan ve sel riski gibi doğal afetlerin tahmin edilmesinde ve tarım ve ormancılık faaliyetleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır [Lloyd, 2010; ESRI, 2001].



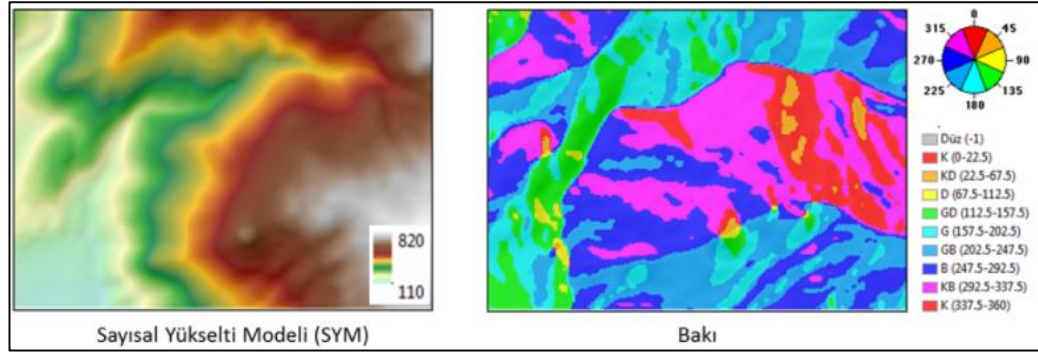
Şekil 2.8: Eğim hesaplama yöntemleri.



Şekil 2.9: Eğim analizinin çalışma prensibi.

- **Bakı (Aspect) Analizi:** Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) 'nin girdi olarak kullanılan bu analiz tekniğinde, raster veri setindeki her bir hücrenin komşu hücrelere göre maksimum değişim oranındaki eğim yönünü belirlemektedir [Web 7, 2024]. Bakı, her bir hücre değerinin, o hücrenin eğim yüzeylerinin yönünü gösterdiği bir analiz türüdür. Bu analiz, arazi yüzeyinin hangi yönde eğildiğini belirleyerek, coğrafi alanlardaki yönsel özellikleri anlamaya yardımcı olur. Bakı, özellikle suyun akış yönünü, rüzgarın etkisini veya güneş ışığının dağılımını incelemek için kullanılır. Bu yönler karşılık gelen 0 °-360° derece aralığında açısal

bir değerdir. **Şekil 2.10**'da görüldüğü üzere bu derece aralığındaki açısal ifadelerde; 0°-22.5° ve 337.5°-360° Kuzey (K) yönü, 22.5°-67.5° Kuzeydoğu (KD) yönü, 67.5°-112.5° Doğu (D) yönü, 112.5°-157.5° Güneydoğu (GD) yönü, 157.5°-202.5° Güney (G) yönü, 202.5°-247.5° Güneybatı (GB) yönü, 247.5°-292.5° Batı (B) yönü ve 292.5°-337.5° Kuzeybatı (KB) yönüne karşılık gelmektedir. Düz alanların yönü yoktur ve -1 değeri alır [**Gümüş ve Acar, 2018 ; ESRI, 2001**].



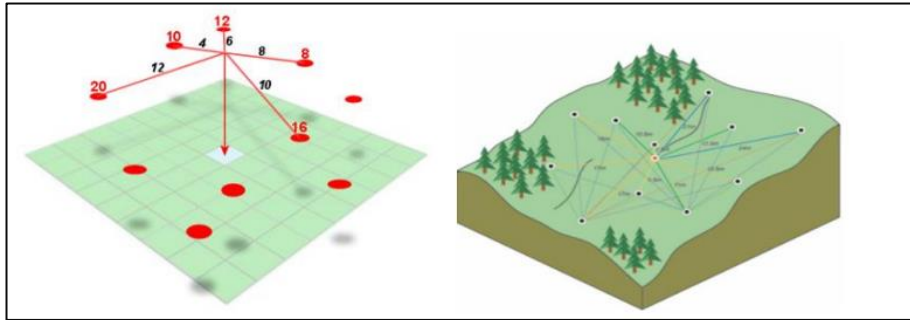
Şekil 2.10: Bakı analizinin çalışma prensibi.

2.1.2.3 Enterpolasyon Analizleri

CBS uygulama çalışmalarında her noktaya ilişkin veri elde etmek mümkün değildir. Böyle durumlarda enterpolasyon analizleri ile çalışma alanı içerisinde öneme sahip noktalardan bir dizi örneklem seçilir ve bu noktalar ile kestirimler çıkarılmaktadır. Enterpolasyon, bir matematiksel model kullanarak, herhangi bir konumda doğrudan ölçüm yapılmadan o konumdaki verilerin tahmin edilmesi işlemidir. Başka bir deyişle, jeodezik uygulamalarda, arazi koşullarının elverişsiz olması, ulaşım imkânlarının kısıtlı olması veya yüksek maliyet gibi nedenlerden dolayı ölçüm yapılamayan noktalara ait verilerin, en yakın ölçüm değerleri ile tahmin edilmesinde çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır [**Yanalak,1997; Yaprak, 2007**]. Enterpolasyon tekniği, meteoroloji istasyonu bulunmayan bölgelerde yağış ve sıcaklık gibi parametrelerin tahmin edilmesinde, SYM ile ölçülen konumlar arasındaki yüzeylerin hesaplanmasında, rasterların yeniden örneklenmesinde ve yüksekliği ölçülen noktalar arasında eş yükselti çizgilerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır [**Longley vd., 2005**]. CBS tabanlı uygulamalarda enterpolasyon analizi için birçok yöntemler bulunmaktadır, bu bağlamda CBS tabanlı uygulamalar içerisinde en çok

kullanılan enterpolasyon analiz tekniği, Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW) analiz tekniğidir.

- **Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW):** Bilinmeyen bir noktadaki değeri tahmin etmek için, bilinen örnek noktaların değeri ve mesafelerini dikkate alarak daha yakın noktaların daha fazla etkisi olduğunu varsayan bu noktalara ait değeri belirleyen bir enterpolasyon yöntemidir. Bilinen veriler (örneğin, çevresindeki ölçüm noktalarındaki yağış, sıcaklık gibi değerler) kullanılarak, bilinmeyen bir noktadaki değeri tahmin etmek için mesafeye dayalı bir ağırlıklandırma yapılmaktadır. **Şekil 2.11**'de çalışma prensibi gösterilen IDW tekniğinde, herhangi bir nokta için tahmin edilen değer, çevresindeki ölçüm noktalarının değeri ile mesafelerinin ters orantılı bir şekilde hesaplanmaktadır. Yani, mesafesi daha kısa olan noktaların değeri daha fazla etki ederken, mesafesi daha uzun olan noktaların etkisi daha az olmaktadır. [Taylan ve Damçayırı, 2016; Web 8, 2024].



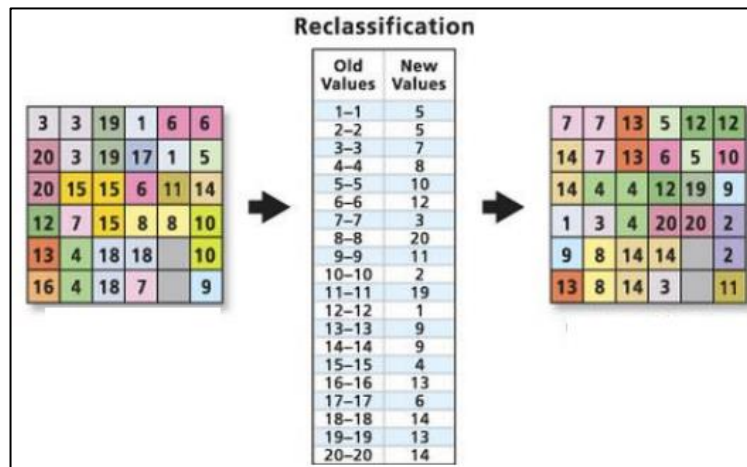
Şekil 2.11: IDW enterpolasyon tekniği çalışma modeli.

2.1.2.4 . Vektör Verinin Raster Veriye Dönüştürme Analizi (Feature to Raster)

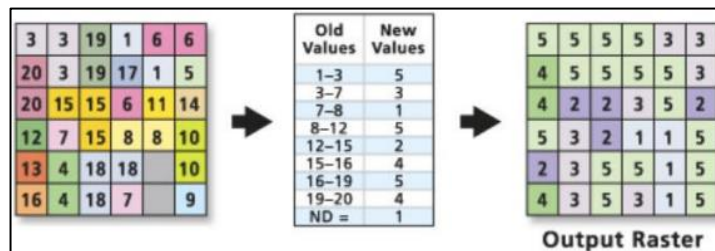
Feature to raster analizi, vektör veri modelindeki coğrafi özelliklerin (nokta, çizgi veya poligon) raster veri modeline dönüştürülmesini sağlayan bir analiz ve veri dönüşüm işlemidir. Bu işlem, farklı analiz türleri için gerekli olan raster formatında veri oluşturmayı mümkün kılmaktadır. Özellikle raster tabanlı mekânsal analizlerde veya raster haritaların oluşturulmasında kullanılmaktadır.

2.1.2.5 Yeniden Sınıflandırma (Reclassify) Analizi

Coğrafi analiz tekniklerinde kullanılan temel raster tabanlı analizlerden biridir. Yeniden sınıflandırma analizi, bir raster veri setindeki her hücre için mevcut değerler bir kategoriye veya aralığa yerleştirilmesidir. Raster veriler üzerinde iki temel etki yaratmaktadır: Birincisi, hücrelerinde ondalık değerler bulunan rasterların tam sayı değerleri içeren rasterlara dönüştürülmesidir. İkincisi ise, yeniden sınıflandırılan rasterın, ileride gerçekleştirilecek bindirme analizlerinde yeni oluşturulan sınıfların daha anlamlı veya uygun bir şekilde kullanılmasını sağlamasıdır. Ayrıca, bu işlem raster hücrelerini gruplamak amacıyla da kullanılabilir. Gruplama işlemi, bireysel (tek) değerler şeklinde yapılabileceği gibi (Şekil 2.12), belirli aralıklar içerisindeki değerleri gruplamak (Şekil 2.13) şeklinde de olabilir. Bu yöntem, bireysel değerlere belirli sınıf değerleri atanarak bu değerlerin aynı gruba dahil edilmesini kolaylaştırmaktadır. Bu, özellikle mekânsal analizlerde daha anlamlı ve yönetilebilir veri üretmek için kullanılmaktadır. Karar destek sistemlerinde kullanılmak üzere veri sınıflandırması yaparak planlama ve yönetim süreçlerine katkıda bulunmaktadır.



Şekil 2.12: Tek değerlere belirli sınıf atamaları.



Şekil 2.13: Farklı aralıklara sahip gruplara sınıf atamaları.

2.1.2.6 Bulanık Üyelik (Fuzzy Member) Analizi

Bulanık Üyelik analizi, bir alanın belirli bir özelliğe veya duruma ne derece uygun olduğunu değerlendirmek için kullanılır ve kesin ‘evet’ veya ‘hayır’ yanıtları yerine bir uygunluk derecesi (0 ile 1 arasında bir değer) belinmektedir. Bulanık Üyelik kavramı 1965 yılında Zadeh tarafından ortaya koyulmuştur. Zadeh’in bulanık kümeleri teorisinin temel nedeni, insan düşünce yapısının kesinlikten uzak ve bulanık bir yapıya sahip olmasıdır. Bu durumun açıklanmasında klasik iki değerli mantığın (0-1) yetersiz kalacağı düşüncesi, bulanık mantık yaklaşımının geliştirilmesini gerektirmiştir [Zadeh, 1965]. Bulanık küme mantığı, bir öge ya bir kümenin üyesidir (1) ya da değildir (0). Ancak gerçek hayatta birçok olay ve durum kesin sınırlarla tanımlanamaz. Bulanık küme mantığı, bir ögenin bir duruma veya kümenin üyesi olma derecesini ifade eder. Örneğin, bir eğim haritasında ‘eğim çok dik’ ifadesi bulanık bir kavramdır ve diklik, eğim açısına bağlı olarak değişen bir derecede ifade edilebilir.

Bulanık küme fonksiyonları, bir elemanın bir kümeye ne ölçüde dahil olduğunu (üyelik derecesini) ifade eden matematiksel araçlardır. Bu fonksiyonlar, elemanlara 0 ile 1 arasında bir üyelik derecesi atar. Farklı bulanık küme fonksiyonları, çeşitli durum ve analizlerde kullanılan farklı geçiş ve ilişki modellerini temsil eder [Hoş ve Bağcı, 2021]. Bulanık küme fonksiyonları, verilerin anlamlandırılmasını ve mekânsal analizlerde belirsizliklerin daha iyi yönetilmesini sağlamaktadır. Aşağıda, yaygın olarak kullanılan bulanık küme fonksiyonları açıklanmaktadır [Web 9, 2025]:

- **Üçgen Üyelik Fonksiyonu (Triangular Membership Function):** Üçgen şeklinde bir üyelik derecesi dağılımını ifade etmektedir. Üç parametreye (alt sınır, zirve noktası, üst sınır) dayanır. Basit ve hızlı hesaplama gerektiren durumlarda tercih edilir.

$$\mu(x)= \left\{ \begin{array}{l} 0, x < a \text{ veya } x > c \\ \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, b \leq x \leq c \end{array} \right\} \quad (2.1)$$

Burada a , b ve c ; alt, zirve ve üst sınırları ifade etmektedir.

• **Trapez Üyelik Fonksiyonu (Trapezoidal Membership Function):** Üçgen üyelik fonksiyonuna benzer, ancak bir düz tepe bölgesi bulmaktadır. Bu, belirli bir değer aralığındaki elemanların tam üyeliğe sahip olduğunu ifade etmektedir. Eşik değerlerin sabit olduğu durumlarda sıkça kullanılmaktadır.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < a \text{ veya } x > d \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x \leq d \end{cases} \quad (2.2)$$

Burada a, b, c, d trapezin köşe noktalarını ifade etmektedir.

• **Gauss Üyelik Fonksiyonu (Gaussian Membership Function):** Bu fonksiyon, bir normal dağılım eğrisini temsil etmektedir. Elemanların üyelik dereceleri eğrinin merkezi etrafında simetrik olarak dağılmaktadır. Belirli bir merkezi değere en yüksek uygunluğu verir ve uzaklaştıkça uygunluk azalmaktadır. Doğal veya istatistiksel verilerin modellenmesinde kullanılmaktadır.

$$\mu(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.3)$$

Burada c eğrinin merkezi ve σ (sigma), standart sapmayı ifade etmektedir.

• **Sigmoid Üyelik Fonksiyonu (Sigmoidal Membership Function):** S şeklindeki bir eğri ile elemanların üyelik derecesini tanımlanmaktadır. Belirli bir noktadan sonra üyelik derecesi hızla artar veya azalır. Kademeli geçişlerin olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}} \quad (2.4)$$

Burada a , eğrinin eğimi, c ise merkez noktasını ifade etmektedir.

- **Doğrusal Üyelik Fonksiyonu (Linear Membership Function):** Üyelik dereceleri, doğrusal bir şekilde artar veya azalır.
- **Parabolik ve Hiperbolik Fonksiyonlar:** Elemanların üyelik derecesi parabolik veya hiperbolik bir eğri ile tanımlanmaktadır. Bu tür fonksiyonlar, eğrilerin farklı derecelerde hızlanma veya yavaşlama ile tanımlandığı durumlarda kullanılmaktadır.

2.1.2.7 Ağırlıklı Bindirme (Weighted Overlay) Analizi

Ağırlıklı bindirme analizi, raster tabanlı coğrafi analiz tekniklerinde kullanılan ve çok sayıda mekânsal veriyi bir araya getirerek karar destek süreçlerini optimize eden bir analiz yöntemidir. Bu yöntem, özellikle birden fazla kriterin dikkate alınması gereken durumlarda, kriterlerin önem derecelerine göre ağırlıklandırılması ve ardından bu ağırlıkların birleştirilmesiyle uygulanmaktadır. Standartlaştırılan ve ağırlıklandırılan her bir kriter, çakıştırılarak toplam etkileri hesaplanmaktadır. Bu işlem, her hücre için ağırlıklı bir toplam değer üretmektedir. Ağırlıklı bindirme analizinin matematiksel modeli:

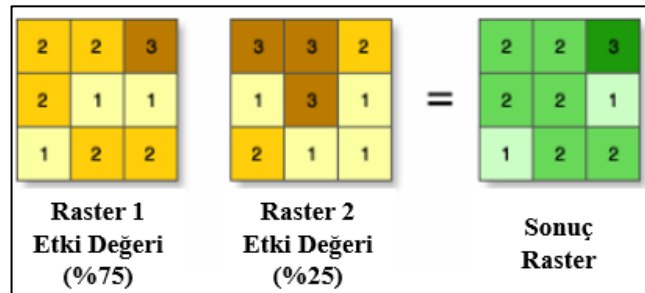
$$S = \sum_{i=1}^n W_i \cdot C_i \quad (2.5)$$

S: Sonuç raster değeri

W_i : i . kriterin ağırlığı

C_i : i . kriterin normalize edilmiş raster değeri

n : kriter sayısı



Şekil 2.14: Ağırlıklı bindirme analizi çalışma prensibi.

Şekil 2.14'te görüldüğü üzere; iki raster veriye 1-3 arasında ortak bir ölçüm değerine göre yeniden sınıflandırılmıştır. Her raster veriye bir yüzde oran verilmiştir. Hücre

değerleri yüzde etkileriyle çarpılır ve sonuçlar sonuç raster oluşturmak için bir araya getirilir. Örneğin, sol üst hücreyi ele alalım. İki girdinin değerleri ($2 * 0,75$) = 1,5 ve ($3 * 0,25$) = 0,75 olur. 1,5 ve 0,75'in toplamı 2,25'tir. Ağırlıklı bindirme sonucundan gelen sonuç raster tam sayı olduğundan, son değer 2'ye yuvarlanır [Web 10, 2024].

2.2. CBS Tabanlı Yer Seçim Analizleri

CBS; coğrafi verilerin toplanması, düzenlenmesi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için kullanılan güçlü bir araçtır. Özellikle CBS tabanlı yer seçimi, belirli bir alan için en uygun yerin seçilmesinde coğrafi verilerin analiz edilmesi ve değerlendirilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu süreçte, mekânsal ve coğrafi veriler kullanılarak yer seçim kriterlerine göre en uygun alanlar belirlenmektedir. Bu yöntem, genellikle kentsel planlama, kamu altyapısı projeleri, işletme yerleşimleri, tarım alanlarının planlanması, enerji ve doğal kaynak yönetimi, ulaşım, eğitim ve sağlık hizmetleri ve afet risk yönetimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. CBS tabanlı yer seçiminde çeşitli analiz teknikleri ve araçları kullanılarak hem çevresel hem de sosyal faktörler göz önünde bulundurulur. CBS tabanlı yer seçim uygulamalarında optimum yerlerin belirlenmesi amacıyla vektör ve raster tabanlı analiz teknikleri kullanılmaktadır. Bu tekniklerin her biri yer seçimi analizlerinde farklı çözümler sunmaktadır. Vektör tabanlı analiz teknikleri temelde nokta, çizgi ve poligon veri yapısını kullanmaktadır. Bu veri yapıları; yollar, binalar, su kaynakları gibi belirli nesnelerin konumlarını ve şekillerini hassas bir şekilde temsil etmektedir. Belirli bir alan için yer seçimi yaparken genellikle kesin sınırlar, hassas geometriler ve belirli nesnelerin ilişkilerinin analiz edilmesi gerektiğinde kullanılmaktadır. Vektör tabanlı analiz teknikleri ile bir yer seçimi yapılmak istendiğinde; ilk olarak yer seçimi için gerekli kriterler ve ihtiyaçlar netleştirilir. Kullanılacak veriler temin edilir ve bir CBS ortamına aktarılır. Amaca uygun yerlerin belirlenmesiyle ilgili vektör tabanlı analiz teknikleri (tampon, kesişim, kesme, birleştirmek, silme, bindirme vb.) uygulanmaktadır. Aşağıda bu analizlerle yeni hastane tesis edilmesi planlanan örnek bir yer seçimi senaryosu verilmiştir:

Örnek Senaryo: Yeni Hastane Yer Seçimi

- **Kriterler:**
 - Yollara 500 metre mesafede olmalı (Tampon analizi).
 - Nüfus yoğunluğu yüksek olan alanlara yakın olmalı (Nüfus yoğunluk verisi ile kesişim).

- Koruma alanlarından uzak olmalı (Silme).
- Deprem fay hatlarından uzak olmalı (Kesişim ile riskli alanları eleme).
- **Uygulanan Teknikler:**
 - Tampon analizi ile yolların etrafında uygun mesafede tampon bölge oluşturulur.
 - Clip analizi kullanılarak çalışma alanı sınırları içinde kalan alanlar seçilir.
 - Bindirme analiz ile kriter haritaları üst üste bindirilerek uygunluk haritası elde edilir.

Diğer yer seçimi uygulamalarında kullanılan teknik raster tabanlı analiz teknikleridir. Raster tabanlı analiz tekniklerinde; bir görüntü gibi, ızgara şeklinde düzenlenmiş piksellerden oluşur. Her piksel, belirli bir değeri (örneğin, yükseklik, sıcaklık) temsil eden raster veriler kullanılmaktadır. Raster veriler, genellikle sürekli değişen fenomenleri (örneğin, eğim, sıcaklık), uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları gibi veri setlerini temsil etmek için kullanılmakta ve alan tabanlı analizler için idealdir.

Tez kapsamında yapılan örnek yer seçimi çalışmaları raster tabanlı analiz teknikleri ile yapılmıştır. Genel manada yer seçimi çalışması yapılırken ilk olarak problem tanımlanır veya hedef belirlenmektedir. Raster tabanlı analiz teknikleri kullanılarak yapılan yer seçimi çalışmalarında:

- İlk olarak problem tanımlanmakta ve ihtiyaç durumu ortaya koyulması
- Yer seçiminde kullanılacak kriterlerin ve ağırlıklarının belirlenmesi
 - Kriterlerin belirlenmesinde; literatür araştırması, anket süreci ve uzman görüşlerinin alınması
 - Belirlenen kriterlerin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile ağırlıklarının hesaplanarak elde edilmesi
- Çalışma alanının belirlenmesi ve ilgili kriterlerin veri setlerinin temin edilmesi
- Kriterlere ait verilerin raster tabanlı analizlerinin gerçekleştirilmesi, örneğin:
 - Vektör verilerin raster veri formatına dönüştürülmesi (Feature to Raster)
 - X kriterine olan uzaklık veya Y kriterine olan mesafe hesaplanması (Öklid Uzaklık)
 - SYM verisi ile eğim bakı gibi yüzey modellerinin oluşturulması (Eğim, Bakı vb.)

- Nüfus, sıcaklık, yağış vb. gibi kriterlerde bilinen noktalardaki değerleri kullanarak, bilinmeyen noktalardaki değerleri tahmin ederek örneklem noktalarının üretimi (IDW)
- Kriter haritalarına ait veri katmanlarının normalizasyonu ve yeniden sınıflandırılması (reclassify)
 - Yer seçimi çalışmalarında birçok kriter ve alt kriter birlikte değerlendirilmektedir. Kriterlerle ilgili bir kabul, kural veya kanun durumu olabilir veya kriterler alt kriterlerle birlikte detaylandırılmaktadır. Buna bağlı olarak kriter verileri arasında birim, ölçek veya gösterim farklılıkları bulunmaktadır. Bu farklılıkları ortak bir birimde veya ölçekte standart hale getirilmesi amacıyla normalizasyon işlemi yapılır [Güler ve Yomralıoğlu, 2020].
- Normalizasyon işlemi için birçok matematiksel model yaklaşım bulunmaktadır. Literatürde en sık kullanılan normalizasyon yöntemleri; minimum-maksimum normalizasyonu, maksimum değere bölme normalizasyonu, Z dönüşümü normalizasyonu ve ondalık ölçekleme normalizasyon yöntemleridir [Saranya ve Manikandan, 2013]. Yöntemin matematiksel modeli Eşitlik 2.7 ile ifade edilmiştir. Tez kapsamında minimum-maksimum normalizasyonu kullanılarak EAŞİ yer seçim çalışmasının kriterleri 0-1 değer aralığına getirilmiş ve haritaları üretilmiştir.

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2.7)$$

x: Normalizasyon yapılmadan önceki veri

x_{min} : Veri setindeki en küçük değer

x_{max} : Veri setindeki en büyük değer

x' : Normalizasyon sonrası ölçeklendirilmiş veri

- Normalizasyon olarak tanımlayabileceğimiz diğer bir raster tabanlı analiz tekniği reclassify ile değerlerini belirli aralıklara veya sınıflara göre yeniden sınıflandırma yapılarak kriter verileri daha spesifik detaylara sahip bir görsel yapı ve sonrasında yapılacak analizlere uygun hale getirilmektedir. Tez kapsamında GES ve RES reclassify ile kriterlerin haritaları üretilmiştir.

- Yer seçimi çalışmalarında çok sayıda belirsiz ve subjektif kriterin değerlendirilmesini gerektirmektedir. Örneğin, bir fabrikanın yerini seçerken, ulaşım kolaylığı, çevresel etki, iş gücü maliyeti gibi kavramların kesin sınırları yoktur. Bu belirsiz kavramları Bulanık Üyelik Analiz ile daha objektif ve tutarlı kararlar alınmasına yardımcı olmaktadır. Örneğin; bir fabrika yer seçimi için ‘ulaşım kolaylığı’ kriteri değerlendirildiğinde;

- Kriterin değerlendirme bulanık kümeleri; Çok yakın, yakın, orta, uzak gibi tanımlanabilir

- Kriterin bulanık mantık kuralı; eğer bir yer merkeze çok yakınsa, ulaşım kolaylığı yüksektir

- Buna göre Bir yerin merkeze olan uzaklığına göre, ‘çok yakın’, ‘yakın’ gibi bulanık kümelere ait olma derecesi hesaplanır ve buna göre ulaşım kolaylığı değerlendirilir.

- Ve son olarak yer seçimi yapılan sahaların uygunluk sonuçlarını elde etmek ağırlıklı bindirme analizi (weighted overlay) yapılır. Kriterlerin CBS tabanlı analizleri gerçekleştirildikten sonra uygulanan normalizasyon veya yeniden sınıflandırma analizlerinin sonuç haritaları üst üste bindirilerek ve ÇKKV yöntemleri ile elde edilen kriter ağırlıkları ile çarpılarak uygunluk haritası üretilmektedir. Karar vericinin ve çalışma ihtiyacının doğrultusunda isteğe bağlı olarak uygunluk haritası istenilen sınıf sayısı veya uygunluk indekslerine göre yeniden sınıflandırma analizi yapılarak optimum yerlerin daha anlaşılır ve yorumlanabilir olmasına olanak tanımaktadır.

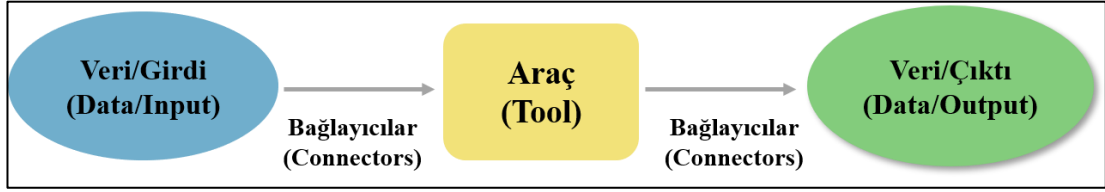
CBS tabanlı yer seçim analizleri ilgili iki yöntem karşılaştırıldığında, her iki yöntemin birbirine göre kullanım farklılıkları ve uygulanabilirliği mevcuttur. Temel yer seçimi uygulamalarında, ölçeklenebilir, yüksek doğruluk, karmaşık analizler için uygun olan vektör tabanlı analiz teknikleri büyük veri setlerinde işlem süresi uzun olabilir, topolojik hatalar oluşabilmektedir. Ancak sürekli değişen veri setlerini temsil etme, görsel olarak daha zengin bir yapı sunan raster tabanlı analiz teknikleri yer seçimi çalışmalarında optimum ve efektif sonuçlar vermektedir. Genel kapsamda literatür araştırmaları, karar vericiler veya sektörel bazda yer seçimi uygulamalarında raster tabanlı teknikler kullanılarak yapılan yer seçimi çalışmaları kullanılmaktadır. Ancak vektör tabanlı analizlerle de gerektiğinde raster tabanlı analiz teknikleri ile entegre yapıda çalışabildiği göz ardı edilmemelidir. Bu kapsamda CBS tabanlı yer seçimi

uygulamalarında birçok veri kullanılarak vektör tabanlı ve raster tabanlı coğrafi analizler gerçekleştirildiğinden analiz tekrarı kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek ve hata oranını en aza indirmek amacıyla, CBS'de otomasyonu sağlayan Model Builder aracı bulunmaktadır. ESRI ArcGIS yazılımının bir araç fonksiyonu olan Model Builder, farklı veri setleri üzerinde mekânsal analizlerinin otomatikleştirilmesine olanak tanıyan, veri işlemlerini kolaylaştırmak ve karmaşık analizleri grafiksel bir ortamda tasarlayan gelişmiş bir grafik araç setidir. Kullanıcılar tarafından coğrafi analizlerde tekrar eden şekilde kullanılabileceği otomasyonlar oluşturmasını sağlamaktadır. Bu araç sayesinde CBS tabanlı analizlerin adımlarını birbiri ardına ekleyerek şablonlar oluşturabilmekte ve bu şablonları ileride tekrarlı bir şekilde kullanabilmektedir. Böylelikle bir model oluşturularak, tekrarlı veya her zaman yapılması gereken uzun coğrafi işlemleri çok kısa zamanda yapılmasını sağlamaktadır. Model oluşturma, süreç adımlarını ve coğrafi işleme araçlarını birbiriyle bağlantılı hale getiren bir diyagram olarak tasarlanmaktadır. Bu süreçte, bir işlemten elde edilen çıktı, diğer bir işlemin girdisi olarak kullanılabilir ve bu sayede coğrafi işleme modelleri oluşturulup düzenlenebilir. [Web 11, 2024].

Model elemanları, modellerin temel yapı taşlarıdır ve dört ana model elemanı vardır. Bunlar; araç (tool), veri (data), bağlayıcılar (connectors) ve etiketler (labels) (**Şekil 2.15**). Bir model işlemi araç (tool), girdi (input) ve çıktı (output) verisinden ibarettir; Girdi > Coğrafi İşlem Aracı> Çıktı. Model elemanlarının işlevleri aşağıda ifade edilmiştir [Web 11, 2024]:

- **Araç (Tool):** ArcToolbox'ta yer alan araç fonksiyonlardır. Verilerin tanımlandığı girdi katmanları üzerinden gerçekleştirilen analizlerin oluşturulmasını sağlamaktadır (Sarı renkli dikdörtgenler).
- **Veri (Data):** Proje verileri (mavi renkli oval şekiller), önceden mevcut olan girdi/input veri setleri ya da bir aracın (tool) ihtiyaç duyduğu parametre değerlerini ifade etmektedir. Desteklenen tüm veriler bir model içerisinde kullanılabilir. Türetilmiş veriler (yeşil renkli oval şekiller) ise bir araç tarafından otomatik olarak üretilen çıktı/output verileridir ve raster, shapefile, geodatabase ya da tablo formatında olabilmektedir.
- **Bağlayıcılar (Connectors):** Veri (data) ve araç (tool) elemanları arasındaki bağlantıları ve model akışını gösterir. Bir araçtan elde edilen çıktı, başka bir aracın girdisi olabilmektedir.

- **Etiketler (Labels):** Bir elemanın üstünde o eleman için bir etiket oluşturulmasıdır. Etiketler diyagrama eklenebilirler.



Şekil 2.15: Model oluşturma elemanları.

Model Builder kullanım avantajları olarak şunlar ifade edilebilir [Zhu, 2010]:

Görsel Tabanlı Tasarım: Karmaşık analiz adımlarını grafiksel bir ortamda tasarlayarak anlaşılabilirliği arttırmaktadır.

Otomasyon: Kullanıcı hatasını minimuma indirerek veri analiz sürecini otomatikleştirmektedir. İş akışının adım adım kontrol edilebilir olması, hataların kolayca tespit edilmesini sağlamaktadır.

Tekrarlanabilirlik: Analitik süreçlerin standartlaştırılmasını sağlamaktadır. Bir kez oluşturulan model, benzer çalışma konularında veya alanlarda tekrar tekrar kullanabilmekte ve böylece tutarlı sonuçlar elde edilmektedir.

Esneklik: Kullanıcıların ihtiyaçlarına göre girdi verilerini, araçları, analiz parametrelerinin değiştirilmesine olanak tanımaktadır.

Performans Artışı: Analizlerin otomasyonu sağlandığından karmaşık mekânsal analizlerin daha hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.

Paylaşılabilirlik ve Esnek Çözümler: Model Builder’da geliştirilen bir iş akışı, başkalarıyla paylaşılabilir ve farklı projelerde kullanılabilir. Ayrıca, değişen proje ihtiyaçlarına göre kolayca uyarlanabilmektedir.

ArcGIS Model Builder aracı yukarıda ifade edildiği gibi coğrafi veri analizlerinin otomasyonunu sağlamaktadır. Tekrarlanabilir analiz araçları ve dinamik parametrelerle hem öğrenmesi kolay hem de güçlü bir araçtır. Bununla birlikte, karmaşıklığı artan projelerde iyi bir planlama ve tasarım gerektirmektedir. Bu doğrultuda tez kapsamında ÇKKV yöntemleri ile yapılmış yer seçimi uygulamalarının modellerinin geliştirilerek bütünleşik bir yapı ortaya koyulmuştur.

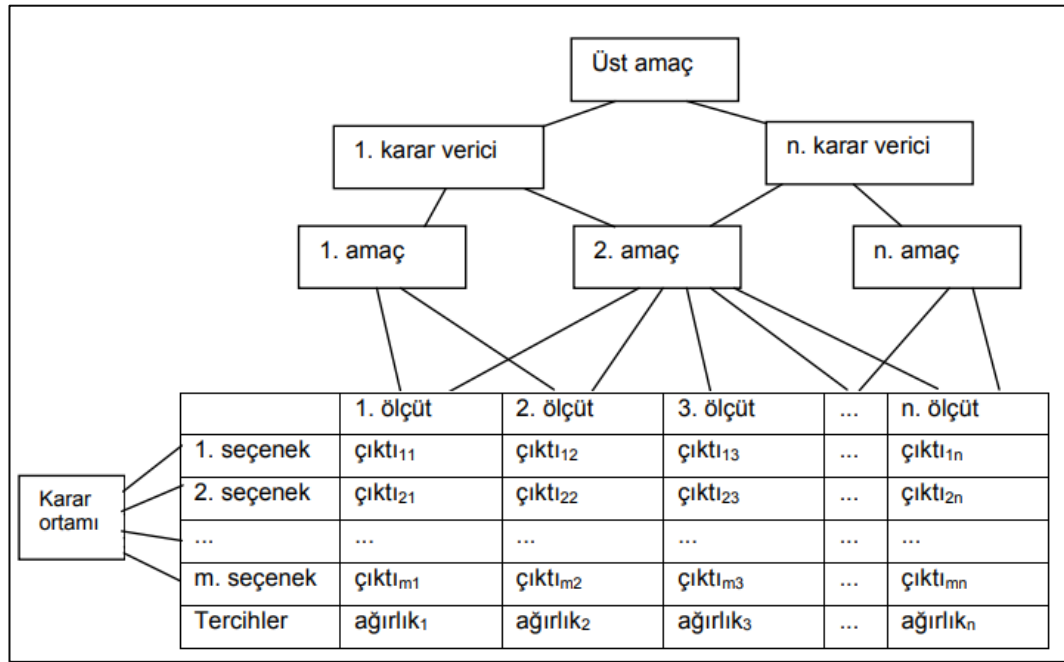
3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME (ÇKKV) YÖNTEMLERİ

Bir yer seçim kararı, belirli bir amaç doğrultusunda en uygun yerin seçilmesi için yapılan bir analiz sürecidir. Bu karar, genellikle çeşitli kriterlerin göz önünde bulundurulması ve bu kriterlerin değerlendirilmesiyle alınmaktadır. Ulaşım tesisleri, enerji tesisleri, şarj istasyonları, kentsel yerleşim yerleri, altyapı sistemleri, tarım ve ormancılık, çevresel ve doğal kaynak yönetimi, afet ve acil durum yönetimi, turizm gibi birçok alanda yer seçim uygulamaları önemli bir rol oynamaktadır **[Erden, 2009]**. Yer seçimi süreci, öncelikle bir gereksinimi karşılayacak değişkenlerin belirlenmesiyle başlamaktadır. Yer seçimi kararı ise, en uygun yerleşimin incelenmesi ve değerlendirilmesi ile alınmaktadır. **[Yang ve Lee, 1997]**.

Son yıllarda yer seçimi çalışmalarında çok sayıda kriteri içeren karmaşık problemleri çözmek için CBS tabanlı Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin kullanımı giderek artmıştır. Bu yöntemler, karar vericilerin farklı kriterleri göz önünde bulundurarak en uygun çözümü belirlemelerine olanak tanımaktadır. **[Erden, 2009]**. ÇKKV yöntemleri, çoklu seçim kriterlerini dikkate alarak, bu kriterlerin yönetilmesi ve etkili çözümün üretilmesini sağlayan bir yönetim sistemi olarak tanımlanabilir. **[Uyan, 2011]**. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin gelişimi, farklı ÇKKV tekniklerinin mekânsal analizlerde de uygulanabilirliğini ortaya koymuştur. Karar verme sürecinde mekânsal ÇKKV ve CBS yöntemlerinin birleşimi, karar vericilere, karşılaşılan problemleri derinlemesine inceleyerek, sistematik ve rasyonel bir şekilde risk analizleri yapmalarına ve olayları daha doğru bir şekilde yorumlamalarına yardımcı olabilmektedir **[Chen vd., 2001]**.

Çok kriterli karar verme kavramı için pek çok farklı tanım mevcuttur. Ancak en yaygın kabul gören tanım, Roy (1996) tarafından yapılmıştır. **[Erden, 2009]**. Bu doğrultuda, çok kriterli karar verme analizi, karar vericinin adaletli bir karara ulaşabilmesi için birden fazla kriterin göz önünde bulundurulması, seçeneklerin veya senaryoların karşılaştırılmasına olanak tanıyan bir karar destek aracıdır. **[Roy, 1996]**. Bu alandaki karar analizi, çok kriterli karar verme problemlerinin yapılandırılması için birçok farklı yaklaşım sunmaktadır **[Keeney ve Raiffa, 1976]**. Bu kapsamda ÇKKV analiz yapısı altı unsurdan oluşmaktadır **[Malczewski, 1996]**:

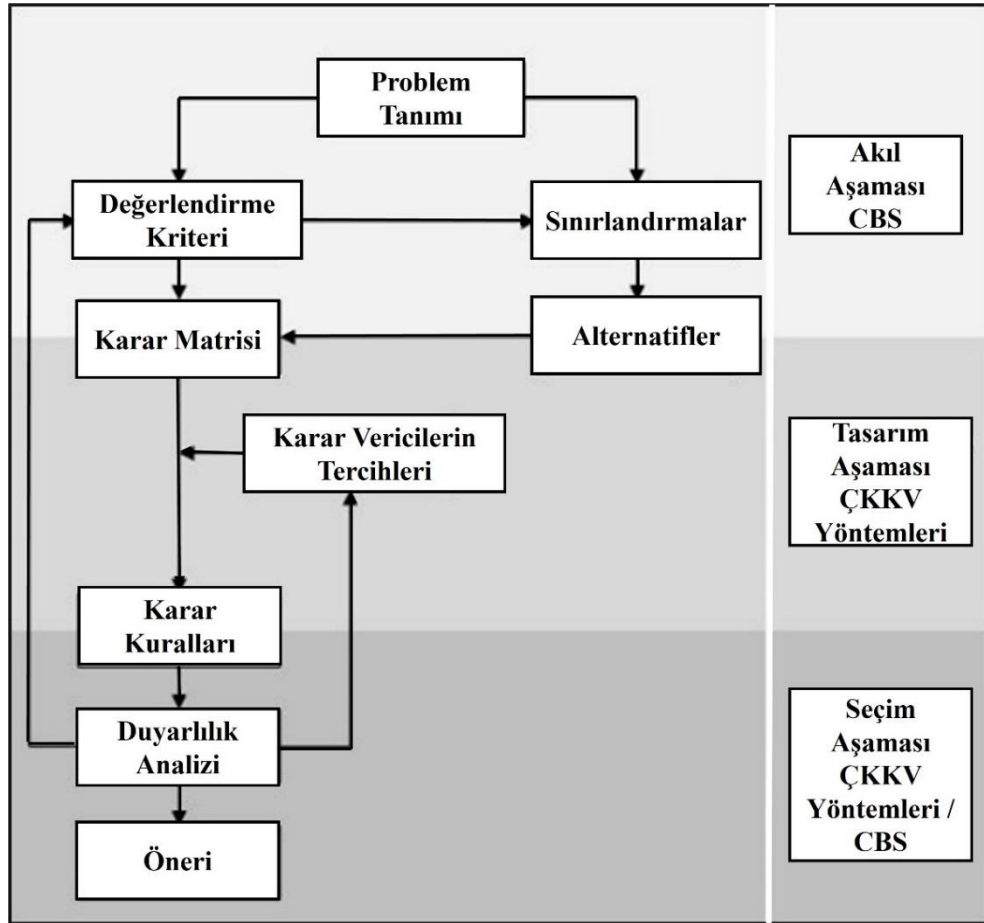
1. Karar verici ya da karar verici gruplarının ulaşmakla sorumlu oldukları hedef veya hedefler bütünü.
2. Karar verme sürecine, değerlendirme kriterlerini dikkate alarak, tercihleriyle katılan karar verici ya da karar verici grupları.
3. Belirlenen değerlendirme kriterleri (hedefler ve ölçütler).
4. Karar alternatifleri veya karar değişkenleri.
5. Kontrol edilemeyen faktörler veya karar verme ortamı.
6. Çıktılar veya her bir seçenek-ölçüt kombinasyonunun ortaya çıkardığı sonuçlar.



Şekil 3.1: Çok kriterli karar verme yöntemi genel akış modeli.

Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin işlem unsurları arasındaki ilişkişel model **Şekil 3.1**'de görülmektedir. Bu yapının ana bileşeni, satır ve sütunlardan oluşan bir karar matrisidir [**Pitz ve McKillip, 1984**]. Matris, seçenekler ve değerlendirme kriterlerine dayalı olarak elde edilen karar sonuçlarını gösterir. Sütun yapısı, karar vericiler ile onların kararlarını ve değerlendirme ölçütlerini içeren bir düzeni temsil etmektedir. Bu düzen, hiyerarşik bir sistemle yapılanmıştır. En yüksek seviyedeki amaç, karar verme sürecinin nihai hedefini belirlemektedir. Bu seviyede, karar verme sürecinin sonunda elde edilecek genel sonuç belirlenir. Karmaşık karar verme durumlarında, genellikle tek bir karar verici yerine, birden fazla karar vericinin katkısı gereklidir. Karar vericinin tercihlerinin ifadesi, her bir değerlendirme kriterine atanan ağırlıklarla yapılır. Bir kriter, bir seçeneğin önemini belirlemek amacıyla kullanılan

standart bir değerlendirme ölçütü ya da kabuldür [Hwang ve Yoon, 1981]. Kriter, belirli amaçları ve ölçütleri tanımlayan geniş bir ifadedir. Çok kriterli karar verme yöntemleri, genellikle amaçları, ölçütleri ya da her ikisini birden içermektedir. Şekil 3.1'deki karar matrisindeki satırlar, farklı karar seçeneklerini temsil etmektedir. Karar sonuçları, seçeneklerin değerlendirilmesinde önemli rol oynayan ölçüt grubuna dayanmaktadır. Bu çerçevede, her bir satır ve sütundaki değerler, bir seçenek ve ona ait ölçütün karar sonucunu yansıtmaktadır. Netice olarak, bir karar verme sürecinde en uygun seçeneğin belirlenebilmesi için, çıktı gruplarının sıralı şekilde oluşturulması gereklidir [Erden, 2009]. Karar verme sürecine dair model, Şekil 3.2'de gösterilmektedir [Malczewski, 1999]. Tüm karar alma süreçleri, CBS sayesinde veri depolama, yönetim, idare etme ve analiz yetenekleri ile desteklenir, bu da problem tanımlama aşamasında önemli bir kolaylık sağlar [Güler, 2016].



Şekil 3.2: Karar verme süreci kavramsal model.

Çok kriterli karar verme modelleri, çeşitli yer seçimi çalışmalarında farklı kriterler arasında en uygun tercihi yapmayı sağlayan araçlar ve yöntemlerdir. Bu yöntemler, kentsel ve bölgesel planlama, arazi uygunluk analizi ve yer seçimi gibi birçok alanda geniş bir kullanım imkânı sunarak, daha verimli ve etkili çözümler geliştirilmesine olanak sağlamaktadır [Uyan ve Yalpir, 2016]. Karar verme bağlamında, ÇKKV ve CBS yaklaşımları, karar vericilere karmaşık karar problemlerini daha kapsamlı bir şekilde analiz etme imkânı sunmaktadır. Bu yöntemler, karar vericilerin rasyonel ve sistematik bir şekilde farklı risk seviyelerini belirlemelerine yardımcı olur ve olayların doğru bir şekilde yorumlanmasını sağlamaktadır. Böylece, daha bilinçli ve bilgiye dayalı kararlar alınabilir. [Chen vd., 2001]. ÇKKV teknikleri, ekonomik, çevresel, sosyal ve teknik hedeflerin birbiri ile çatışmanın söz konusu olduğu problemler için bir karar destek mekanizması olarak kullanılmaktadır [Şişman ve Aydınoglu, 2020]. CBS tabanlı analizler ile ÇKKV teknikleri literatürde pek çok yer seçimi uygulamasında kullanılmıştır.

Literatürde ÇKKV yöntemleri kapsamında kullanılan birçok teknikler mevcuttur. Bu tekniklerin en yaygın kullanılanları aşağıda sıralı olarak ifade edilmiştir:

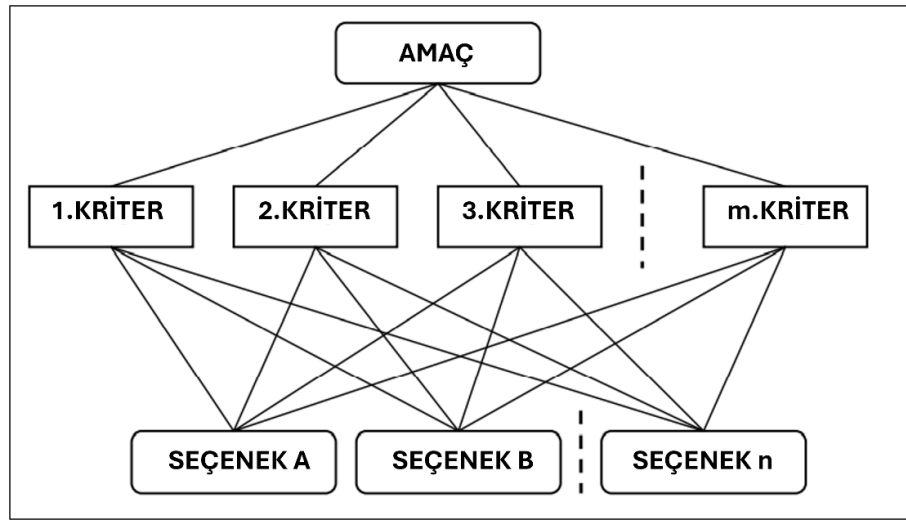
- Analitik Hiyerarşi Süreci/Proses (Analytic Hierarchy Process-AHP)
- Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci/Proses (BAHP-Fuzzy Analytic Hierarchy Process-FAHP)
- En İyi-En Kötü Metodu (Best Worst Method-BWM)
- Analitik Ağ Süreci/Proses (Analytic Network Process-ANP)
- İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution- TOPSIS)
- Zenginleştirme Değerlendirmeleri İçin Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi (Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation- PROMETHEE)
- Çok Kriterli Optimizasyon Ve Uzlaşık Çözüm (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje -VIKOR)
- Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçim Yöntemi (Elimination And Choice Translating Reality -ELECTRE)
- Karmaşık Orantılı Değerlendirme (COMplex PROportional ASsessment - COPRAS)

Bu tekniklerin bazıları ile karar kriterleri arasında önem düzeyi belirlenirken, bazıları ile alternatif karar önceliklendirilmesi yapılmaktadır. ÇKKV yöntemlerinin kullanılması, seçenek ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme sürecini daha yönetilebilir hale getirmeyi ve kararları daha hızlı ve kolay bir şekilde elde etmeyi amaçlar. Yukarıda belirtildiği gibi, çeşitli ÇKKV yöntemleri mevcut olup, hangi modelin seçileceği, belirli bir problemle en iyi şekilde başa çıkabilmesi için duruma göre değişir. Her modelin avantajları ve sınırlamaları vardır, bu nedenle karar verici için en uygun olanı seçmek, mevcut problemin özelliklerine ve karar vericinin tercihine bağlıdır. [Uyan, 2011]. Tez kapsamında ifade edilen ÇKKV teknikleri ile yapılan yer seçimi çalışmalarında literatürde en çok kullanılan ÇKKV yöntemi olarak AHP (Analitik Hiyerarşi Proses) yöntemidir. Ancak bulanık mantık anlayışıyla modellenen Bulanık AHP ile birlikte AHP yöntemi hibrit kullanılarak performansları karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Diğer iki yönteme nazaran daha yeni ve sade bir matematiksel modele sahip bir diğer sık kullanılan ÇKKV yöntemi BWM (Best and Worst Method) olduğu görülmüştür. Bu yöntemlerle veya tek başına değerlendirilen TOPSIS (İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği; Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi; kriterlerin veya alternatiflerin ideal çözüme olan yakınlığı ve ideal olmayan çözüme olan uzaklığı esas alarak kriterler veya alternatifler arasında öncelik sıralaması yapmaktadır. Başka bir ifadeyle kriterlerin veya alternatiflerin en iyi değere ve en kötü değere sahip durumunu ifade etmektedir. Bu doğrultuda tez kapsamında literatürde sık kullanılan bu ÇKKV tekniklerinin detayları aşağıda sırayla verilmiştir.

3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Thomas Saaty tarafından 1970'lerde geliştirilen ve karmaşık karar problemlerini sadeleştiren bir yöntemdir. Hem öznel hem de nesnel unsurları bir arada değerlendirerek çok kriterli karar verme süreçlerinde kullanılmaktadır. Bu yöntem, farklı koşullarda aynı şekilde uygulanabilir olması ve kolay anlaşılır yapısıyla öne çıkmaktadır [Vargas, 1990]. AHP, karar vericinin karmaşık problemleri daha anlaşılır hale getirerek, problemle ilgili kriterleri ve bu kriterlerin önem derecelerini belirlemesine imkân tanıyan bir karar verme yöntemidir [Gümüş vd., 2019]. AHP tekniği, karar vericinin karmaşık problemleri basitleştirerek, problemle ilgili kriterler arasında gerçekleştirilen ikili karşılaştırmalar yoluyla her bir

kriterin önem derecesini belirlemeye olanak tanır. Bu yöntem, karar analizine dahil edilen kriterlerin kendi aralarında yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda her birinin ağırlık değerlerini hesaplamayı sağlamaktadır [Kazakis vd., 2015; Gümüş vd., 2019]. AHP ile karar problemi çözme sürecinin ilk aşaması, problemi derinlemesine analiz ederek daha anlaşılır hale getirmektir. Bu aşamada, hiyerarşik yapıyı oluşturmak amacıyla, problemle ilgili amaç, kriter ve alt kriterler tanımlanır ve bu sayede analitik bir perspektif geliştirilir (Şekil 3.3) [Gümüş vd., 2019].



Şekil 3.3: AHP genel yapısı.

AHP metodolojisi, geliştirilmesinin ardından pek çok farklı alanda uygulama fırsatı bulmuştur. Yer seçim çalışmaları, kaynak tahsisi/yönetimi, afet yönetimi, ekonomi, taşınmaz değerlendirme, enerji ve çevre yönetimi, acil müdahale hizmetleri, tedarik zincir ve lojistik, eğitim, sağlık, ulaşım, çevresel etki değerlendirme, erişebilirlik analizi, arazi uygunluk analizi gibi birçok çalışma alanında kullanılmaktadır.

AHP metodolojisini şu şekilde açıklanabilmektedir [Saaty, 1985; Vaidya vd., 2006]:

- Karar Matrisinin Oluşturulması:
 - Öncelikle, problem tanımlanarak çözüm amacı için kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi
 - Karar matrisi, alternatiflerin her bir kriter açısından ne kadar iyi olduğunu gösteren bir tablodur. Bu matristeki değerler, genellikle 0 ile 1 arasında normalize edilmiş değerlerdir.
- Ağırlıklandırma Matrisinin Oluşturulması:

- Kriterlerin önem derecesini belirlemek için bir ağırlıklandırma matrisi oluşturulması
- Bu matriste, her kriterin diğer kriterlere göre ne kadar önemli olduğu ikili karşılaştırma yöntemiyle belirlenmesi
- İkili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen değerler, ağırlıklandırma matrisine yerleştirilmesi
- En Yüksek Özdeğer Vektörünün Hesaplanması:
 - Ağırlıklandırma matrisinin en yüksek özdeğerini ve buna karşılık gelen kriterlerin önem derecesini gösteren ağırlık vektörü olan özvektör hesaplanması
- Tutarlılık Göstergesinin ve Tutarlılık Oranının Kontrol Edilmesi:
 - İkili karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını kontrol etmek için bir tutarlılık göstergesi (Consistency Index- CI) ve tutarlılık oranı (Consistency Ratio - CR) hesaplanması
 - CR değeri belirli bir eşik değerin altında ise ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu kabul edilir. Aksi takdirde, ikili karşılaştırmaların yeniden yapılması gerekmektedir.
- Her Kriter İçin Normalize Değerlerin Bulunması
 - Karar matrisindeki değerler, her bir kriter için ayrı ayrı normalize edilmesi
- Ağırlıklı Toplama Yöntemi ile Karar Verilmesi:
 - Normalize edilmiş karar matrisi ve ağırlık vektörü kullanılarak, her bir kriter için bir ağırlıklı toplam puanı hesaplanması.

AHP, üç temel prensibe dayanır: 1. karar problemi, hedef, kriterler, alt kriterler ve alternatifler şeklinde katmanlı bir yapıya bölünerek modellenmesi ve hiyerarşik bir yapı oluşturulması, 2. karar vericilerin, kriterleri ve alternatifleri ikili karşılaştırmalar yaparak değerlendirmesi ve önem derecelerinin belirlenmesi ve 3. Önceliklerin sentezlenmesi yani karşılaştırma matrisleri kullanılarak kriterlerin ve alternatiflerin ağırlıklarının hesaplanması, tutarlılık analizi yapılarak en uygun karar belirlenmesi [Saaty, 1977; Saaty, 1980; Harker ve Vargas, 1987]. Bu üç temel prensip

doğrultusunda, AHP yöntemi aşağıdaki üç genel adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar sırasıyla [Erden, 2009]:

1. Karar probleminin hiyerarşik olarak yapılandırılması

AHP yönteminin ilk adımı, karar problemini hiyerarşik bir yapıya dönüştürmektir. Bu, karmaşık bir problemi daha küçük ve yönetilebilir parçalara ayırarak, karar verme sürecini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Hiyerarşik yapı, genel bir hedef düzeyinden başlar ve daha ayrıntılı alt düzeylere doğru inmektedir. Her düzey, kendisinden bir üst veya alt düzeyle bağlantılıdır. Amaç ile kriterler arasında alt amaçlar tanımlanabileceği gibi, kriterler ile seçenekler arasında da alt kriterler eklenerek hiyerarşik yapı daha kapsamlı hale getirilebilir [Erden, 2009].

Hiyerarşik yapı, karar vericinin bir problemi tüm detaylarıyla eksiksiz şekilde tanımlamasına olanak tanımaktadır. Amaç, kriterler ve seçenekler şeklinde düzenlenen bu yapı, karar verme sürecine aşağıdaki faydaları sağlamaktadır [Saaty, 1994]:

- Karar probleminin doğasındaki karmaşık ilişkileri ortaya koyarak, problemin daha iyi anlaşılmasını sağlar.
- Karar problemini modüler bir yapıya dönüştürerek, çözüm sürecinin daha etkin ve verimli ilerlemesine katkı sağlar.
- Dayanıklı ve esnek bir yapıya sahiptir. Düzenli oluşturulmuş bir hiyerarşi içinde yapılan küçük değişiklikler, sistemin genel işleyişini olumsuz etkilemez.

Bununla birlikte, hiyerarşik yapının tüm bileşenleri birbiriyle ilişkilidir ve bir kriterde yapılan değişikliğin diğer kriterler üzerindeki etkisi rahatlıkla gözlemlenebilir. AHP'nin sunduğu bu esneklik ve etkinlik, karar vericinin süreci daha kolay yönetmesine olanak tanımaktadır [Saaty, 1994].

2. İkili bazda karar elemanlarının karşılaştırılması ve tutarlılık oranı (TO) belirlenmesi

İkili karşılaştırma yöntemi, AHP'nin temel ölçüm aracı olarak karar verme sürecindeki karmaşıklığı büyük ölçüde basitleştirir. Bu yöntem, karar verme aşamasında sadece ikili veri gruplarının birbirleriyle olan ilişkilerine odaklanarak, karar verme sürecini daha kolay hale getirir. İkili karşılaştırma üç işlem adımından oluşmaktadır [Erden, 2009]:

1. Hiyerarşinin her seviyesinde karşılaştırma matrislerinin hazırlanması
2. Her hiyerarşi seviyesinde ağırlıkların hesaplanması.
3. Tutarlılık oranının (TO) belirlenmesi.

Amaç, kriter ve alt kriterler belirlendikten sonra, kriterler ve alt kriterler arasındaki önem derecelerinin belirlenmesi amacıyla ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

Tablo 3.1: İkili karşılaştırma matrisi.

	1. Kriter	2. Kriter	3. Kriter	...	n. Kriter
1.Kriter	a_{11}	a_{12}	a_{13}	$\dots$	a_{1n}
2.Kriter	a_{21}	a_{22}	a_{23}	$\dots$	a_{2n}
3.Kriter	a_{31}	a_{32}	a_{33}	$\dots$	a_{3n}
:	:	:	:	$\dots$	:
n. riter	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	$\dots$	a_{nn}

Kriterlerin karşılıklı olarak birebir karşılaştırılmasında, karar verici, bir düzeydeki öğelerin, hiyerarşinin bir üst düzeyindeki öğelerle karşılaştırıldığında göreceli önem derecelerini belirleyecek şekilde bir önem ölçeği kullanmaktadır. [Saaty, 2000; Erden, 2009]. Bu değerler ve tanımları **Tablo 3.2**'de verilmiştir.

Tablo 3.2: İkili karşılaştırmalarda kullanılan önem dereceleri, tanımları ve açıklamaları.

Önem Derecesi (a_{ij})	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Her iki faktörün eşit önemde olması durumu
3	Orta derecede önemli	i . kriterin j . kriterden biraz daha önemli olması durumu
5	Kuvvetli derecede önemli	i . kriterin j . kriterden fazla önemli olması durumu
7	Çok kuvvetli derecede önemli	i . kriterin j . kriter göre çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	Mutlak derecede önemli	i . kriterin j . Kriter göre aşırı derecede önemli olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler	İki kriter arasındaki tercihte yukarıdaki açıklamalarda bulunan derecelerin ara değerleri

AHP yönteminin süreç adımlarının matematiksel modeli sırayla aşağıdaki gibi ifade edilmiştir [Saaty, 1980; Uyan, 2011]:

Adım 1: Tanımlana her bir kriter, ikili karşılaştırmalar şeklinde karşılaştırılır ve bu karşılaştırmalara sayısal değerler atanır. Karşılaştırma çifti sayısı, n kriter sayısını göstermek üzere Eşitlik 3.1 ile belirlenir.

$$\frac{n(n-1)}{2} \quad (3.1)$$

Adım 2: Kriterler arası (nxn) boyutlu ikili karşılaştırmalar matrisi (A) oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Adım 3: a_{ij} değeri i. faktörün j. faktörden ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Karşılaştırma matrisinin köşegenindeki bileşenler, yani $i=j$ olduğunda, 1 değerini alır. Böylelikle söz konusu kriter kendisi ile karşılaştırılmıştır. Kriterler arasındaki karşılaştırmalar, her birinin birbirine göre sahip olduğu önem derecelerine göre, **Tablo 3.2'**de belirtilen değerlere uygun olarak yapılmaktadır. Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin köşegeninde yer alan 1'ler dışında kalan üst kısımdaki değerler için yapılmaktadır. Köşegenin altında kalan değerler için Eşitlik 3.3'de yer alan formülü kullanılmaktadır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (3.3)$$

Adım 4: A matrisinde j sütununda yer alan her değer, j sütundaki değerlerin toplamına bölünerek, yeni oluşacak A_w matrisindeki sütundaki değerlerin toplamı 1 olacaktır. Böylelikle normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilmektedir.

$$A_w = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Adım 5: A_w matrisinde yer alan i sütunun değerlerinin ortalaması olarak c_i değerleri hesaplanır ve C sütun vektörü (öncelik vektörü) elde edilmektedir.

$$C = \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\frac{a_{11}}{\sum a_{i1}}}{n} + \frac{\frac{a_{12}}{\sum a_{i2}}}{n} + \dots + \frac{\frac{a_{1n}}{\sum a_{in}}}{n} \\ \vdots \\ \frac{\frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}}}{n} + \frac{\frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}}}{n} + \dots + \frac{\frac{a_{nn}}{\sum a_{in}}}{n} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Adım 6: Kriterlerin karşılaştırılması sonucu elde edilen ağırlık değerlerinin tutarlılığının kontrol edilmesi oldukça büyük bir öneme sahiptir. AHP, tutarlı bir sistem sunar; ancak elde edilen sonuçların doğruluğu, karar vericilerin faktörler arasındaki birebir karşılaştırmalardaki tutarlılığına bağlıdır. AHP, bu karşılaştırmalardaki tutarlılığın değerlendirilmesi için bir yöntem sunmaktadır. Tutarlılığın elde edilmesi için takip edilecek süreç aşağıda açıklanmıştır:

- Öncelikli olarak tutarlılık vektörü olarak ifade edilen AXC matrisi hesaplanır.

$$AXC = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{12} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

- İkinci olarak $\lambda_{\max}$ değeri hesaplanır.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{c_i} \quad (3.7)$$

- Burada $\lambda_{\max}$ karşılaştırma çiftleri matrisinin öz değeridir. Daha sonra Tutarlılık İndeksi (Consistency Index (CI)) hesaplanır. Sonuçta elde edilen Tutarlılık İndeksi (CI) ile bulunan öncelik vektörünün tutarlılığın test edilebilmesi imkânını sağlamaktadır. AHP’de, CI hesaplaması, kriter sayısı ile $\lambda_{\max}$ katsayısının karşılaştırılmasına dayanmaktadır.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3.8)$$

Adım 7: Nihai olarak, n değerlerinin tutarlılığının yeterli olup olmadığını değerlendirmek amacıyla, Tutarlılık İndeksi (CI) değeri, Rastgele İndeks (Random Index (RI)) değeri ile oranlanarak Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio(CR)) hesaplanmaktadır. Rastgele İndeks, AHP yönteminde kullanılan ve Saaty tarafından standardize edilmiş değerlere sahip bir parametredir. Kriter sayısına göre değişen bu değerler **Tablo 3.3**’de verilmiştir.

$$CR = CI/RI \quad (3.9)$$

Tablo 3.3: RI çizelge değerleri.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Elde edilen CR değerlerinin 0,10 eşik değerini aşmaması, yapılan işlemlerin geçerliliğini teyit eder. CR değerlerinin kabul edilebilir aralıkta bulunmaması durumunda, hesaplanan ağırlıkların karar verme sürecinde kullanılması uygun değildir [Uyan ve Yalpir, 2016]. Ancak CR değeri 0,10’dan büyükse, bu oran ikili karşılaştırmaların tutarsız olduğunu gösterir ve tüm işlemlerin baştan yapılması gerektiğini ifade etmektedir. Yani, ikili karşılaştırma matrisinin tekrar gözden geçirilmesi, kontrol edilmesi ve ardından yeni bir tutarlılık oranı hesaplanması gerekmektedir [Erden, 2009].

3. Önceliklerin Sentezlenmesi

Karar verme sürecinin nihai aşamasında, hiyerarşik yapının tüm seviyelerini kapsayan birleşik bir ağırlıklandırma işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem, her bir seviyedeki ağırlık değerinin, bir sonraki seviyedeki ilgili ağırlık değeri ile ardışık olarak çarpılmasıyla elde edilmektedir. Bu iteratif süreç, ikinci seviyeden en alt seviyeye kadar devam eder ve sonuç olarak bir bileşik ağırlık vektörü elde edilmektedir. AHP, karar verme sürecinin her aşamasında karar vericilere rehberlik ederek, çeşitli yargılarını optimal kararı oluşturmak üzere sistematik bir şekilde entegre etmelerini mümkün kılmaktadır [Saaty ve Niemira, 2006].

3.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP)

Thomas Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi, farklı uygulama alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntem karar problemlerini hiyerarşik bir düzende ele alır ve amaç, hedefler, alt kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkiyi göstererek karar vericilere doğru ve mantıklı bir şekilde karar verme sürecine imkânı sağlamaktadır [Şişman vd., 2016]. AHP'nin faydalarından bir tanesi, uzman görüşlerinin karar verme sürecine dahil edilmesiyle kararların daha doğru verilmesine yardımcı olmasıdır. Her ne kadar uzman görüşlerinin değerlendirilmesi temel hedefi olsa da geleneksel AHP metodolojisi, insan zihnindeki doğal belirsizlikleri modelleme konusunda yetersizdir [Vatansever vd., 2013]. AHP'nin bazı durumlarda yetersiz kalmasının nedenlerinden biri, kriter ve alternatiflerin ikili karşılaştırmalarda kesin sayısal değerlerin kullanılmasıdır. Bu sorunu çözmek için belirsizliği ve bulanıklığı probleme dahil ederek, belirli bir aralıktaki sayısal değerlerin karar vericiler tarafından verilebilmesini sağlayacak Bulanık (Fuzzy) AHP yöntemi geliştirilmiştir. Bulanık AHP, ikili karşılaştırmalardaki sözlü ifadelerin neden olduğu belirsizlikleri ele almaktadır. Bulanık AHP'nin kullanılması, belirsizlik durumunu çözüme dahil ettiği için daha yakın sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, ÇKKV problemlerinin çözümünde AHP yerine Bulanık AHP'nin tercih edilmesi daha doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır. Bulanık mantığın kullanıldığı çalışmalarda sonuçların daha tutarlı olduğu saptanmıştır. Özellikle ikili karşılaştırmaların nitel değerlendirme ile yapıldığı durumlarda bulanık mantık yönteminin daha iyi bir sonuç vereceği gözlemlenmiştir. Bulanık AHP teknikleri işlem basamakları açısından farklılık göstermektedir. Bu bağlamda en çok

tercih edilen tekniklerden biri, Chang'in Genişletilmiş Analizi'dir. Bu yöntem, adımlarının kolay, anlaşılır ve kısa olması nedeniyle tercih edilir [Ofly, 2024].

Chang'in Bulanık AHP yönteminin işlem adımları aşağıdaki gibidir [Chang, 1996 ; Ofly, 2024].

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ nesneler kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ amaç kümesi olduğu varsayılır. Chang'in yöntemine göre her nesne ele alınır ve her hedef için ayrı bir mertebe değeri (g_i) değeri oluşturulur. Bu sayede her ayrı nesne için m genişletilmiş analiz değerleri elde edilmiş olur. $M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m$; $i=1, 2, \dots, n$. Bu değerlerin hepsi $M_{g_i}^j$ ($j=1, 2, \dots, m$) üçgen bulanık sayılardır. Bu sayılar **Tablo 3.4**'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4: Bulanık AHP yönteminde kullanılan üçgen bulanık sayılar.

Dilsel Değişim	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit Derecede Önemli	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
Orta Derecede Önemli	(1,3,5)	(1/5,1/3,1/1)
Kuvvetli Derecede Önemli	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Mutlak Derecede Önemli	(7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)
Ara Değerler	(1,2,3)	(1/3,1/2,1/1)
	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)

Adım 1: İlk adım olarak bulanık sentetik mertebe değeri hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j * [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1} \quad (3.10)$$

$S_i = i$, amacın sentez değeri

$M_{g_i}^j$ = her bir amaca yönelik genişletilmiş değer

Yukarıda yer alan ifadeler Eşitlik 3.11 ve Eşitlik 3.12 kullanılarak hesaplanır.

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ ifadesi için m değerlerinin üzerinde bulanık sayılarda toplama işlemi Eşitlik 3.11 ile yapılmaktadır. Bu işlem şu şekilde hesaplanır:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (3.11)$$

l, m, u = üçgen üyelik fonksiyonları

$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1}$ ifadesini elde etmek için $M_{g_i}^j = (j=1, 2, \dots, m)$ değerleri üzerinde Eşitlik 3.12 kullanılarak bulanık toplama işlemi yapılır:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (3.12)$$

bu adımın son aşaması olarak denklemdeki vektörün tersi hesaplanır:

$$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \quad (3.13)$$

Adım 2: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ifadesinin olabilirlik derecesi aşağıdaki gibi hesaplanır:

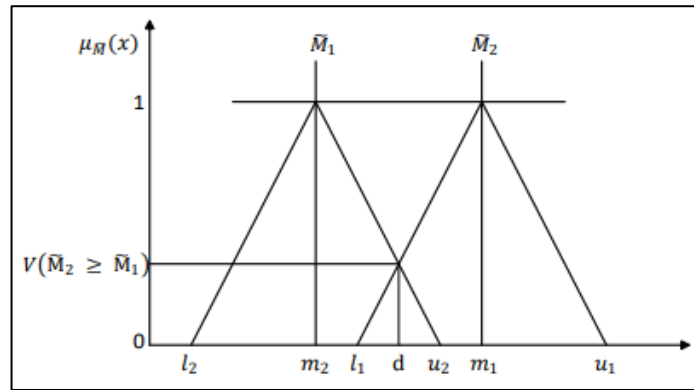
$$V(M_2 \geq M_1) = \sup(\min(\mu_{m_1}^{(x)}, \mu_{m_1}^{(y)})) \quad (3.14)$$

$$y \geq x$$

$M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ üçgensel bulanık sayılar olmak üzere

$$V(M_2 \geq M_1) \text{ hgt}(M_1 M_2) = \mu_{m_2}^{(d)} \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0 & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{((m_2 - u_2) - (m_1 - l_1))} & \text{diğer,} \end{cases} \quad (3.15)$$

Karşılaştırılan iki durumun kesişim noktası bulunmaktadır. M_1 ve M_2 'yi karşılaştırabilmek için $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerleri gerekmektedir. **Şekil 3.4**'te kesişim noktası “d” gösterilmiştir:



Şekil 3.4. Üçgensel sayı ordinatları [Zadeh, 1965].

Adım 3: Aşağıda k tane bulanık sayıdan $M_i (i=1,2,...,k)$ büyük olma durumlarına ilişkin olabilirlik dereceleri görünmektedir.

$$\begin{aligned} V (M \geq M_1, M_2, M_k) = \\ V [(M \geq M_1), (M \geq M_2), \dots (M \geq M_k)] = \\ \min V (M \geq M_i), i= 1,2,\dots,k \end{aligned} \quad (3.16)$$

$k= 1,2,\dots,n; k \neq i$ için $d'(A_i) = \min(S_i \geq S_k)$ olarak kabul edilirse ağırlık vektörü şu şekilde bulunur:

$$w' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots d'(A_n))^T \quad (3.17)$$

ifadesinde bulunan A_i ($1, 2, \dots, n$) n tane elemandan oluşmuştur.

Adım 4: Ağırlık vektörünün normalize edildiği adımdır.

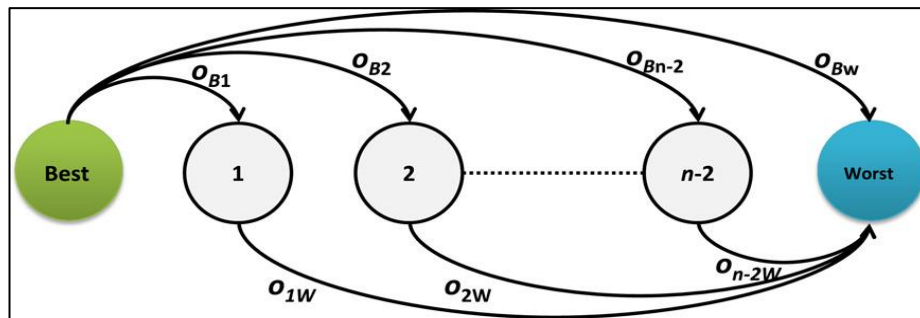
$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (3.18)$$

Buradaki W her karşılaştırma matrisi için hesaplanan bulanık olmayan bir sayıdır.

3.3. En İyi En Kötü (Best And Worst Method-BWM) Yöntemi

En İyi-En Kötü Yöntemi, 2015 yılında Jafar Rezaei tarafından geliştirilmiş bir ÇKKV yöntemidir. BWM, karar vericinin en iyi (best) ve en kötü (worst) kriterleri seçmesi esasına dayanır. Bu seçimlere göre diğer kriterlerin göreceli önem derecelerini belirlemeyi amaçlamakta ve karmaşık karar problemlerini daha az matematiksel işlemle çözerek etkili sonuçlara ulaşmaktır.

Bu yöntemde, en iyi (en önemli, en çok istenen) ve en kötü (en önemsiz, en az istenen) kriterler karar verici tarafından belirlenmektedir. Kriterlerin ağırlıklarını ve alternatiflerin puanlarını hesaplamak için Şekil 3.5'te gösterilen ikili karşılaştırma vektörü kullanılmaktadır [Işıldar, 2018; Arslanhan ve Tosun, 2021]. Karar vericinin bir kriteri diğerine ne kadar tercih ettiğini gösteren önem düzeyleri, BWM yönteminde kriterler arasındaki ikili karşılaştırmalarla hesaplanmaktadır [Rezaei, 2015; Mi vd., 2019]. Kriterler arasındaki karşılaştırmalar yapılırken, 0.1 -1, 1-9 veya 1-100 arasında sayısal değerler kullanılarak kriterlerin önem dereceleri, Likert Ölçeği ile tanımlanmaktadır [Mete, 2019].



Şekil 3.5: En iyi (best)-en kötü (worst) referans karşılaştırma.

BWM yönteminin çalışma prensibi, bir veya birden fazla alternatifin seçimi amacıyla karar vericiler veya karar verici grupları tarafından uygulanabilir. [Rezaei, 2016]. Bu teknikte öne çıkan nokta, mevcut ÇKKV birçoğuna kıyasla daha az veri girdisiyle daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar üretme avantajına sahiptir [Rezaei, 2015].

BWM yönteminin adımlarının matematiksel modeli sırayla aşağıdaki gibi ifade edilmiştir [Rezaei,2015; Arslanhan ve Tosun, 2021]:

Adım 1: Karar problemi için uzmanlar tarafından karar kriterlerinin belirlenmesi. Karar problemine etki eden kriterler ($c_1, c_2, \dots, c_n$) belirlenir.

Adım 2: Kriterler arasından en iyi (örneğin en çok istenen, en önemli) ve en kötü (en az istenen, en önemsiz) kriterin belirlenmesi.

Adım 3: 1-9'luk karşılaştırma ölçeğinde, en önemli kriter ile eşdeğer önemdeki kriter için 1 değeri atanırken, en önemli kriterin diğer kriterlere kıyasla belirgin derecede daha önemli olduğu senaryolarda 9 değeri kullanılmaktadır (**Tablo 3.2**).

En iyi kriterin diğer kriterlerle karşılaştırılması sonucunda, en iyi karşılaştırma vektörü aşağıdaki gibi elde edilir:

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn}) \quad (3.19)$$

Burada, a_{Bj} kriter j üzerinde en iyi kriterin (B) tercihini belirtir. Bu durumda a_{BB} her zaman 1 değerine eşit olmaktadır yani $a_{BB} = 1$ olduğu anlamına gelir.

Adım 4: 3. adımdaki işlemlere benzer şekilde belirlenen en kötü kriter diğer kriterler ile ikili karşılaştırılır. İkili karşılaştırmalarda kullanılan 1 değeri, kriterlerin eşdeğer öneme sahip olduğunu gösterirken, 9 değeri en kötü kriterin diğer kriterlerden çok daha az önemli olduğunu ifade etmektedir. En kötü karşılaştırma vektörü ise aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T \quad (3.20)$$

Burada a_{jW} j kriterinin en kötü kriter olan (W) ye göre tercih edilebilirliğini belirtir. Ayrıca en iyi kriterin durumu ile aynı olduğundan, en kötü kriterin kendisiyle karşılaştırılan değeri 1'e eşittir yani $a_{WW} = 1$.

Adım 5: Kriter ağırlıklarının ($w_1, w_2, \dots, w_n$) belirlenmesinde, en iyi ve en kötü kriterlere ilişkin karşılaştırma vektörleri temel girdi olarak kullanılmaktadır. En iyi

olarak tanımlanan kriterin sırasıyla tüm kriterlere ve tüm kriterlerin en kötü kritere bölümü ile:

$$a_{Bj} = w_B / w_j \text{ ve } a_{jW} = w_j / w_W \quad (3.21)$$

değeri elde edilmektedir. Bu koşulun yerine getirilmesinde maksimum mutlak farkların $|w_B / w_j - a_{Bj}|$ ve $|w_j / w_{jW} - a_{jW}|$ minimuma indirgendiği bir çözüm sağlanmalıdır.

$$\left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \right\} \text{ kısıtları altında} \quad (3.22)$$

$\sum_j w_j = 1 ; w_j \geq 0, \forall j$ olmaktadır.

Denklem doğrusal bir forma dönüştürülerek aşağıda tanımlanan model elde edilir:

Min ξ için;

$$\left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi \text{ ve } \left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \leq \xi \right. \quad (3.23)$$

$\sum_j w_j = 1 ; w_j \geq 0, \forall j$ olmaktadır.

Bu modelin çözümü ile kriter ağırlıkları ve ξ elde edilir.

Adım 6: Oluşturulan ikili karşılaştırmalara göre hesaplanan kriter ağırlıklarının tutarlılığı kontrol edilmektedir. Eğer, $a_{Bj} \times a_{jW} = a_{jW}$ tüm j kriterleri şartını sağlıyorsa karşılaştırmaların tutarlı olduğu kabul edilir. Tutarlılık oranı, ξ^* ve **Tablo 3.5**'te ifade edilen ilgili tutarlılık indeks (CI) değeri kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \frac{\xi}{\text{Tutarlılık İndeks değeri}} \quad (3.24)$$

Tablo 3.5: Tutarlılık indeks (CI) değerleri.

a_{Bw}	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tu	0	0	1	1	2	3	3	4	5
tarlılık İndeksi	.00	.44	.00	.63	.30	.00	.73	.47	.23

Tutarlılık oranı (ξ), 0 -1 arasında tanımlanmaktadır. Tutarlılık düzeyi, değerin sıfıra yaklaşmasıyla artar; 1'in altındaki değerler kabul edilebilir bir tutarlılık seviyesini temsil etmektedir [Rençber ve Avcı, 2018]. Sonuçların tutarsız olması halinde, karşılaştırmalar yeniden yapılır ve kriterlerin önem düzeyleri tekrar hesaplanması gerekmektedir.

3.4. İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution- TOPSIS)

TOPSIS, 1980'lerde Yoon ve Hwang tarafından geliştirilen bir ÇKKV yöntemidir. Bu yöntem, alternatifleri ideal çözüme olan yakınlıklarına göre sıralayarak, en uygun seçeneği belirlemeye olanak tanımaktadır. Diğer bir deyişle, ideal çözüme en yakın ve ideal olmayan çözüme en uzak olan seçenekleri tespit etmeyi sağlamaktadır. [Hwang vd., 1993]. TOPSIS hesaplamaları Öklid mesafe yaklaşımına dayanmaktadır. Enerji, sağlık, kentsel alan, ulaşım, afet yönetimi, yeşil alan gibi birçok karar verme süreci içeren yer seçimi uygulamalarında sık kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biridir.

BWM yönteminin adımlarının matematiksel modeli sırayla aşağıdaki gibi ifade edilmiştir [Hwang ve Yoon, 1981; Topçu vd., 2023; Kelemenis ve Askounis, 2010]:

Adım 1: Problemin tanımlanması, kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesi, alternatiflerin belirlenmesi

Adım 2: Başlangıç matrisinin oluşturulması. Matrisin satırlarında alternatifler, sütunlarında alternatiflerin değerlendirileceği kriterler yer almaktadır.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & & a_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (3.25)$$

Adım 3: Karar matrisi normalize edilerek, her kritere ait değerler bu kriterlerin kareler toplamının kareköküne bölünmesiyle normalize edilmiş karar matrisi elde edilir.

$i = 1, 2, \dots, m$ ve $j = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (3.26)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & & r_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (3.27)$$

Adım 4: Normalize edilmiş karar matrisi, önceden hesaplanan kriter ağırlıkları (W_j) ile çarpılır ve “Ağırlıklandırılmış Normalize Matris” elde edilir.

$$V_{ij} = W_j * r_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.28)$$

Adım 5: Normalize edilmiş değerlere göre pozitif ideal çözüm (A^+) ve negatif ideal çözüm (A^-) bulunur.

$$A^+ = \{(\max_i v_{ij} \mid j \in J), \{(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \mid \mid)\} \quad (3.29)$$

$$A^- = \{(\min_i v_{ij} \mid j \in J), \{(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \mid \mid)\} \quad (3.30)$$

Eşitlik 3.29’da yer alan $A^+ = \{v_1^+, v_2^+, v_n^+\}$, $A^- = \{v_1^-, v_2^-, v_n^-\}$ olarak ifade edilebilir.

Adım 6: Her bir alternatifin en iyi ideal çözüme uzaklık değeri veya pozitif ideal çözüme uzaklık değeri S_i^+ ve en kötü ideal çözüme uzaklık değeri veya negatif ideal çözüme mesafe değeri S_i^- olmak üzere bu değerler Eşitlik 3. 31 ve 3.32 ‘de görüldüğü şekilde Öklid mesafesi ile hesaplanmaktadır: S_i^+ ve S_i^- yer alan i sayısı alternatif sayısıdır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (3.31)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (3.32)$$

Adım 7: Modelin son adımında pozitif ideal çözüme olan yakınlığın yani performans puanının hesaplanmasıdır.

$0 < C_i^+$, i = alternatif sayısı olmak üzere;

$$C_i^+ = \frac{s_i^-}{(s_i^-)+(s_i^+)} \quad (3.33)$$

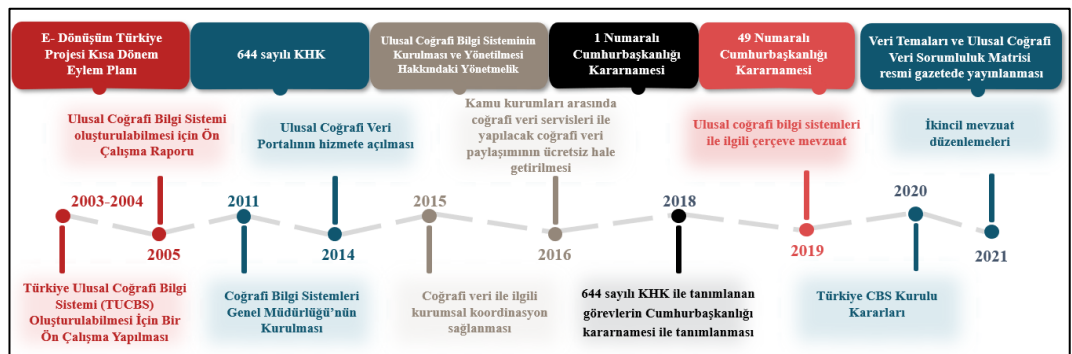
C_i^+ değeri, i . alternatifin puanını göstermektedir. Max C_i^+ değerine sahip alternatif ideal çözüme en yakın alternatiftir. C_i^+ değerinin 0'a eşit olması alternatif ideal çözüme en uzak alternatiftir. Eğer $C_i^+ = 1$ ise alternatifin ideal çözüme mutlak yakın olduğunu göstermektedir **[Dumanoglu, 2010]**. Tüm bu durumlar değerlendirilerek alternatiflerin öncelik sıralaması yapılmaktadır.

4. TÜRKİYE ULUSAL COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (TUCBS)

Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistem (TUCBS) ulusal ölçekte, modern günümüz teknolojik standartlara uygun bir Coğrafi Bilgi Sistemi altyapısının oluşmasını amaçlamaktadır. TUCBS altyapısının amacı, kamu kurum ve kuruluşlarının sorumlu oldukları coğrafi verileri ortak bir altyapı üzerinden kullanıcılara sunmalarını sağlamak için, coğrafi verilerin ulusal düzeyde üretimi, kalitesi ve paylaşımı için standartlar geliştirmektir. Ayrıca, bu süreçlere ilişkin temel politika ve stratejiler belirlenerek, tüm kullanıcı kurumların ihtiyaçlarına cevap verecek bir çerçeve oluşturulması amaçlanmaktadır.

