



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

**KARAYOLLARI GÜZERGAH SEÇİMİNDE
ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİNİN (AHY)
KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Necati ÇAYAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Necati Çayan tarafından hazırlanan “ **Karayolu Güzergah Tespitinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin (AHY) Kullanılabilirliğinin Araştırılması** ” adlı tez çalışması 27/01/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Cevat İNAL

.....

Danışman

Prof. Dr. Ayhan CEYLAN

.....

Üye

Prof. Dr. Tamer BAYBURA

.....

Yukarıdaki sonucu oylarım.

KESEN

Prof. Dr. Saadettin Erhan

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this seminar document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Necati ÇAYAN

27.01.2021



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARAYOLLARI GÜZERGAH SEÇİMİNDE ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİNİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Necati ÇAYAN

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayhan CEYLAN

Jüri

Prof. Dr. Ayhan CEYLAN
Prof. Dr. Cevat İNAL
Prof. Dr. Tamer BAYBURA

2021, 57 Sayfa

Ülkemizde son yıllarda gelişen teknolojik altyapı ve sosyo-ekonomik yapı insan hareketliliğini oldukça arttırmıştır. Bu insan hareketliliğinin en hızlı ve güvenli bir şekilde çözülmesi için ulaşım imkanları geliştirilmiştir. Ulaşım olanakları olarak karayolu bizlere oldukça kolaylıklar sağlamaktadır. Son yıllarda yapılan karayolları tarım arazilerinin yok olması, orman alanlarının zarar görmesi gibi nedenlerden dolayı tartışmalara sebep olmuştur. Bu tartışmaların önüne geçmek adına karayolunun doğru bir şekilde planlanmasının önemi artmıştır. Karayolunun planlanması, çok fazla kritere bağlı olduğundan karmaşık ve zor bir süreçtir. Bu nedenle planlama aşamasında çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) teknikleri bu süreci kolaylaştıracaktır. ÇÖKV yöntemleri birden fazla belirsizlik ve kriterleri içeren problemlerin çözümünde günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu problemler konumsal veriler içerdiğinden, CBS destekli çözüm olanakları karar sürecinin doğruluğunu ve hızını arttırmaktadır. ÇÖKV tekniklerinden birisi olan analitik hiyerarşi yöntemi (AHY) bu problemlerin çözümünde en fazla kullanılan yöntemlerden birisidir.

Bu çalışmada, Ankara ilinde planlanacak olan karayolu güzergahı için, 2 ana grup belirlenmiş ve bu ana grup 7 kritere ayrılmıştır ve bu 7 kriterin alt sınıfları oluşturulmuştur. AHY kullanılarak belirlenen kriterler ikili olarak karşılaştırılmış ve her bir kritere ağırlık değerleri atanmıştır. Daha sonra her bir kriter için etki ağırlığı hesaplaması yapılmıştır. Bu ağırlık değerleri üzerinden sonuçlar incelenmiş ve ArgGIS 10.2 yazılımı ile sonuç haritası oluşturulmuştur. Karayolu güzergah seçiminde AHY kullanıcıların etkili çözümler geliştirmesine olanak sağlaması öngörülmüştür.

Anahtar kelimeler: Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Coğrafi Bilgi Sistemi, Çok Ölçütlü Karar Verme, Karayolu

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF THE AHY METHOD IN ROUTE SELECTION OF HIGHWAYS

Necati ÇAYAN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatic Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Ayhan CEYLAN

2021, 57 Pages

Jury

Prof. Dr. Ayhan CEYLAN

Prof. Dr. Cevat İNAL

Prof. Dr. Tamer BAYBURA

The technological infrastructure and the developing socio-economic structure in our country in recent years have significantly increased human mobility. Transport facilities have been developed in order to solve this human mobility in the fastest and safest way. As transportation possibilities, the highway provides us a lot of convenience. Highways built in recent years have caused controversy due to reasons such as destruction of agricultural lands and damage to forest areas. In order to avoid these discussions, the importance of the correct planning of the highway has increased. Highway planning is a complex and difficult process as it depends on so many criteria. For this reason, multi-criteria decision making techniques in the planning phase will facilitate this process. Multi criteria decision making methods are widely used today to solve problems involving more than one uncertainty and criteria. When these problems involve spatial data, geographic information systems supported solution possibilities increase the accuracy and speed of the decision process. Analytical hierarchy method (AHY), one of the multiple criteria decision making techniques, is one of the most used methods in solving these problems.

In this study, 2 main groups were determined for the highway route that will pass through a region and this main group was divided into 7 criteria and subclasses of these 7 criteria were created. The criteria determined using AHY were compared in pairs and weight values were assigned to each criterion. Then, the effect weight calculation was made for each criterion. The results were examined on these weights and a suitability map was created with ArcGIS 10.2 software. The analytical hierarchy method in highway route selection is intended to enable users to develop effective solutions.

Keywords: Analytical Hierarchy Method, Geographical Information System, Multicriteria Decision Making Method, Highway

ÖNSÖZ

Benim için çok kıymetli olan bu tez çalışmasında bana tüm bilgi ve birikimlerini aktaran danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ayhan Ceylan'a sevgi, saygı ve tüm içtenliklerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi bu süreçte de her türlü desteklerini benden esirgemeyen çok değerli anneme ve babama sonsuz teşekkür ediyorum.

Seminer ve tez aşamalarımda her zaman arkamda olan, pozitif enerjisini benden eksik etmeyen kız arkadaşım Ayşe Nur Tan'a teşekkürü bir borç bilirim.

Necati ÇAYAN
KONYA-2021

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

AHY	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CORINE	: Çevresel Bilginin Koordinasyonu
ÇÖKV	: Çok Ölçütlü Karar Verme
CI	: Tutarlılık İndeksi
CR	: Tutarlılık Oranı
RI	: Rastgele Değerler Endeksi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1. CBS'nin tarihsel gelişimi (Tecim, 2008)	8
Çizelge 4.1. Önem dereceleri tablosu	18
Çizelge 4.2. Matristeki kriterleri örnekli karşılaştırma açıklaması.....	19
Çizelge 4.3. Matristeki kriterlerin karşılaştırılması	19
Çizelge 4.4. Örnek bir karşılaştırma matrisi (Timur, 2011)	20
Çizelge 4.5. Matristteki sütun elemanlarının toplanması	20
Çizelge 4.6. Normlandırılmış matrisi (1).....	20
Çizelge 4.7. Normlandırılmış matrisi (2).....	20
Çizelge 4.8. Normlandırılmış matrisin satır elemanlarının ortalamaları hesaplanması..	21
Çizelge 4.9. Alternatif sayısına göre rastgele değerler endeksi.....	22
Çizelge 5.1. Eğitim verisi değerleri sınıflandırılması	27
Çizelge 5.2. Yükseklik verisi değerleri sınıflandırılması	29
Çizelge 5.3. Karayollarına uzaklık verisi değerleri sınıflandırılması	31
Çizelge 5.4. Yerleşime uzaklık verisi değerleri sınıflandırılması.....	32
Çizelge 5.5. Nüfus verisi değerlerinin sınıflandırılması	34
Çizelge 5.6. Jeoloji verisi değerlerinin sınıflandırılması	36
Çizelge 5.7. Arazi kullanımı verisi değerlerinin sınıflandırılması.....	38
Çizelge 5.8. Hiyerarşik düzen.....	39
Çizelge 5.9. Birinci grup hiyerarşi ağırlık hesaplaması.....	40
Çizelge 5.10. Ekonomik kriterler karşılaştırma matrisi.....	40
Çizelge 5.11. İkinci grup hiyerarşi ağırlık hesaplaması.....	41
Çizelge 5.12. İkinci grup öz değer matrisi.....	41
Çizelge 5.13. Ağırlık ile çarpılmış öz değer matrisi	41
Çizelge 5.14. Çevresel kriterler karşılaştırma matrisi.....	42
Çizelge 5.15. İkinci grup hiyerarşi ağırlık hesaplaması.....	42
Çizelge 5.16. İkinci grup öz değer matrisi.....	43
Çizelge 5.17. Ağırlık ile çarpılmış öz değer matrisi	43
Çizelge 5.18. Eğitim sınıflandırması karşılaştırma matrisi.....	44
Çizelge 5.19. Yükseklik sınıflandırması karşılaştırma matrisi	44
Çizelge 5.20. Jeoloji sınıflandırması karşılaştırma matrisi.....	45
Çizelge 5.21. Ekonomik kriter ağırlık hesaplamaları	46
Çizelge 5.22 Arazi kullanımı sınıflandırması karşılaştırma matrisi	47
Çizelge 5.23. Nüfus sınıflandırması karşılaştırma matrisi.....	47
Çizelge 5.24. Karayollarına uzaklık sınıflandırması karşılaştırma matrisi.....	48
Çizelge 5.25. Yerleşime uzaklık sınıflandırması karşılaştırma matrisi	48
Çizelge 5.26. Çevresel kriterler ağırlık hesaplaması	49

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 :CBS uygulamasında konumsal veriler ve konumsal olmayan verilerin gösterimi (Töreay, 2010)	7
Şekil 3.2. CBS'de veri çeşitleri (Alkış, 1996).....	9
Şekil 3.3. Raster ve vektör veri gösterimi.....	10
Şekil 3.4. CBS'nin temel fonksiyonları (Erdi ve diğerleri, 2004).....	13
Şekil 3.5. CBS'nin temel bileşenleri (Akar, 2015).....	13
Şekil 4.1. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri	14
Şekil 5.1. Çalışma Alanı	25
Şekil 5.2. Eğim kriter haritası	27
Şekil 5.3. Yükseklik kriter haritası	29
Şekil 5.4. Karayollarına uzaklık kriter haritası	30
Şekil 5.5. Yerleşim yerlerine uzaklık haritası.....	32
Şekil 5.6. Nüfus dağılım haritası	34
Şekil 5.7. Jeoloji kriter haritası	36
Şekil 5.7. Arazi kullanım haritası	38
Şekil 5.8. Sonuç haritası	51
Şekil 5.9. Sonuç haritasından geçirilen güzergah.....	52

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
Kısaltmalar	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ	5
3.1. Genel Bilgi	5
3.2. Tarihsel Gelişim	7
3.3. Veri Yapısı	9
3.3.1. Vektör Veri Yapısı	9
3.3.2. Raster Veri Yapısı	10
3.4. CBS'nin Fonksiyonları ve Bileşenleri	11
3.4.1. Veri Toplama	11
3.4.2. Veri Depolama	11
3.4.3. Veri Sorgulama	12
3.4.4. Analizler	12
3.4.5. Görüntüleme ve Çıktı	12
4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ	14
4.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi	15
4.1.1. AHY'nin Çalışma Yöntemi	16
4.1.2. AHY'nin Özellikleri	16
4.1.3. AHY'nin Avantajları	16
4.1.4. AHY'nin Dezavantajları	17
4.1.5. AHY'nin Adımları	17
5. SAYISAL UYGULAMA	24
5.1. Çalışma Alanı Tanıtımı	24
5.2. Kriterlerin Seçimi	25
5.2.1. Eğim	25
5.2.2. Yükseklik	27
5.2.3. Mevcut Karayollarına Uzaklık	29
5.2.4. Yerleşim Yerlerine Uzaklık	31
5.2.5. Nüfus	32
5.2.6. Jeoloji	35

5.2.7. Arazi Kullanımı	36
5.3. AHY ile Ağırlıkların Hesaplanması	38
5.4. Sonuç Haritasının Üretilmesi.....	50
6. SONUÇLAR.....	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	57



1. GİRİŞ

1980'lerden bu yana, coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknolojisi, özellikle mekansal verilerin edinimi, yönetimi ve analizinde yeni bir bilgi işleme teknolojisi haline geldi. CBS, tüm bu işlevlerin yanı sıra birçok alanda (doğal kaynak yönetimi, bölgesel planlama ve afet yönetimi gibi) karar destek teknolojileri olarak da uygulamalar bulmuştur.

