

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ HİBRİT
ÇÖZÜM YAKLAŞIMI: SİİRT İLİ GÜNEŞ ENERJİ UYGULAMASI**

Doktora Tezi

Ertuğrul YILDIZ

Eskişehir 2023

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ HİBRİT
ÇÖZÜM YAKLAŞIMI: SİİRT İLİ GÜNEŞ ENERJİ UYGULAMASI**

Ertuğrul YILDIZ

DOKTORA TEZİ

İşletme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fikret ER

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ocak 2023

ÖZET

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ HİBRİT ÇÖZÜM YAKLAŞIMI: SİİRT İLİ GÜNEŞ ENERJİ UYGULAMASI

Ertuğrul YILDIZ

İşletme Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ocak, 2023

Danışman: Prof. Dr. Fikret ER

Bu tez çalışmasında coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden üstünlük tabanlı yöntemler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bu farklı iki disiplini bir arada kullanarak bir hibrit çözüm yaklaşımı sunulmuş ve bu yaklaşım ile iki yöntemin uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Coğrafi bilgi sistemleri analizleri, bilgi sistemi yapısından dolayı coğrafi olmayan verileri de kullanabilmektedir. Bu sayede farklı disiplinler ile ortak çalışmalara zemin oluşturmaktadır. Ortak çalışmaların artması, farklı disiplinler ile kullanımının ve gerçek hayat problemlerine daha net çözümler sunması adına hibrit bir çözüm yaklaşımına ihtiyaç olduğu görüldüğü için hibrit çözüm yaklaşımı sunulmuştur.

Sunulan hibrit çözüm yaklaşımının uygulaması günümüz dünyasının en çok üzerinde durduğu yenilenebilir enerji alanı olan güneş enerjisi sistemleri konusundadır. Mevcut coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarında sıklıkla gerçekleştirilen yer seçimi problemi güneş enerji santrali kurulum yeri seçimi olarak belirlenmiştir. Ancak günden güne artan enerji ihtiyacı ve tüketimin karşılanması için gerekli yatırımlar açısından maliyetlerin göz önünde bulundurularak gerekli yatırımların coğrafi bilgi sistemleri analizleri ile yetersiz kalabilmektedir. Dolayısıyla bu maliyetlerin hesaplanabilmesi için farklı bir disiplin olarak çok kriterli karar verme yöntemlerine ihtiyaç olduğu görülmüştür. Bu sayede sunulan hibrit çözüm yaklaşımı kullanılarak, uygulama adımları gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hibrit çözüm yaklaşımı, Çok kriterli karar verme, Coğrafi bilgi sistemleri, ELECTRE, PROMETHEE

ABSTRACT

MULTI-CRITERIA DECISION MAKING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM HYBRID SOLUTION APPROACH: SİİRT PROVINCE SOLAR ENERGY APPLICATION

Ertuğrul YILDIZ

Department of Business Administration

Anadolu University, Institute of Social Sciences, January, 2023

Adviser: Prof. Dr. Fikret ER

In this thesis, general information about geographical information systems and multi-criteria decision making methods is given. By using these two different disciplines together, a hybrid solution approach is presented and the application of the two methods is realized with this approach.

Geographical information systems analysis can also use non-geographical data due to its information system structure. In this way, it creates a basis for joint studies with different disciplines. Since it is seen that there is a need for a hybrid solution approach in order to increase joint studies, to be used with different disciplines and to provide clearer solutions to real life problems, a hybrid solution approach is presented.

The application of the hybrid solution approach is in the field of solar energy systems, which is the most emphasized renewable energy field in today's world. In existing geographic information systems studies, the problem of site selection, which is frequently performed, is determined as solar power plant installation site selection. However, geographic information systems analysis of the necessary investments may be insufficient by considering the costs in terms of increasing energy demand and the investments required to meet the consumption. Therefore, it has been seen that multi-criteria decision making methods are needed as a different discipline to calculate these costs. In this way, application steps are shown by using the hybrid solution approach presented.

Keywords: Hybrid solution approach, Multi-criteria decision making, Geographic information systems, ELECTRE, PROMETHEE

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında büyük bir sabır ve özenle rehberlik eden, desteğini bir an olsun esirgemeyen ve bana yol gösteren değerli tez danıőmanım Prof. Dr. Fikret ER'e içtenlikle teőekkürlerimi sunarım.

Değerli görüşleri ve yapıcı eleőtirilerinden dolayı jüri üyelerim Prof. Dr. Emel ŞIKLAR, Dr. Öğr. Üyesi Levent TERLEMEZ, Doç. Dr. Ali ÖZDEMİR, Doç. Dr. Metin BAŐ ve yardımlarını esirgemeyen Anadolu Üniversitesi Sayısal Yöntemler Anabilim Dalındaki tüm hocalarıma teőekkürlerimi sunarım.

Araştırma görevlisi olarak çalıştığım Siirt Üniversitesi'nde başta Rektör hocamız olmak üzere İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'ndeki çalışma arkadaőı hocalarıma teşekkür ederim.

Tez yazım sürecinde beni sabırla motive eden, istemeden ihmal ettiğim, değerli eőim Meltem ve çocuklarım Türkay ile Akay'a anlayıőları ve destekleri için en içten teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalardan bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Ertuğrul YILDIZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLOLAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER TABLOSU.....	x
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KARAR VERME VE KARAR VERME YÖNTEMLERİ	3
1.1. Karar ve Karar Verme	4
1.2. Karar Vermede Temel Kavramlar	5
1.3. Karar Verme Bileşenleri.....	7
1.4. Karar Vermede Karar Vericinin Rolü.....	8
1.5. Karar Ağacı ve Ek Bilgi İle Karar Verme	11
1.6. Çok Kriterli Karar Verme	13

İKİNCİ BÖLÜM

2. İŞLETMELERDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ	16
2.1. Coğrafi Bilgi Sisteminde Temel Kavramlar	18
2.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Temel Bileşenleri	20
2.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Mekansal Veri ve Veri Türleri.....	21
2.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Temel Analizler	22
2.5. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde İstatistik	23

2.6. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanım Alanları	25
2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri Yazılımları	27

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ÜSTÜNLÜK TABANLI YÖNTEMLER	29
3.1. ELECTRE.....	31
3.2. PROMETHEE	34
3.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Üstünlük Tabanlı Yöntemler İle Gerçekleştirilen Çalışmalar.....	38

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. KARAR VERME VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNDE HİBRİT ÇÖZÜM YAKLAŞIMI ÖNERİSİ.....	48
4.1. Hibrit Çözüm Yaklaşımı.....	48
4.2. Siirt İli Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi Uygulaması	52
SONUÇ VE ÖNERİLER	80
KAYNAKÇA	84

EK-1

ÖZGEÇMİŞ

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1. Strateji Matrisi Örneği	7
Tablo 3.1. PROMETHEE Tercih Fonksiyonları Tablosu	37
Tablo 3.2. Literatürde ELECTRE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar	39
Tablo 3.3. Literatürde PROMETHEE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar	43
Tablo 4.1. Hibrit Çözüm Yaklaşımı İkinci Adım Karar Matrisi	51
Tablo 4.2. CBS ve ÇKKV Kriterleri.....	53
Tablo 4.3. CBS Katman Haritaları Sınıflandırması	62
Tablo 4.4. Sınıflandırma Aralıklarına Atanan Asal Sayılar	63
Tablo 4.5. Karar Matrisi	70
Tablo 4.6. RStudio ELECTRE III Uygulaması Verileri.....	74
Tablo 4.7. RStudio İle ELECTRE III Analiz Sonucu Rank Sıralamaları	75
Tablo 4.8. RStudio PROMETHEE I Uygulaması Verileri	78
Tablo 4.9. RStudio İle PROMETHEE I Analiz Sonucu Rank Sıralamaları	79
Tablo 4.10. Uygulama Alternatiflerinin ELECTRE III ve PROMETHEE I Yöntemlerine Göre Karşılaştırması	80

ŞEKİLLER TABLOSU

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. İyi Karar Akış Şeması	10
Şekil 1.2. Karar Ağacı Örneği	11
Şekil 2.1. Vektör Veri ve Raster Veri Karşılaştırması	21
Şekil 2.2. J.Snow'un Sunduğu Kolera Salgını Haritası	23
Şekil 4.1. Hibrit Çözüm Yaklaşımı	50
Şekil 4.2. Siirt İli Siyasi Haritası	54
Şekil 4.3. Siirt İl, İlçe ve Köy Yerleşim Yeri Haritası	56
Şekil 4.4. Siirt İli Akarsu ve Baraj Gölleri Haritası	57
Şekil 4.5. Siirt İli Eğim Haritası.....	58
Şekil 4.6. Siirt İli Bakı Haritası	59
Şekil 4.7. Siirt İli Yol Haritası.....	60
Şekil 4.8. Siirt İli Güneşlenme Radyasyon Haritası	61
Şekil 4.9. Çakıştırma Analizi Sonucu	65
Şekil 4.10. CBS Sonuç Gruplandırması	66
Şekil 4.11. CBS Kriteri Puan Sınıflandırması	68
Şekil 4.12. ELECTRE III Sonucuna Göre Gruplandırma Haritası	77

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α	: Alfa
β	: Beta
AHP	: Analytic Hierarchy Process
ANP	: Analytic Network Process
BWM	: Best Worst Method
CAD	: Computer Aided Design
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇKKA	: Çok Kriterli Karar Analizi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DPI	: Dot Per Inch
ELECTRE	: Elimination Et Choix Traduisant la Réalité
EWLWC	: Equal Weighted Weighted Linear Combination
FAHP	: Fuzzy Analytic Hierarchy Process
FPROMETHEE	: Fuzzy PROMETHEE
MCDA	: Multi-Criteria Decision Analysis
MOORA	: Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis
PROMETHEE	: Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations
SAW	: Simple Additive Weighting
SFAHP	: Spatial Fuzzy AHP
TDK	: Türk Dil Kurumu

TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
vb.	: ve benzeri
vd.	: ve diğçerleri
VIKOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
WSA	: Wiegthed Sum Approach

GİRİŞ

İnsanoğlu, varoluş tarihinden bugüne dek düşünme becerisi sayesinde hayatlarının her aşamasında iyi ile kötü, doğru ile yanlış ayırımından karmaşık sorunlarıyla başa çıkma durumlarına kadar karar verme süreci sonucunda ilerlemiştir. Karşılaşılan durumlar basit veya karmaşık hangi yapıda olursa olsun, kısa veya uzun hangi süre boyunca sürerse sürsün bir karar verme süreci gerektirmektedir.

İnsanlar, mantık süreçleri ve düşünme becerisi sayesinde yaşamları boyunca tüm seçimlerinde karar verme süreçleri ile karşı karşıyadır. Her karar kısa ya da uzun süreçlerde sonuca bağlanabilir, ama tüm tercihler bir karar süreci sonucunda gerçekleşmektedir. Günlük yaşamda detaylı düşünmeye gerek görülmeyen kararların aksine önem atfedilen kararların verilmesi gerektiğinde, karar problemi ve karar süreci hakkında detaylı biçimde düşünmek zorunludur (Yıldız, 2017).

Hayatın her alanında artan bilgi ihtiyacının yanı sıra bilgiye ulaşma, saklama, paylaşma ve işleme için kullanılan bilgisayar teknolojilerinin önemi ve gereksinimi açıktır. Bilgisayar teknolojilerinin gelişiminin de hızlı bir biçimde artması sayesinde, bilgiyi elde etme, bilgiyi işleme süreçleri ve bu süreçlerde gelişmiş programların kullanımı da artmıştır.

Bilgisayar teknolojilerinin gelişiminin yanı sıra veri sayısının artışı ile verilerin elde edilmesi, düzenlenmesi, saklanması, analiz edilmesi ve kullanıcının kolay ulaşabilmesi için çok sayıda sistemler oluşturulmuştur. Bunlar arasında özellikle planlama, uygulama amacıyla kullanılan sistemlerden birisi de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'dir.

İhtiyaç duyulan yeni araştırmaların hem analizinde hem de gösteriminde sıklıkla kullanılan coğrafi bilgi sistemleri çalışmaları sayesinde, sadece belirli veri tiplerinden ayrılarak karmaşık yapıdaki veri yapılarını ve yapıların ilişkilerinin değerlendirilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu gerçek ile birlikte ortak çalışmalarının arttığı karar verme ile coğrafi bilgi sistemleri çalışmaları bu tez çalışmasının temel fikrini oluşturmuştur. Ancak kullanım sıklıklarında belirli alanda kısıtlı kalan ve bazı yanlış kullanımların giderilmesinin, hatta geniş çerçevede bir yaklaşım ihtiyacının farkındalığı ile tezin ana fikri ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım, tezin sunduğu bütüncül bir hibrit çözüm yaklaşımıdır.

Tanıtılan ve uygulaması sunulan hibrit yaklaşım sayesinde, coğrafi bilgi sistemlerinde bütüncül bir bakış açısıyla birlikte karar verme süreçlerinin işleyişine entegre bir hibrit çözüm sunmaktadır. Bu çözümü karar verme yöntemlerinden bir veya bir kaçını ile değil, ele alınan herhangi bir problemin yapısına uygun olacak karar verme yönteminin kullanılmasını sağlayarak sunmaktadır. Tanıtılan hibrit çözüm yaklaşımının uygulama bölümündeki başlık altında, bu çalışmada kullanılan karar verme yöntemlerinin de ele alınan problemin çözümüne uygun yöntemler olması, bunu vurgulamaktadır.

Tezin ilk bölümünde genel çerçeve ile karar teorisinin genel içeriği sunulmuştur. İkinci bölümde ise coğrafi bilgi sistemlerinin temeldeki kavramları ve iki disiplinin ortak çalışma alanları ile yapılabilecek çalışmalara, uygulama alanlarına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, tanıtılan hibrit çözüm yaklaşımının uygulama alanında seçilen karar verme yöntemleri ile bu yöntemlerin genel üst başlığı formundaki üstünlük tabanlı karar verme yaklaşımı hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde, sunulan hibrit çözüm yaklaşımı ve adımları tanıtılmıştır. Ayrıca bu bölümde, gerçek hayat verileri ile teorik bir güneş enerjisi santrali kurulum yeri seçimi problemi ele alınarak, yaklaşımın adımlarını göstermek için uygulaması sunulmuştur.

Uygulama neticesinde elde edilen veriler, sadece coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilen yer seçimi çalışmalarından fazlasını göstermektedir. Sunulan yaklaşım sayesinde daha bütüncül bir yaklaşım ile coğrafi alanlar değerlendirildiği için yaklaşımın uygulamasında, karar verme ve coğrafi bilgi sistemleri ile ortak gerçekleştirilen geçmiş çalışmalardan farklı olarak veri ve konum kaybını minimize ederek daha fazla sayıda sonuç ortaya çıkmıştır.

Tez çalışmasında ortaya konulan hibrit çözüm yaklaşımının farklı bu iki disiplinin ortak çalışmalarına yeni bir bakış açısı kazandırarak, kullanımlarının artması beklenmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KARAR VERME VE KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Hayatı boyunca yeni karşılaşmalarla, ani değişimlerle, farklı sorunlarla karşılaşarak yeni yollar, çözümler arayan biz, insanlar; aynı olaylara farklı tepkiler gösterirken farklı problemlere aynı çözümleri deneyebiliriz. Kiminde geçmiş tecrübelerimiz ile kiminde 'ekonomik insan' (homo oeconomicus) tanımlamasının gereği olarak yeni stratejiler geliştirerek cevap ararız. Tüm bu karmaşık bulduğumuz anlatımları da çoğumuz tanımlamadan, geliştirdiğimiz içsel süreçleri tanımlamadan gerçekleştiririz. Farkında olmadan yaptığımız tüm seçimlerin sonucunu 'karar verdim' olarak özetleriz. Bu özet ifademize en genel çerçeveyi sunan tanımlama karar teorisidir.

Karar teorisi istatistik, matematik, psikoloji, işletme, mühendislik vb. bilim alanlarının kendi disiplinleri kapsamındaki çalışmaların bir arada uygulanabileceği günlük hayat tercihlerinden, dünyanın gelişim göstereceği yeni alanlarının belirlenmesine kadar her aşamada uygulanabilen kapsamlı bir uygulama teorisidir. Yeni Ar-Ge çalışmaları, yeni yatırım alanları, Dünya kaynaklarının kullanımı ve korunumu, mevcut ve yeni işletmelerin sürdürülebilirliği vb. gibi küresel etkilerin ölçülmesi ve tercihlerin yönetilmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla karar ile ilgili kaleme alınan çalışmaların bir kısmında sanat, bir kısmında yaklaşım, kiminde bilim alanı, kiminde ise psikolojik bir gözlem olarak tanımlanabilmektedir.

Farklı disiplinlerde kullanımlarının bulunması ve gün geçtikçe kullanımının artmasından dolayı karar verme kavramı bazı türlere ayrılmak zorunda kalmıştır. En sık karşılaşılan başlıklar aslında uygulama alanına göre isimlendirilen karar verme olarak sunulmasıdır. Örneğin; işletmelerde karar verme, pazarlamada karar verme, yönetimde (yöneticilere) karar verme, sağlık bilimlerinde karar verme, eğitim bilimlerinde karar verme vb. gibi başlıklar ile farklılaştırılmıştır. Ancak genel kabul gören temel ayırım; karar ortamlarına göre karar verme, yönetim kademesine göre karar verme, yapılarına göre karar verme, bağlantılı olma durumuna göre karar verme, kriter sayısına göre karar verme, karar verici sayısına göre karar verme, karar problemi yapısına göre karar verme ve amaç sayısına göre karar verme biçimindeki karar türleri sınıflandırmasıdır. Bu tez

çalışması, kriter sayısına göre karar verme türünden, çok kriterli karar verme ve alt sınıflandırması genelinde olacaktır.

1.1. Karar ve Karar Verme

Karar verme eylemini ve sürecini günlük hayatımızda farkında olarak ya da olmadan her an kullanıyor olsak da karar verme sürecine gereksinim için bazı şartların gerçekleşmesi gerekir. Her ne kadar karar teorisi ile karar problemlerinin çözümleri en uygun (optimum) çözümleri sunsa da bu çözümler tüm karşılaşılabilecek problemlere uygun olmayabilir. Dolayısıyla bir karar sürecinin başlatılabilmesi için gerekli olan koşulların bilinmesi gereklidir (Aladağ, 2014). Bu şartlar;

- Karar verici bir problem olduğunun farkındadır.
- Karar verici, problemin çözümü için üzerinde baskı hisseder.
- Karar vericinin gözlemlediği birden fazla olası alternatif çözüm bulunur.
- Alternatif çözümler arasında, tercih edilmesine ilişkin bir belirsizlik vardır.

Günlük hayatımızda üzerinde kapsamlı bir düşünme süreci ve analiz etme gereksinimi bulunan çok sayıda kararla karşılaşmak mümkündür. Karşılaşılan bu durumlarda, yanlış karar sonuçları, yüklü miktarda maddi kayıplara sebep olabilir ya da öngörülemeyen ciddi sonuçlar doğurabilir. Bahsedilen durumlar veya olası başka olumsuz sonuçlarla karşılaşmamak için kullanılması gereken karar analizidir. Karar analizi ile bir işletmenin, kurumun ya da bireyin, geleceğe ilişkin belirsizlikler söz konusu olduğunda olası karar alternatiflerinden en uygununa karar vermesine olanak tanır. Karar analizinin de amacı, sonuç kararını bazı belirlenecek olan kriterler çerçevesinde en uygun (optimize) duruma getirmektir.

Karar analizi etkin çerçevesi sayesinde işletmeler, yeni ürün geliştirilmesinde, tanıtımında, hangi pazara ekleneceğine ya da yeni bir yatırımın alanının nerede olacağına ilişkin strateji geliştirmek ve işletmelerin sürdürülebilirliğine dair önemli kararlar verirler. Belirlenen kararların sonucu, işletmelerin gelecek kârlılığını etkileyecektir. Bu konuda belirtilen örneklerde karar sürecinin ekonomik temelinde görünmesi, işletme varlığının sürdürülebilmesinin ekonomik gerçekliğe dayanmasından dolayıdır. Bunun yanı sıra değerlendirilecek karar süreçlerinin çoğunda ekonomik endişeler karar kriteri olarak

karşımıza çıkmaktadır. Ek olarak ekonomik değerlendirmelerdeki karar sürecinde, bir ekonomik kriterde beklenen kârın en üst düzeyde ve beklenen maliyetin de en düşük düzeyde olmasıdır. Bu konuda aynı ekonomik kriterin beklenen fayda/zarar veya kar/zarar açısından yönü de bulunmaktadır.

Karar analizi çoğunlukla gerçekleşme ihtimali olan eylemlerin olasılıklarına odaklanılırken, bu eylemlerin gerçekleşmesine göre şekillenecek durumları incelemektedir. Gerçekleşme olasılıklarının bilinmediği durumları risk ortamı olarak nitelendirildiği karar analizinde, risk unsurları da karar verme sürecine dahil edilebilir. Karar teorisindeki fayda kuramı, kararların göz önünde bulundurulmuş riskler doğrultusunda analiz edilebilmesini sağlayan bir sistem oluşturur.

1.2. Karar Vermede Temel Kavramlar

Karar sürecinin takip edilmesi ve ilerleyebilmesi için temel kavramların ve bileşenlerin bilinmesi gereklidir. Bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkisinin net olarak belirlenmesi ve doğru tanımlanan amaç karar verme sürecinin anlamlı ilerleyebilmesi için önemlidir. Bunların yanı sıra amacın yerine getirilebilmesi için belirlenecek olan hedefler ve gerçekleştirmek için seçenekler ile seçeneklerin hangi doğal durumlarda (ya da kriterlerde) hangi sonuçları sunacağı değerlerin karar sürecindeki önemi, karar vermenin önemli etkisi açısından dikkatlice belirlenmesi gereken karar kavramlarıdır.

Karar verme sürecinde tanımlanan tüm kavramların süreç aşamalarında birer rolü bulunmaktadır. Özdemir (2016) karar verme sürecini altı aşama ile açıklamıştır.

- I. Karar probleminin tanımlanması: Ele alınacak araştırma konusu veya karşılaşılan bir gerçek hayat probleminde neye karar verileceğinin tanımlandığı aşamadır. Karar verici bu aşamada, kararın neden önemli ve gerekli olduğunu, kimlerin ve nasıl etkileneceklerini belirler.
- II. Amaç ve hedeflerin belirlenmesi: Karar verme sürecinin amacı, ele alınan problemin ana kaynağına çözüm bulmak adına, uzun vadeli gerçekleşmesi beklenen bir gayeyi; kararın hedefleri ise problemin görünen kısmına çözüm bulmak için, amaca göre daha kısa vadeli gerçekleşmesi beklenen birden fazla olabilecek maksatları ifade etmektedir.

- III. Gerekli bilgilerin toplanması: Problemin, amaç ve hedeflerin tanımlanmasının ardından bir karar ile sonuçlanacak gerekli bilgilerin yeterli düzeyde elde edilmesi aşamasıdır. Problemin taşıdığı ve/veya araştırılması istenen niteliklere özgü varsa değerlerin belirlenmesi için veri toplama işleminin yapıldığı süreci ifade eder.
- IV. Çözüm seçeneklerinin ortaya konması: Bu aşamada problemin potansiyel çözümüne dair tüm seçenekler (strateji, alternatif) amaç doğrultusunda çözüme ilişkin olup olmadığı değerlendirilerek belirlenir.
- V. Seçeneklerin kriterler ile değerlendirilmesi: Bu aşamada, amaç, hedefler ve karar verici tarafından belirlenecek olan kriterler açısından tüm seçeneklerin incelenerek karar probleminin çözümüne ilişkin sunduğu değerler belirlenir. Seçeneklere atanacak olan bu değerler, her bir seçeneğin kriterler açısından üstünlüğünün var olup olmadığını ifade etmektedir.
- VI. En uygun seçeneğin belirlenmesi: Belirlenecek olan bir karar modeli kullanılarak tüm seçeneklerin kriterler ışığındaki değerlendirme neticesinde bir seçenek en uygun olarak belirlenir ve karar olarak nitelendirilir. Ayrıca bu aşamada karar tercihinin, uygulaması, zamanlaması ve kimler tarafından gerçekleştirileceği de belirlenir.

Temel kavramların bilinmesi sayesinde karar verme süreci; bileşenlerin ilişkisi, amaç ve hedeflerin belirlenmesi, hedeflere ve amaca ulaşmayı sağlayacak en az iki seçenek; seçeneklerin uygulanması ile elde edilen farklı sonuçlar ve bu sonuçlar doğrultusunda hangi seçeneğin uygulanması konusunda nihai yargıya ulaşılması olarak özetlenebilir. Nihai yargıya ulaşmayı gerekli kılan tüm durumlar bir karar problemi olarak tanımlanır. Karar problemi, karar teorisinin ve karar verme sürecinin ilk tanımlanması gereken kavramdır (Özdemir, 2016). Karar problemlerinde karar vericinin ulaşmak istediği durum ile mevcut durum arasındaki farkı gidermeye yönelik hareket edeceği seçenekleri belirlemesi ve bu seçenekler arasından en uygun olanını seçmesi söz konusudur.

Karar verme sürecinin açıklanıp özetlendiği bilgileri matematiksel formlarda sunmak mümkündür. Kararın verileceği karar modeline göre en uygun tablo, grafik, matris vb. formlar bulunmaktadır. Bunlardan en temeli tüm karar bilgilerini içeren tablo strateji matrisi/karar matrisi olarak adlandırılan tablodur.

Tablo 1.1.'de gösterilen tablo bir strateji matrisi (karar matrisi) örneğidir. Bu matris 'm' adet alternatifi, 'n' adet doğal durumu (kriteri) ve her alternatifi doğal durumlar altında taşıdığı değerleri " $D_{11}, D_{12}, D_{1n}, D_{21}, D_{22}, D_{2n}, D_{m1}, D_{m2}, D_{mn}$ " göstermektedir.

Tablo 1.1. Strateji Matrisi Örneği

		Doğal Durumlar			
		Doğal Durum 1	Doğal Durum 2	...	Doğal Durum 'n'
Karar Alternatifleri	Karar Alternatifi 1	D_{11}	D_{12}	...	D_{1n}
	Karar Alternatifi 2	D_{21}	D_{22}	...	D_{2n}

	Karar Alternatifi 'm'	D_{m1}	D_{m2}	...	D_{mn}

Strateji matrisi karar vericinin, karar verme ortamlarına göre sınıflandırılan durumlarda kullanarak matematiksel hesaplamalar yardımıyla karar vermesinde büyük önem taşımaktadır.

1.3. Karar Verme Bileşenleri

Karar verme sürecinin işleyişini anlamlı kılan, karar probleminin belirlenmesinden kararın uygulanmasına kadar tüm karar verme sürecinin işleyişini anlamlı kılan unsurlar karar verme bileşenleridir. Bu bileşenler; karar verici, amaç, hedefler ve kriterler, seçenekler, seçeneklerin sonucunu ifade eden doğal durumlar, seçeneklerin gerçekleşme olasılıkları ve sonuçlardır (Aktaş vd. 2015). Tüm bu bileşenlerin genel tanımları izleyen paragraflarda bulunmaktadır.

Karar verici; karar probleminin çözümü için belirlenen seçenekler arasından tercih yapan, karar verme sorumluluğunu yerine getiren kişi veya kişilerdir. Karar verici verdiği karar neticesinde doğabilecek tüm durumların sorumluluğunu üstlenir.

Kararın amacı; karar neticesinde neye ulaşılacak istendiğini ve optimum sonuca ulaşmayı ifade eder. Optimum sonuç, kâr yapılı karar problemlerinde en büyükleme,

maliyet yapılı karar problemlerinde de en küçükleme olarak genellenmektedir (Özdemir, 2016).

Kararın hedefi; amaca ulaşmak için yerine getirilmesi gerekenleri ifade eder. Sıklıkla hedef ile amaç aynı anlamda kullanılmasına karşın amaç ile hedef arasındaki fark tanımlarından anlaşılmaktadır. Karar kriterleri ise karar seçeneklerinin hangi açılardan değerlendirileceğini veya karar vericinin amaca ulaşma noktasındaki kabul edeceği değer tutumu olarak tanımlanmaktadır (Lezki, 2016).

Karar seçenekleri/alternatifleri; bir karar probleminde karar vericinin tercih edebileceği farklı hareket biçimleridir. Bu seçeneklerin belirlenmesi ve sayısı karar verici tarafından belirlenir. Bu konudaki en temel şart en az iki seçeneğin olması gerekliliğidir. Her seçeneğin birbirinden farklı değerler alması veya farklı sonuçlara ulaştıracak hareket biçimini kapsaması ve tüm belirlenen seçeneklerin de karar problemine uygun olması gerekmektedir (Lezki, 2016; Özdemir, 2016).

Doğal durumlar/çevresel faktörler; her karar probleminde karar vericinin belirleyemeyeceği ve kontrol edemeyeceği bazı değişkenleri tanımlamaktadır. Bu değişkenler doğal durumlar (çevresel faktörler) olarak adlandırılır. Doğal durumlar, karar probleminin farklı ortamlarını ortaya koyarak karar probleminde etkili olmaktadır.

Doğal durumların gerçekleşmesi gelecekte ortaya çıkacağından dolayı belirsizlik söz konusudur. Karar verici açısından ise belirsizlik durumu karar vermeyi zorlaştırmaktadır. Ortaya çıkan belirsizliği gidermek ya da azaltmak için karar durumlarına ilişkin belirlenen doğal durumlara, gerçekleşme tahminleri doğrultusunda bir olasılık ataması gerçekleştirilir.

Karar sonuçları; belirli bir seçeneğin tercih edilmesi ve karşılaşılabilecek doğal durumun etkisiyle, her seçenek ve doğal durum ikilisine karşılık gelecek şekilde ortaya çıkacak olan değerler olarak ifade edilir. Bu değerler, beklenen fayda biriminde ve sayısal değerler olarak gösterilir.

1.4. Karar Vermede Karar Vericinin Rolü

Karar teorisi ve karar verme sürecine ilişkin sunulan tüm bilgiler ışığında bazı genelleşmiş belirsizleri netleştirmek gerekir. Karar verme bir seçim yapma eylemi olmak

üzere kararsızlık bir seçim yapmamaktır. Kararsızlık bir başarısızlık veya yanlış tercih anlamı taşımamaktadır. Kararsızlık da karar süreçlerinin bir parçası olabilmektedir. Kararsızlık yaşanması veya seçim yapılamaması karar sürecinde belirlenen seçeneklerin yeteri kadar bilgi verici olmamasından kaynaklanabilir. Teorik olarak karar verme sürecinde her seçenek için gerekli ve yeterli bilgiyi elde etmek mümkün görünse de bu durum, karar verme sürecinde geri alınamayan ve en büyük maliyet etkenlerinden biri olan zaman problemine yol açar. Tüm bu sebeplerden dolayı karar verme sürecinde, karar vermeyi kolaylaştıracak yaklaşımlar ve yaklaşımlara göre birçok yöntem bulunmaktadır (Yaralıoğlu, 2010). Ancak tüm yöntemlerin karar vericiye en uygun alternatif sonucunu sunmasına rağmen karar verici her zaman bu sonucu tercih etmeyebilir.

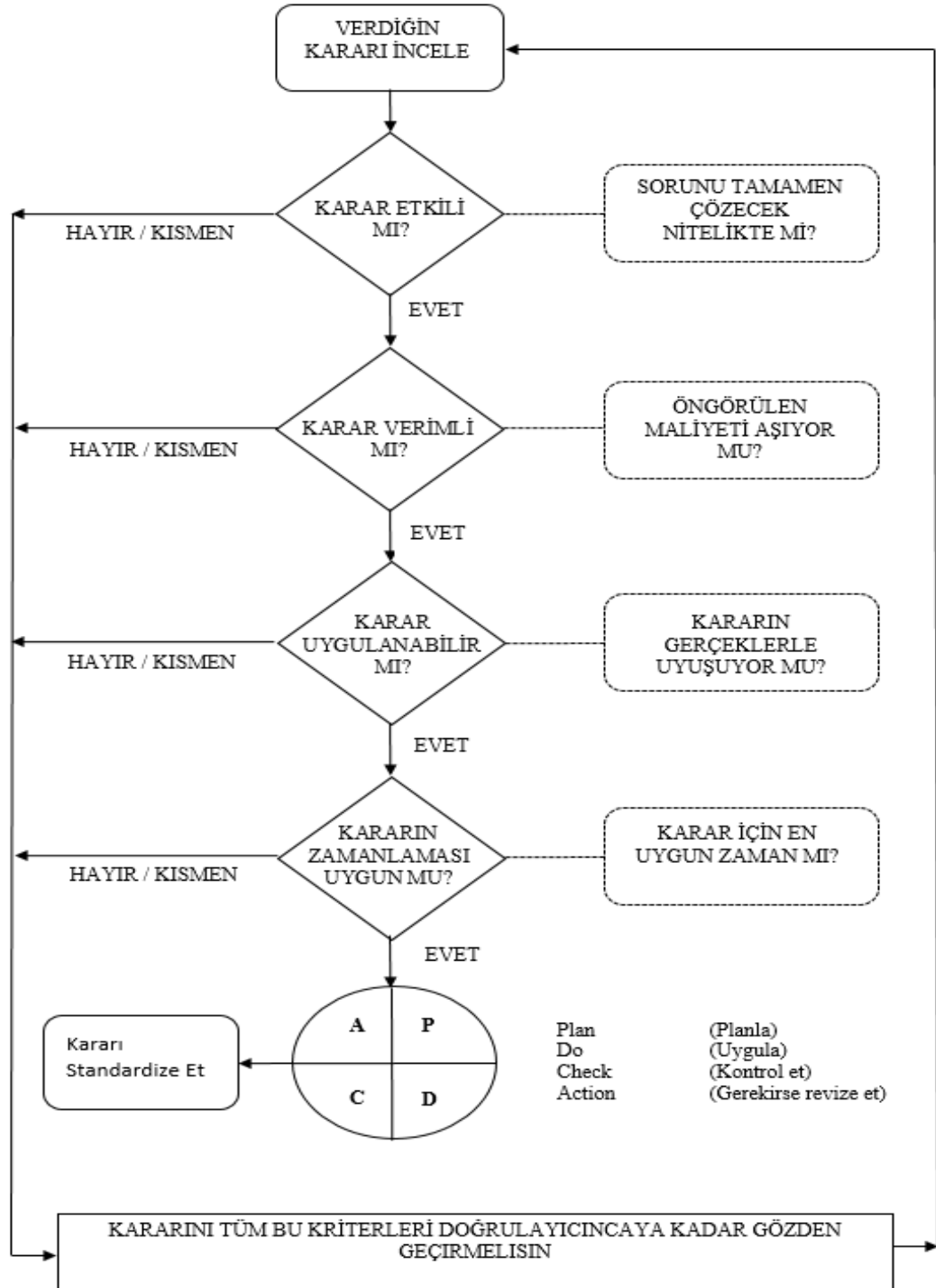
Karar verici karar verme süreci sonunda seçimini yaparken en uygun alternatifini tercih etmekten başka bir alternatifini tercih etmesi durumu, karar vericinin geçmiş tecrübeleri, gideremediği kaygıları, içsel çatışmaları, bulunduğu psikolojik hal, önyargıları ve hatta karar vericinin duygusal veya mantıksal kişiliğe sahip olması gibi birçok etken ile gerçekleşebilir. Bu etkenler bazen karar vericinin akılcı kararı tercih etmesine olumsuz etkiler. Ancak başarılı görülen karar vericiler de karar verme sürecinde değerlendirilmeyen veya gözlemlenemeyen değişkenlerin farkında olarak en uygun karar alternatifini tercih etmeyebilir. Bu sayede geçmiş tecrübeleri ya da öngörülerini sayesinde akılcı karar veya iyi karar olarak nitelendirilen alternatifini tercih edebilirler. Bu etkenlerin olumlu ve olumsuz etkileri karar vericiye ve içerisinde bulunulan ortama göre değişeceği gözden kaçırılmamalıdır.