TUCBS kapsamında oluşturulan coğrafi veriler Uluslararası Standardizasyon Örgütü/Teknik Komite 211 (ISO/TC211) Coğrafi Bilgi/Geomatik Komitesi ve Açık Jeo-uzamsal Konsorsiyum (Open Geospatial Consortium- OGC) standartlarını baz almaktadır [Aydınoglu ve Bovkır, 2017] Avrupa Birliğine üye olan ülkeler ve katılımcılar arasında coğrafi veri standartlarının irdelenmesi ve konumsal veri altyapısı oluşturmayı hedefleyen Avrupa Birliği Konumsal Veri Altyapısı (Infrastructure for Spatial Information in the European Community)-INSPIRE direktifleri doğrultusunda düzenlenen TUCBS, verilerin güvenli bir şekilde saklanıp paylaşılmasına yönelik uygun bir coğrafi bilgi sisteminin oluşturulması ve ulusal standartların belirlenmesi amacıyla Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından oluşturulmuş olan bir e-devlet projesidir. [Web 12, 2024].

TUCBS projesinin tarihsel gelişim akışı Şekil 4.1.'te gösterilmiştir:



Şekil 4.1: TUCBS tarihsel gelişimi.

7 Kasım 2019 tarihli 30941 sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Coğrafi Bilgi Sistemleri Hakkında 49 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nde [ResGaz,1];

(1) Bu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin amacı coğrafi bilgi sistemleri ile Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi ve altyapısına ilişkin; kamu kurum ve kuruluşları arasında koordinasyonun sağlanması, hedef ve stratejilerin oluşturulması, coğrafi veri temaları içinde yer alan coğrafi veri ve bilginin üretilmesi ve güncelliğinin sağlanması, yönetilmesi, kullanılması, erişimi, güvenliğinin sağlanması, paylaşılması ve dağıtımına yönelik usul, esas ve standartlar ile bu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi kapsamında oluşturulan kurulların, kamu kurum ve kuruluşlarının, gerçek ve tüzel kişilerin görev, yetki ve sorumluluklarının belirlenmesidir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğüne görevleri verilmiş olup söz konusu hususları TUCBS yasal dayanağı olarak ifade edilmiştir.

TUCBS genel standartlarıyla kamu ve özeldeki tüm paydaşları tarafından sorumlu oldukları coğrafi veri ve veri bilgilerinin;

- Mükerrer üretimin önüne geçilmesi,
- Coğrafi verilerin doğruluk, kalite, güncellik, güvenlik ve gizlilik kriterlerini karşılamakla
- Belirlenen usul, esas ve standartlara uygun şekilde verileri uyumlaştırmak ve paylaşmakla,
- Verilerin erişimini ve paylaşımını sağlamak için gerekli sistem altyapısını kurmak, işletmek ve güvenliğini sağlamakla,
- Ulusal Coğrafi Bilgi Platformuna verileri sunmakla görevli ve yetkilidir.

TUCBS veri standartlarının belirlenmesi kapsamında, 32 adet coğrafi veri teması (**Tablo 4.1**) ve bu temalara ilişkin alt tema grupları ve 77 şema geliştirilmiştir. Veri temasının alt temaları içerik olarak farklı kurum ve kuruluşları kapsamında olabileceğinden alt temalar oluşturulmuştur. Ayrıca TUCBS projesi belirli periyotlarla mevcut coğrafi veri temalarının, yaygınlaştırma ve genişletme çalışmaları yapılmaktadır. Kamu ve özel paydaşların katılımları ile gerçekleştirilen toplantılarda veri temaları ile ilgili güncellemeler ve genişletme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Her bir coğrafi veri temasına ilişkin kavramsal tanımlamaları ve kapsam belirlemelerini içeren Veri Tanımlama Dokümanları, tüm kullanıcıların erişimine açıktır. [Bingöl vd., 2024]. Toplam 32 adet coğrafi veri tema mevcut olsa 31 adet veri

tanımlama dokümanı bulunmaktadır. Bunun nedeni Atmosfer Verileri ve Meteoroloji Verileri aynı dokümanda ifade edildiğinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 4.1: TUCBS veri temaları ve alt temaları.

No	Tema Adı	Alt Tema
1	Adres	Adres
2	Altyapı	Atıksu Ağı
		Çevre Yönetim Tesisleri
		Elektrik Ağı
		Elektronik Haberleşme Ağı
		Ortak Teknik Altyapı Ağ Bileşenleri
		Petrol / Gaz / Kimyasal Ağı
		Su Ağı
		İdari ve Sosyal Hizmetler
		Termal Ağı
		Yağmur Suyu Ağı
3	Arazi Kullanımı	Arazi Kullanımı Sınıflandırma
		Mevcut Arazi Kullanımı Grid
		Mevcut Arazi Kullanımı
		Planlı Arazi Kullanımı
4	Arazi Örtüsü	Arazi Örtüsü Raster
		Arazi Örtüsü Sınıflandırma
		Arazi Örtüsü Vektör
5	Atmosfer Verileri	Atmosfer ve Meteoroloji Verileri
6	Bina	Bina
		Bina 3B
7	Biyocoğrafya Bölgeleri	Biyocoğrafya Bölgeleri
8	Coğrafi Yer Adları	Coğrafi Yer Adları
9	Çevre İzleme Tesisleri	Atık Su İzleme Tesisleri
		Biyoçeşitlilik İzleme Tesisleri
		Çevre İzleme Tesisleri
		Deniz İzleme Tesisleri
		Hava İzleme Tesisleri
		Su İzleme Tesisleri
10	Deniz ve Tuzlu Su Alanları	Deniz ve Tuzlu Su Alanları
11	Doğal Risk Bölgeleri	Doğal Risk Bölgeleri
12	Enerji Kaynakları	Enerji Kaynakları Temel
		Enerji Kaynakları Vektör
		Enerji Kaynakları Coverage
13	Habitat Bölgeleri	Habitatlar Ve Biyotopların Dağılımı

Tablo 4.1 (devamı): TUCBS veri temaları ve alt temaları.

14	Hidrografya	Hidrografya Ağ
		Hidrografya Fiziksel Sular
		Hidrografya Temel
15	İdari Birimler	Deniz İdari Birim
		Kurumsal İdari Birimler
		Soyut İdari Birimler
16	İnsan Sağlığı ve Güvenliği	Güvenlik
		İnsan Sağlığı
17	İstatistiksel Raporlama Bölgeleri	İstatistiki Grid
		İstatistiksel Raporlama Bölgeleri Temel
		İstatistiksel Raporlama Bölgeleri Vektörü
18	Jeoloji	Hidrojeoloji
		Jeofizik
		Jeoloji
		Jeoteknik
19	Kadastro	Kadastro
20	Kamu Yönetim Bölgeleri	Kamu Yönetim Bölgeleri_v2
		Kamu Yönetim Bölgeleri_v1
		Kontrollü Faaliyet_v1
21	Coğrafi Grid Sistemleri	Coğrafi Grid Sistemleri
22	Koruma Bölgeleri	Koruma Bölgeleri Geniş
		Koruma Bölgeleri Sade
23	Madenler	Maden Kaynakları İlave
		Madenler
24	Meteoroloji Verileri	
25	Nüfus Dağılımı ve Demografi	Nüfus Dağılımı ve Demografi
26	Ortogörüntü	Ortogörüntü
27	Sanayi Tesisleri	Sanayi Tesisleri
		Sanayi Tesisleri İlave
28	Tarım Tesisleri	Tarım Tesisleri
		Tarım Tesisleri İlave
29	Toprak	Toprak
30	Tür Dağılımı	Tür Dağılımı
31	Ulaşım Ağları	Demiryolu Ağı
		Hava Ulaşım Ağı
		Karayolu Ulaşım Ağı
		Kablolu Ulaşım Ağı
		Ortak Ulaşım Bileşenleri
		Su Ulaşım Ağı

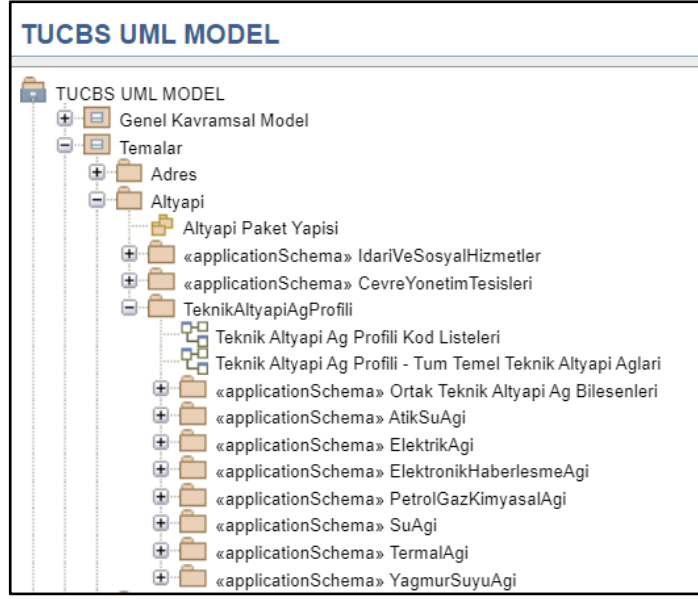
Tablo 4.1 (devamı): TUCBS veri temaları ve alt temaları.

32	Yükseklik	Yükseklik Grid Coverage
		Yükseklik Temel Tipleri
		Yükseklik Tin Coverage
		Yükseklik Vektör Nesneleri

Coğrafi veri temaları, belirli konu kapsamında ulusal veya uluslararası kabullere göre hazırlanan CBS endüstrisi için önem taşıyan coğrafi veri topluluğudur. Bu kapsamda ortak ve şablon kabul edilebilecek standartlar geliştirilmelidir. Bu nedenle TUCBS coğrafi veri temalarının uygulama şemaları Bütünleşik Modelleme Dili (Unified Modelling Language - UML) gösterimi ile gösterilmektedir. UML yapısı, coğrafi verilerin amaç ve kapsamının daha iyi anlaşılmasını sağlamakta olup coğrafi verilerin mükerrer olmadan üretilmesini, kullanıcılar arası paylaşımını arttıran ve destekleyen bir yapı olarak ifade edilmektedir. Bu modelleme dili ile coğrafi verilerin üretilmesi ve detaylı kataloglarla tanımlanması süreçlerini yönetir. Bu veriler, model tabanlı mimari yaklaşımlar kullanılarak, kullanıcı algısına uygun şekilde sunulur. Ayrıca, bilgi sistemleri uygulamalarında kullanılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır [Aydınoglu, 2009].

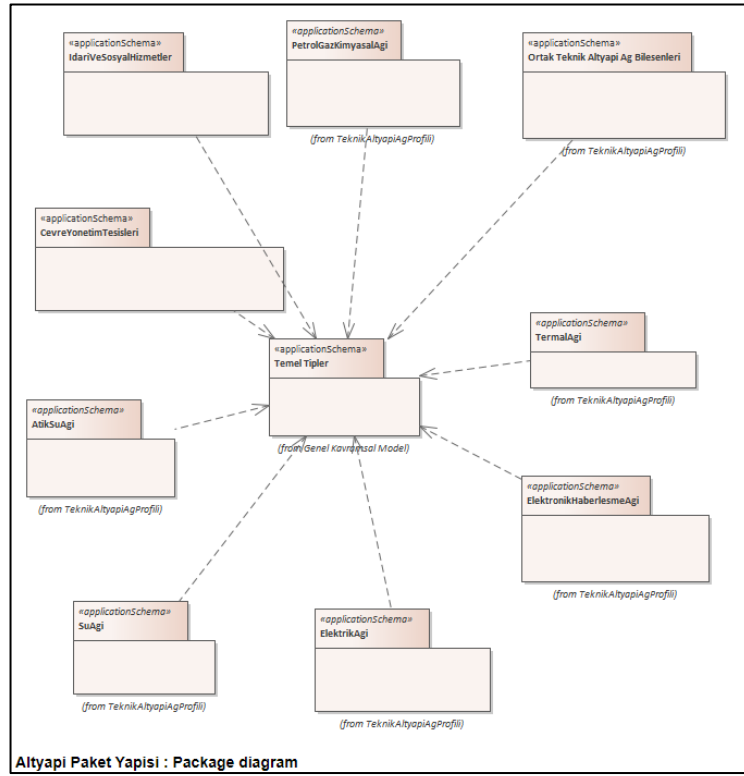
TUCBS kapsamında en temel ve önemli unsur veridir. Coğrafi veri, konum ve koordinatlar ile ifade edilen konumsal bilgileri ve bu bilgilere bağlı olan konumsal olmayan öznitelik verilerini içermektedir. TUCBS, belirli konulara ilişkin ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak 32 coğrafi veri teması sunmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü tarafından 2021 yılında yayınlanan Coğrafi Veri Temalarına İlişkin Tanımlama Dokümanları ve Standartlar Eğitim Dokümanına göre TUCBS veri içeriği ve yapısı tanımlanmıştır [Web 13, 2024] . Bu doküman temel olarak coğrafi temaların, Uygulama Şemaları (applicationSchema) ve detay kataloglarını (feature catalog) içermektedir. Bu yapılar aşağıda tanımlarıyla birlikte açıklanmıştır:

Uygulama Şeması (applicationSchema): Veri temalarına ilişkin UML yapısını içermektedir. Bu şema detay katologlarını ve detay tiplerinin yapısını (öznitelikler, ilişki rolleri, işlemler, kısıtlar, veri tipleri, kod listeleri, çokluklar) tanımlamaktadır. Verinin içeriğinin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak paydaşlar arası yayılmasını ve kullanımının artmasını desteklemektedir. 32 coğrafi veri teması için her uygulama şeması farklılık göstermektedir.

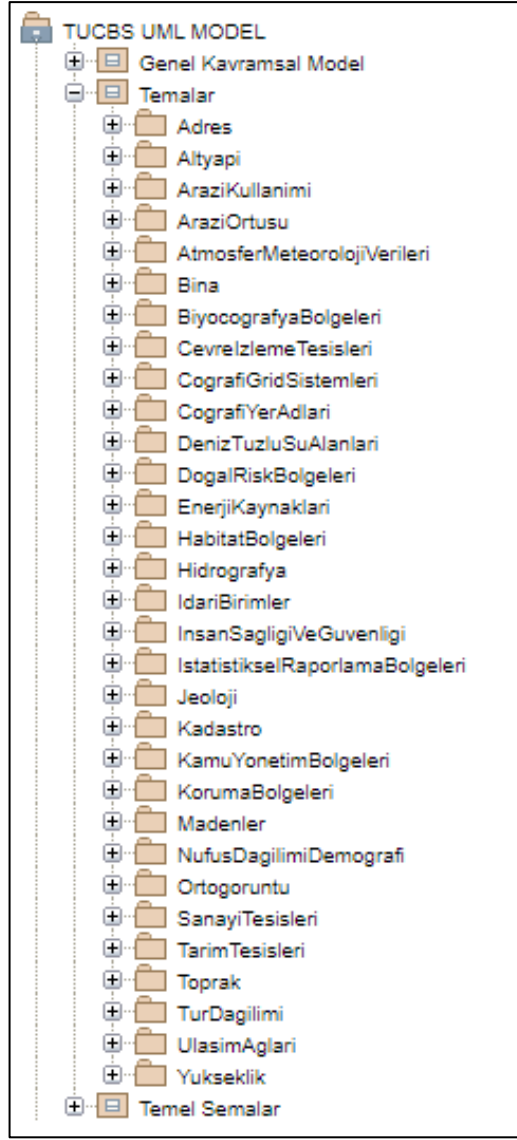


Şekil 4.2: Altyapı coğrafi veri teması uygulama şemaları.

Tema Paket Yapısı (Package diagram): TUCBS coğrafi veri temalarının, ilişkili olduğu diğer veri temalarını göstermektedir. Bahse konu temanın, diğer coğrafi temalardan ulusal standartlarda bağımsız olmadığını ifade etmektedir.



Şekil 4.3: Altyapı coğrafi veri teması paket yapısı.



Şekil 4.5: TUCBS coğrafi veri temaları UML model yapısı.

Detay Tipi/Sınıfı (featureType): Uygulama şemalarında birden fazla detay tipi bulunmaktadır ve bu tipler, ortak karakteristiklere (aynı öznitelik, geometri, topolojik ilişkiler vb.) sahip coğrafi verileri ifade etmektedir.

Veri Tipi (dataType): Bir detay tipine veya bir başka veri tipine ek öznitelikler sağlayan, yapılandırılmış, kimliği olmayan veri tipini tanımlamaktadır.

Kod Listesi (codeList): Coğrafi nesne veya veri tipi için tanımlanmış bir değer listesidir. Bahse konu veri tipi sadece kod listesinde tanımlanmış değerleri alabilir. Kod listeleri öznitelik adı veya koddan oluşmaktadır. Bu listelerde değişiklik veya genişletme çalışmaları yapılabilmektedir.

Değer Listesi (enumeration): Detay sınıfının özniteliklerinde kesin olan ve herhangi bir değişikliğe uğramayan değerleri içeren listedir. Kod listesinden farklı olarak kesin ve herhangi bir değişikliğin olmayacağı durumlarda kullanılmasıdır.

Tüm bu kavramsal ifadeler kapsamında TUCBS 32 adet coğrafi veri teması INSPIRE direktifleri doğrultusunda uyumlaştırılmış ve standartları oluşturulmuştur. TUCBS projesi kapsamında, faz faz yaygınlaştırma ve genişletme çalışmaları yapılmıştır. Kamu ve özeldeki tüm paydaşların ortak bir sistem üzerinden verilerin üretilmesi, paylaşılması ve yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Coğrafi veri temalarının uygulama şemalarında ve detay kataloglarında değişiklik, güncellemeler yapılarak genişletme çalışmaları yapılmıştır. Bu proje kapsamında oluşturulan TUCBS Ulusal Bilgi Platformu 5 ana başlık kapsamında oluşturulmuştur. Bunlar:

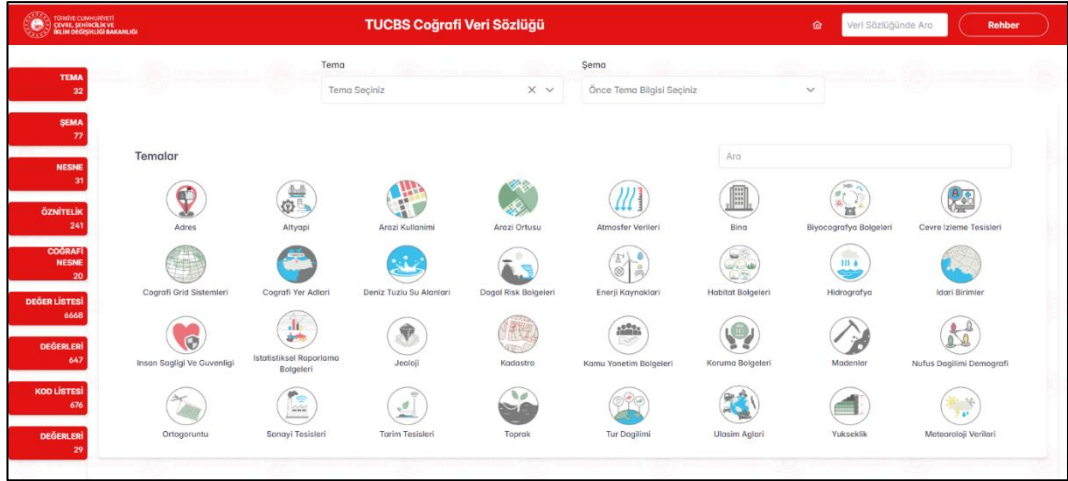
- 1- Coğrafi Veri Görüntüleme:** Coğrafi verilerin harita tabanlı platformlar üzerinden kullanıcı dostu bir şekilde görselleştirilmesi, sorgulanması ve analiz edilmesini ifade etmektedir. Bu işlem, coğrafi veri katmanlarının belirli standartlar çerçevesinde uyumlu olarak sunulmasını, ölçeklenebilir haritalar aracılığıyla erişilebilir hale getirilmesini ve tematik ya da mekânsal analizlerin desteklenmesini kapsamaktadır. TUCBS'nin bu özelliği, kurumlar ve kullanıcılar arasında veri paylaşımını kolaylaştırmayı ve doğru karar alma süreçlerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.
- 2- Metaveri Yönetim Portalı:** TUCBS çerçevesinde coğrafi verilerin düzenli bir şekilde tanımlanması, kaydedilmesi, güncellenmesi ve erişilmesi için kullanılan bir platformdur. Bu portal, coğrafi verilerin içeriği, kaynağı, güncellenme sıklığı, doğruluğu gibi önemli bilgilerin (metaveri) düzenlenmesini sağlamaktadır. Metaveri, verilerin anlaşılabilirliğini artırarak, farklı kurumlar ve kullanıcılar arasında verilerin doğru şekilde paylaşılmasına olanak tanımaktadır. TUCBS Metaveri Yönetim Portalı, coğrafi verilerin erişilebilirliğini ve kullanılabilirliğini artırmak amacıyla verilerin merkezi bir yapıda toplanmasını ve bu verilerin ilgili standartlara uygun olarak yönetilmesini sağlamaktadır.
- 3- Coğrafi Veri Talep Portalı:** TUCBS kapsamında coğrafi verilere erişim sağlamak isteyen kullanıcılar için bir platformdur. Bu portal, kullanıcıların coğrafi veri taleplerini dijital ortamda iletmelerini ve ilgili verilerin temin edilmesini kolaylaştırır. Coğrafi veri talep portalı, kullanıcıların ihtiyaç

duydukları verileri belirleyip, bu verilerin sağlayıcılarıyla iletişime geçmelerini ve veriye erişim süreçlerini hızlandırmalarını sağlamaktadır. Ayrıca, portal, coğrafi veri setlerinin kullanım koşulları, lisansları ve erişim hakları hakkında da bilgi sağlamaktadır. Bu sayede kurumlar ve bireyler, TUCBS içindeki veriye kolayca ulaşabilir ve ilgili analizleri yapabilirler.

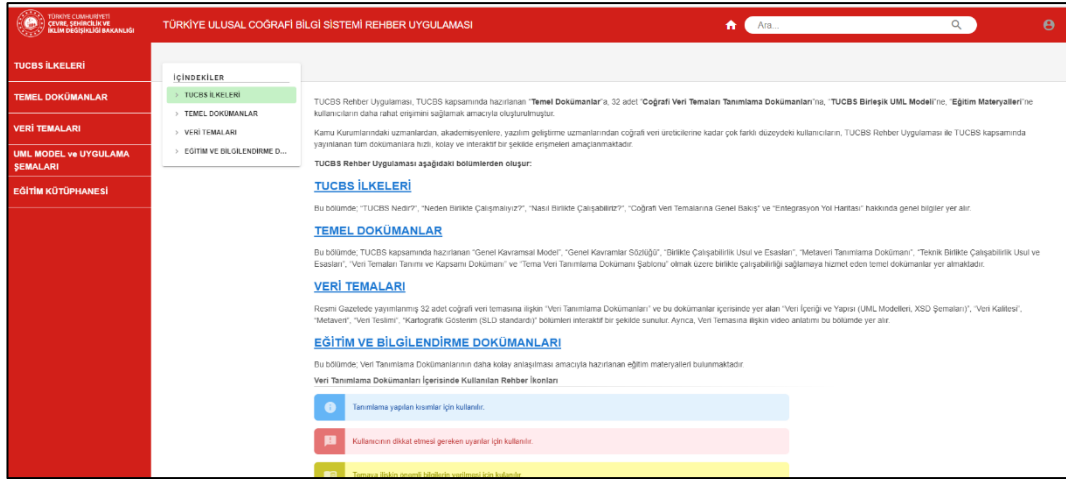
4- Coğrafi Veri Paylaşım Matrisi: Coğrafi verilerin farklı kurumlar arasında etkin, düzenli ve standartlara uygun bir şekilde paylaşılmasını sağlayan bir çerçevedir. Bu matris, hangi kurumun hangi tür coğrafi veriyi sağlayacağını, bu verilerin hangi standartlara göre paylaşılacağını ve veriye erişim düzeylerini tanımlamaktadır. Veri sağlayıcı ve kullanıcı kurumlar arasındaki iş birliğini artırarak, doğru ve güncel verilere erişim yoluyla kamu kurumları, özel sektör ve akademik çalışmalar için önemli bir altyapı oluşturur.

5- Coğrafi Veri Sözlüğü: Coğrafi verilerin tanımlanması, standartlaştırılması ve tutarlı bir şekilde yönetilmesi amacıyla oluşturulan referans bir kaynaktır. Bu sözlük, coğrafi veri temaları, veri yapıları, veri türleri, özellikler ve ilişkiler gibi coğrafi bilgi sistemleriyle ilgili terimleri ve kavramları açıkça tanımlar. Sözlük, veri sağlayıcılar ve kullanıcılar arasında ortak bir anlayış oluşturarak, farklı kurumlar arasında veri entegrasyonunu kolaylaştırır. Ayrıca, verilerin ulusal ve uluslararası standartlarla uyumlu olmasını desteklemektedir.

Bunlara ek olarak TUCBS Rehber uygulaması; verilerin üretimi, yönetimi, paylaşımı ve kullanımı süreçlerinde uyulması gereken standartlar, yöntemler ve ilkeleri tanımlayan kılavuz, referans bir belgedir. Rehber, TUCBS ile ilişkili tüm paydaşların, coğrafi verileri daha etkin ve uyumlu bir şekilde yönetmelerini sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. TUCBS Atlas Uygulamaları; verilerin görselleştirilmesi, analiz edilmesi ve kullanıcıya sunulması amacıyla geliştirilen harita tabanlı uygulamalardır. Bu uygulamalar, farklı coğrafi veri katmanlarını bir araya getirerek tematik haritalar oluşturmayı ve bu haritaları kullanıcıların erişimine açmaya olanak tanımaktadır.



Şekil 4.6: TUCBS Coğrafi Veri Sözlüğü ara yüzü.



Şekil 4.7: TUCBS Rehber Uygulaması ara yüzü.

Tüm bu platformlar, CBS kullanan her kullanıcının ve paydaşın TUCBS ve CBS Endüstrisi'nin gelişimi için ortak payda da buluşmasını sağlamaktadır. Tez kapsamında CBS tabanlı yer seçimi uygulama modelleri geliştirilerek bu modellerde yer alan konumsal ve konumsal olmayan verileri, TUCBS coğrafi veri temaları ile eşleştirilerek TUCBS standartları ile entegre edilmesi, uyumlaştırma çalışması ve bütünlük bir yapı ortaya koyulması amaçlanmıştır.

5. UYGULAMA

5.1. Yatırım Planlamada Yer Seçim Uygulamaları

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Türkiye’de yatırım süreçlerinin faaliyetlerinin artırılması ve etkin bir şekilde kullanılması için 2017 yılında Coğrafi Bilgi Sistemi İle Yatırım Ortamının İyileştirilmesi Projesi (CBS-YOİP) raporu yayınlamıştır. Rapor kapsamında Türkiye’deki yatırım faaliyetleri bağlamında, yatırımcılara sektör bazlı uygun arazi envanterlerine ilişkin bilgilerin hızlı ve doğru bir şekilde sunulması ve temin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda yapılan çalışmalarda 13 sektör, Türkiye’de yatırım yapılması gereken öncelikli sektörler olarak belirlenmiştir (**Tablo 5.1**). Belirlenen sektörlerin il bazında uygun yatırım sahalarının yer seçimine etki eden kriterler ve alt kriterler ulusal ve uluslararası literatür taraması yapılarak belirlenmiştir. Kriterler iki farklı adımla belirlenmiştir. Birinci adımda; ulusal ve uluslararası yasal mevzuatın gereklilikleri (kanunlar, kanun hükmünde kararname, yönetmelikler, bildiriler ve raporlar) incelenmiştir. İkinci adımda; ilgili literatür taranarak, ulusal ve uluslararası düzeydeki akademik çalışmalar, saha uygulamaları ve kamu/sivil toplum kuruluşları tarafından yayınlanan raporlar ele alınmıştır. [**Web 15, 2024**].

Tablo 5.1: Proje kapsamında yer alan öncelikli 13 sektör için yer seçimi çalışma raporu.

No	Yer Seçimi Çalışma Raporu
1	Termik Santraller Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
2	Nükleer Enerji Santralleri Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
3	Güneş Enerji Santralleri Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
4	Lojistik Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
5	Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
6	Üniversite ve Okul Alanları Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
7	Otomotiv Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
8	Mandıracılık-Besicilik Alanları Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu

Tablo 5.1 (devamı): Proje kapsamında yer alan öncelikli 13 sektör için yer seçimi çalışma raporu.

9	Kent ve Bölge Hastaneleri Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
10	Organize Sanayi Bölgeleri Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
11	Eko-Turizm Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
12	Toplu Konut Alanları Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu
13	Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimine Etki Eden Faktörler-Alt Faktörler Raporu

Kriterler CBS destekli analizler ve ÇKKV Yöntemleri ile entegre bir yapı hazırlanılarak yatırıma uygun arazilerin, sektör bazında en uygun sahaların/tesislerin yer seçimine olanak tanıyan bir sistem geliştirilmiştir. Kapsamlı araştırma ve analizler neticesinde, 13 öncelikli sektör için en uygun yerlerin belirlenmesine yönelik kriterlerin özetlendiği bu raporlar, yapılan araştırma ve çalışmalar sonucunda her sektör için detaylı olarak hazırlanmıştır. Her sektör çalışması için kriterler ve alt kriterler farklı olarak ele alınmış olsa da proje raporunda toplam 45 farklı kriter belirlenmiştir. Ancak proje kapsamında ele alınan 13 sektör için hazırlanan yatırım planlama raporunda 12 sektör için belirlenen kriterlerin ağırlıkları belirtilmemiştir. Sadece Güneş Enerji Santralleri (GES) Yer Seçimi raporunda kriter ağırlıkları bulunmaktadır. Bu kapsamda Güneş Enerji Santralleri Yer Seçimi raporunda ele alınan kriterler ve ağırlıklar literatür araştırması yapılarak, kullanılan kriterler ve teknikler irdelenerek yatırım planlama tablosu genişletilmiştir. Proje kapsamında ele alınan 13 öncelikli sektör için oluşturulan yatırım planlama tablosuna, literatür taraması yapılarak CBS tabanlı ve ÇKKV yöntemleriyle gerçekleştirilen 7 farklı alanda yapılmış yer seçimi çalışmaları eklenmiştir. Bu çalışmalar sırasıyla;

1. Rüzgar Enerji Santrali Yer Seçimi
2. Otopark Yer Seçimi
3. Kentsel Tarım Alanları Yer Seçimi
4. Yeşil Alan Gelişimi İçin Saha Uygunluk Yer Seçimi
5. Kentsel Yerleşim Alanları Yer Seçimi
6. Bisiklet İstasyonu/Yolu Yer Seçimi
7. Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi

Böylece yatırım planlamada yer seçimi çalışmaları, 20 farklı uygulama alanı ile kriter çeşitliliği sağlanarak genişletilmiş bir yatırım planlama tablosu geliştirilmiştir. Bu tablo tüm kriterlerin bütünleşik bir yapıda incelendiği ve detaylandırıldığı toplam 81 adet coğrafi ve coğrafi olmayan kriterden oluşmaktadır. Daha sonra söz konusu bu 81 kriterler ile yer seçimini nasıl etkilediği durumu ortaya koyulmuştur. Detaylı olarak aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir (**Tablo 5.2- Tablo 5.21**). Örneğin ana yollara yakınlık durumu; X sektörü yer seçimi için ana yollara yakın mı olması gerekiyor yoksa uzak mı? sorusuna cevap veren dinamik bir yapı oluşturulmuştur. Tablo gösterimlerinde (+): olması gereken kriter şartı veya olumlu anlamda etki, (-): olmaması gereken kriter şartı veya olumsuz anlamda etkiyi ifade etmektedir. Geçiş Yok: tesis kurulacak saha için olumsuz faktör ise o bölgeye tesis edilemez. Söz konusu kriterlerin sağlanmadığı durumlarda proje için ilerleme imkanı olmadığını veya kurulum için uygun koşulların sağlanmadığını ifade etmektedir.

Tablo 5.2: Termik santraller yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Termik Enerji Santralleri Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Ana Yollar	(+) yakın
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	Geçiş Yok
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	Geçiş Yok
Heyelan Bölgeleri	Geçiş Yok
Koruma Alanları	Geçiş Yok
Fay Hatları	Geçiş Yok
Havalimanları	(+) yakın
Demiryolları	(+) yakın
Yağmur, rüzgâr ve iklimsel şartlar	(+) olumlu
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	(+) yakın
Boru Hatları	Analiz sonrası yorum
Toprak	(-) olumsuz
Flora/Fauna Alanları	(-) uzak
Mülkiyet	(+) Kamu/özel
Askeri Alanlar	(-) uzak
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Kültür ve Tabiat Koruma Alanları	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(-) uzak
Orman	(-) uzak

Tablo 5.3: Nükleer enerji santralleri yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Nükleer Enerji Santralleri Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(-) uzak
Ana Yollar	(+) yakın
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	Geçiş Yok
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	Geçiş Yok
Heyelan Bölgeleri	Geçiş Yok
Koruma Alanları	Geçiş Yok
Fay Hatları	Geçiş Yok
Havalimanları	(-) uzak
Demiryolları	(-) uzak
Yağmur, rüzgâr ve iklimsel şartlar	(-) olumsuz
Sanayi Tesisleri	(-) uzak
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	(+) yakın
Boru Hatları	(+) yakın
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Endüstriyel Tesisler	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(-) uzak

Tablo 5.4: Lojistik yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Lojistik Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(-) uzak
Ana Yollar	(+) yakın
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Arazi Örtüsü	(+) olumlu arazi örtüsünün yapısına bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	Geçiş Yok
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	Geçiş Yok
Akifer Alanları	Geçiş Yok
Heyelan Bölgeleri	Geçiş Yok
Koruma Alanları	Geçiş Yok
Fay Hatları	Geçiş Yok
Havalimanları	(+) yakın
Demiryolları	(+) yakın
Sanayi Tesisleri	(+) yakın

Tablo 5.4 (devamı): Lojistik yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	Analiz sonrası yorum
Boru Hatları	Analiz sonrası yorum
Toprak	(+) olumlu
Flora/Fauna Alanları	Geçiş Yok
Mülkiyet	(+) olumlu
Askeri Alanlar	Geçiş Yok
Kültür ve Turizm Alanları	Geçiş Yok
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Çığ Alanları	Geçiş Yok
Kültür ve Tabiat Koruma Alanları	Geçiş Yok
Orman	Geçiş Yok

Tablo 5.5: Teknoloji geliştirme bölgeleri yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Ana Yollar	(+) yakın
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	Geçiş Yok
Havalimanları	(+) yakın
Demiryolları	(+) yakın
Yağmur, rüzgâr ve iklimsel şartlar	(+)(-) etkileyebilir, şartlara bağlı
Planlı alanlar	(+) yakın
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	Analiz sonrası yorum
Toprak	(+) olumlu
Flora/Fauna Alanları	(+) yakın
Mülkiyet	(+) Kamu/özel
Askeri Alanlar	Geçiş Yok
Kültür ve Turizm Alanları	Geçiş Yok
Maden Alanları/Bölgeleri	Geçiş Yok
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Sulak Alanlar	Geçiş Yok
Çığ Alanları	(-) uzak
Taşkın Alanları	(-) uzak
Kültür ve Tabiat Koruma Alanları	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(-) uzak
Orman	(-) uzak

Tablo 5.6: Üniversite ve okul alanları yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Üniversite ve Okul Alanları Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(-) uzak
Ana Yollar	(+) yakın
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğitim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Yerleşim Alanları	(+) yakın
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Arazi Örtüsü	(+) olumlu arazi örtüsünün yapısına bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	(-) uzak
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	Geçiş Yok
Heyelan Bölgeleri	Geçiş Yok
Koruma Alanları	Geçiş Yok
Fay Hatları	Geçiş Yok
Havalimanları	(-) uzak
Demiryolları	(+) yakın
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	(-) uzak
Boru Hatları	(-) uzak
Atık Su Hatları	(-) uzak
Toprak	(-) olumsuz
Sağlık Tesisleri	(+) yakın
Eğitim Tesisleri	(+) yakın
Nüfus Yoğunluğu	(+) olumlu
Çığ Alanları	(-) uzak
Taşkın Alanları	(-) uzak
Endüstriyel Tesisler	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(+) yakın

Tablo 5.7: Otomotiv yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Otomotiv Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(-) uzak
Ana Yollar	(+) yakın
Yükseklik	(-) olumsuz
Yerleşim Alanları	(-) uzak
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı

Tablo 5.7 (devamı): Otomotiv yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Arazi Örtüsü	(+) olumlu arazi örtüsünün yapısına bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	Geçiş Yok
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	Geçiş Yok
Heyelan Bölgeleri	Geçiş Yok
Koruma Alanları	Geçiş Yok
Fay Hatları	Geçiş Yok
Havalimanları	(+) yakın
Demiryolları	(+) yakın
Yağmur, rüzgâr ve iklimsel şartlar	(+)/(-) etkileyebilir
	şartlara bağlı
Sanayi Tesisleri	(-) uzak
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	(+) yakın
Boru Hatları	(+) yakın
Atık Su Hatları	(-) uzak
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Endüstriyel Tesisler	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(-) uzak

Tablo 5.8: Mandıra/besicilik alanları yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Mandıra/Besicilik Alanları Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(+) yakın
Ana Yollar	(+) yakın
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Yerleşim Alanları	(-) uzak
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	(+) yakın
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	(+) yakın
Koruma Alanları	(-) uzak
Havalimanları	(+) yakın
Demiryolları	(+) yakın
Yağmur, rüzgâr ve iklimsel şartlar	(+)/(-) etkileyebilir
	şartlara bağlı
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	(+) yakın
Toprak	(+) olumlu

Tablo 5.8 (devamı): Mandıra/besicilik alanları yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Flora/Fauna Alanları	(-) uzak
Mülkiyet	(+) Kamu/özel
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Endüstriyel Tesisler	(-) uzak
Kültür ve Tabiat Koruma Alanları	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(-) uzak
Rüzgar Enerji Santrali (RES)	(-) uzak

Tablo 5.9: Kent ve bölge hastaneleri yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Kent Ve Bölge Hastaneleri Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(-) uzak
Ana Yollar	(+) yakın
Eğitim	yüzde değerine bağlı / eğitim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Bakı	(-) olumsuz güneş ışıınım yönüne bağlı
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	Geçiş Yok
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	Geçiş Yok
Yağmur, rüzgâr ve iklimsel şartlar	(+)/(-) etkileyebilir, şartlara bağlı
Atık Su Hatları	(+) yakın
Toprak	(+) olumlu
Mülkiyet	(+) Kamu/özel
Sağlık Tesisleri	(+) yakın
Eğitim Tesisleri	(+) yakın
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Endüstriyel Tesisler	(+) yakın

Tablo 5.10: Organize sanayi bölgeleri (OSB) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(+) yakın
Ana Yollar	(-) uzak
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	Geçiş Yok
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	Geçiş Yok
Akifer Alanları	Geçiş Yok
Heyelan Bölgeleri	(-) uzak
Koruma Alanları	Geçiş Yok
Fay Hatları	(-) uzak
Havalimanları	(+) yakın
Demiryolları	(+) yakın
Sanayi Tesisleri	(-) uzak
Kıyı Çizgisi	(-) uzak
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	Analiz sonrası yorum
Boru Hatları	Analiz sonrası yorum
Toprak	(+) olumlu
Flora/Fauna Alanları	(-) uzak
Mülkiyet	(+) Kamu/özel
Askeri Alanlar	(-) uzak
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Çığ Alanları	(-) uzak
Kültür ve Tabiat Koruma Alanları	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(-) uzak
Orman	(-) uzak

Tablo 5.11: Eko-Turizm yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Eko-Turizm Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(+) yakın
Ana Yollar	(+) yakın
Yükseklik	(+) olumlu
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Bakı	(-) olumsuz güneş ışınım yönüne bağlı
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	Geçiş Yok
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	Geçiş Yok
Heyelan Bölgeleri	(-) uzak
Koruma Alanları	Geçiş Yok
Fay Hatları	Geçiş Yok
Yağmur, rüzgâr ve iklimsel şartlar	(+)/(-) etkileyebilir, şartlara bağlı
Sanayi Tesisleri	(-) uzak
Kıyı Çizgisi	(+) yakın
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	Analiz sonrası yorum
Boru Hatları	Analiz sonrası yorum
Toprak	(+) olumlu
Flora/Fauna Alanları	(-) uzak
Mülkiyet	(+) Kamu/özel
Sağlık Tesisleri	(+) yakın
Kültür ve Turizm Alanları	(+) yakın
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Çığ Alanları	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(+) yakın
Orman	(+) yakın

Tablo 5.12: Toplu konut alanları yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Toplu Konut Alanları Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Ana Yollar	(+) yakın
Yükseklik	(-) olumsuz
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Akifer Alanları	Geçiş Yok
Heyelan Bölgeleri	(-) uzak
Koruma Alanları	Geçiş Yok
Fay Hatları	(-) uzak
Havalimanları	(+) yakın
Demiryolları	(+) yakın
Kıyı Çizgisi	Geçiş Yok
Toprak	(+) olumlu
Flora/Fauna Alanları	Geçiş Yok
Sağlık Tesisleri	(+) yakın
Eğitim Tesisleri	(+) yakın
Askeri Alanlar	Geçiş Yok
Kültür ve Turizm Alanları	(-) uzak
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Çığ Alanları	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(+) yakın

Tablo 5.13: Katı atık depolama alanı yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(-) uzak
Ana Yollar	(+) yakın
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi örtüsünün yapısına bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	(-) uzak
Heyelan Bölgeleri	(-) uzak
Fay Hatları	(-) uzak
Havalimanları	(-) uzak
Demiryolları	(-) uzak
Kıyı Çizgisi	(-) uzak

Tablo 5.13 (devamı): Katı atık depolama alanı yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	(-) uzak
Boru Hatları	(-) uzak
Toprak	(+) olumlu
Sağlık Tesisleri	(-) uzak
Eğitim Tesisleri	(-) uzak
Nüfus Yoğunluğu	(-) olumsuz
Kültür ve Tabiat Koruma Alanları	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(-) uzak

Tablo 5.14: Kentsel tarım alanları yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Kentsel Tarım Alanları Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(+) yakın
Ana Yollar	(-) uzak
Yükseklik	(+) olumlu
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Bakı	(-) olumsuz güneş ışınım yönüne bağlı
Yerleşim Alanları	(-) uzak
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Arazi Örtüsü	(+) olumlu arazi örtüsünün yapısına bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	(+) yakın
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	(+) yakın
Heyelan Bölgeleri	(-) uzak
Toprak	(+) olumlu
Sulak Alanlar	(+) yakın
Havalimanları	(-) uzak
Demiryolları	(+) yakın