Çok ölçütlü karar vermenin (ÇÖKV) genel amacı, karar vericilerin birden çok seçim kriteri ve farklı standart öncelikler olduğunda birçok olası seçenek arasından "en iyi" seçeneği seçmelerine yardımcı olmaktır. Bir yer seçme kararı, doğası gereği çok kriterlidir. Yer seçimi kararları, kurumların / kuruluşların yeni yerleşim yerlerine ihtiyaç duyduklarında, mevcut yerleşim yerlerini değiştirdiklerinde veya çözümlerini genişlettiklerinde uygulayacakları kararları içerir. Yer seçimi kararının yöntemi, çözümlerin tanımlanması, analizi, değerlendirilmesi ve seçimini içerir (Yang ve Lee, 1997). Doğru yerin ve güzergahın seçiminin yapısı şu aşamaları içerir:

- 1) Karayolunun uygun planlama ile değerlendirilebilmesi için kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi işlemi;
- 2) Önemli ve etkili kriterlerin belirlenmesi;
- 3) Farklı güzergahların oluşturulması;
- 4) Alternatiflerin değerlendirilerek ve yer seçiminde kararın verilmesi.

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri karayolları projelerine rehberlik edebilecek en etkili sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Proje öncesinde ve sonrasında arazi koşulları, sosyal, çevresel ve ekonomik faktörler ile yol yapım aşamalarında kullanılacak mekansal veriler ve bunların analizleri CBS ortamında mümkün olabilmektedir. Karayollarından kaynaklanan hava ve gürültü kirliliğinden etkilenecek yerleşim alanları bulmak, otoyollardaki trafik kazalarını izlemek, yoldaki çevresel değişiklikleri belirlemek, geçiş alanının ekonomik katkısını belirlemek, sosyal ve ekonomik faydaları ortaya çıkarmak mümkündür.

Bu çalışma, ülkelerin gelişmişlik göstergelerinde en önemli katkılardan birisi olan karayollarının, projelenme aşamasındaki kriterlerinin ekonomik ve çevresel bazda ele alınarak, ÇÖKV yöntemlerinden en çok kullanılan analitik hiyerarşi yöntemine göre ağırlıklandırmalarının yapılmasını ve ağırlıklar belirlendikten sonra coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla sonuç haritası üretilerek, sonuç haritası üzerinden karayolunun en uygun hangi bölgelerden geçebileceğini ya da hangi bölgelerin karayolu

yapımı için uygun olmayacağını, güzergah seçiminde analitik hiyerarşi yönteminin kullanılabilir olup olmadığını amaçlamaktadır.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzde gelişen teknoloji ve artan insan hareketliliği ulaşım kaynaklarının kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Bu kaynakların başında karayolu gelmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de karayolu hizmetleri önemini korumakta ve gün geçtikçe önemini artırmaktadır. Hızlı, güvenli, rahat, ekonomik, çevre dostu olarak planlanacak karayolu ulaştırmanın gelişmişliğini ve ülkenin ekonomik ve teknolojik gücünün bir göstergesi olarak kabul edilecektir. Karayolu yapımında düşük maliyetlerle büyük fayda sağlanması için doğru planlama yapılması gerekmektedir. Karayolu planlamasında en yaygın ÇÖKV yöntemlerinden birisi olan analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile ulaşım planlanması için daha önce bazı çalışmalar ortaya konulmuştur. Bu çalışmalar aşağıda kısaca belirtilmiştir.

Zura ve Lipar (1995), çevresel etki bakımından en az olacak şekilde başlangıç ve bitiş noktaları arasında bir yol planlanmasında CBS konumsal analizlerden faydalanmıştır. Burada çevresel kriterler olarak nüfus, hayvan, bitkiler, toprak, su, hava ve iklim kullanmıştır.

Feldman vd. (1995), boru hatları üzerinde bir çalışma yapmış ve maliyeti düşük bir planlamayı CBS kullanarak belirlemiştir. Boru hattının uzunluğu, arazinin kullanımı, akıntı, sulak alanlar, demir ve karayolları gibi kriterleri göz önüne almıştır.

Sadek vd. (1999), alternatiflerin çok kriterli bir şekilde değerlendirilmesi için gerekli olan içerikleri bir araya getirmiş, bir algoritma ile CBS platformu geliştirmiştir. Bu platformda veriler manuel olarak girildikçe, yolun değerlendirmeleri bir rapor olarak sunulmaktadır.

Tümay (2001), bu doktora çalışmasında mühendislik, çevresel ve sosyo-ekonomik veriler kullanılmaya çalışılmış ancak çevresel faktör verileri bulunamadığı için dikkate alınmamıştır. Toprak kabiliyet haritası, eğim, bakı, ırmaklar ve su kaynakları, yerleşim yeri haritaları bu çalışmada kullanılan kriterlerdir. Çalışmanın sonucunda CBS ile planlanacak karayolunun yapım maliyeti azaltacağı ve yapım çalışmalarını hızlandıracağı belirtilmiştir.

Hakbilir (2004), en az maliyetli güzergahı bulmak amacıyla raster olan CBS yeteneklerini kullanarak farklı bir yazılım geliştirmiştir. Bu yazılım ile farklı boyut ve çözünürlükteki haritaları kullanarak farklı güzergah belirlemeleri yapmıştır.

Dane ve Tecim (2007), hafif raylı taşıma sistemleri için en uygun güzergahın belirlenebilmesinde kullanılabilecek CBS tabanlı bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. CBS’de raster tabanlı olarak ağırlık eklemenin daha pratik ve kullanılabılır olduğu belirtilmiştir.

Yıldırım (2009), doktora tezinde; doğalgaz iletim hattı güzergahlarının belirlenmesinde çok kriterli karar vermeyi mümkün hale getiren raster tabanlı bir CBS modeli fikri ortaya sunmuş ve bununla ilgili ArcGIS yazılımında bir arayüz geliştirmiştir.

Toraman (2009), İstanbul ilinde yapılacak üçüncü çevreyolu planlaması için mekânsal analizler ve CBS yazılımlarını kullanmıştır. Ulaşım ağıyla uyumlu, yapım maliyeti düşük ve çevreye zararı en az olan güzergahlar ele alınmıştır. Bunun için arazi örtüsü, nüfus, yerleşim niteliği, jeoloji, hava kirliliği gibi veriler kullanmıştır. Sonuç olarak verilerin daha fazla olmasını, karar vericilerin bir çalıştay ya da anket yapılarak ölçütlerin belirlenmesini ve planlanacak karayolu çevresinin bugünkü ve ilerideki hallerini gösteren bir animasyon hazırlanarak ileriye yönelik değişmelerin daha belirlin sunulması gerektiğini ortaya koymuştur.

Yakar (2011), doktora tezinde Tokat ilinde yapılacak güzergah tespiti çalışmasında IDRISI yazılımı ile 3 aşamalı bir model önerilmiştir. İlk modelde kullanılması mümkün olmayan ve istenmeyen alanlar elenmiş, ikinci modelde farklı bakış açılarına göre alternatif güzergahlar belirlenmiş, son aşama olan üçüncü aşamada ise en uygun güzergah kullanılarak seçim işlemi yapılmıştır. Sonuç olarak IDRISI yazılımının güzergah planlamasında süreci kolaylaştırdığı sonucuna varılmıştır.

Şen (2018), bu çalışmada en uygun karayolu güzergâhı oluşturmak için eğim, jeoloji, yükseklik, karayollarına uzaklık, yerleşim yerlerine uzaklık, nüfus ve arazi kullanımı kriterleri ele alınmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılması AHY yöntemi ile yapılmıştır. Güzergah oluşturulma işlemi EAMR (En Az Maliyetli Rota) algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Verilerin hazırlanması, altlıkların oluşturulması, analizlerin yapılabilmesi ve son olarak sonuç ürünün görsel hale getirilmesi işlemi CBS yazılımları ile gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak 3 farklı güzergah oluşturulmuştur. Bu güzergahlar çevresel, ekonomik ve hibrit yöntem olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak hibrid odaklı güzergahın arazi şartlarına ve yolun yapısına en uygun sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür.

3. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ

3.1. Genel Bilgi

Nüfus oranlarındaki büyük artışlar, yaşam standartlarındaki yükselişin devam etmesi toplumun tabii kaynaklar üzerindeki tesirini arttırmaktadır. Buna göre kaynak yönetimi için etkin düzenleme, planlama ve sürdürülebilir kararlar alma konusu oldukça zorlaşmaktadır. Doğru kararlar ve seçimler kâfi değildir ve yanlış tesis yeri seçimleri kamu ve özel sektör içindeki tüm birimlerin oldukça önemli sıkıntılar ile karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak daha dinamik bir ortam, insanların da içinde olduğu daha büyük ve karmaşık etkilerin varlığı, karar vericiler için belirsizlikler ve büyük risk içeren durumlar karar alma aşamasında önemli sorunlar yaratmaktadır. Bu nedenle karar destek sistemi olarak kullanılan ve bu çalışmada da tesis yeri seçimde alternatifleri belirtirken faydalanan CBS ön plana çıkmakta ve karar verme aşamasında çok etkili olan bir sistem olarak görülmektedir (Öztürk ve diğerleri, 2014).

Yönetim ve karmaşık planlama sorunlarının bertaraf edilmesi için dizayn edilen, o bölgedeki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, uygulanması, değerlendirilmesi, modellenip görüntülenmesi ve analiz edilmesini kapsayan donanım bir yazılı metotlar sistemini belirler (Rüstemov, 2014).

Bazı araştırmacılara göre, CBS mekânsal verileri değerlendiren ve coğrafi bilgi sistemini tamamıyla içeren bilimsel bir kavram olarak tanımlanmıştır. CBS için farklı tanımlar mevcuttur. Bu tanımlardan birisi CBS'ni bilgisayar desteğiyle mekânsal bilgileri sayısal ortama çeviren bir yazılımdır. Diğer bir tanım olarak CBS organizasyona yardımcı olan veri tabanı uygulama sistemi olarak isimlendirilmektedir. CBS;

- Coğrafi veriler toplanır, depolanır, sorgulanır, transfer edilir ve görüntülenir. Bu işlemleri gerçekleştiren araçların tümüdür.
- Genel haritalar ve onların bilgilerini görüntüleyebilen bilgi yönetim sisteminin farklı bir suretidir.
- Bilgisayar yardımıyla coğrafi bilgileri depolayan ve değerlendiren bir uygulamadır.

- Referans olarak coğrafi ve mekânsal bilgileri referans olarak kullanan ve bu koordinatlar ile çalışmayı dizayn eden bir veri sistemi olarak tanımlanmaktadır. Yeryüzündeki verileri toplayan, stoklayan, kontrol altına alan, uygulayan, değerlendiren ve görüntüleyen bir sistemdir.

Özet olarak CBS; konumla ilgili çalışmalarda elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, depolanması, değerlendirilmesi ve kullanan kişiye sunulması bir bütünlük içinde gerçekleştiren bir bilgi sistemi olarak tanımlanmaktadır (Derviş, 2015).