Karar vericinin seçim yapmasında etkisi olan bu etkenleri kısaca açıklamadan önce kararın akılcı veya iyi olarak nitelendirilmesi konusu önemlidir. Akılcı karar kavramı, karar vericinin belirlediği karar ortamında beklediği faydayı sağlayacak en iyi alternatifin seçimidir (Özen Tacer, 2007). İyi karar kavramı, verilen bir kararın etkililik, verimlilik, uygulanabilirlik ve zamanlamasının doğru olması temel şartlarını sağlayan, problemin amacına ve hedefine ulaştıran karardır (İmrek, 2003).

İyi karar tanımını sağlayan etkililik, verimlilik, uygulanabilirlik ve zamanlama kavramlarının birbirlerine göre kıyaslanabilirliği çok tartışmalı olsa da zamanlama kavramı diğerlerinden biraz daha öne çıkmaktadır. Bunun nedeni diğer kavramlar kapsamında kararın değiştirilmesi daha kolaydır. Ancak zaman konusunda böyle bir imkanın bulunmama durumudur. Bu nedenle de karar vericinin zamanlama konusunda

ayrıca dikkate ihtiyaç duyar. Dolayısıyla zaman, karar vericiye karar vermede önemli bir baskı kurabilir.

Şekil 1.1. İyi Karar Akış Şeması



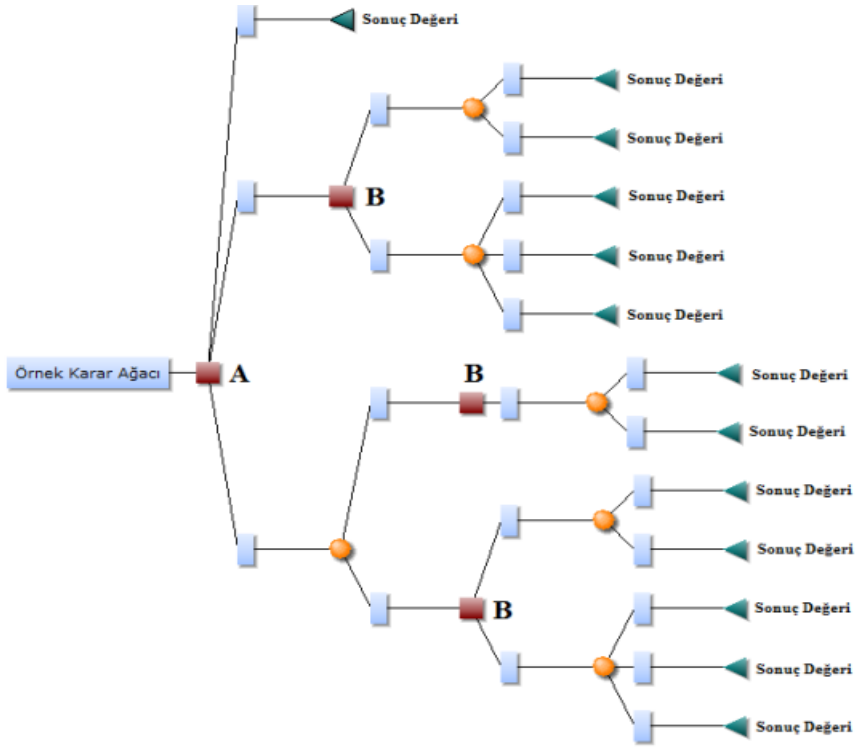
Kaynak: İmrek, M. K. (2003). Yöneticiler İçin Karar Verme Teknikleri El Kitabı (1st ed.). Beta

1.5. Karar Ağacı ve Ek Bilgi İle Karar Verme

Karar ağacı, belirlilik ortamında ve risk ortamında karar verme kapsamında strateji matrisi (karar matrisi) gösteriminin bir grafiksel formudur. Karar ağaçları karar verme süreçlerinde hem görsel içerikle hatırlamayı ve izlenmesini kolaylaştırır hem de bütünü görmeyi sağlar.

Karar ağacı, strateji matrisinin içerdiği tüm bilgiyi kendine ait bileşenleri ile yansıtmaktadır. Karar verme sürecinin tümünü, karar düğümü, şans düğümü, dal ve bitiş noktası bileşenleri ile temsil etmektedir (Şıklar, 2016). Bileşenlerin adlandırmaları kendine özgü gibi görünse de karar sürecindeki bileşenleri ve bilgiyi temsil etmektedir.

Şekil 1.2. Karar Ağacı Örneği



Kaynak: Lezki, Ş. (2014). Çok kriterli karar verme problemlerinde karar ağacı kullanımı. İktisadi Yenilik Dergisi, 2(1), 16–31

Karar düğümü; karar ağacının başlangıç noktasını temsil eden genellikle kare formda oluşturulan bileşendir. Karar düğümü aslında karar verme sürecinde karar değişkenini temsil eder. Karar ağacının oluşturulmasında soldan sağa doğru bir ilerleme

izlendiği için en başta (en solda) bir başlangıç düğümü olarak yer almaktadır. Ancak karar probleminin karmaşıklığına göre, dallar üzerinde, ara karar işleyişinde de bulunabilirler.

Şans düğümü; karar sürecinde ortaya çıkma ihtimali bulunan ortamları yani doğal durumları temsil eden bileşendir. Karar ağacında daire ile gösterilerek alternatiflerin, ortaya çıkma olasılıkları ile elde edeceği değerlerin en iyisini sunan bir anlam taşır.

Dal; düğüm bileşenlerinin birbirleriyle ilişkisini temsil eden ve doğru ile temsil edilen bileşendir. Soldan sağa çizilerek oluşturulan karar ağaçlarında dallar, hangi düğümden çıkıyor ise ona göre isimlendirilirler. Karar düğümünden çıkan dallar karar dalları (strateji, alternatif, seçenek), şans düğümünden çıkan dallar ise şans dalları (doğal durum, olay) olarak adlandırılırlar. Ayrıca doğal durumların gerçekleşme olasılıkları biliniyorsa dallar üzerine yazılarak olasılık bilgisini taşır.

Bitiş noktası; dalların sonunda herhangi bir düğüm olmadığı dolayısıyla olayın gerçekleştiğini gösteren, dalın nihai sonucunu barındıran çizgilerdir. Ele alınan problemin yapısına göre fayda veya maliyetin yazıldığı bileşendir.

Karar ağaçları ifade edildiği gibi oluşturulurken soldan sağa bir yönde ilerlerken, karar ağacı çözümleri sağdan sola, yani fayda (maliyet) değerlerini barındıran bitiş noktasından kararın verileceği karar düğümüne doğru bir ilerleme söz konusudur. Bu ilerlemenin sebebi şans düğümlerinde değerlendirilen bitiş noktaları arasından en iyi beklenen değerler şans düğümlerine yazılarak, dallar ile takip edilir ve karar düğümünde en uygun çözüm ile karar vermenin gerçekleştirilmesidir.

Matematiksel bir teorem olan Bayes teoremi ile karar ağacı ve strateji matrislerinde sunulan alternatiflerin doğal durumlar karşısında elde edeceği değerlerin arasında bir tercih yapabilmek için kullanılır. Bayes teoremi sayesinde alternatiflerin beklenen değerleri hesaplanarak karar vericinin kararına yardımcı olur.

Ek bilgi ile karar verme kavramı, risk ortamındaki doğal durumların gerçekleşme olasılıklarının bilinmemesinden dolayı, Bayes teoremi ile alternatiflerin değerlendirmesi sonucu ortaya çıkan beklenen değer ile en iyi değer arasındaki maliyetin göz önünde bulundurulmasını içerir. Elde edilecek fark pozitif (+) değerli olarak bir sonuç olursa, tam bilgi için katlanılması gereken bir maliyeti göz önünde bulundurarak tam bilgi edinilebilir. Maliyet farkı eğer (-) çıkarsa beklenen değer en iyi beklenen değerden daha

iyi bir sonuç içerdiğini, dolayısıyla ek bir maliyete katlanılmasına gerek olmadığı anlamını taşır.

1.6. Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), karar teorisinin en yaygın olarak kullanılan yöntemlerini içeren bir sınıftır. Nitel veya nicel olabilecek karar kriterinin değerlendirilmesini, alternatifler arasından seçim yapılmasını, alternatiflerin gruplandırılmasını veya sıralanmasını sağlayan yöntemler içermektedir. Bu yöntemler optimum (en uygun) alternatifi belirlemeye dayalı karar problemlerinin çözümünde, karar vericiye farklı bakış açılarıyla yol göstermektedir. Günlük hayatta çok kriterli karar verme problemleriyle çok geniş bir alanda karşılaşılmaktadır. Örneğin, karar verici olarak bir müşteri, bir mal veya hizmet almayı istediğinde karar vermek için kendisine bazı kısıtlamalar belirleyecektir. Göz önünde bulunduracağı alternatifleri de bu belirlediği kriterlere göre değerlendirmek isteyecektir. Bu kriterler fiyat, tasarım, kullanım maliyeti, güvenlik, kullanım ömrü vb. farklı türde kriterler olabilmektedir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri karar teorisi ve karar analizinin temel bölümlerinden birisidir. Karar vericiye rehberlik amacı taşıyan karar sürecinde, birden fazla kriterin göz önüne alınarak, önceden belirlenmiş birçok alternatif arasından en iyi olanı seçmeye dayalı bir süreci çok kriterli karar verme yöntemleri sağlamaktadır. Bu yöntemlerin her birinde sayısal tekniklerden faydalanılır.

Alternatiflerin sayısal analizini içeren yöntemin uygulanmasında, alternatif ve kriterlerin belirlenmesi, kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi ve her bir alternatifin bütün kriterlere göre değerlendirilerek sıralamasının belirlenmesi aşamalarının izlenmesi gerekir (Triantaphyllou, 2000).

ÇKKV, matematik, yönetim, bilişim, psikoloji, sosyal bilimler ve ekonomiyi kapsayan alan bir disiplindir. Karar verme süreçlerinin gün geçtikçe çeşitlenmesi ve farklı disiplinlerde kullanılan karar verme süreçlerinin bir başka disiplin için de geçerli olabilmesinin farkındalığı sayesinde yöntemler ve uygulamalar daha da genişlemektedir. Kısıtlı bir alan veya örnek olabilecek tek problem için de birer yöntem geliştirilebileceği gibi, geçerliği geniş kapsamda olan yöntemler de bulunmaktadır. Bu yöntemler, karar vericiye optimum çözümü bulmak ya da uzlaşmacı bir çözümü sunmak adına çeşitli

basamaklar ve teknikler sağlamaktadır. Karar vericiyi sürecin merkezinde tutması karar vericiye ayrıcalıklar sunmaktadır. Her karar verici için aynı çözüme götüren alışlagelmiş yöntemler olmamasının yanı sıra karar vericiden öznel bilgiler de içerebilir. Tercih bilgisi olarak da bilinen öznel bilgiler, uzlaşmacı bir çözüm yolu arayan karar verici tarafından sağlanır (Ishizaka ve Nemery, 2013).

ÇKKV problemlerinde, önem taşıyan temel kavramlar öncelikle, hedefler ve hedeflere ulaşmayı sağlayacak olan kriterlerdir. Bu sebeple hedeflerin belirlenmesinde; karar verici açısından önemli olan konulara, ilgi ve endişelerine, hedeflerin tam olarak açıkladığı unsurlara ve hedeflerin nicel ya da nitel olabileme özelliklerine dikkat edilmesi gerekmektedir (Hammond vd., 1999).

Çok kriterli karar analizi, belirli yaklaşımlar sayesinde farklı problemlere yönelik çeşitli yöntemler geliştirilmesine olanak tanır. En genel tanımlamayla bu yaklaşımlar; tam toplama yaklaşımı, hedef, istek veya referans düzeyi yaklaşımı ve ikili üstünlük yaklaşımı olarak üç bölüme ayrılır (Ishizaka ve Nemery, 2013). Bu yaklaşımların genel tanımlamaları izleyen paragraflarda bulunmaktadır.

Tam toplama yaklaşımında, alternatifler her kriter için bir puan ile değerlendirilir. Elde edilen veya atanan bu puanlara, son aşamada farklı bakış açıları ve hesaplamalar ile farklı sonuçların elde edilebileceği genel bir puan sentezlemesi yapılır. Bu yaklaşımda, bir seçeneğin bir kritere göre değerlendirmesinde alabileceği kötü puan, başka bir kriter değerlendirmesinden alınacak iyi puan ile telafi edilebilmektedir. Dolayısıyla genel puanı iyi olan her seçenek tüm kriterlerin değerlendirmesinde de iyi olacağı anlamı taşıyamaz.

Tam toplama yaklaşımındaki bazı yöntemlerin kullanım sıklığı yüksektir. Bu yöntemler; AHP (Analytic Hierarchy Process – Analitik Hiyerarşi Süreci), ANP (Analytic Network Process – Analitik Ağ Süreci), MAUT (Multi-Attribute Utility Theory – Çok Özellikli Fayda Teorisi), MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique – Kategorik Temelli Değerlendirme Tekniği İle Çekicilik Ölçümü) ile özetlenebilir.

Üstünlük tabanlı yaklaşımda tam toplama yaklaşımından farklı olarak, bir seçeneğin bir kritere göre değerlendirmesinde aldığı kötü bir puan, başka bir kriter değerlendirmesinde alacağı daha iyi bir puanla telafi edilemez. Üstünlük tabanlı yaklaşım kapsamında diğer yaklaşımlardan farklı olarak, eşsizlik kavramına izin verilir. Eşitsizlik

kavramının taşıdığı anlam, seçeneklerin aldığı puanların aynı olması durumunda aynı davranışları taşıdığı veya gösterdiği anlamı çıkarılmamasını belirtir. Aslında bu yaklaşım ile seçeneklerin puanlarının değerlendirilen kriter haricinde bir anlam taşımadığı, dolayısıyla farklı bakış açılarına göre aynı değerlendirmelerin yapılmaması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu karşılaştırılmazlık sayesinde her seçeneğin eşsizliği söz konusu olabilmektedir.

Üstünlük tabanlı yaklaşımda sıklıkla kullanılan bazı yöntem ve yöntem aileleri bulunmaktadır. Bunlar; ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalit'e – Eleme ve Seçim Tekniği) yöntemleri ailesi, PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enriched Evaluation – Zenginleştirilmiş Değerlendirmeler için Tercih Sıralama Organizasyonu Tekniği) yöntemler ailesi, QUALIFLEX (QUALitative FLEXible – Nitel Esnek Değişken) yöntemi, ORESTE (Organisation, Rangement Et Synthèse De Données Relationnelles – İlişkisel Verinin Düzenlenmesi, Sıralama ve Sentezi) yöntemidir. ELECTRE ve PROMETHEE yöntemlerinin alt yöntemleri de bulunduğu için yöntem ailesi olarak nitelendirilir. Ayrıca tezin üçüncü bölümünde ELECTRE ve PROMETHEE yöntemleri daha detaylı sunulmuştur.

Son çok kriterli karar verme yaklaşımı, hedef, istek veya referans düzeyi yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, her kriter için bir ideal hedef belirlenir ve ideal hedef veya referans seviyesine en yakın seçenekler tanımlanır. Bahsedilen ideal hedef kavramı karar vericinin beklentisini karşılayacak veya tatmin edecek bir değer de olabilir, seçenekler arasındaki değerlerden en iyisi olarak da belirlenebilir. Bu konudaki farklılığı belirleyen unsurlar, ele alınan problemin yapısı ve karar vericinin tercihleridir.

Hedef, istek veya referans düzeyi yaklaşımında sıklıkla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri; TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution – İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği), Hedef Programlama (Goal Programming) ve Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)'dir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. İŞLETMELERDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

Hayatın her alanında artan bilgi ihtiyacının yanı sıra bilgiye ulaşma, saklama, paylaşma ve işleme için kullanılan bilgisayar teknolojilerinin önemi ve gereksinimi açık bir şekilde görülmektedir. Bilgisayar teknolojilerinin gelişiminin de hızlı bir biçimde artması sayesinde, bilgiyi elde etme, bilgiyi işleme süreçleri ve bu süreçlerde gelişmiş programların kullanımı da artmıştır.

Bilgisayar teknolojilerinin gelişiminin yanı sıra veri sayısının da artışı ile verilerin elde edilmesi, düzenlenmesi, saklanması, analiz edilmesi ve kullanıcının kolay ulaşabilmesi için çok sayıda sistemler oluşturulmuştur. Bunlar arasında özellikle planlama, uygulama amacıyla kullanılan sistemlerden birisi de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'dir.

Coğrafi bilgi sistemlerinin kavramsal boyutu ve tarihi düşünüldüğünde, ilk olarak bir sonuç ve ürün olan haritalardan başlamaktadır. Haritalar, elde edilen coğrafi bilginin sunulmak istenen kadarını somut bir sonuç olarak sunan ürünü ifade etmektedir. Çıktı olarak haritalar, kendi tarihsel sürecinin başlarında okunması ve yorumlanması harita kullanıcılarına bırakılacak biçimde bir görsel kaynak olarak kullanılmıştır. 1950'lerden sonra, bilgisayarların kullanımlarının artmasıyla görsel grafikler halini almaya başlamıştır. Bu sayede artık dijital ortamlarda sunulması, taşınması sağlanmıştır. 1960'larda da bilgisayar destek tasarımlar (CAD: Computer Aided Design) sayesinde amaca özel haritaların oluşturulmuştur. Amaca özel haritalar CAD'ler sayesinde de bilgisayar destekli haritacılık sistemleri tanımlanarak kullanılmaya başlanmıştır. 1970'lerin başından itibaren ise bilgisayar destekli haritacılık sistemlerinin yaygınlaşması ile harita ve haritacılık kullanımlarının artması sağlanmıştır. Tabii bu kullanım artışı bir veri yoğunluğunu beraberinde getirmiştir. Dolayısıyla veri boyutlarının yıllar içerisinde artması nedeniyle artık veritabanı yönetim sistemleri ile entegre olarak coğrafi bilgi sistemleri adını alacak bir tanıma, içeriğe ve kapsama ulaşmıştır. Coğrafi bilgi sistemleri tanımı başlangıçta sadece sayısal harita üretimi amaçlanarak ortaya çıksa da günümüzde artık işletme organizasyon yapısında bulunan tüm yapılarda kullanılabilir forma dönüşmüştür.

Coğrafi bilgi sistemleri, öncelikle coğrafi noktalarla ilişkilendirilmiş özel amaçlı dijital veritabanı oluşturulmasında, uzaktan algılama çalışmalarında, küresel konumlama sistemlerinde, bilgisayar destekli tasarılamada ve karar vermeyi destekleme sistemlerinde kullanılmaktadır. Günümüzde coğrafi noktalarla ilişkilendirilen verilerde yapılacak çalışmalarında sayıca fazla veri ve veri katmanlarının bulunmasının yanı sıra verilerin karmaşık olması, hızlı güncellenebilir olması, farklı disiplinlerdeki verilerin bir arada saklanması ve analiz edilmesi coğrafi bilgi sistemlerinin ve yazılımlarının önemini artırmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve yazılımlarının planlama çalışmalarında verimliliği artırdığı noktalar; bilgi yönetimi ve güncelleştirmelerinin verimli yapılması, işgücü, zaman ve hata sayılarının azalması, veriye ulaşım kolaylığı ve birden fazla kullanıcının eşzamanlı kullanımı, geçmiş verilerin saklanmasına altyapı sağlaması, sistemlerin güvenilirliği ve geliştirilebilir olması, belirli bir amaç ve kriterler doğrultusunda sorgulama ve analizler yapıp sonuçlar elde edilebilmesi biçiminde özetlenebilmektedir (Küpçü, 2015).

Coğrafi bilgi sistemlerinin etkinliği göz önünde bulundurulduğunda kullanım alanlarının geniş olması fark edilmektedir. Kısaca kullanım alanları; haritacılık, yer bilimi, şehir planlama, ulaşım planlama, telekomünikasyon, elektrik, doğalgaz ve su şebeke yönetimi, trafik yönetimi, tarım ve orman uygulamaları, afet yönetimi, doğal kaynaklar yönetimi, bankacılık ve sigortacılık, arazi ölçme değerlendirme, varlık yönetimi, belediye, sağlık, eğitim, maden ve sanayi sektörleri ve ekonomidir (Küpçü, 2015).

Çeşitli ve geniş bir uygulama alanında etkin rol oynayan coğrafi bilgi sistemleri çalışmaları ile işletmeler açısından kullanım örnekleri de sıkça karşılaşılabılır. İşletmeler açısından doğru yatırımlar için işletme yeri seçimi, hedef kitleye ulaşmak için müşteri sınıflandırması, üretim ve dağıtım işletmeleri açısından rota belirleme çözümleri, işletmeler arası rekabeti yakalamak için rekabet analizleri genel olarak sıklıkla karşılaşılan çalışma alanlarıdır.

Coğrafi bilgi sistemleri tarihsel süreci içerisinde, teknolojik gelişmeler ile elektronik ortama yönelerek ürün çıktısı elde etme temelinde başlamasına karşın günümüzde bir bilgi sistemi olması nedeniyle geniş kapsamının da açıkça ifade edilmesi gerekmektedir.

2.1. Coğrafi Bilgi Sisteminde Temel Kavramlar

Bir iş veya ürün sürecinin tüm aşamalarındaki işlerin yapılması için gereksinim duyulan bilgiyi toplayan, işleyen, depolayan ve çıktı olarak sunan ilişkili bileşenlerin oluşturduğu yapı bir bilgi sistemidir. Coğrafi bilgi sistemleri de dünya yüzeyinin bir bölümünün mekansal ve öznitelik bilgilerini, jeobilim, ekonomi ve ekoloji bulgularıyla tanımlayarak verilerin elde edilmesini, depolanmasını, analiz edilmesini ve görselleştirilmesini sağlayan bir bilgi sistemidir (Bartelme, 2012; Pick, 2005).

Bir bilgi sistemi olarak coğrafi bilgi sistemlerinin süreç içerisinde işleyişini, ele alınan problemi çözüm amacı doğrultusunda coğrafi verilerin işlenmesi ile mekansal analizler gerçekleştirmektir. Bu nedenle mekansal analizlerde kullanılacak tüm girdilerin coğrafi veri yapısına uygun olarak tanımlanması önem taşımaktadır.

Mekansal analizlerde her coğrafi özelliğin, ne olduğunu tanımlayan, özelliğinin ne olduğunu belirten, varsa bir büyüklüğü temsil edilen, bir veya daha fazla özniteliği vardır. Yapılan analiz türüne göre her coğrafi özelliğin öznitelik türü farklılaşabilir. Özniteliklerin türlere ayrılması araştırmaya konu olan verinin anlamlı olması ve yönetilmesi amacıyla özelliklerin ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Ölçeklendirme kullanılması ortak coğrafi özellikleri belirlemeyi, özelliklere göre sahip olan değerler arasında bir ilişki sırası kurmayı, benzer değerleri taşıyan özelliklerin belirlenmesi vb. gibi amaçlarla gerçekleştirilebilir. Bu farklılaşan öznitelik türleri sınıf, sıra, sayı, miktar ve oran olarak belirlenebilir (Mitchell, 2020).

Belirlenecek özniteliğin hangi türde olması gerektiğini araştırmacı belirleyecektir. Bu nedenle öznitelik türlerinin farklılıklarının bilinmesi büyük önem taşımaktadır.

Sınıf türü: verinin yönetilmesini ve anlamlandırılmasını sağlayan, hem sayısal hem de metin değerlerini içerebilen, benzer nesnelere gruplanmasını ifade etmektedir.

Sıra türü: coğrafi özelliğe göre atanan değerlerin, diğer değerler ile sıralanmasına imkan tanıyan öznitelik türüdür. Sıra türü, çoğunlukla özellikleri iyiden kötüye, yüksekten düşüğe doğru sıralar. Sıra türündeki değerler, doğrudan ölçümlerin zor olduğu durumlarda sayısal içeriğin sadece temsil edildiği durumlarda kullanılır.

Sayı türü: bir harita katmanındaki coğrafi verinin nitelik sayısını ifade eden öznitelik türüdür.

Miktar türü; özelliğe atanan değerler bir özelliğin içerdiği miktarı ifade eden sayıları ifade eden türdür. Burada sayı türü değerleri ile miktar türü değerleri matematiksel olarak aynı gibi görünse de ölçeklendirme açısından ve coğrafi bilgi sistemlerindeki öznitelikleri farklılaştıran türlerdir. Dolayısıyla miktar türü sayı türünden ayrı bir nitelik türü olarak değerlendirilmektedir.

Oran türü; büyük ve küçük alanlar veya çok özelliği olan ve az olan alanlar arasındaki farklılıkları ortadan kaldırarak harita özelliklerin dağılımını daha doğru bir biçimde gösterilmesini sağlayan, iki nicelik arasındaki ilişkiyi gösteren öznitelik türüdür. Sınıf ve sıra türleri değerleri süreksiz değerler alırken, sayı, miktar ve oran türlerinin değerleri sürekli değerler almaktadır.

Mekansal analizlerdeki ayırt edici olan özellik, analiz sonuçlarının nesnelere konumlarına ve niteliklerine bağlı olmasıdır. Mekansal analiz sonuçlarının, niteliklerin mekansal dağılımının yeniden düzenlenmesinde veya mekânsal yapının yeniden yapılandırılmasında farklı olmaktadır (Goodchild ve Haining, 2004). Bunun yanı sıra mekansal analiz, durumlar arasındaki mekânsal ilişkileri veya etkileşimleri tanımlayan veriler hakkında varsayımlarda bulunmalı veya bunlardan yararlanmalıdır (Goodchild ve Haining, 2004).

Coğrafi bilgi sistemi ve mekansal veri analizi, mekansal veri matrisi ile ilişkilidir. Kavramsal olarak mekansal veri matrisi, satırların vakalara ve sütunların her durumda ölçülen niteliklere atıfta bulunduğu, son sütunların da mekansal referansları sağladığı satır ve sütunlardan oluşur. Uygulamalı anlamda mekânsal veri matrisinin yapısı ve içeriği, coğrafi gerçekliğin bazı bölümlerinin yansıtıldığı ve temsil süreçlerinin gösterimidir. Başka bir anlamda mekansal veri matrisi, mekansal veri analisti için başlangıç noktası veya girdi olarak nitelendirilir (Goodchild ve Haining, 2004).

Coğrafi bilgi sistemleri, temel olarak veri toplama, yönetim, analiz ve sunum olarak fonksiyonel dört ana içerik barındırır. Veri toplama fonksiyonunda aktif, pasif algılayıcılar, navigasyon algılayıcı veya uzaktan algılama çeşitleriyle veriler elde edilir. Yönetim fonksiyonunda sistemin güncellenmesi, yapı oluşturulması, koordine edilmesi, verilerin depolanması, kontrol edilmesi, arşivlenmesi ve transfer edilmesi fonksiyonları bulunur. Analiz fonksiyonunda gün geçtikçe yeni ve farklı analizler eklense de geometrik analizler ve topolojik analizler temelinde analiz çeşitleri artmaktadır (Bartelme, 2012).

2.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Temel Bileşenleri

Bilgi sistemlerinin genel yapısı gereği, verinin bilgiye dönüşmesi sürecinde gerekli olan tüm donanım, yazılım, yöntem, veri ve personel bileşenlerinin her biri önem taşımaktadır. Sürecin devam başlangıcından itibaren verinin temizlenmesi, düzenlenmesi, işlenmesi, depolanması ve analiz edilmesinde her bilgi sisteminde bu bileşenlere farklı düzeylerde yoğunluklar atfedilir. Kastedilen yoğunluk işleyişteki etki düzeyi ve önem olarak ifade edilebilir.

Bir bilgi sistemi olarak coğrafi bilgi sistemleri de aynı bileşenler ile anlam kazanmaktadır. Ancak en genel bir tanımlama ile özetlenecek olursa; coğrafi bilgi sistemleri, coğrafi olarak nitelendirilen verilerin bir ortamda eşlenerek bir amaç doğrultusunda sorgulanarak analiz edilmesini bir personel aracılığıyla sağlayan bir bilgi sistemidir. Dolayısıyla coğrafi bilgi sistemlerinin temel beş bileşeni de donanım, yazılım, personel, yöntem ve mekansal veridir (Küpçü, 2015).

Donanım ve yazılım bileşenleri; bir bilgi sisteminin işleyişindeki süreçlerin izlenebilmesini sağlayacak materyallerin ve bu materyallerin kullanımlarını tüm sistem kullanıcılarına sunabilecek bir arayüz yeterliliklerini ifade etmektedir. Bu kapsamda yeterli donanım ve bu donanıma kullanım sağlayacak yazılım uygulamaları, hem veri girişi hem de bilgi çıktısını tüm sistem personeli ve birimine ulaştırma konusunda önem taşımaktadır.

Personel bileşeni; donanım ve yazılım bileşenleri coğrafi bilgi sistemlerinin belirlenen amaçlar doğrultusunda elde edilen verilerin analizini gerçekleştirmek için yeterli bilgisayar donanımı ile CBS yazılımını çalıştırmasını ve tüm bu işlemlerin de gerçekleşmesini sağlayacak personeli kullanıcılarını ifade etmektedir.

Yöntem bileşeni; mekânsal verilerin hangi amaçla analiz edileceğinin belirlendiği ve analizin gerçekleştirildiği süreci tanımlamaktadır.

Mekansal veri bileşeni; konum, alan, istatistik, ölçü, atama değerleri vb. gibi verilerin coğrafi noktalar ile ilişkilendirilmiş olarak birlikte değerlendirildiği veri türünü ifade eder. Coğrafi bilgi sistemleri bileşenleri arasındaki en önemli görülen bileşen mekansal veri bileşenidir. Çünkü coğrafi bilgi sisteminin temelinde araştırılan problemin amacına en uygun sonuç veya sonuçlar kümesini sunmayı sağlayacak olan doğru girdiyi sağlayacak olan bileşendir.

2.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Mekansal Veri ve Veri Türleri

Bileşenlerden mekansal veri, coğrafi bilgi açısından katkısını birbirinden ayırılan veri türleri ile sağlamaktadır. Bu konuda analizde kullanılacak veri türünün önemi elde edilen verinin kaynağı ve saklanması konusunda sağladığı faydalar açısından farklılaşmaktadır. Mekansal veri türleri coğrafi bilgi sistemlerinde iki tip olarak tanımlanır; bunlar raster (matris, ızgara) ve vektörel veri tipidir.

Vektörel veri; bilgisayar ortamlarında oluşturulan nokta, çizgi ve poligonlar (eğriler) aracılığıyla koordinat sistemi üzerinde ifade edilen, başlangıç, bitiş ve aralarındaki tüm noktalarının koordinatlarının gerçek dünya koordinatlarıyla belirli olan veri türüdür.

Raster veri; uydu görüntüleri, hava fotoğrafları veya harita paftaları gibi çıktılarda yer alan verilerin bilgisayar ortamına aktarılması ile oluşturulan resim verileridir. Raster verilerin boyutları ve kalitesi dpi (dot per inch- her inç için nokta sayısı) ile belirtilir. Nokta sayısı arttıkça veri büyüklüğü ve resim kalitesi artar.

Vektörel veriler ayrıntıları yakalamak ve depolamak için avantaj sağlarken, raster veriler daha az depolama yeri açısından avantaj sağlamaktadır. Bu iki veri türünün farkını en iyi özetleyebilecek örnek, Şekil 2.1. ile gösterilebilir.

Şekil 2.1. Vektör Veri ve Raster Veri Karşılaştırması



Şekil 2.1.'de MS Word ortamında Times New Roman yazı türü ve 88 puntoluk yazı tipi boyutu formatı ile yazılan bir A harfinin iki farklı gösterimi bulunmaktadır. Soldaki A harfi direkt MS Word yazılımının arayüzü görüntüsü iken, sağdaki A harfi ekran görüntüsü alınarak eklenmiş bir resim görüntüsüdür. Soldaki A harfinin kenarları bir bütün olarak görünmesine karşın sağdaki A harfinin kenarlarında bütünlük bozulmuş, karelerin birleşimi olarak görünmektedir. Dolayısıyla bilgisayar ortamında oluşturulan veri (soldaki A harfi) vektörel veri örneğini, bir resim verisi (sağdaki A harfi) raster veri örneğini bizlere sunmaktadır. Ayrıca vektörel veri ve raster verilerin bilgisayar ortamında kapladıkları boyutlar arasında da farklar bulunmaktadır. MS Word ortamında sadece A harfinin yazılarak oluşturulan bir belge, bilgisayarda 12 kb'lık bir boyutta yer kaplamakta iken, aynı harfin “.png” uzantılı resmi 3 kb'lık bir boyutluk yer kaplamaktadır. Temel farkları sunulan vektörel ve raster veri türleri mekansal analizlerde birbirlerine göre avantajlar sunmaktadır.

2.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Temel Analizler

Coğrafi bilgi sistemlerindeki temel analizler en geniş haliyle yüzey, yakınlık ve ağ analizleri olmak üzere üç başlık biçiminde sınıflandırılabilir. Bu analizlerin her biri sorgulamalar için kullanılabilen analizlerdir.

Yüzey analizleri, sayısal arazi ve sayısal yükseklik modelleri sayesinde, katman haritasındaki iki nokta arasındaki mesafenin hesaplanması, alan ve hacimlerin hesaplanması, eğim açısından kıyaslamaların yapılması, belirlenen bir alanın farklı açılardan görselleştirilmesi ve hatta belirlenen alan üzerinde sanal uçuş yapılabilmesi gibi tüm yüzey bilgilerine göre haritanın incelenmesine olanak sağlar.