Tablo 5.15: Yeşil alan gelişimi için saha uygunluk yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Yeşil Alan Gelişimi İçin Saha Uygunluk Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Ana Yollar	(+) yakın
Yükseklik	(+) olumlu
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Bakı	(-) olumsuz güneş ışıınım yönüne bağlı
Yerleşim Alanları	(+) yakın
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Arazi Örtüsü	(+) olumlu arazi örtüsünün yapısına bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	(-) uzak
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	(-) uzak
Heyelan Bölgeleri	(-) uzak
Demiryolları	(+) yakın
Sanayi Tesisleri	(+) yakın
Kıyı Çizgisi	(-) uzak
Toprak	(+) olumlu
Endüstriyel Tesisler	(+) yakın
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(+) yakın

Tablo 5.16: Kentsel yerleşim alanlarının uygunluk değerlendirmesi yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Kentsel Yerleşim Alanlarının Uygunluk Değerlendirmesi Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Ana Yollar	(+) yakın
Yükseklik	(-) olumsuz /düşük olmalı
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Bakı	(-) olumsuz güneş ışıınım yönüne bağlı
Yerleşim Alanları	(+) yakın
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	(-) uzak
Su Kuyuları/Arıtma Tesisleri	(-) uzak
Havalimanları	(-) uzak

Tablo 5.16 (devamı): Kentsel yerleşim alanlarının uygunluk değerlendirmesi yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Demiryolları	(+) yakın
Kıyı Çizgisi	(-) uzak
Toprak	(+) olumlu
Endüstriyel Tesisler	(+) yakın
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(+) yakın

Tablo 5.17: Güneş enerji santrali (RES) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Güneş Enerji Santrali Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(-) uzak
Ana Yollar	(-) uzak
	(+) yakın
Yükseklik	(-) olumsuz
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Bakı	(-) olumsuz güneş ışıınım yönüne bağlı
Yerleşim Alanları	(-) uzak
Arazi Kullanımı	(+) olumlu kullanım çeşidine göre
Arazi Örtüsü	(+) olumlu arazi örtüsünün yapısına bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	(-) uzak
Akifer Alanları	Geçiş Yok
Heyelan Bölgeleri	Geçiş Yok
Koruma Alanları	(-) uzak
Fay Hatları	(-) uzak
Havalimanları	(-) uzak
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	(+) yakın
Boru Hatları	Analiz sonrası yorum
Toprak	(+) olumsuz
Flora/Fauna Alanları	Geçiş Yok
Askeri Alanlar	(-) uzak
Maden Alanları/Bölgeleri	(-) uzak
Nüfus Yoğunluğu	Analiz sonrası yorum
Çığ Alanları	Geçiş Yok
Kültür ve Tabiat Koruma Alanları	Geçiş Yok

Tablo 5.17 (devamı): Güneş enerji santrali (RES) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	Geçiş Yok
Orman	Geçiş Yok
Su Kaynakları	(-) uzak
Yüzeye Gelen Toplam Güneş Enerjisi (Global Yatay Işınım -GHI)/ Güneşlenme Süresi/Güneş Işınımı	(+) yüksek
Sıcaklık	(+) yüksek
Bağıl Nem	(-) olumsuz
Elektrik Şebekeleri	(+) yakın
Maliyet	(-) olumsuz
CO ₂ Emisyonu	(-) olumsuz
Trafo Merkezleri	(+) yakın
Doğalgaz Hatları	(-) uzak

Tablo 5.18: Rüzgar enerji santrali (RES) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Rüzgar Enerji Santrali Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(-) uzak
Ana Yollar	(-) uzak
	(+) yakın
Yükseklik	(-) olumsuz /düşük olmalı
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Bakı	(-) olumsuz güneş ışınım yönüne bağlı
Yerleşim Alanları	(-) uzak
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	(-) uzak
Heyelan Bölgeleri	(-) uzak
Koruma Alanları	(-) uzak
Fay Hatları	(-) uzak
Havalimanları	(-) uzak
Yağmur, rüzgâr ve iklimsel şartlar	(+)/(-) etkileyebilir, şartlara bağlı
Kıyı Çizgisi	(-) uzak
	(+) yakın
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	(+) yakın
Toprak	(+) olumlu

Tablo 5.18 (devamı): Rüzgar enerji santrali (RES) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Flora/Fauna Alanları	(-) uzak
Askeri Alanlar	(-) uzak
Kültür ve Turizm Alanları	(-) uzak
Sulak Alanlar	(-) uzak
Endüstriyel Tesisler	(-) uzak
Kültür ve Tabiat Koruma Alanları	(-) uzak
Orman	(-) uzak
Su Kaynakları	(-) uzak
Elektrik Şebekeleri	(+) yakın
Trafo Merkezleri	(+) yakın
Rüzgar Hızı	(+) yüksek
Liman/İskele Alanları	(-) uzak
	(+) yakın
Su Derinliği	(+) olumlu
	(-) olumsuz
Rekreasyon Alanları	(-) uzak
Jeoloji	(-) olumsuz
Telekomünikasyon İstasyonları	(-) uzak

Tablo 5.19: Otopark yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Otopark Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Ana Yollar	(+) yakın
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Yerleşim Alanları	(+) yakın
Demiryolları	(+) yakın
Sağlık Tesisleri	(+) yakın
Eğitim Tesisleri	(+) yakın
Kültür ve Turizm Alanları	(+) yakın
Nüfus Yoğunluğu	(+) olumlu
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(+) yakın
Maliyet	(-) olumsuz
Trafik	(-) olumsuz
Ulaşım Sistemlerine Entegrasyon (otobüs-metro-travmay-minibüs durakları vb.)	(+) yakın
Alışveriş Merkezleri	(+) yakın

Tablo 5.19 (devamı): Otopark yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Ticari Alanlar/Binalar	(+) yakın
Otopark Alanları	(+) yakın
Spor Merkezleri	(+) yakın
Park ve Yeşil Alanlar	(+) yakın
Akaryakıt İstasyonları	(-) uzak
Kamu Tesisleri	(+) yakın

Tablo 5.20: Bisiklet yolu/istasyonu yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Bisiklet Yolu/İstasyonu Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Ana Yollar	(+) yakın
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Yerleşim Alanları	(+) yakın
Arazi Kullanımı	(+) olumlu arazi kullanım çeşidine bağlı
Sağlık Tesisleri	(+) yakın
Eğitim Tesisleri	(+) yakın
Kültür ve Turizm Alanları	(+) yakın
Nüfus Yoğunluğu	(+) olumlu
Liman/İskele Alanları	(+) yakın
Rekreasyon Alanları	(+) yakın
Yol Genişliği	(+) olumlu
Trafik	(-) olumsuz
Ulaşım Sistemlerine Entegreasyon (otobüs-metro-travmay-minibüs durakları vb.)	(+) yakın
Alışveriş Merkezleri	(+) yakın
Bisiklet Yolları	(+) yakın
Bisiklet İstasyonları	(+) yakın
Ticari Alanlar/Binalar	(+) yakın
Otopark Alanları	(+) yakın
Spor Merkezleri	(+) yakın
Deniz/Sahil Kenarı	(+) yakın
Park ve Yeşil Alanlar	(+) yakın
Banka Binaları	(+) yakın

Tablo 5.21: Elektrikli araç şarj istasyonu (EAŞİ) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi	
Kriterler	Yer Seçimine Olan Etkisi
Akarsular	(-) uzak
Ana Yollar	(+) yakın
Eğim	yüzde değerine bağlı / eğim değeri yüksek yerler (-) olumsuz
Yerleşim Alanları	(+) yakın
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	(-) uzak
Heyelan Bölgeleri	(-) uzak
Fay Hatları	(-) uzak
Havalimanları	(+) yakın
Mülkiyet	(-) olumsuz
	(+) olumlu
Sağlık Tesisleri	(+) yakın
Eğitim Tesisleri	(+) yakın
Kültür ve Turizm Alanları	(+) yakın
Nüfus Yoğunluğu	(+) olumlu
Sulak Alanlar	(-) uzak
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	(-) uzak
	(+) yakın
Orman	(-) uzak
Su Kaynakları	(-) uzak
Yüzeye gelen toplam güneş enerjisi (Global Yatay Işınım -GHI)/ Güneşlenme Süresi/Güneş Işınımı	(+) yüksek/olumlu
Maliyet	(-) olumsuz
Trafo Merkezleri	(+) yakın
Liman/İskele Alanları	(+) yakın
Rekreasyon Alanları	(+) yakın
Trafik	(-) olumsuz
Ulaşım Sistemlerine Entegrasyon (otobüs-metro-travmay-minibüs durakları vb.)	(+) yakın
Alışveriş Merkezleri	(+) yakın
Bisiklet İstasyonları	(+) yakın
Ticari Alanlar/Binalar	(+) yakın
Otopark Alanları	(+) yakın
Park ve Yeşil Alanlar	(-) uzak
Elektrikli Araç Şarj İstasyonları	(-) uzak
Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Genişleme Olasılığı	(+) olumlu

Tablo 5.21 (devamı): Elektrikli araç şarj istasyonu (EAŞİ) yer seçimine etki eden kriterler ve çalışmaya olan etkisi.

Elektrikli Araç Sahipliği	(+) olumlu
Elektrik Kesintisi	(-) uzak
Akaryakıt İstasyonları	(+) yakın
Kavşaklar	(+) yakın
Oteller	(+) yakın

Tablo 5.2- Tablo 5.21 arasında yer alan yer seçimi kriterleri ve kriterlerin etkisi detaylı olarak ifade edilmiştir. 13 öncelikli sektör ve farklı uygulama alanlarıyla birlikte genişletilmiş bir yatırım planlama tablosu geliştirilmiştir. Tablolardan görüldüğü üzere aynı uygulama alanında, aynı kriter, farklı yer seçimi çalışmalarında değişiklik göstermektedir. Örneğin RES yer seçiminde anayollar kriteri bazı yer seçimi çalışmasında yakın olması istenirken bazı çalışmalarda uzak olması istenmektedir. Bu durum çalışmanın amacı, çalışma alanı ve yapısı nedeniyle farklılık göstermektedir. Tez kapsamında hazırlanan bu tablolarda, dünya nüfusunun artmasına bağlı olarak enerji tüketiminin artması, ulaşım koşullarında daha optimum çözümler sunulmasına yönelik ‘enerji ve ulaşım’ konularında yapılan yer seçimi çalışmaları daha detaylı incelenmiştir. Bu doğrultuda oluşturulan öncelikli sektörlerden güneş enerji santrali genişletilerek tez kapsamında detaylı irdelenmiştir.

Enerji kaynaklarının hızlı tüketimine yönelik alternatif enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji kaynakları son zamanlarda ivme kazanmıştır. Özellikle ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları, Güneş Enerji Santrali (GES) ve Rüzgar Enerji Santrali (RES) açısından potansiyeli yüksek sahalar içermektedir. Aynı şekilde artan nüfus ve şehirleşme, ulaşım ihtiyaçlarının çeşitlenmesine ve enerji tüketiminin hızla artmasına neden olmaktadır. Özellikle ulaşımda temiz ve çevreye duyarlı yakıt kullanılmasına yönelik dizel/benzinli araçlar yerine elektrikli araçların kullanımı artış göstermektedir. Bunlarla birlikte nüfus yoğunluğu ve kentleşme ile birlikte ulaşım koşullarının elverişli olması için otopark yerleri, bisiklet yolu / istasyonları, elektrikli araç şarj istasyonları gibi ulaşım sorunlarına optimum çözüm bulunması etkin kullanılması açısından önem taşımaktadır.

5.2. Yer Seçimi Kriterleri ve TUCBS ile Eşleştirilmesi

Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS), Coğrafi Bilgi Sistemleri hizmet ve uygulamalara yönelik, coğrafi verinin toplanması, üretilmesi, saklanması, paylaşılması, kullanılması ve sunulması süreçlerinde ulusal kabullerin gözetilmesine yönelik standartları belirleyen bir çatı yapısıdır. Tüm paydaşlar ve kullanıcılar arasında iş birliği olan bir veri paylaşım ortamı sağlamaktadır. Uygun yer seçim alanlarının belirlenmesini etkileyen coğrafi kriter verileri standartlara ve mevzuata uygun olarak geliştirilmektedir. Söz konusu coğrafi verilerin kullanıcıların isteklerini karşılayacak CBS teknolojileri ile birlikte uzun vadede bir yatırım planlama programı oluşturmaktadır. Bu kapsamda TUCBS'nin ana temeli olan coğrafi verinin düzenlenmesi, planlanması, temin edilmesi, entegrasyonu, geliştirilmesi, yayımlanması ve arşivlenmesi süreçlerinde, iyi tanımlanmış veri tedarik zincirlerinin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda güncel ve etkin teknolojilerle modern CBS ve uygulamalarına geçiş yapılmasına olanak sağlamaktadır. Coğrafi verinin yönetimini, yayımlanmasını, paylaşımını ve kullanılmasını sağlayacak farklı bilgi sistemlerine yönelik etkili ve uyumlu bir yaklaşım geliştirmektedir. Tek bir sistem üzerinden ortak hedefler doğrultusunda coğrafi verinin kullanımını ve önemini ifade etmektedir. Coğrafi verinin en verimli şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla farkındalık yaratmak; bilgi, yetkinlik, beceri, sezgi ve yenilikçi girişimciliği geliştirmek ve teşvik etmektedir. Ve bunların sonucunda tüm paydaşlar arası sürdürülebilir etkin iletişim ve katılım sağlamaktadır.

Yer seçimi araç modellerinde kullanılan konumsal veya konumsal olmayan tüm kriter verileri TUCBS projesi kapsamında yer alan; veri teması, uygulama şeması, stereotype özelinde detay sınıfı ve öznelilikleri kriter eşleştirilmesi yapılmıştır. Hangi kriter hangi TUCBS veri teması ile ilişkili olduğu ortaya koyularak detaylandırılmıştır. Yatırım planlama tablosunda yer seçimi çalışmalarında kullanılan temel kriterler yer almaktadır. Bu kapsamda geliştirilen tabloda literatür araştırması sonucu, toplam 81 adet yer seçimini etkileyen kriterler belirlenmiştir. Her kriterin çalışmayı nasıl etkilediği durumu ortaya koyulmuştur. Tüm bu yapı oluşturulduktan sonra TUCBS ile entegrasyonu adımı gelişmektedir. Her kriter için TUCBS'deki 'Durum, Tema, Şema ve Stereotype' başlıkları detaylı bir şekilde irdelenmiştir.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan TUCBS Coğrafi Veri Sözlüğü'nde [Web 16, 2024] 32 adet coğrafi veri temaları, bu temaların 77 adet uygulama şeması ve stereotipe (nesne, öznitelik, coğrafi nesne, değer listesi ve değerleri, kod listesi ve değerleri) ile genişletilmiş yatırım planlama tablosunda yer alan 81 kriter TUCBS veri modelleri ile ilişkilendirilerek yer seçim kriterleri ve tucbs entegrasyonu tablosu oluşturularak bütünleşik bir yapı oluşturulmuştur.

Tez kapsamında 81 kriter üzerinden TUCBS UML veri modelleri ile eşleştirme çalışması yapılmıştır ancak 7 adet kriterin herhangi bir TUCBS veri teması ile eşleştirmesi yapılamamıştır. Bunlar; Yüzeze gelen toplam güneş enerjisi (Global Yatay Işınım -GHI) /Güneşlenme Süresi/Güneş Işınımı kriteri, Maliyet kriteri, Tozlu Hava Şartları ve Bulutlu Hava Şartları kriteri, Banka Binaları kriteri, Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Genişleme Olasılığı kriteri, Elektrikli Araç Sahipliği kriteri ve Elektrik Kesintisi kriteridir. Bazı kriterler birden fazla temayı ve buna bağlı olarak uygulama şeması içermektedir. Burada kriterin ihtiyaca göre kullanabilir alanını göstermek amacıyla her iki tema ile ilişkisine yer verilmiştir.

Her kriterin TUCBS veri temalarında; mevcut durumu (var/yok), ilişkili olduğu coğrafi veri teması, coğrafi veri temasının hangi uygulama şeması ile ilişkili ve uygulama şemalarında yer alan hangi stereotype yapısından veri ihtiyacı karşılanabilir durumu ortaya koyularak bir kriter TUCBS eşleştirilmesi yapılmıştır. Eşleştirilme yapılırken veri temaların UML yapıları incelenerek ve analiz edilerek kriter verilerin hangi kabullere göre üretildiği ve ilişkili olduğu diğer veri yapıları da tespit edilmiştir. UML sınıf diyagramlarında sınıflar arasındaki ilişkiler doğrultusunda kriterler eşleştirilmiştir. Söz konusu kriter verisi üretilirken hangi TUCBS standartlarına göre üretileceği yapısı ortaya koyulmuştur. Daha detaylı incelendiğinde hangi öznitelik bilgilerine sahip olduğu ve bu öznitelik bilgisine karşılık gelen bir değer listesine karşılık geldiği tespit edilmiştir. Örneğin yol verisi için ilişkili tema Ulaşım Ağları teması ve ilgili uygulama şemalarıdır. Bu kritere ait veri üretirken bu temanın standartlarına göre üretilerek veya kullanılarak TUCBS'nin hedefi olan mükerrer veri üretimini engellenmektedir. Bir yer seçimi uygulamasında oluşturulan modeller kapsamında kullanılan kriterlerin veri yapısı, bir standart üzerinden ilerleyerek verinin kullanılabilirliğini ve kalitesini arttırmaktadır.

5.3. CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Destek Sistemler ile Bütünleşik Yer Seçim Modellerinin Geliştirilmesi

Tez kapsamında CBS tabanlı Çok Kriterli Karar Verme karar destek sistemleri ile gerçekleştirilen yatırım planlama uygulamaları için Model Builder aracı ile bütünleşik yer seçim modelleri geliştirilmiştir. Yer seçimi çalışmalarında sıkça kullanılan coğrafi analiz teknikleri çok sayıda katman kullanılarak gerçekleştirildiğinden işlem tekrarına neden olmaktadır. Bu işlem tekrarlarını önlemek, oluşabilecek hataları azaltmak ve otomasyonu sağlamak amacıyla mevcut yer seçimi çalışmaları için entegre yer seçimi modelleri oluşturulmuştur. Bir yer seçimi çalışmasının uygulama adımlarına bakıldığında, ilk olarak çalışma kriterleri belirlenmesi ve kriterlere ait veri setleri elde edilmesidir. Daha sonra bu veriler üzerinden CBS tabanlı analizlerin gerçekleştirilmesidir. Bu sebeple tez kapsamında kriterlere ait veriler üzerinden yakınlık analizleri (öklid uzaklığı analizi), yüzey analizleri (eğim, bakı, yükseklik), enterpolasyon analizleri (ters mesafe ağırlıklı/IDW), vektör veriyi raster veriye dönüştürme (feature to raster) analizi, yeniden sınıflandırma (reclassify) analizi, 0-1 arasına normalize edilmesi, ağırlıklı bindirme (weighted overlay) analizi kullanılarak raster tabanlı analiz teknikleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tez kapsamında ele alınan kriterler ve analiz teknikleri yer seçimi uygulamalarında sıkça kullanılan kriter ve analiz tekniklerdir.

Tez kapsamında yatırım planlama tablosunda yer alan farklı alanlardaki yer seçimi çalışmalarında kesin kriterleri ve ağırlıkları olan 8 farklı yer seçimi çalışması için bütünleşik yer seçimi modelleri geliştirilmiştir. Bu çalışmalar;

1. Güneş Enerji Santralleri Yer Seçimi
2. Rüzgar Enerji Santrali Yer Seçimi
3. Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi
4. Otopark Yer Seçimi
5. Kentsel Tarım Alanları Yer Seçimi
6. Yeşil Alan Gelişimi İçin Saha Uygunluk Yer Seçimi
7. Kentsel Yerleşim Alanları Yer Seçimi
8. Bisiklet İstasyonu/Yolu Yer Seçimi

Model Builder aracı ile bütünleşik modeller iki adımlı olacak şekilde geliştirilmiştir. İlk adımda her uygulama için CBS tabanlı raster analizlerin gerçekleştirildiği veri

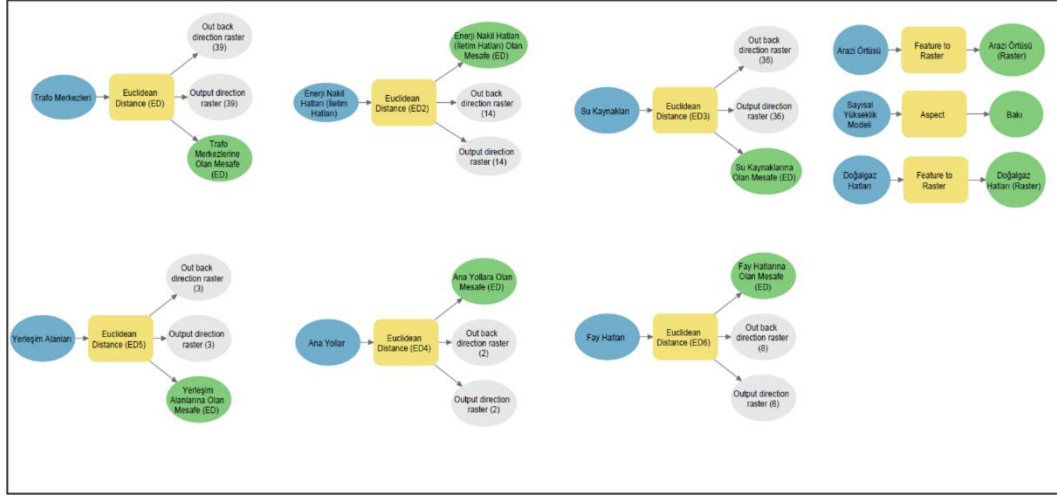
hazırlama modeli oluşturulmuştur. Böylelikle her uygulamanın yer seçim kriterlerine uygulanan tekrarlı analiz tekniklerinin otomasyonu ve kontrolü sağlanmıştır. Modellerin yapısı güncellenebilir, parametre eklenebilir veya çıkarılabilir, kriterlerle ilgili herhangi bir değişiklik kolaylıkla yapılabilir yapıda tasarlanmıştır. Veri hazırlama modelinde yer alan analizler, yer seçimi uygulamaları kapsamında kullanılan kriterlerin hem veri setleri elde edilen hem de elde edilemeyen veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Mevcut olmayan veriler için; çalışma sınırlarının her yerinde ağırlığı 1 olacak şekilde katmanlar üretilmiştir. Böylece bu verilere ait yeterli bilgi elde edilememesine karşılık işleme etkisiz eleman olarak dahil edilmiştir. Bunun nedeni uygun yerlerin tespitinde kullanılacak ağırlıkların yer seçime analizlerine ağırlık çarpanı olarak katılmasını sağlamaktır. Ayrıca daha sonra veri temin edildiğinde model üzerinden veri girdi olarak tanımlanarak analize dahil edilmesi sağlanmıştır. Böylelikle tasarlanan model geliştirmeye açık bir yapıda oluşturulmuştur. Bir diğer durum, veri konumsal bir veri değil ise modele ve analize dahil etmek adına raster veriye çevrilmesi gerekmektedir. Bu sebeple aynı şekilde çalışma sınırlarının her yerinde ağırlığı 1 olacak şekilde katmanlar üretilip bu analiz, feature to raster aracı kullanılarak konumsal olmayan veriler de üretilmiştir. Tüm analizler ve modeller ArcGIS Pro 2.9. yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen modellerde örnek çalışma alanları belirlenmiştir ancak çalışma kapsamının ve uygulama ihtiyacına göre model üzerinde kolaylıkla değiştirebilmektedir. İkinci adımda yer seçimi modelleri geliştirilmiştir. Veri hazırlama modelinde yer alan analiz çıktı verileri, yer seçimi modellerinde girdi olarak tanımlanmıştır. Örneğin yol verisi üzerinden gerçekleştirilmiş öklid analiz sonucu bu modelde çıktı iken, yer seçimi modeline girdi olarak eklenmektedir. Böylelikle yer seçimi modelleri daha esnek ve dinamik bir yapıdadır. ÇKKV ve CBS tabanlı analiz teknikleri ile yapılan yer seçimi çalışmalarında kriterlerin çalışmaya olan etkisi ve kriterlerin alt kriterlerle detaylandırılması en uygun yerlerin bulunmasında önem arz etmektedir. Bu bağlamda yer seçimi kriterlerinin detayına göre kriter verileri üzerinden normalizasyonu veya yeniden sınıflandırma yapılmaktadır. Bölüm 2.2’de ifade edilen kullanım farkına göre veri hazırlama modelinden çekilen raster tabanlı analizi yapılmış kriter verisi için 1-5 arasında reclassify aracı kullanılarak kriter verileri yeniden sınıflandırılmıştır veya minimum-maksimum normalizasyon yöntemi Raster Calculator aracı ile matematiksel formülü hesaplanarak kriter verileri 0-1 arasında normalize edilmiştir. Modelin son aşamasında yeniden sınıflandırılmış veya normalize edilmiş kriter verileri, ağırlıklı

bindirme analizine bağlayıcılarla bağlanmış ve ÇKKV yöntemleri ile hesaplanan kriter ağırlıklarıyla çarpılıp ağırlıklı bindirme yapılarak uygunluk sonuç haritası elde edilmiştir. Modeldin son aşamasında sonuç haritası daha anlamlı olması amacıyla çalışma alanı ile maskeleme işlemi yapılmıştır. Daha sonra uygunluk indekslerini ve yüzdelerini ifade etmek amacıyla uygunluk haritası ile tekrar 1-5 arasında reclassifiy yapılarak sonuç haritası üretilmiştir.

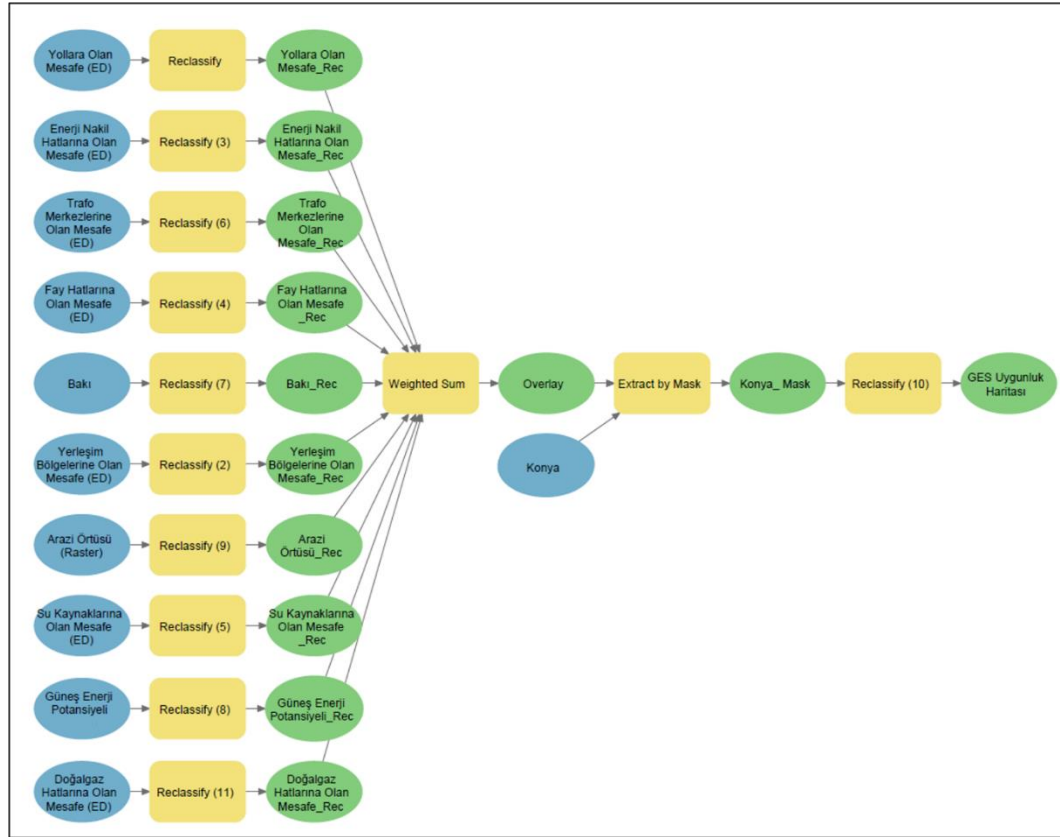
Tez kapsamında; veri hazırlama modeli ve bütünleşik yer seçimi modeli tasarlanan 8 farklı yer seçimi çalışmalarından; Güneş Enerji Santrali Yer Seçimi, Rüzgar Enerji Santrali Yer Seçimi ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Yer Seçimi için yatırım planlama uygulamalarının geliştirilmesi amacıyla uygulama metodolojisi geliştirilmiştir. Kalan 5 farklı yer seçimi çalışması için verileri var gibi kabul edilerek veri hazırlama modelleri ve entegre yer seçimi modelleri tasarlanmıştır. Böylelikle alternatif analiz senaryoları oluşturularak, uygunluk haritaları ve karar destek süreçleri oluşturulmuştur. CBS tabanlı yer seçimi modelleri gerçek verilerle çalışıldığında doğrudan uygulanabilir bir sistem altyapısı oluşturulmuş ve modelleme süreci sürdürülebilir hale getirilmiştir.

8 farklı yer seçimi çalışmasının veri hazırlama modeli ve bütünleşik yer seçimi modeli sırasıyla geliştirilmiştir:

1. Güneş Enerji Santralleri Yer Seçimi: Güneş Enerji Santralleri yer seçimi uygulamasında çalışma alanı olarak Konya ili seçilmiştir. AHP yöntemi ve CBS teknolojileri entegre edilerek, Konya ilinde güneş enerji santralleri tesis edilebilecek uygun alanların tespit edilmesinde literatürden uyarlanan 10 kriter ve ağırlıkları kullanılmıştır. Kriterlerin CBS tabanlı analiz edilmesi veri hazırlama modeli geliştirilmiştir (**Şekil 5.1**). Veri hazırlama modelinin sonuç çıktı yer seçimi modeline girdi olarak tanımlanarak GES yer seçimi modeli oluşturulmuştur (**Şekil 5.2**).



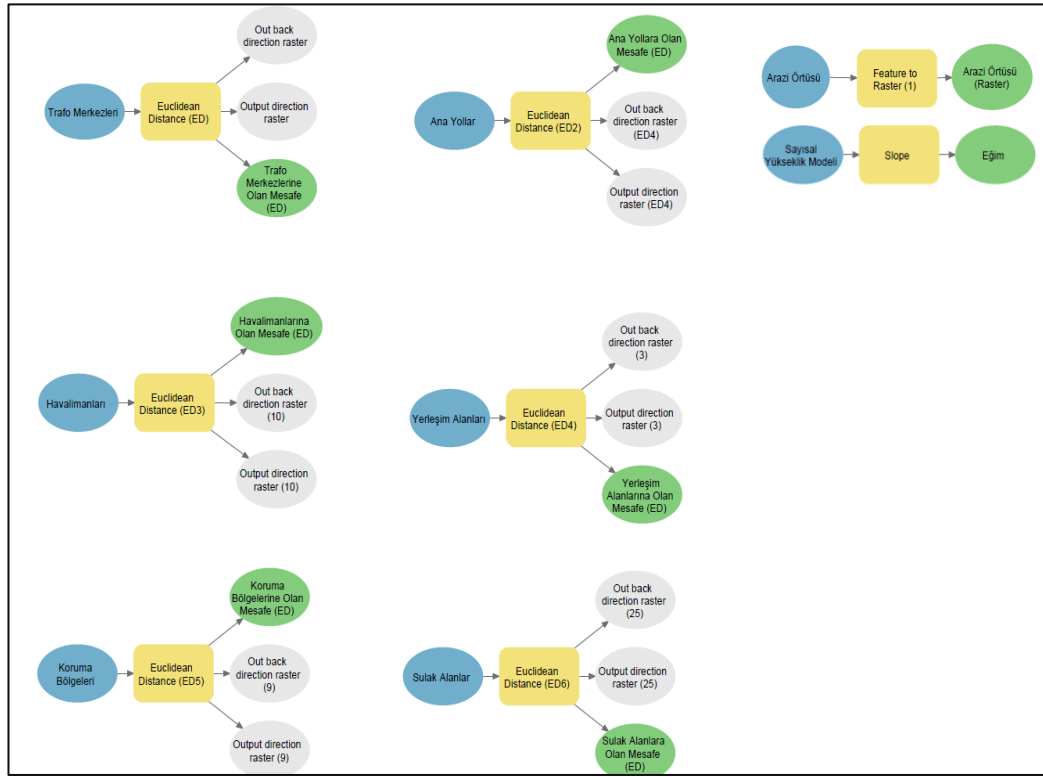
Şekil 5.1: Güneş enerji santrali veri hazırlama modeli.



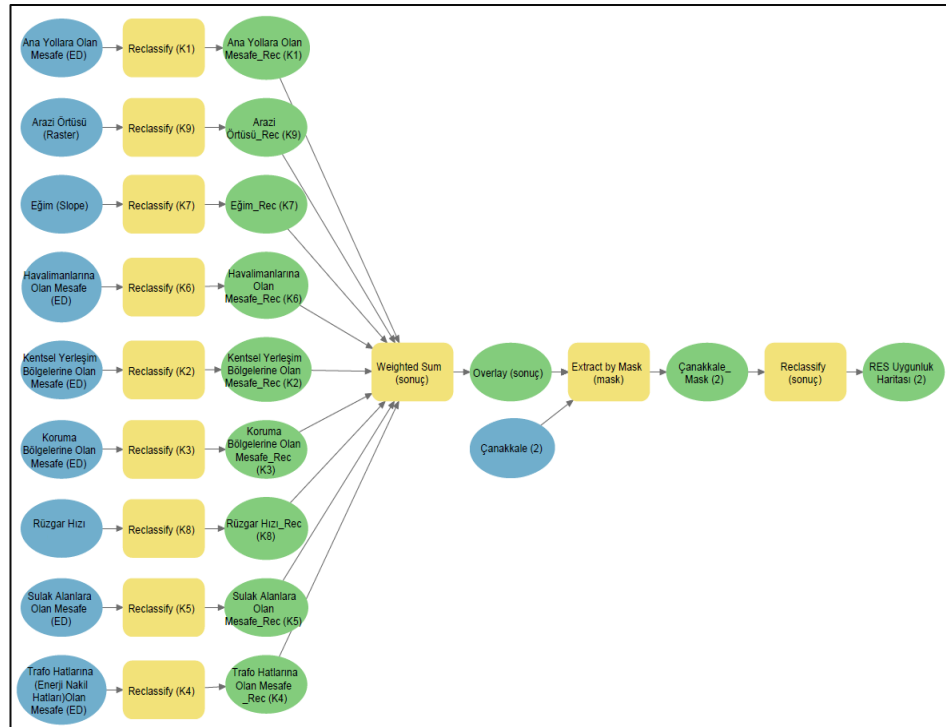
Şekil 5.2: CBS tabanlı güneş enerji santrali yer seçim modeli.

2. Rüzgar Enerji Santralleri Yer Seçimi: Rüzgar Enerji Santralleri yer seçimi uygulamasında çalışma alanı olarak Çanakkale ili seçilmiştir. BWM yöntemi ve CBS analiz yöntemleri ile Çanakkale ilinde rüzgar enerji santralleri kurulabilecek optimum sahaların tespit edilmesinde literatürden uyarlanan 9 kriter ve ağırlıkları kullanılmıştır. Kriterlerin CBS tabanlı analiz edilmesi veri hazırlama modeli geliştirilmiştir (Şekil

5.3). Veri hazırlama modelinin sonuç çıktı yer seçimi modeline girdi olarak tanımlanarak RES yer seçimi modeli oluşturulmuştur **Şekil 5.4).**

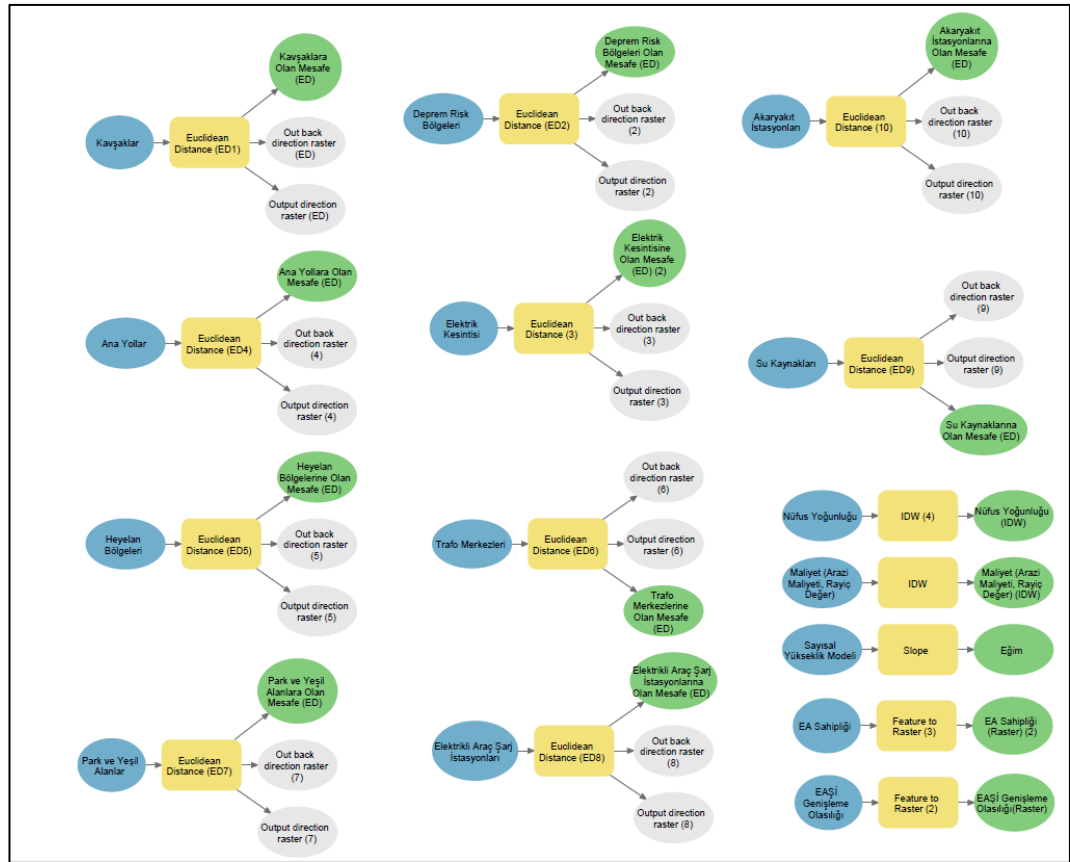


Şekil 5.3: Rüzgar enerji santrali veri hazırlama modeli.



Şekil 5.4: CBS tabanlı rüzgar enerji santrali yer seçim modeli.

3. Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Yer Seçimi: Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi uygulaması çalışma alanı olarak İstanbul ili, Pendik ilçesi seçilmiştir. EAŞİ yer seçim uygulaması 3 ana kriter ve 15 alt kriter üzerinden gerçekleştirilmiştir. Pendik ilçesinde elektrikli araç şarj istasyonları tesis edilecek uygun yerlerin belirlenmesine yönelik yer seçimi modelleri ve çalışmasında CBS tabanlı analiz teknikleri ve ÇKKV tekniklerinden Bulanık AHP kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Kriterlerin CBS tabanlı analiz edilmesi veri hazırlama modeli geliştirilmiştir (**Şekil 5.5**). Veri hazırlama modelinin sonuç çıktı yer seçimi modeline girdi olarak tanımlanarak EAŞİ yer seçimi modeli oluşturulmuştur (**Şekil 5.6**).

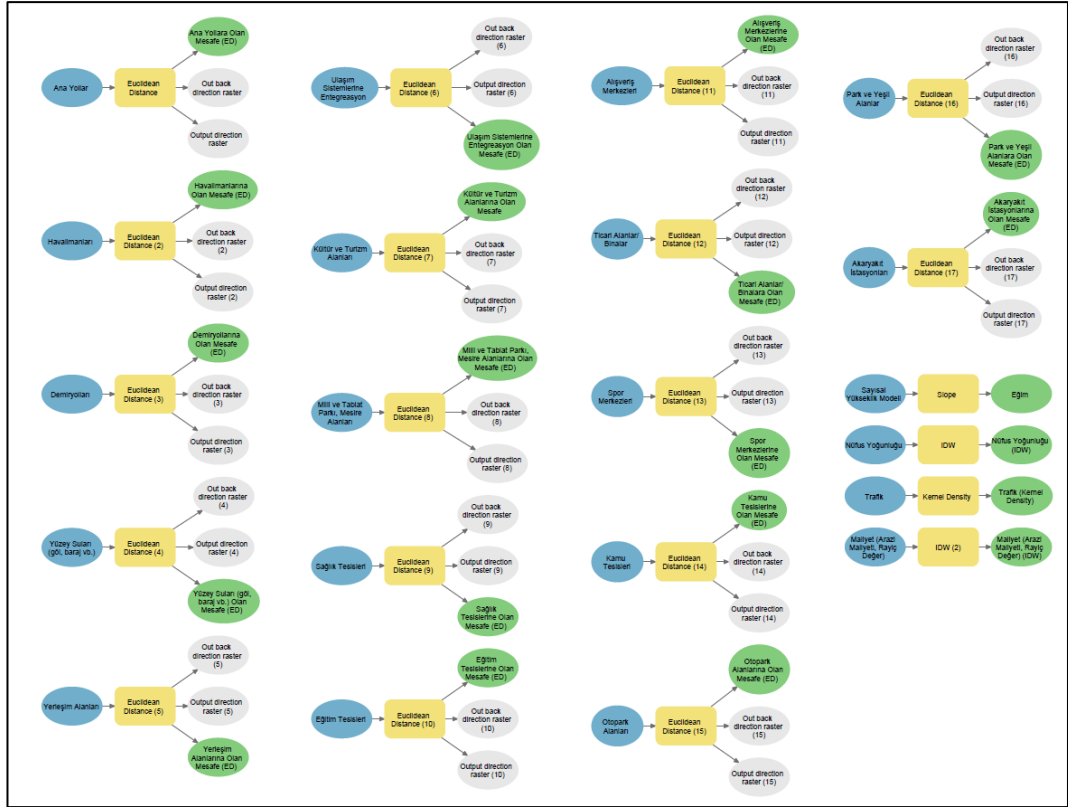


Şekil 5.5: Elektrikli araç şarj istasyonu veri hazırlama modeli.