CBS günümüzde talep gören ve popüler olan bir uygulama olarak kullanıcılarına pek çok avantaj sağlamaktadır. CBS'nin avantajlarından bazıları aşağıdaki gibidir;

- Maliyetleri işgücü ve süre kullanımını düşürerek azaltmak,
- Çok geniş bölgeler üzerinde çalışmaya imkân sağlamak,
- Daha rahat ve çok uygun karar alınmasını sunmak,
- Büyük boyutta verinin depolanması ve kullanılmasını sağlamak,
- Kolayca verilerin güncellenmesi ve en son haline istinaden değerlendirmelerinin yapılmasına ve çıktıların alınmasına imkân sağlamak, şeklinde sıraya koyulabilir (Erşen, 2013).

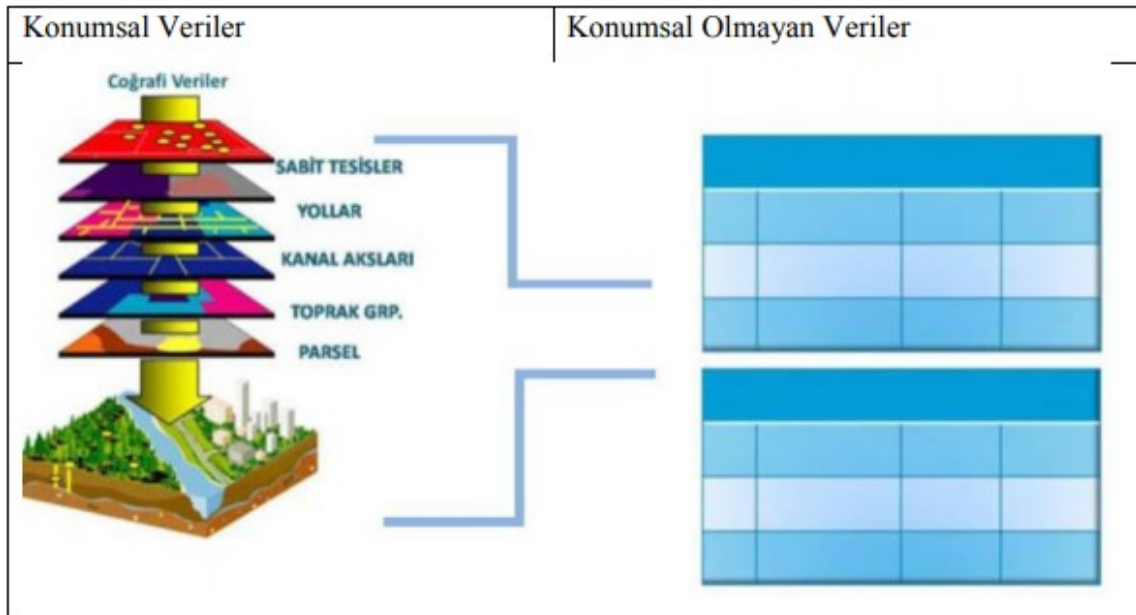
Kullanımının rahat olması, değişik konumsal veri türlerinin kullanılabilmesi, verilerin farklı özelliklerinin ayırt edilebilmesi, farklı formatta verilerin girişlerinin yapılabilmesi, farklı sistemlere uyum sağlayabilmesi, büyük boyutlu verilerin kullanılabilmesi, farklı analitik kullanım araçlarını kapsaması ve dizi şeklinde analizler yapılabilmesi CBS'nin bazı özellikleri olarak belirlenmiştir (Aydınoglu ve Yomralıoğlu, 2009).

CBS'ye coğrafi olma özelliği sağlayan veri jeodezik altyapısıdır. Bu özellik CBS'nin en önemli usurudur. Jeodezik metotlar ile üretilen haritalar CBS'nin en temel verisi olarak tanımlanmaktadır. Konumsal bilginin güvenilirliği, geçerliliği, doğruluğu ve kullanılabilirliği jeodezik altyapıyla ilişkilidir. Coğrafi konumlar için koordinat sisteminin, verinin, konum ve yükseklik parametrelerinin ve bunların doğruluklarının

tanımlanması, gerçekleştirilmesi ve kalite güvencesiyle ilgili çalışmaların tümü CBS'nin jeodezik altyapısını oluşturmaktadır (Rüstemov, 2014).

CBS konumsal verilerdeki sözel verileri bilgi tabanında bütünleşmiş olarak depolama yeteneğine sahiptir. Ayrıca CBS'ye özgü teknolojisiyle sorgulama ve istatistiksel değerlendirme gibi klasik veri tabanı prosedürlerini görseller ile göstermek ve haritalar tarafından sunulan coğrafi analizler ile birleştirmektedir. Bu yetenek özel ve kamu kuruluşlarında işlemlerin açıklanabilmesini sağlamakta, sonuçların ön görülüşü ve strateji yapılması bakımından önemlidir (Töreyn ve diğerleri, 2010).

CBS'yi bu yetenek diğer bilgi sistemlerinden ayırmaktadır. CBS'nin kaynakları olarak belirlenen coğrafi veriler, özelliklerine istinaden grafik ve grafik olmayan şekilde beyan edilebilir. CBS'de konumsal ve konumsal olmayan verilerin gösterimi Şekil 3.1'de verilmiştir. Coğrafi varlığın geometrisi, biçimi, konumu ve büyüklüğü ile ilgili bilgilendirirken, grafik olmayan veriler aynı coğrafi varlığına ilişkin yapısal nitelikler hakkında bilgilendirir. Bazı kaynaklarda metinsel bilgiler, tanımsal bilgiler veya sözel bilgiler de grafik olmayan bilgi olarak tanımlanmaktadır (Yomralıoğlu, 2009).



Şekil 3.1 : CBS uygulamasında konumsal veriler ve konumsal olmayan verilerin gösterimi (Töreyn, 2010)

3.2. Tarihsel Gelişim

Fransız coğrafyacı Ş. Pikuet ilk kez CBS'yi kullanmıştır. 1832 yılında Pikuet Paris şehrindeki hastalığa yakalanan alanları haritalaştırmış ve hastalığın dağılım bölgesini iddia etmiştir (Rüstemov, 2014).

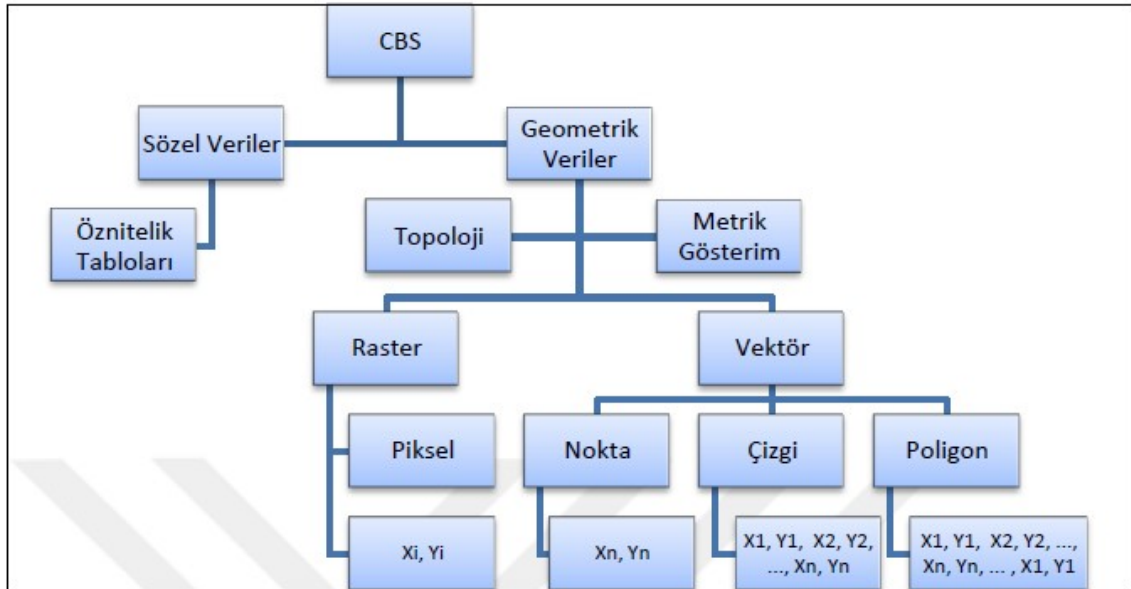
Yaklaşık yirmi yıl sonra ilk profesyonel uygulamalara ve çalışmalara adım atılmıştır. Waldo Tolber, 1959'da haritacılığı bilgisayar sistemine uygulamak için MIMO diye adlandırılan temel bir model ileri sürmüştür. Tecim, CBS'nin tarihsel gelişimini Çizelge 2.1'de göstermiştir.

Çizelge 3.1. CBS'nin tarihsel gelişimi (Tecim, 2008)

1970'den önce →	1970'ler →	1980'ler →	1990'lar →	2000'ler →
Kanada CBS (CGIS) ve URISA kuruldu (1963)	Kanada CBS tamamlandı ve birinci CBS konferansı yapıldı	ESRI Arc/Info CBS uygulamasını piyasaya yaydı ve GPS yazılımına geçti	MapInfo Professional piyasaya yayıldı, IRS-1B Ve ERS-1 uydusu gönderildi	Mobil CBS yazılımı Arc Pad piyasaya yayıldı
ESRI ve Integrapp inşa edildi (1969)	Landsat uydusu gönderildi	İşlem firması başlatıldı. GRASS uygulamayı iyileştirdi ve Mapping Awareness bülteni piyasaya sürüldü	JERS-1 uydusu gönderildi, GIS Europe piyasaya sürüldü, ArcCAD, MapBasic ve MapXtreme yayınlandı, Sayısal Grafik başlatıldı	ArcGIS 8.1 piyasaya çıktı
	ERDAS kuruldu	MapInfo kuruldu, SPOT uydusu gönderildi ve Burrough ilk CBS kitabını yayınladı, PC Arc/Info çıktı (1986)	Open GIS Cons. kuruldu, Türkiye'de 1. Ulusal Semp. düzenlendi (1994)	Tübitak BİLSAT uydusu gönderildi (2003)
		Chorley rapor hazırlandı, IJGIS dergisi yayınlandı, Idrisi hayata geçti (1987)	RADARSAT-SAR uydusu gönderildi (1995)	ArcGIS 9 ve MapXtreme .NETs piyasaya çıktı (2004)
		Smallworld TranbsCAD yazılımları piyasaya çıktı, TIGER açıldı, Türkiye'de EGHAS yazılımı geliştirildi (1988)	ArcGIS yazılımı geliştirildi, IRS-1D ve Landsat-7 uydusu fırlatıldı, Arc/Info 8 ve ArcIMS geliştirildi (1997)	Quickbird uydusu gönderildi (2005)
		NETCAD firması ve EMI mühendislik kuruldu (1989)	ICONOS uydusu fırlatıldı (1999)	

3.3. Veri Yapısı

CBS’de veriler sözel ve geometrik olmak üzere iki şekilde ifade edilmektedir. Sözel veriler, öznitelik tablosundan oluşmaktadır ve geometrik veri hakkında bilgi vermektedir. Geometri veri ise kendi içinde 2 bölümde incelenebilir. Bunlar raster ve vektör verilerdir. Raster veri piksellere değerler atamak suretiyle nitelik kazandırılarak oluşturulmaktadır. Vektör veri ise çizgi, poligon nokta gibi geometrik çizim araçlarının kullanılmasıyla elde edilebilmektedir. Raster ve vektör veri çeşitleri verilerin dijital olarak saklanması ve depolanmasını sağlamaktadır. CBS’nin veri çeşitleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. CBS'de veri çeşitleri (Alkış, 1996)

3.3.1. Vektör Veri Yapısı

Haritalarda temsil edilen belirli bir koordinat sistemi olan veri çeşididir. Çizgi, poligon ve nokta olmak üzere üç farklı tipe sahiptir.