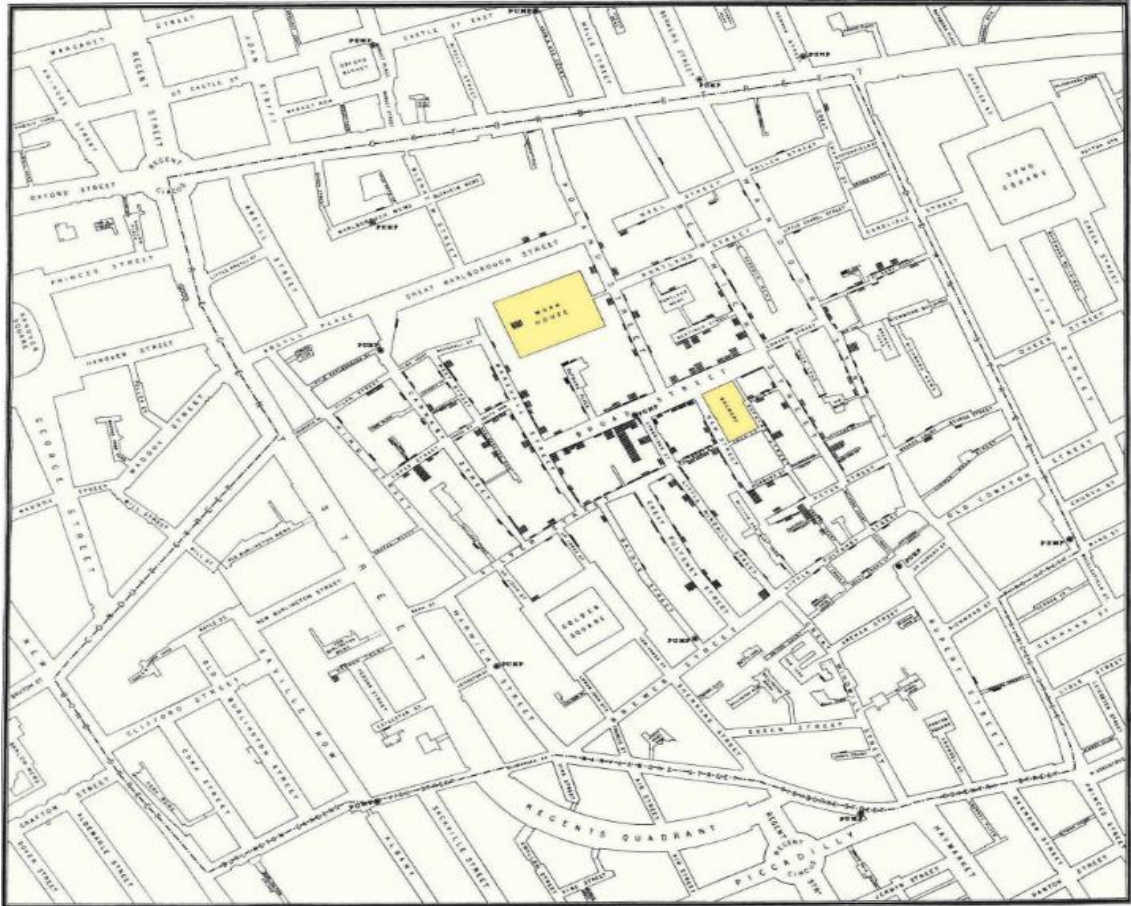
Yakınlık analizleri ile bir haritadaki veri türleri olan nokta, çizgi veya poligona mesafe, zaman, miktar vb. yakınlıkları belirlenir. Tampon analizi ile gerçekleştirilen bu analizlerde, belirlenen birime belirlenecek birimdeki yakınlıklar dış sınırları gösterilerek sorgulamalar gerçekleştirilebilir. Örneğin nehir yataklarına yakın imar alanlarının belirlenmesinde, nehir yatağı orta noktasından her iki yöne (sağ ve sol) doğru 100'er metrelik alanların taşma riski yüksek olarak belirlenerek imar dışı ya da afet ihtimalinde ilk boşaltılacak alanlar olarak nitelendirme, yapılandırmalar gerçekleştirilebilir.

Ağ analizleri aracılığıyla en kısa yol, rota belirleme, altyapı çalışmaları, dağıtım yön ve hatları, toplanma noktaları, belirli noktaya yönlendirme, ulaşılabilirlik analizleri gibi analizler gerçekleştirilebilmektedir. Seyahat işletmelerinin seyahat zamanı belirlemesi, kargo dağıtım işletmelerinin dağıtım güzergahı belirlemesi, elektrik dağıtım işletmelerinin elektrik dağıtım hatları ve iletim kayıpları belirleme vb. çalışmalar ağ analizleri örnekleridir.

2.5. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde İstatistik

Coğrafi bilgi sistemleri ile istatistik biliminin ortak çalışmalarının tarihçesi düşünüldüğünde, J. Snow tarafından Londra’da yaşanan kolera salgınına ilişkin bir harita sunduğu çalışma olduğu bilinmektedir. Snow, kolera hastalarının yaşadıkları adreslerin dağılımını, yoğunluklara göre gösteren bir harita (Şekil 2.2.) sunmuştur.

Şekil 2.2. J. Snow’un Sunduğu Kolera Salgını Haritası



Kaynak: Snow, J. (1856). On the mode of communication of cholera. Edinburgh Medical Journal.

Mekansal analizlerde istatistiğin kullanımı ile farklı tanımlanabilen bazı yöntemler de bulunmaktadır. Bu yöntemler Er (2021) tarafından dört ana başlıkta genelleştirilmiştir. Oluşturulan gruplar istatistiksel yaklaşımda kullanılan veri türü ve modellemelerine göre yapılmış olup bu gruplar; nokta verisi, poligon (alan) verisi, sürekli değişken verisi ve mekansal modellemedir.

Nokta verisi grubu tekniklerinde, coğrafi nokta verilerinin araştırma bölgesindeki kümelenme, ayrık dağılım ve rassal dağılım gösterme durumlarının var olup olmadığı analiz edilir. Ayrıca iki boyutlu bir düzlem ile oluşturulan kartezyen gösterim ile verilerin bir örüntü oluşturup oluşturmadığı araştırmaları da gerçekleştirilir.

Poligon verisi grubu teknikleri çalışmalarında araştırma alanı araştırmacının belirlediği kriterlere göre alt bölgelere bölünerek varsa bölgeler arası ilişkiler, etkileşimler ortaya çıkarılır. Bu teknikler ile mekansal bağımlılık, mekansal heterojenlik ve mekansal otokolerasyon kavramlarının varlığı üzerinde durulur.

Sürekli değişkenler verisi grubu teknikleri ile gerçekleştirilen çalışmalarda genellikle çalışma alanını belirli bölgelerinden elde edilen sürekli değişkenlere ait ölçüm değerleri ile çalışma alanının tamamına dair tahminler yapılır.

Mekansal modelleme yaklaşımında konum verisi bulunan bir mekansal veri birimi için çeşitli niteliklerin tahmini adına, belirlenen birimin bulunduğu bölgeye dair özellikle ekonometri çalışmaları gerçekleştirilir. Belirlenen birimin bulunduğu bölgede mekansal bağımlılık ve mekansal otokolerasyon analizleri gerçekleştirilir.

Coğrafi bilgi sistemlerinin istatistiksel araştırmalarda konum verisi haricindeki tüm diğer değişkenlere ilişkin grafiksel gösterimler istatistiksel grafikler ile sunulabilmektedir. Bu harita ve grafiksel gösterimlerden bazıları, Choropleth haritası, Cartogram haritası, Saçılım grafiği ve Isı haritalarıdır. Bu gösterimler aslında coğrafi bilgi sistemlerindeki tematik haritalardır.

Betimleyici istatistiğin, mekansal analizlerde kullanıldığı çalışmalarda sıkça karşılaşılan bazı teknikler bulunmaktadır. Sık karşılaşılan bu teknikler; ortalama merkez, standart uzaklık ve diğer uzaklık ölçüleridir.

Ortalama merkez tekniğinde, noktasal örüntü içeren coğrafi verilerin bir merkezinin var olup olmadığı, varsa düzlemde hangi koordinatlara denk geldiğinin araştırması

gerçekleştirilir. Bu teknik ile yapılacak merkez nokta araştırmaları istatistikte kullanılan ortalama yaklaşımları ile ele alınabilir.

Standart uzaklık tekniğinde, ortalama merkezin var olduğu noktanın bir orijin olarak referans alınır. Tüm noktasal coğrafi verilerin de orijine olan standart uzaklığı belirlenebilir. Bu standart uzaklıklar ile verilerin aykırı olup olmadığı betimlenebilir.

Benzer biçimde birbirine yakın olan noktasal örüntü verilerinin de gözlemlenen nitelikler açısından benzerlikleri araştırılır. Birbirine yakın ya da uzak noktalar olarak ifade edilmeleri için bazı ölçülere gereksinim duyulur. Bunlar; Havershine uzaklık ölçüsü, Öklid uzaklık ölçüsü ve Manhattan uzaklık ölçüsüdür.

2.6. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanım Alanları

Coğrafi bilgi sistemleri jeoloji, meteoroloji, iklim, biyoçeşitlilik, çevre bilimi ve afet yönetimi, tarım ve gıda, turizm, suç araştırmaları, sağlık, sosyoloji, psikoloji, antropoloji, şehir planlama, arkeoloji, eğitim, işletme ve ticari faaliyetler, istatistik ve teknoloji gibi çalışma alanlarında etkin olarak kullanılmaktadır.

Coğrafya bilimi sayesinde yeniden tanımlanan, kapsamı ve tanımlamaları genişletilen jeoloji ve jeomorfoloji bilimi ile coğrafi bilgi sistemlerinin ortaya çıkışı sağlanmışır. Hayatın başladığı ve devam ettiği dünyamızda ortaya çıkan dinamiklerin tanımlanması ve gelecek tahminlemesinin yapılabilmesi ile ortaya çıkan coğrafi bilgi sistemleri yeryüzünü daha doğru haritalandırmak, analiz etmek ve yeni öngörülerin yapılabilmesini mümkün kılmaktadır. Aynı zamanda yeryüzünün su kütlesi ve hidrolojik döngüsü konusunda çalışmalar ile hidroloji alanında da uygulamalar bulunmaktadır.

Meteoroloji ve iklim çalışmalarında coğrafi bilgi sistemleri, hava koşullarının değişkenliğine ilişkin verilerin saklanması, analiz edilmesi, yeni tahminlerde bulunulması, afet ihtimallerinin öngörülmesi, ani şartların tespit edilmesi, kurak bölge şekillerinin ve buzul bölgelerin topografyasının oluşturulması ile meteoroloji ve iklim çalışmalarında etkin olarak kullanılmaktadır.

Dünyamız canlılarının bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar olarak coğrafi bilgi sistemleri ile tematik haritalanması, çeşitliliğin gösterilmesi, sınıflandırılması ve analiz edilmesi sayesinde özellikle bitki ekolojisi çalışmalarında, orman ve yaban hayatın

korunması çalışmalarında etkin olarak kullanılmaktadır. Bu sayede dünya genelinde biyoçeşitlilik konusunda ayrılmış birçok coğrafi bilgi sistemleri portalları bulunmaktadır.

Çevre yönetiminde çeşitli etmenlerin bir arada bulunmasından dolayı coğrafi bilgi sistemleri çalışmaları yoğun ve kapsamı olarak uygulanmaktadır. Özellikle hava, su, toprak kirliliği araştırmaları, kıyı alanları yönetimi, çevresel etki değerlendirmelerinin yapılması, yerleşim ve sanayi alanlarının genişlemelerinin takip edilmesi, kimyasal, biyolojik, katı vb. atıkların toplanma ve depolanma faaliyetlerinin kontrol edilmesi gibi konularda analizler yapılarak çevre yönetiminde karar verilmesinde etkin rol oynamaktadır. Benzer biçimde afet yönetimi de çevre yönetimi kapsamında değerlendirilerek, öngörülebilir afet sonuçları çalışmalarında, risk yönetimi ve olası afet olayları sonucunda etki analizinin yapılmasında, müdahalenin sağlanmasında, gerekli lojistiğin sağlanmasında yoğun olarak coğrafi bilgi sistemleri fonksiyonları kullanılmaktadır.

Çoğu ülkenin ekonomisi açısından büyük öneme sahip olan tarım alanında coğrafi bilgi sistemleri çalışmaları aktif olarak kullanılmaktadır. Özellikle hassas tarım, gerçek zamanlı haritalama, teşvik belirleme, gelecek gıda ihtiyacına yönelik talep karşılama, hastalık takipleri, organik tarım alanı tespiti, toprak analizleri konularında önemli katkı sunmaktadır. Ülkemiz ekonomisinde büyük öneme sahip olan turizm alanında da coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı özellikle, turizm kaynak envanterleri, geliştirmeye uygun yerlerin belirlenmesi ve planlanması, turizm etkilerini analiz edip sunma, ziyaretçi yönetimini sağlama, potansiyel gelişimin etkilerini değerlendirme alanlarında kullanılmaktadır (Gümüş vd., 2020).

Eğitim ve sağlık alanındaki coğrafi bilgi sistemleri kullanımları ülkenin mevcut politikaların değerlendirilmesi ve yeni politikaların oluşturulması ile yeni yatırımların planlanması açısından büyük önem arz etmektedir. Eğitim alanındaki uygulamalar özellikle öğrenci merkezli öğretimin ve öğretmen merkezli öğretimin sağlanması, eğitim planlamalarında bölgesel farkların ortaya konulması ve çözüm aranması, ihtiyaçların belirlenmesi ve çözüm sunulması özetlenebilir. Sağlık alanındaki uygulamalar ise özellikle salgın, kronik, kanser hastalıkların belirlenmesinde, ölümlerin ilişkilendirilmesi ve oranların hesaplanmasında, mutluluk, refah alanların belirlenmesinde, sağlık hizmetlerinin etkililik, erişilebilirlik ve verimlilik analizlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır (Günay Aktaş vd., 2020).

İstatistik alanındaki coğrafi bilgi sistemleri analizleri, mekânsal veri analizlerinin gerçekleştirilmesi konusunda yoğunlaşmaktadır. İlgili mekânsal istatistik analizler, ortalama merkez, değişkenlik, standart uzaklık ve uzaklık ölçüleri olarak özetlenebilir. Ayrıca Choropleth haritası, cartogram, saçılım ve sembol grafikleri ve ısı haritaları ile de mekânsal istatistik verilerinin gösterimleri yapılabilmektedir (Sönmez vd., 2021).

Teknoloji alanındaki coğrafi bilgi sistemleri kullanımları günümüzde özellikle konum tabanlı uygulamalar, büyük veri araştırmaları, nesnelerin interneti ve blokzincir alanındaki çalışmalarla yaygın olarak gözlemlenmektedir (Günay Aktaş vd., 2020).

2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri Yazılımları

Coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarının yapılmasında, veri girişi, veritabanı oluşturma, verilerin birbiriyle ilişkisi ve analizleri için çeşitli yazılımlar bulunmaktadır. Yazılımlarda temel işlemler için ortak yapılar bulunmasına karşın bazı yazılımlar belirli amaçtaki ihtiyacı karşılamak amacıyla özelleşmektedirler. Tezin bu bölümünde genel olarak yazılımların isimleri sıralanacak olup, tezin uygulama bölümünde kullanılan ArcGIS ve NETCAD yazılımları kısaca tanıtılacaktır.

Genel olarak yazılımlar; ArcGIS, QGIS, ARGUS, Global Mapper, NETCAD, AutoCAD Map, Map Source, Microstation GeoGraphics, GeoEngineering, Intergraph MGE, GeoMedia, MapInfo, MapX, SpatialWare, Maptitude, Landmarks Graphics, Geo-dataWorks, Caris, IDRISI, Grass, EGHAS olarak sıralanabilir.

Çalışmada kullanılan ArcGIS yazılımı, 1969 yılında kurulan ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.) tarafından geliştirilen bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır. Yazılımların kullanım yoğunluğu açısından en yaygın kullanım oranına sahip olan yazılım ArcGIS'dir. Yazılımın yaygınlığı sayesinde öğrenmesi konusunda hem kendi platformundan hem de diğer platformlardan kolayca zengin içerikler bulunmaktadır. Bu nedenle tezin uygulama bölümünde de ArcGIS yazılımı tercih edilmiştir.

ArcGIS genel olarak analitik yöntemler, mekânsal analizler, saha faaliyetleri, 3 boyutlu haritalandırma ve analizler, görüntü algılama, uzaktan algılama, veri toplama, veri yönetimi ve veri analizi konularında faaliyetlerin gerçekleştirilebileceği bir yazılımdır (ESRI).

Tezin uygulama bölümünde kullanılan diğ er bir yazılım olan NETCAD yazılımı, 1989 yılında Ankara'da kurulan mekânsal verilerin iş lenmesine ilişkin olarak ilk yerli yazılım firması olarak kurulmuştur. Yıllar içerisinde milli haritacılık yazılımı haline gelmiştir. Bu nedenle kamu kurumlarının neredeyse tümünde bu yazılım kullanılmaktadır.

Modüler yapıya sahip olan NETCAD yazılımında, haritalandırma, planlama, peyzaj, inşaat ve mimarlık çalışmaları yapılabilen, CAD fonksiyonları temelinde çalışan bir yazılımdır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ÜSTÜNLÜK TABANLI YÖNTEMLER

Karar ve karar vermenin sağladığı fayda, bir nicel fonksiyonla ifade edilen tercih modellerine dayanabilir. Elde edilen fayda benzer biçimde ÇKKV çerçevesinde, çok nitelikli ve çok amaçlı programlama yöntemlerinin çoğunda da geçerlidir. Bu modellerin kendilerine ait avantajları bulunmasına karşın temel olarak karşılaştırmaları hariç tutarak karar alternatiflerini sıralamak ya da optimum olarak ifade edilen en iyi değeri bulmayı kolaylaştırmaktır. Üstünlük tabanlı yaklaşım matematikteki aksiyomatik kuram temelleri olmadığı için sıklıkla eleştirilmiştir. Ancak karar problemi çözümünün nihai kararı, yöntemin matematiksel özellikleriyle değil de ilk problemin özellikleriyle çözüm arandığından emin olma beklentisini üstünlük tabanlı yaklaşımlar açıklayabilir.

Üstünlük tabanlı metotların kullanılmasına ilişkin bir diğer yaklaşımda, karşılaştırmaları kabul etmeyen yöntemlerin bilginin elde olan yönlerine işaret eden tercih modelleri üzerinde kısıtlı çalıştığını vurgulamaktadır. Karşılaştırılmazlıkları içeren tercih modellerinde kısıtlı kalmak da bazen bilim adamlarına engel olmaktadır.

Üstünlük tabanlı metotların kullanılmasının beklenildiği durumlar genellikle; en az bir kriter nicel olmadığı durumlar, farklı kriterlerin birimleri çok heterojen olduğu ve bunları ortak bir ölçekte kodlamanın çok zor veya yapay olduğu durumlar, bazı kriterlerdeki kazançlar ile diğer kriterlerdeki kayıplar arasındaki farkın telafi edilmesinin zor olduğu durumlar ve bazı tercih veya veto eşiklerinin dikkate alınması gerektiği durumlardır.

Üstünlük tabanlı yaklaşım ve metotları çoğu zaman çok nitelikli karar verme yaklaşımı veya çok amaçlı karar verme yaklaşımları ile karşılaştırılır. Her yaklaşımın avantajları, dezavantajları ve ilgili uygulama alanları olduğu için bu karşılaştırmanın pek bir anlamı yoktur. Belirli bir problemle karşı karşıya kalındığında, bilim insanının veya karar vericinin rolü, problemin çözümünde ilerlemek için uygun yaklaşımların ve araçların kombinasyonlarını kullanmaktır. Dolayısıyla üstünlük tabanlı metotlar diğer yaklaşımları tamamlayıcı rol üstlenen bir yaklaşımdır.

Üstünlük tabanlı yöntemlerin temel ortak özelliği, belirlenecek olan tüm alternatifleri, ikili ilişkileri değerlendirerek karşılaştırmak ve önerileri elde etmek için bu ikili ilişkileri uygun bir şekilde kullanmaktır (Greco vd., 2016).

Üstünlük tabanlı yöntemler, merkezinde toplam değer fonksiyonunun bulunmamasından dolayı toplam değer fonksiyonu yaklaşımlarından farklılaşmaktadır. Bir analiz sonucu her alternatife bir değer belirlemek değil, alternatifler arasındaki üstünlük ilişkisini ortaya koymaktır. Bir a alternatifi için, bir sorunun ve karar vericinin tercihlerine ilişkin mevcut tüm bilgilerin göz önüne alınarak, bir b alternatifinin daha üstün olduğuna dair bir kanıt sunulmayana kadar a 'nın en az b kadar iyi ve güçlü olduğu söylenir (Belton ve Stewart, 2002).

Üstünlük ve karşılaştırılabilirlik ilişkisi kavramı, gerçek hayatta karşılaşılan somut problemlerle ortaya çıkmıştır (Roy, 1991). Üstünlük tabanlı yöntemler çeşitli kriterler üzerinde değerlendirilen alternatifler arasında genellikle bir üstünlük ilişkisi kurularak birer tercih ilişkisi oluştururlar (Bouyssou, 2009).

ELECTRE yöntem ailesi ve PROMETHEE yöntem ailesi başta olmak üzere üstünlük tabanlı metotların seçim durumu veri çeşidi ve yapısına göre belirlenmektedir. Literatürde bazı kaynaklar üstünlük tabanlı metotların, uyumluluk-uyumsuzluk analizi yöntemleri, ikili kriter karşılaştırma yaklaşımı yöntemleri ve stokastik veriye uygun yöntemler olmak üzere üç kategoride ele almaktadır (Greco, Ehrgott, ve Figueira, 2016). Ancak stokastik veri türündeki yöntemler bazı kaynaklarda ayrı bir kategori olarak değerlendirilmeyip uyum-uyumsuzluk analizi yöntemleri kapsamındadır. Uyumluluk-uyumsuzluk analizi kapsamındaki yöntemlerde, dikkate alınan ölçütlere ve alternatiflerin bu ölçütlere göz önünde bulundurularak elde edilen kapsamlı sıralamalarına göre sıralamaları arasındaki uyum-uyumsuzluk analizini araştırması gerçekleştirilir.

Kendine özgü özellikleri bulunan ikili kriter karşılaştırma yöntemleri, iki adımda uygulanır. İlk adımda her ikili, bir eylem çiftini temsil edecek şekilde problemde ele alınan iki kritere göre karşılaştırılır ve kısmi tercih endeksleri oluşturulur. İkinci adımda ise tüm kısmi tercih indeksleri, genel indeksler ve ikili ilişkileri elde etmek için toplanır. Bu sayede karar vericiye nihai tavsiyeler sunar.

Çok kriterli karar verme problemlerinde üstünlük metotlarından ELECTRE ve PROMETHEE yöntem aileleri tezin uygulama başlığındaki analizlerde kullanıldığı için, sadece bu yöntemler izleyen kısımda açıklanmıştır.

3.1. ELECTRE

İlk olarak Bernard Roy'un 1965 yılında bir konferansta sunduğu ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité – Eleme ve Seçim Tekniği) yöntemi, işletmelerde kararı verilecek yeni etkinliklere ilişkin çok kriterli ve gerçek hayat problemlerinde kullanılması amacıyla geliştirilmiştir. Yöntemin temel amacı, alternatifler arasında tüm kriterlere göre ayrı ayrı değerlendirilerek ikili kıyaslamalar yapmak ve bu sayede üstünlük ilişkilerini belirlemektir.

A_i ve A_j alternatiflerinin $A_i \rightarrow A_j$ olarak gösterilen üstünlük ilişkisi, i . alternatifin j . alternatife nicel olarak üstünlük göstermese bile karar vericinin A_i alternatifinin A_j alternatifinden daha üstün olduğuna karar verme riskini göze alabileceğini gösterir. Yöntemin ilk aşaması her bir kriter için alternatiflerin ayrı ayrı üstünlük kıyaslaması ile başlar. $g_i(A_j)$ ve $g_i(A_k)$ olarak gösterilen A_i ve A_j alternatiflerinin fiziksel veya parasal değerlerini kullanarak $g_i(A_j) - g_i(A_k)$ denkleminde elde edilen eşik değeri ile karar verici, alternatifler arasında kararsız kaldığını, iki alternatiften birinin seçimi hakkında zayıf veya kuvvetli bir tercihinin olduğunu veya bu tercih ilişkilerinden hiç birine sahip olmadığını açıklayabilir. Bu nedenle alternatiflerin ikili üstünlük ilişkiler kümesi tam veya eksik olabilir. Bu durum, tercih edilebilirliğin üstünlük ilişkisi olarak adlandırılır. Daha sonra karar vericiden kriterlerin birbirine göre kısmi önem derecelerini belirlemek için kriterlere ağırlık veya önem derecesi ataması yapılması beklenir (Triantaphyllou, 2000).

ELECTRE yöntemi alternatiflerin üstünlük ilişkilerinin birbirini izleyen değerlendirmeleri sayesinde A_j alternatiflerinin A_k alternatif değerinden üstün olduğunun kanıt derecesi olan uyum indeksini veya tam tersi olan uyumsuzluk indeksini ortaya çıkarmaktadır (Triantaphyllou, 2000).

ELECTRE yönteminin bir yöntem ailesi olarak nitelendirilmesinin nedeni 7 farklı türünün bulunmasıdır. Oluşturulan farklı türdeki yöntemlerin her biri farklı amaçlara yönelik geliştirilmiştir. Farklı amaç olarak bahsedilen durumlar aslında aralarından tercih yapılacak olan alternatifler ile ilgilidir. Alternatiflerin değerlendirilmesinde farklılaşan amaçlar;

alternatifler arasından seçim yapmak, alternatifleri sıralamak ve alternatifleri gruplandırmaktır. Farklılaşan bu yöntemler (Aytekin, 2022);

- ELECTRE I; alternatiflerin ikili olarak her bir kriterde üstünlük araştırması ile seçim problemlerinde kullanılır.
- ELECTRE II; alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralanması amacıyla geliştirilmiştir.
- ELECTRE III; verilerdeki belirsizliği değerlendirebilmek için tercih eşikleri ve yapay kriterler kullanarak bulanık ikili sıralama ilişkilerinde kullanır.
- ELECTRE IV; kriterlerin ağırlıklarının kullanılmadan alternatif sıralanmasını sağlar.
- ELECTRE IV; alternatiflerin değerlendirilmesinde veto eşik değerlerinin dikkate alınarak değerlendirme yapılır.
- ELECTRE IS; değerlendirilecek verilerin eksik veya kusurlu olması koşullarının örneklenmesini sağlar.
- ELECTRE TRI; alternatiflerin farklı ve sıralı kategorilerde sınıflandırılması için geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu kategoriler önceden belirlenmiş alternatifler ile belirlenir.

ELECTRE yöntemlerinin tüm çok kriterli karar verme yöntemleri gibi belirli durumlarda kullanılması önerilir. Bu durumlar; (Greco, Ehrgott, ve Figueira, 2016)

- Karar verici, modele en az üç kriter belirlediği durumlarda kullanılabilir. Eğer kümeleme işlemleri yapılmasına uygun olması istenirse, karar modellerinin beşten fazla kriter (en fazla 12 veya 13'e kadar) içerdiği durumlar özellikle daha uygundur.
- Eylemler (en az bir kriter için) sıralamalı ölçekte veya zayıf aralıklı bir ölçekte değerlendirilir. Bu ölçekler farklılıkların karşılaştırılması için uygun değildir. Dolayısıyla, a, b, c ve d'nin dört farklı eylem olduğu $\frac{g_j(a)-g_j(b)}{g_j(c)-g_j(d)}$ oranlarının tercih farklılıkları bakımından mantıklı bir kodlamayı tanımlamak zor ve yapaydır.
- Ölçütlerle ilişkili ölçeklerin doğası ile ilgili güçlü bir heterojenlik vardır. Bu, özgün olanların yerine kullanılabilecek benzersiz ve yaygın bir ölçeğin tanımlanmasını zorlaştırır.
- Belirli bir kriter üzerindeki zararı başka bir kazanç üzerinden telafi etmek karar verici açısından kabul edilebilir olmayabilir. Dolayısıyla bu tür durumlar, ödemeyi kabul etmeyen kümeleme işlemlerinin kullanılmasını gerektirir.

- En az bir kriter için küçük tercih farklılıkları anlamlı sayılmamalıdır. Bu, ayırt edici (ilgisizlik ve tercih) eşiklerin getirilmesini gerektirir.

ELECTRE yöntemlerinin genel çözüm aşamaları benzerdir. Bu başlık altında sadece ELECTRE I ve ELECTRE II yöntemlerinin çözüm aşamaları sunulmuştur (Triantaphyllou, 2000, s.16).

Adım 1: Belirlenen kriterlere göre alternatiflerin performansını gösteren karar matrisi $X = [x_{ij}]_{m \times n}$ normalizasyon yapılarak oluşturulur. x_{ij} değerleri,

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (3.1)$$

formülüne göre hesaplanır ve j. kriter altında i. alternatifin performans değerini göstermektedir. m ve n , sırasıyla alternatif ve kriter sayısıdır.

Adım 2: Oluşturulan normalize X karar matrisinin sütunlarının her biri, ilgili karar kriterinin ilgili ağırlık değeri ile çarpılır. Ağırlıklar karar verici tarafından belirlenir ve her bir kriter için w_{ij} ile temsil eder. Y, normalize karar matrisi X'in kriter ağırlıklarını temsil eden W matrisi çarpımı sonucunda elde edilen ağırlıklandırılmış karar matrisidir.

Adım 3: Uyum ve uyumsuzluk değerleri belirlenir. A_k ve A_l alternatifleri arasındaki ilişkinin A_k 'nin A_l 'ye göre tercih edilebilir olduğu durumdaki uyum değeri C_{kl} belirlenir. Uyum değerlerinin $C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\}$ en genel gösterimidir.

Benzer şekilde uyumsuzluk değerleri $D_{kl} = \{j, y_{kj} < y_{lj}\}$ genel gösterimine göre belirlenir.

Adım 4: Uyumluluk matrisi C'deki elemanların göreceli değeri, uyum indeksi vasıtasıyla hesaplanır. Uyum dizini c_{kt} , uyumluluk kümesindeki ölçütlerle ilişkili ağırlıkların toplamıdır. Uyum indeksi alternatif A_k ve alternatif A_l 'ye göre göreceli önemi göstermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus $k=l$ eşitliğidir. Eşitlik durumunda C uyum matrisi oluşturulamaz.

Benzer biçimde uyumsuzluk indeksi D, belli bir alternatif A_k 'nin ve alternatif A_l 'den daha kötü olduğunu ifade eder. D uyumsuzluk matrisi elemanları d_{kl}

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (3.2)$$

formülüne göre hesaplanır.

Adım 5: Uyum ve uyumsuzluk matrislerinin baskınlıkları belirlenir. Uyumluluk baskınlık matrisi, uyum indeksi için bir eşik değeri aracılığıyla oluşturulur. Örneğin, Alternatif A_k 'ye karşılık gelen uyum indeksi C_{kl} 'nin en azından belirli bir eşik değeri olan \underline{c} 'ye eşit olması veya aşması durumunda alternatif A_l 'ye baskın olma şansına sahip olabilir. Burada \underline{c} değeri

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m C_{kl} \quad (3.3)$$

ile hesaplanabilir. Eşik değeri esas alınarak oluşturulan uyum baskınlığı matrisinin elemanları F matrisi olarak tanımlanır ve F matrisi elemanları; $f_{kl} = 1$, eğer $c_{kl} \geq \underline{c}$ ve $f_{kl} = 0$, eğer $c_{kl} < \underline{c}$ ifadelerine göre belirlenir.

Benzer şekilde uyumsuzluk baskınlık matrisi G olarak tanımlanıp, G matrisi elemanları; $g_{kl} = 1$, eğer $d_{kl} \geq \underline{d}$ ve $g_{kl} = 0$, eğer $d_{kl} < \underline{d}$ eşitliklerine göre elde edilir.

Adım 6: Toplam baskınlık matrisi E tanımlanır. E matrisinin elemanları, $e_{kl} = f_{kl} \times g_{kl}$ eşitliğine göre elde edilir.

Adım 7: Alternatiflerden daha az elverişli olanlar elenir. Toplam baskınlık matrisine bağlı olarak, alternatiflerin kısmi tercih sıralaması üretilebilir. Eğer $e_{kl} = 1$ ise, A_{kl} alternatifinin hem uyum hem de uyumsuzluk ölçütlerini kullanarak alternatif A_l 'ye göre daha tercih edilebilir olduğu anlamını taşır.

Toplam baskınlık matrisinin değerlendirilmesinde, matrisin bir sütununda 1'e eşit olan en az bir öge bulunursa, bulunan sütuna ilgili satır tarafından baskın olma durumu söz konusudur. Bu nedenle, 1'e eşit olan sütunlar kaldırılır. Dolayısıyla diğer alternatiflere baskın olan en iyi alternatif elde edilir.

3.2. PROMETHEE

PROMETHEE (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations–Zenginleştirme Değerlendirmeleri için Tercih Sıralama Organizasyonu Yöntemi), alternatiflerin seçim veya sıralama imkanı sağlayan üstünlük tabanlı bir çok

kriterli karar verme yöntemleri ailesidir. İlk olarak PROMETHEE I ve PROMETHEE II olarak iki farklı model ile, 1982 yılında Jean-Pierre Brans tarafından geliştirilerek tanıtılmıştır. İlerleyen yıllarda yine Brans ve Mareschall tarafından PROMETHEE III, IV, V ve VI yöntemleri de sunulmuştur.

Tüm PROMETHEE yöntemi türleri farklı bir amaca hizmet etmesi adına geliştirilmiştir.

- PROMETHEE I yöntemi karar problemindeki alternatiflerin kısmi sıralaması esasına dayanmaktadır.
- PROMETHEE II yöntemi alternatiflerin tam sıralaması esasına dayalı olarak sunulmuştur.
- PROMETHEE III yöntemi aralıkları temel alarak sıralama yapmayı sağlayan sürümüdür.
- PROMETHEE IV yöntemi süreklilik içeren durumlar açısından kullanılmaktadır.
- PROMETHEE V yöntemi kısıtlarında bölümlendirme içermesine bağlı olarak farklılaştırılmıştır.
- PROMETHEE VI yöntemi ise insan beyninin temsilinin yapıldığı çalışma ile ortaya çıkan versiyonudur.

Tüm bu çeşitliliği, etkin ve kolay kullanıma sahip olması nedeniyle PROMETHEE yöntemleri sayesinde tıp, kimya, bankacılık, finans, üretim, tedarik zinciri, turizm, ulaşım ve lojistik, sağlık, işgücü planlaması gibi farklı bir çok alanda başarılı uygulamalar sunulmuştur.

Tüm çok kriterli karar verme problemlerinde olduğu gibi mevcut alternatifler arasından en iyiyi seçme işlemi zordur. Buna sebep olarak her alternatifin birbirine üstünlüğü olması ve kriterlerden bazılarının farklı amaca hizmet etmesi öngörülebilir. Bu noktada PROMETHEE yöntemi karar vericiye mevcut alternatifleri tercih fonksiyonuna göre değerlendirir ve alternatif ikilileri oluşturup bu ikilileri karşılaştırarak kısmi ve tam sıralama yapma imkânı sunar. PROMETHEE yönteminde genel olarak, karşılaştırılan iki alternatiften birinin diğerine mutlak üstün, farksız ya da karşılaştırılmaz olması durumları söz konusudur (Aytekin, 2022).

Yöntemin uygulanmasında göz önünde bulundurulması gereken bazı noktalar bulunur. Bu noktalar (De Keyser ve Peeters, 1996);

- Karar verici, tüm kriterler açısından her iki alternatif arasındaki önceliğini belirtmiş olmalıdır.
- Karar verici, kriterlere verdiği önem derecelerini bir oranlı ölçek üzerinde belirtmelidir.
- Karar vericinin kriterlere verdiği ağırlıklar kriterler arasındaki dengelemeyi ifade eder.
- Bütün kriterler verilen değerler arasındaki farklar anlamlı olmalıdır.
- Öncelikleri ilişkileri kurulurken, kriterlerin değerleri arasındaki farklarda uyumsuzluk söz konusu değildir.