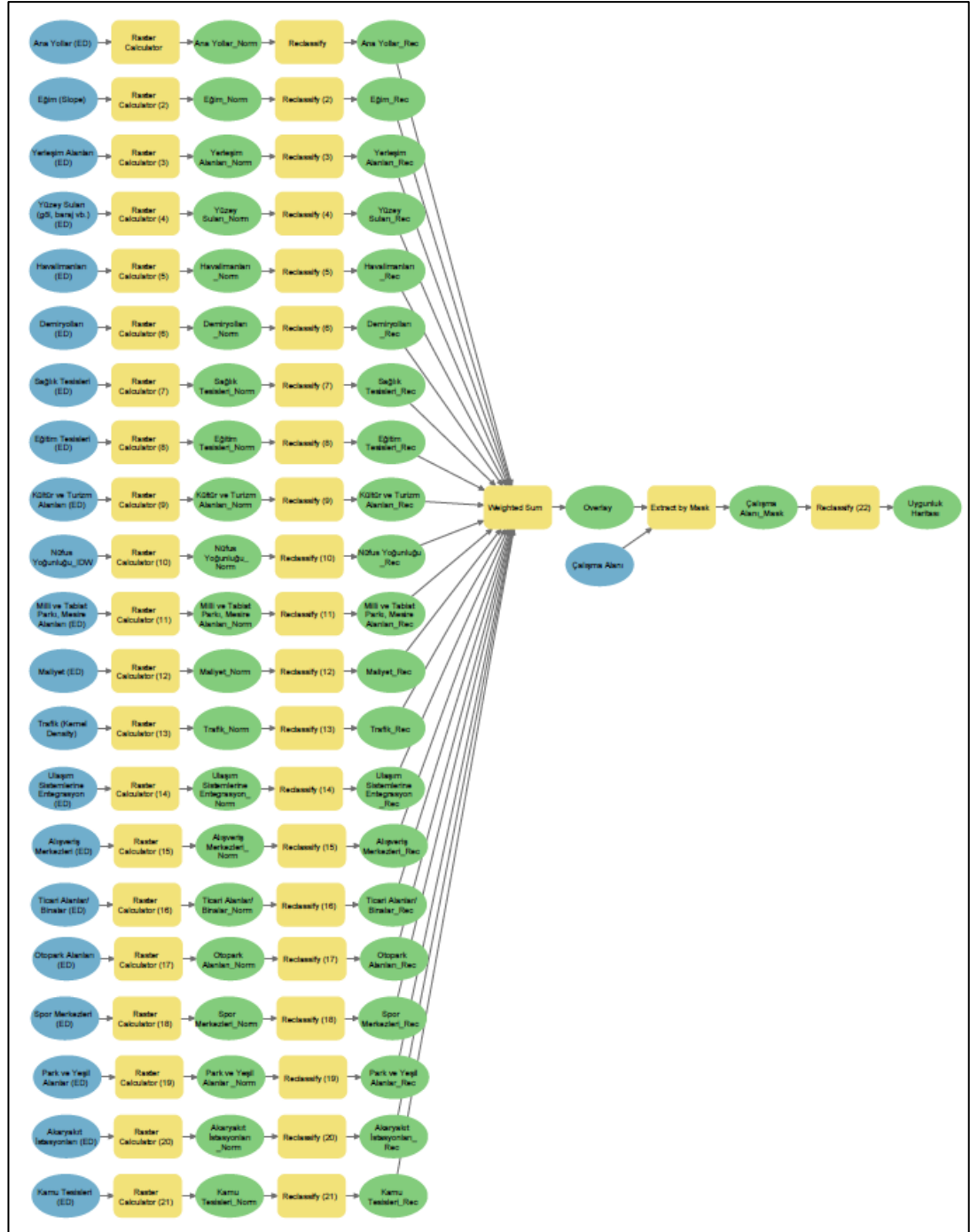


Şekil 5.6: CBS tabanlı elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim modeli.

4. Otopark Yer Seçimi: Otopark yer seçimi ile ilgili, ÇKKV teknikleri ile CBS ortamında yapılan çalışmalar literatür taraması sonucu incelenmiş ve yatırım planlama tablosunda toplam 21 kriter değerlendirilmiş ve detaylandırılmıştır. Bu kapsamda bu 21 kriter üzerinden CBS tabanlı analiz tekniklerinin yapıldığı veri hazırlama modeli geliştirilmiştir (Şekil 5.7). Veri hazırlama modelinin sonuç çıktı yer seçimi modeline girdi olarak tanımlanmıştır. Burada karar vericinin kriterleri değerlendirmesine göre normalizasyon için raster calculator aracı, yeniden sınıflandırma için reclassify aracı modelde tanımlanmıştır (Şekil 5.8).



Şekil 5.7: Otopark yer seçimi veri hazırlama modeli.



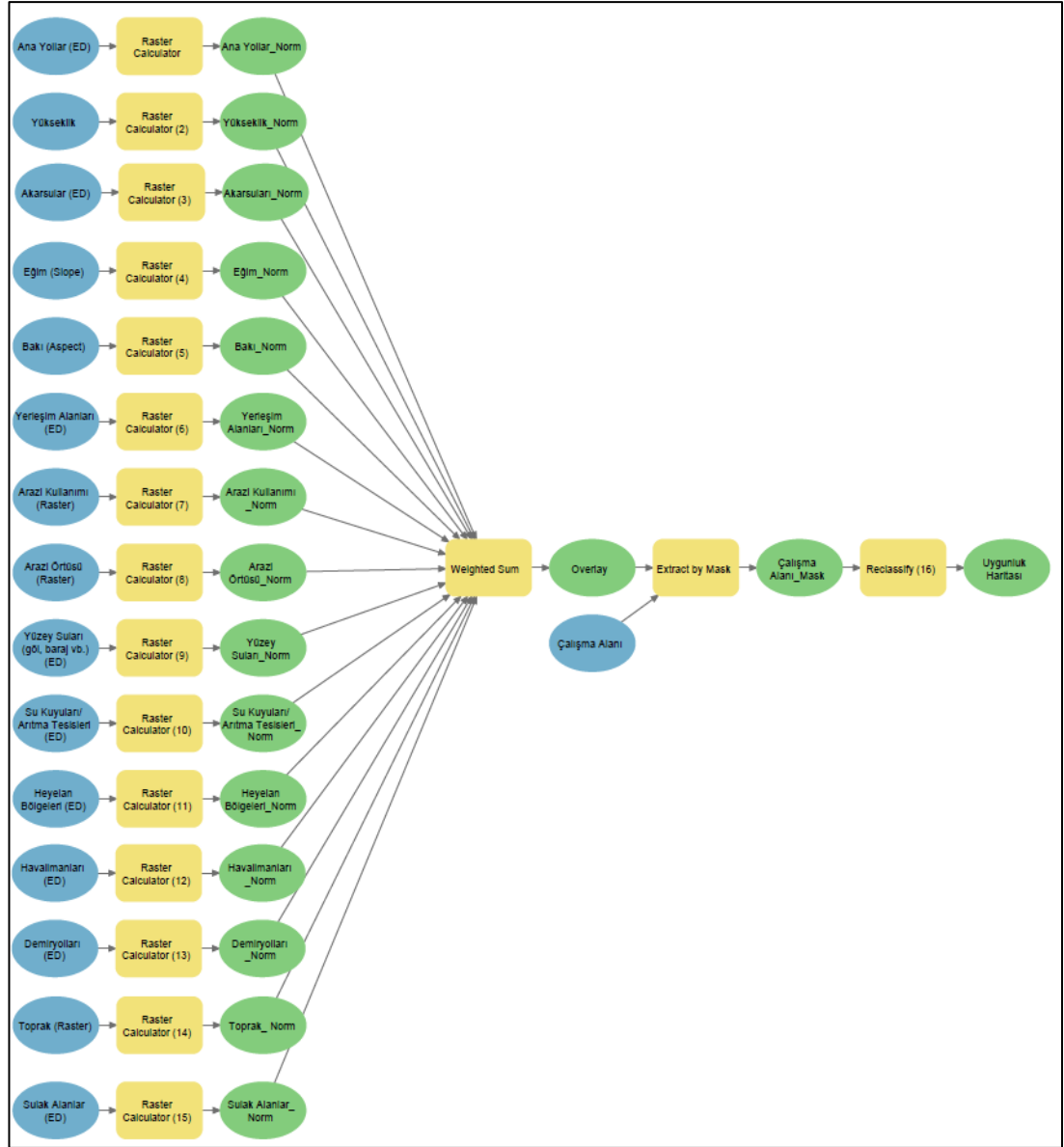
Şekil 5.8: CBS tabanlı otopark yer seçimi modeli.

5. Kentsel Tarım Alanları Yer Seçimi: Kentsel tarım alanları yer seçimi literatürde yer alan bir çalışmadır. Çalışma 15 kriter üzerinde gerçekleştirilmiş olup ve yatırım planlama tablosunda detaylandırılmıştır. Bu 15 kriter verisi üzerinden CBS tabanlı analiz tekniklerinin yapıldığı veri hazırlama modeli geliştirilmiştir (Şekil 5.9). Veri hazırlama modelinin sonuç çıktı yer seçimi modeline girdi olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada kriterlerle ilgili kabul veya detaylandırılmış kriterler ve alt kriterler ayrımı

olmadığından kriterlerin aynı değerlendirme ölçeğine getirmek için normalizasyon işlemi gereklidir. Bu nedenle modelde raster calculator aracı tasarlanmıştır (Şekil 5.10).

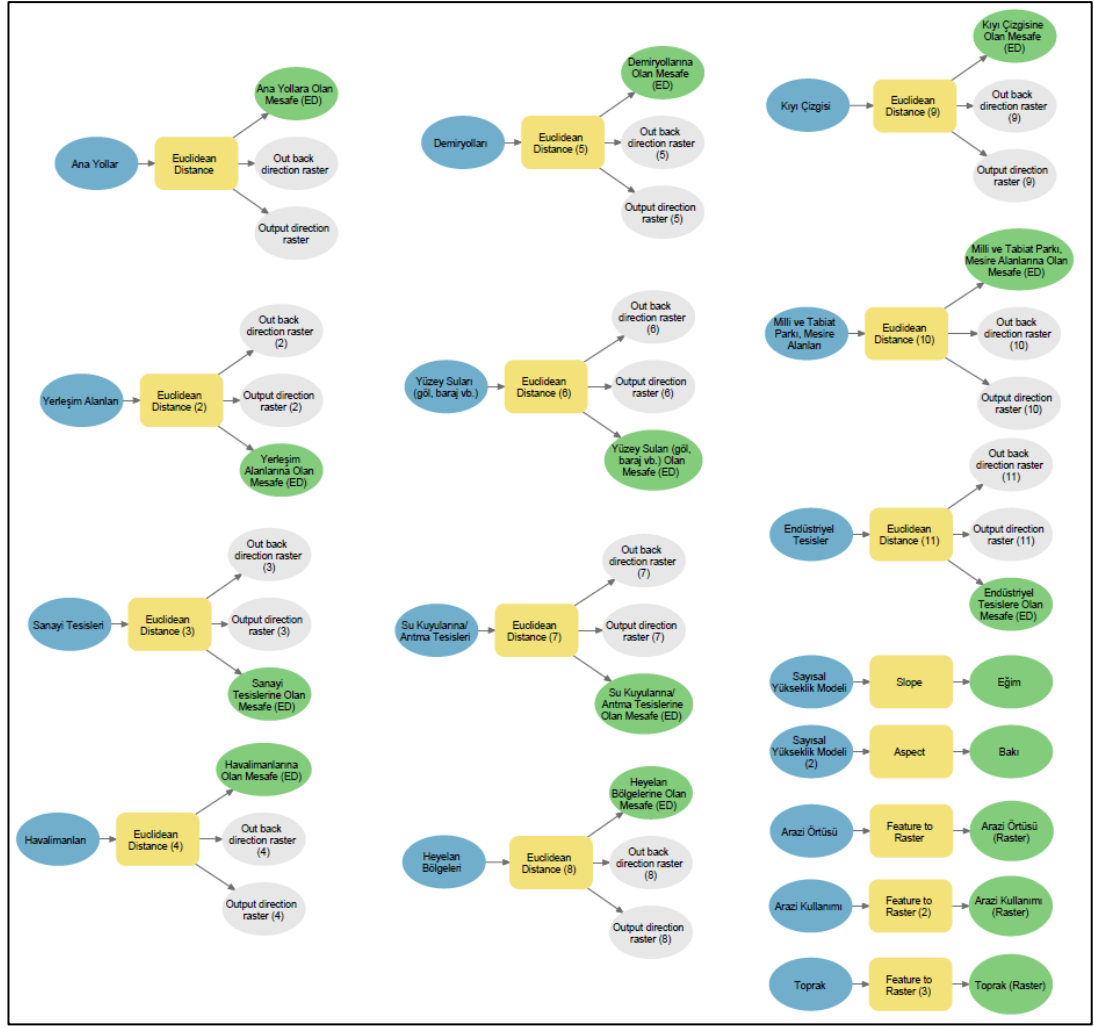


Şekil 5.9: Kentsel tarım alanları yer seçimi veri hazırlama modeli.

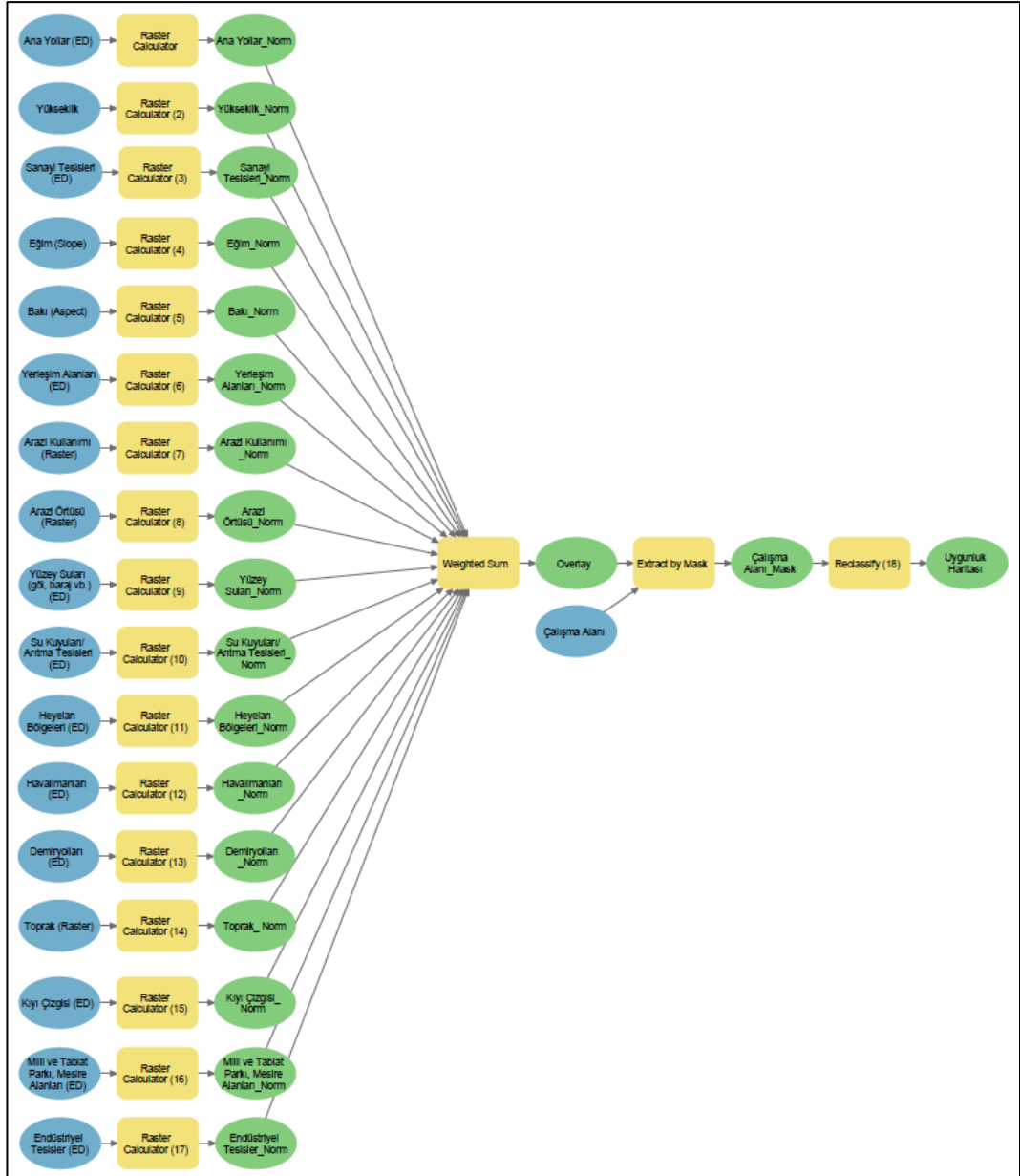


Şekil 5.10: CBS tabanlı kentsel tarım alanları yer seçim modeli.

6. Yeşil Alan Gelişimi İçin Saha Uygunluk Yer Seçimi: Yeşil alan gelişimi için saha uygunluklarının belirlendiği literatürde yer alan bir çalışmadır. Çalışma 16 kriter üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yatırım planlama tablosunda kriterlerle ilgili etkisi detaylı ifade edilmiştir. Bu 16 kriter verisi üzerinden CBS tabanlı analiz tekniklerinin yapıldığı veri hazırlama modeli geliştirilmiştir (**Şekil 5.11**). Veri hazırlama modelinin sonuç çıktı yer seçimi modeline girdi olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada da kriterlerle ilgili kabul veya detaylandırılmış kriterler ve alt kriterler olmadığından normalizasyon için raster calculator aracı modelde tasarlanmıştır (**Şekil 5.12**).

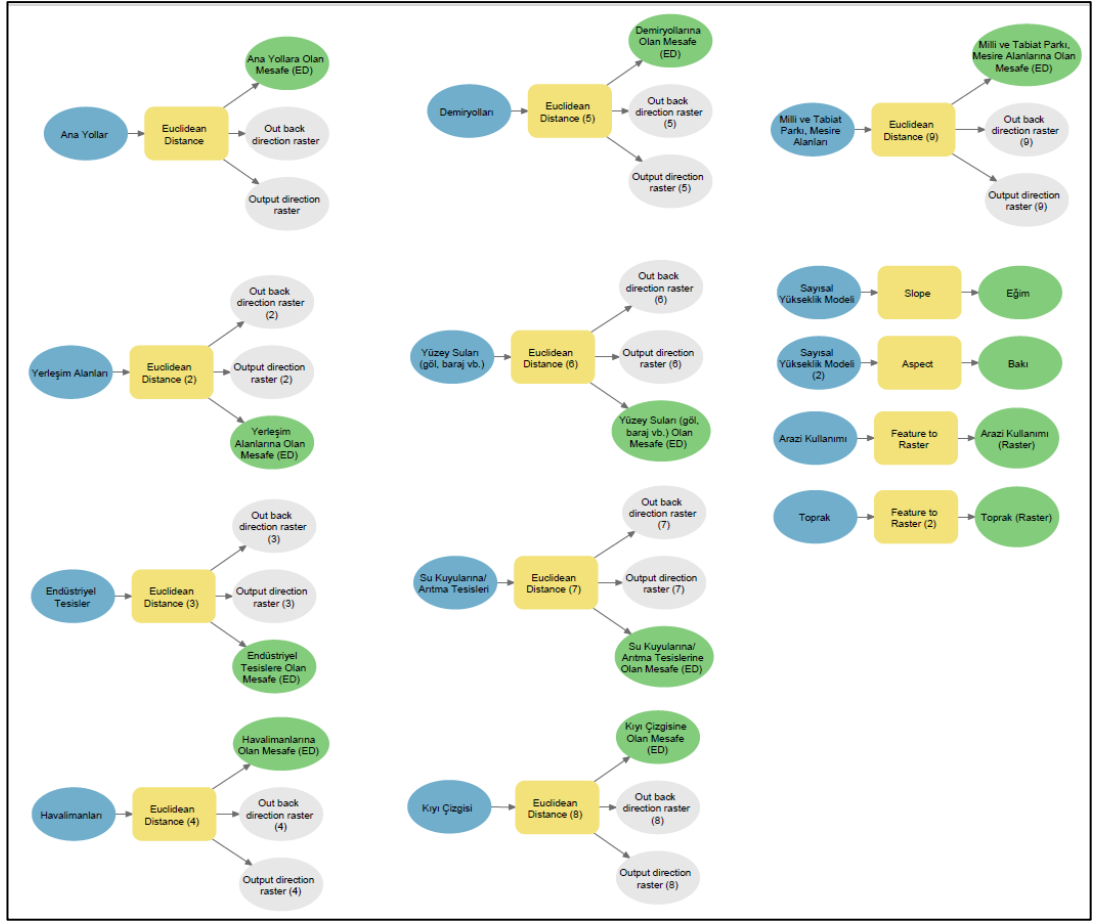


Şekil 5.11: Yeşil alan gelişimi saha uygunluk yer seçimi veri hazırlama modeli.

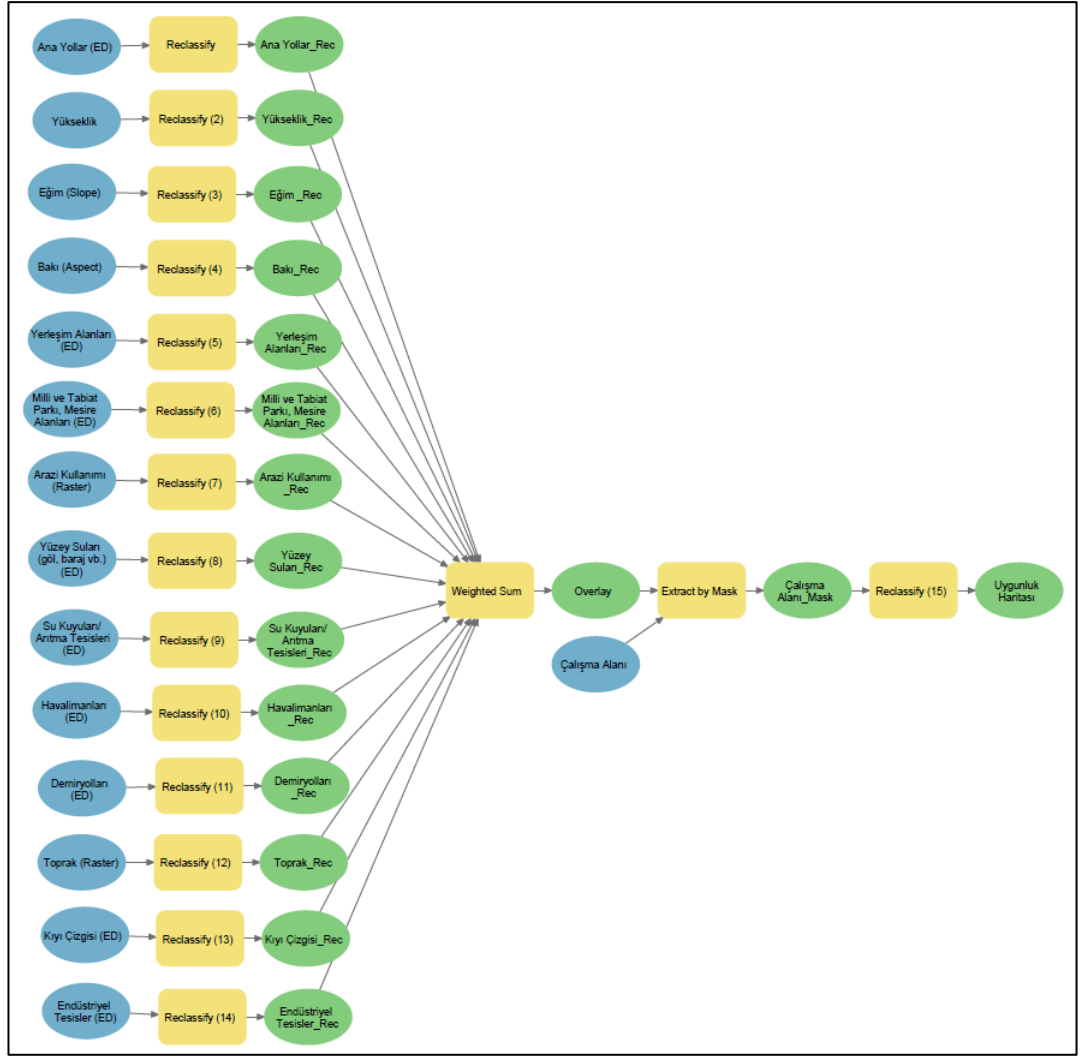


Şekil 5.12: CBS tabanlı yeşil alan gelişimi saha uygunluk yer seçim modeli.

7. Kentsel Yerleşim Alanları Yer Seçimi: Kentsel yerleşim alanlarının yer seçiminin yapıldığı bu çalışma 14 kriter üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yatırım planlama tablosunda kriterlerin yer seçimini nasıl etkilediği ifade edilmiştir. Bu 14 kriter verisi üzerinden CBS tabanlı analiz tekniklerinin yapıldığı veri hazırlama modeli geliştirilmiştir (Şekil 5.13). Veri hazırlama modelinin sonuç çıktı yer seçimi modeline girdi olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada da kriterlerle ilgili kabul veya detaylandırılmış kriterler ve alt kriterler olmadığından normalizasyon için raster calculator aracı modelde tasarlanmıştır (Şekil 5.14).

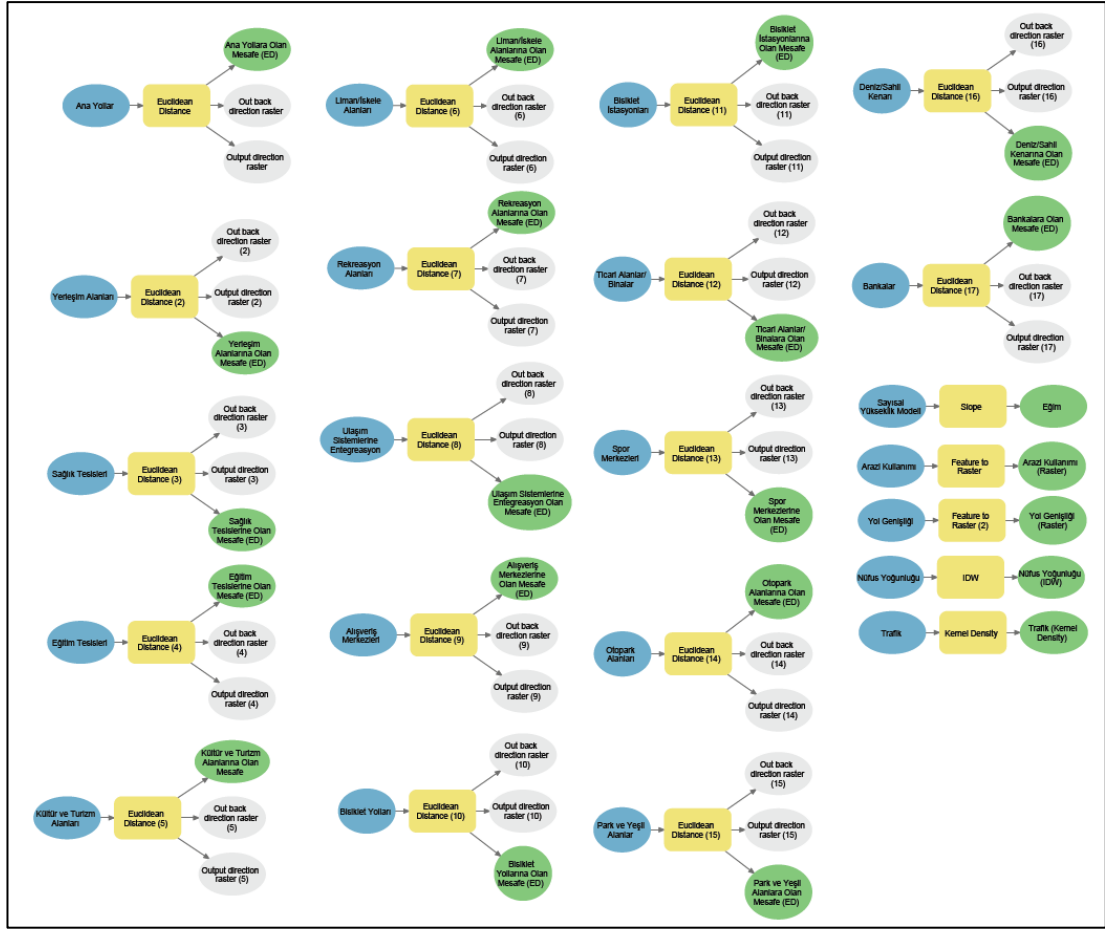


Şekil 5.13: Kentsel yerleşim alanları yer seçimi veri hazırlama modeli.

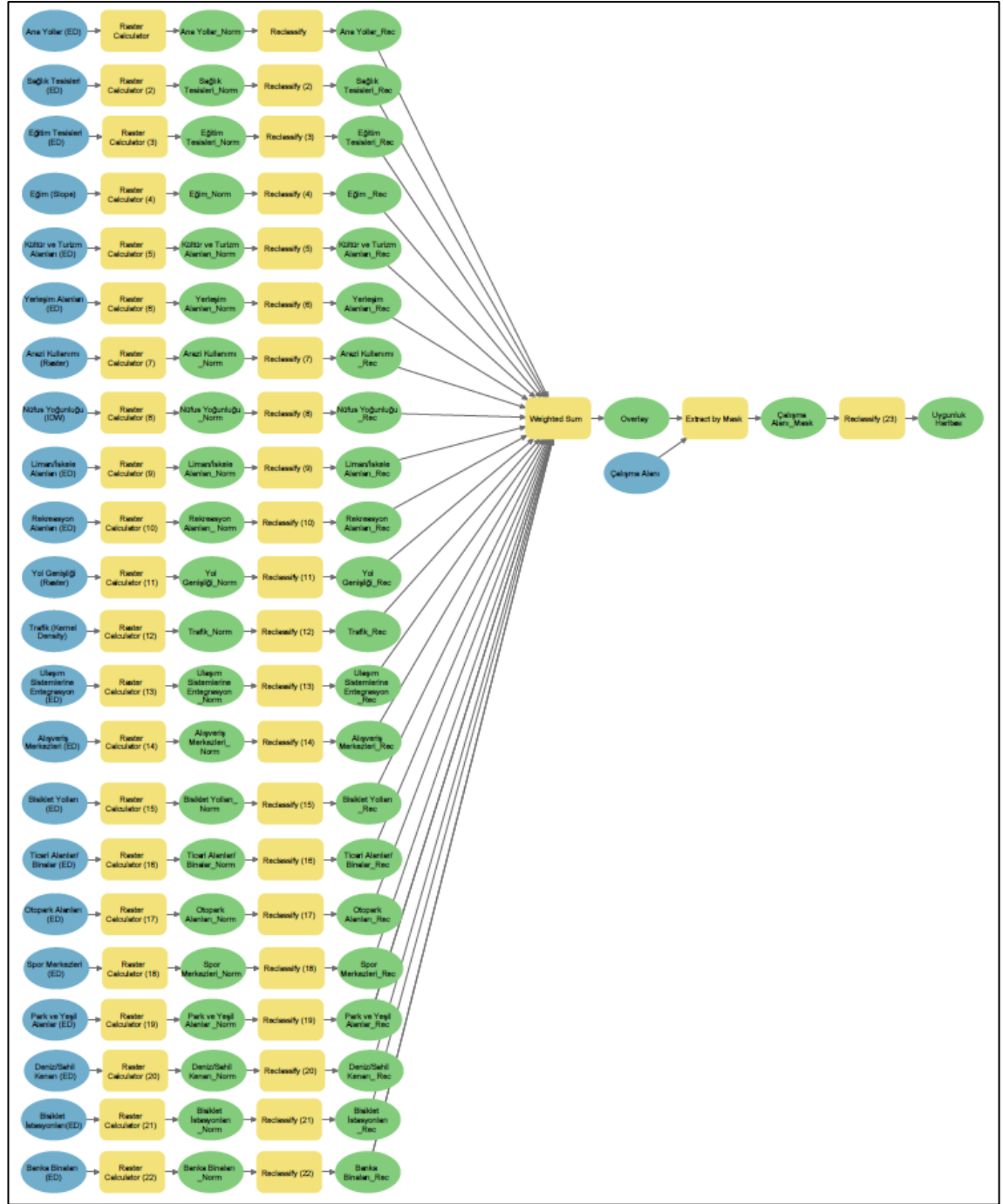


Şekil 5.14: CBS tabanlı kentsel yerleşim alanları yer seçim modeli.

8. Bisiklet İstasyonu/Yolu Yer Seçimi: Bisiklet istasyonu ve bisiklet yolu yer seçimi çalışmaları birlikte ele alınmıştır. Buna bağlı olarak bu konuyla ilgili, ÇKKV yöntemleri ile CBS ortamında yapılan çalışmalar literatür araştırması sonucu incelenmiş ve yatırım planlama tablosunda toplam 22 kriter ve ağırlık değerlendirilmiş ve detaylandırılmıştır. Bu kapsamda 22 kriter üzerinden CBS tabanlı analiz tekniklerinin yapıldığı veri hazırlama modeli geliştirilmiştir (**Şekil 5.15**). Veri hazırlama modelinin sonuç çıktı yer seçimi modeline girdi olarak tanımlanmıştır. Burada karar vericinin kriterleri değerlendirmesine göre normalizasyon için raster calculator araç kutusu, yeniden sınıflandırma için reclassify araç kutusu modelde tanımlanmıştır (**Şekil 5.16**).



Şekil 5.15: Bisiklet istasyonu/yolu yer seçimi veri hazırlama modeli.



Şekil 5.16: CBS tabanlı bisiklet istasyonu/yolu yer seçim modeli.

5.4. CBS Tabanlı Yer Seçim Modellerinin Yatırım Planlama Uygulamalarının Geliştirilmesi

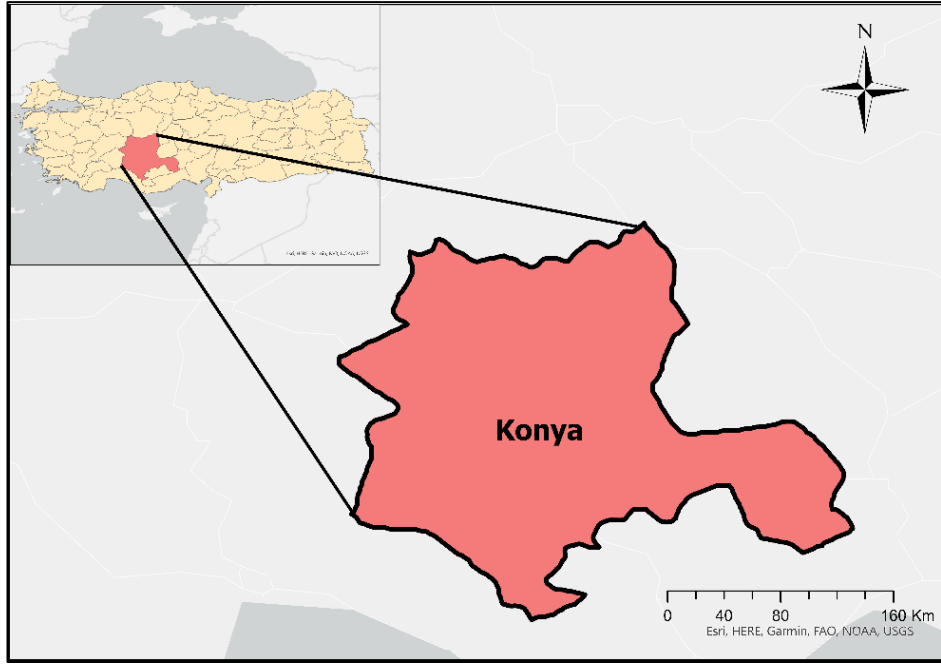
Bölüm 5.3'te ifade edildiği üzere CBS tabanlı ÇKKV destek sistemleri ile 8 farklı bütünlük yer seçimi modeli oluşturulmuştur. Bu modeller, dinamik, çok ölçütlü ve optimizasyon temelli bir yer seçimi süreci sunmaktadır. Yer seçimi sürecinde farklı

kriterler ve ağırlıklar dikkate alınarak alternatif senaryolar üretilmiş, çeşitli konum ve olasılıklar değerlendirilmiştir. Geliştirilen bütünleşik yer seçimi modellerinden Güneş Enerji Santrali, Rüzgar Enerji Santrali ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonları için yer seçimi uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

5.4.1. Uygulama 1: Güneş Enerji Santralleri Yer Seçimi: Konya Örneği

Güneş Enerji Santrali yer seçimi çalışmasında, çalışma alanı 38.257 km² 'lik yüzölçümüne sahip Türkiye'nin en büyük şehri olan Konya ili seçilmiştir (**Şekil 5.17**). Verimli tarım arazileri ve gelişmiş tarımsal faaliyetleriyle Türkiye topraklarının yaklaşık %5'ini kaplamaktadır. 2023 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerine göre Konya ili, 2.320.241 kişilik nüfus yoğunluğu ile Türkiye'nin altıncı en kalabalık şehridir. [**Web 17, 2024**]. Konya ili; Ankara, Niğde, Karaman, Aksaray, Antalya, Mersin, Afyonkarahisar, Isparta ve Eskişehir ile komşudur. [**Çobanyıldız, 2016**]. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 11 Ağustos 2011 tarihinde 28022 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan maddeye göre, güneş enerjisiyle elektrik üretim tesisi kurulabilmesi için yıllık toplam güneş radyasyonu değerinin en az 1620 kWh/m²-yıl olması gerektiği ifade edilmiştir. [**ResGaz, 2**]. Buna bağlı olarak Konya ili, Türkiye'deki güneş enerji tesislerin planlama ve yatırımları açısından en yüksek potansiyele sahip ildir almaktadır [**Uyan ve Doğmuş, 2022**]. Bakanlık, 8 Kasım 2011 tarihinde yaptığı açıklamada, güneş enerjisinden elektrik üretimi için 38 ili kapsayan 27 bölgeye izin ve destek verildiğini belirtmiştir. Bu 38 şehir içerisinde 92 megavat ile en fazla kapasiteye Konya ili sahip olmuştur. [**Uyan, 2017**].

Yer seçim modellerinin geliştirilmesinde kullanılan, çalışma alanının veri setlerinin elde edilmesi; güneş enerji potansiyeli verisi Enerji Sektörü Yönetim Yardım Programı (ESMAP) tarafından oluşturulan Global Solar Atlas 'tan temin edilmiştir [**Web 18, 2024**]. Bakı haritası sayısal yükseklik modelinden elde edilmektedir. Buna bağlı olarak Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), ALOS PALSAR'dan çalışma alanına göre analiz edilip, temin edilmiştir. Trafo merkezleri, enerji nakil hatları, yol verisi ve fay hatları verileri Open Street Map (OSM)'den elde edilmiştir. Su kaynakları, arazi örtüsü ve yerleşim bölgeleri Copernicus-Urban Atlas arazi kullanım verisinden temin edilmiştir. Çalışma verilerinden sadece doğalgaz hatları verisi temin edilememiştir.



Şekil 5.17: Güneş enerji santrali yer seçimi çalışma alanının belirlenmesi.

AHP yöntemi ve CBS teknolojileri entegre edilerek, Konya ilinde güneş enerji santralleri tesis edilebilecek uygun alanların tespit edilmesinde kullanılan kriterler ve ağırlıklar, literatür taraması sonucu belirlenmiş olup **Tablo 5.22**'te gösterilmiştir. Ayrıca tabloda uygulama bazında kriterlerin yer seçimine olan etkisi; olumlu/yakın (+), olumsuz/uzak (-) şeklinde ifade edilerek detaylı bir şekilde ifade edilmiştir.

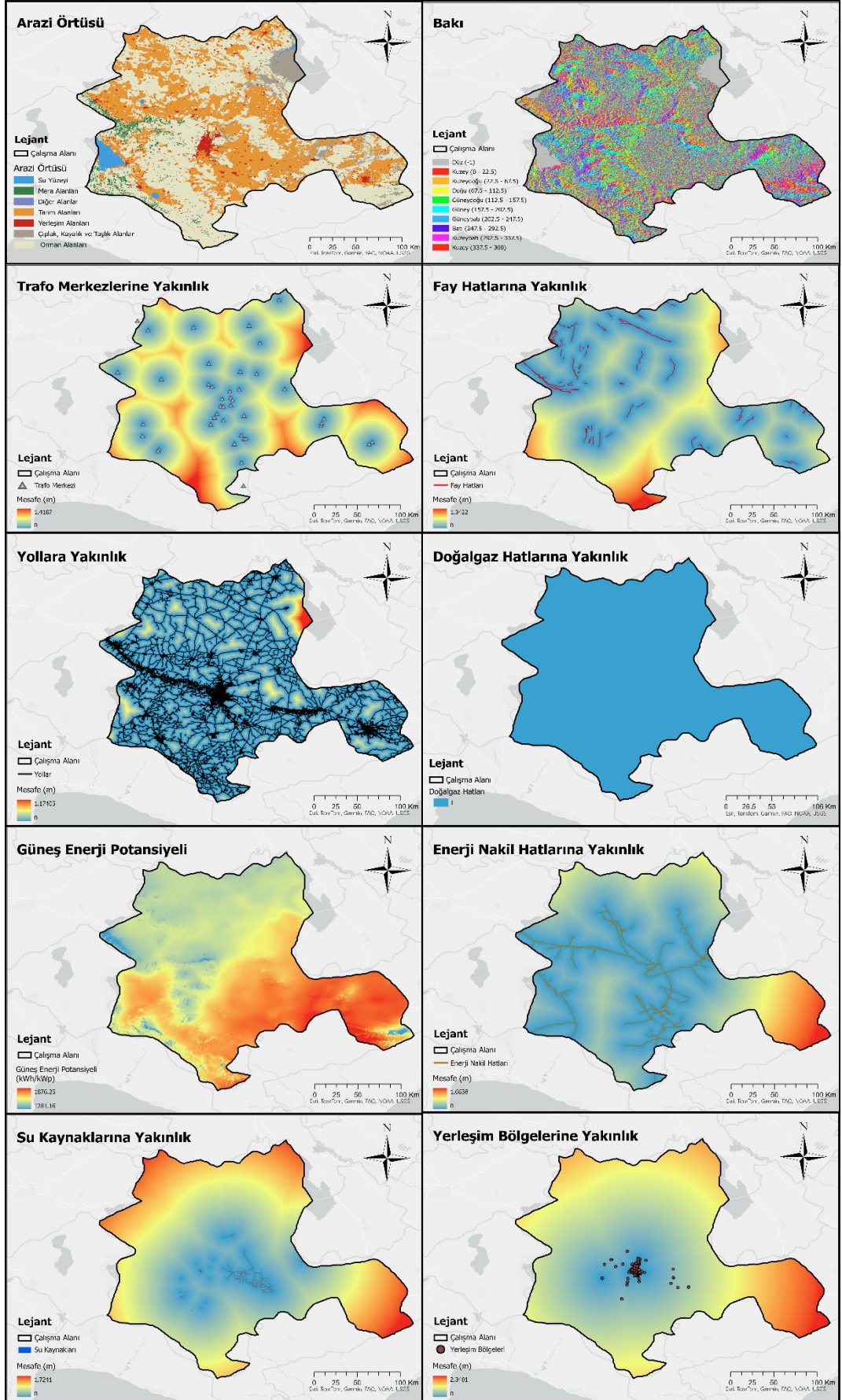
Tablo 5.22: Güneş Enerji Santralleri Yer Seçimi: Konya Örneği çalışması kriter, yer seçimine olan etkisi ve ağırlıkları. [Çolak vd., 2020'den uyarlanmıştır].