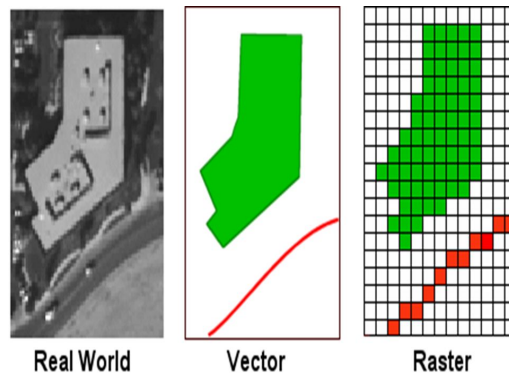
Nokta: Haritalarda X_i, Y_i şeklinde koordinatla belirtilen veri türüdür. Trafolar, ağaçlar, telefon direkleri gibi gerçekte çok büyük yer tutmayan nesnelerin belirtilmesinde kullanılır. Noktalar sıfır boyutundadır bu yüzden bu veri türünde ne uzunluk ne de alan ölçülemez.

Çizgi: Haritada $X_1, Y_1, X_2, Y_2, \dots, X_n, Y_n$ koordinatlarıyla gösterilen veri türüdür. Nehirler, yollar ve sokaklar gibi doğrusal nesneleri temsil etmek amacıyla kullanılır. Çizgi veri türü tek bir boyutludur. Bu yüzden sadece uzunluk ölçmek amacıyla kullanılabilir. Çizgilerin bir başlangıç ve bir de bitiş noktaları bulunur. Çizgi özelliği fazla olan veriler farklı çizgi sembolleri kullanılabilir. Bunlar düz çizgi, kesikli çizgi, şekilli çizgi vb. olabilir. Aynı zamanda çizgi kalınlıkları ve çizgi renkleri farklı ifade edilebilir.

Poligon: Haritada $X_1, Y_1, X_2, Y_2, \dots, X_n, Y_n, \dots, X_1, Y_1$ koordinat şekliyle gösterilen, bir noktada başlayıp yine aynı noktada sonlanan, içeriğinde çizgi ve nokta veri türünü içeren veri tipidir. Poligon veriler, şehirlerin idari sınırlarını, gölleri ve orman gibi alanları temsil etmek amacıyla kullanılır. Poligon veri türü iki boyutludur. Bu yüzden bir coğrafi bölgenin alanını ve çevresini ölçmek için kullanılabilir. Poligon veri türü arazi kullanım haritaları başta olmak üzere tematik haritalamaların gösteriminde ve ayrıca kadastral haritaların uygulamalarında sıkça kullanılır.

3.3.2. Raster Veri Yapısı

Raster veri türü yüzeyleri temsil etmektedir. Raster veriler piksel veya hücre tabanlı olabilmektedir. Raster veriler aynı zamanda hava ve uydu fotoğraflarını kapsamaktadır. Raster yapıdaki bir harita yatay ve düşey olarak satır ve sütundan meydana gelen bir koordinat sistemi ile tanımlanır. Her bir piksel belirli renk ölçüsü aralıklarında değerler almaktadır. Vektör veri ile kıyaslandığında çok daha fazla depolama alanı gerekmektedir. Şekil 3.3’de vektör ve raster verilerin gösterimi yapılmıştır.



Şekil 3.3. Raster ve vektör veri gösterimi

3.4. CBS'nin Fonksiyonları ve Bileşenleri

CBS'nin amacı, coğrafi bilgileri üretmek, değerlendirmek, yönetmek ve farklı bilgi veya farklı veri tabanlarından coğrafi verileri tüm kullanıcıların görebileceği ortak bilgi sistemine entegre etmektir. Bu şekilde kurulacak sistemde, içerisinde düzenli bir akış ve girdi sıralaması olan bir düzen oluşturulacaktır. Bu sıralama, veri toplama, veri saklama, veri sorgulama, değerlendirme ve görüntüleme ve çıktı olarak birbirini izleyen beş işlemten oluşmaktadır (Taştan ve Bank, 1994).

3.4.1. Veri Toplama

Coğrafi bilgilere ait veriler topladıktan hemen sonra, dijital bir formata dönüştürülmesi gerekmektedir. Bir harita ya da çizim formatından bilgisayar ortamına bilgi ve veri aktarımı aşamaları sayısallaştırma olarak tanımlanmaktadır. Büyük projelerde, küçük projelerde bu tarz işlemlerin gerçekleştirilmesi için otomatik alet tarama teknolojisi kullanıldığında, manuel veya manuel dijitalleştirme genellikle bir tablo tipi sayısallaştırıcı kullanılarak gerçekleştirilir. Artık günümüz şartlarında CBS formatına uyumlu birçok veri bulunabilmektedir. Bu veriler çeşitli firmalar aracılığıyla kullanımı sağlanarak doğrudan işlenmek üzere CBS sistemlerine iletebilir.

3.4.2. Veri Depolama

Veriler yeryüzünde depolanırken, vektör ve raster formatlarında ayrı katmanlarda saklanırlar. Farklı olan bu formatlar coğrafi analiz ve sorgulama aşamalarında çok etkili biçimde kullanılmaktadır.

Depolama boyutu olarak raster veriler vektör verilere göre oldukça büyüktür. Fakat bazı coğrafi bilgiler raster veri biçiminde oldukça kolay ve basit bir şekilde depolanabilmektedir. Raster verilerde verinin hassasiyeti pikselin büyüklüğüne bağlı olduğu için hassas ve önemli çalışmalarda bilgi kayıpları meydana gelebilmektedir. Vektör veri türünde grafik nesneleri tanımlayan öznitelik bilgilerine erişim ve güncelleme daha kabul edilebilir ve daha basit olmaktadır.

2.4.3. Veri Sorgulama

CBS desteği ile grafik olan ve grafik olmayan bilgiler entegre bir şekilde sorgulanabilir. Bu şekilde grafik verilerden sözel verilere ve sözel verilerden de konumsal verilere hızlı bir şekilde ulaşılabilir.

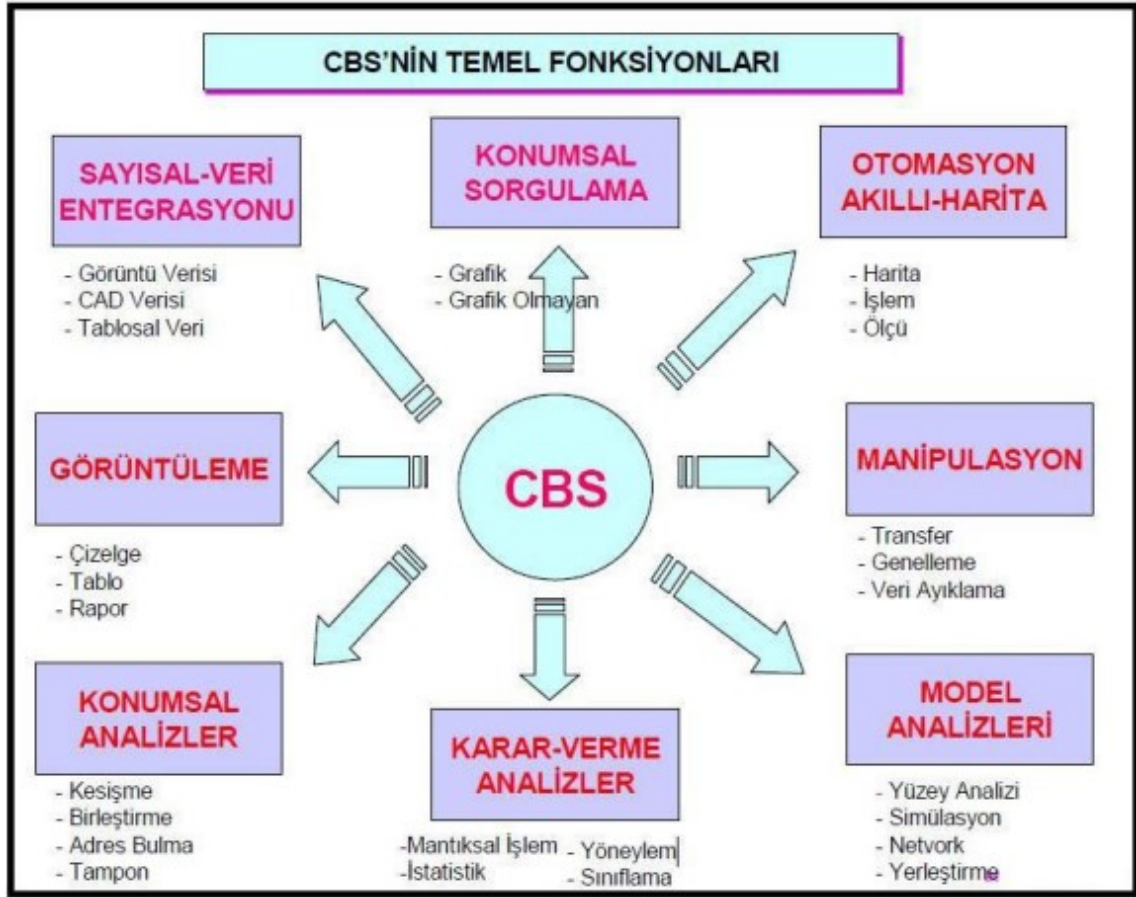
3.4.4. Analizler

CBS’de analiz, saklanan bilgiler üzerinde konuma dayalı kararlar verebilme; coğrafi verinin sorgulanabilmesi, görüntülenebilmesi ve ortaya konması sonucunda mümkün hale gelmektedir. Konumsal analiz sürecinde mevcut girdiler kullanılarak yeni bilgi setleri oluşturulabilir. CBS’de analizler üç farklı şekilde olabilir. Bunlar mesafe, yoğunluk ve yüzey analizi olmak üzere üç farklı şekildedir.

3.4.5. Görüntüleme ve Çıktı

Sistemde bulunan vektör verileri, veri tabanındaki bilgilere göre sınıflandırılır ve farklı özniteliklerle görüntülenebilir. CBS' deki çeşitli işlevler kullanılarak, vektör bilgilerine çizgi türleri, taramalar, renkler ve grafik semboller atayabilir ve ilgili yönetmeliklere göre harita görüntüleme işlemleri hızlı bir şekilde gerçekleştirebilir. CBS'de vektör verilerini görüntülemek için çeşitli formatlar ve işlevler kullanılır. Bu format fonksiyonları kullanılarak yönetmeliklere dayalı olarak yapılan tematik haritalar, standart topografik haritalar, kadastrolar ve özel amaçlı haritalar esnek ve hızlı bir yapıda kullanıcıya sunulabilir.

Erdi ve diğerleri, CBSnin fonksiyonlarını aşağıdaki Şekil 3.4 ile göstermiştir;



Şekil 3.4. CBS'nin temel fonksiyonları (Erdi ve diğerleri, 2004)

CBS'nin bileşenleri dört ana unsuru kapsamaktadır. Donanımsal ve yazılımsal araçlar, nitelikli personel, konumsal veriler ve problem için amaç CBS'nin unsurları olarak tanımlanmıştır. Bu dört unsur birbirine bağımlı hareket eder ve önem dereceleri birbirine eşittir.