PROMETHEE yöntemi, karar vericiye tercih derecelerine dayalı bir eylem sıralaması (seçenekler veya alternatifler) sağlayacaktır. Yöntem üç ana aşamaya ayrılmaktadır:

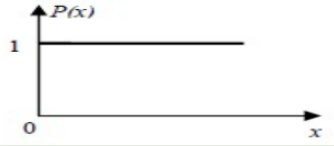
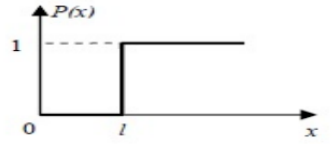
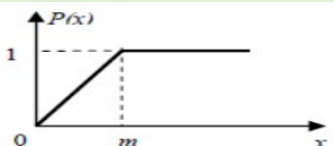
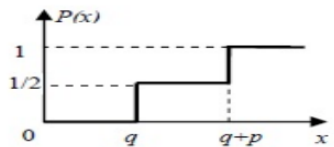
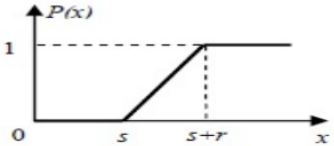
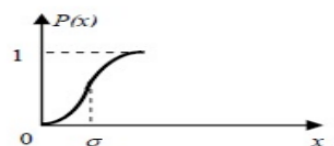
- I. Her ölçüt üzerinde her sipariş edilen iki eylem çiftinin tercih derecelerinin hesaplanması,
- II. Özerklik akışlarının hesaplanması,
- III. Küresel akışların hesaplanması.

Tezin dördüncü bölümünde bulunan uygulama başlığı altında PROMETHEE I ve II yöntemleri kullanıldığı için bu başlık altında PROMETHEE I ve PROMETHEE II yöntem adımları sunulmuştur. Yöntemin uygulaması beş (5) adımda gerçekleştirilir. Bu adımlar (Yıldırım vd., 2015);

Adım 1: Alternatif, kriter ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi adımı, karar matrisi oluşturulur.

Adım 2: Her kriterin tercih yapısı ve tercih fonksiyonunun belirlenmesi adımı, her kriterin Tablo 3.1.'deki özelliklere ve parametrelere göre tercih fonksiyonu belirlenir.

Tablo 3.1. PROMETHEE Tercih Fonksiyonları Tablosu

Tercih Fonksiyonu	Fonksiyon Grafiği	Fonksiyon	Parametreler
Olağan Tip (1)		$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$	–
U Tip (2)		$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq l \\ 1, & d > l \end{cases}$	l
V Tip (3)		$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{\mu}, & 0 < d < \mu \\ 1, & d > \mu \end{cases}$	μ
Kademeli Tip (4)		$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d < q+p \\ 1, & d > p \end{cases}$	q, p
Doğrusal Tip (5)		$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq s \\ \frac{(d-s)}{r}, & s < d < s+r \\ 1, & d > s+r \end{cases}$	s, r
Gaussian Tip (6)		$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}}, & d > 0 \end{cases}$	σ

Adım 3: Tercih indekslerinin ve ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi adımında, her kriter için saptanan tercih fonksiyonlarından yararlanarak alternatiflerin ortak tercih fonksiyonlarının oluşturulduğu ve tercih indeksleri belirlenerek kriter ağırlıklarının elde edildiği adımdır.

Adım 4: Pozitif ve negatif üstünlük değerlerinin hesaplanması adımımda, her alternatifin pozitif ve negatif üstünlük değerleri elde edilir. Bu adım sonunda elde edilen alternatif sıralaması bir kısmi sıralama niteliği taşır ve PROMETHEE I yöntemi tamamlanmış olur.

Adım 5: Net öncelik değerlerinin elde edilmesi adımımda, PROMETHEE I yönteminin sınırlılığını gidermek için bir önceki adımda elde edilen pozitif ve negatif üstünlük değerleri ile net üstünlük değerleri elde edilir. Net üstünlük değerleri her alternatifin pozitif üstünlük değerinden negatif üstünlük değerinin çıkarılmasıyla elde edilir. Elde edilen net üstünlük değerleri büyüklük sıralaması da PROMETHEE II yöntemi çözümünü belirler.

3.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Üstünlük Tabanlı Yöntemler İle Gerçekleştirilen Çalışmalar

Coğrafi bilgi sistemleri ve karar teorisi ile gerçekleştirilen literatürde farklı yöntemler ve farklı alanlarda literatürde uzun yıllardır çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle çok kriterli karar verme yöntemleri ile birlikte coğrafi bilgi sistemleri çalışmaları ağırlıktadır. Yoğunlukla AHP, TOPSIS, ELECTRE ve PROMETHEE çalışmaları, yanı sıra bu yöntemlerin Fuzzy formlarını kullanılan çalışmalar da bulunmaktadır.

Coğrafi bilgi sistemleri ve karar verme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmaların literatüründeki çalışmaların uygulama alanları en genel olarak, uygun alan belirleme, uygun alanların arasında seçim yapma ve uygun yerlerin sınıflandırılması konularındadır.

Literatürün kapsamlı ve çeşitli olmasından dolayı, bu tez çalışmasında uygulama bölümünde kullanılan yöntemler olan ELECTRE ve PROMETHEE yöntemleri ile coğrafi bilgi sistemleriyle gerçekleştirilen çok kriterli karar verme analizi çalışmaları göz önünde bulundurulacaktır. Literatür taramaları sadece son on yıldaki Scopus veri tabanında bulunan çalışmalar ile sınırlandırılmıştır. Tablo 3.2.'de ELECTRE yöntemleri ile, Tablo 3.3.'te PROMETHEE yöntemleri ile gerçekleştirilen çalışmalar özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Literatürde ELECTRE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar

Çalışma Künyesi	Kullanılan Yöntemler	Çalışma Özeti
<i>Macary vd., 2013</i>	ELECTRE TRI	Yüzey ve yeraltı sularını pestisitlerden korumak amacıyla en iyi çevre uygulamalarının etkileri incelenen çalışmada, ELECTRE TRI yöntemiyle araştırılan tarım alanlarının risk seviyeleri belirlenmiştir.
<i>Aydi vd., 2013</i>	ELECTRE III, AHP, WLC	Tunus, Ariana bölgesinde uygulaması yapılan çalışmada, depolama alanlarının çevresel risklerinin en aza indirilmesi amaçlanmış olup, 15 kriter AHP ile 5 faktöre indirgenerek ELECTRE III yöntemi ile sıralaması gerçekleştirilmiştir.
<i>Gurgel vd., 2014</i>	ELECTRE TRI	Brezilya, Natal bölgesindeki kamu güvenliğinin planlaması amacıyla suç ve suçluluk oranları incelenerek sıralanmış ELECTRE TRI yöntemiyle de kümelenme durumu haritalandırılmıştır.
<i>Blečić vd., 2014</i>	ELECTRE TRI	Kentsel yürüyüş planlaması amacıyla mevcut ve yeni oluşturulacak alanların bir planlaması amaçlanan çalışmada ELECTRE TRI yöntemiyle gruplandırmalar belirlenerek yeni bir tasarım destek aracı sunulmuştur.
<i>Silva vd., 2014b</i>	ELECTRE TRI	Entre-Douro-e-Minho bölgesindeki süt üretim çiftliklerinin çevresel açıdan sürdürülebilirliğini ELECTRE TRI yöntemiyle inceleyen çalışmada bir karar destek sistemi sunulmuştur.
<i>Juan M Sánchez-Lozano vd., 2014</i>	ELECTRE TRI	İspanya'da belirlenen bölgelerde güneş enerjisi çiftliklerinin yer seçimi problemi olarak ele alınan çalışmada ELECTRE TRI yöntemiyle potansiyel alanlar sınıflandırılmıştır.
<i>Mendas vd., 2014</i>	ELECTRE TRI	Cezayir'de tarım uygulamalarının arazinin yapısı açısından uygunluğunun değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi amacını taşıyan çalışmada ELECTRE TRI yöntemiyle gıda ve tarım örgütü kriterleri sınıflandırılarak sonuçlandırılmıştır.
<i>Maslov vd., 2014</i>	ELECTRE III	Deniz enerjisi çiftliklerinin uygulanabilirliği açısından Fransa'daki belirli bir deniz alanındaki alternatif alanları, ELECTRE III yöntemiyle inceleyen çalışma, alternatif sıralamasını ve genetik algoritmalar ile maliyet optimizasyonunu sunmaktadır.
<i>F Macary vd., 2014</i>	ELECTRE TRI-C	Fransa'da somon balıklarının habitatlarının korunması amacıyla ELECTRE TRI-C yöntemiyle risk bölgelerinin belirlenip sıralandığı çalışmada korunması gereken alanların risk haritaları elde edilmiştir.
<i>J M Sánchez-Lozano vd., 2014</i>	ELECTRE TRI	İspanya, Murcia bölgesindeki rüzgar enerjisi çiftliklerinin geliştirilmesi için potansiyel alanların belirlenmesi ve yer seçimi problemini ele alan çalışmada ELECTRE TRI yöntemiyle 4 ana kriter ve 10 alt kriter gereği alternatif alanlar sınıflandırılmıştır.
<i>Silva vd., 2014a</i>	ELECTRE TRI	Portekiz'de, Entre-Douro-e-Minho bölgesinde gübre kullanımı ile biyogaz tesislerinin kurulması için en uygun alanların belirlenerek yer seçimi problemini ele alan çalışma potansiyel alanları ELECTRE TRI yöntemiyle sınıflandırılmasını sunmaktadır.

Tablo 3.2.Devamı Literatürde ELECTRE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar

Çalışma Künyesi	Kullanılan Yöntemler	Çalışma Özeti
<i>Massei vd., 2014</i>	ELECTRE I, REGIME, AHP	Tarımsal kaynaklı atık suların çevre yönetimi kapsamında düzenlenmesi incelenen çalışmada farklı yöntemler ile analizler yapılarak karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.
<i>Mercat-Rommens vd., 2015</i>	ELECTRE TRI	Olası bir nükleer risk taşıyan kaza sonrası, risklerin değerlendirilmesini destekleme amacıyla yapılan çalışmada acil durum ve orta/uzun vadede yapılması gereken eylemler sınıflandırılarak haritalandırılmıştır.
<i>Metchebon Takougang vd., 2015</i>	ELECTRE TRI	Arazi bozulması riskine verilen tepkilerin değerlendirilmesi amacıyla ele alınan çalışmada, ELECTRE TRI yöntemi ile peyzaj bozulma riskine karşı çeşitli tepki seviyelerine karşılık gelen sıralı kategorilere mekansal birimler sıralanmıştır.
<i>Abdolazimi vd., 2015</i>	ELECTRE	Yeraltı suları havzasının beslenmesi, yeniden doldurulması için ELECTRE yöntemi ve doğrudan atama yöntemleri ile analizler yapılarak karşılaştırmaları sunulmuştur.
<i>J M Sánchez-Lozano vd., 2015</i>	ELECTRE TRI, AHP, Fuzzy TOPSIS,	İspanya, Murcia bölgesindeki kıyı kesimlerin bir güneş enerjisi santrali kurulumu için yer seçimi probleminin ele alındığı çalışmada, kriter ağırlıklandırma için AHP, alternatiflerin değerlendirilmesinde Fuzzy TOPSIS ve TOPSIS sonuçlarının karşılaştırılması için ELECTRE TRI yöntemi kullanılmıştır.
<i>Saidi vd., 2016</i>	ELECTRE	Cezayir, Oran bölgesinde atık yönetiminin değerlendirilmesi açısından, atıkların depolaması ve taşınması amacıyla yer seçimi ve taşıma modeli geliştirme problemi ele alınmıştır.
<i>Hamdadou ve Bouamrane, 2016</i>	ELECTRE III, ELECTRE TRI	Çalışma, bölgesel planlamada kullanılan çok boyutlu kriterlerin ÇKKV yaklaşımı ile değerlendirilmesini ve bir karar destek sistemi önerisini sunmaktadır.
<i>J M Sánchez-Lozano vd., 2016</i>	ELECTRE TRI, TOPSIS, AHP	Güneş enerjisi santrallerinin kurulum yeri seçimi problemine TOPSIS ve ELECTRE TRI yöntemleri ile karşılaştırmalı analizleri sunan çalışmada kriter ağırlıklandırma işlemi AHP ile yapılmıştır.
<i>Punys vd., 2019</i>	ELECTRE	Tarımsal alanlarda yüzey akışlı sulak alanların konumlandırılması Litvanya örneğinin uygulandığı çalışmada, iki farklı saha araştırması gerçekleştirilmiş olup ELECTRE yöntemiyle alternatif alanları sıralanmıştır.
<i>Heidarzadeh vd., 2020</i>	ELECTRE, TOPSIS, VIKOR	İran, Tebriz’de kırsal kalkınma ve gelişmişlik düzeylerinin değerlendirilmesi ve sıralanması probleminin ele alındığı çalışmada, ELECTRE, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılarak 8 kriter değerlendirilmiştir.
<i>Kaptan Ayhan vd., 2020</i>	ELECTRE	Çanakkale, Yenice bölgesinde kırsal turizm faaliyetlerinin araziye göre uygunluk analizinin gerçekleştirildiği çalışmada, 9 turizm faaliyeti sıralaması ve sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.2.Devamı Literatürde ELECTRE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar

Çalışma Künyesi	Kullanılan Yöntemler	Çalışma Özeti
<i>Saeedi vd., 2020</i>	ELECTRE	İran'ın güneybatı bölgesinde bir petrol sahasında katı sondaj atıkları için depolama sahası yer seçimi probleminin incelendiği çalışmada 30 km yarıçaplı bir bölgedeki alanlar ELECTRE yöntemi ile sıralanmıştır.
<i>Amal vd., 2020</i>	ELECTRE III	Tunus, Sfax bölgesinde bir katı atık toplama merkezi kurulum yeri seçimi problemini ele alan çalışmada, 6 kritere göre alternatif rotalama senaryoları ELECTRE III yöntemi ile sıralanmıştır.
<i>Biluca vd., 2020</i>	ELECTRE TRI	Küçük şehirlerde atıl durumda tutulan atıkların geri dönüşümü ve depolanmasının sağlanması için hafriyat atıklarına uygun alanların belirlenmesi amacıyla Brezilya, Parana bölgesinde gerçekleştirilen çalışmada ELECTRE TRI yöntemiyle uygun alanlar düşük, orta, yüksek derecelendirmeye göre sınıflandırılmıştır.
<i>Thebault vd., 2020</i>	ELECTRE TRI	Güneş enerjisi ile elektrik üretimi sistemlerinin kentsel alanlarda uygulanabilirliği için çatı sistemleri sınıflandırmasını amaçlanan çalışmada İsviçre, Cenevre bölgesindeki çatıların uygunluğunun sınıflandırılması ELECTRE TRI yöntemiyle gerçekleştirilerek sunulmuştur.
<i>Ghaleno vd., 2020</i>	ELECTRE, SAW, TOPSIS, VIKOR	Su havzalarının sel ve çökme tehlikesine karşı potansiyellerinin önceliklendirilmesi için İran, Golestan bölgesi nehir havzasında uygulaması yapılan çalışmada, 11 kritere göre 13 alternatif ELECTRE, SAW, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerine göre analizleri gerçekleştirilerek Borda ve Copland modellerine göre sıralamaları birleştirilmiştir.
<i>Meshram vd., 2020</i>	ELECTRE, VIKOR	Su erozyonu riski altında bulunan hassas bölgelerin önceliklendirilmesine yönelik yapılan çalışmada ELECTRE ve VIKOR yöntemleriyle analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sıralamalar Borda ve Copland modelleriyle birleştirilmiştir.
<i>Mahmoudi vd., 2021</i>	ELECTRE III, AHP, WLC	Tunus, Ariana bölgesinde artılmış su ile yeniden doldurma sahası yer seçimi problemini 13 kriter ile 5 faktör ile ele alan çalışmada WLC AHP yöntemleri ile bir ön değerlendirme yapılarak sürdürülebilirliğini ELECTRE III yöntemiyle alternatiflerin sıralaması sunulmuştur.
<i>Díaz ve Soares, 2021*</i>	ELECTRE III, AHP, PROMETHEE, TOPSIS, WSA	İspanya, Kanarya adalarında vaka çalışması olarak yapılan çalışmada yüzer açık deniz rüzgar enerjisi çiftliklerini değerlendirmek amacıyla her bir yöntemin sağladığı avantajı kullanarak ayrı ayrı değerlendirilerek karşılaştırma yapılmıştır.
<i>Vakilipour vd., 2021</i>	ELECTRE, TOPSIS, VIKOR, SAW	Kentsel yaşam kalitesinin farklı mekânsal seviyelerde değerlendirilmesini farklı yöntemlerle analiz ederek bu analizlerin karşılaştırıldığı bir çalışmadır.

* İşaretili çalışmalar tezin dördüncü bölümünde incelenecektir.

Tablo 3.2.Devamı Literatürde ELECTRE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar

Çalışma Künyesi	Kullanılan Yöntemler	Çalışma Özeti
<i>Mendas vd., 2021</i>	ELECTRE TRI, AHP	Cezayir, Mleta bölgesinde tarım arazilerinin uygunluğunu değerlendirmek için belirlenen 12 kritere göre ELECTRE TRI ve AHP yöntemleriyle analizi yapılarak karşılaştırması sunulmuştur.
<i>Mahmoudi vd., 2021</i>	ELECTRE III, AHP	Arıtılmış atık suyun yapay beslemeler için uygun yer seçimi problemini ele alan çalışmada 13 kriter ve 5 faktör kısıtlaması altında ELECTRE III ve AHP yöntemleri ile analizlerinin sonuçları sunulmuştur.
<i>Ebrahimi vd., 2021</i>	ELECTRE III, AHP, ANP, VIKOR, TOPSIS	İran, Bushehr bölgesinde yeraltı baraj kurulumu yer seçimi problemini ele alan çalışmada 23 potansiyel alan beş farklı karar verme yöntemiyle analiz edilerek 305 km ² 'lik bir alanın uygunluğu tespit edilmiştir.
<i>Jahangirzadeh ve Ghanbarzadeh Lak, 2021</i>	ELECTRE I	Sel sularının yayılımının kontrolü ve akiferlere yapay besleme amacıyla 16 kritere göre incelenen alan ELECTRE I yöntemiyle sıralanmış ve en uygun alan sunulmuştur.
<i>Kumar vd., 2022</i>	ELECTRE, AHP, TOPSIS	Hindistan, Tangri nehri bölgesinde şiddetli sel ve taşkınların çevre zararlarını önleme amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, yeni bir metodoloji sunulmuştur.
<i>Elkadri vd., 2022</i>	ELECTRE III	Tunus'ta zeytinyağı işleminde kullanılan büyük su miktarları ihtiyacından dolayı ortaya çıkan atık suyun depolanması için yeni kurulum yeri seçimi probleminin ELECTRE III yöntemiyle analizi ve çözümü sunulmuştur.
<i>Zhao vd., 2022</i>	ELECTRE, TOPSIS, Fuzzy TOPSIS, SAW	Biyokütle enerji santrali kurulum yeri seçimi amacıyla dört farklı yöntem ile analiz edilmiş yapılan analizlerin karşılaştırması sunulmuştur.
<i>Thebault vd., 2022</i>	ELECTRE TRI	Binaların güneş enerjisi sistemine entegrasyonunun uygunluğu araştırılan çalışmada Freater Geneva bölgesindeki her bina alternatif olarak ele alınarak 5 kritere göre ELECTRE TRI yöntemiyle analiz edilerek sınıflandırması sunulmuştur.
<i>Kaya vd., 2022</i>	ELECTRE, Fuzzy AHP	Sürdürülebilirlik amacıyla elektrikli araçların paylaşımı için İstanbul'da istasyon noktaları bulma araştırmasını sunan çalışmada 20 kriterin ağırlıklandırması Fuzzy AHP yöntemiyle, potansiyel bölgelerin uygunluğu ise ELECTRE yöntemiyle araştırılmıştır. Avrupa yakasında güneydoğu, Anadolu yakasında güneybatı bölgelerin uygun bölgeler olduğu sonucu sunulmuştur.

Tablo 3.3. Literatürde PROMETHEE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar

Çalışma Künyesi	Kullanılan Yöntemler	Çalışma Özeti
<i>Nasiri vd., 2013</i>	PROMETHEE II, AHP	Erozyonu önlemek, su taşkınlarını ve yayılımını kontrol ederek yer altı su kaynaklarının beslenmesi için, İran'ın Garabaygan havzasında en uygun alanların belirlenmesi amacıyla, PROMETHEE II ve AHP yöntemleri bir arada kullanılarak gerçekleştirilmiştir.
<i>Ziolkowska, 2013</i>	PROMETHEE	Biyoyakıt hammaddelerinin sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi konusunda ABD'nde gerçekleştirilen çalışmada, mevcutta kullanılan ve kullanılması öngörülerin hammaddelerin sürdürülebilirlik potansiyeli açısından değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu potansiyel açısından; kullanılmakta olan mısırın düşük, algler ve şalgamın yüksek değere sahip olduğu sonucu elde edilmiştir.
<i>Roodposhti vd., 2014</i>	PROMETHEE II, FAHP	İran'da heyelan duyarlılığını araştırmak için yapılan çalışmada, 8 kritere göre katman oluşturarak ağırlıklandırma için PROMETHEE II ve FAHP yöntemleri ile 83 heyelan noktası incelenmiştir. İncelenen alanlar duyarlılık açısından sınıflandırılarak sonuçlandırılmıştır.
<i>Macharis vd., 2015</i>	PROMETHEE, AHP	Avrupa emisyon hedefleri çevre bilinci kapsamında amaçlanan çalışmada yük taşımacılığında mod seçimi hedefiyle PROMETHEE ve AHP yöntemleri kullanılarak Belçika'da en uygun nakliye seçeneği ve alternatif 3 senaryo seçeneği sunulmuştur.
<i>Esmaelian vd., 2015</i>	PROMETHEE IV	İran, Tahran'da acil servis noktalarının konumlarını belirlemek için bir karar destek sistemi önerisi sunan çalışma, afet ortamlarında hızlı müdahale fırsatı için 3 kritere göre katman oluşturarak PROMETHEE IV ile alternatiflerin puanlarına göre konumlandırma çözümü sunmaktadır.
<i>Hamzeh vd., 2015</i>	PROMETHEE II, ANP	Katı atık depolama yer seçimi amacıyla kullanılan çalışmada kriter ağırlıklandırma için ANP yöntemi ve 15 farklı alternatif alan PROMETHEE II yöntemiyle bir 1-5 arası ölçeklendirme ile uygunluk sıralaması elde edilmiştir.
<i>Chakraborty vd., 2017</i>	PROMETHEE	Hindistan'daki eyaletlerin eğitim performansının değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmada 28 eyalet alternatif olarak kullanılmış olup PROMETHEE yöntemiyle tam sıralama sunulmuştur.
<i>Bennani vd., 2017</i>	PROMETHEE, AHP	Fas, Marakeş'te 3 alternatif yol arasında seçim yapabilmek için 4 ana kriter, 13 alt kriterin AHP-PROMETHEE yöntemleriyle birlikte analiz edilerek en uygun alternatif yol ile sonuçlandırılmıştır.
<i>Aldrin Wiguna vd., 2016</i>	PROMETHEE, FAHP	Bali'de güneş enerjisi çiftliği kurulumu için alan seçimi optimizasyonu geliştirerek, ArcGIS'e entegre edilebilecek bir araç kutusu ile bir karar destek sistemi önerisi sunan çalışma, amaçlanan analiz için PROMETHEE ve Fuzzy AHP yöntemleri kullanılmıştır.
<i>Taibi ve Atmani, 2017</i>	PROMETHEE II	Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı PROMETHEE II yöntemi ile Cezayir'deki sanayi bölgelerinin sıralanması örneğiyle, bir karar destek sistemi yaklaşımı önerilmiştir.

Tablo 3.3.Devami Literatürde PROMETHEE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar

Çalışma Künyesi	Kullanılan Yöntemler	Çalışma Özeti
<i>Dirutigliano vd., 2017</i>	PROMETHEE	İtalya, Torino şehri için örneklendirerek, enerji verimliliği yüksek, sürdürülebilir ve düşük karbonlu şehirlere geçiş amacıyla PROMETHEE yöntemi kullanılarak %20 enerji tasarrufu sağlanan bir model önerisini, 5 alternatif üzerindeki uygulama sunmuştur.
<i>Hariz vd., 2017*</i>	PROMETHEE, AHP, VIKOR	Kenya'daki sağlık atıklarının geri dönüşümü, işlenmesi ve yok edilmesi açısından ele alınan problemi, Kilifi bölgesini çalışma alanı olarak belirlemiş, PROMETHEE, AHP ve VIKOR yöntemleri ile 8 alternatif alanı sıralama problemi olarak ele alarak Malindi bölgesini uygun alan olarak belirlemiştir.
<i>Heithor vd., 2018</i>	PROMETHEE	Brezilya'da kuraklık, çölleşme bölgelerinin belirlenmesi ve önlenmesi için gerekli çalışmaların yapılması konusunda yapılan çalışmada GRASS yazılımı ile yapılan analiz ile belirlenen kriterlere göre PROMETHEE ile yapılan analizin arasında etkinlik konusunda 720 kat hızlı bir fark olduğu, dolayısıyla PROMETHEE yöntemi analizinin daha etkili olduğu ifade edilmiştir.
<i>Kilić vd., 2018</i>	PROMETHEE, AHP	Yatırım gerçekleştirilecek alana ilişkin uygun arazi edinimi planlaması amacıyla, Hırvatistan'da bir üniversite kampüsü için uygulanan çalışmada, coğrafi bilgi sistemleri temelli bir karar destek sistemi önerisi ile sunulmuştur.
<i>Zaoui vd., 2018</i>	PROMETHEE, GAIA, AHP	Cezayir Wilaya bölgesinde sulama amacıyla kullanılacak temel su havzası yer seçimi ve alternatiflerin sıralanması amacıyla PROMETHEE, GAIA ve AHP yöntemleri uygulanmıştır.
<i>Inamdar vd., 2018*</i>	PROMETHEE II	Çalışmada, Avustralya, Melbourne'de yağmur suyunun toplama sahalarının CBS analizi ile belirlenmesi ve PROMETHEE II yöntemi ile bu sahaların değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.
<i>Çetinkaya vd., 2018*</i>	PROMETHEE, AHP	Ekoturizm çalışması alanında yazarların ilk olarak adlandırdığı bir çalışma olan bu çalışmada Karadeniz bölgesinde belirlenen 9 şehrin ekoturizm açısından CBS ile testi gerçekleştirilip, PROMETHEE yöntemiyle bu şehirler sıralanmıştır.
<i>Chakraborty vd., 2018</i>	PROMETHEE, GAIA	Hindistan'da eyalet yollarının performans açısından değerlendirilmesinin gerçekleştirildiği çalışmada, 12 kritere göre 29 eyalet alternatif olarak değerlendirilmiştir.
<i>Farooq vd., 2019*</i>	PROMETHEE II, AHP	Çin, Pekin'de şehir içi ulaşım sorununu azaltmak ve Xiongan'da yeni yerleşim yeri kurulması kararı sonucunda yeni yüksek hızlı tren hattı için en iyi ulaşım alternatifi rotasını belirlemek amacıyla, PROMETHEE ve AHP yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir.
<i>Çalışkan vd., 2019</i>	PROMETHEE, AHP, SAW, TOPSIS	Orman yolları rotasının belirlenmesi amacıyla Karadeniz bölgesinde uygulanan çalışma, FOROR (Forest Road Route) adlı bir karar destek sistemi önerisi sunmuştur.

* İşaretili çalışmalar tezin dördüncü bölümünde incelenecektir.

Tablo 3.3.Devamı Literatürde PROMETHEE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar

Çalışma Künyesi	Kullanılan Yöntemler	Çalışma Özeti
<i>Gallego vd., 2019</i>	PROMETHEE	İspanya, Valencia bölgesinde hayvancılık üretimi için 4983 çiftlikten oluşan bir bölgede hem arazi planlaması hem de risk değerlendirmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.
<i>Asadi ve Karami, 2019</i>	PROMETHEE, GAIA	Deprem kaynaklı acil durumlarda tahliye planlaması ve güvenli barınakların oluşturulması için mekânsal optimizasyonu amacıyla İran, Tahran'da uygulanan çalışmada 9 kriter ile 12 alternatifin sıralaması sonucu sunulmuştur.
<i>Guay ve Waaub, 2019</i>	PROMETHEE, GAIA	Kanada, Quebec'de bölgesel planlama senaryolarının değerlendirilmesi amacıyla sunulan SOMERSET-P platformunun 12 kritere göre uygulamasını sunmaktadır.
<i>Ortega vd., 2020</i>	PROMETHEE II	İspanya, Madrid'de kentsel sürdürülebilirlik alanında yürüyüş kalitesini belirlemek amacıyla, 21 kriter değerlendirilerek PROMETHEE II yöntemiyle her bir sokak için 4 kategoride atama yapma sonucuyla sunulmuştur.
<i>Kaya vd., 2020</i>	PROMETHEE, VIKOR	İstanbul'da elektrikli araçlar için şarj istasyonu noktaları belirlemek için PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri uygulanmış, Avrupa yakasının güneydoğusu ile Anadolu yakasının güneybatısında bölgeler sonuç olarak sunulmuştur.
<i>Rahemi vd., 2020</i>	PROMETHEE II	Biyokütle hammaddelerinin biyorafinelere tedarik zinciri ağ tasarımı amacıyla İran, Fars eyaletinde uygulanan çalışmada PROMETHEE II yöntemi uygulanarak hiyerarşik çalışmalardan daha iyi performans elde edildiği vurgulanmıştır.
<i>A P Vavatsikos vd., 2020</i>	FPROMETHEE, AHP, EWWLC, SFAHP, IDPMDM, IPMED, IPMCHEB, NEGIPMED	Kuzeydoğu Yunanistan'da atık su arıtımı için doğal sistemlerin konumlandırılmasında uygunluk endeksini tahmin etmek için AHP yöntemi ile Fuzzy PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların kalitesini, eşit ağırlıklı WLC, mekânsal AHP-WLC, Fuzzy AHP, Manhattan uzaklık ölçüsü, Öklid uzaklık ölçüsü ve Chebyshev uzaklık ölçüsü yöntemleri kullanılarak doğrulama analizi gerçekleştirilmiştir.
<i>Marques-Perez vd., 2020*</i>	PROMETHEE, AHP	İspanya'da güneş enerjisi santralleri kurulumu için bölgesel planlama amacıyla, AHP yöntemiyle kriter ağırlıkları, PROMETHEE yöntemiyle de alternatif alanların sıralaması belirlenmiştir.
<i>Wu vd., 2020*</i>	Fuzzy Type II PROMETHEE II	Çin'de nükleer santral yeri seçimi için örneklendirilen çalışmadaki amaç coğrafi bilgi sistemleri tabanlı iki aşamalı bir karar verme analizi olarak sunulmuştur.
<i>Hamadouche vd., 2020*</i>	PROMETHEE, AHP	Cezayir'de kuzeybatı bölgesindeki erozyon duyarlılığının belirlenmesi ve giderilmesi için bir haritalama çalışmasıdır. AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile erozyon duyarlılığı sınıflandırılarak gösterilmiştir.

* İşaretili çalışmalar tezin dördüncü bölümünde incelenecektir.

Tablo 3.3.Devamı Literatürde PROMETHEE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar

Çalışma Künyesi	Kullanılan Yöntemler	Çalışma Özeti
<i>Shahparvari vd., 2020</i>	PROMETHEE, VIKOR, K-Means Sezgisel Yaklaşım, MIQCP	Çalışma, İran'ın kuzeybatı bölgesinde bir lojistik merkezi kurulumu için yer seçimi problemi olarak ele alınarak, 5 potansiyel alan seçimi için K-means yaklaşımı, PROMETHEE, VIKOR yöntemleri ile belirlenmiş olup, potansiyel alanların kümelenmesi için de MIQCP uygulanmıştır.
<i>Nazmfar vd., 2020</i>	PROMETHEE, AHP	İran, Tahran'da bulunan 41 parkın suç faaliyetlerine uygunluğu nedeniyle güvenliği konusunda sınıflandırma yapma amacıyla 24 kritere göre incelenerek, parkları güvenlik açısından "Çok uygun-Hiç uygun değil" sınıflandırması sonucuyla yapılmış bir vaka çalışmasıdır.
<i>Bennekrouf vd., 2020</i>	PROMETHEE	Cezayir, Boudjlida kentinde geri dönüşüm kutularını yerleşimi ve düzeni için bir yer seçimi problemi olarak ele alınan çalışmada her bir atık türü ve boyutu için ayrı sınıflandırılarak PROMETHEE yöntemi ile analiz edilmiştir.
<i>Ahmadi Choukolaei vd., 2021</i>	PROMETHEE, MOORA	İran, Tahran'da afet yardım merkezlerinin yer seçimi ve yönetimi ile etkin kriz yönetimi sağlamayı amaçlayan çalışmada, uzman görüşü alınarak ve 18 kritere göre CBS analizi ile uygun alanlar seçilmiş, PROMETHEE ve MOORA yöntemlerine göre de potansiyel alanlar sıralanmıştır.
<i>Anane vd., 2021</i>	PROMETHEE II, AHP	Tunus'ta Grombalia akiferinin arındırılmış suyla doldurulması için uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmış katmanlar analiz edilerek uygun alanlar PROMETHEE II yöntemiyle sıralanmıştır.
<i>Farooq vd., 2021</i>	PROMETHEE II, SWOT, BWM	Pakistan, Peşaver'de uygulanan çalışma, gezginlerin güvenilir, hızlı ve planlanabilir ulaşım sağlaması amacıyla gerçekleştirilen çalışmada her biri farklı yöntemle elde edilmiş olan 6 alternatif değerlendirilmiştir.
<i>Elhosiny vd., 2021</i>	PROMETHEE, TOPSIS	Mısır, Sina Yarımadası bölgesinde rüzgar enerjisinin üretimi ve kullanımı konusundaki çalışmada, 4 potansiyel alan PROMETHEE ve TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilerek sunulmuştur.
<i>Díaz ve Soares, 2021</i>	PROMETHEE, AHP, ELECTRE III, TOPSIS, WSA	İspanya, Kanarya adalarında vaka çalışması olarak yapılan çalışmada yüzer açık deniz rüzgar enerjisi çiftliklerini değerlendirmek amacıyla her bir yöntemin sağladığı avantajı kullanarak ayrı ayrı değerlendirilerek karşılaştırma yapılmıştır.
<i>Calafat-Marzal vd., 2021</i>	PROMETHEE, AHP	İspanya'da Akdeniz bölgesindeki domuz yetiştiriciliği alanlarını değerlendirme ve sıralama amacıyla yapılan çalışmada CBS ve ÇKKV analizleri için toplamda 22 kriter dikkate alınarak, katman ağırlıklandırma için AHP yöntemi ve alternatiflerin sıralaması için PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır.
<i>Younsi vd., 2021</i>	PROMETHEE II	Cezayir, Oran bölgesinde uygulanan çalışmada, enflüanza sürveyansı için 26 alternatif simülasyon ile elde edilerek PROMETHEE II ile sıralaması sunulmuştur.