Kriter	Yer Seçimine Olan Etkisi	Ağırlık
Güneş Enerji Potansiyeli	(+) etkiler potansiyel yüksek olmalıdır	0.2184
Bakı	(-) etkiler güneş ışınım yönüne bağlı olarak; güney, güneydoğu ve güneybatı yönleri	0.1439
Enerji Nakil Hatlarına Olan Mesafe	(+) etkiler mesafesi yakın olmalıdır	0.1011
Trafo Merkezlerine Olan Mesafe	(+) etkiler mesafesi yakın olmalıdır	0.0991
Yollara Olan Mesafe	(+) etkiler ancak mesafesi 0.1 < km fazla olan yol mesafeleri dikkate alınmalıdır	0.0639

Tablo 5.22 (devamı): Güneş Enerji Santralleri Yer Seçimi: Konya Örneği çalışması kriter, yer seçimine olan etkisi ve ağırlıkları. [Çolak vd., 2020’den uyarlanmıştır].

Su Kaynaklarına Olan Mesafe	(+)/(-) etkiler ancak mesafesi 0.1 km< fazla olan su kaynakları mesafeleri dikkate alınmalıdır	0.0454
Doğalgaz Hatlarına Olan Mesafe	(-) etkiler mesafesi uzak olmalıdır	0.0318
Fay Hatlarına Olan Mesafe	(-) etkiler mesafesi uzak olmalıdır	0.0259
Arazi Örtüsü	(+) etkiler arazi yapısına göre değişkenlik göstermekte olup, otlak/çalılık gibi düz açık alanlar dikkate alınmalıdır	0.2039
Yerleşim Bölgelerine Olan Mesafe	(-) etkiler yerleşim bölgelerinin mevcut mesafeleri göz önüne alınarak çok yakın olmaması durumu dikkate alınmalıdır	0.0668

Güneş enerji santrali yer seçimi **Tablo 5.22**’te görüldüğü üzere 10 coğrafi kriter ile bir yer seçim metodolojisi geliştirilmiştir. Kriterlerin analiz modelinde; trafo merkezleri, yerleşim alanları, enerji nakil hatları, ana yollar, su kaynakları ve fay hatlarına yakınlık analizinde, öklid uzaklığı kullanılmıştır. Arazi örtüsü verisi raster formatına getirilmiştir. Doğalgaz hatları verisi temin edilemediğinden bu kriter için çalışma alanında ağırlığı 1 olacak şekilde feature to raster analiz aracı ile raster formatına dönüştürülerek oluşturulan katman uygulamada kullanılmıştır. Böylelikle bu kritere ait yeterli bilgi elde edilemediğinden, analiz işlemine etkisiz eleman olarak dahil edilmiştir. Bu durum tasarlanan modelin ve uygulanan analizin çalışmasını etkilememektedir. Bakı kriteri, çalışma alanının sayısal yükseklik modeli kullanılarak yüzey analizlerinden bakı analiz aracı ile üretilmiştir. Güneş enerji potansiyeli kriteri yüksek veri yoğunluğuna sahip bir alan olmakla birlikte raster formatında temin edilmiştir. Bu kapsamda veri hazırlama modelinde yer alan; yakınlık, yüzey ve raster veriye dönüştürme analizlerinin sonuç haritaları **Şekil 5.18**’de verilmiştir.



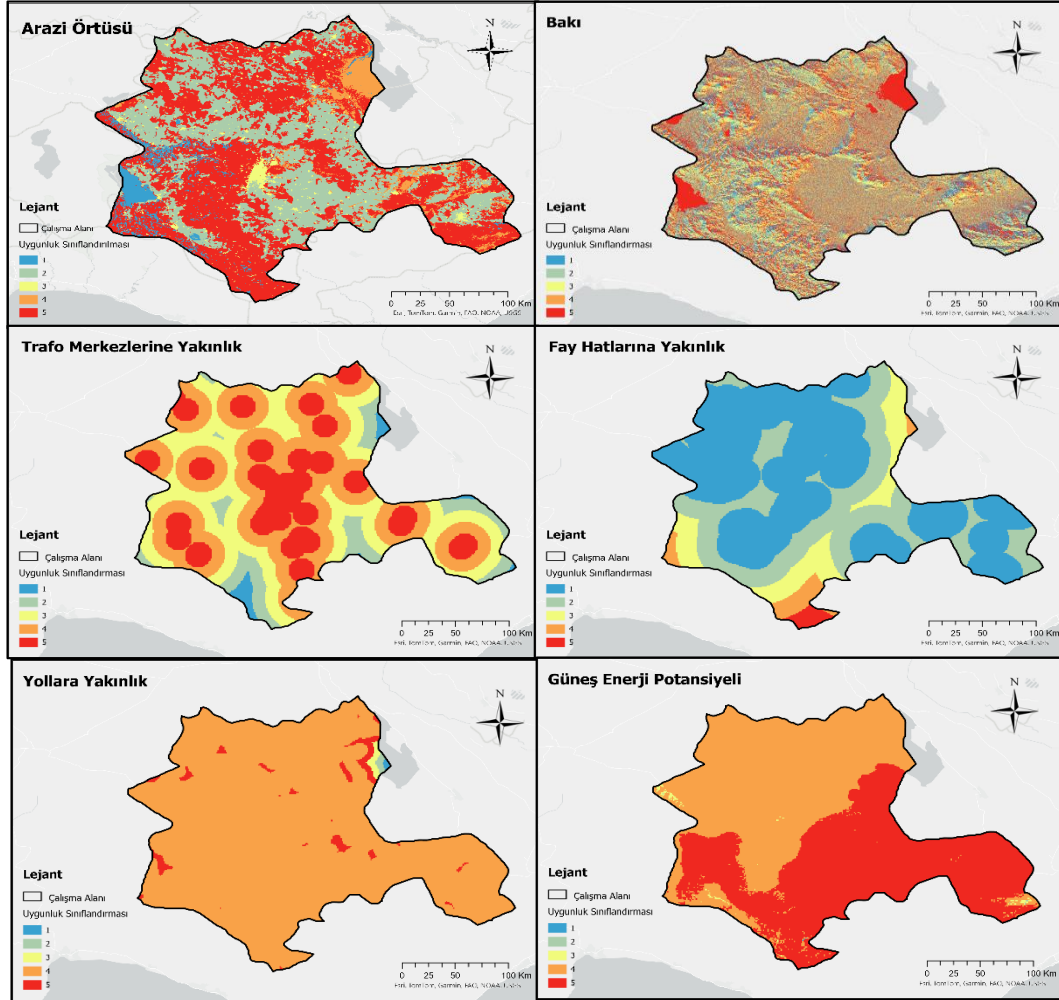
Şekil 5.18: Güneş enerji santrali yer seçimi CBS tabanlı analizlerinin sonuç haritaları.

Literatürden uyarlanan kriterlerde, kriterlerin yer seçiminde istenen etkisine (örneğin; trafo merkezlerine yakın olması, fay hatlarına uzak olması gibi) veya indekslerine göre 1-5 arasında reclassify yapılarak kriter verilerini standartlaştırılmış ve daha anlamlı hale getirilmiştir. CBS tabanlı analizlerinin sonuç katmanları ile 1 ile 5 arasında olacak şekilde yeniden sınıflandırma yapılmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, kriterlerin çalışmaya olan etkisi ve kriterlerin detaylandırılması önemlidir. Bu bağlamda aşağıdaki hususlar dikkate alınarak sınıflandırma yapılmıştır:

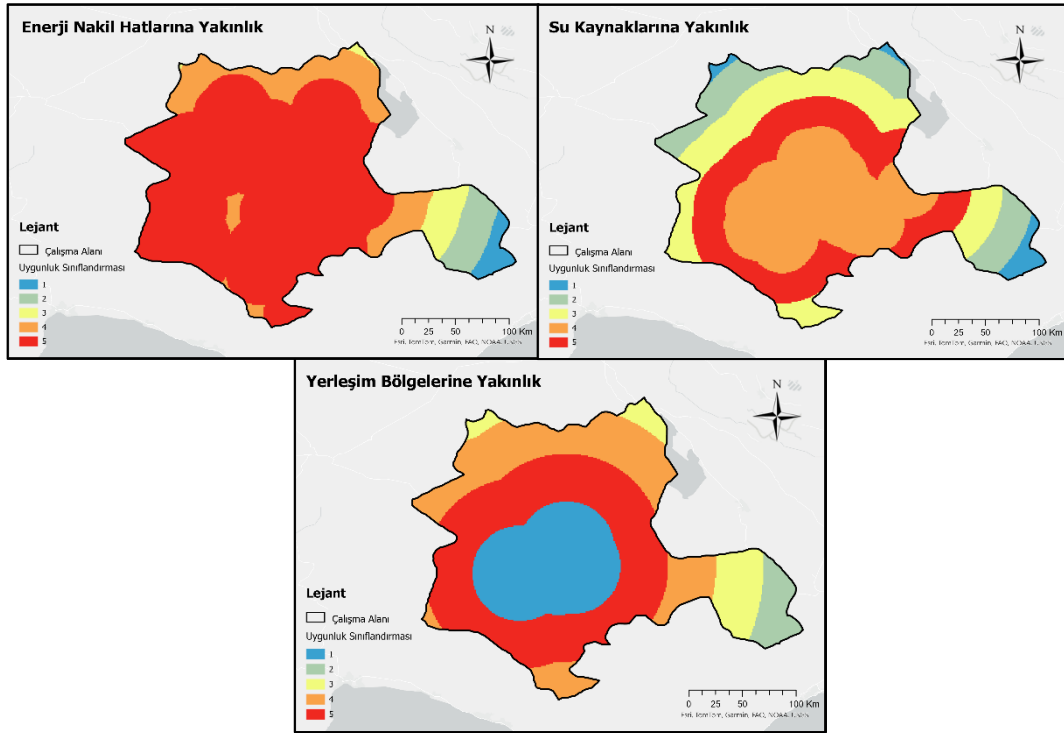
- Güneş enerji potansiyelinin yüksek olması gerekmektedir. Bu kriter, GES kurulumunda santralin verimliliğini ve ekonomik fizibilitesini doğrudan etkilemektedir. Bu durumun önemi en fazla kriter ağırlığına sahip olmasıyla göstermektedir.
- Bakı kriter arazinin güneşe olan yönelimini ifade ettiğinden güneş panellerinin verimli çalışabilmesi için maksimum güneş ışıınımını alması gerekmektedir. Bu nedenle santrallerin güneş ışıınım yönü güney bakılı yönler olmalıdır.
- GES tesisleri enerji nakil hatları ve trafo merkezlerine yakın olmalıdır. Çünkü santrallerden üretilen elektriğin dağıtımı yapılırken, enerji nakil hatları ile trafo merkezlerine elektrik iletilir ve dağıtımı yapılmaktadır. Bu nedenle, yer seçiminde trafo merkezlerine ve enerji nakil hatlarına olan mesafenin dikkate alınarak maliyetin düşürülmesi, enerji kayıplarını azaltmada fayda sağlayacaktır.
- GES santralleri için yol kriteri, kurulum, işletme ve bakım maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Ancak yollara çok yakın olmamak şartıyla GES kurulumları için etkili bir kriterdir. Bu durum altyapı faaliyetleri için ek harcamaları engellemektedir.
- Su kaynaklarında çok yakın olmamalıdır çünkü yağışların fazla olduğu dönemde taşkın riski olabilir ve enerji verimliliğini düşürmektedir.
- Doğalgaz hatlarına ve fay hatlarına yakın olmamalıdır, tehlike oluşturan faktörler göz önüne alınmalıdır. Doğalgaz hatlarının güzergahları, sızıntı veya patlama riski, fay hatlarının deprem riski dikkate alındığında bu hatlara olan mesafeleri önem taşımaktadır.
- Arazi örtüsü kriteri, santralin kurulumu, verimi ve bakım süreçleri açısından önem taşımaktadır. Mevcut arazilerden uzak ve otlak/çalılık gibi arazi örtüleri seçimde dikkate alınmalıdır.

- Son olarak yerleşim bölgelerinin gelişimi göz önünde bulundurularak, bölgenin enerji ihtiyacının yanı sıra maliyetlerin de karşılanmasını sağlamak amacıyla santraller yerleşim yerlerine belirli mesafelerde kurulabilir.

Bu kapsamda GES kurulumunu etkileyen kriterlerin 1-5 arasında yeniden sınıflandırma analizi yapılarak, kriter verilerinin daha anlaşılır ve analiz edilebilir hale getirilmiştir (Şekil 5.19).

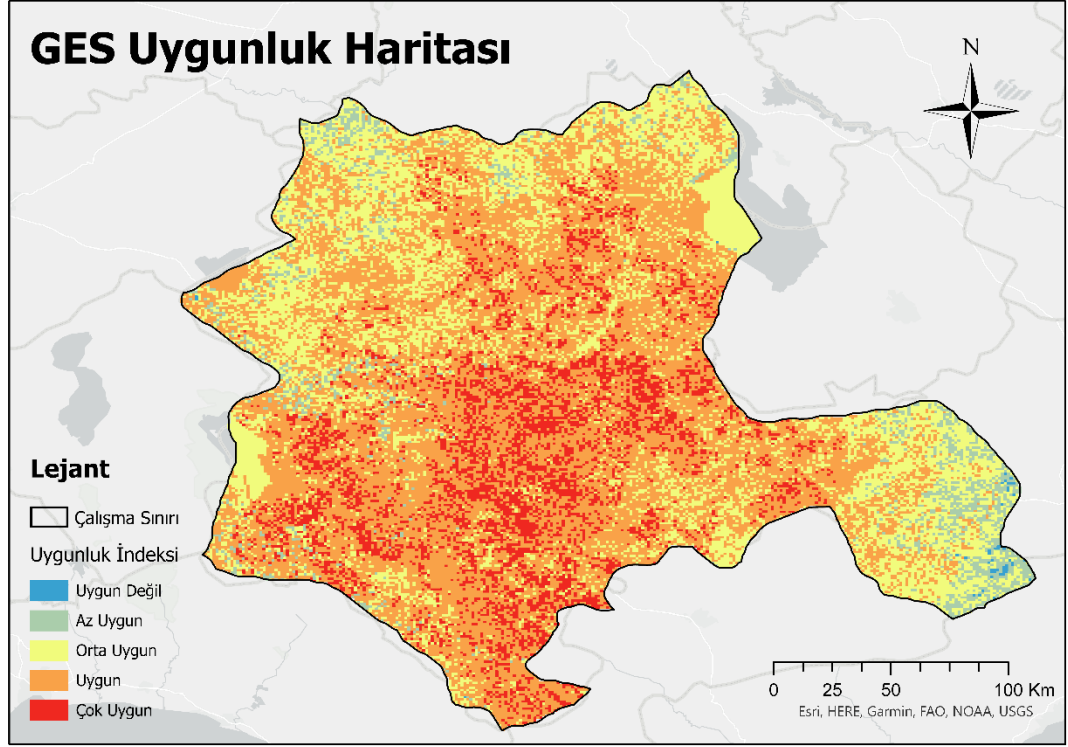


Şekil 5.19: Güneş enerji santrali yer seçimi kriterlerinin yeniden sınıflandırma analizlerinin sonuç haritaları.



Şekil 5.19 Devam: Güneş enerji santrali yer seçimi kriterlerinin yeniden sınıflandırma analizlerinin sonuç haritaları.

Uygulama ve modelin son aşamasında reclassify ile standartlaştırılan veriler, ağırlıklı bindirme analizinde AHP ile hesaplanan kriter ağırlıkları ile çarpılıp ağırlıklı bindirme yapılarak GES uygunluk sonuç haritası elde edilmiştir (**Şekil 5.20**). Üretilen sonuç haritasının daha anlamlı olması için çalışma alanı ile maskeleme işlemi yapılmıştır. Elde edilen uygunluk haritasını daha anlamlı ve anlaşılır kılmak adına eşit aralık yöntemiyle toplam 5 sınıftan oluşan bir yeniden sınıflandırma analizi uygulanmıştır. Her bir sınıfa ait uygunluk yüzde değerleri elde edilmiştir. Bu sınıflar ve uygunluk yüzdeleri sırasıyla; Uygun Değil (%1), Az Uygun (%4), Orta Uygun (%29), Uygun (%52) ve Çok Uygun (%14) sınıflarıdır. Uygun yer seçim yüzdelerinin yüksek olması Konya ilinin güneş enerji potansiyeli fazla olması ve arazi topografyasının kuruluma elverişli olduğunu göstermektedir.

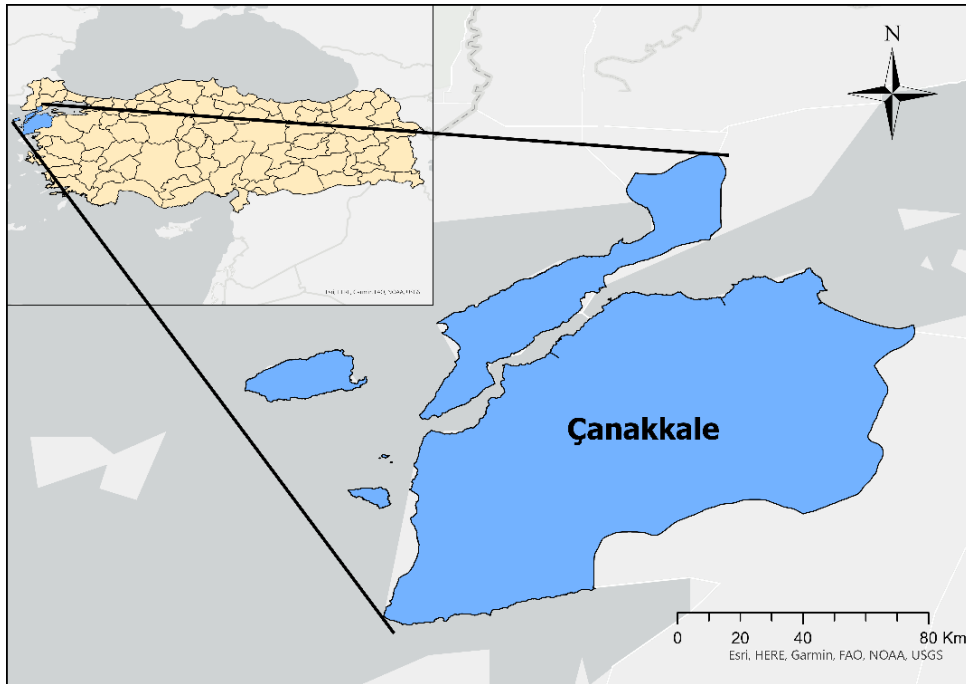


Şekil 5.20: Güneş enerjisi santrali yer seçimi uygunluk haritası.

5.4.2. Uygulama 2: Rüzgar Enerji Santralleri Yer Seçimi: Çanakkale Örneği

Rüzgar Enerji Santrali yer seçimi çalışmasında, çalışma alanı olarak Çanakkale ili seçilmiştir (Şekil 5.21). Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan Çanakkale, Marmara ve Ege Bölgelerinin kesişim noktasında konumlanmıştır. Hem Asya hem de Avrupa kıtalarında toprakları bulunan Çanakkale Boğazı'yla stratejik bir geçiş noktasına sahiptir [Web 19, 2024]. İlin yüzölçümü yaklaşık 9.737 km² olup, 2023 yılı ADNKS bilgilerine göre nüfusu yaklaşık 570.499 kişidir [Web 20, 2024]. Çanakkale ili yüzölçümünün %55'ini ormanlık alanlar oluştururken, kalan alanlar çayır, mera ve tarım faaliyetleri için elverişli arazilerden meydana gelmektedir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yayınlanan verilere göre Türkiye genelinde iller bazında Rüzgar Enerji Santrali kurulabilecek toplan alan 22.834,85 km², toplam kurulu kapasite gücü ise 114.174,08 MW olarak belirlenmiştir [Web 21, 2024]. Çanakkale ili, kurulabilecek rüzgar enerjisi santrallerinin (RES) güç kapasiteleri sıralamasında, toplam 13.013 MW kurulu güç ve 2.603 km² toplam alan ile ikinci sırada bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında veri setlerinin elde edilmesi; rüzgar hızı verisi Enerji Sektörü Yönetim Yardım Programı (ESMAP) tarafından oluşturulan Global Wind Atlas'tan temin edilmiştir [Web 22, 2024]. Eğim haritası sayısal yükseklik modelinden elde edilmektedir. Buna bağlı olarak Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), ALOS PALSAR'dan çalışma alanına göre analiz edilip, temin edilmiştir. Ana yol ve trafo hatları verileri Open Street Map (OSM)'den elde edilmiştir. Sulak alanlar, arazi örtüsü, koruma bölgeleri, kentsel yerleşim bölgeleri ve havalimanı verileri Copernicus-Urban Atlas arazi kullanım verisinden temin edilmiştir.



Şekil 5.21: Rüzgar enerji santrali yer seçimi çalışma alanının belirlenmesi.

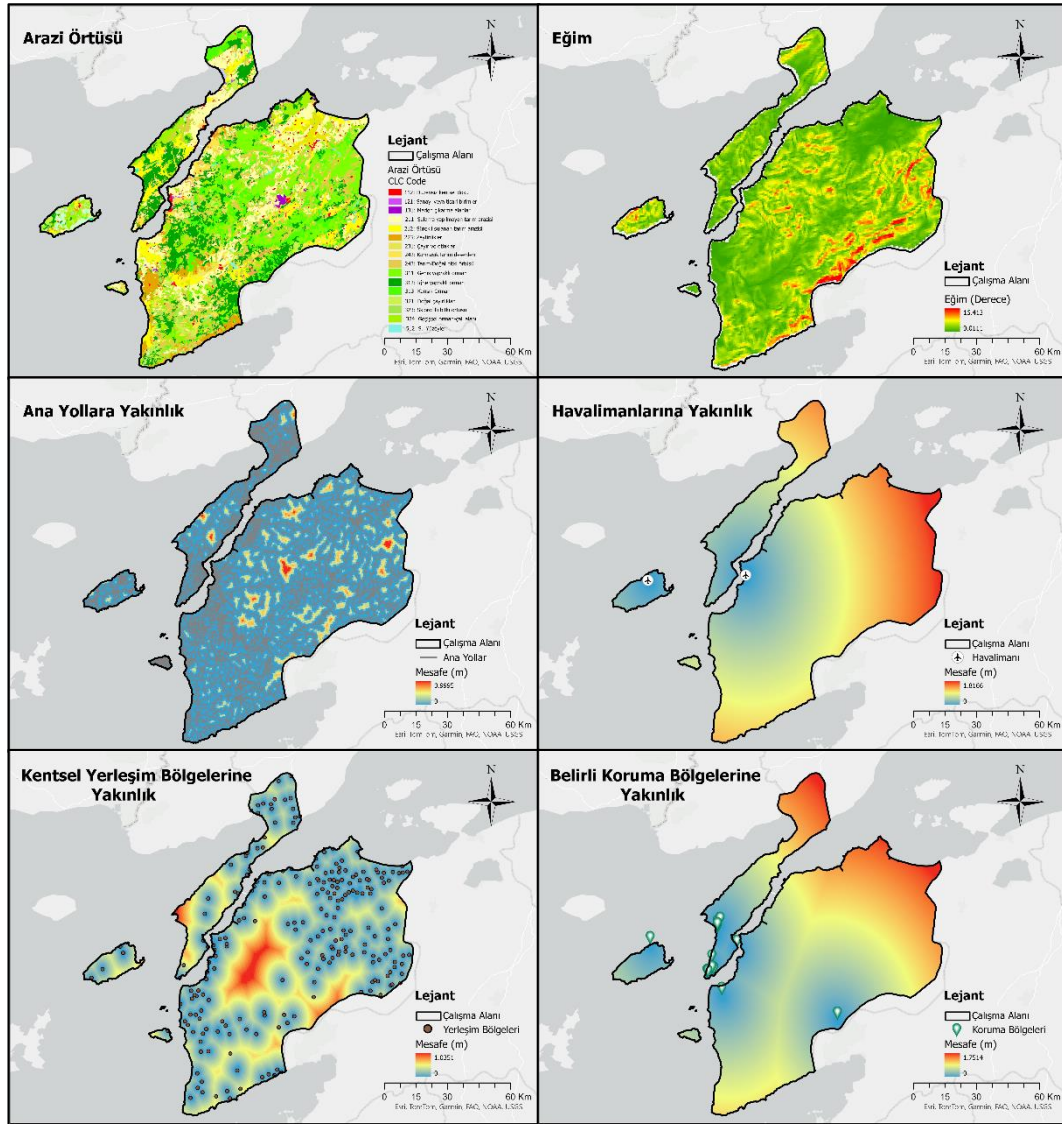
CBS ortamında analiz teknikleri ile ÇKKV Yöntemleri BWM tekniği bütünleşik yapıda irdelenerek Çanakkale ilinde rüzgar enerji santralleri kurulabilecek optimum sahaların tespit edilmesinde kullanılan kriterler ve ağırlıklar, literatür taraması sonucu belirlenmiş olup **Tablo 5.23**'te verilmiştir. Ayrıca tabloda uygulama bazında kriterlerin yer seçimine olan etkisi; olumlu/yakın (+), olumsuz/uzak (-) şeklinde ifade edilerek detaylı bir şekilde ifade edilmiştir.

Tablo 5.23: Rüzgar Enerji Santralleri Yer Seçimi: Çanakkale Örneği çalışması kriter, yer seçimine olan etkisi ve ağırlıkları [Tercan, 2021'den uyarlanmıştır].

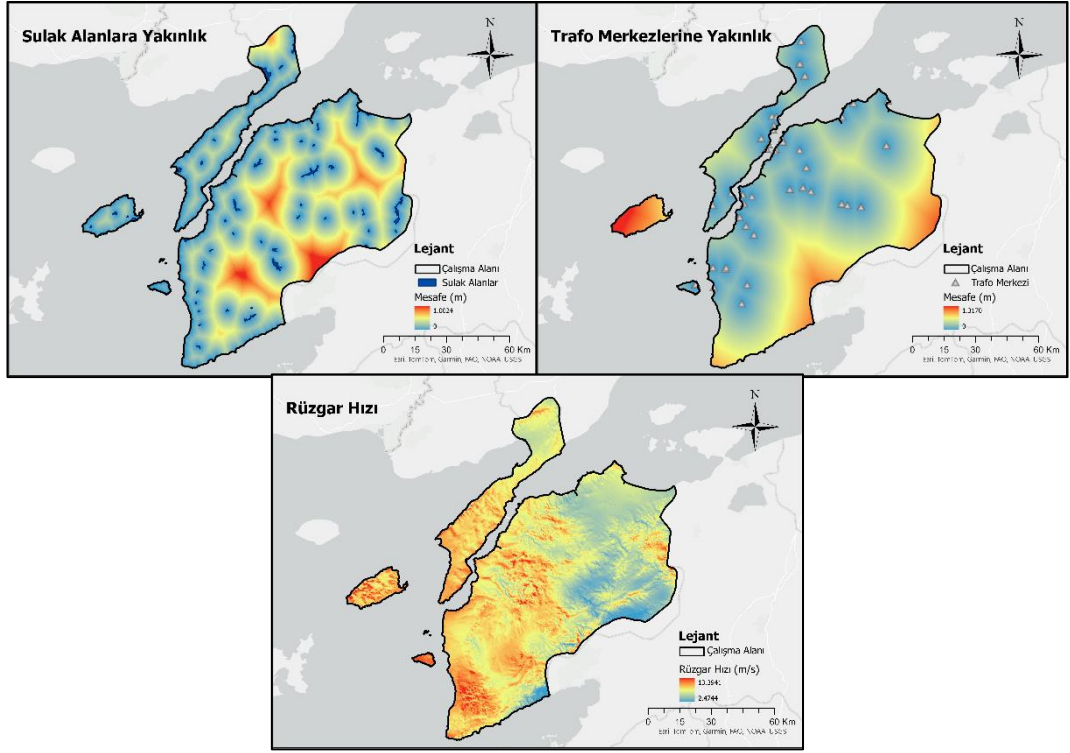
Kriter	Yer Seçimine Olan Etkisi	Ağırlık
Arazi Örtüsü/Kullanımı	(+) etkiler arazi kullanım çeşidine göre değişkenlik göstermekte olup; korunan alanlar, turizm bölgeleri, yerleşim bölgeleri gibi kullanım alanlarının olmaması dikkate alınmalıdır	0.204
Rüzgar Hızı	(+) etkiler rüzgar hızı yüksek olmalıdır	0.230
Eğim	(-) etkiler yüzde/derece değerine bağlı olarak; eğim yüzdesi/derece değeri düşük ve düz sahalar dikkate alınmalıdır	0.088
Sulak Alanlara Olan Mesafe	(-) etkiler mesafesi uzak olmalıdır	0.078
Belirli Koruma Bölgelerine Olan Mesafe	(-) etkiler mesafesi uzak olmalıdır	0.106
Kentsel Yerleşim Yerlerine Olan Mesafe	(-) etkiler yerleşim bölgelerinin mevcut mesafeleri göz önüne alınarak çok yakın olmaması durumu dikkate alınmalıdır	0.105
Ana Yollara Olan Mesafe	(+) etkiler ancak mesafesi $0.1 < \text{km}$ fazla olan yol mesafeleri dikkate alınmalıdır	0.051
Trafo Merkezlerine Olan Mesafe	(+) etkiler mesafesi yakın olmalıdır	0.075
Havalimanlarına Olan Mesafe	(-) etkiler mesafesi uzak olmalıdır	0.064

Rüzgar enerji santrali yer seçimi **Tablo 5.23**'te görüldüğü üzere 9 coğrafi kriter ile bir yer seçim metodolojisi geliştirilmiştir. Kriterlerin analiz modelinde; sulak alanlar, belirli koruma bölgeleri, kentsel yerleşim yerleri trafo merkezleri, ana yollar, trafo merkezleri ve havalimanlarına yakınlık analizinde, öklid uzaklığı kullanılmıştır. Arazi örtüsü/kullanımı GES modelinde olduğu gibi raster veri formatında temin edilmiştir. Eğim kriteri, çalışma alanının sayısal yükseklik modeli kullanılarak yüzey analizlerinden eğim analiz aracı ile üretilmiştir. Rüzgar hızı güneş enerji potansiyeli kriteri raster formatında elde edilerek direkt olarak veri girdisi olarak modelde tasarlanmıştır. RES tesislerinin uygun yerlerinin belirlenmesi için verilerin CBS tabanlı analiz tekniklerinin irdelendiği veri hazırlama modelinde yer alan; yakınlık,

yüzey, enterpolasyon ve raster veriye dönüştürme analizlerinin sonuç haritaları **Şekil 5.22**'de verilmiştir.



Şekil 5.22: Rüzgar enerji santrali yer seçimi CBS tabanlı analizlerinin sonuç haritaları.



Şekil 5.22 Devam: Rüzgar enerji santrali yer seçimi CBS tabanlı analizlerinin sonuç haritaları.

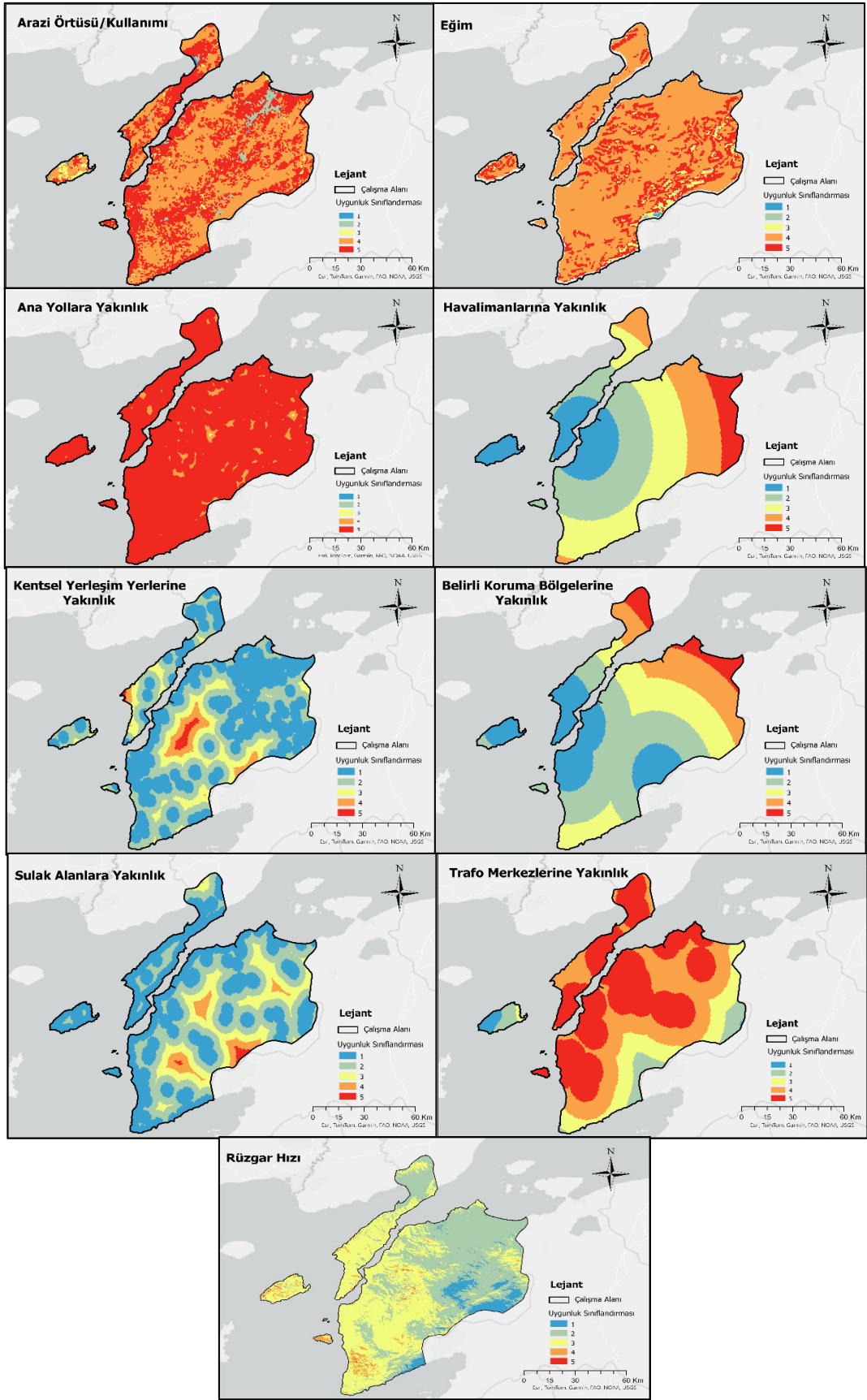
Literatürden referans alınan kriterlere göre, kriterlerin uygun tesislerin belirlenmesindeki etkisi (örneğin; trafo merkezlerine yakın olması, koruma bölgelerine uzak olması gibi) veya indekslerine göre GES modelinde olduğu gibi 1-5 arasında yeniden sınıflandırma yapılarak kriter verilerini standart bir değer aralığına getirilmiştir. Sınıflandırma yapılırken kriterlerin çalışmaya olan etkisi ve kriterlerin detaylandırılması önemlidir. Bu bağlamda aşağıdaki hususlar dikkate alınarak sınıflandırma yapılmıştır:

- Rüzgar hızının yüksek olması RES kurulumunu etkileyen en önemli kriterdir. Bunu kriter ağırlığı en fazla değere sahip olmasıyla göstermektedir. Yüksek verim ve temiz enerji kaynağının sağlanması açısından önem taşımaktadır.
- RES kurulumu yapılacak yerlerde eğim değeri çok fazla olmamalı daha düz alanlar tercih edilmelidir. Yüksek eğimli arazilerde montaj ve bakım zorlaşabilir, maliyetler artmaktadır.
- RES tesisleri, eko-turizm ve çevresel olumsuz etkileri en aza indirmek amacıyla koruma bölgelerinden uzak yerlere tesis edilmelidir.
- Kentsel yerleşim bölgelerinde gürültü emisyonu yaratmamak ve en aza indirmek için, kentsel ve peyzajın estetiğinin bozulmaması, taşınmazların değer

kaybı olmaması adına RES kurulumları bu bölgelerden uzak yerlere tesis edilmelidir.

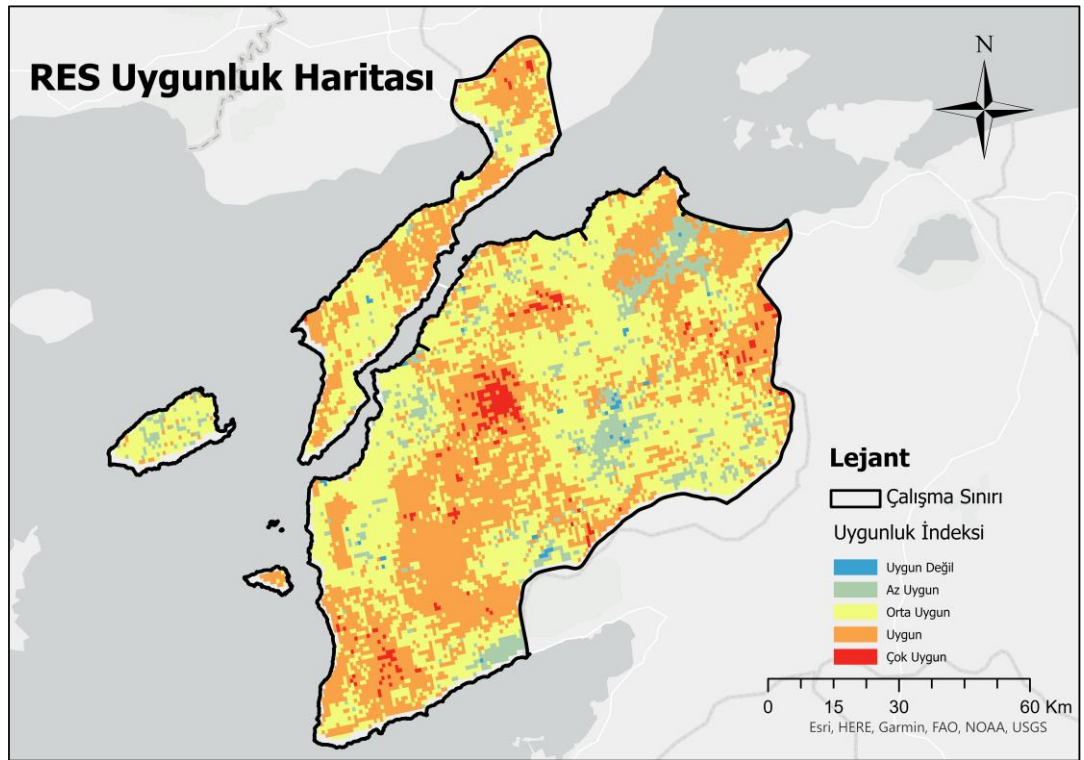
- Sulak alanlar, jeoteknik zorluklar, çevresel etkiler ve yasal kısıtlamalar nedeniyle RES kurulumu için genellikle uygun değildir. Daha sağlam zemin yapısına sahip, ekolojik hassasiyeti düşük alanlar tercih edilmelidir. Bu nedenle RES kurulumları sulak alanlardan uzak yerlere tesis edilmelidir.
- Üretilen elektriğin, elektrik şebeklerine entegrasyonu, iletim ve dağıtım maliyetini en aza indirmek için RES tesisleri trafo merkezlerine yakın olmalıdır.
- Arazi örtüsü veya kullanımı; korunan alanlar, turizm bölgeleri, yerleşim bölgeleri gibi alanlardan uzak yerlere tesis edilmesi gerekmektedir.
- Hava trafik kontrolü, hava taşımacılığın güvenliği, iletişim, navigasyon ve gözetim gibi sistemlerin işleyişinde olumsuz sonuçlara yol açabilme durumu olduğundan RES kurumları havalimanlarından uzak yerlere tesis edilmelidir.
- Son olarak RES'lerin bakımı ve ulaşımının sağlanması, maliyetleri en aza indirmek için RES tesis edilen sahalar anayollara yakın olmalıdır.

Bu kapsamda RES kurulumunu etkileyen kriterlerin 1-5 arasında yeniden sınıflandırma analizi yapılarak, kriter verilerinin daha detaylı ve yorumlanabilir olarak üretilmiştir (**Şekil 5.23**).



Şekil 5.23: Rüzgar enerji santrali yer seçimi kriterlerinin yeniden sınıflandırma analizlerinin sonuç haritaları.

Uygulama ve modelin son aşamasında yeniden sınıflandırma yapılan katman verileri, BWM yöntemi ile belirlenen her bir kriterin önemini temsil eden ağırlıklar ile çarpılarak ağırlıklı bindirme analizi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle Çanakkale ili için uygun tesis edilebilecek RES sahaları tespit edilmiş ve uygunluk sonuç haritası elde edilmiştir. Elde edilen sonuç haritasının yorumlanabilirliği ve görselliği açısından çalışma alanı ile bir maskeleme yapıp, eşit aralık yöntemiyle 5 sınıfa ayrılarak yeniden sınıflandırılmıştır (**Şekil 5.24**). Sınıflar ve uygunluk yüzdeleri şöyle belirlenmiştir: Uygun Değil (%1), Az Uygun (%7), Orta Uygun (%50), Uygun (%40), Çok Uygun (%2). Çanakkale ilinde RES uygunluk analiz yüzdeleri, bölgenin büyük ölçüde rüzgar enerjisi yatırımları için elverişli olduğunu göstermekte olup en verimli bölgelerin dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.