Akar, CBS nin bileşenlerini aşağıdaki şekilde göstermiştir;



Şekil 3.5. CBS'nin temel bileşenleri (Akar, 2015)

4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Karar verme probleminde, birden fazla nitelik ve nicelik standardı ve hedefleri olduğunda, karar verme amaçları Çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) analizi başlığı altında ele değerlendirilmektedir. En uygun alternatifi seçmek oldukça zordur. Çünkü kriterler birbirine çok yakın ve aralarında çelişkiler mevcuttur. Söz konusu kriterlerin arasından en uygununu seçebilmek amacı ile bir çok yöntem geliştirilmiştir. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerine bakılacak olursa, AHY, ELECTRE, PROMETHEE, UTADIS TOPSIS gibi yöntemler ön plana çıkmaktadır. Şekil 4.1’de çok ölçütlü karar verme yöntemleri gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri

Şekil 4.1’deki yöntemler aşağıda kısa bir şekilde incelenmiştir.

Topsis (Technique for Order Preference by Similarity) Yöntemi: Seçeneklerin değerlendirilmesi pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm olmak üzere iki temel noktaya dayanmaktadır. TOPSIS yönteminde, pozitif ideal çözüme en kısa mesafedeki ve negatif ideal çözüme en uzak mesafedeki karar seçeneğinin belirlenmesi hedeflenir (URL 1).

Promethee (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)

Yöntemi: PROMETHEE yöntemi alternatiflerin seçilen kriterler vasıtasıyla tercih fonksiyonlarına dayanarak ikili karşılaştırmalar yapılmak suretiyle değerlendirildiği bir ÇÖKV yöntemidir. Bu değerlendirme, alternatiflerin kriterler bazındaki üstünlük durumlarını birleştirme yöntemi ile gerçekleştirmektedir (Genç, 2013)

Maut (Multi Attribute Utility Theory) Yöntemi: MAUT yöntemi hem niteliksel hem de niceliksel kriterler baz alınarak en faydalı alternatifi bulmaya yönelik kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde öznel veriler hesaplanabilir hale getirilerek en fayda sağlayan alternatifin bulunması amaçlanır (Konuskan ve ark.,2014)

Electre (Elemination and Choice Translating Reality English) Yöntemi: Yöntem, her bir değerlendirme faktörü için alternatif karar noktaları arasında ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanır (Ulutaş ve ark.,2009).

Utadis (Utilities Addivites Discriminantes) Yöntemi: UTADIS metodu sürece alternatifleri gruplayarak başlar. Esas amaç en çok tercih edilen gruptaki alternatiflerin en yüksek ağırlıkları alabileceği şekilde alternatifleri kriterlere göre 0-1 aralığında bir ölçeğe taşımaktır (Dur,2019).

Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden bir diğeri ise analitik hiyerarşi yöntemidir. Analitik hiyerarşi yöntemi kullanım olarak kolaylık sağlaması amacıyla, ÇÖKV yöntemlerinden en çok kullanılan yöntemdir. Bu yöntem bir çok meslek disiplinleri tarafından sıkça kullanılmaktadır.

4.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Thomas Saaty tarafından 1980 yılında ortaya konulan bu yöntem, karmaşık kararların çözülmesinde etkili olan bir araç olmuştur. Karar vericilerin önceliklerini belirlemesi ve en iyi kararı verebilmesine olanak sağlamaktadır. Analitik hiyerarşi yönteminde, karmaşık problemlerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulup, indirgenerek ardından sonuçları sentezleyerek, kararın tanımlanabilmesinde kullanıcıya yardımcı olmaktadır. Sonuç olarak, analitik hiyerarşi yöntemi kullanıcının

değerlendirmelerinin tutarlı olup olmadığını kontrol edebilmek ve karar verme sürecindeki karmaşıklığı azaltabilmek için kullanılan bir yöntemdir.

4.1.1. AHY'nin Çalışma Yöntemi

Analitik hiyerarşi yöntemi, en iyi kararı verebilmek için değerlendirme kriterleri ve alternatifleri geliştirir. AHY, kriterlerin ikili olacak şekilde karşılaştırılmasına göre her değerlendirme kriteri için bir ağırlık oluşturmaktadır. Ağırlık ne kadar artarsa o ağırlığa karşılık gelen kriterde o kadar önemli olmaktadır. Ardından, bir kriter için analitik hiyerarşi yöntemi karar vericinin o kritere belirli olan alternatifler ile ikili karşılaştırmasına göre her seçeneğe bir puan ataması yapar. Bu puan ataması önem dereceleri tablosuna göre oluşturulur (Çizelge 4.1). Puan atamasında puanlar arttıkça, seçenekteki kriterin önemi de o derece artmaktadır. AHY ölçütlerin ağırlıklarını ve bu ölçütlerin seçenek puanlarını birleştirerek her bir seçenek için genel puan durumu ve bunun sonucunda bir sıralama oluşturmaktadır. Herhangi bir seçenek için hesaplanan puan, tüm ölçütlere göre elde edilen puanın ağırlıklı toplamına eşit olmaktadır.

4.1.2. AHY'nin Özellikleri

AHY esneklik bakımından güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü kriterlerin ağırlıkları, hem kriterlerin hem de kullanıcıların oluşturduğu alternatiflerin ikili olacak şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Analitik hiyerarşi yöntemi ile ağırlık hesaplamasında karar vericinin deneyimi önemlidir ve AHY bu nedenle karar vericinin yaptığı değerlendirmeleri çok ölçütlü sıralamaya çevirecek kabiliyete sahiptir. AHY, birçok kriter ve seçeneğe sahip olan problemler için karar verici tarafından çok sayıda değerlendirmede kullanılabilir.

4.1.3. AHY'nin Avantajları

- AHY, büyük ölçekli ve çok ölçütlü problemleri değerlendirebilen esnek bir modelle sunabilen çözüm aracı olmuştur.

- Kriterler kendi aralarında yani birbirleriyle ikili olacak şekilde karşılaştırılır. Bu nedenle, probleme ait kriter matrisi genişletilmeden, daha fazla sayıda kriterler probleme eklenebilmektedir.
- Uygulanabilirliği çok geniştir ve bu yüzden birçok kurum ve özel sektör temsilcisi bu yöntemi kullanarak çok sayıda problem çözmektedir.
- Karmaşık problemleri hiyerarşik modele çevirerek sadeleşmesini sağlar.
- Kullanıcının kriterler üzerindeki etki ağırlıklarını belirlerken yapılan tutarsızlıkların oranını belirleyerek, 0.1 altında ise tutarsızlığın önüne geçer ve tutarlı olmayan kriterlerin tekrardan gözden geçirilmesine olanak sağlar.
- Yazılımlar aracılığıyla anlaşılabilir ve kullanımı basit bir durumdadır.

4.1.4. AHY'nin Dezavantajları

- Diğer karar analizi yöntemlerinde olduğu gibi, sonuçların bağımsız olarak belirlenebileceği söylenemez çünkü bu yöntemde karar vericinin hakimiyeti vardır.
- Standartların hepsinin göreceli olduğu bilindiği için kesin bir oran verilemeyeceği söylenmektedir.
- Hiyerarşiye farklı bir kriter eklemesi yapıldığında hiyerarşinin yeniden düzenlenerek sıralamalarının değiştirilmesi ve uygulamaya yeniden konmasının gerekliliği eleştirilmektedir.
- Gruplar halinde yapılan çalışmalarda karar verebilme durumu çok fazla zaman almaktadır.

4.1.5. AHY'nin Adımları

Analitik hiyerarşi süreci bir dizi karar verme sürecidir ve çok kriterli karar verme probleminde kriterlere ve alternatiflere göreceli önem değerleri atayarak verme mekanizmasının çalışmasını sağlamaktadır.

AHY'de öncelikli olarak hiyerarşik düzen oluşturulmalıdır. Bu düzen oluştuktan sonra aşağıdaki işlem adımları uygulanmaktadır:

- AHY'de işlemin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle karşılaştırma matrisinin elde edilmesi gerekmektedir.

- Oluşturulan karşılaştırma matrisinin daha sonra öncelikler vektörüne dönüştürülmesi gerekir.
- Tutarlılık oranı hesaplanır.

Analitik hiyerarşi yönteminde ikili karşılaştırma yapabilmek için göreceli veya kesin ölçümler kullanılmaktadır. Bunlardan elde edilen bilgiler kullanılarak düzenlemeler bir karşılaştırma matrisine dönüştürülür.

A_{ij} , i'inci kriter ile j'inci kriter arasındaki ikili karşılaştırma değeri, a_{ji} ise j'inci kriter ile i'inci kriter arasında ikili karşılaştırma değerini ifade ettiği düşünülürse;

$$a_{ij} = 1 / a_{ji}$$

İkili karşılaştırma matrislerinin genel formuna bakılacak olunursa (Timur, 2011);

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Çizelge 4.1. Önem dereceleri tablosu

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Her iki kriter eş öneme sahip
3	Orta derecede önemli	Bir faktör diğerinden biraz daha önemli
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre daha önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre çok daha önemli
9	Mutlak derecede önemli	Kriterlerden biri diğerine göre çok daha önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler	İki kriter arasında yukarıdaki tanımlara göre küçük farklar olduğunda kullanılmaktadır

Çizelge 4.2. Matristeki kriterleri örnekli karşılaştırma açıklaması

Kriterler	A	B	C	D
A	A'nın A ile karşılaştırılmasının sonucu 1'e eşittir. (AA)	A'nın B ile karşılaştırılmasının sonucu 3'e eşittir. (AB)	A'nın C ile karşılaştırılmasının sonucu 1/4'e eşittir. (AC)	A'nın D ile karşılaştırılmasının sonucu 6'ya eşittir. (AD)
B	B'nin A ile karşılaştırılmasının sonucu 1'e eşittir. (BA)	B'nin B ile karşılaştırılmasının sonucu 1'e eşittir. (BB)	B'nin C ile karşılaştırılmasının sonucu 1/5'e eşittir. (BC)	B'nin D ile karşılaştırılmasının sonucu 3'e eşittir. (BD)
C	C'nin A ile karşılaştırılmasının sonucu 4'e eşittir. (CA)	C'nin B ile karşılaştırılmasının sonucu 1'e eşittir. (CB)	C'nin C ile karşılaştırılmasının sonucu 1'e eşittir. (CC)	C'nin D ile karşılaştırılmasının sonucu 8'e eşittir. (CD)
D	D'nin A ile karşılaştırılmasının sonucu 1/6'ya eşittir. (DA)	D'nin B ile karşılaştırılmasının sonucu 1/3'e eşittir. (DB)	D'nin C ile karşılaştırılmasının sonucu 1/8'e eşittir. (DC)	D'nin D ile karşılaştırılmasının sonucu 1'e eşittir. (DD)

Çizelge 4.3. Matristeki kriterlerin karşılaştırılması

Kriterler	A	B	C	D
A	(AA)	(AB)	(AC)	(AD)
B	(BA)	(BB)	(BC)	(BD)
C	(CA)	(CB)	(CC)	(CD)
D	(DA)	(DB)	(DC)	(DD)

AHY'nin pekiştirilebilmesi amacıyla A, B, C ve D isimli dört farklı kriterin ikili karşılaştırma matrisi sonuçlarından elde edilen ağırlıklarının belirlenmesi işlemi yapılmıştır. Öncelikli olarak kriterlerin birbirlerine göre önem derece puanlarının oluşturulma işlemi yapılmıştır. (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Örnek bir karşılaştırma matrisi

Kriterler	A	B	C	D
A	1	3	5	7
B	1/3	1	3	5
C	1/5	1/3	1	3
D	1/7	1/5	1/3	1

Normlandırma işleminin yapılabilmesi amacıyla yukarıda oluşturulan karşılaştırma matrisindeki her bir sütunun elemanlarının toplamı hesaplanır. (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Matristeki sütun elemanlarının toplanması