Tablo 3.3.Devamı Literatürde PROMETHEE Yönteminin Kullanıldığı Çalışmalar

Çalışma Künyesi	Kullanılan Yöntemler	Çalışma Özeti
<i>Mohammadi Seif Abad vd., 2021</i>	PROMETHEE II, AHP	Akiferlere atık sularının karışmasının önlenmesi için hem etkilenme haritası oluşturma hem de en uygun atık imha alanları yer seçimi problemine çözüm sunan çalışmada PROMETHEE ve AHP yöntemleri kullanılmıştır.
<i>Moradpouri ve Hayati, 2021</i>	PROMETHEE	Bakır porfir maddesinin potansiyel alanlarının haritalanması amacıyla gerçekleştirilen çalışma, jeokimya, jeofizik ve jeoloji ana kriterlerinin toplamda 13 alt kriter ile PROMETHEE yöntemiyle hem nitel hem nicel değerler alan alternatifler analiz edilerek sunulmuştur.
<i>Sotiropoulou ve Vavatsikos, 2021</i>	PROMETHEE II	Yunanistan'ın kuzeydoğu bölgesinde örnek olay olarak uygulanan çalışmanın konusu sera gazı etkisini azaltmak için rüzgar enerjisinin kullanımına uygun alanlar belirlemek ve PROMETHEE II yöntemi ile bu alanların sıralamasını sunmaktır.
<i>Vagiona, 2021</i>	PROMETHEE II, AHP, TOPSIS, VIKOR	Yunanistan, Rodos adasında uygulanan bu çalışmada, güneş enerjisi santrallerinin yer seçimi probleminde karşılaştırmalı yaklaşım ile 4 alternatif alan, 4 farklı yöntem uygulanarak sıralamaları karşılaştırılmıştır.
<i>Patil ve Gupta, 2022</i>	PROMETHEE II, WASPAS, TOPSIS, VIKOR, CRITIC, Entropi	Hindistan, Jaipur kentinde yağmur suyu biriktirme potansiyeli olan alanları sıralama problemini ele alan çalışmada, CRITIC ve Entropi ile ağırlıklandırma, diğer yöntemler ile de karar verme çözümünü sunmaktadır.
<i>Vavatsikos vd., 2022</i>	PROMETHEE II, AHP, IDW, MCS	Çalışmada PROMETHEE II, AHP, IDW ve MCS yöntemleri ile yer seçimi, yer uygunluğu, arazi kullanım uygunluğu analizi, bir arazi kullanım türlerinin belirlenen alandaki enterpolasyon seçenekleri sunulmaktadır.
<i>Elmansour vd., 2022</i>	PROMETHEE	Fas'ta deniz suyu pompasıyla kurulan hidroelektrik santrallerinin yerini belirlemek üzerine yapılan çalışmada QGIS yazılımı ile coğrafi bilgi sistemleri analizleri ve Visual PROMETHEE yazılımı ile PROMETHEE analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 15 farklı saha alternatif olarak belirlenerek enerji depolama kapasiteleri konusunda sıralamaları sunulmuştur.
<i>Rudolph vd., 2022</i>	PROMETHEE, AHP	Çalışmada AHP ile PROMETHEE yöntemlerinin bir arada kullanıldığı hibrit bir yaklaşım ile Stuttgart şehir merkezinde bisiklet ile teslimat için merkezler belirleme çalışması gerçekleştirilmiştir.
<i>Mogaji vd., 2022</i>	PROMETHEE II, AHP	Yeraltı sularından elektrik üretimi için potansiyel araştırması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada PROMETHEE II yöntemi kullanılarak ile Python programlama ile veri madenciliği model sonuçları elde edilmiş olup aynı zamanda AHP yöntemi ile gerçekleştirilen model sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda PROMETHEE II yöntemi ile elde edilen modelin daha iyi bir alternatif sıralaması verdiği vurgulanmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. KARAR VERME VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNDE HİBRİT ÇÖZÜM YAKLAŞIMI ÖNERİSİ

Çok kriterli karar verme ve coğrafi bilgi sistemleri ortak çalışmalarında karşılaşılan en önemli sorunlardan biri alışlagelmiş birkaç karar verme yönteminin tüm coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarına uygunluğunun araştırılmadan uygulanması olduğu gözlenmektedir. Bunun yanı sıra uygulamalarda karar verme sürecindeki adımların doğru tanımlanmaması ve uygulanmaması da karmaşıklığı artırmaktadır. Bu karmaşıklığa sebep olabilecek farklı sebep bulunmaktadır. Ancak temel olarak görülen sebep, alışlagelen karar verme yöntemleri ile benzer problemlere uygulaması alışkanlığıdır. Bu karmaşıklık karar verme bileşenlerinin yapısından kaynaklanabilir. Fakat her problemin karar yapısı farklı olabilmektedir. Dolayısıyla tek bir teknik ile tüm karar problemlerinin çözümü söz konusu olamayacağı gibi bir tekniğin diğer tekniklerden üstün olduğu da söylenemez. Karmaşıklığa giderecek olan bu yaklaşım fikri, iki adımlı çözüm arayışı gerçekleştirilen çalışmaların daha etkin sonuç/çözüm sunması gerçekliğidir. Tüm bahsedilen sebeplerden dolayı, bu tez çalışmasında hem karar verme süreci hem de coğrafi bilgi sistemleri bileşenleri ve temel kavramları hakkında genel bilgiler sunulmuş geçmiş uygulamalardaki eksik ve yanlışların tekrarlanmasının önlenmesi ile birlikte yeni çalışmalarda veri kaynaklarına bütüncül bakış açısıyla hibrit çözüm yaklaşımı sunulmaktadır.

4.1. Hibrit Çözüm Yaklaşımı

Çok kriterli karar analizi ve coğrafi bilgi sistemleri ortak tarihsel açıdan incelendiğinde temelinde yöneylem araştırması ve yönetim biliminin olduğu gözlenmiştir. Yirminci yüzyıldaki coğrafya, kentsel ve bölgesel planlama alanlarındaki araştırmalar coğrafi bilgi sistemleri ile çok kriterli karar analizinin ortak çalışmalarının başladığı ifade edilebilir. Bu temeldeki ilk çalışmalar her iki alana da yeni bakış açıları ve gelişmeler sağlamıştır. Daha sonrasında peyzaj ve mekânsal planlamalar alanları ortak çalışmaları artırmıştır. Bu alandaki ortak çalışmalar, coğrafi bilgi sistemlerinin çakıştırma analizinin temeli olan elde hazırlanan haritaların bindirme tekniklerinde çok kriterli karar

analizinin kullanılmasına dayanmaktadır. Özellikle niteliksel ve niceliksel özneliklere göre hazırlanan haritaların bindirme tekniklerinde nihai harita oluşturmadaki belirsizliği çok kriterli karar analizi ile çözüme ulaştırılmıştır.

Geniş uygulama alanı ve yeni yaklaşımları sayesinde coğrafi bilgi sistemleri yerel yönetimler, hukuk, kadastro, planlama, konum temelli hizmetler, hesaplamalı hareket yaklaşımları, deniz ulaşımı, tarım, savunma, ulaştırma, jeoloji, sağlık hizmetleri ve enerji sistemleri alanlarında kullanılabilir (Kresse ve Danko, 2012).

Coğrafi bilgi sistemlerinin fayda sağladığı alanlar düşünüldüğünde tüm alanların birer işletme organizasyonu ve yapısı olduğu rahatlıkla fark edilebilir. Dolayısıyla coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılabilirliği tüm alanlarda gerek yönetim anlayışı gerek karşılaşılan problemlerin türleri açısından, karar teorisinin ve karar verme süreçlerinin kullanıldığı söylenebilir. Bu sebeplerle ortak çalışma alanlarında kullanımları gün geçtikçe artmaktadır.

İki alanın bir arada kullanımını tek bir alan olarak CBS-ÇKKV (GIS-MCDA) ile tanımlayarak gelişimi incelendiğinde üç gelişim evresi ile ayrılmıştır. Bu evrelerin ilki yenilik aşaması, ikincisi bütünlük aşaması ve üçüncüsü ise çoğalma aşamasıdır (Malczewski ve Rinner, 2015). Tüm bu süreçlerin sonucunda her geçen zaman diliminde hem yeni teknolojilerin sağladığı faydalar hem de ortak çalışmaların daha fazla ve çeşitli problemlerin çözümü için araştırmalarda kullanılması sayesinde farklı problemlere yeni bakış açıları kazandırma gerekliliği de ortaya çıkmaktadır. Kişisel bilgisayarların 90'lı yıllarda kullanımının artması sayesinde CBS-ÇKKV alanındaki gereklilikler ve kullanımlar da artış göstermiştir.

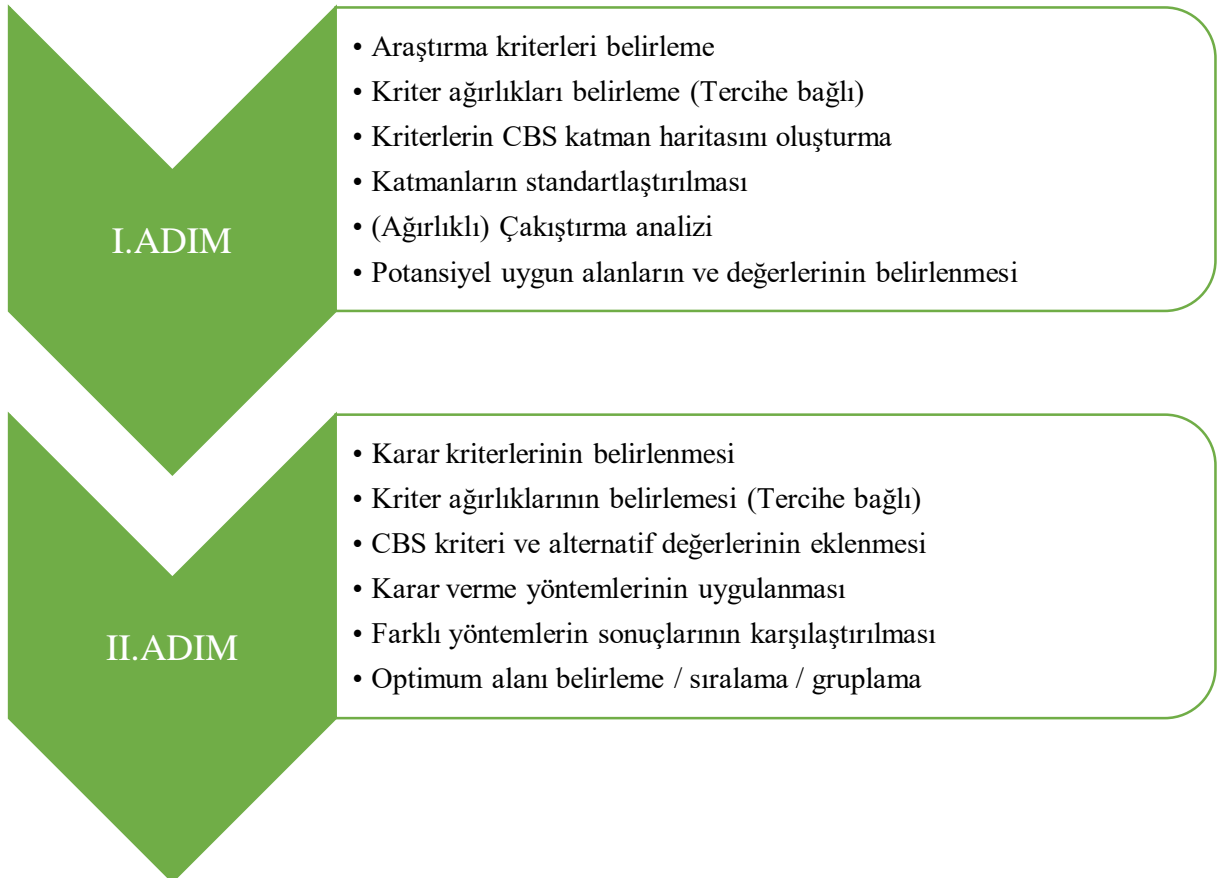
Çok kriterli karar verme yöntemlerinin coğrafi bilgi sistemlerinin temel analizlerinin bir bölümünde ve analiz sonucundaki yorumlamalarda kullanımlarının yaygınlığı çoğunlukla AHP ve Saaty Temel Ölçeği (Saaty Basic Scale) örnekleri sayesindedir. CBS'de uygulanan ağırlıklı çakıştırma analizi sırasında kriter ağırlıklarının belirlenmesi için yaygın olarak Saaty ölçeği kullanılmaktadır. Bu sayede CBS uygulamalarında da ÇKKV yöntemlerinin uygulamaları çoğunlukla AHP yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Saaty temel ölçeği kullanılarak katmanların ağırlıklarının belirlenmesi uzman görüşü alınarak elde edilebilir. AHP ve Saaty ölçeğinin kullanımlarının yanı sıra, çalışmalarda farklı yöntemlere de yer verilmiş olup her iki

disiplin için de yeni ve farklı bakış açıları kazandırılmıştır. Literatürde TOPSIS, ELECTRE, VIKOR, PROMETHEE ve Fuzzy AHP ile Fuzzy TOPSIS uygulamaları da bulunmaktadır.

Bu tezde, söz konusu iki farklı disiplinin ortak çalışmaları gözlemlendiğinde, mevcut çalışma biçimlerine ek olarak yeni bir yaklaşımla da CBS-ÇKKV çalışmalarına farklı bakış açısı kazandırmak için hibrit çözüm yaklaşımı sunulacaktır.

Hibrit çözüm yaklaşımı ile iki disiplinin çözüm adımlarını bir sıralı hale dönüştürerek optimum sonuç veya sıralamasını vermesi amaçlanmaktadır. Coğrafi bilgi sistemlerinin sunduğu sonuçları, optimum veya optimuma en yakın sonuç olarak nitelendirmez, probleme göre değişmekle birlikte, çoğunlukla bir çözüm adayları kümesi sunar. Karar verme yöntemleri de optimum sonuç veya sıralaması ya da sınıflandırmaları biçiminde bir sonuç verdiği bilinmektedir. Dolayısıyla hibrit çözüm yaklaşımının ilk adımını coğrafi bilgi sistemleri yaklaşımları ve ikinci adımını da karar verme yöntemleri oluşturmaktadır.

Şekil 4.1. Hibrit Çözüm Yaklaşımı



Hibrit çözüm yaklaşımı, Şekil 4.1.'de gösterildiği gibi, ele alınan bir problemin öncelikle coğrafi bilgi sistemleri yaklaşımlarıyla analiz edilerek elde edilen sonuç kümesini, karar verme yöntemlerinin alternatif kümesi olarak kabul ederek ek bir karar verme yöntemi süreci ile çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır. Yaklaşımın ikinci kısmında standart karar verme kriterlerine ek olarak bir CBS kriteri eklenmesi gerekmektedir. Çünkü coğrafi bilgi sistemleri sonuçlarının çözüme aday alanlar olmasının yanı sıra birer değeri, puanı veya sınıflandırması da bulunmaktadır. Bu değerler karar verme çözümlerinde yok sayılamaz. Dolayısıyla coğrafi bilgi sistemlerindeki aday çözüm alanları karar verme yöntemlerinde alternatif olarak kabul edilmesine ek olarak alternatif değerlerini coğrafi bilgi sistemlerinde elde edilen aday alanların aldığı değerler, puanlar veya sınıflandırmaları da taşınmalıdır. Sonuç olarak hibrit çözüm yaklaşımının ikinci kısmındaki bir karar matrisi Tablo 4.1.'deki biçimde tanımlanır.

Tablo 4.1. Hibrit Çözüm Yaklaşımı İkinci Adım Karar Matrisi

	Kriter 1	Kriter 2	...	Kriter n	CBS
Alternatif 1	D_{11}	D_{12}	...	D_{1n}	D_{1CBS}
Alternatif 2	D_{21}	D_{22}	...	D_{2n}	D_{2CBS}
...
Alternatif m	D_{m1}	D_{m2}	...	D_{mn}	D_{mCBS}

Kriter ağırlıklarının belirlenmesi dışında elde edilen katman haritaları içeriği potansiyel uygun alan olarak nitelendirildiği için ÇKKV'deki alternatif/seçenek kavramları olarak değerlendirilerek uygun ÇKKV yöntem ve teknikleri de kullanılmaktadır.

Konumsal analizler ve çok kriterli karar verme analizleri ile konumsal analizlerin ortak uygulamaları düşünüldüğünde katman haritalarının seçenek/alternatif olarak değerlendirilmesi üzerine ÇKKV yöntem ve teknikleri ağırlıklı olarak kullanılmıştır. Literatürde sıkça rastlanan bu kullanımlar genellikle CBS analizi sonucunda sınırlı alanların ÇKKV yöntemleriyle analizi sonucunu sunmaktadır.

Hibrit çözüm yaklaşımı literatürdeki sık kullanımların aksine CBS analizi aşamasına daha kapsayıcı olarak incelenmesini herhangi bir piksel/birim kaybı dahi olmaması için daha kapsayıcı bir bakış sunmaktadır. Ele alınan bir problemin nihai

amacının optimum sonucu karar vericiye sunmak olduğu için iki aşamalı tüm çalışmalarda gözden kaçırılan veri kaybı (piksel, birim, nokta, çizgi, poligon) olmadan ikinci adımda tüm birimlerin incelenmesini sağlar. Bu sayede asıl amaca en uygun sonucu veya en uygun alternatifler sıralamasını sunar.

Literatür özetlerinin sunulduğu Tablo.3.2 ve Tablo 3.3'teki “*” işareti konulan çalışmalar (Çetinkaya vd., 2018; Farooq vd., 2019; Hamadouche vd., 2020; Hariz vd., 2017; Inamdar vd., 2018; Marques-Perez vd., 2020; Wu vd., 2020), CBS tabanlı ÇKKV uygulamalarının iki aşamalı olarak yapılan çalışmalardır. Bu çalışmalar incelendiğinde çalışmanın daha az maliyet ile ilerlemesi, karar verici tarafından gözden çıkarılabilecek alanların olması vb. sebeplerden dolayı, ilk aşamada gerçekleştirilen CBS analizlerinde uygun gösterilen alanların belirli bölgeleri ile kısıtladıkları gözlemlenmiş olup bu durumda veri kaybı olma ihtimali göz ardı edilmiştir. Bunun yanı sıra, ikinci aşamadaki karar analizleri için alternatif olan alanların eşit uygunlukta olduğu kabulü ile sadece standartlaştırılmış bir karar analizi ile kriterler belirlenerek sonuçlandırılmıştır. CBS tabanlı ÇKKA'nde hibrit çözüm yaklaşımı ise hem CBS analizinde veri kaybını azaltmak ve hatta kayıp yaşamadan bütüncül yaklaşır, hem de ÇKKV analizlerinde alternatiflerin taşıdığı CBS değerlerini de karar analizinde değerlendirmeyi savunur. Bu yaklaşım sayesinde ele alınan ve asıl amaca ulaştıracak hedefi, optimum sonucu karar vericiye sunar.

Hibrit çözüm yaklaşımının uygulanabilirliğini göstermek için izleyen kesimde örnek bir uygulama sunulmuştur. Uygulama alanı günümüzde sıklıkla çalışmaları yapılan güneş enerjisi santrali kurulması için alan belirleme çalışmasıdır.

4.2. Siirt İli Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi Uygulaması

Coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme yaklaşımlarının alışlagelmiş uygulamalarına ek olarak sunulan bu hibrit çözüm yaklaşımının uygulanabilirliğini göstermek adına Siirt ilinde güneş enerjisi üretim santrali için yer belirleme problemi ele alınacaktır. Örnek uygulamada, güneş (fotovoltaik) enerji potansiyelinin yüksek olup enerji üretim etkinliğinin düşük olması (Koçak ve Boran, 2019) ve veri toplama sürecinde ulaşılabilirlik kolaylığı göz önünde bulundurulduğunda Siirt ili seçilmiştir. Ele alınacak problemde, çoğunlukla yapılan uygulamalardaki gibi belirli bir veya daha fazla bölgenin

sunulmasının yanı sıra elde edilecek aday bölgelerin sıralaması sonucu da sunulacaktır. Buna göre ele alınacak problemimiz, Siirt il siyasi haritası kapsamında, bir güneş enerjisi santrali kurulumu için yerleşim yerleri, göl, baraj vb. su kaynakları, askeri alanlar ve havaalanları dışındaki alanların eğim haritası, bakı haritası, yol ve yola yakınlık haritası, güneşlenme radyasyon haritası CBS kriterleri olarak değerlendirilerek uygun alanlar belirlenmesi; belirlenen uygun alanların ÇKKV yöntemleri için alternatif alanlar, alanların büyüklükleri, alana sığdırılabilecek santral güç büyüklükleri, kurulum maliyetleri, elde edilecek gelirler ve CBS analizi sonucundaki puan kriterlerine göre ikili üstünlük yöntemleri ile uygunluk sıralaması elde edilmesidir. Problemin tanımı ve belirlenen kriterleri Tablo 4.2.'de CBS ve ÇKKV analizleri için ayrı ayrı sunulmuştur.

Tablo 4.2. CBS ve ÇKKV Kriterleri

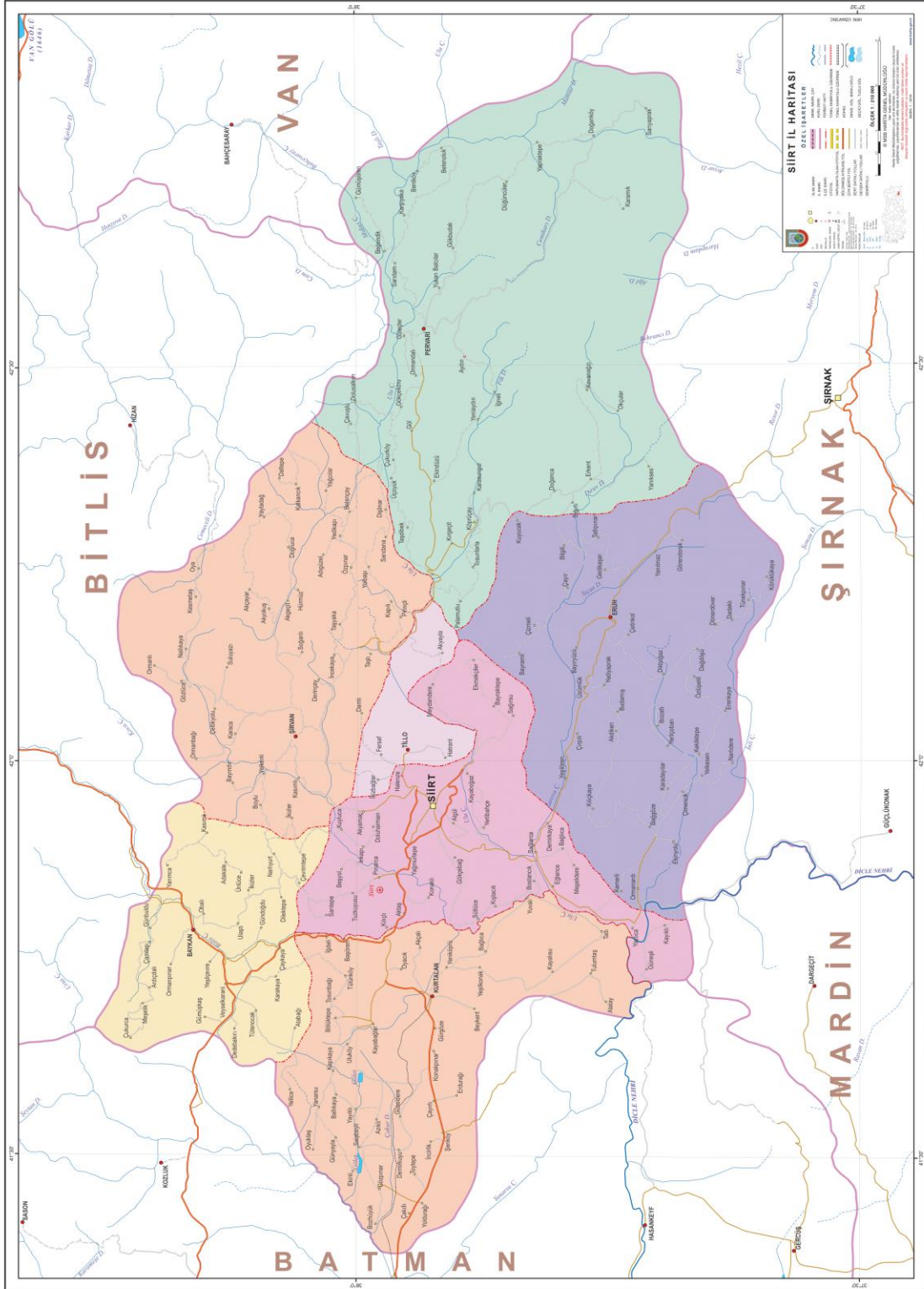
CBS		ÇKKV
Sınırlılıklar	Kriterler	Kriterler
Yerleşim Yerleri	Eğim	Alan
Göl, baraj, sulama kanalı, su kaynakları	Bakı	Potansiyel kurulum gücü
Askeri alanlar	Yol ve yola uzaklık	Yatırım maliyeti
Havaalanları	Güneşlenme radyasyon potansiyeli	Gelir

Uygulamanın CBS analizi için Siirt ili siyasi haritası kapsamındaki veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Harita Genel Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Siirt Belediyesi, Siirt İl Özel İdaresi, Siirt Orman İşletme Müdürlüğü, Siirt Meteoroloji İstasyon Şefliği kamu kurum ve kuruluşlarının hem internet sayfalarından hem de akademik çalışmalara izin karşılığı bilgi paylaşımı esasıyla elde edilmiştir. Verilerin düzenlenmesinde ve analizinde CBS analizi için Netcad ve ArcGIS yazılımları, karar verme yöntemlerinin uygulanmasında da MS Excel ve R programlama kullanılmıştır.

Uygulamanın gerçekleştirileceği Siirt ili siyasi haritası Şekil 4.2.'dedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının coğrafi bilgi sistemleri uygulaması olan AtlasPro

uygulamasından elde edilen bu harita aracılığıyla Siirt haritasının sayısal verisi elde edilmiş olup sonraki haritalarda sınırları belirlemek için kullanılmıştır.

Şekil 4.2. Siirt İli Siyasi Haritası



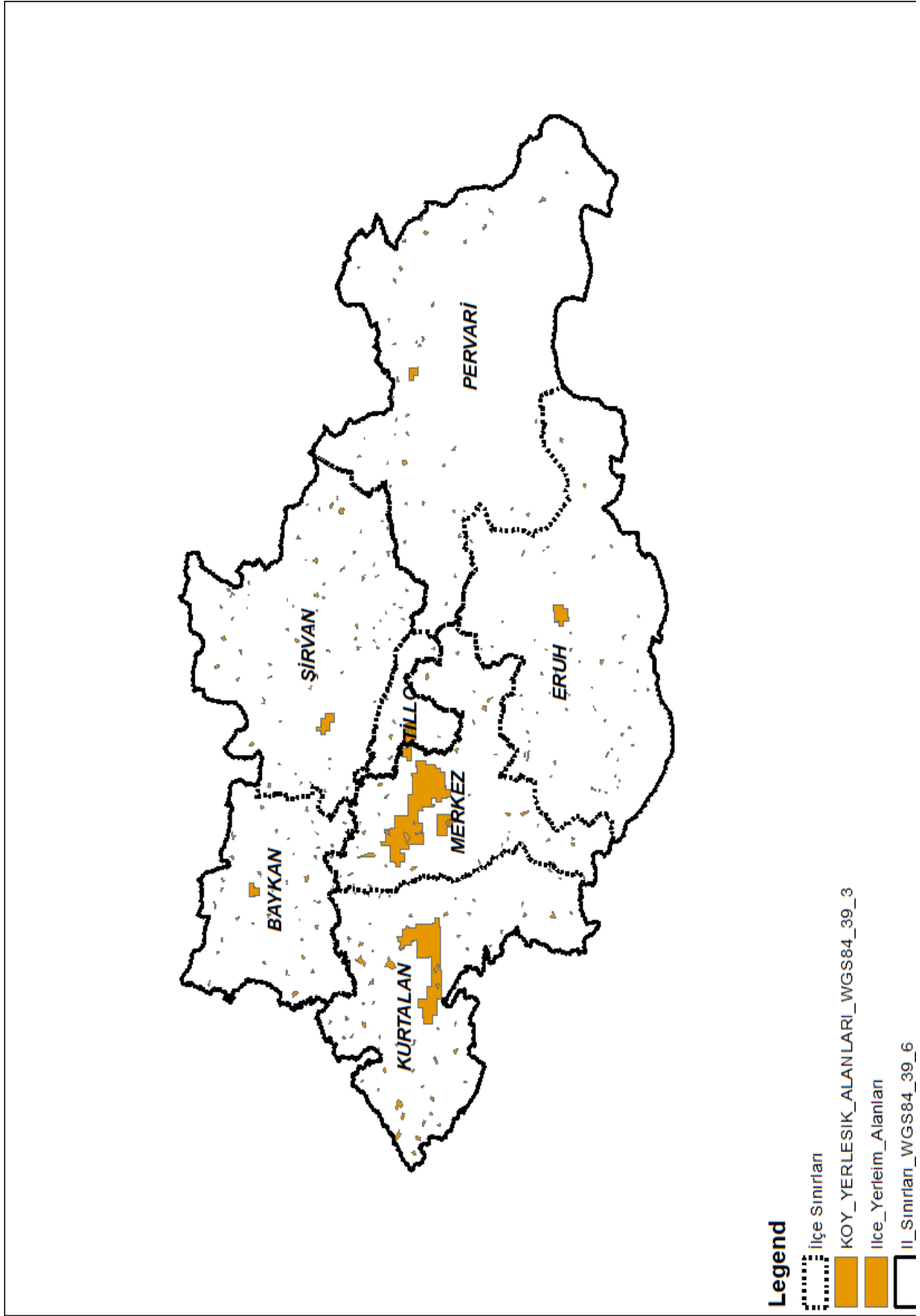
Kaynak: AtlasPro Uygulaması, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Uygulamada güneş enerjisi santrali kurulamayacak alanlar olan, yerleşim yerleri, akarsular, barajlar, göller vb. gibi su kaynakları alanları çıkarılmıştır. Bu nedenle Siirt İl Özel İdaresi ve Siirt Belediyesi tarafından alınan verilerin ArcGIS yazılımında birleştirilmesiyle edilen harita Şekil 4.3.'te görülmektedir. Bu harita il merkezi, ilçe merkezleri ve köy yerleşim yerleri haritasıdır. Benzer biçimde aynı yazılımla elde edilen Şekil 4.4.'te sunulan harita ise Siirt İl Özel İdaresi ve Siirt Milli Parklar Koruma Şube Şefliğinden alınan veriler ile akarsu ve baraj gölleri haritası elde edilerek analizde kullanılacak alanlardan çıkarılmıştır.

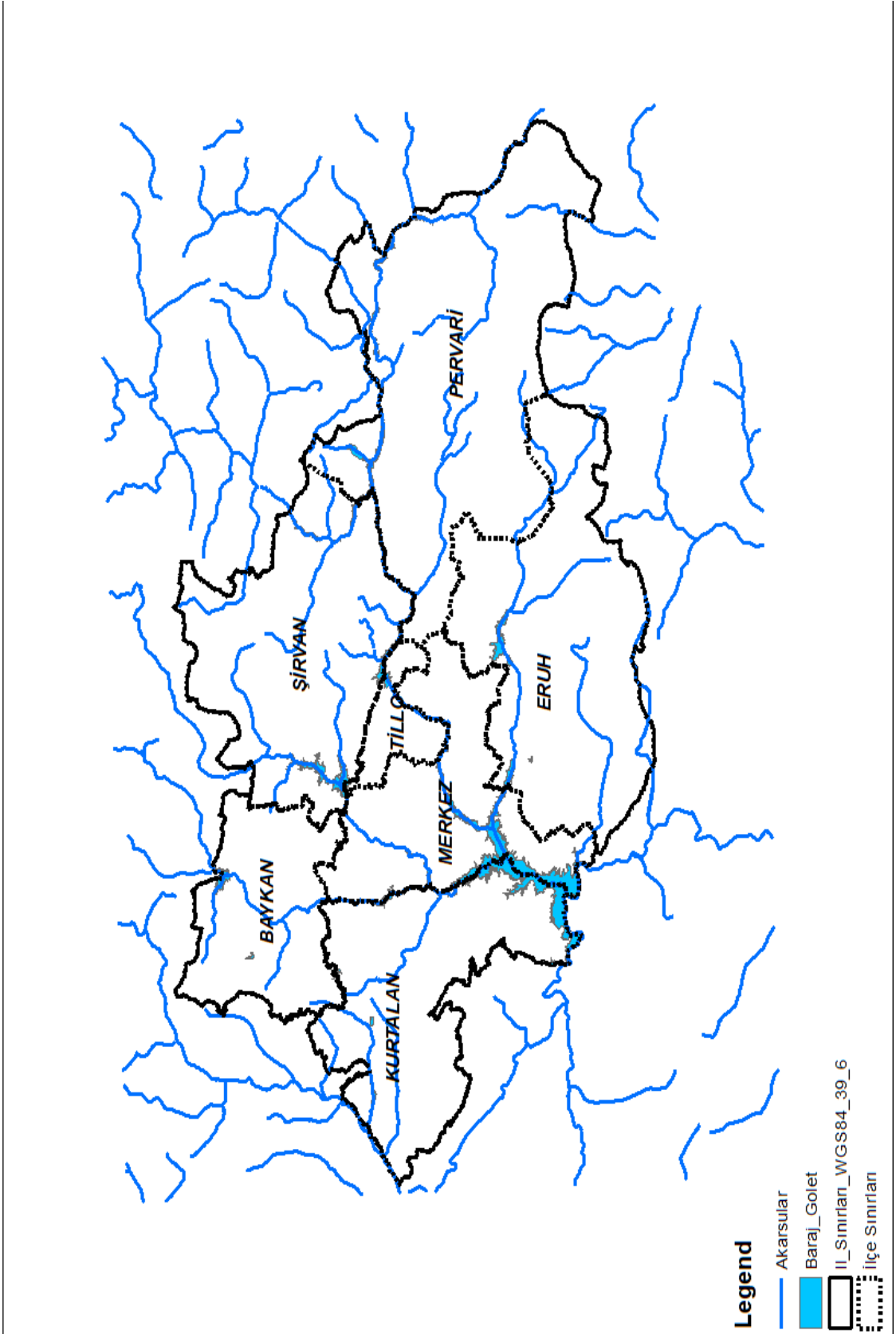
Bu kısıtlamalar altında güneş enerjisi santrali için uygun yerlerin belirlenmesinde kullanılacak olan eğim, bakı, yola uzaklık ve güneş radyasyon haritaları da oluşturulmuştur. Bu haritalar Siirt Orman İşletme Müdürlüğünden alınan verilerin altlık olarak kullanılmasıyla elde edilmiştir. İlgili haritalar;

- Şekil 4.5.'te araştırılan alanın yeryüzü şekillerinin koordinat sistemine göre eğimini belirten eğim haritası,
- Şekil 4.6.'de araştırması yapılan alanın yeryüzünün koordinat sistemindeki yönlerini ifade eden bakı haritası,
- Şekil 4.7.'de yolları birer çizgi verisi olarak kabul eden ve bu çizgiyi de yolun orta noktası olarak belirleyen yol ve yola yakınlık haritası,
- Şekil 5.7'de yeryüzü şekillerinin güneş ışınlarının yoğunluğunu ifade eden güneşlenme radyasyon haritası sunulmuştur.