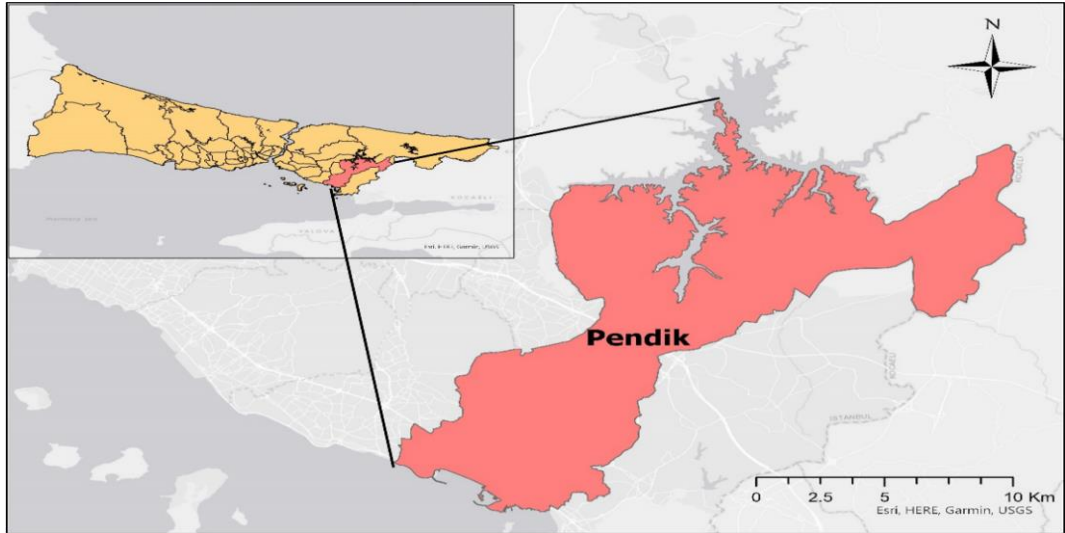
Şekil 5.24: Rüzgar enerjisi santrali yer seçimi uygunluk haritası.

5.4.3. Uygulama 3: Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Yer Seçimi: Pendik Örneği

Elektrikli Araç Şarj İstasyonları (EAŞİ) yer seçimi uygulaması çalışma alanı Pendik ilçesi belirlenmiştir. Pendik ilçesi, İstanbul'un Anadolu Yakası'nda, doğu bölgesinde yer alan bir yerleşim yeridir (**Şekil 5.25**). İlçe; doğusunda Gebze, güneydoğusunda

Tuzla, kuzeyinde Şile ve Çekmeköy, batısında Kartal, Sancaktepe ve Sultanbeyli, güneyinde ise Marmara Denizi ile çevrilidir. Pendik ilçesinin yüzölçümü 188,94 km² ve 2023 ADNKS verilerine göre nüfusu 750.435 kişidir [Web 23, 2024]. Aynı zamanda Pendik ilçesi, İstanbul'un dördüncü en büyük ve Anadolu Yakası'nın en büyük ilçesi konumundadır. Pendik ilçesi, farklı arazi kullanım türlerini içinde barındırmaktadır. İlçenin kuzey bölümleri kırsal nitelikte iken, güney kesimi kentleşmiş bir yapıya sahiptir. Güney kısmında ticaret ve sanayi bölgeleri, çeşitli yoğunluklarda konut alanları, bir liman ve İstanbul'un ikinci havalimanı yer almaktadır.

Çalışma kapsamında veri setlerinin elde edilmesi; Pendik yol ağına ilişkin veriler, açık kaynaklı bir harita oluşturma projesi olan Open Street Map (OSM)'den elde edilmiştir. Diğer kriter verilerine ait konumsal verileri çeşitli kurum ve kuruluş ((Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Harita Genel Müdürlüğü (HGM) ve özel sektör veri tabanlarından elde edilmiştir.



Şekil 5.25: Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi çalışma alanının belirlenmesi.

İstanbul ili, Pendik ilçesinde elektrikli araç şarj istasyonları tesis edilecek uygun yerlerin belirlenmesine yönelik yer seçimi modelleri ve çalışmasında CBS tabanlı analiz teknikleri ve ÇKKV tekniklerinden Bulanık AHP kullanılarak literatür taraması sonucu belirlenen ana kriterler, alt kriterler ve ağırlıkları **Tablo 5.24**'te ifade edilmiştir. Ayrıca tabloda uygulama bazında kriterlerin yer seçimine olan etkisi; olumlu/yakın (+), olumsuz/uzak (-) şeklinde ifade edilerek detaylı bir şekilde ifade edilmiştir.

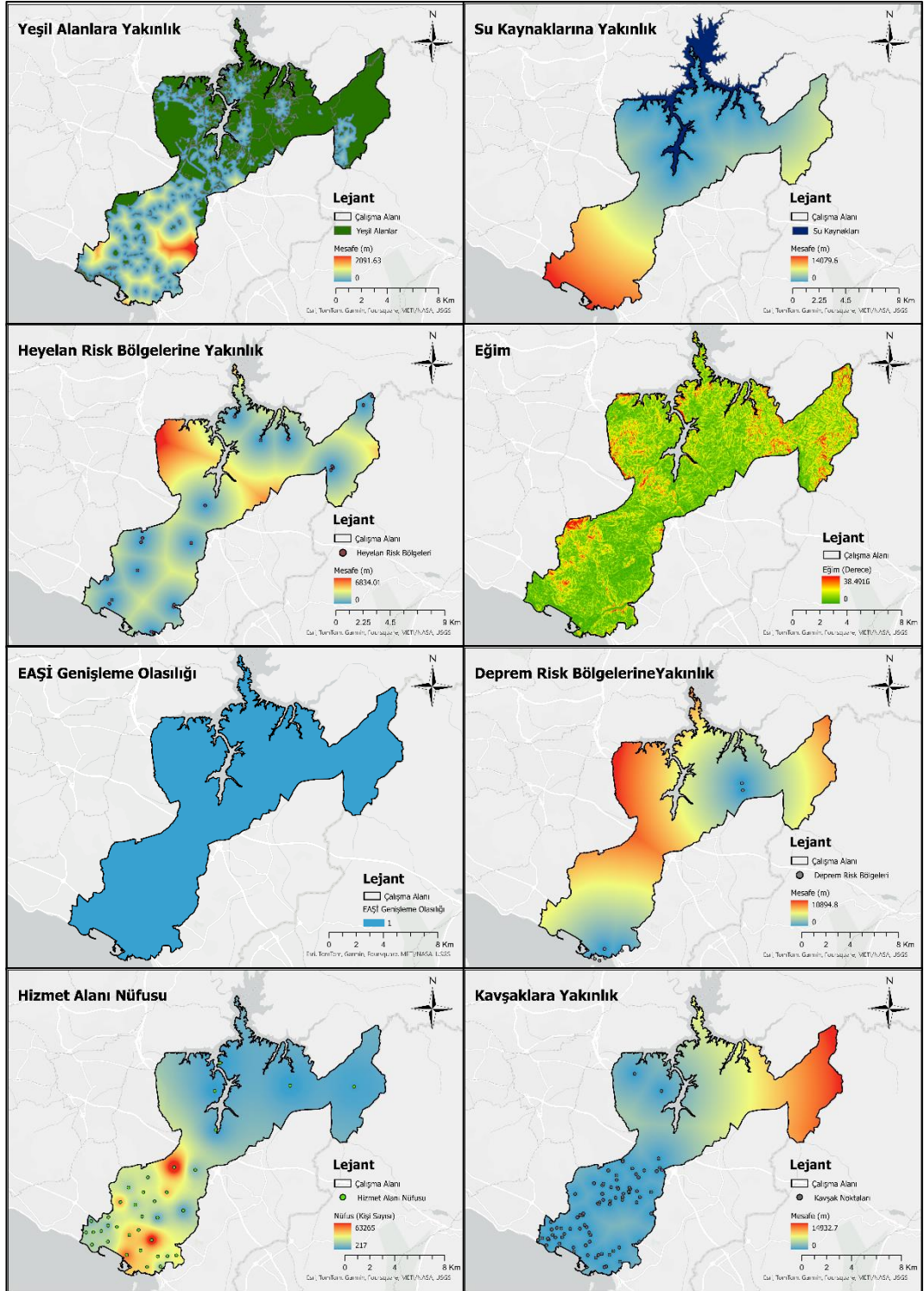
Tablo 5.24: Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Yer Seçimi: Pendik Örneği çalışması kriter, yer seçimine olan etkisi ve ağırlıkları [Erbaş vd., 2018'den uyarlanmıştır].

Ana Kriter	Alt Kriter	Yer Seçimine Olan Etkisi	Kriter Ağırlığı
Çevresel/ Coğrafi	Yeşil Alanlara Olan Mesafe	(-) etkiler mesafesi uzak olmalıdır	0.022
	Su Kaynaklarına Olan Mesafe	(-) etkiler mesafesi uzak olmalıdır	0.024
	Heyelan Risk Bölgelerine Olan Mesafe	(-) etkiler mesafesi uzak olmalıdır	0.057
	Arazi Eğimi	(-) etkiler yüzde/derece değerine bağlı olarak; eğim yüzdesi/derece değeri düşük ve düz sahalar dikkate alınmalıdır	0.03
	EAŞİ Genişleme Olasılığı	(+) etkiler	0.013
	Deprem Risk Bölgelerine Olan Mesafe	(-) etkiler mesafesi uzak olmalıdır	0.043
Şehircilik	Hizmet Alanı Nüfusu	(+) etkiler nüfusun fazla olduğu alanlar dikkate alınmalıdır	0.12
	Kavşaklara Olan Mesafe	(+) etkiler mesafesi yakın olmalıdır	0.062
	Ana Yollara Olan Mesafe	(+) etkiler mesafesi yakın olmalıdır	0.108

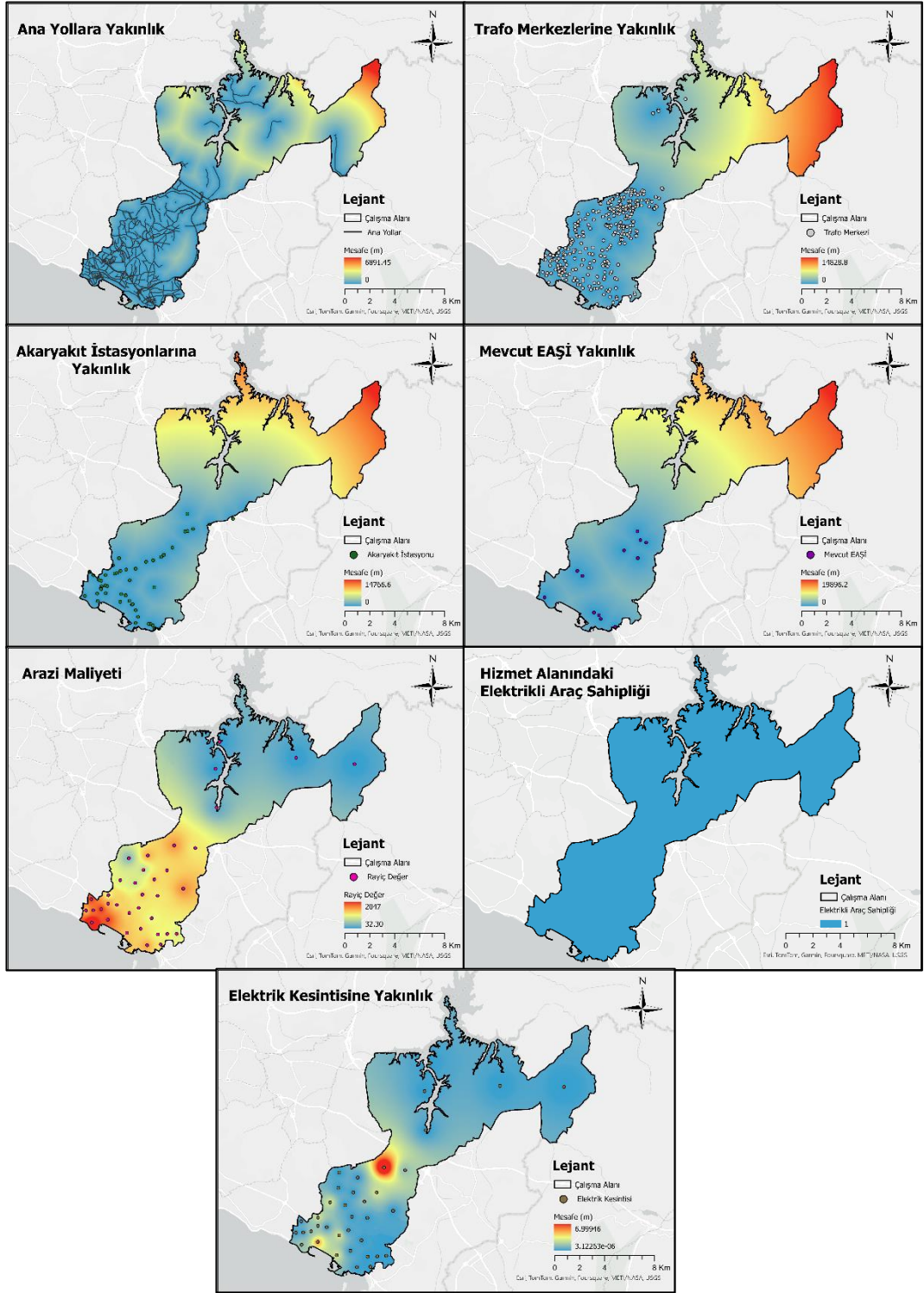
Tablo 5.24 (devamı): Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Yer Seçimi: Pendik Örneği çalışması kriter, yer seçimine olan etkisi ve ağırlıkları [Erbaş vd., 2018’den uyarlanmıştır].

Şehircilik	Trafo Merkezlerine Olan Mesafe	(+) etkiler mesafesi yakın olmalıdır	0.026
	Akaryakıt İstasyonlarına Olan Mesafe	(+) etkiler mesafesi yakın olmalıdır	0.011
	Diğer EAŞİ Mesafesi	(-) etkiler mevcut EAŞİ mesafeleri göz önüne alınarak çok yakın olmaması durumu dikkate alınmalıdır	0.021
Ekonomik	Arazi Maliyeti	(-) etkiler inşaatın toplam maliyetini azaltmak için düşük olması dikkate alınmalıdır	0.104
	Hizmet Alanındaki Elektrikli Araç Sahipliği	(+) etkiler EA sahipliği yüksek olması dikkate alınmalıdır	0.217
	Elektrik Kesintisine Olan Mesafe	(-) etkiler mesafesi uzak olmalıdır	0.142

Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi çalışmasında **Tablo 5.24**’te ifade edildiği üzere 3 ana kriter ve 15 alt kriter üzerinden bir yer seçimi uygulaması geliştirilmiştir. Kriterlerin analiz modelinde diğer veri hazırlama modellerinden görüldüğü yer seçim çalışmalarında temelde kullanılan kriterler benzer, analizler ortaktır. Kriterler üzerinden veri hazırlama modelinden de görüldüğü üzere öklid uzaklığı, eğim, ters mesafe ağırlıklı (IDW) analizleri gibi coğrafi analiz teknikleri kullanılarak raster katmanlar üretilmiştir. Ancak EAŞİ genişleme olasılığı ve hizmet alanındaki elektrikli araç sahipliği veri setleri edilemediğinden bu kriterler için çalışma alanında ağırlığı 1 olacak şekilde raster formatına dönüştürülerek oluşturulan katman modele eklenmiştir. Böylelikle bu kritere ait yeterli bilgi elde edilemediğinden, işleme etkisiz eleman olarak dahil edilmiştir. Bu kapsamda veri hazırlama modelinde yer alan; raster tabanlı coğrafi analizlerinin sonuç haritaları **Şekil 5.26**’da verilmiştir.



Şekil 5.26: Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi CBS tabanlı analizlerinin sonuç haritaları.



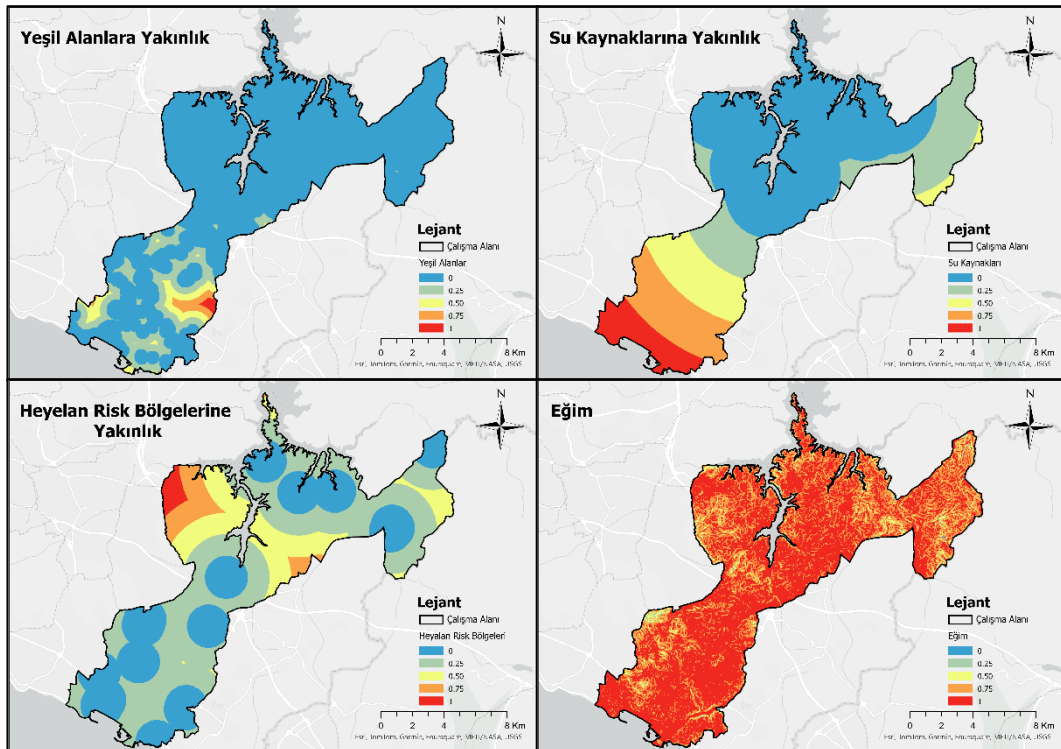
Şekil 5.26 Devam: Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi CBS tabanlı analizlerinin sonuç haritaları.

Literatürde yer alan çalışmadan uyarlanan EAŞİ kriterleri ilgili GES veya RES yer seçim çalışmalarında olduğu gibi, ifade edilmiş bir alt kriter indeksleri belirtilmemiştir. Bu kapsamda EAŞİ kriterlerinin her birinin farklı değerlendirme durumu mevcuttur. EAŞİ yer seçim modelinde bu durumu ortadan kaldırmak için tüm kriter katmanlarının değerlerinin, belirli bir değer aralığına göre standart hale getirilmesi işlemi olan normalizasyon yapılmıştır. Çalışma kapsamında normalizasyon tekniklerinden biri olan minimum-maksimum normalizasyon yöntemi kullanılmıştır. Böylece kriterlerin tüm değerleri 0-1 arasında normalize edilerek farklı birimlerdeki kriterler karşılaştırılabilir duruma gelmiştir. Kriterlerin uygulama kapsamındaki açıklaması, normalizasyon sonuçlarını etkilemektedir. Bu bağlamda kriterlerin çalışmaya olan etkisi ve kriterlerin detaylandırılması önemlidir. Bu bağlamda aşağıdaki hususlar dikkate alınarak kriterler karşılaştırılmıştır:

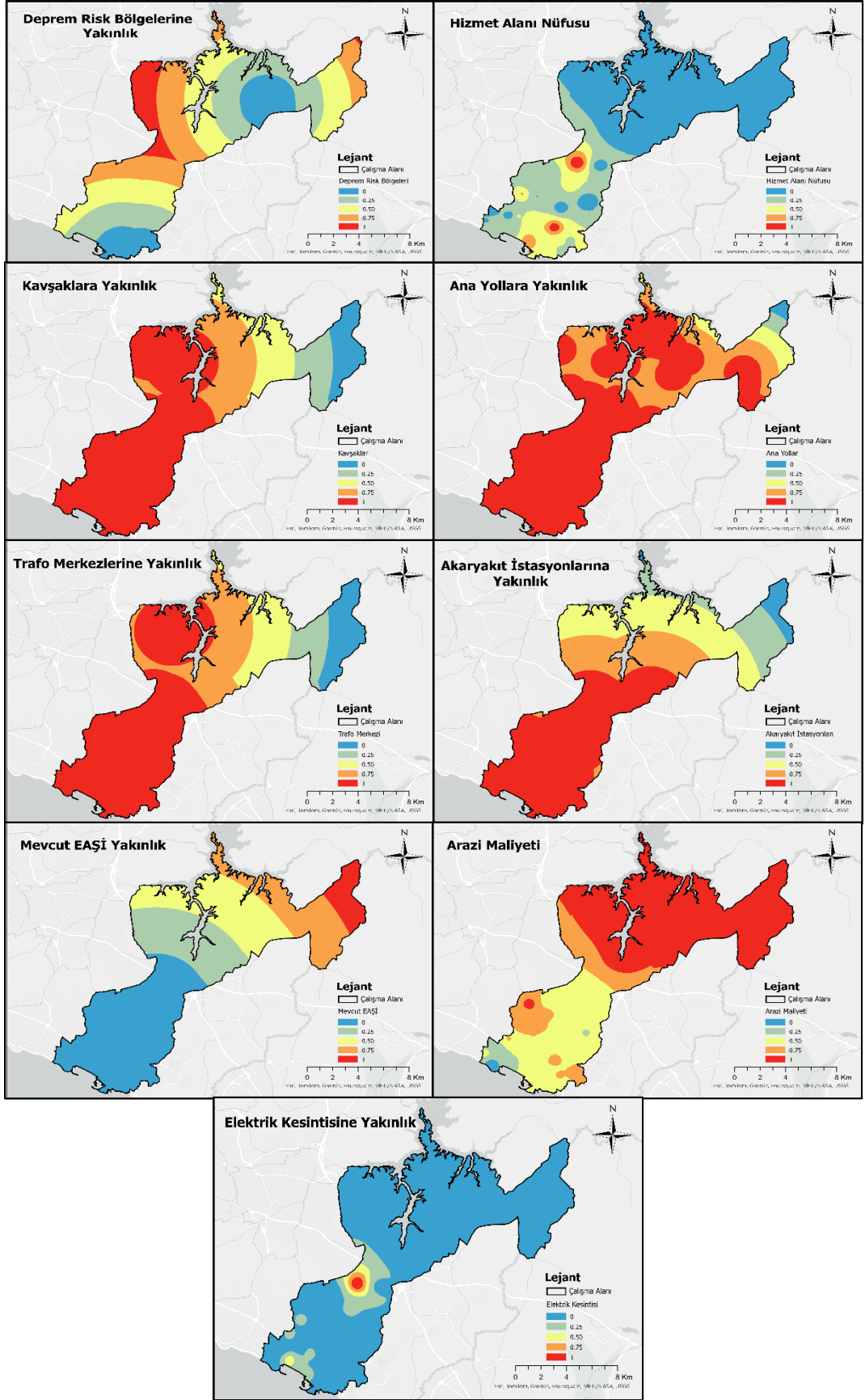
- EAŞİ'lerin inşaatı veya tesisi sırasında yeşil alanlar ve su kaynakları olumsuz etkilenebileceğinden, şarj istasyonları yeşil alanlardan ve su kaynaklarından uzak yerlere konumlandırılmalıdır.
- Heyelan riski ve deprem riski olan bölgelere EAŞİ tesis kurulumu yapılmayacağından, bu bölgelerden uzak olmalı ve bu bölgelerde olmamalıdır.
- Şarj istasyonlarının bulunduğu alanın etkin kullanımı için düz bir arazi yapısına sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle eğim derece fazla olmamalı ve daha düz alanlar olmalıdır.
- EAŞİ genişleme olasılığı düşünülerek tesis edilmeli çünkü gelecekte gerekirse şarj istasyonlarının genişletilmesi mümkün olmalıdır.
- EA şarj istasyonların arazi maliyeti, toplam yatırım ve işletme maliyetlerini en aza indirmek için yüksek olmamalıdır.
- Şarj istasyonlarına erişimin kolay bir şekilde sağlamak için hizmet alanındaki EA sahipliği yüksek olmalıdır. Böylelikle şarj istasyonuna olan talep artmakta ve yatırım daha kârlı hale gelmektedir.
- EAŞİ sahaları, güvenilirliğini, müşteri memnuniyetini ve gelirlerini olumsuz etkileyebileceğinden elektrik kesintisi fazla olan yerlerden uzak yerlere tesis edilmelidir.
- EAŞİ nüfusun fazla olduğu bölgelere tesis edilmesi; talep daha fazla olacağından şarj istasyonları daha verimli çalışır, yatırımın geri dönüşü hızlanır, enerji talebini ve bölgenin ihtiyacının karşılanmasına olanak tanımaktadır.

- EA şarj istasyonlarına ulaşılabilirliğini sağlamak için kavşaklara ve anayollara yakın olmalıdır.
- Tesis edilecek EA şarj istasyonlarının enerji ihtiyacının karşılanması için trafo merkezlerine yakın olmalıdır. Trafo merkezlerine yakın istasyonlar, daha güvenilir ve kesintisiz elektrik temini sağlayarak yüksek güçlü şarj cihazlarının verimli çalışmasını sağlamaktadır.
- Hibrit araçlar benzin kullandığından tesis edilecek şarj istasyonları akaryakıt istasyonlarına yakın olmalıdır.
- Yer seçimi yapılacak EAŞİ, mevcut EA şarj istasyonlarına yakın olmamalıdır. Bu bağlamda mevcut istasyonların konumu, kullanım yoğunluğu ve rekabet durumu analiz edildiğinde talep olan ancak yeterli şarj noktası bulunmayan bölgelere yatırım yapmak, istasyonun daha verimli ve kârlı çalışmasını sağlamaktadır.

Bu kapsamda yukarıda ifade edilen hususlar dikkate alınarak EAŞİ kurulumunu etkileyen kriterlerin normalizasyon sonuç haritaları üretilmiştir (Şekil 5.27).

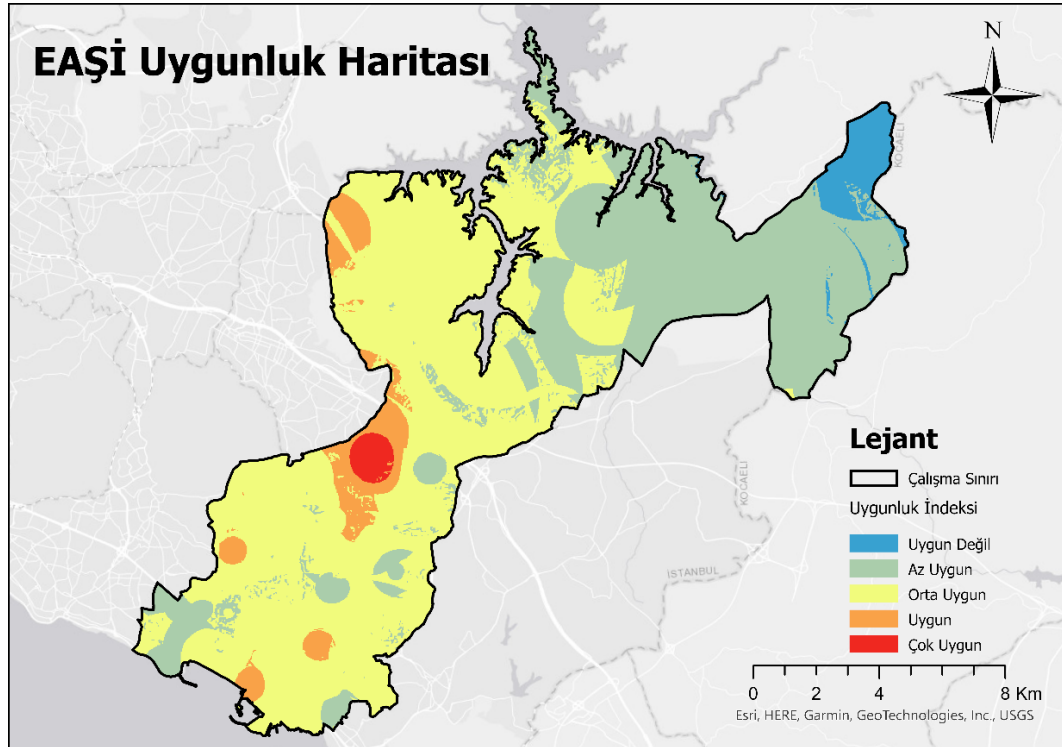


Şekil 5.27: Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi kriterlerinin normalizasyon yapılmış sonuç haritaları.



Şekil 5.27 Devam: Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi kriterlerinin normalizasyon yapılmış sonuç haritaları.

Uygulama ve modelin son aşamasında, normalize edilen tüm kriter katmanları ağırlıklı bindirme analizinde, Bulanık AHP yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları, raster harita sonuçları ile çarpılarak Pendik ilçesinde EAŞİ tesis edilebilecek yerlerin tespit edilmesine yönelik uygunluk haritası elde edilmiştir. Modelde elde edilen sonuçları detaylandırmak adına çalışma alanı kullanılarak maskeleme yapılmıştır. Daha sonra uygunluk değer sonuçları eşit aralık yöntemiyle toplam 5 sınıflı yeniden sınıflandırılarak EAŞİ nihai uygunluk haritası elde edilmiştir (**Şekil 5.28**). Bunlar sınıflar ve yüzde değerleri sırasıyla; Uygun Değil (%3), Az Uygun (%35), Orta Uygun (%55), Uygun (%5) ve Çok Uygun (%2) değerlerine sahiptir. İstanbul ili Pendik ilçesi EAŞİ kurulumu için elde edilen uygunluk oranları, bölgedeki en uygun alanların sınırlı olduğu ve bu uygun alanların stratejik olarak belirlenmesi gerektiğini göstermektedir.



Şekil 5.28: Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi uygunluk haritası.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yer seçimi, belirli bir amaca yönelik en uygun alanların tespit edilmesini hedefleyen önemli bir süreçtir. Bu aşamada güçlü bir araç olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) öne çıkmaktadır. CBS, konumsal ve coğrafi verilerin toplanması, analizi ve görselleştirilmesi sayesinde yer seçimi çalışmalarını daha etkili ve verimli hale getirmektedir. Örneğin, bir tesisin konumlandırılmasında ulaşım ağları, demografik veriler, arazi kullanımı ve çevresel faktörler gibi çok sayıda değişken göz önünde bulundurulabilir. Geleneksel yöntemlerle bu kadar geniş kapsamlı bir analizi gerçekleştirmek zaman alıcı ve hataya açık olabilirken, CBS teknolojileri bu süreçleri otomatikleştirerek hızlı ve doğru kararlar alınmasına olanak sağlamaktadır. Böylece, yer seçimi çalışmalarında mevcut ve gelecekteki yatırım planlamaları için en iyi seçeneği tespit etmektedir. Yer seçimi uygulamalarında kullanılan kriterler üzerinden tekrarlı CBS tabanlı analizler gerçekleştirilmektedir. Bu durum işlem tekrarına neden olmaktadır. Aynı zamanda her kriterin veri setleri üretilirken TUCBS standartlara dayandırılması önem taşımaktadır.

Tez kapsamında Çok Kriterli Karar Verme destek sistemleri ile CBS ortamında yer seçim modelleri geliştirilmiş ve TUCBS standartları ile entegre edilerek bütüncül bir uygulama metodolojisi geliştirilmiştir. Öncelikle T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı CBS Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen CBS İle Yatırım Ortamının İyileştirilmesi Projesi (CBS-YOİP) kapsamında, yatırım planlaması yapılması gereken 13 öncelikli sektör belirlenmiş ve raporu yayınlanmıştır. Raporda sektörlerin uygun yatırım sahalarının yer seçimini etkileyen kriterler ulusal ve uluslararası düzeyde yasal mevzuatlar ve literatür araştırmaları sonucu belirlenmiştir. Raporda yer alan 13 sektör için belirlenen yer seçimi kriterleri detaylandırılarak bir yatırım planlama tablosu oluşturulmuştur. Daha sonra bu çalışma başlıkları genişletilerek farklı uygulama alanlarda yapılmış ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar incelenerek literatür taraması yapılmıştır. Tarama sonucu farklı alanlarda yapılmış 7 farklı yer seçimi çalışması tabloya eklenerek, toplamda 20 farklı yer seçimi çalışmasının kriterlerinin irdelendiği genişletilmiş bir yatırım planlama tablosu ortaya koyulmuştur. Tabloda çalışmalara karşılık gelen yer seçimi etkileyen 81 adet coğrafi

ve coğrafi olmayan kriter; yer seçimini nasıl etkilediği veya hangi şekilde etkilediği, olması gereken durumu, önemi ve kullanımı detaylı olarak değerlendirilmiştir.

Literatürde birçok yer seçimi çalışması bulunmaktadır ve bu durum yatırım planlama tablosunda vurgulanmıştır. Her kriterin CBS ortamında bir analiz edilme süreci mevcuttur. Araştırma sonuçlarından görüldüğü üzere yer seçim çalışmalarında kullanılan raster tabanlı analiz teknikleri yaygın kullanılmaktadır. Bu tekniklerin başında; yakınlık, yüzey, enterpolasyon, vektör verinin raster veriye dönüştürme yeniden sınıflandırma, bulanık üyelik ve ağırlıklı bindirme analizleri gelmektedir. Bu doğrultuda her kriter için tekrarlı aynı analizlerin yapılmamasına ilişkin yer seçimi öncesi kriterlerin CBS ortamında analiz edilmesine olanak tanıyan, işlem tekrarlarını ve oluşabilecek hataları minimuma indirmeyi ve otomasyonunu sağlayan Model Builder ile gelişime açık bir yapı sunulmaktadır. Tez kapsamında literatürde kriter ve ağırlıkları kabul görmüş 8 yer seçimi çalışması için çok ölçütlü karar destek sistemleri ile CBS ortamında bütünleşik yer seçimi modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerden üçü ile uygulama gerçekleştirilmiş, kalan beş model ise verisi mevcutmuş gibi kabul edilerek modelleri oluşturulmuştur. Yer seçimi modellerinde, verisi temin edilen kriterlerden elde edilen sonuçlar kullanılmış, mevcut verisi olmayan kriterler ise ileride temin edildiklerinde modele girdi olarak eklenebilecek şekilde yapılandırılmıştır. Ayrıca konumsal olmayan kriterlerin yer seçimine dahil edilmesini sağlamak amacıyla bu verileri raster yapıya dönüştüren bir analiz aracı tanımlanmıştır. Tasarlanan modeller ile farklı veri setleri üzerinde çeşitli coğrafi analizler otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu şekilde, her zaman yapılması gereken detaylı coğrafi işlemler tasarlanan modeller ile çok kısa sürede analiz edilebilmektedir. Bu modeller mevcut veri temin edildiğinde veya güncellendiğinde model üzerinde değiştirmeye açık bir yapı olarak sunulmuştur. Her yer seçimi modeli için farklı parametreler tanımlanarak, dinamik analiz süreçleri geliştirilmiştir. ÇKKV teknikleri, yer seçimi süreçlerini optimize etmeye yönelik kullanılmış ve her modelde en uygun yerlerin tespit edilmesi için karar destek süreçleri geliştirilmiştir. Mevcut verilere ulaşılabilir hale gelindiğinde ve gerçek verilerle uygulandığında modeller daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmış olup, yer seçimi sürecinde karar vericilere kolaylık sağlayacaktır.

Günümüz şartları ve tüketimi dikkate alındığında enerji ve ulaşım kavramlarının önemi dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda geliştirilen yatırım planlama tablosu bu iki

konu üzerinden çeşitlendirilmiştir. Bakanlık tarafından oluşturulan raporda sadece güneş enerji santralleri yer seçimi raporunda kriter ağırlıkları verilmiştir. Ancak rapor kapsamında kullanılan teknik ve kriterler sınırlı olduğundan bu yer seçimi konusu literatür araştırılarak genişletilmiştir. Bununla birlikte eklenen 7 farklı yer seçimi çalışması üzerinden oluşturulan bütünlük yer seçimi modellerinden; Konya ili için Güneş Enerji Santrali, Çanakkale ili için Rüzgar Enerji Santrali ve İstanbul ili Pendik ilçesi için Elektrikli Araç Şarj İstasyonu yer seçimi metodoloji geliştirilmiş ve çalışma alanı olarak bu bölgeler belirlenmiştir.

CBS tabanlı bütünlük yer seçim modellerinde kullanılan veri setleri, açık veri portalları ile kamu ve özel sektör veri tabanlarından temin edilerek çalışma alanına ait yer seçimi kriterlerinin belirlenmesinde kaynak olarak kullanılmıştır. Bu kriter verilerinin CBS tabanlı analizleri, geliştirilen veri hazırlama modeli ile yapılmıştır. Daha sonra bu üç farklı yer seçimi için modeller üretilmiştir. Kriter verileri modele girdi olarak temin edildikten sonra, yer seçimi çalışmalarında yaygın olarak kullanılan minimum-maksimum normalizasyonu ve yeniden sınıflandırma analizleri uygulanmıştır. Bu süreçte, kriterlerin haritaları oluşturulmuş ve kriter ağırlıklarına göre bindirme analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, beş sınıflı uygunluk indeksine sahip uygunluk haritaları üretilmiş ve optimum yerler tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak uygunluk haritalarının alansal yüzdeleri hesaplanarak çalışma alanının uygunluğu yorumlanmıştır. Elde edilen yüksek uygunluk yüzdeleri incelendiğinde, Konya ilinin yüksek güneş enerji potansiyeline sahip olduğu ve arazi topografyasının kurulum için elverişli olduğunu göstermektedir. Çanakkale ili, rüzgar enerjisi açısından verimli bir bölge olarak değerlendirilirken, Pendik ilçesi ise elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu için orta-yüksek uygunlukta olup, gelişmiş altyapı ve erişim olanaklarıyla avantaj sağlamaktadır. Bu örnek uygulamalar, geliştirilen modellerin farklı sektörlerde veya herhangi bir yatırım planlamasında yer seçimi sürecini destekleyebileceğini ve karar verme sürecini otomatikleştiren CBS tabanlı yer seçimi modellerinin uygulanabilirliğini ortaya koymuştur.

Geliştirilen yer seçimi modelleri açık bir yapı olduğundan kullanıcı ihtiyacına göre kriterler üzerinden değişim veya güncelleme yapabilmektedir. Kriter eklenmesi durumunda; model üzerinde kolayca eklenebilir ancak yer seçim kararını nasıl etkilediğini, yeni eklenen kriterin veri kaynaklarını, ölçüm birimlerini ve önem dereceleri dikkate alınmalıdır. Kriter çıkarılması durumunda; kriterin karar verme

sürecindeki etkisi analiz edilmelidir. Kriterlerin önem derecesi uzman görüşü alınarak irdelenebilmektedir. Kriterlerdeki değişiklik kriter ağırlıklarını da etkilemektedir. Ağırlıklar, karar verme sürecindeki kriterlerin önem sırasını belirlediğinden söz konusu değişikliklerde, ÇKKV teknikleri kullanılarak kriterler ve ağırlıkları tekrar elde edilebilir.

Çalışmanın son aşamasında, yer seçimi kriterlerinin veri setleri ulusal veri altyapısı TUCBS ile ilişkilendirilerek standartlara dayalı bir sistem ortaya koyulmuştur. TUCBS’de yer alan 32 coğrafi veri teması ve stereotype yapıları; tez kapsamında incelenen 81 adet kriter üzerinden TUCBS veri yapısı ile eşleştirilmiştir. Ancak yüzeye gelen toplam güneş enerjisi, maliyet, tozlu hava şartları ve bulutlu hava şartları, banka binaları, EAŞİ genişleme olasılığı, EA sahipliği ve elektrik kesintisi olmak üzere 7 kriter herhangi bir TUCBS veri yapısı ile eşleştirilememiştir. Böylelikle yer seçimi modellerinde kullanılan kriterlerin verileri üretilirken, paylaşılırken, analiz edilirken sahip olduğu ulusal veri standart yapısı ve entegrasyonu sağlanmıştır. TUCBS birlikte çalışabilirlik ilkesine dayandırılarak tüm paydaşlar arasında Türkiye'nin ulusal coğrafi bilgi altyapısı ile uyumlu veri üretiminin sağlanması açısından önem taşımaktadır.

Tez çalışmasının sonuç çıktılarında; literatürde kabul görmüş ÇKKV yöntemleri ile yapılmış çalışmalar irdelenerek en uygun yerlerin belirlenmesinde dikkate alınan kriterler ve kriter ağırlıkları, bu kriterlerin yer seçimini nasıl etkilediği durumu ortaya koyularak yatırım planlama tabloları oluşturulmuştur. Çok kriterli karar destek sistemleri ile CBS ortamında veri hazırlama ve yer seçimi modellerinin hibrit bir yapıda tasarlanmasıyla, CBS tabanlı yer seçimi modelleri ile uygulamalarda standartlara uygun etkili karar destek stratejileri ortaya koyulmuştur. Geliştirilen yatırım planlama tabloları ve yer seçim modelleri, karar vericilere rehberlik sunarak daha sistematik ve veri odaklı bir yer seçimi sürecinin oluşturulmasına katkı sağlamıştır. Ayrıca tasarlanan/geliştirilen modellerin, yalnızca mevcut çalışmalarda değil, gelecekteki yer seçimi çalışmalarında da uygulanabilir olduğu görülmüştür. Farklı yatırım türleri ve coğrafi bölgeler için uyarlanabilir nitelikte olup, tekrarlanabilir ve otomatikleştirilebilir analiz süreçleri ifade edilmiştir. Bu sayede yer seçimi süreçlerinde karar vericilere daha hızlı ve güvenilir bir değerlendirme imkânı sunulmuştur. TUCBS entegrasyonu kapsamında, ulusal veri altyapısı ile uyumlu bir veri hazırlama sistemi sağlanması ele alınmıştır. Böylelikle yer seçimi kriterlerinin TUCBS’de mevcut durumu ve standartları ortaya koyulmuştur.