Kriterler	A	B	C	D
A	1	3	5	7
B	1/3	1	3	5
C	1/5	1/3	1	3
D	1/7	1/5	1/3	1
Toplam	1,68	4,53	9,33	16,00

Sütunda bulunan değerlerin toplamının her sütunda bulunan değerlere bölünmesi ile normlandırılmış matrisi oluşturulur (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.6. Normlandırılmış matrisi (1)

Kriterler	A	B	C	D
A	1/(1,68)	3/(4,53)	5/(9,33)	7/(16)
B	(1/3)/(1,68)	1/(4,53)	3/(9,33)	5/(16)
C	(1/5)/(1,68)	(1/3)/(4,53)	1/(9,33)	3/(16)
D	(1/7)/(1,68)	(1/5)/(4,53)	(1/3)/(9,33)	1/(16)

Çizelge 4.7. Normlandırılmış matrisi (2)

Kriterler	A	B	C	D
A	0,60	0,66	0,54	0,44
B	0,20	0,22	0,32	0,31
C	0,12	0,07	0,11	0,19
D	0,09	0,04	0,04	0,06

Öncelik vektörünü oluşturmak amacıyla normalizasyon matrisinin satır elemanlarının ortalamaları hesaplanır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Normlandırılmış matrisinin satır elemanlarının ortalamaları hesaplanması

Kriterler	A	B	C	D	Ortalama
A	0,60	0,66	0,54	0,44	0,56
B	0,20	0,22	0,32	0,31	0,26
C	0,12	0,07	0,11	0,19	0,12
D	0,09	0,04	0,04	0,06	0,06

Bütün öncelikler matrisini oluşturabilmek için, öncelikler vektörü ortalamaları ile ilk başta oluşturduğumuz karşılaştırma matrisinin değerleri ile matris çarpımı yapılmaktadır.

Kriterler	A	B	C	D		Ortalama		Sonuç
A	1	3	5	7	×	0,56	=	2,36
B	1/3	1	3	5		0,26		1,10
C	1/5	1/3	1	3		0,12		0,49
D	1/7	1/5	1/3	1		0,06		0,23

Bütün öncelikler matrisi kullanılarak kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi tamamlanmıştır. Karar vericinin kriterlerin birbirine göre karşılaştırılması işleminin kontrolü tutarlılık oranı hesaplanarak kontrol edilmelidir. Tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için bütün öncelikler matrisi öncelikler vektörünün eleman değerlerine bölünmelidir. Ardından $h_{\max}$ değerini bulmak için sonuç kısmında bulunan dört değer aritmetik ortalaması alınır.

Bölme İşlemi		Sonuç
2,36 / 0,56	=	4,222
1,10 / 0,26	=	4,175
0,49 / 0,12		4,036
0,23 / 0,06		4,041
		$h_{max}=4,118$

Tutarlılık indeksini (CI) hesaplanması için ise n kriter sayısı olmak üzere;

$$CI = (h_{maks} - n) / (n - 1) \text{ formülünden yararlanılarak} \quad (4.2)$$

$$CI = (4.118 - 4) / (4 - 1) = 0,039 \text{ elde edilir.}$$

Tutarlılık oranının (CR) hesaplanabilmesi için rastgele değerler endeksi (Çizelge 4.9.) tablosundan 4 kritere karşılık gelen 0,90 değeri alınarak aşağıdaki formül uygulanmıştır.

Çizelge 4.9. Alternatif sayısına göre rastgele değerler endeksi

Kriter Sayısı(n)	Rastgele Değerler Endeksi(RI)
1	0
2	0
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,53
13	1,56
14	1,57
15	1,59

$$CR = CI / RI \quad (4.3)$$

Tutarlılık Oranı = Tutarlılık İndeksi / Rasgele Değerler İndeksi

Tutarlılık oranı Tomas Saaty (1980)'ye göre belirlenmiş 0,10 değerinden daha düşük olduğundan için karşılaştırma matrisinde verilen puanlarda herhangi bir tutarsızlık görülmemektedir.



5. SAYISAL UYGULAMA

5.1. Çalışma Alanı Tanıtımı

Ankara ili, doğusunda Kırıkkale, kuzeydoğusunda Çankırı, kuzeybatısında Bolu, batısında Eskişehir, güneyinde Konya, güneydoğusunda Kırşehir ve Aksaray ile komşu olan ilimizdir. Ankara ilinin yüzölçümü 25.632 km²'dir.

Tamamı Türkiye'de bulunan 1.355 kilometre uzunluğunda ve doğu ilinin en büyük nehri olan Kızılırmak 824 kilometre ile Türkiye'nin en büyük nehirlerinden biridir. Sakarya Nehri ilin batı kesimini sulamaktadır. Sakarya Nehri'nin bir kolundan geçen Ankara çayı şehir merkezinden geçmektedir. İlin güneyinde bulunan Tuz Gölü 1.300 kilometrekarelik bir alanı kaplamaktadır ve ülkenin ikinci büyük gölüdür ayrıca % 32,4 tuz içeriği ile dünyanın ikinci tuzlu gölüdür. Tuz Gölü havzası aynı zamanda Türkiye'nin en büyük kapalı havzasıdır.

Ovalık alanlarda kurulan ilin yüzölçümünün yaklaşık %50'si tarım alanları, % 28'i orman ve çalılık alanlar,% 12'si otlak ve mera ve% 10'u tarım dışı arazilerden oluşmaktadır. İlin en yüksek noktası 2015 metre yüksekliğiyle Elmadag, en geniş ovası 3789 km² yüzölçümüyle Polatlı ovası, en büyük gölü yaklaşık 490 km² yüzölçümüyle Tuz Gölü, en uzun nehri ise yaklaşık 151 km uzunluğundaki Sakarya nehrinin il içindeki bölümüdür. İlin nehir kısmı ve en büyük barajı 83,8 km²'lik yüzölçümüyle Sırtlı Barajıdır. İl sınırları içerisinde 14 adet doğal göl, 136 adet sulama göleti ve ayrıca 11 adet baraj bulunmaktadır.

Ankara ilinin topraklarının kuzey kısımları volkanik topraklardan oluşmaktadır. Burada andezitik ve trakitik kayalar vardır. Kuzeydoğusunda granit türü kayalar, kuzeybatısında ise kireç taşları ve kumtaşları görülmektedir. İlin güney ve güneydoğu bölgeleri II. Zaman'da oluşmuştur.

Ankara ili, Ankara şehrinin başkent olmasından sonra hızla gelişme ve kalabalıklaşmıştır. Özel ve kamu sektörünün bazı yatırımları başkent ve yöresine yoğunlaştığından, bu nedenle ortaya çıkan iş gücü piyasası önlenemez bir nüfus akımına

neden olmuştur. Ankara'nın nüfusu 2019 yılı itibarıyla TÜİK verilerine göre 5.639.076 kişidir.



Şekil 5.1. Çalışma Alanı

5.2. Kriterlerin Seçimi

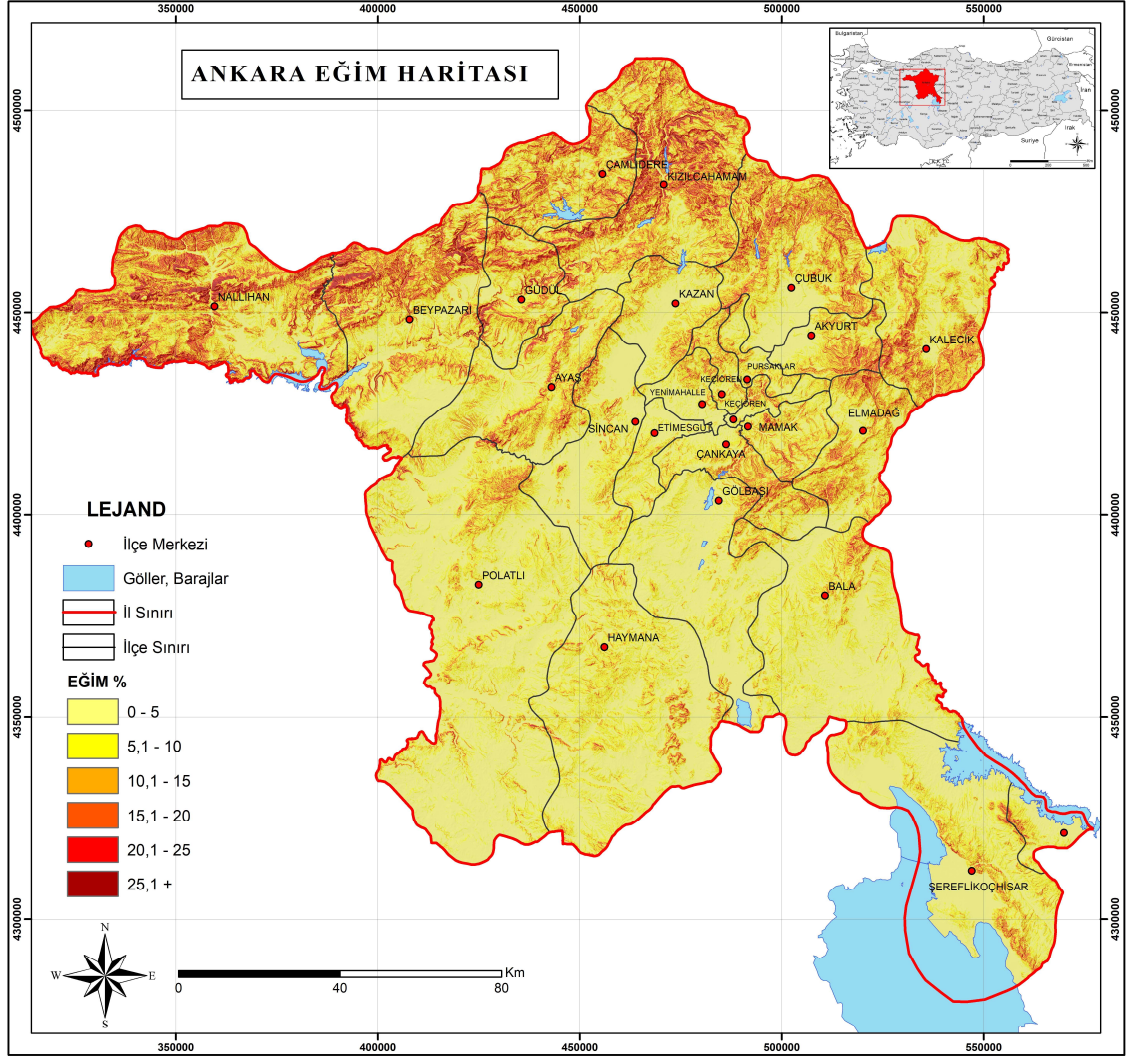
Karayolu güzergahı oluşturulurken kriter seçimi son derece önemlidir. Bu çalışmada kriterlerin seçimi, literatür taraması detaylı bir şekilde incelenerek oluşturulmuştur. Ortaya çıkan 7 farklı kriter aşağıdaki gibidir;

- Eğim
- Yükseklik
- Nüfus
- Mevcut Karayollarına Uzaklık
- Yerleşime Uzaklık
- Jeolojik Yapı
- Arazi Kullanımı

5.2.1. Eğim

Eğim, karayolu güzergah seçiminde ve oluşturulmasında en önemli faktörlerden birisidir. Mevcut karayollarında genel olarak %12-13 eğim üzerinde güzergah bulunmamaktadır. Eğim, yol yapım maliyetini çok yükselttiğinden, ülkemizde geçen çetin kış şartları düşünüldüğünde ve ayrıca yüksek tonajlı araçların güvenli seyahat etmeleri açısından büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle karayolu planlaması yapılırken eğimin çok yüksek olduğu yerler, çalışma alana dışına çıkarılarak güzergah seçimi planlanmalıdır ve maliyeti artıracak bölgeler tespit edilecektir. Mümkün olduğunca eğimin az olduğu bölgeler karayolu yapımı için en uygun bölgeler olacağı düşünülmüş ve sınıflandırmada eğimin en az olduğu yerlere en yüksek puan verilmiştir.