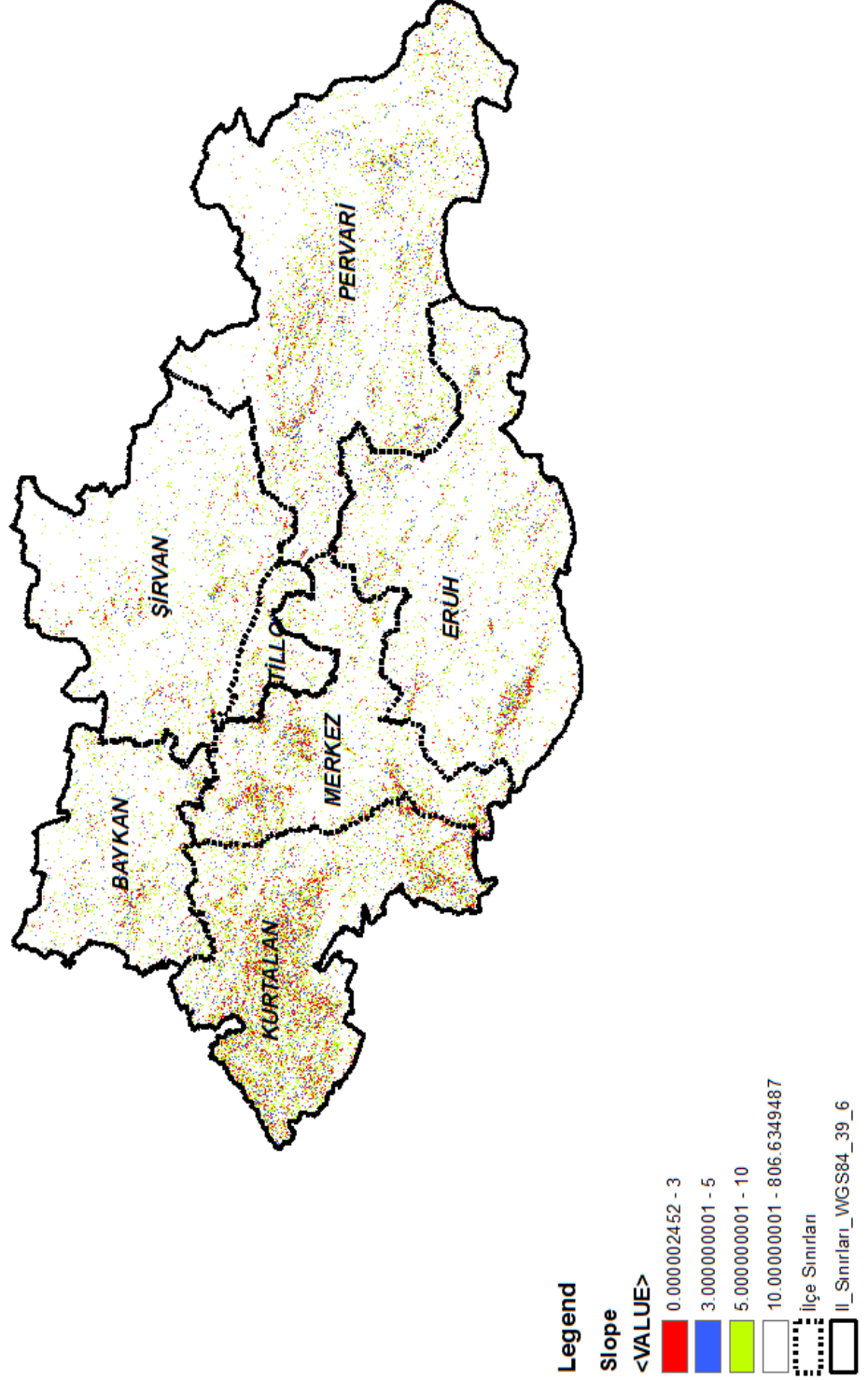
Şekil 4.3. Siirt İl, İlçe ve Köy Yerleşim Yeri Haritası



Şekil 4.4. Akarsu ve Baraj Gölleri Haritası

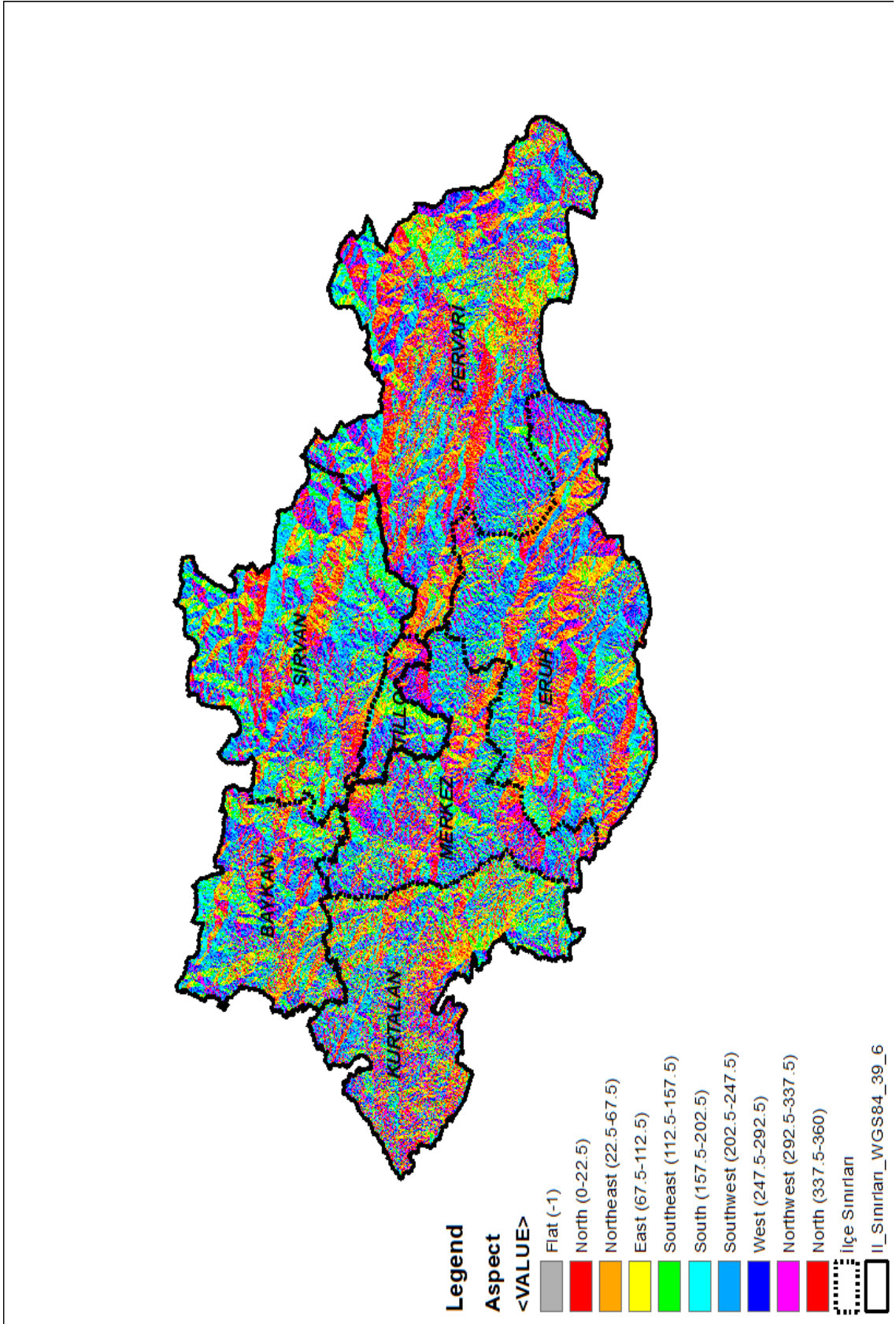


Şekil 4.5. Siirt İli Eğitim Haritası *



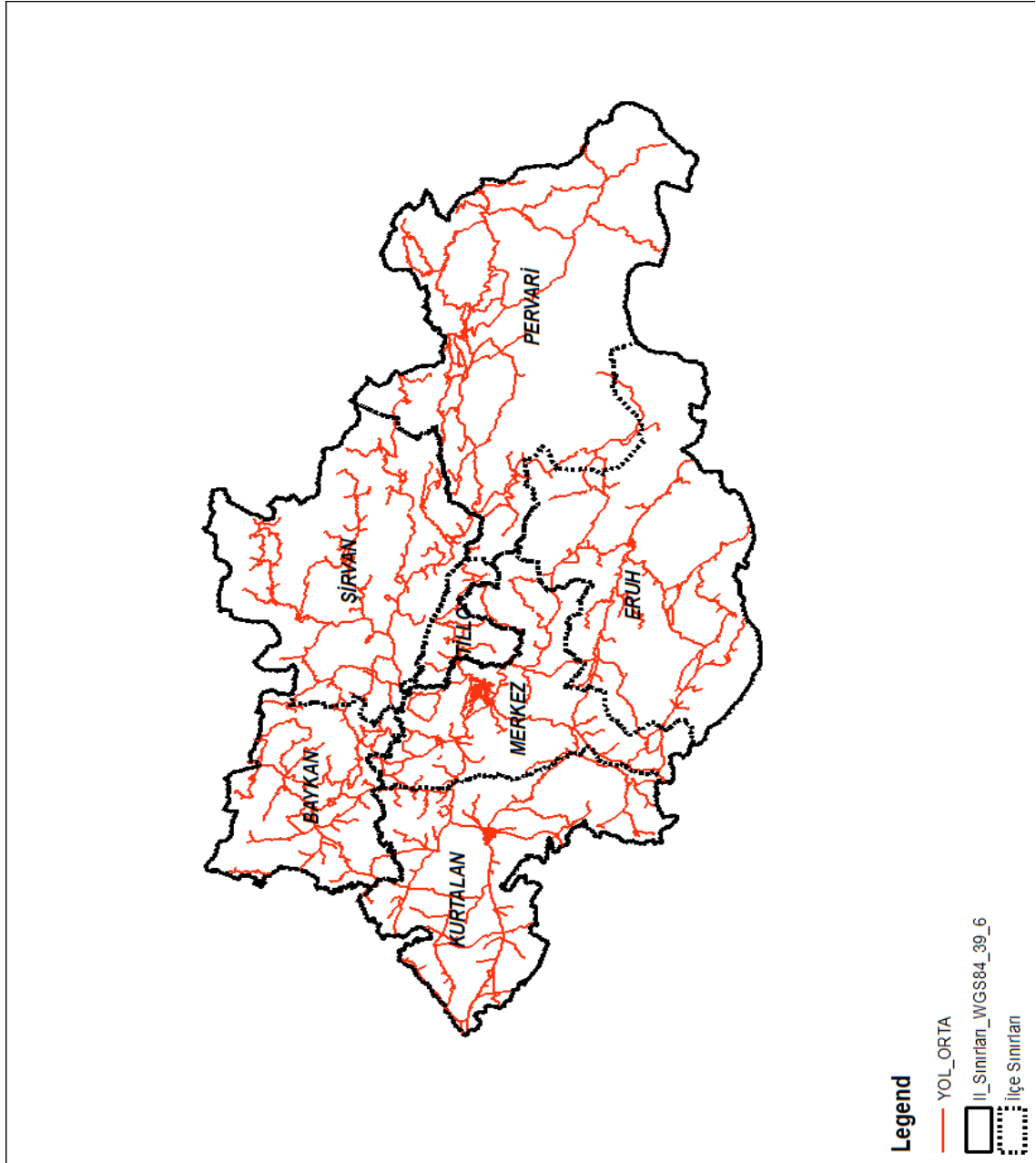
* Eğim katman sınıflandırmaları, Tablo 4.3.a'da gösterilmiştir.

Şekil 4.6. Siirt İli Bakı Haritası *



* Bakı katman sınıflandırmaları, Tablo 4.3.b.'de gösterilmiştir.

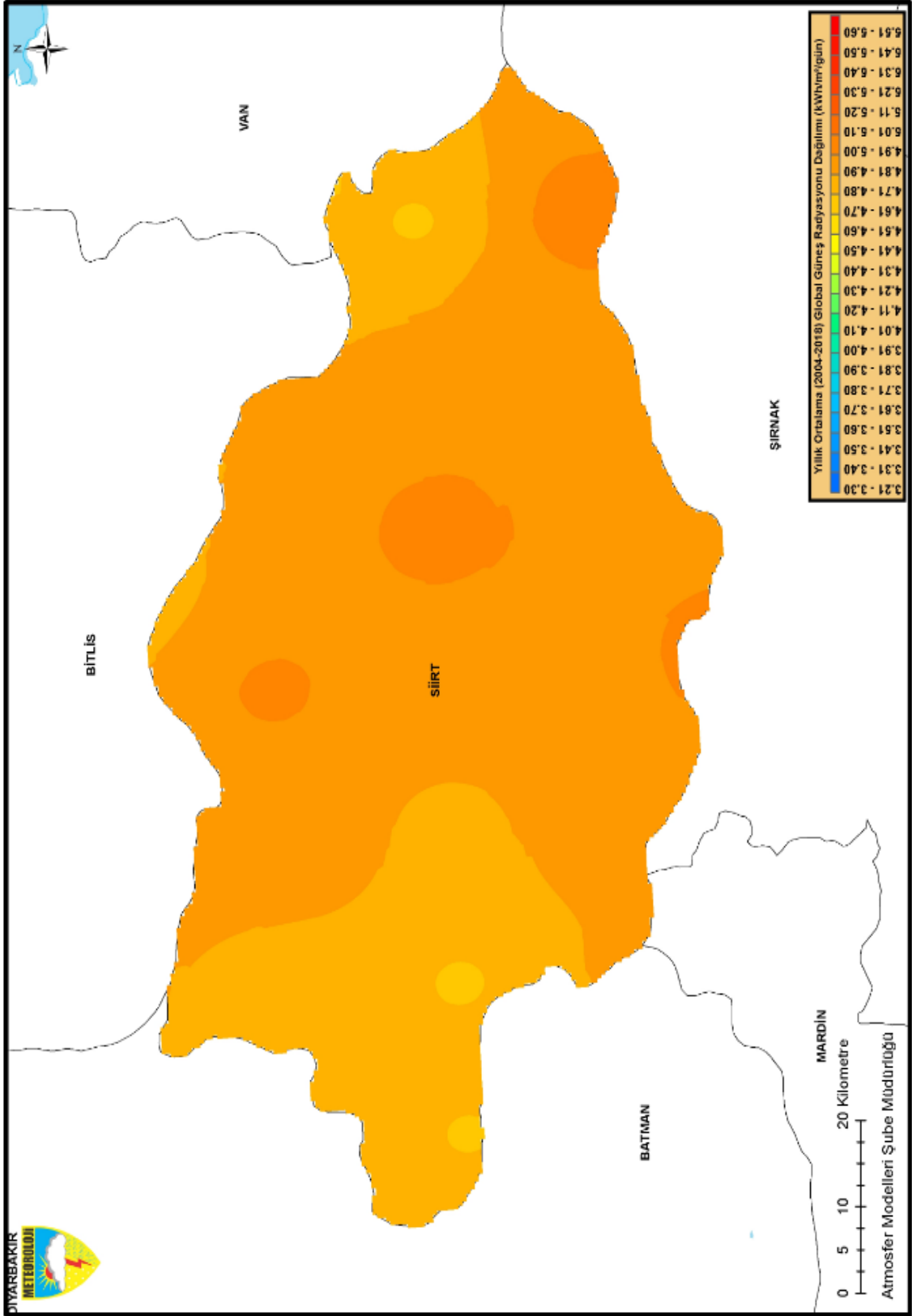
Şekil 4.7. Siirt İli Yol Haritası



* Yola uzaklık katman sınıflandırmaları, Tablo 4.3.c’de gösterilmiştir.

Analizde yıllık ortalama güneş radyasyon değerleri de kullanılacak olup Siirt ilinin haritası Meteoroloji Genel Müdürlüğü internet sitesinden alınmış olup Şekil 4.8.’de sunulmuştur. Alınan harita görüntüsü ArcGIS yazılımında sayısallaştırılarak analizde kullanılmıştır.

Şekil 4.8. Siirt İli Güneşlenme Radyasyon Haritası *



Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

* Güneşlenme Radyasyon katman sınıflandırmaları, Tablo 4.3.d'de gösterilmiştir.

Elde edilen yukarıdaki tüm haritalar Tablo 4.3.'teki sınıflandırma aralıkları dikkate alınarak, katmanlara herhangi bir ağırlıklandırma atanmadan karşılaştırma analizi yapılmıştır.

Tablo 4.3. CBS Katman Haritaları Sınıflandırması

a)

Katman	Sınıflandırma			
Eğim Haritası (%)	0-3	3-5	5-10	<10

b)

Katman	Sınıflandırma									
Baki Haritası (Yön-Açı)	Düz	K	KD	D	GD	G	GB	B	KB	K
	(-)	(0-22.5)	(22.5-67.5)	(67.5-112.5)	(112.5-157.5)	(157.5-202.5)	(202.5-247.5)	(247.5-292.5)	(292.5-337.5)	(337.5-360)

c)

Katman	Sınıflandırma			
Yola Uzaklık Haritası (m)	100-3000	3000-5000	3000-5000	<5000

d)

Katman	Sınıflandırma				
Güneş Radyasyon Haritası (kW/h)	4.81-4.90	4.91-5.00	5.01-5.10	5.11-5.20	5.21-5.30

Çakıştırma analizinde her bir harita katmanı, ortak kısıtları içermesi ile alanları barındırırken; katman içerisindeki her alanın coğrafi veri değerlerini de karşılaştırma sonucunda barındırması gerekmektedir. Bu nedenle karşılaştırma analizinde her bir katmanın değerleri toplamsal ve çarpımsal olarak karşılaştırma yapılabilir. Bu çalışmada katman değerleri çarpımsal olarak kullanılmıştır. Ancak karşılaştırma analizi sonucunda elde edilen uygun çözüm alanlarının değerlerinin birbirleri arasında sıralama veya oranlama ilişkisi bulunmamaktadır. Çarpma değerlerinin okuyucu tarafından böyle bir algısı olmaması ve uygun çözüm alanlarının da hangi katmanda, hangi özellikleri

taşıdığını gösterebilmek için asal sayı atamaları kullanılmıştır. Bu sayede nihai haritadaki alanların değerleri her biri farklı sayılar olacak ve asal çarpanlarının bulunması sayesinde uygun alanların hangi özellikleri taşıdığını keşfetmek de daha kolay olacaktır.

Çakıştırma analizi sonucunda elde edilen her bir poligonun sınıflandırmadaki aralığının belirlenebilmesi için, sınıf aralıklarına farklı asal sayılar verilmiştir. Sınıflara verilen asal sayı değerleri Tablo 4.4.'te sunulmuştur.

Tablo 4.4. Sınıflandırma Aralıklarına Atanan Asal Sayılar

a)

Katman					
Eğim	Sınıf	0-3	3-5	5-10	<10
Haritası (%)	Atama	23	19	17	13

b)

Katman											
Bakı Haritası (Yön-Açı)	Sınıf	Düz	K	KD	D	GD	G	GB	B	KB	K
		(-)	(0-22.5)	(22.5-67.5)	(67.5-112.5)	(112.5-157.5)	(157.5-202.5)	(202.5-247.5)	(247.5-292.5)	(292.5-337.5)	(337.5-360)
	Atama	31	29	29	31	31	31	31	31	29	29

c)

Katman					
Yola Uzaklık	Sınıf	500-3000	3000-5000	3000-5000	<5000
Haritası (m)	Atama	47	43	41	37

d)

Katman						
Güneş Radyasyon Haritası (kW/h)	Sınıf	4.81-4.90	4.91-5.00	5.01-5.10	5.11-5.20	5.21-5.30
	Atama	2	3	5	7	11

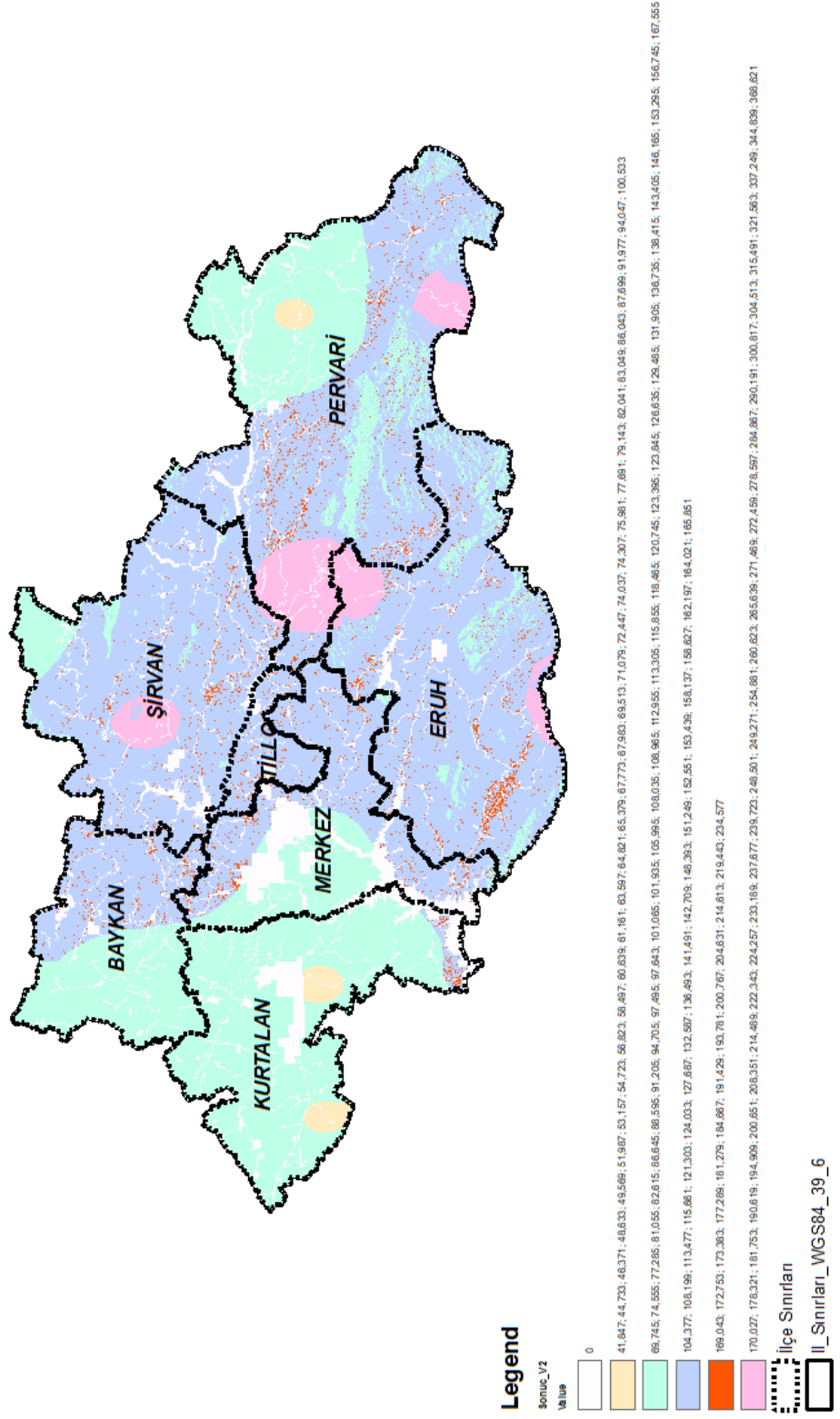
Tablo 4.4.'teki asal sayı atamalarına göre çakıştırma analizi yapılırken, tüm sınıflandırmalara ek olarak eğim ve bakı haritalarından ek bir katman oluşturulmuştur. Bu ek katman, literatürde eğimin %5'ten büyük ve K-KD-KB yönlerine bakan alanların

güneş enerjisi sistemlerindeki verimliliğin düşük olacağı genel kanısına göre oluşturulmuştur. Dolayısıyla bakının K-KD-KB yönlerinde %5'ten fazla eğimli alanlar çalışmaya dahil edilmemiştir.

Tüm bu kriterlere göre oluşturulan katmanlar herhangi bir ağırlık ataması olmadan karşılaştırma analizi ile Şekil 4.9.'deki nihai harita sonucu elde edilmiştir. Nihai haritadan 41847, ... ,368621 kodlarıyla temsil edilen 128 farklı renklendirme ve her bir rengin temsil ettiği farklı büyüklükteki alanlar görülebilir. Söz konusu bu 128 renkteki farklı alanlar modelin ikinci aşamasında çok kriterli karar verme analizinin alternatiflerini oluşturmaktadır.

Şekil 4.9.'deki nihai harita incelendiğinde 5 adet gruplandırma olduğu gözlenmektedir. Bu gruplandırmalar atanan asal sayıların çarpımlardan elde edilen 128 sonucun büyüklük sıralamasına göre gruplandırmak yerine elde edilen sayıların en büyük ortak bölen sayılarına göre belirlenerek Şekil 4.10.'daki harita elde edilmiştir. Bu tür gruplandırmanın tercih edilmesinin nedeni eğim ve bakı katmanlarına ek katman oluşturma nedeni ile ilişkilidir. Atanan asal sayı çarpımlarının büyüklüklerine göre sıralama yapıldığında, örneğin %5 eğim ve K-KD-KB yönlerindeki alanların, %10 eğim ve Düz-D-GD-G-GB-B bakı yönlerinden daha yüksek değerlerde enerji üretimine uygun olacağı sonucu algılanabilir. Bu sonuç gerçekte uygun olup olmayacağı ek farklı analizler ile yapılması gerektiği için asal sayı çarpım büyüklüklerine göre gruplandırma yapmak yerine çarpımların en büyük ortak bölen sayılarına göre gruplandırma tercih edilmiştir.

Şekil 4.10. CBS Sonuç Gruplandırması

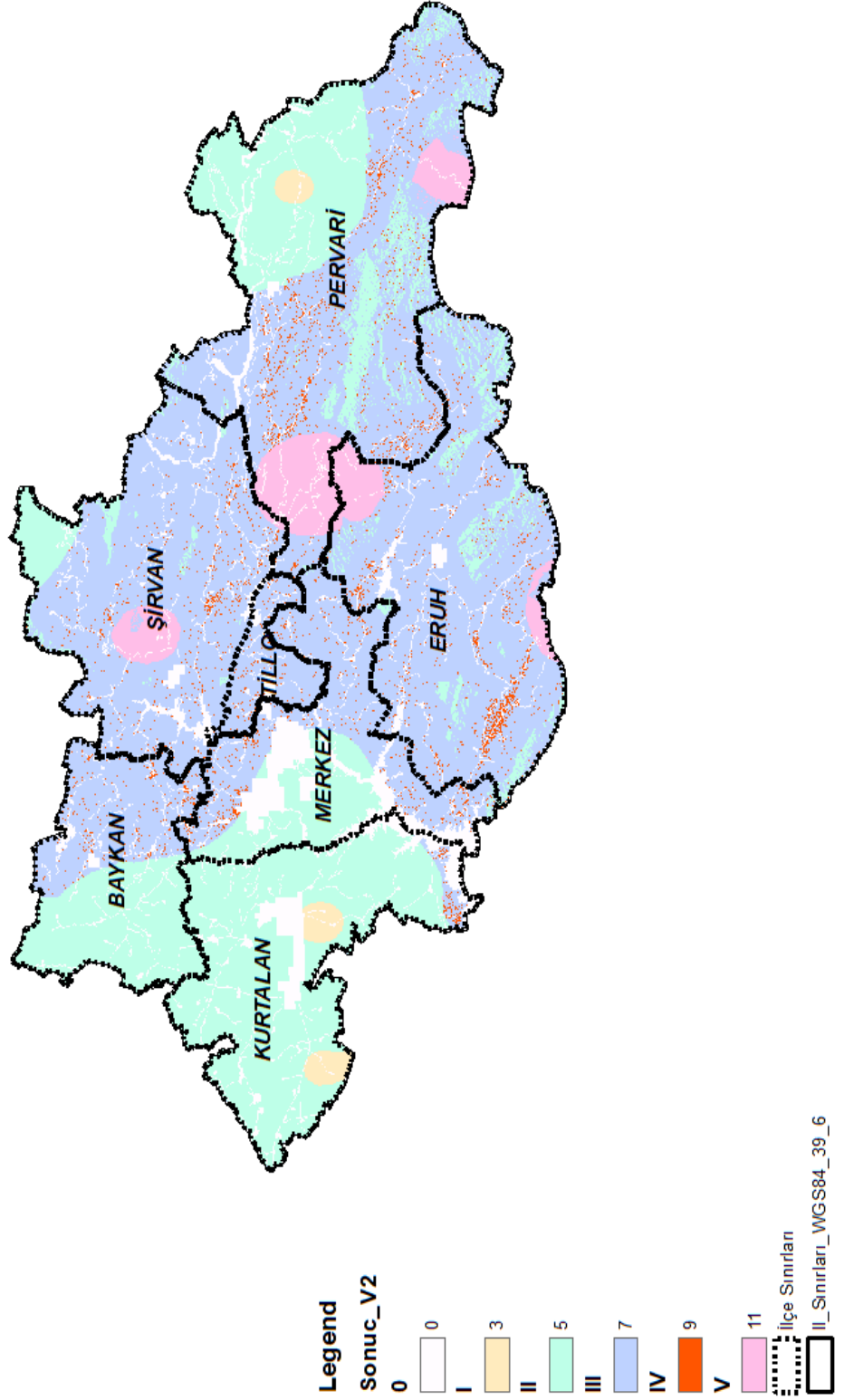


En büyük ortak bölen değerlerine göre yapılan bu grupta, Şekil 4.11.'deki gösterildiği gibi grup isimlendirmeleri I-II-III-IV-V aralığında yeniden düzenlenerek, çok kriterli karar verme yöntemi analizinde kullanılması için sırasıyla 3-5-7-9-11 puanları verilerek CBS kriterinin puan sınıflandırması katmanı oluşturulmuştur.

Hibrit çözüm yaklaşımının ikinci aşaması problem durumunun çözümüne en uygun çok kriterli karar verme yönteminin seçimi ile gerçekleştirilecektir. Karar modeli oluşturulurken belirlenen kriterler alan, üretim potansiyeli, kurulum maliyeti, satış geliri ve CBS puanıdır.

Alan kriteri CBS analizinde renklendirmeler farklılaşan alanların toplamını ifade eder. Üretim potansiyeli de belirlenen toplam alanlara kurulması muhtemel yaklaşık potansiyel gücü temsil etmektedir. Kurulum maliyeti kriteri de potansiyel güç ve alan kriterleri değerleri ile ilişkili olarak yaklaşık maliyeti göstermektedir. Satış geliri kriteri de potansiyel güç üretiminden elde edilebilecek miktarı belirtmektedir. CBS puanı kriteri ise CBS analizi ile elde edilen alanların karar verici tarafından potansiyelini sayısallaştıracak puan atamasını ifade eder. Tüm bu belirlenen kriterler ile CBS analizinde elde edilen 128 farklı bölge karar alternatifleri olarak kabul edilerek karar verme yöntemleri ile analiz edilecektir.

Şekil 4.11. CBS Kriteri Puan Sınıflandırması



Analizde kullanılacak karar verme yöntemlerinin belirlenmesinde Wałtróbski vd. tarafından yapılan karar verme yöntemi seçme aracı kullanılmıştır. Çalışma, ele alınacak problemin çözümünde kullanılacak olan kriterler ve bu kriterlerin belirli özelliklerine göre farklılaşan karar verme yöntemlerini belirlemeyi bir araç yardımıyla web sitesine (Wałtróbski vd., 2018) dönüştürülmüştür. İlgili web sitesinde, uygulama problemi için belirlenen kriterler ve özellikleri girilerek, uygun yöntemler elde edilmiştir.

Web sitesinde uygun yöntem araştırması için belirli sorular bulunmaktadır. karar modeline ilişkin sorular bu sorular; ağırlıkların var olup olmadığı, varsa hangi ağırlıklarındırma türünde olduğu, kullanılacak ölçeğin türü, karar kriterlerinde belirsizliğin var olup olmadığı, belirsizlik varsa türü, tercih belirsizliğinin türü, karar yaklaşımı tercihi ve sonuçların sıralama türü bilgileri için seçenekler yer almaktadır.

Ele alınan problemin çözümü için, web sitesi seçim aracındaki ilgili yerlere;

- Ağırlıklandırma : Var
- Ağırlıklandırma türü : Miktar
- Ölçek : Miktar
- Belirsizlik : Var
- Belirsizlik türü : Tercih
- Tercih belirsizlik türü : İki de (hem farksızlık hem tercih)
- Karar başlığı : Sıralama ve seçim
- Sıralama türü : Parçalı / Tümü

bilgileri girilmiştir. Sonucunda ELECTRE III ve PROMETHEE I yöntemleri ile karşılaşılmıştır. Tam sıralamanın yapılamadığı durumlar karar teorisinde tam sıralamanın gerçekleştirilemediği durumlar söz konusu olduğundan dolayı hibrit yaklaşımın ikinci adımında bu iki yöntem de kullanılacaktır. Bu durum karar vericiye tam sıralama veya grup sıralama ile kolaylık sağlayacaktır.