Tez çalışmasında elde edilen bulgular ve mevcut koşullar değerlendirildiğinde, yer seçimi çalışmalarının daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Geliştirilen 81 kriterden oluşan yatırım planlama tablosu, zamanla değişen teknolojik, çevresel ve sosyal ihtiyaçlara göre güncellenmelidir. Özellikle akıllı şehirler, yenilenebilir enerji, altyapı ve şehir planlama, kaynak yönetimi gibi ivme kazanmış alanlarda kriterlerin sürekli gözden geçirilmesi ve güncellenmesi ile dinamik bir yapı oluşturulmalıdır.
- Tasarlanan veri hazırlama modeli, farklı kriterlerin eklenmesiyle çeşitlendirilmeli veya genişletilmelidir. Farklı analiz teknikleri dahil edilerek farklı parametrelerle ihtiyaca göre detaylandırılmalıdır.
- Modeller, veriler temin edilmediği durumda ideal bir yaklaşım sunmakta olsa da, yer seçiminde daha doğru sonuçlar elde etmek için gerçek verilerle uygulamalar yapılması önemlidir. Bu nedenle, veriler temin edildikçe modeller güncellenmeli ve iyileştirilmelidir.
- Enerji ve ulaşım alanında oluşturulan örnek yer seçimi modelleri, farklı uygulama alanlarında kullanılarak kapsamının artırılması ve yer seçimi modellerinin otomasyonunun yaygınlaştırılması ve genişletilmesi konusunda gerekli aksiyonlar alınmalıdır.
- Yer seçimi çalışmalarında, kullanılan kriterlerin ve parametrelerin sonuçlar üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla duyarlılık analizi yapılmalıdır. Bu analiz, kriter ağırlıklarının değişiminin sonuçları nasıl etkilediğini, gelecekteki olası değişiklikler veya etmenler göz önünde bulundurularak alternatif senaryoların geliştirilmesini, kullanılan mekansal verilerin doğruluğu ve hassasiyetinin test edilmesini, kritik kriterlerin belirlenmesini ve bu kriterlerin değişmesi durumunda seçim kararlarını nasıl etkileyeceğini incelemelidir. Böylece, yer seçimi uygulamaları daha esnek ve güvenilir bir yapıya sahip olmalıdır.
- Geliştirilen yer seçimi modellerinde karar vericinin gereksinimine göre değişiklik yapılabilir. Buna bağlı olarak kriterler eklendikten veya çıkarıldıktan sonra, yer seçimi modeli yeniden çalıştırılmalı ve elde edilen sonuçlar dikkatlice incelenmelidir. Duyarlılık analizi yapılarak, modelin sonuçları üzerindeki değişiklikler gözlemlenmelidir.

- Geliştirilen yer seçim modellerinde ve yatırım tablosunda yer alan kriterlerin TUCBS ile entegrasyonu aşamasında, eşleştirilemeyen kriterler için, TUCBS projesi kapsamında genişletme çalışmaları yapılmalıdır. Yüzeye gelen güneş enerjisi; TUCBS Enerji Kaynakları veri teması, tozlu hava şartları ve bulutlu hava şartları; TUCBS Atmosfer ve Meteoroloji Verileri veri teması, maliyet; genellikle ulaşım maliyeti, arazi maliyeti veya altyapı maliyeti gibi kullanım alanları ilişkili olduğundan TUCBS Ulaşım Ağları, Arazi Kullanımı ve Altyapı veri temaları, banka binaları; TUCBS Arazi Kullanımı veri teması, EAŞİ genişleme olasılığı ve EA sahipliği; TUCBS Ulaşım Ağları veri teması ve elektrik kesintisi; TUCBS Altyapı veri teması ile ilişkilendirilerek, önerilen veri temalarında ilgili genişletme çalışmaları yapılmalıdır. Yatırım planlama tablosu ve modeller gelişmeye açık olduğundan kriterler de çeşitleneceğinden TUCBS güncellenebilir bir yapıda olmalıdır.
- Geliştirilen yer seçimi modelleri ile; TUCBS'nin veri hazırlama, veri paylaşımı, veri kalitesi ve veri güvenliği standartları kapsamında; tüm paydaşlar ve kullanıcılar tarafından benimsenerek daha geniş bir ulusal veri paylaşım altyapısına entegre edilmelidir.
- TUCBS'nin veri standartları, Coğrafi Bilgi Sistemleri altyapıları ile uyumlu hale getirilerek ulusal düzeyde daha etkin kullanılmasını ve daha etkili veri paylaşımı sağlanmalıdır. Veri paylaşımı süreçlerinin hızlandırılması ve karar destek sistemlerinin daha verimli çalışabilmesi için TUCBS ve CBS tabanlı sistemler arasında veri entegrasyonu artırılmalıdır.
- Model Builder aracılığıyla gerçekleştirilen süreçler, yapay zekâ ve makine öğrenimi yöntemleri ile desteklenerek daha öngörülü ve dinamik hale getirilebilir. Bu, özellikle karmaşık mekânsal problemlerde daha etkili çözümler sunacaktır.

KAYNAKLAR

- Akbaba M. Y., Atay G., Başeğmez M., Aydın C. C., (2023), “Sürdürülebilir bir ulaşım sistemi için bisiklet ve yürüyüş yolu yer seçimi: Ankara ili Mamak ilçesi Ege mahallesi örneği”, *Geomatik*, 8 (2), 136-151.
- Aktaş E., Özaydın Ö., Ülengin F., Önsel Ş., Ağaran B., (2011), “İstanbul’da itfaiye istasyonu yerlerinin seçimi için yeni bir model”, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 22 (4), 2–12.
- Akyüz Y., Soba M., (2013), “ELECTRE yöntemiyle tekstil sektöründe optimal kuruluş yeri seçimi: Uşak ili örneği”, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 9 (19), 185-198.
- Alinia K., Yarahmadi A., Zarin J. Z., Yarahmadi H., Lak S. B., (2015), “Parking lot site selection: an opening gate towards sustainable GIS-based urban traffic management”, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43 (4), 801–813.
- Ar I., Özdemir F., Bakı B., (2014), “Öncelikli sektörlerin belirlenmesinde AHS-TOPSIS ve AHS-VIKOR yaklaşımlarının kullanımı: Rize organize sanayi bölgesi örneği”, *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 9 (35), 6159-6174.
- Arslanhan H., Tosun Ö., (2021), “Ulaştırma modu seçimi probleminin bütünleşik en iyi-en kötü ve WASPAS yöntemleriyle çözülmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27 (1), 13-23.
- Aydemir Karadağ A., (2019), “Katı atık depolama tesisi yer seçimi için birleştirilmiş hedef programlama ve AHP yaklaşımı”, *International Journal of Engineering Research and Development*, 11 (1), 211-225.
- Aydinoğlu A. Ç., (2009), “Türkiye İçin Coğrafi Veri Değişim Modelinin Geliştirilmesi”, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Aydinoglu A. C., Bovkir R., (2017), “Generic land registry and cadastre data model supporting interoperability based on international standards for Turkey”, *Land Use Policy*, 68, 59-71.
- Aydinoğlu A. Ç., Tın E., Lenk O., Çobanoğlu S., Toksoy A., Kara A., Bovkir R., (2018), “INSPIRE Direktifinin Uygulanmasına Yönelik Yatay Sektörde Kapasite Geliştirme için Teknik Destek Projesi- Eğitim Kitabı”, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Aysal N., (2010), “Afetler ve Coğrafi Bilgi Sistemleri”, *Acil Yardım ve Afet Yönetimi Önlisans Programı*, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.
- Baki R., (2021), “Özel bir hastanenin yer seçimi için bulanık COPRAS tekniğinin uygulanması”, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10 (4), 1506–1514.

Başığmez M., Yıldırım V., Bediroğlu Ş., (2019), “CBS ve AHP yöntemiyle en uygun okul yer seçimi analizi: Uşak-merkez örneği”, TMMOB 6. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara, 23-25 Ekim.

Bayar R., (2005), “CBS yardımıyla modern alışveriş merkezleri için uygun yer seçimi: Ankara örneği”, Coğrafi Bilimler Dergisi, 3 (2), 19–38.

Bingöl B., Bengi E., Tutkal Z., Altunsoy A., Aksoy T., (2024), “TUCBS veri standartları kullanılarak su kaynakları yönetimi değerlendirilmesi”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26 (1), 1-18.

Bovkır R., Aydinoglu A. C., (2018), “Providing land value information from geographic data infrastructure by using fuzzy logic analysis approach”, Land Use Policy, 78, 46-60.

Chang D.Y., (1996), “Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP”, European Journal of Operational Research, 95 (3), 649–655.

Chen K., Blong R., Jacobson C., (2001), “MCE-RISK: integrating multicriteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards”, Environmental Modelling & Software, 16 (4), 387- 397.

Çabuk A., Çabuk K. M., Güney Y., Uyguçgil H., Özge I., (2011), “Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş”, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.

Çobanyıldız S., (2016), “Konya’da Şehirleşmenin Sıcaklık ve Yağış Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi.

Çolak H. E., Memişoğlu T., Gerçek Y., (2020), “Optimal site selection for solar photovoltaic (pv) power plants using GIS and AHP: A case study of Malatya Province, Turkey”, Renewable Energy, 149, 565-576.

Dinan N.M., Keshtkar M., Mokhtari Z., (2020), “Site selection of a waste incineration plant using integrated fuzzy-ANP and weighted sum-ANP in Qazvin Province, Iran”, International Journal of Environment and Waste Management, 25 (3), 381-394.

Dumanoğlu S., (2010), “İMKB’de işlem gören çimento şirketlerinin mali performansının TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi”, Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 29 (2), 323-339.

Ekin E., Sarıkaya Z., (2021), “AHP tabanlı TOPSIS yöntemi ile afet sonrası acil toplanma alanlarının belirlenmesine yönelik bir uygulama”, Social Sciences Research Journal, 10 (3), 696-713.

Erbaş M., Kabak M., Özceylan E., Çetinkaya C., (2018). “Optimal siting of electric vehicle charging stations: a GIS based fuzzy multi-criteria decision analysis”, Energy, 163, 1017–1031.

Erden T., (2009), “Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analitik Hiyerarşi Yönetimi’ne Dayalı İtfaiye İstasyon Yer Seçimi: İstanbul Örneği”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Erden T., Coşkun M. Z., İpbüker C., (2003), “CBS’de ağ analizi ve ulaşım problemleri”, Harita Dergisi, 70 (129), 17–32.

Ertunç E., Çay T., (2020), “Havaalanı yer seçiminde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanımı”, Konya Journal of Engineering Sciences, 8 (2), 200–210.

ESRI, (2001), “ArcGIS 9 Using ArcGIS Spatial Analysis”, ESRI Book, USA.

Fazal S., (2008), “GIS Basics”, New Age International Ltd., New Delhi.

Gold C.M., (2006), “What is GIS and what is not?”, Transactions in GIS, 10 (4), 505-519.

Güldü E., Kuşçu Şimşek Ç., Selim S., (2024), “A study on the improvement of bicycle transportation in Sivas city using hybrid multi-criteria model based network analysis”, Environment Development and Sustainability.

Güler D., (2016), “Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Güler D., Yomralıoğlu T., (2020), “Açık kaynak kodlu CBS yazılımı ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemini içeren elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi önerisi”, Harita Dergisi, 163, 17-28.

Gümüş M. G., Balta M. Ö., Durduran S. S., (2019), “Coğrafi bilgi sistemlerine dayalı çok kriterli karar verme teknikleri ile alışveriş merkezi kuruluş yeri seçimi: Niğde örneği”, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8 (1), 134-146.

Gümüş S., Acar M., (2018), “Arazi eğim sınıflarına ve bakı analizine göre orman yollarının incelenmesi Artvin tütüncüler orman işletme şefliği örneği”, Iğdır International Conference On Multidisciplinary Studies, 0-7, Iğdır, 6-7 Kasım.

Haining R., (2003), “Spatial Data Analysis: Theory and Practice”, Cambridge University, Press ProQuest Ebook Central.

Harker P.T., Vargas L., (1987), “The theory of ratio scaled estimated: Saaty’s analytical hierarchy process”, Management Science, 33 (11), 1385-1403.

Hoş S., Bağcı B., (2021), “Tedarikçi seçiminde bulanık esnek kümeler teorisi”, Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 20 (78), 630-645.

Hwang C. L., Lai Y. J., Liu T. Y., (1993), “A new approach for multiple objective decision making”, Computers & Operations Research, 20 (8), 889-899.

Hwang C.L., Yoon K.P., (1981), "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications", eBook, 1th Edition, Chapman and Hall/CRC.

Işıldar A., (2018), "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Katı Atık Bertaraf Yöntemi Seçimi", Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi.

Josimović B., Srnić D., Manić B., Knežević I., (2023), "Multi-criteria evaluation of spatial aspects in the selection of wind farm locations: integrating the GIS and PROMETHEE methods", Applied Sciences, 13 (9), 5332.

Kara M., Ercan Y., Yumuşak R., Cürebal A., Eren T., (2022), "Yenilenebilir hibrit enerji santrali uygulamasında tesis yer seçimi", International Journal of Engineering Research and Development, 14 (1), 208-227.

Kazakis N., Kougias I., Patsialis T., (2015), "Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and analytical hierarchy process: application in rhodope-evros region Greece", Science Of The Total Environment, 538, 555-563.

Keeney R.L., Raiffa, H., (1976), "Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade Offs", New York.

Kelemenis A., Askounis D., (2010), "A new TOPSIS based multi-criteria approach to personnel selection", Expert Systems With Applications, 37 (7), 4999-5008.

Kumar P., Singh R. K., Sinha P., (2016), "Optimal site selection for a hospital using a fuzzy extended ELECTRE approach", Journal of Management Analytics, 3 (2), 115–135.

Lloyd C.D., (2010), "Local Models For Spatial Analysis", ProQuest Ebook Central.

Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W., (2005), "Geographic Information Systems And Science", John Wiley & Sons.

Malczewski J., (1996), "A GIS-based approach to multiple criteria group decision making", International Journal of Geographic Information Systems, 10 (8), 955-971.

Malczewski J., (1999), "GIS and Multicriteria Decision Analysis", Kanada.

Mete M. O., (2019), "Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İstanbul İli Nominal Taşınmaz Değer Haritasının Oluşturulması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Mi X., Tang M., Liao H., Shen W., Lev B., (2019), "The state-of-the-art survey on integrations and applications of the best worst method in decision making: why, what, what for and what's next?", Omega, 87, 205-225.

Oflu T., (2024), "Türkiye'de Kurulması Olası Bir Nükleer Güç Santrali Yer Seçiminin Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri İle Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi.

Pitz G.F., McKillip J., (1984), “Decision analysis for program evaluations”, Forthcoming Journal of Econometrics, 1-53.

Rençber Ö. F., Avcı T., (2018), “BIST’te işlem gören bankaların sermaye yeterliliklerine göre karşılaştırılması: WASPAS yöntemi ile uygulama”, Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6 (18), 169-175.

ResGaz 1, (2019), 49 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi, 7 Kasım 2019 tarih ve 30941 sayılı Resmî Gazete.

ResGaz 2, (2011), T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı İlanlar ,11 Ağustos 2011 tarih ve 28022 sayılı Resmî Gazete.

Rezaei J., (2015), “Best-worst multi-criteria decision-making method”, Omega, 53, 49- 50.

Rezaei J., (2016), “Best-worst multi-criteria decision-making method: some properties and a linear model”, Omega, 64, 126-130.

Rezaei M., Alharbi S.A., Razmjoo A., Mohamed M.A., (2021), “Accurate location planning for a wind-powered hydrogen refueling station: fuzzy VIKOR method”, International Journal of Hydrogen Energy, 46 (67), 33360-33374.

Roodposhti M.S., Rahimi S., Beglou M.J., (2014), “PROMETHEE II and fuzzy AHP: an enhanced GIS-based landslide susceptibility mapping”, Nat Hazards, 73, 77–95.

Roy B., (1996), “Multicriteria Methodology For Decision Aiding”, Kluwer Academic Publishers, Berlin.

Saaty T.L., (1977), “A scaling method for priorities in hierarchical structures”, Journal of Mathematical Psychology, 15, 234-281.

Saaty L. T., (1980), “The Analytic Hierarchy Process”, McGraw-Hill Comp., U.S.A.

Saaty T.L., (1994), “How to make a decision: the analytic hierarchy process”, Interfaces, 24 (6), 19-43.

Saaty T. L., (2000), “Fundamentals Of Decision Making And Priority Theory With The Analytic Hierarchy Process”, RWS Publications.

Saaty T. L., Kearns K. P., (1985), “Analytical Planning: The Organization of System”, United Kingdom.

Saaty T.L., Niemira M. P., (2006), “A framework for making a better decision: how to make more effective site selection, store closing and other real estate decisions”, Research Review, 13 (1), 1-4.

Saranya C., Manikandan G., (2013), “A study on normalization techniques for privacy preserving data mining”, International Journal of Engineering and Technology, 5 (3), 2701-2704.

Sindhu S., Nehra V., Luthra S., (2017), “Investigation of feasibility study of solar farms deployment using hybrid AHP-TOPSIS analysis: case study of India”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1025-1036.

Sisman S., Aydinoglu A.C., (2020),” Using GIS-based multi-criteria decision analysis techniques in the smart cities”, 5th International Conference on Smart City Applications, 383-389, Safranbolu, Karabük, Turkey, 7-8 October.

Sugumaran R., Degroote J., (2010), “Spatial Decision Support Systems: Principles and Practices”, Taylor & Francis Group, ProQuest Ebook Central.

Suh J., Brownson J. R. S., (2016), “Solar farm suitability using geographic information system fuzzy sets and analytic hierarchy processes: case study of Ulleung Island, Korea”, *Energies*, 9 (8), 648.

Şahin E. K., (2010), “Perakende marketlerin yer seçimine yönelik CBS uygulaması”, III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 1–10, Gebze-Kocaeli.

Şişman B., Doğan M., (2016), “Türk bankalarının finansal performanslarının bulanık AHP ve bulanık MOORA yöntemleri ile değerlendirilmesi”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 23 (2), 353-371.

Şişman S., (2021), “CBS Tabanlı Makine Öğrenme Teknikleri ile Toplu Taşınmaz Değerlemesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gebze Teknik Üniversitesi.

Taherdoost H., Madanchian M., (2023), “Multi-criteria decision making and concepts”, *Encyclopedia*, 3(1), 77-87.

Taylan E. D., Damçayırı D., (2016), “İsparta bölgesi yağış değerlerinin IDW ve kriging enterpolasyon yöntemleri ile tahmini”, *İMO Teknik Dergi*, 459, 7551–7559.

Tecim V., (2008), “Coğrafi Bilgi Sistemleri Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi”, 1.Baskı, Ankara.

Tercan E., (2021), “Land suitability assessment for wind farms through best-worst method and GIS in Balıkesir province of Turkey”, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101491.

Topçu G. Z., Bayır K., Cavıldak Z. E., Başeğmez M., Aydın C.C., (2023), “Yeşil alan uygunluk analizinin CBS tabanlı AHP ve TOPSIS yöntemleriyle değerlendirilmesi”, *Geomatik*, 8 (3), 235-249.

Türk T., (2011), “Türkiye’ de meydana gelen suçların coğrafi bilgi sistemleri ile incelenmesi”, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 1 (104), 14–20.

Ustaoglu E., Aydinoglu A.C., (2020), “Suitability evaluation of urban construction land in Pendik district of Istanbul, Turkey”, *Land Use Policy*, 99, 104783.

Uyan M., (2011), “Arazi Düzenlemesi Çalışmalarında Mekânsal Karar Destek Sistemleri Kurulumu ve Uygulaması”, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Uyan M., (2013), “GIS-Based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapınar region, Konya/Turkey”, Renewable And Sustainable Energy Reviews, 28, 11-17.

Uyan M., (2017), “Güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanların AHP yöntemi kullanılarak CBS destekli haritalanması”, Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 23 (4), 343–351.

Uyan M., Doğmuş O., (2022), “An integrated GIS-based ANP analysis for selecting solar farm installation locations: case study in Cumra region, Turkey”, Environmental Modeling Assessment, 28, 105-119.

Uyan M., Yalpır 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 (3), 642-654.

Ünaldık S. B., (2019), “Mekânsal yer seçimi kararlarının hazırlanmasında CBS kullanımı ve çok kriterli karar verme yöntemi”, Yapı Bilgi Modelleme, 1 (2), 46-52.

Vaidya O. S., Kumar S., (2006), “Analytic hierarchy process: an overview of applications”, European Journal of Operational Research, 169 (1), 1-29.

Vargas L.G., (1990), “An overview of the analytic hierarchy process and its applications”, European Journal Of Operational Research, 48 (1), 2–8.

Vatansever K., Uluköy M., (2013), “Kurumsal kaynak planlaması sistemlerinin bulanık AHP ve bulanık MOORA yöntemleriyle seçimi: üretim sektöründe bir uygulama”, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11 (2), 274-293.

Vişne İ., Özaydın Ö., Topçu İ., (2023), “Bisiklet paylaşım sistemlerinde kenetlenme istasyonu yer seçimi için bir ÇKKV modeli”, Endüstri Mühendisliği, 34, 33-68.

Web 1, (2024), <http://www.belsiscad.com.tr/Urun/TamponBuffer-Analizi/14>, (Erişim Tarihi: 02/11/2024).

Web 2, (2024), <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/analysis/intersect.htm>, (Erişim Tarihi: 03/11/2024).

Web 3, (2024), <http://www.eo4geo.eu/training/introduction-to-gis>, (Erişim Tarihi: 03/11/2024).

Web 4, (2024), <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/commonly-used-tools/overlay-analysis.htm>, (Erişim Tarihi: 02/11/2024).

Web 5, (2024), <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/understanding-overlay-analysis.htm>, (Erişim Tarihi: 02/11/2024).

Web 6, (2024), <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/euclidean-distance.htm>, (Erişim Tarihi: 25/10/2024).

Web 7, (2024), <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-aspect-works.htm>, (Erişim Tarihi: 25/10/2024).

Web 8, (2024), <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-idw-works.htm>, (Erişim Tarihi: 25/10/2024).

Web 9, (2025), <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-fuzzy-membership-works.htm>, (Erişim Tarihi: 01/01/2025).

Web 10, (2024), <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/weighted-overlay.htm>, (Erişim Tarihi: 26/12/2024).

Web 11, (2024), <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/modelbuilder-vocabulary.htm>, (Erişim Tarihi: 28/12/2024).

Web 12, (2024), www.tkgm.gov.tr/projeler/turkiye-ulusal-cografi-bilgi-sistemi-tucbs, (Erişim Tarihi: 29/10/2024).

Web 13, (2024), <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cbs/icerikler/cografi-veri-temalarina-iliskin-tanimlama-dokumanlari-ve-standartlar-egitim-dokumani-20210421112104.pdf>, (Erişim Tarihi: 29/10/2024).

Web 14, (2024), https://tucbs-public-api.csb.gov.tr/tucbs/tucbs_uml_model/index.htm, (Erişim Tarihi: 29/10/2024).

Web 15, (2024), <https://cbs.csb.gov.tr/yatirim-ortami-analizi-icin-veri-setleri-ve-kriterler-i-91769>, (Erişim Tarihi: 15/11/2024).

Web 16, (2024), <https://verisozlugu.tucbs.gov.tr/tema>, (Erişim Tarihi: 28/12/2024).

Web 17, (2024), <https://www.konyadayatirim.gov.tr/konya/demografik-durum>, (Erişim Tarihi: 05/12/2024).

Web 18, (2024), <https://globalsolaratlas.info/support/about>, (Erişim Tarihi: 05/12/2024).

Web 19, (2024), <https://www.canakkale.bel.tr/tr/sayfa/home>, (Erişim Tarihi: 14/12/2024).

Web 20, (2024), <http://www.canakkale.gov.tr/nufus-durumu>, (Erişim Tarihi: 14/12/2024).

Web 21, (2024), <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-yenilenebilir-enerji>, (Erişim Tarihi: 05/12/2024).

Web 22, (2024), <https://globalwindatlas.info/en/>, (Erişim Tarihi: 14/12/2024).

- Web 23, (2024), <https://www.pendik.bel.tr/sayfa/detay/pendik>, (Erişim Tarihi: 23/12/2024).
- Yanalak M., (1997), “Sayısal Arazi Modellerinden Hacim Hesaplarında En Uygun Enterpolasyon Yönteminin Araştırılması”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yang J., Lee H., (1997), “An AHP decision model for facility location selection”, Facilities, 15 (9), 241-254.
- Yaprak S., (2007), “Kriging Yönteminin Geoit Yüzeyi Modellemesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Var Olan Yöntemlerle Karşılaştırılması”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yetişkul E., (2022), “Yerleşmeler ve karmaşıklık kuramı”, Planning, 32 (3), 519-526.
- Yomralıoğlu T., (2009), “Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar”, 5. Baskı, İstanbul.
- Yomralıoğlu T., Aydınoğlu A.Ç., (2014), “Türkiye ulusal coğrafi bilgi sistemi (TUCBS) ve BB’ler için coğrafi veri altyapısı”, Yeni (6360) Büyükşehir Yasası Ve Arazi Yönetimi, IV. Arazi Yönetimi Çalıştay, Trabzon, 12 - 13 Mayıs.
- Zadeh L. A., (1965), “Fuzzy sets”, Information and Control, 8 (3), 338-353.
- Zhu Z., (2010), “An earthquake-induced landslides risk assessment model using the model builder of ArcGIS,” 18th International Conference on Geoinformatics, 1-4, Beijing, China, 18-20 June.

ÖZGEÇMİŞ

İrem ERGÜL, 2021 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği bölümünden dereceli mezun olmuştur. 2022 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı alanında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Şu an Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş. (BEDAŞ) CBS Emlak Kamulaştırma Kıdemli Müdürlüğü, Veri Analiz, Kalite ve Kontrol Yöneticiliği'nde Harita Kıdemli Mühendisi olarak çalışmaktadır.

TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYIN

Ergül İ., Aydınoglu A.Ç., (2024), “Using multi-criteria decision support systems for facility location selection in the energy field: solar power plant location selection with Konya example”, 5th International Congress On Khazar Scientific Research And Innovation, 862-870, Turkestan-Kazakhstan (Online) , 26-28 December.

EKLER

Ek-A: Yer Seçim Kriterleri ve TUCBS Entegrasyonu Tablosu

Tablo A1: Yer seçim kriterleri ve TUCBS Entegrasyonu tablosu.

KRİTERLER	TUCBS			
	DURUM	TEMA	ŞEMA	STEREOTYPE
Akarsular	Var	Coğrafi Yer Adları	Coğrafi Yer Adları <<applicationSchema>>	IsimlendirilmisYer <<featureType>>; isimlendirilmisYerTuru öznitelik karşılık gelen IsimlendirilmisYerTuru <<codelist>> değeri akarsu
	Var	Hidrografiya	HidrografiyaFizikselS ular <<applicationSchema>>	BarajGolet <<featureType>> akarsuAdi öznitelik
Ana Yollar	Var	Ulaşım Ağları	KarayoluAgi <<applicationSchema>>	Karayolu <<featureType>>; karayoluSinifiDegeri öznitelik karşılık gelen KarayoluSinifiDegeri <<codelist>> değerleri anaArter, otoyol, ilYol, otoyolBaglantiYolu, devletYolu ; KarayoluHatti <<featureType>>
Yükseklik	Var	Yükseklik	YukseklkGridCover age <<applicationSchema>>	YukseklkGridCoverage <<featureType>>; yuzeyTipDegeri öznitelik karşılık gelen YuzeyTipDegeri <<enumeration>> değeri sayisalYuzeyModeli
Eğim	Var	Yükseklik	YukseklkGridCover age <<applicationSchema>>	YukseklkGridCoverage <<featureType>>; yuzeyTipDegeri öznitelik karşılık gelen YuzeyTipDegeri <<enumeration>> değeri sayisalYuzeyModeli
Bakı	Var	Yükseklik	YukseklkGridCover age <<applicationSchema>>	YukseklkGridCoverage <<f eatureType>>; yuzeyTipDegeri öznitelik karşılık gelen YuzeyTipDegeri <<enumeration>> içerisinde sayisalYuzeyModeli
Yerleşim Alanları	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi _UIP <<applicationSchema>>	Konut <<FeatureType>>

Tablo A1 (devamı): Yer seçim kriterleri ve TUCBS Entegrasyonu tablosu.

Alışveriş Merkezleri	Var	Arazi Kullanımı	MevcutAraziKullanimi <<applicationSchema>>	AraziKullanimi1000 <<featureType>>; araziKullanimiDegeri1000 öznitelik karşılık gelen AraziKullanimiDegeri1000 <<codeList>> değeri alisverisMerkezi
Arazi Kullanımı	Var	Arazi Kullanımı	AraziKullanimiSiniflandirma <<applicationSchema>> MevcutAraziKullanimi <<applicationSchema>> PlanliAraziKullanimi <<applicationSchema>>	AraziKullanimi1000 <<featureType>>; AraziKullanimi5000 <<featureType>>; AraziKullanimiDegeri1000 <<codeList>>; AraziKullanimiDegeri5000 <<codeList>>
Arazi Örtüsü	Var	Arazi Örtüsü	AraziOrtusuSiniflandirma <<applicationSchema>>	AraziOrtusuSiniflandirma <<dataType>>; araziOrtusuSinifDegeri öznitelik karşılık gelen AraziOrtusuSinifDegeri <<codeList>>
Yüzey Suları (göl, baraj vb.)	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi_CDP <<applicationSchema>>	SuYuzeyi <<featureType>>; SuYuzeyiTip öznitelik karşılık gelen SuYuzeyiTip <<codeList>> değerleri Gol, Golet, Baraj,Deniz
	Var	Coğrafi Yer Adları	Coğrafi Yer Adları <<applicationSchema>>	IsimlendirilmisYer <<featureType>>; isimlendirilmisYerTuru öznitelik karşılık gelen IsimlendirilmisYerTuru <<odelist>> değerleri baraj,barajGolu,deniz,gol
Su Kuyuları/ Arıtma Tesisleri	Var	Altyapı	CevreYonetimTesisleri <<applicationSchema>>	AtikSuAritmaTesis <<featureType>>
Akifer Alanları	Var	Jeoloji	Hidrojeoloji <<applicationSchema>>	Akifer <<featureType>> AkiferSistemi <<featureType>>
Heyelan Bölgeleri	Var	Doğal Risk Bölgeleri	DogalRiskBolgeleri <<applicationSchema>>	DogalTehlikeSiniflandirmas i <<dataType>>; dogalTehlikeKategorisi öznitelik karşılık gelen DogalTehlikeKategorisiDegeri <<codeList>> değeri heyelan
Koruma Alanları	Var	Koruma Bölgeleri	KorumaBolgeleriGenis <<applicationSchema>>	KorunanAlan <<featureType>>

Tablo A1 (devamı): Yer seçim kriterleri ve TUCBS Entegrasyonu tablosu.

Mülkiyet	Var	Kadastro	Kadastro <<applicationSchema >>	Parsel <<featureType>>
Fay Hatları	Var	Jeoloji	Jeoloji <<applicationSchema >>	Fay <<featureType>> DiriFay <<featureType>>
Havalimanları	Var	Ulaşım Ağları	HavaUlasimAgi <<applicationSchema >>	Havaalani <<featureType>>
Demiryolları	Var	Ulaşım Ağları	DemiryoluAgi <<applicationSchema >>	DemiryoluAnaHatti <<featureType>>
Yağmur, rüzgâr ve iklimsel şartlar	Var	Atmosfer Meteoroloji Verileri	AtmosferVeMeteorol ojiVerileri <<applicationSchema >>	GozlemIstasyonOlcumDege rleri <<codeList>>
Sanayi Tesisleri	Var	Sanayi Tesisleri	SanayiTesisleri <<applicationSchema >>	UretimTesis <<featureType>>
Kıyı Çizgisi	Var	Hidrografya	HidrografyaFizikselS ular <<applicationSchema >>	KiyiCizgisi <<featureType>>
Planlı Alanlar	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi <<applicationSchema >>	MekansalPlan <<featureType>>
Enerji Nakil Hatları (İletim Hatları)	Var	Altyapı	ElektrikAgi <<applicationSchema >>	ElektrikHatti <<featureType>>
Boru Hatları	Var	Altyapı	Ortak Teknik Altyapi Ag Bilesenleri <<applicationSchema >>	Boru <<featureType>>
Atık Su Hatları	Var	Altyapı	AtikSuAgi <<applicationSchema >>	AtikSuHat <<featureType>>
Sulama/ Su Kanalları	Var	Hidrografya	HidrografyaFizikselS ular <<applicationSchema >>	YapaySuHatti <<featureType>> ; yapaySuHattiTuruDegeri öznitelik karşılık gelen YapaySuHattiTuruDegeri <<codeList>> değeri sulamaKanali ; BarajGolet <<featureType>>; barajAmacDegeri öznitelik karşılık gelen BarajAmacDegeri <<codeList>> değeri sulama

Tablo A1 (devamı): Yer seçim kriterleri ve TUCBS Entegrasyonu tablosu.

Toprak	Var	Toprak	Toprak <<applicationSchema>>	ToprakKatmani <<featureType>>
Flora/Fauna Alanları	Var	Biyocoğrafya Bölgeleri	BiyocoğrafyaBölgele ri <<applicationSchema>>	BiyocoğrafyaBölgesi <<featureType>>
Sağlık Tesisleri	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi _UIP <<applicationSchema>>	SaglikTesisAlani <<FeatureType>>
Eğitim Tesisleri	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi _UIP <<applicationSchema>>	EgitimTesisAlani <<FeatureType>>
Askeri Alanlar	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi _UIP <<applicationSchema>>	AskeriYasakBolge <<featureType>>
Kültür ve Turizm Alanları	Var	Kamu Yönetim Bölgeleri	KamuYonetimBolgel eri_v2 <<applicationSchema>>	KulturTurizmKorumaGelisi mBölgeleri <<FeatureType>>
Maden Alanları/ Bölgeleri	Var	Madenler	Madenler <<applicationSchema>>	MadenOcagi <<featureType>>
Nüfus yoğunluğu	Var	Nüfus Dağılımı Demografi	NufusDagilimi_Dem ografi <<applicationSchema>>	Siniflandirma <<dataType>>
İdari Sınırlar	Var	İdari Birimler	SoyutIdariBirim <<applicationSchema>>	IdariSinir <<featureType>>
Sulak Alanlar	Var	Hidrografya	HidrografyaFizikselS ular <<applicationSchema>>	SulakAlan <<featureType>>
Çığ Alanları	Var	Doğal Risk Bölgeleri	DogalRiskBölgeleri <<applicationSchema>>	DogalTehlikeSiniflandirmas i <<dataType>> ; dogalTehlikeKategorisi öznitelik karşılık gelen DogalTehlikeKategorisiDeg eri <<codeList>> değeri cig
Taşkın Alanları	Var	Doğal Risk Bölgeleri	DogalRiskBölgeleri <<applicationSchema>>	DogalTehlikeSiniflandirmas i <<dataType>> ; dogalTehlikeKategorisi öznitelik karşılık gelen DogalTehlikeKategorisiDeg eri <<codeList>> değeri taskin
Endüstriyel Tesisler	Var	Sanayi Tesisleri	SanayiTesisleri <<applicationSchema>>	UretimTesis <<featureType>>

Tablo A1 (devamı): Yer seçim kriterleri ve TUCBS Entegrasyonu tablosu.

Kültür ve Tabiat Koruma Alanları	Var	Koruma Bölgeleri	KorumaBolgeleriSade <<applicationSchema>>	KorunanAlan <<featureType>>
Elektrik Kesintisi	-	-	-	-
Milli ve Tabiat Parkı, Mesire Alanları	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi_UIP <<applicationSchema>>	MilliPark <<FeatureType>>
HidroElektrik Santrali (HES)	Var	Enerji Kaynakları	EnerjiKaynaklariVekt or <<applicationSchema>>	YenilenebilirVeAtikKaynaklari <<featureType>>; YenilenebilirVeAtikKaynakTipi öznitelik karşılık gelen YenilenebilirVeAtikKaynakTipi <<codeList>> değeri hidro
Rüzgar Enerji Santrali (RES)	Var	Enerji Kaynakları	EnerjiKaynaklariVekt or <<applicationSchema>>	YenilenebilirVeAtikKaynaklari <<featureType>>; YenilenebilirVeAtikKaynakTipi öznitelik karşılık gelen YenilenebilirVeAtikKaynakTipi <<codeList>> değeri ruzgar
Jeotermal Enerji Santrali	Var	Enerji Kaynakları	EnerjiKaynaklariVekt or <<applicationSchema>>	YenilenebilirVeAtikKaynaklari <<featureType>>; YenilenebilirVeAtikKaynakTipi öznitelik karşılık gelen YenilenebilirVeAtikKaynakTipi <<codeList>> değeri jeotermal
Orman	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi_UIP <<applicationSchema>>	Orman <<FeatureType>>
Mania Alanları	Var	Ulaşım Ağları	HavaUlasimAgi <<applicationSchema>>	ManiaYuzeyi <<featureType>>
Su Kaynakları	Var	Hidrografiya	HidrografiyaFizikselSular <<applicationSchema>>	YerustuSuyu <<featureType>>
Yüzeye gelen toplam güneş enerjisi (Global Yatay Işınım -GHI)/ Güneşlenme Süresi/Güneş Işınımı	-	-	-	-
Maliyet	-	-	-	-

Tablo A1 (devamı): Yer seçim kriterleri ve TUCBS Entegrasyonu tablosu.

Sıcaklık	Var	Atmosfer Meteoroloji Verileri	AtmosferVeMeteorolojiVerileri <<applicationSchema>>	GozlemIstasyonOlcumDeğerleri <<codeList>> değeri Sıcaklık
Bağıl Nem	Var	Atmosfer Meteoroloji Verileri	AtmosferVeMeteorolojiVerileri <<applicationSchema>>	GozlemIstasyonOlcumDeğerleri <<codeList>> değeri Nem
Elektrik Şebekeleri	Var	Altyapı	ElektrikAgi <<applicationSchema>>	ElektrikTesis <<featureType>>
CO₂ Emisyonu	Var	Çevre İzleme Tesisleri	HavaIzlemeTesisleri <<applicationSchema>>	HavaIzlemeAgi <<featureType>>
Trafo Merkezleri	Var	Altyapı	ElektrikAgi <<applicationSchema>>	ElektrikTrafo <<featureType>>
Tozlu Hava Şartları ve Bulutlu Hava Şartları	-	-	-	-
Doğalgaz Hatları	Var	Altyapı	PetrolGazKimyasalAgi <<applicationSchema>>	PetrolGazKimyasalHat <<featureType>>
Rüzgar Hızı	Var	Atmosfer Meteoroloji Verileri	AtmosferVeMeteorolojiVerileri <<applicationSchema>>	GozlemIstasyonOlcumDeğerleri <<codeList>> değeri MaksimumRuzgarHizi
Liman/İskele Alanları	Var	Ulaşım Ağları	DemiryoluAgi <<applicationSchema>> ; SuUlasimAgi <<applicationSchema>>	LimanIsletmesi <<featureType>> ; LimanAlani <<featureType>>
Su Derinliği	Var	Hidrografiya	HidrografiyaFizikselSular <<applicationSchema>>	DurgunSu <<featureType>>
Rekreasyon Alanları	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi_UIP <<applicationSchema>>	AcikYesilAlan <<featureType>>; AcikYesilAlan öznitelik karşılık gelen AcikYesilAlan <<codeList>> değeri RekreasyonAlani
Jeoloji	Var	Jeoloji	Jeoloji <<applicationSchema>>	JeolojikYapi <<featureType>>
Telekomünikasyon İstasyonları	Var	Altyapı	ElektronikHaberlesmeAgi <<applicationSchema>>	ElektronikHaberlesmeAnten <<featureType>>

Tablo A1 (devamı): Yer seçim kriterleri ve TUCBS Entegrasyonu tablosu.

Yol Genişliği	Var	Ulaşım Ağları	KarayoluAgi <<applicationSchema >>	Karayolu <<featureType>> karayoluGenisligi öznelik
Trafik	Var	Ulaşım Ağları	KarayoluAgi <<applicationSchema >>	TrafikHacimOzelligi <<featureType>>
Banka Binaları	-	-	-	-
Ulaşım Sistemlerine Entegrasyon (otobüs-metro-travmay-minibüs durakları vb.)	Var	Ulaşım Ağları	OrtakUlasimBilesenl eri <<applicationSchema >>	UlasimAgi <<featureType>>
Bisiklet Yolları	Var	Ulaşım Ağları	KarayoluAgi <<applicationSchema >>	Karayolu <<featureType>>; karayoluSinifiDegeri öznelik karşılık gelen KarayoluSinifiDegeri <<codeList>> değeri bisikletYolu
Bisiklet İstasyonları	Var	Ulaşım Ağları	KarayoluAgi <<applicationSchema >>	KarayoluServisAlani <<featureType>>; karayoluServisTipDegeri öznelik karşılık gelen KarayoluServisTipDegeri <<codeList>> değeri bisikletIstasyonu
Ticari Alanlar/ Binalar	Var	Arazi Kullanımı	MevcutAraziKullani mi <<applicationSchema >>	AraziKullanimi5000 <<featureType>>; araziKullanimiDegeri5000 öznelik karşılık gelen AraziKullanimiDegeri5000 <<codeList>> değeri ticaretAlanlari
Otopark Alanları	Var	Ulaşım Ağları	KarayoluAgi <<applicationSchema >>	ParkAlani <<featureType>>
Spor Merkezleri	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi _UIP <<applicationSchema >>	SosyalKulturelAlan <<featureType>>; SosyalKulturelTip öznelik karşılık gelen SosyalKulturelTip <<codeList>> değerleri AcikSporTesisAlani, KapaliSporTesisAlani
Deniz/ Sahil Kenarı	Var	Deniz ve Tuzlu Su Alanları	DenizTuzluSuAlanlar i <<applicationSchema >>	SahilHatti_MSLKiYiCizgisi <<featureType>>

Tablo A1 (devamı): Yer seçim kriterleri ve TUCBS Entegrasyonu tablosu.

Park ve Yeşil Alanlar	Var	Arazi Kullanımı	PlanliAraziKullanimi _UIP <<applicationSchema >>	AcikYesilAlan <<FeatureType>>
Elektrikli Araç Şarj İstasyonları	Var	Ulaşım Ağları	KarayoluAgi <<applicationSchema >>	KarayoluServisAlani <<featureType>> ; karayoluServisTipDegeri öznitelik karşılık gelen KarayoluServisTipDegeri <<codeList>> değeri elektrikliAracSarjIstasyonu
Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Genişleme Olasılığı	-	-	-	-
Elektrikli Araç Sahipliği	-	-	-	-
Akaryakıt İstasyonları	Var	Ulaşım Ağları	KarayoluAgi <<applicationSchema >>	KarayoluServisAlani <<featureType>> ; karayoluServisTipDegeri öznitelik karşılık gelen KarayoluServisTipDegeri <<codeList>> değeri akaryakitIstasyonu
Kavşaklar	Var	Ulaşım Ağları	KarayoluAgi <<applicationSchema >>	Kavsak <<featureType>>
Oteller	Var	Arazi Kullanımı	MevcutAraziKullani mi <<applicationSchema >>	AraziKullanimi1000 <<featureType>>; araziKullanimiDegeri1000 öznitelik karşılık gelen AraziKullanimiDegeri1000 <<codeList>> değeri otelAlani
Kamu Tesisleri	Var	Arazi Kullanımı	MevcutAraziKullani mi <<applicationSchema >>	AraziKullanimi1000 <<featureType>>; araziKullanimiDegeri5000 öznitelik karşılık gelen AraziKullanimiDegeri5000 <<codeList>> değeri kamuHizmetAlanlari