Eğim verisi NASA Earthexplorer sitesinden temin edilmiştir. ArgGIS 10.2 yazılımı Slope komutu ile eğim verisi oluşturulmuştur. Nallıhan, Beypazarı, Güdül, Çamlıdıre, Kızılcaham, Elmadağ gibi ilçelerde yer yer yüksek eğimler mevcuttur. Kalan bölgeler genel olarak düşük eğim değerlerine sahiptir. Şekil 5.2’de eğim haritası görülmektedir.



Şekil 5.2. Eğim kriter haritası

Eğim verisinin sınıflandırılmış değerleri Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Eğim verisi değerleri sınıflandırılması

Değer	9	7	5	3	2	1
Eğim(%)	0-5	5,1-10	10,1-15	15,1-20	20,1-25	25,1+

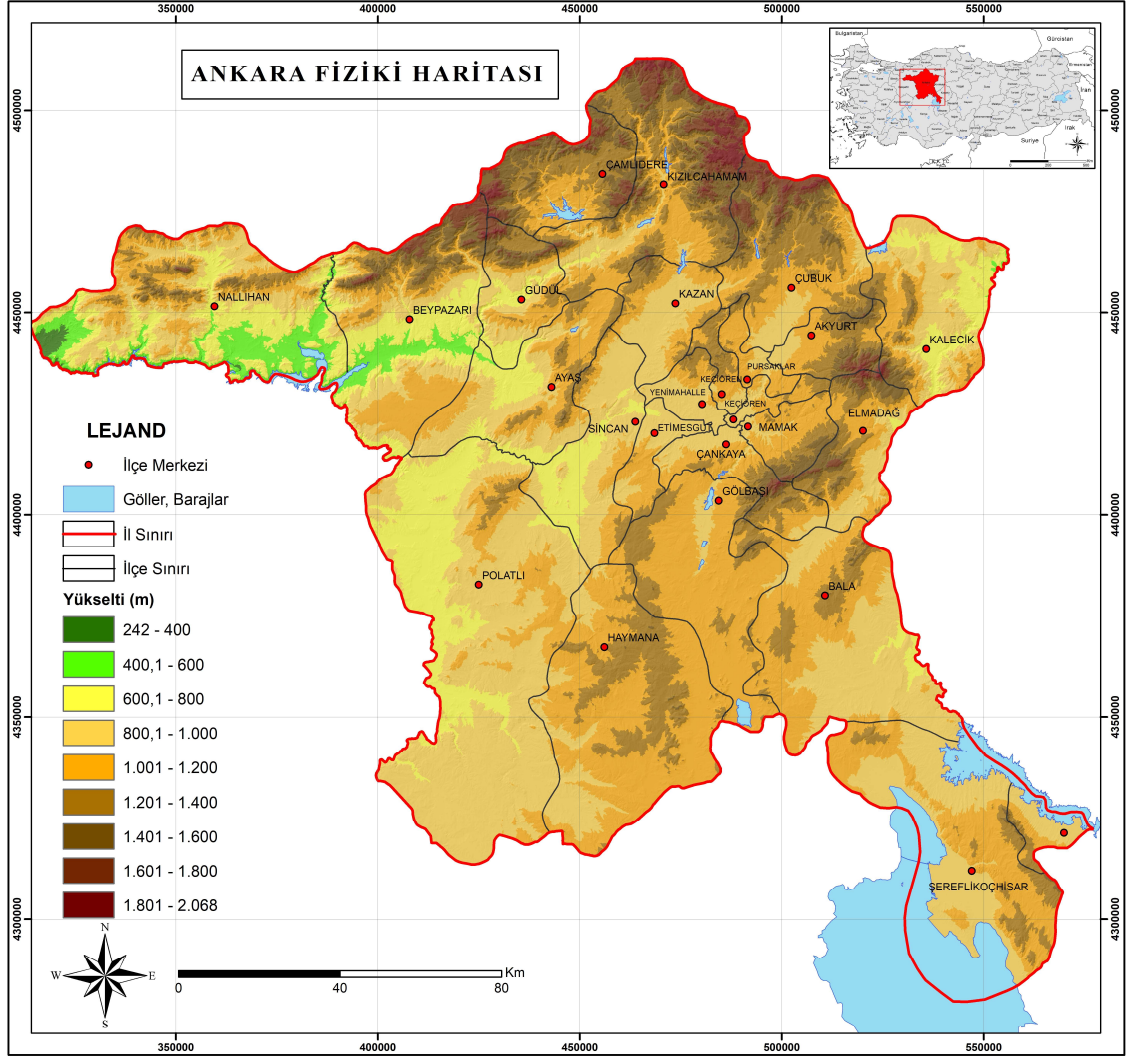
5.2.2. Yükseklik

Yükseklik kriteri karayolu yapımını etkileyen bir başka faktördür. Ankara ilinin karasal iklim yapısına sahip olmasından dolayı, kış aylarında yüksek bölgelerde karın yerde kalma süresi uzayacağından ve don olaylarının yaşanacağından yükseklik kriteri yolun konforunu oldukça etkileyecektir. Bu nedenle karayolu güzergah seçimi

yapılırken Ankara ili için yüksek olan bölgelere daha düşük puan verilerek bir sınıflandırma işlemi yapılmıştır.

Yükseklik verisi, eğim verisi gibi NASA Earthexplorer sitesinden temin edilmiştir. Temin edilen veriler birleştirilerek Ankara il sınırına göre kesilip yükseklik haritası oluşturulmuştur.

Yükseklik haritası inceliğinde Çamlıdere, Kızılcahamam, Elmadag ve Gölbaşı ilçelerinde yer yer 2000 metreye kadar ulaşan yükseltili bölgeler mevcuttur. Kış aylarında özellikle Kızılcahamam bölgesinde kar yağışından dolayı yolların uzun süre kapalı olduğu bilinmektedir. Ankara ili 242 metre ile 2068 metre yükseklik değerine sahiptir. Bu nedenle karayolu seçiminde en uygun yükseklik değeri 242 metreden başlayarak en yükseğe doğru en az uygunluk verilmiştir. Şekil 5.3’de yükseklik haritası görülmektedir.



Şekil 5.3. Yükseklik kriter haritası

Yükseklik verisinin sınıflandırılmış değerleri Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Yükseklik verisi değerleri sınıflandırılması

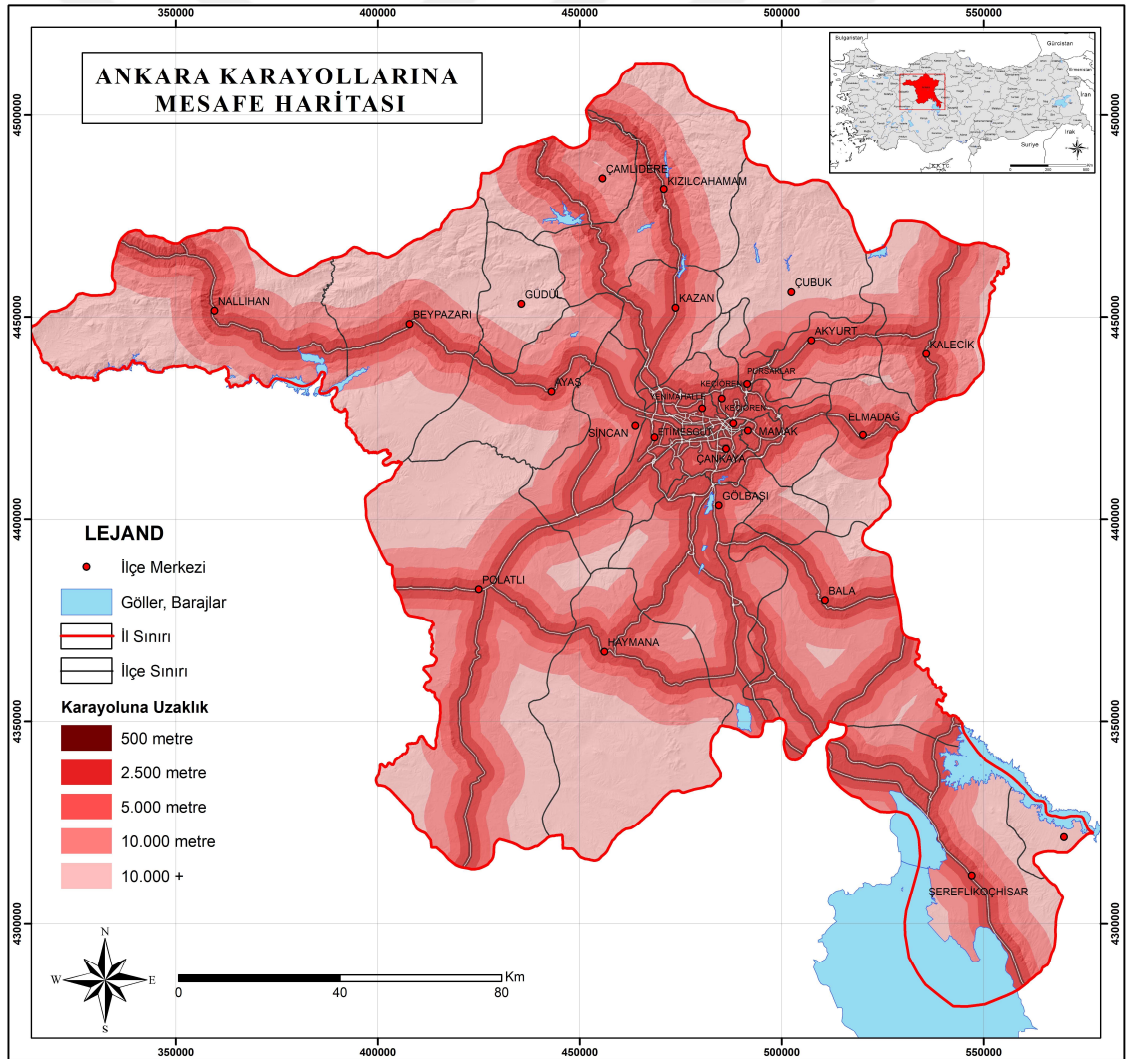
Değer	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Yükselti(m)	242_400	400,1-600	600,1-800	800,1-1000	1000,1-1200	1200,1-1400	1400,1-1600	1600,1-1800	1800,1-2068

5.2.3. Mevcut Karayollarına Uzaklık

Mevcut karayollarına uzaklık kriteri, karayollarının mümkün olduğunda homojen dağılmasını sağlayarak ulaşım ağının kendi içinde tutarlı olmasına imkan

verecektir. Birbiri içerisine geçmiş ve birbirine çok yakın olan karayolları yapım maliyeti artıracığından mevcut karayollarına uzaklık önemli bir kriter olmuştur. Ayrıca ihtiyaç bölgelerinin öncelikli olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Mevcut karayolları Open Street Map sitesinden temin edilmiştir. Filtreleme yapılarak yalnızca otoyol, karayolu ve 1.kademe yol ağları seçilmiştir. Bu veriler elde edildikten sonra Buffer analizi uygulanarak tampon bölgeler oluşturulmuştur. Ardından Ankara il sınırına göre kesilerek mevcut karayolları uzaklık analizi oluşturulmuştur. En yakın mesafe 500 metre en uzak mesafe 10.000 metre olarak seçilmiştir. Uygunluk olarak ise 10.000 metre ve üzeri alanlar en uygun, 500 metre ve altında kalan bölgeler için ise uygun olmayan yerler olarak belirlenmiştir. Şekil 5.4’de mevcut karayollarına yapılan Buffer analizi sonucu üretilen harita görülmektedir.