ELECTRE III ve PROMETHEE I yöntemlerini kullanmak için MS Excel ve R programlama dili (R Core Team, 2013) (RStudio yazılımı (RStudio Team, 2015)) tercih edilmiştir. Buna göre ilk önce iki yöntemde de kullanılan karar matrisi, Tablo 4.5.'teki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 4.5. Karar Matrisi

Kriterler		Alan (m ²)	Potansiyel (MW/m ²)	Maliyet (1000 USD)	Gelir (1000 TL)	CBS Puanı
Alternatif No	Alternatif Kodu					
1	41847	592,960.87	118.59	60,482.01	96.06	3
2	44733	1,276,687.02	255.34	130,222.08	206.82	3
3	46371	5,459,677.72	1,091.94	545,967.77	884.47	3
4	48633	14,397,299.41	2,879.46	1,439,729.94	2,332.36	3
5	49569	4,790,667.95	958.13	488,648.13	776.09	3
6	51987	12,645,532.16	2,529.11	1,264,553.22	2,048.58	3
7	53157	4,219,096.18	843.82	430,347.81	683.49	3
8	54723	54,578.89	10.92	6,440.31	8.84	3
9	56823	4,398,122.46	879.62	448,608.49	712.50	3
10	58497	66,179.23	13.24	7,809.15	10.72	3
11	60639	431,130.65	86.23	46,562.11	69.84	3
12	61161	17,606.63	3.52	2,112.80	2.85	3
13	63597	1,776,074.35	355.21	181,159.58	287.72	3
14	64821	384,741.48	76.95	41,552.08	62.33	3
15	65379	18,482.25	3.7	2,217.87	2.99	3
16	67773	151,461.24	30.29	16,963.66	24.54	3
17	67983	1,205,028.29	241.01	122,912.89	195.21	3
18	69513	702,642.74	140.53	71,669.56	113.83	3
19	69745	25,065,631.49	5,013.13	2,406,300.62	4,060.63	5
20	71079	621,281.15	124.26	63,370.68	100.65	3
21	72447	118,675.42	23.74	13,291.65	19.23	3
22	74037	7,411.88	1.48	889.43	1.20	3
23	74307	497,655.69	99.53	53,746.81	80.62	3
24	74555	70,639,805.97	14,127.96	6,781,421.37	11,443.65	5
25	75981	363,050.73	72.61	39,209.48	58.81	3
26	77285	81,480,443.41	16,296.09	7,822,122.57	13,199.83	5
27	77691	246,777.02	49.36	26,651.92	39.98	3
28	79143	27,299.05	5.46	3,221.29	4.42	3
29	81055	238,183,073.09	47,636.61	20,483,744.29	38,585.66	5
30	82041	83,714.40	16.74	9,376.01	13.56	3
31	82615	159,456,690.92	31,891.34	13,713,275.42	25,831.98	5
32	83049	148,283.78	29.66	16,607.78	24.02	3
33	86043	304,646.48	60.93	32,901.82	49.35	3
34	86645	380,039,752.46	76,007.95	32,683,418.71	61,566.44	5
35	87699	264,883.14	52.98	28,607.38	42.91	3
36	88595	90,450,581.42	18,090.12	8,683,255.82	14,652.99	5
37	91205	2,224,411.82	444.88	226,890.01	360.35	5
38	91977	1,025,089.63	205.02	104,559.14	166.06	3
39	94047	113,933.76	22.79	12,760.58	18.46	3
40	94705	135,561,320.44	27,112.26	11,658,273.56	21,960.93	5

Alternatif No	Alternatif Kodu	Alan (m ²)	Potansiyel (MW/m ²)	Maliyet (1000 USD)	Gelir (1000 TL)	CBS Puanı
41	97495	3,299,285.18	659.86	336,527.09	534.48	5
42	97643	251,832,428.93	50,366.49	21,657,588.89	40,796.85	5
43	100533	406,717.18	81.34	43,925.46	65.89	3
44	101065	7,789,455.88	1,557.89	778,945.59	1,261.89	5
45	101935	949,542.34	189.91	96,853.32	153.83	5
46	104377	334,936,635.04	66,987.33	28,804,550.61	54,259.73	7
47	105995	30,024,149.27	6,004.83	2,882,318.33	4,863.91	5
48	108035	11,295,131.95	2,259.03	1,129,513.20	1,829.81	5
49	108199	212,934,205.44	42,586.84	18,312,341.67	34,495.34	7
50	108965	1,114,196.02	222.84	113,647.99	180.50	5
51	112955	3,098,819.78	619.76	316,079.62	502.01	5
52	113305	40,700,739.16	8,140.15	3,907,270.96	6,593.52	5
53	113477	536,916,631.36	107,383.33	46,174,830.30	86,980.49	7
54	115661	336,229,842.96	67,245.97	28,915,766.49	54,469.23	7
55	115855	13,577,704.07	2,715.54	1,357,770.41	2,199.59	5
56	118465	11,668,753.84	2,333.75	1,166,875.38	1,890.34	5
57	120745	3,645,852.11	729.17	371,876.92	590.63	5
58	121303	894,673,839.80	178,934.77	76,941,950.22	144,937.16	7
59	123395	711,942.91	142.39	72,618.18	115.33	5
60	123845	18,693,083.63	3,738.62	1,869,308.36	3,028.28	5
61	124033	175,026,538.30	35,005.31	15,052,282.29	28,354.30	7
62	126635	13,013,897.96	2,602.78	1,301,389.80	2,108.25	5
63	127687	12,132,240.47	2,426.45	1,213,224.05	1,965.42	7
64	129485	5,440,314.74	1,088.06	544,031.47	881.33	5
65	131905	2,432,791.50	486.56	248,144.73	394.11	5
66	132587	346,839,682.35	69,367.94	29,828,212.68	56,188.03	7
67	136493	15,214,869.23	3,042.97	1,521,486.92	2,464.81	7
68	136735	2,094,907.62	418.98	213,680.58	339.38	5
69	138415	6,196,507.42	1,239.30	619,650.74	1,003.83	5
70	141491	8,769,972.12	1,753.99	876,997.21	1,420.74	7
71	142709	4,484,035.33	896.81	457,371.60	726.41	7
72	143405	7,667,260.81	1,533.45	766,726.08	1,242.10	5
73	146165	7,040,442.23	1,408.09	704,044.22	1,140.55	5
74	148393	27,559,620.42	5,511.92	2,645,723.56	4,464.66	7
75	151249	11,963,114.36	2,392.62	1,196,311.44	1,938.02	7
76	152551	4,745,761.03	949.15	484,067.63	768.81	7
77	153295	25,924,043.98	5,184.81	2,488,708.22	4,199.70	5
78	153439	10,008,044.55	2,001.61	1,000,804.46	1,621.30	7
79	156745	3,828,508.40	765.7	390,507.86	620.22	5
80	158137	3,235,024.12	647	329,972.46	524.07	7
81	158627	40,050,915.81	8,010.18	3,844,887.92	6,488.25	7
82	162197	13,061,386.34	2,612.28	1,306,138.63	2,115.94	7
83	164021	15,441,551.82	3,088.31	1,544,155.18	2,501.53	7
84	165851	10,226,723.48	2,045.34	1,022,672.35	1,656.73	7

Alternatif No	Alternatif Kodu	Alan (m²)	Potansiyel (MW/m²)	Maliyet (1000 USD)	Gelir (1000 TL)	CBS Puanı
85	167555	12,971,932.45	2,594.39	1,297,193.25	2,101.45	5
86	169043	3,711,648.74	742.33	378,588.17	601.29	9
87	170027	20,307,849.13	4,061.57	2,030,784.91	3,289.87	11
88	172753	2,242,566.21	448.51	228,741.75	363.30	9
89	173383	21,980,881.37	4,396.18	2,198,088.14	3,560.90	9
90	177289	12,282,459.29	2,456.49	1,228,245.93	1,989.76	9
91	178321	54,664,374.46	10,932.87	5,247,779.95	8,855.63	11
92	181279	5,034,375.37	1,006.88	503,437.54	815.57	9
93	181753	31,190,289.92	6,238.06	2,994,267.83	5,052.83	11
94	184667	7,659,517.70	1,531.90	765,951.77	1,240.84	9
95	190619	74,078,839.88	14,815.77	7,111,568.63	12,000.77	11
96	191429	1,717,975.59	343.6	175,233.51	278.31	9
97	193781	6,889,847.37	1,377.97	688,984.74	1,116.16	9
98	194909	17,689,346.48	3,537.87	1,768,934.65	2,865.67	11
99	200651	638,650.05	127.73	65,142.31	103.46	11
100	200767	6,097,049.81	1,219.41	609,704.98	987.72	9
101	204631	5,820,614.43	1,164.12	582,061.44	942.94	9
102	208351	32,056,545.22	6,411.31	3,077,428.34	5,193.16	11
103	214489	742,338.95	148.47	75,718.57	120.26	11
104	214613	20,875,709.16	4,175.14	2,087,570.92	3,381.86	9
105	219443	3,510,241.63	702.05	358,044.65	568.66	9
106	222343	1,116,022.80	223.2	113,834.33	180.80	11
107	224257	235,103.54	47.02	25,391.18	38.09	11
108	233189	2,466,673.70	493.33	251,600.72	399.60	11
109	234577	11,969,919.43	2,393.98	1,196,991.94	1,939.13	9
110	237677	1,489,999.95	298	151,979.99	241.38	11
111	239723	236,273.00	47.25	25,517.48	38.28	11
112	248501	408,439.49	81.69	44,111.46	66.17	11
113	249271	3,304,222.65	660.84	337,030.71	535.28	11
114	254881	1,282,772.46	256.55	130,842.79	207.81	11
115	260623	886,504.92	177.3	90,423.50	143.61	11
116	265639	450,516.21	90.1	48,655.75	72.98	11
117	271469	129,629.51	25.93	14,518.51	21.00	11
118	272459	1,794,283.58	358.86	183,016.93	290.67	11
119	278597	999,097.49	199.82	101,907.94	161.85	11
120	284867	469,709.37	93.94	50,728.61	76.09	11
121	290191	452,159.83	90.43	48,833.26	73.25	11
122	300817	227,576.99	45.52	24,578.31	36.87	11
123	304513	533,619.63	106.72	54,429.20	86.45	11
124	315491	484,928.96	96.99	52,372.33	78.56	11
125	321563	768,256.32	153.65	78,362.14	124.46	11
126	337249	1,652,123.46	330.42	168,516.59	267.64	11
127	344839	280,676.33	56.14	30,313.04	45.47	11
128	368621	934,958.66	186.99	95,365.78	151.46	11

Karar matrisi elde edilirken alternatifler, CBS analizi sonucunda elde edilen 128 bölge seçilmiştir. Kriterler ve alacağı değerler için ise şimdiye kadar kurulmuş olup faaliyette olan güneş enerjisi santrallerinin fizibilite raporları ve santral kurulumu yapan işletmelerin raporları incelenmiştir. Elde edilen raporlardan mevcut santrallerin kapsadığı alanlar, kurulu güç büyüklükleri, yatırım maliyetleri, mevcut satış gelirleri verileri sayesinde istatistiksel veriler elde edilmiştir. Bu sayede alternatiflerin alacağı değerler elde edilerek karar matrisi oluşturulmuştur.

Alan kriteri için bölgelerin toplam kapsadığı m² belirlenmiştir. Potansiyel üretim gücü değerleri, güneş enerjisi santrallerinin kurulu kW ve kurulu m² oranlaması yapılarak belirlenmiştir. Bu oranlama 48 mevcut kurulu normal ve çatı tipi güneş enerjisi santralleri fizibilite raporları incelenerek elde edilmiştir. İncelemede farklı üretim kapasitesinde ve farklı markaların güneş panelleri olduğu için çoğunlukta olan 21 adet 395 kWp'lık panellerin raporları ile oran belirlenmiştir. Benzer biçimde 1 MW enerji üretimi için gerekli alan hesaplamasında da aynı raporlar incelenerek 4444 m² ile 5057 m²'lik büyüklükteki alanlar olduğu tespit edilmiş olup tüm raporların kartilleri belirlenerek alan ve potansiyel güç ilişkili hesaplamalar elde edilmiştir. Benzer biçimde yatırım maliyeti hesaplaması için raporlar incelendiğinde ortalama birim maliyetin 430-630 USD aralığında olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla alternatiflerin alacağı değerler 1MW potansiyel güç için kurulması gereken malzemelerin hesaplanmasında da sınıflandırma yapılarak farklı birim maliyet çarpanları ile maliyet kriteri değerleri belirlenmiştir. Enerji satışından elde edileceği tahmin edilen gelir miktarı 30.01.2021 tarihli Resmi Gazete ilanı ile 01.07.2021-31.12.2025 tarihleri arasında YEK (Yenilenebilir Enerji Kurulu) belgeli enerji üretim tesisleri fiyatlarının belirlenmesi ilişkin bilgiler paylaşılmıştır. Analizin yapıldığı dönem itibariyle birim kWp satış geliri 0,81 TL kullanılarak hesaplanmıştır.

RStudio içerisinde ELECTRE III ve PROMETHEE I yöntemlerinin uygulamalarının kullanılmasını sağlayan hazır kütüphaneler sırasıyla, 'OutrankingTools' (Prombo, 2014) ve 'promethee123' (Moreira vd., 2020) paketleridir. İlgili paketler kütüphaneden yüklendikten sonra istenilen veri girişleri, yazılım diline uygun olarak yapılmıştır. ELECTRE III yönteminin uygulanmasında kullanılacak 'OutrankingTools' paketinin istediği veriler, performans matrisi, alternatifler, kriterler, kriter ölçütleri (min/max), kriter ağırlıkları, her bir kriter için tercih eşik değeri, farksızlık eşik değeri,

veto eşik değerleridir. PROMETHEE I yönteminin uygulanmasında kullanılacak olan ‘promethee123’ paketinin istediği veriler ise alternatifler, kriterler, karar matrisi, kriter ağırlıkları, kriterlerin veri tipleri (normalizasyon fonksiyonu), kriter ölçütleri (min/max), her bir kriter için tercih eşik değeri, farksızlık eşik değeri, veto eşik değerleridir.

ELECTRE III yönteminin uygulaması için “OutrankingTools” (Prombo, 2014) paketinin istediği veriler Tablo 4.5.’teki karar matrisi tablosuna ve değerlerine göre Tablo 4.6.’daki biçimde oluşturulmuştur.

Tablo 4.6. RStudio ELECTRE III Uygulaması Verileri

Girdiler	Açıklamalar
Performans Matrisi	Alternatiflerin kriterlere göre aldığı değerler, sütun öncelikli olarak eklendi.
Alternatifler	Alternatif Kodu sütununun değerleri birer alternatif ismi olarak belirlendi.
Kriterler	Kriterler satırı başlıkları sırasıyla, “Alan, BirimPotansiyel, KurulumMaliyet, SatışGeliri, CBSPuanı” olarak tanımlandı.
Kriter Ölçütleri	Kriterlerin yönü sırasıyla, “max, max, min, max, max” olarak belirlendi.
Kriter Ağırlıkları	Kriterlerin ağırlıkları sırasıyla, “0.15, 0.20, 0.25, 0.25, 0.15” olarak belirlendi.
Tercih Eşik Değeri	Her bir kriter için sırasıyla, “20000000, 3000, 1500000, 2500, 4” olarak belirlendi.
Farksızlık Eşik Değeri	Her bir kriter için sırasıyla, “7000, 1, 800, 1, 2” olarak belirlendi.
Veto Eşik Değeri	Her bir kriter için sırasıyla, “900000000, 180000, 77000000, 145000, 7” olarak belirlendi.

Tüm girdiler eklendikten sonra RStudio aracılığıyla ELECTRE III yönteminin çıktılarını Tablo 4.7.’deki gibi elde edilmiştir. Tablo 4.7.’deki ‘No’ sütunu Tablo 4.5.’teki karar matrisinde yer alan alternatif kodlarının sıra numaralarını, ‘Alternatif’ sütunu alternatiflerin kodlarını ve ‘Rank’ sütunu da ELECTRE III yöntemi sonucuna göre alternatiflerin rank sıralarını ifade etmektedir. Burada belirlenen girdi değerleri karar matrisi verilerine göre karar verici tarafından belirlenmiştir. Her karar vericinin belirleyeceği, ağırlık ve eşik değerlerine göre sonuçlar değişebilir. Bu noktada karar vericinin problemi ve çözüm araştırması için gerekli bilgiye sahip olması önemlidir.

Sonuçlar incelendiğinde, ELECTRE III yöntemi eldeki 128 farklı alternatifi toplam 28 rank ile sonuçlandırmıştır. Bu sıralamalardan 1. ve 28. rank sıralamalarının ilk ve son

sıralamalar olmasının yanı sıra tek bir alternatif için birer rank sırası olarak atanması dikkat çekicidir.

Tablo 4.7. RStudio İle ELECTRE III Analiz Sonucu Rank Sıralamaları

No	Alternatif	Rank	No	Alternatif	Rank	No	Alternatif	Rank	No	Alternatif	Rank
108	233189	1	102	208351	6	74	148393	10	45	101935	20
110	237677	2	104	214613	6	81	158627	10	3	46371	21
118	272459	2	76	152551	6	26	77285	10	59	123395	22
126	337249	2	109	234577	7	52	113305	10	5	49569	23
114	254881	3	70	141491	7	85	167555	10	9	56823	24
106	222343	4	90	177289	7	105	219443	10	43	100533	25
119	278597	4	95	190619	7	24	74555	10	1	41847	25
103	214489	5	96	191429	7	47	105995	11	8	54723	25
115	260623	5	53	113477	7	71	142709	11	10	58497	25
125	321563	5	113	249271	7	77	153295	11	11	60639	25
128	368621	5	34	86645	7	58	121303	11	12	61161	25
99	200651	6	84	165851	7	60	123845	11	14	64821	25
112	248501	6	66	132587	7	62	126635	11	15	65379	25
116	265639	6	89	173383	7	56	118465	12	16	67773	25
120	284867	6	46	104377	7	44	101065	12	18	69513	25
121	290191	6	86	169043	7	48	108035	12	20	71079	25
123	304513	6	19	69745	7	55	115855	12	21	72447	25
124	315491	6	42	97643	7	72	143405	12	22	74037	25
94	184667	6	29	81055	8	80	158137	12	23	74307	25
98	194909	6	49	108199	9	6	51987	13	25	75981	25
97	193781	6	54	115661	9	69	138415	13	27	77691	25
100	200767	6	63	127687	9	73	146165	13	28	79143	25
101	204631	6	82	162197	9	4	48633	13	30	82041	25
107	224257	6	36	88595	9	64	129485	14	32	83049	25
111	239723	6	61	124033	9	79	156745	15	33	86043	25
122	300817	6	78	153439	9	65	131905	16	35	87699	25
127	344839	6	83	164021	9	68	136735	16	39	94047	25
92	181279	6	31	82615	9	37	91205	16	13	63597	26
117	271469	6	40	94705	10	57	120745	17	38	91977	26
88	172753	6	75	151249	10	51	112955	18	2	44733	27
87	170027	6	91	178321	10	41	97495	18	17	67983	27
93	181753	6	67	136493	10	50	108965	19	7	53157	28

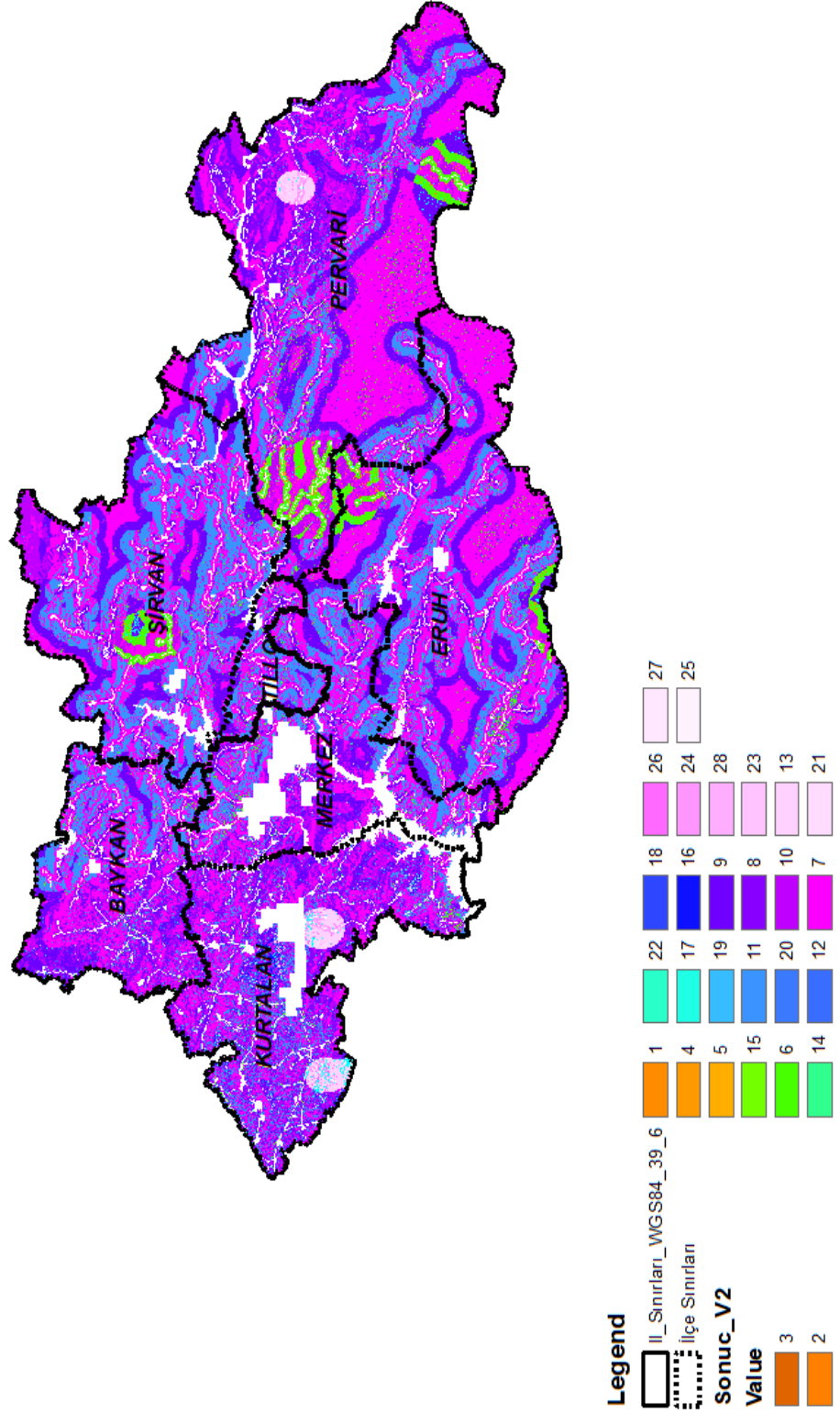
Analizdeki 128 farklı alternatif de aslında bir güneş enerjisi santrali kurulumuna uygun alan olsa da, eğer bir optimum çözüm aranan bir karar problemi olarak

değerlendirilseydi kesinlikle rank sırası 1 olan '233189' kodlu alternatif optimum sonuç olarak elde edilirdi. Bu örnek uygulamada ise öncelikli tercih alanı sıralaması olarak görülmesi gereken rank sıralamasında '233189' kodlu alternatif öncelikli tercih edilecek alan olarak nitelendirilebilir. '233189' alternatif kodlu alanın, '233189' sayısı asal çarpanlarına ayrılarak Tablo 4.4'teki atamalar dikkate alınarak hangi özellikteki bir alan olduğu belirlenebilir. Buna göre bu alternatifin temsil ettiği alan '233189 = 43.29.17.11' eşitliğine göre; K-KD-KB bakışına sahip, eğimi %5-10 dereceler arasındaki, yola uzaklığı 3-5 km arasında ve 5.21-5.30 güneş radyasyon sınıfı arasındaki bir alandır. Benzer biçimde rank sırası 28 olan '53157' kodlu alternatif de en son tercih edilecek alan olarak nitelendirilebilir.

Literatürde çoğunlukla önerilen %10 eğimden fazlasının tercih edilmemesi görüşü bulursa da güneşlenme gün sayısı ve güneş radyasyon değerlerinin yüksek olduğu yerlerde panellerin veriminin düşmesinden dolayı eğimin daha yüksek olduğu ve kuzey bakıya sahip alanların daha uygun olduğu çalışmaları da bulunmaktadır. ELECTRE III sonucuna göre ilk tercih edilmesi beklenen '233189' alternatif kodlu alanın da bu yaklaşıma benzer biçimde sonuç verdiği gözlemlenebilir.

Tablo 4.7.'deki diğer bir dikkat çekici sonuç rank sırası 6 olan 24 adet farklı alternatifin elde edilmesi durumudur. Bu sonuç da karar vericiye 24 farklı alternatiften herhangi birini tercih etmesi durumunda belirlenen kriterler altında aynı sonucu elde edebilecek olmasıdır. Benzer biçimde rank sırası 25 olan 22 farklı alternatifin olduğu ELECTRE III sonuçlarından gözlemlenebilmektedir. 128 alternatifin ELECTRE III yöntemi uygulamasına göre elde edilen 28 rank sıralamasına göre gruplandırılarak Şekil 4.12.'deki gibi gösterilmiştir.

Şekil 4.12. ELECTRE III Sonucuna Göre Gruplandırma Haritası



İkinci uygulama yöntemi olan PROMETHEE I yönteminin uygulaması için “promethee123” (Moreira vd., 2020) paketinin istediği veriler Tablo 4.5.’teki karar matrisi tablosuna ve değerlerine göre Tablo 4.8. oluşturulmuştur.

Tablo 4.8. RStudio PROMETHEE I Uygulaması Verileri

Girdiler	Açıklamalar
Alternatifler	Alternatif Kodu sütununun değerleri birer alternatif ismi olarak belirlendi.
Kriterler	Kriterler satırı başlıkları sırasıyla, “Alan, BirimPotansiyel, KurulumMaliyet, SatışGeliri, CBSPuanı” olarak tanımlandı.
Karar Matrisi	Alternatiflerin kriterlere göre aldığı değerler, sütun öncelikli olarak eklendi.
Kriter Ağırlıkları	Kriterlerin ağırlıkları sırasıyla, “0.15, 0.20, 0.25, 0.25, 0.15” olarak belirlendi.
Kriterlerin Veri Tipleri	PROMETHEE I yönteminin 2. adımındaki Tablo 3.1.’deki türlere göre seçim yapıp, her bir kriter için sırasıyla “5,5,5,5,3” olarak belirlendi.
Kriter Ölçütleri	Kriterlerin yönü sırasıyla, “max, max, min, max, max” olarak belirlendi.
Tercih Eşik Değerleri	Her bir kriter için sırasıyla, “40000000, 8000, 3600000, 6500, 7” olarak belirlendi.
Farksızlık Eşik Değerleri	Her bir kriter için sırasıyla, “900000000, 180000, 77000000, 145000, 13” olarak belirlendi.

Tüm girdiler eklendikten sonra RStudio aracılığıyla PROMETHEE I yönteminin çıktılarını Tablo 4.9.’daki gibi elde edilmiştir. Tablo 4.9.’daki ‘No’ sütunu Tablo 4.5.’teki karar matrisinde yer alan alternatif kodlarının sıra numaralarını, ‘Alternatif’ sütunu alternatiflerin kodlarını ve ‘Rank’ sütunu da PROMETHEE I yöntemi sonucuna göre alternatiflerin rank sıralarını ifade etmektedir. Burada da belirlenen girdi değerleri karar matrisi verilerine göre hesaplanarak ELECTRE III analizindeki gibi karar verici tarafından belirlenmiştir.

Tablo 4.9. RStudio İle PROMETHEE I Analiz Sonucu Rank Sıralamaları

No	Alternatif	Rank	No	Alternatif	Rank	No	Alternatif	Rank	No	Alternatif	Rank
58	121303	1	121	290191	33	70	141491	65	4	48633	97
53	113477	2	116	265639	34	76	152551	66	6	51987	98
66	132587	3	112	248501	35	71	142709	67	3	46371	99
54	115661	4	127	344839	36	80	158137	68	5	49569	100
46	104377	5	111	239723	37	36	88595	69	9	56823	101
34	86645	6	107	224257	38	26	77285	70	7	53157	102
49	108199	7	122	300817	39	24	74555	71	13	63597	103
42	97643	8	117	271469	40	52	113305	72	2	44733	104
95	190619	9	31	82615	41	47	105995	73	17	67983	105
29	81055	10	89	173383	42	77	153295	74	38	91977	106
61	124033	11	104	214613	43	19	69745	75	18	69513	107
91	178321	12	90	177289	44	60	123845	76	20	71079	108
102	208351	13	109	234577	45	55	115855	77	1	41847	109
93	181753	14	94	184667	46	62	126635	78	23	74307	110
87	170027	15	97	193781	47	85	167555	79	11	60639	111
98	194909	16	100	200767	48	56	118465	80	43	100533	112
113	249271	17	101	204631	49	48	108035	81	14	64821	113
108	233189	18	92	181279	50	44	101065	82	25	75981	114
118	272459	19	86	169043	51	72	143405	83	33	86043	115
126	337249	20	105	219443	52	73	146165	84	35	87699	116
110	237677	21	88	172753	53	69	138415	85	27	77691	117
114	254881	22	96	191429	54	64	129485	86	16	67773	118
106	222343	23	40	94705	55	79	156745	87	32	83049	119
119	278597	24	81	158627	56	57	120745	88	21	72447	120
128	368621	25	74	148393	57	41	97495	89	39	94047	121
115	260623	26	83	164021	58	51	112955	90	30	82041	122
125	321563	27	67	136493	59	65	131905	91	10	58497	123
103	214489	28	82	162197	60	37	91205	92	8	54723	124
99	200651	29	63	127687	61	68	136735	93	28	79143	125
123	304513	30	75	151249	62	50	108965	94	15	65379	126
124	315491	31	84	165851	63	45	101935	95	12	61161	127
120	284867	32	78	153439	64	59	123395	96	22	74037	128

Tablo 4.9.'da sunulan, PROMETHEE I yönteminin sonuçları incelendiğinde 128 farklı alternatifin sıralaması gözlenmektedir. Bu yeni sıralamalara göre ilk iki ve son dokuz rank sıralaması alternatiflerin büyüklük sıralamalarıyla benzerlik gösterdiği fark edilebilir. Dolayısıyla problemin yapısı olan tercih sıralaması belirlenmesi amacına göre ilk tercih edilebilecek alternatifler, alan büyüklüklerine göre alternatif sıralamasındaki

potansiyel elektrik gücünün de fazla olmasından dolayı ilişkili olarak yorumlanabilir ve bu nedenle birlikte öncelikli tercih edilebilir. Ancak alternatiflerin büyüklük sıralamasının tüm alternatifler için değerlendirilmesinde, 117 alternatifin en az 1 ve en fazla 120 birimlik sıralama değiştirdiği de bilinmektedir. Bu nedenle, öncelikli tercihin alan büyüklüğüne göre tercih edilmesi değil, tüm kriterlerin birlikte değerlendirilerek PROMETHEE I sonucuna göre rank sıralamasının anlamlı bir bakış açısıyla çözüm sunduğu fark edilmektedir.

Hibrit çözüm yaklaşımı ile gerçekleştirilen ELECTRE III ve PROMETHEE I yöntemleri uygulaması sonucunda, alternatif alanlara ilişkin elde edilen sıralamaların karşılaştırma tablosunun ilk ve son satırları Tablo 4.10.'da sunulmuştur. Karşılaştırma tablosunun tam hali Ek-1'de sunulmuştur. Bu tabloya göre Siirt ilinde bir güneş enerjisi santrali kurulumuna ilişkin yer seçimi problemi, göz önünde bulundurulmuş tüm kriterlere göre neredeyse tüm il arazisindeki potansiyeli ve öncelik sıralamasını sunmaktadır.

Tablo 4.10. Uygulama Alternatiflerinin ELECTRE III ve PROMETHEE I Yöntemlerine Göre Karşılaştırması

Alternatif Numarası	Alternatif Kodu	ELECTRE III Rank	PROMETHEE I Rank
1	41847	25	109
2	44733	27	104
3	46371	21	99
4	48633	13	97
5	49569	23	100
...
124	315491	6	31
125	321563	5	27
126	337249	2	20
127	344839	6	36
128	368621	5	25

Tabloya göre 128 farklı alternatif çözüm alanının ELECTRE III yöntemi ile 28 farklı rank ile 128 alanın bir alt kümelenmesi ve öncelik sıralamasında rankı 1 olan grubun ilk olarak ele alınabilmesi söz konusudur. PROMETHEE I yöntemi sonuçları ile alt kümeleme yapmak yerine her alternatifi amaca ve kısıtlara uygun olarak rankı 1 ile 128 olarak sıralama sonucu sunmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Geniş kullanım alanlarına sahip olan çok kriterli karar verme yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemleri çalışmaları birçok farklı uygulama alanında, geniş bir literatüre sahiptir. Çalışmaların sayısal çokluğu ve uygulama alanlarının çeşitliliği olsa da alışlagelen bazı yöntemler çerçevesinde süregelmiştir. Bu tezin çalışma alanını belirleyen hibrit çözüm yaklaşımı da geniş literatürde yeni yöntemlerin ve veri kaybını en aza indirecek biçimde bir bakış açısıyla katkılar sunacaktır.

Bu çalışmanın odak noktasını oluşturan hibrit çözüm yaklaşımı fikrinin gelişmesini sağlayan bakış açısı, çok kriterli karar verme yöntemlerinin etkinliği ile coğrafi bilgi sistemlerinin günümüzde en gerçekçi konum tabanlı problem çözümü sunma başarılarıdır. Bu iki farklı disiplinin bir arada kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların etkinliği sayesinde iki alana ilişkin yeterli olacak emek ve zaman birikimi sağlanmıştır. Bu alanlardaki temel bilgi ve açıklamalar tezde sunulmuştur. Çalışmanın ilk bölümünde sunulan karar teorisi ve karar verme sürecinin temel kavram, bileşen ve analizlerine yer verilmiştir. İkinci bölümde coğrafi bilgi sistemlerinin bir bilgi sistemi olarak değerlendirilmesini sağlayan temeller, kavramları ve analizleri çerçevesinde bilgi sunulmuştur. Üçüncü bölümde ise çok kriterli karar verme yaklaşımının bir alanı olan üstünlük tabanlı karar verme yaklaşımı ve bu yaklaşımda yer alan ELECTRE III ile PROMETHEE I yöntemlerinin tanıtımı bulunmaktadır.

Bu tez kapsamında sunulan hibrit çözüm yaklaşımı, çalışmanın dördüncü bölümünü oluşturmaktadır. Coğrafi bilgi sistemlerinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin hibrit çözüm yaklaşımı ile değerlendirilmesi, iki farklı disiplinde ortak bir çalışma gerçekleştirecek araştırmacılara, ele alınacak problemin doğru tanımlanması ile hedef coğrafi alan içerisinde neredeyse veri kaybı yaşatmayacak biçimde bir bakış açısı kazandırmaktadır. Sunduğu iki adımlı çözüm çerçevesi sayesinde hem coğrafi bilgi sistemleri analizlerinin, hem de karar verme yöntemleri sürecinin yapılarını kaybetmeden, birbirlerine entegre bir biçimde, problemin asıl amacına en uygun sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır.

Hibrit çözüm yaklaşımındaki, coğrafi bilgi sistemleri ve karar verme analizlerinde verilere bütüncül bakış açısı ile birlikte iki adımlı çözüm sunması örnek gösterilerek yaklaşımın önemi gösterilmektedir. Gerçekleştirilen uygulamada Siirt ilinde teorik olarak üretilen bir yer seçimi problemine elde edilen gerçek hayat verileri ile çözüm aranmıştır.

Hibrit çözüm yaklaşımının uygulanabilirliğini göstermek amacıyla seçilen problemde çözüm için elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Harita Genel Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Siirt Belediyesi, Siirt İl Özel İdaresi, Siirt Orman İşletme Müdürlüğü, Siirt Meteoroloji İstasyon Şefliği kamu kurumlarından temin edilmiştir. Toplanan veriler Siirt özelinde olup, CBS verilerinde ölçek standartlaştırma yapılmıştır. Bu standartlaştırma özellikle kamu kurumlarının CBS verilerini NetCAD yazılımında kullanmasından dolayı, tüm veriler hem ölçek hem de ArcGIS ortamında analiz edilecek biçimde organize edilmiştir. Oluşturulan kriterler ve sınırlandırmalar sonunda, güneş enerjisi santrali kurulumuna uygun olmayan konumlar belirlenerek analizden çıkarılmıştır. Uygun olmayan konumlar; milli parklar, göl ve sulama kanalları gibi su kaynakları, askeri alanlar, havaalanı vb. santral kurulumuna uygun olmayan coğrafi alanlardır. Belirlenen CBS kriterleri ile veriler analiz edilerek yaklaşımın I. adımı tamamlanmıştır. I. adım sonucunda 128 farklı kategoride uygun alan sınıflandırması ortaya çıkmıştır. Bu sınıflandırma sonucunda homojen yapıdaki 128 farklı alan yaklaşımın II. adımında birer alternatif olarak, belirlenen 4 kriter ve CBS kriteri ile birlikte 5 kriter altında karar verme yöntemleriyle analiz edilmiştir. Uygulamadaki yöntemler karar problemi ve amacının yapısına uygun olarak ELECTRE III ve PROMETHEE I yöntemlerine göre değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar bize problemin amacına göre elde edilen uygun alanların tercih önceliği sıralamasını sunmaktadır. ELECTRE III yöntemi sonuçlarına göre değerlendirilen 128 alternatif sınıfı, analiz sonucunda 28 rank sıralaması ile karşılaşılmıştır. ELECTRE III yönteminin sağladığı bir avantaj olarak tercih sıralamasında rank sırasında farklı alternatiflerin de göz önünde bulundurulabilmesini sağlamaktadır. PROMETHEE I yöntemi sonuçlarında ise 128 alternatif sınıfı, 128 rank sıralaması ile sonuçlanmıştır. PROMETHEE I yöntemi sonuçları ise alternatifler arasında tercih önceliğini tam sırada sunarak karar alternatiflerinde tercih edilecek nihai kararı kolaylaştırmaktadır.

Uygulamada seçilen problem olan santral kurulum yeri seçimi, benzer geçmiş uygulamalardaki gibi yalnızca CBS analizleri ile araştırılacak olsaydı sadece önceden seçilmiş olan bir alanın potansiyeli bulunabilecekti. Ancak tez kapsamında gerçekleştirilen örnekte, hibrit çözüm yaklaşımı sayesinde güneş enerjisi santrali için tüm şehrin potansiyelini haritalandırılabilir. Bu sayede önerdiği bütüncül yaklaşım ile şehirde küçük ölçekli güneş enerjisi kaynağı kurulumlarına da fırsat oluşturmaktadır.

Dolayısıyla karar verme metodolojisini daha etkin kullanıma sunmaktadır. Bu sayede uygulamalardaki etkinliğin artırılması amacına da hizmet edecektir.

Hibrit çözüm yaklaşımı ile geniş kapsamlı çalışma alanlarında gerçekleştirilen coğrafi bilgi sistemleri analizlerinin, alternatif uygun alanları arasında bir öncelik sıralaması sunduğu ve bu sayede ekonomik, zaman ve emek açısından maliyetlerin azaltılması için yeterli bir fayda sağladığı açıkça görülmektedir. Ayrıca farklı iki disiplin olarak coğrafi bilgi sistemleri ile çok kriterli karar analizlerinin yeni yöntemler ve çalışmalar sunmasına zemin hazırlamaktadır.

Çalışmanın uygulama aşamasındaki sınırlılıkları, uygulamada kullanılan veriler ve veri toplama süreçleri ile ilgilidir. Kullanılan gerçek hayat verilerinin farklı kurumlardan elde edilmiştir. Kurumların kullandığı farklı yazılımlar ve ölçeklendirme işlemlerinden dolayı verilerin analize hazırlanma aşamasında en genel ölçeklendirme ve haritalandırma kullanılmak zorunda kalındı. Ayrıca veri toplama sürecinde, gerekli izinlerin alınması ve iletilmesi süreci beklenilenden uzun zaman almıştır. Bu sınırlama analizin güncelliği hakkında bir sınırlılık oluşturmuştur.

Gelecek çalışmalarda, sunulan yönteminin kullanımının artması, gerçek ve doğru veriler elde edilmesi, coğrafi verilerin tüm kamu kurumları tarafından elde edilip saklanması ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesindeki Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü ile paylaşılması; ilgili müdürlüğün de akademik çalışmalara erişim ve analiz hakkı vermesi, ülkemizin akademik ve uygulamalı çalışmalarında gelişimine yüksek ivme kazandıracaktır.

KAYNAKÇA

- Abdolazimi, A., Momeni, M., ve Montazeri, M. (2015). Comparing ELECTRE and linear assignment methods in zoning Shahroud-Bastam watershed for artificial recharge of groundwater with GIS technique. *Modern Applied Science*, 9(1), 68 – 82. <https://doi.org/10.5539/mas.v9n1p68>
- Ahmadi Choukolaei, H., Jahangoshai Rezaee, M., Ghasemi, P., ve Saberi, M. (2021). Efficient Crisis Management by Selection and Analysis of Relief Centers in Disaster Integrating GIS and Multicriteria Decision Methods: A Case Study of Tehran. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5944828>
- Aktaş, R., Doğanay, M. M., Gökmen, Y., Gazibey, Y., ve Türen, U. (2015). *Sayısal Karar Verme Yöntemleri* (1st ed.). Beta Basım A Ş.
- Aladağ, Z. (2014). *Karar Teorisi* (2nd ed.). Umuttepe.
- Aldrin Wiguna, K., Sarno, R., ve Ariyani, N. F. (2016). Optimization Solar Farm site selection using Multi-Criteria Decision Making Fuzzy AHP and PROMETHEE: case study in Bali. *2016 International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS)*, 237–243. <https://doi.org/10.1109/ICTS.2016.7910305>
- Amal, L., Son, L. H., Chabchoub, H., ve Lahiani, H. (2020). Analysis of municipal solid waste collection using GIS and multi-criteria decision aid. *Applied Geomatics*, 12(2), 193 – 208. <https://doi.org/10.1007/s12518-019-00291-6>
- Anane, M., Souissi, R., Faïdi, H., Mehdaoui, R., ve Gdoura, K. (2021). PROMETHEE and Geospatial Analysis to Rank Suitable Sites for Grombalia Aquifer Recharge with Reclaimed Water. *Springer Water*, 95 – 114. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63668-5_6
- Asadi, M., ve Karami, J. (2019). Spatial optimization of safe shelters for urban evacuation planning caused by earthquake based on promethee, gaia and dea method in gis environment (Case study: Municipal district 12 of Tehran). *Disaster Advances*, 12(5), 37 – 45. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85066619296&partnerID=40&md5=5a0468e783f0ba127d976c9b8c717dfd>

- Aydi, A., Zairi, M., ve Dhia, H. Ben. (2013). Minimization of environmental risk of landfill site using fuzzy logic, analytical hierarchy process, and weighted linear combination methodology in a geographic information system environment. *Environmental Earth Sciences*, 68(5), 1375 – 1389. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1836-3>
- Aytekin, A. (2022). *Çok Kriterli Karar Analizi* (1st ed.). Nobel Bilimsel Eserler.
- Bartelme, N. (2012). Geographic Information. In W. Kresse ve D. M. Danko (Eds.), *Springer Handbook of Geographic Information* (pp. 145–174). Springer Science & Business Media.
- Belton, V., ve Stewart, T. (2002). Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. In *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>
- Bennani, A., Bahi, L., ve Amgaad, S. (2017). Using a combined approach AHP PROMETHEE to make a decision about roads alternative project: A case study. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(5), 856 – 868. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85020084852&partnerID=40&md5=c545137bf3f154daf2b0f5b7d9e48f92>
- Bennekrouf, M., Aggoune-Mtalaa, W., Benladghem, K., ve Cherif, H. O. (2020). A strategic approach for the optimal location of recycling bins in the city of Boudjlida in Algeria. *2020 13th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management*, *LOGISTIQUA* 2020. <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA49782.2020.9353893>
- Biluca, J., de Aguiar, C. R., ve Trojan, F. (2020). Sorting of suitable areas for disposal of construction and demolition waste using GIS and ELECTRE TRI. *Waste Management*, 114, 307 – 320. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.007>
- Blečić, I., Cecchini, A., Congiu, T., Fancello, G., ve Trunfio, G. A. (2014). Walkability explorer: An evaluation and design support tool for walkability. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8582 LNCS(PART 4), 511 – 521. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09147-1_37
- Bouyssou, D. (2009). Outranking methods. In C. A. Floudas ve P. M. Pardalos (Eds.),

- Encyclopedia of Optimization* (pp. 2887–2893). Springer US.
https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0_495
- Calafat-Marzal, C., Gallego-Salguero, Á., Segura, M., ve Calvet-Sanz, S. (2021). Is-based and outranking approach to assess suitable pig farming areas in the mediterranean region: Valencian community. *Animals*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/ani11041151>
- Çalışkan, E., Bediroglu, Ş., ve Yildirim, V. (2019). Determination forest road routes via gis-based spatial multi-criterion decision methods. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(1), 759 – 779.
https://doi.org/10.15666/aer/1701_759779
- Çetinkaya, C., Kabak, M., Erbaş, M., ve Özceylan, E. (2018). Evaluation of ecotourism sites: a GIS-based multi-criteria decision analysis. *Kybernetes*, 47(8), 1664–1686.
<https://doi.org/10.1108/K-10-2017-0392>
- Chakraborty, S., Paul, D., ve Agarwal, P. K. (2017). Evaluation of educational performance of Indian states using PROMETHEE-GIS approach. *Benchmarking: An International Journal*, 24(6), 1709–1728. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2015-0118>
- Chakraborty, S., Ranjan, R., ve Mondal, P. (2018). A state-wise performance appraisal of the Indian roads using PROMETHEE-GIS approach. *Benchmarking*, 25(9), 3338 – 3356. <https://doi.org/10.1108/BIJ-03-2017-0053>
- De Keyser, W., ve Peeters, P. (1996). A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods. *European Journal of Operational Research*, 89(3), 457–461.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)00307-6](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00307-6)
- Díaz, H., ve Soares, C. G. (2021). A multi-criteria approach to evaluate floating offshore wind farms siting in the canary islands (Spain). *Energies*, 14(4).
<https://doi.org/10.3390/en14040865>
- Dirutigliano, D., Delmastro, C., ve Torabi Moghadam, S. (2017). Energy efficient urban districts: A multi-criteria application for selecting retrofit actions. *International Journal of Heat and Technology*, 35(Special Issue 1), S49 – S57.
<https://doi.org/10.18280/ijht.35Sp0107>

- Ebrahimi, J., Moradi, H. R., ve Chezgi, J. (2021). Prioritizing suitable locations for underground dam construction in south-east of Bushehr Province. *Environmental Earth Sciences*, 80(19). <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09978-9>
- Elhosiny, A. M., El-Ghareeb, H., Shabana, B. T., ve AbouElfetouh, A. (2021). A Hybrid Neutrosophic GIS-MCDM Method Using a Weighted Combination Approach for Selecting Wind Energy Power Plant Locations: A Case Study of Sinai Peninsula, Egypt. *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, 21(1), 12 – 28. <https://doi.org/10.5391/IJFIS.2021.21.1.12>
- Elkadri, A., Elfkih, S., Sahnoun, H., ve Abichou, M. (2022). Storage tanks' olive mill wastewater management in Tunisia. *Sustainable Water Resources Management*, 8(1). <https://doi.org/10.1007/s40899-021-00593-x>
- Elmansour, J., Hajjaji, A., Belhora, F., ve Hendrick, P. (2022). Location of seawater pumped storage hydropower plants: Case of Morocco. *Materials Today: Proceedings*, 66, 45–57. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.145>
- Er, F. (2021). Mekansal (Konumsal) Analiz Temel Kavramlar. In F. Er (Ed.), *Coğrafi Bilgi Sistemleri İçin Temel İstatistik* (pp. 131–164). Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Esmaelian, M., Tavana, M., Arteaga, F. J. S., ve Mohammadi, S. (2015). A multicriteria spatial decision support system for solving emergency service station location problems. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(7), 1187–1213. <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1025790>
- ESRI. (n.d.). *ESRI Inc.* ESRI Inc. esri.com
- Farooq, A., Stoilova, S., Ahmad, F., Alam, M., Nassar, H., Qaiser, T., Iqbal, K., Qadir, A., ve Ahmad, M. (2021). An Integrated Multicriteria Decision-Making Approach to Evaluate Traveler Modes' Priority: An Application to Peshawar, Pakistan. *Journal of Advanced Transportation*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5564286>
- Farooq, A., Xie, M., Stoilova, S., ve Ahmad, F. (2019). Multicriteria Evaluation of Transport Plan for High-Speed Rail: An Application to Beijing-Xiongan. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8319432>

- Gallego, A., Calafat, C., Segura, M., ve Quintanilla, I. (2019). Land planning and risk assessment for livestock production based on an outranking approach and GIS. *Land Use Policy*, 83, 606 – 621. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.021>
- Ghaleno, M. R. D., Meshram, S. G., ve Alvandi, E. (2020). Pragmatic approach for prioritization of flood and sedimentation hazard potential of watersheds. *Soft Computing*, 24(20), 15701 – 15714. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-04899-4>
- Goodchild, M. F., ve Haining, R. P. (2004). GIS and Spatial Data Analysis: Converging Perspectives. *Papers in Regional Science*, 83(1), 363–385. <https://doi.org/10.1007/s10110-003-0190-y>
- Greco, S., Ehrgott, M., ve Figueira, J. R. (2016). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. In *springer* (Vol. 1 e 2). <https://doi.org/10.1007/b100605>
- Guay, J.-F., ve Waaub, J.-P. (2019). SOMERSET-P: a GIS-based/MCDA platform for strategic planning scenarios' ranking and decision-making in conflictual socioecosystem. *EURO Journal on Decision Processes*, 7(3–4), 301 – 325. <https://doi.org/10.1007/s40070-019-00106-4>
- Gümüş, E., Mentеше, S., Akkurt Gümüş, S., Yiğit Avdan, Z., Tün, M., Yayla, Ö., Özoğul Balyalı, T., Akgiş İlhan, Ö., ve Ekincek, A. (2020). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanım Alanları I* (S. Günay Aktaş ve H. Özkaya (eds.)). Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Günay Aktaş, S., Can, B., Ay, E., Tunçel, H., Ateş, D., Yaman, M., Avdan, U., Çömert, R., Tuncer, S., Özkaya, H., Akgiş İlhan, Ö., Güney, Y., Cengiz, E., ve Demir, Ö. (2020). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanım Alanları II* (S. Günay Aktaş ve A. Ekincek (eds.)). Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Gurgel, A., Mota, C., ve Pimenta, Í. (2014). Public safety planning in natal city: An application based on ELECTRE TRI model. *Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2014-Janua*(January), 614 – 618. <https://doi.org/10.1109/SMC.2014.6973976>
- Hamadouche, M. A., Daikh, F. Z., Chrair, M., Anteur, D., Fekir, Y., ve Driss, M. (2020). Erosion sensitivity mapping using GIS-based multicriteria analysis—case study of the semiarid Macta watershed, North-West of Algeria. *Arabian Journal of*

- Geosciences*, 13(14), 611. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05616-z>
- Hamdadou, D., ve Bouamrane, K. (2016). A spatial group decision support system: Coupling negotiation and multicriteria approaches. *Intelligent Decision Technologies*, 10(2), 129 – 147. <https://doi.org/10.3233/IDT-150244>
- Hammond, J. S., Keeney, R. L., ve Raiffa, H. (1999). *Smart Choices : A Practical Guide to Making Better Decisions*. Harvard Business School Press.
- Hamzeh, M., Ali Abbaspour, R., ve Davalou, R. (2015). Raster-based outranking method: a new approach for municipal solid waste landfill (MSW) siting. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(16), 12511–12524. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4485-8>
- Hariz, H. A., Dönmez, C. Ç., ve Sennaroglu, B. (2017). Siting of a central healthcare waste incinerator using GIS-based Multi-Criteria Decision Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 166, 1031–1042. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.091>
- Heidarzadeh, S., Pourdarbani, R., Zadvali, F., ve Pashazadeh, A. (2020). Evaluating and ranking the development level of rural areas of tabriz using copeland model and comparison the results with topsis, vikor and electre models; [Copeland modelini kullanarak tebriz'in kırsal alanlarının gelişim düzeyini değerlendirme ve sıral. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 30(3), 498 – 509. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.646630>
- Heithor, A. de A. Q., Dantas, B. C., Fidelisa, C. da S. N., Pereira, T. E., ve Lima, R. da C. C. (2018). *A performance comparison between two GIS Multi-Criteria Decision Aid methods: A case study of desertification evaluation*. 122–127.
- İmrek, M. K. (2003). *Yöneticiler İçin Karar Verme Teknikleri El Kitabı* (1st ed.). Beta Basım A Ş.
- Inamdar, P. M., Sharma, A. K., Cook, S., ve Perera, B. J. C. (2018). Evaluation of stormwater harvesting sites using multi criteria decision methodology. *Journal of Hydrology*, 562, 181–192. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.04.066>

- Ishizaka, A., ve Nemery, P. (2013). Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software. In *John Wiley & Sons*. <https://doi.org/10.1002/9781118644898>
- Jahangirzadeh, H., ve Ghanbarzadeh Lak, M. (2021). Developing a Decision-making Model to Enhance Artificial Aquifer Recharge Site Selection Through Floodwater Spreading Based on GIS and ELECTRE I. *Water Resources Management*, 35(15), 5169 – 5186. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02993-2>
- Kaptan Ayhan, Ç., Cengiz Taşlı, T., Özkök, F., ve Tatlı, H. (2020). Land use suitability analysis of rural tourism activities: Yenice, Turkey. *Tourism Management*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.07.003>
- Kaya, Ö., Alemdar, K. D., Atalay, A., Çodur, M. Y., ve Tortum, A. (2022). Electric car sharing stations site selection from the perspective of sustainability: A GIS-based multi-criteria decision making approach. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102026>
- Kaya, Ö., Tortum, A., Alemdar, K. D., ve Çodur, M. Y. (2020). Site selection for EVCS in Istanbul by GIS and multi-criteria decision-making. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102271>
- Kilić, J., Jajac, N., ve Marović, I. (2018). GIS-based Decision Support Concept to planning of land acquisition for realization of Urban Public Projects. *Croatian Operational Research Review*, 9(1), 11–24. <https://doi.org/10.17535/crorr.2018.0002>
- Koçak, İ., ve Boran, K. (2019). Türkiye’deki İllerin Elektrik Tüketim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi. *Journal*, 22(2), 351–365.
- Kresse, W., ve Danko, D. M. (Eds.). (2012). *Springer Handbook of Geographic Information*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72680-7>
- Kumar, P., Garg, V., Mittal, S., ve Murthy, Y. V. N. K. (2022). GIS-based hazard and vulnerability assessment of a torrential watershed. *Environment, Development and Sustainability*, 24(1), 921 – 951. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01476-z>
- Küpçü, S. (2015). Temel Kavramlar. In A. Çabuk ve H. Uyguçgil (Eds.), *Coğrafi Bilgi*

- Sistemleri* (pp. 2–49). Anadolu Üniversitesi Basımevi.
- Lezki, Ş. (2014). Çok kriterli karar verme problemlerinde karar ağacı kullanımı. *İktisadi Yenilik Dergisi*, 2(1), 16–31.
- Lezki, Ş. (2016). Kararın Temelleri. In H. Durucasu (Ed.), *İşletmelerde Karar Verme Teknikleri* (pp. 2–25). Anadolu Üniversitesi Basımevi.
- Macary, F, Dias, J. A., Figueira, J. R., ve Roy, B. (2014). A Multiple Criteria Decision Analysis Model Based on ELECTRE TRI-C for Erosion Risk Assessment in Agricultural Areas. *Environmental Modeling and Assessment*, 19(3), 221 – 242. <https://doi.org/10.1007/s10666-013-9387-x>
- Macary, Francis, Almeida-Dias, J., Uny, D., ve Probst, A. (2013). Assessment of the effects of best environmental practices on reducing pesticide contamination in surface water, using multi-criteria modelling combined with a GIS. *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 3(2–3), 178 – 211. <https://doi.org/10.1504/IJMCDM.2013.053725>
- Macharis, C., Meers, D., ve Lier, T. Van. (2015). Modal choice in freight transport: combining multi-criteria decision analysis and geographic information systems. *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 5(4), 355–371. <https://doi.org/10.1504/IJMCDM.2015.074087>
- Mahmoudi, M., Aydi, A., Brahim, N., Issaoui, W., ve Shimi, N. (2021). Integration of ELECTRE III and AHP—Multicriteria Decision Analysis for Identification of Suitable Areas for Artificial Recharge with Reclaimed Water. *Environmental Science and Engineering*, 1793 – 1797. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51210-1_284
- Malczewski, J., ve Rinner, C. (2015). *Multicriteria decision analysis in geographic information science*. Springer.
- Marques-Perez, I., Guaita-Pradas, I., Gallego, A., ve Segura, B. (2020). Territorial planning for photovoltaic power plants using an outranking approach and GIS. *Journal of Cleaner Production*, 257, 120602. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120602>

- Maslov, N., Brosset, D., Claramunt, C., ve Charpentier, J.-F. (2014). A geographical-based multi-criteria approach for marine energy farm planning. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 3(2), 781 – 799. <https://doi.org/10.3390/ijgi3020781>
- Massei, G., Rocchi, L., Paolotti, L., Greco, S., ve Boggia, A. (2014). Decision Support Systems for environmental management: A case study on wastewater from agriculture. *Journal of Environmental Management*, 146, 491 – 504. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.08.012>
- Mendas, A., Delali, A., Khalfallah, M., Likou, L., Gacemi, M. A., Boukrentach, H., Djilali, A., ve Mahmoudi, R. (2014). Improvement of land suitability assessment for agriculture-application in Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(2), 435 – 445. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-0860-2>
- Mendas, A., Mebrek, A., ve Mekranfar, Z. (2021). Comparison between two multicriteria methods for assessing land suitability for agriculture: application in the area of Mleta in western part of Algeria. *Environment, Development and Sustainability*, 23(6), 9076 – 9089. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01012-5>
- Mercat-Rommens, C., Chakhar, S., Chojnacki, E., ve Mousseau, V. (2015). Coupling GIS and multi-criteria modeling to support post-accident nuclear risk evaluation. In *Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria: Case Studies*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46816-6_13
- Meshram, S. G., Singh, V. P., Kahya, E., Alvandi, E., Meshram, C., ve Sharma, S. K. (2020). The Feasibility of Multi-Criteria Decision Making Approach for Prioritization of Sensitive Area at Risk of Water Erosion. *Water Resources Management*, 34(15), 4665 – 4685. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02681-7>
- Metchebon Takougang, S. A., Pirlot, M., Yonkeu, S., ve Some, B. (2015). Assessing the response to land degradation risk: The case of the Loulouka catchment basin in Burkina Faso. In *Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria: Case Studies* (pp. 341–400). https://doi.org/10.1007/978-3-662-46816-6_12
- Mitchell, A. (2020). *The Esri Guide to GIS Analysis Volume 1: Geographic Patterns and Relationships* (Second Edi). Esri Press.
- Mogaji, K. A., Atenidegbe, O. F., Adeyemo, I. A., ve Akinmulewo, K. P. (2022).

- Application of GIS-based PROMETHEE data mining technique to geoelectrical-derived parameters for aquifer potentiality assessment in a typical hardrock terrain Southwestern Nigeria. *Sustainable Water Resources Management*, 8(2), 51. <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00616-1>
- Mohammadi Seif Abad, P., Pazira, E., Masih Abadi, M. H., ve Abdinezhad, P. (2021). Application AHP-PROMETHEE Technic for Landfill Site Selection on Based Assessment of Aquifers Vulnerability to Pollution. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*, 45(2), 1011–1030. <https://doi.org/10.1007/s40996-020-00560-0>
- Moradpouri, F., ve Hayati, M. (2021). A copper porphyry promising zones mapping based on the exploratory data, multivariate geochemical analysis and GIS integration. *Applied Geochemistry*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.105051>
- Moreira, M. A. L., Santos, M. dos, ve Gomes, C. F. S. (2020). *promethee123: PROMETHEE I, II and III Methods* (0.1.0).
- Nasiri, H., Bolorani, A. D., Sabokbar, H. A. F., Jafari, H. R., Hamzeh, M., ve Rafii, Y. (2013). Determining the most suitable areas for artificial groundwater recharge via an integrated PROMETHEE II-AHP method in GIS environment (case study: Garabagyan Basin, Iran). *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(1), 707–718. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2586-0>
- Nazmfar, H., Alavi, S., Feizizadeh, B., ve Mostafavi, M. A. (2020). Analysis of Spatial Distribution of Crimes in Urban Public Spaces. *Journal of Urban Planning and Development*, 146(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000549](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000549)
- Ortega, E., Martín, B., De Isidro, Á., ve Cuevas-Wizner, R. (2020). Street walking quality of the ‘Centro’ district, Madrid. *Journal of Maps*, 16(1), 184 – 194. <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1829114>
- Özdemir, A. (2016). Karar Süreci. In Ş. Lezki (Ed.), *Karar Modelleri* (pp. 2–17). Anadolu Üniversitesi Basımevi.
- Özen Tacer, A. (2007). *Son Kararınız Mı? Kararın Kör Noktaları*. Alfa Basım Yayım Dağıtım.

- Patil, D., ve Gupta, R. (2022). GIS-based multi-criteria decision-making for ranking potential sites for centralized rainwater harvesting. *Asian Journal of Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s42107-022-00514-z>
- Prombo, M. (2014). *OutrankingTools: Functions for Solving Multiple-criteria Decision-making Problems* (1.0).
- Punys, P., Radzevičius, A., Kvaraciejus, A., Gasiūnas, V., ve Šilinis, L. (2019). A multi-criteria analysis for siting surface-flow constructed wetlands in tile-drained agricultural catchments: The case of Lithuania. *Agricultural Water Management*, 213, 1036 – 1046. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.12.020>
- R Core Team. (2013). A Language and Environment for Statistical Computing. In *R Foundation for Statistical Computing* (Vol. 2, p. <https://www.R-project.org>). R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org>
- Rahemi, H., Torabi, S. A., Avami, A., ve Jolai, F. (2020). Bioethanol supply chain network design considering land characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109517>
- Roodposhti, M. S., Rahimi, S., ve Beglou, M. J. (2014). PROMETHEE II and fuzzy AHP: an enhanced GIS-based landslide susceptibility mapping. *Natural Hazards*, 73(1), 77–95. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0523-8>
- Roy, B. (1991). The outranking approach and the foundations of electre methods. *Theory and Decision*, 31(1), 49–73. <https://doi.org/10.1007/BF00134132>
- RStudio Team. (2015). RStudio: Integrated Development for R. In *RStudio, Inc., Boston, MA* (p. <http://www.rstudio.com/>). RStudio, PBC. <http://www.rstudio.com/>
- Rudolph, C., Nsamzinshuti, A., Bonsu, S., Ndiaye, A. B., ve Rigo, N. (2022). Localization of Relevant Urban Micro-Consolidation Centers for Last-Mile Cargo Bike Delivery Based on Real Demand Data and City Characteristics. *Transportation Research Record*, 2676(1), 365–375. <https://doi.org/10.1177/03611981211036351>
- Saeedi, M., Amanipoor, H., Battaleb-Looie, S., ve Mumipour, M. (2020). Landfill site selection for solid drilling wastes (case study: Marun oil field, southwest Iran). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(3), 1567 –

1590. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02487-0>

Saidi, A., Trache, M. A., ve Khelfi, M. F. (2016). The contribution of multidimensional spatial analysis to a waste management policy: Implementation of the ELECTRE method for characterizing transfer centers in the region of Oran. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 9688. <https://doi.org/10.1117/12.2240629>

Sánchez-Lozano, J M, García-Cascales, M. S., ve Lamata, M. T. (2014). Identification and selection of potential sites for onshore wind farms development in Region of Murcia, Spain. *Energy*, 73, 311–324. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.06.024>

Sánchez-Lozano, J M, García-Cascales, M. S., ve Lamata, M. T. (2015). Evaluation of suitable locations for the installation of solar thermoelectric power plants. *Computers and Industrial Engineering*, 87, 343 – 355. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.05.028>

Sánchez-Lozano, J M, García-Cascales, M. S., ve Lamata, M. T. (2016). Comparative TOPSIS-ELECTRE TRI methods for optimal sites for photovoltaic solar farms. Case study in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 127, 387 – 398. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.005>

Sánchez-Lozano, Juan M, Henggeler Antunes, C., García-Cascales, M. S., ve Dias, L. C. (2014). GIS-based photovoltaic solar farms site selection using ELECTRE-TRI: Evaluating the case for Torre Pacheco, Murcia, Southeast of Spain. *Renewable Energy*, 66, 478 – 494. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.12.038>

Shahparvari, S., Nasirian, A., Mohammadi, A., Noori, S., ve Chhetri, P. (2020). A GIS-LP integrated approach for the logistics hub location problem. *Computers and Industrial Engineering*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106488>

Silva, S., Alçada-Almeida, L., ve Dias, L. C. (2014a). Biogas plants site selection integrating Multicriteria Decision Aid methods and GIS techniques: A case study in a Portuguese region. *Biomass and Bioenergy*, 71, 58 – 68. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.10.025>

Silva, S., Alçada-Almeida, L., ve Dias, L. C. (2014b). Development of a web-based multi-

- criteria spatial decision support system for the assessment of environmental sustainability of dairy farms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 108, 46 – 57. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.06.009>
- Şıklar, E. (2016). Karar Ağacı ve Ek Bilgi ile Karar Verme. In H. Durucasu (Ed.), *İşletmelerde Karar Verme Teknikleri* (pp. 42–63). Anadolu Üniversitesi Basımevi.
- Snow, J. (1856). On the mode of communication of cholera. *Edinburgh Medical Journal*, 1(7), 668.
- Sönmez, H., Batmaz, B., Er, F., Peker, K. Ö., ve Bekki, A. (2021). *Coğrafi Bilgi Sistemleri İçin Temel İstatistik* (F. Er (Ed.)). Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Sotiropoulou, K. F., ve Vavatsikos, A. P. (2021). Onshore wind farms GIS-Assisted suitability analysis using PROMETHEE II. *Energy Policy*, 158, 112531. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112531>
- Taibi, A., ve Atmani, B. (2017). Geographic information system-based PROMETHEE II method: An approach for ranking industrial zones. *Journal of Digital Information Management*, 15(3), 148 – 158. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85021814656&partnerID=40&md5=69585f0d707204894044047cb634edaf>
- Thebault, M., Clivillé, V., Berrah, L., ve Desthieux, G. (2020). Multicriteria roof sorting for the integration of photovoltaic systems in urban environments. *Sustainable Cities and Society*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102259>
- Thebault, M., Desthieux, G., Castello, R., ve Berrah, L. (2022). Large-scale evaluation of the suitability of buildings for photovoltaic integration: Case study in Greater Geneva. *Applied Energy*, 316. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119127>
- Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria decision making methods. In *Springer* (Vol. 44).
- Vagiona, D. G. (2021). Comparative multicriteria analysis methods for ranking sites for solar farm deployment: A case study in Greece. *Energies*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/en14248371>
- Vakilipour, S., Sadeghi-Niaraki, A., Ghodousi, M., ve Choi, S.-M. (2021). Comparison between multi-criteria decision-making methods and evaluating the quality of life at different spatial levels. *Sustainability (Switzerland)*, 13(7).

<https://doi.org/10.3390/su13074067>

- Vavatsikos, A P, Demesouka, O. E., ve Anagnostopoulos, K. P. (2020). GIS-based suitability analysis using fuzzy PROMETHEE. *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(4), 604–628. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1599830>
- Vavatsikos, Athanasios P, Sotiropoulou, K. F., ve Tzingizis, V. (2022). GIS-assisted suitability analysis combining PROMETHEE II, analytic hierarchy process and inverse distance weighting. *Operational Research*, 22(5), 5983–6006. <https://doi.org/10.1007/s12351-022-00706-0>
- Wątróbski, J., Jankowski, J., Ziemba, P., Karczmarczyk, A., ve Ziolo, M. (2018). *MCDA Method Selection Tool*. <https://www.mcda.it/>
- Wątróbski, J., Jankowski, J., Ziemba, P., Karczmarczyk, A., ve Ziolo, M. (2019). Generalised framework for multi-criteria method selection. *Omega*, 86, 107–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.07.004>
- Wu, Y., Liu, F., Huang, Y., Xu, C., Zhang, B., Ke, Y., ve Jia, W. (2020). A two-stage decision framework for inland nuclear power plant site selection based on GIS and type-2 fuzzy PROMETHEE II: Case study in China. *Energy Science & Engineering*, 8(6), 1941–1961. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ese3.640>
- Yaralıoğlu, K. (2010). *Karar Verme Yöntemleri*. Detay Yayıncılık.
- Yıldırım, B. F., Önder, E., Can, M., Turan, G., Önder, G., Kuzu, S., Özdemir, M., Şahin, S., Dağ, S., Savaş, F., Önay, O., Burgazoğlu, H., Sarul, L. S., Erdem Demirtaş, Y., Akal, Ş., ve Çelikbilek, Y. (2015). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* (B. F. Yıldırım ve E. Önder (Eds.); 2nd ed.). DORA.
- Yıldız, E. (2017). *Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde İkili Üstünlük Algoritmaları: Grişimci ve Yenilikçi Üniversite Endeksinde ORESTE Uygulaması*. Anadolu Üniversitesi.
- Younsi, F.-Z., Hamdadou, D., ve Chakhar, S. (2021). A multicriteria spatiotemporal system for influenza epidemic surveillance. In *Research Anthology on Public Health Services, Policies, and Education*. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8960-1.ch020>

- Zaoui, M., Himouri, S., ve Etlicher, B. (2018). Choice of site and ranking elementary watershed for hydraulic equipment used for irrigation applications to the territory of Wilaya of mostaganem Algeria. *Environmental Engineering and Management Journal*, 17(5), 1179 – 1188. <https://doi.org/10.30638/eemj.2018.117>
- Zhao, B., Wang, H., Huang, Z., ve Sun, Q. (2022). Location mapping for constructing biomass power plant using multi-criteria decision-making method. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101707>
- Ziolkowska, J. R. (2013). Evaluating sustainability of biofuels feedstocks: A multi-objective framework for supporting decision making. *Biomass and Bioenergy*, 59, 425–440. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.09.008>

EK-1 Uygulama Alternatiflerinin ELECTRE III ve PROMETHEE I Yöntemlerine Göre Karşılaştırması

Alternatif Numarası	Alternatif Kodu	ELECTRE III Rank	PROMETHEE I Rank
1	41847	25	109
2	44733	27	104
3	46371	21	99
4	48633	13	97
5	49569	23	100
6	51987	13	98
7	53157	28	102
8	54723	25	124
9	56823	24	101
10	58497	25	123
11	60639	25	111
12	61161	25	127
13	63597	26	103
14	64821	25	113
15	65379	25	126
16	67773	25	118
17	67983	27	105
18	69513	25	107
19	69745	7	75
20	71079	25	108
21	72447	25	120
22	74037	25	128
23	74307	25	110
24	74555	10	71
25	75981	25	114
26	77285	10	70
27	77691	25	117
28	79143	25	125
29	81055	8	10
30	82041	25	122
31	82615	9	41
32	83049	25	119
33	86043	25	115
34	86645	7	6
35	87699	25	116
36	88595	9	69
37	91205	16	92
38	91977	26	106
39	94047	25	121
40	94705	10	55

EK-1'in devamı.

Alternatif Numarası	Alternatif Kodu	ELECTRE III Rank	PROMETHEE I Rank
41	97495	18	89
42	97643	7	8
43	100533	25	112
44	101065	12	82
45	101935	20	95
46	104377	7	5
47	105995	11	73
48	108035	12	81
49	108199	9	7
50	108965	19	94
51	112955	18	90
52	113305	10	72
53	113477	7	2
54	115661	9	4
55	115855	12	77
56	118465	12	80
57	120745	17	88
58	121303	11	1
59	123395	22	96
60	123845	11	76
61	124033	9	11
62	126635	11	78
63	127687	9	61
64	129485	14	86
65	131905	16	91
66	132587	7	3
67	136493	10	59
68	136735	16	93
69	138415	13	85
70	141491	7	65
71	142709	11	67
72	143405	12	83
73	146165	13	84
74	148393	10	57
75	151249	10	62
76	152551	6	66
77	153295	11	74
78	153439	9	64
79	156745	15	87
80	158137	12	68
81	158627	10	56
82	162197	9	60
83	164021	9	58
84	165851	7	63

EK-1'in devamı

Alternatif Numarası	Alternatif Kodu	ELECTRE III Rank	PROMETHEE I Rank
85	167555	10	79
86	169043	7	51
87	170027	6	15
88	172753	6	53
89	173383	7	42
90	177289	7	44
91	178321	10	12
92	181279	6	50
93	181753	6	14
94	184667	6	46
95	190619	7	9
96	191429	7	54
97	193781	6	47
98	194909	6	16
99	200651	6	29
100	200767	6	48
101	204631	6	49
102	208351	6	13
103	214489	5	28
104	214613	6	43
105	219443	10	52
106	222343	4	23
107	224257	6	38
108	233189	1	18
109	234577	7	45
110	237677	2	21
111	239723	6	37
112	248501	6	35
113	249271	7	17
114	254881	3	22
115	260623	5	26
116	265639	6	34
117	271469	6	40
118	272459	2	19
119	278597	4	24
120	284867	6	32
121	290191	6	33
122	300817	6	39
123	304513	6	30
124	315491	6	31
125	321563	5	27
126	337249	2	20
127	344839	6	36
128	368621	5	25