Şekil 5.4. Karayollarına uzaklık kriter haritası

Mevcut karayollarına uzaklık verisinin sınıflandırılmış değerleri Çizelge 5.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Karayollarına uzaklık verisi değerleri sınıflandırılması

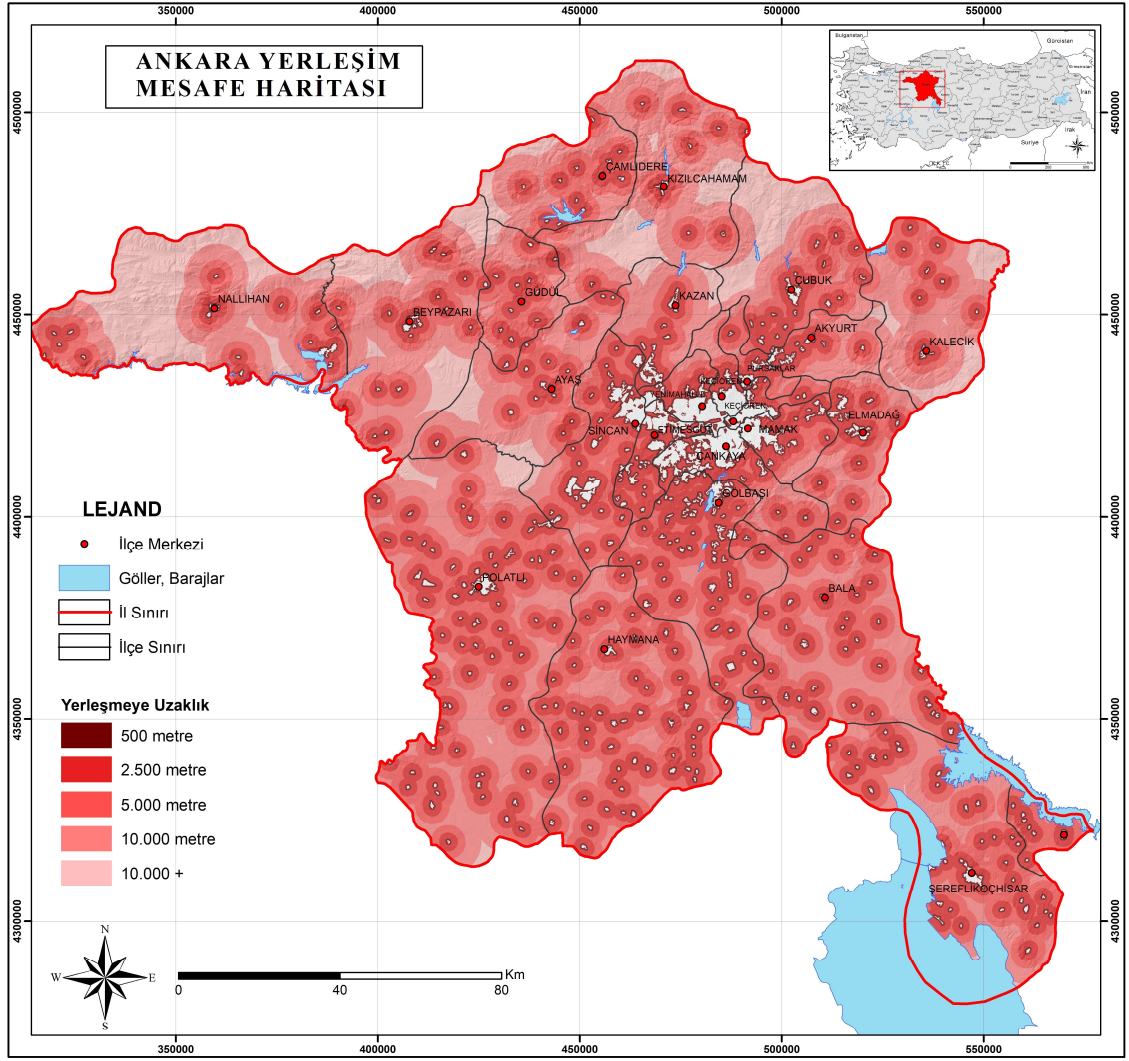
Değer	9	7	5	3	1
Uzaklık (m)	10000+	10000	5000	2500	500

5.2.4. Yerleşim Yerlerine Uzaklık

Yerleşim yerlerine uzaklık kriteri karayolu planlanmasında önemli bir değere sahiptir. İnsanların yeme-içme, barınma, araç bakım yani sanayii ve diğer farklı gereksinimleri için şehir merkezlerine çok uzak olmaması tercih edilmektedir. Fakat otoyollar çok geniş ve yüksek kapasiteli olduğundan ayrıca yapım maliyetleri çok fazla olduğundan bu kriter gerçek uygulamalarda çok dikkate alınmamaktadır. Son yıllarda ülkemizde yapılan otoyollarda otel, dinlenme tesisi, benzin istasyonu vb. ihtiyaçlar otoyol ile birlikte inşa edilmektedir. Her ne kadar gerçek uygulamalarda çok dikkate alınmasa da bu uygulamada yerleşim yerlerine uzaklık kriteri kullanılmıştır. Şehir merkezlerine yakın bölgeler en uygun, uzak bölgeler az uygun olarak değerlendirilmiştir.

Yerleşim yerleri verileri CORINE 2018 verilerinden elde edilmiştir. CORINE projesi Avrupa Çevre Ajansı tarafından arazi örtüsü sınıflandırması doğrultusunda uydu görüntüleri üzerinden bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile 1/100.000 ölçekte arazi örtüsü haritalarının üretilmesi projesidir. İnternet ortamından elde edilen CORINE 2018 veri grubunda bulunan yerleşme sınırlarından yerleşme katmanı oluşturulmuştur.

Daha sonra bu katmana Buffer analizi işlemi yapılmış ve en yakın mesafe 500 metre, en uzak mesafe 10000 metre üzeri alınmıştır. Şekil 5.5’de yerleşim yerlerine uzaklık haritası görülmektedir.



Şekil 5.5. Yerleşim yerlerine uzaklık haritası

Yerleşim yerlerine uzaklık verisinin sınıflandırılmış değerleri Çizelge 5.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Yerleşime uzaklık verisi değerleri sınıflandırılması

Değer	9	7	5	3	1
Yerleşime Uzaklık(m)	500	2500	5000	10000	10000+

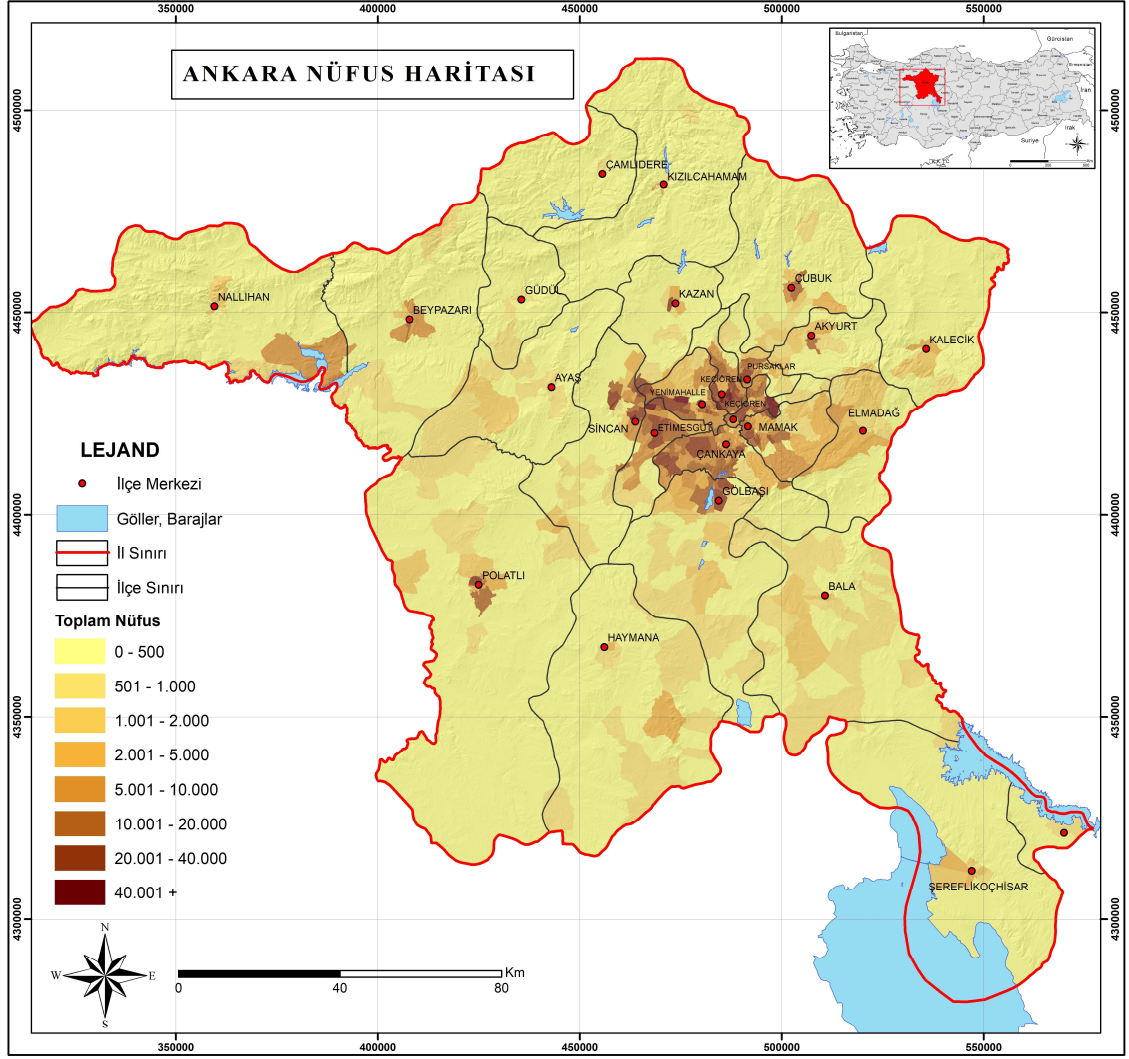
5.2.5. Nüfus

Nüfus kriteri, karayolu planlamasında o yolun yaklaşık olarak kaç kişiye hizmet edeceğinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Yolun sadece yerleşim yerlerinden

geçmesi değil, o bölgedeki nüfus yoğunluğunun da önemi büyüktür. Bu nedenle nüfus verisi yapılacak yolun faydasını da ortaya koyacaktır.

Nüfus verisi TÜİK internet sitesinden alınmış ve 2019 yılında yapılan son nüfus sayımı verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Alınan nüfus verileri, Open Street Map sitesinden indirilen ilçe sınırları verilerine göre işlenmiş ve tanımlanmıştır. TÜİK 2019 verilerine göre Ankara nüfusu 5 milyon 639 bin 76 kişi ile Türkiye'nin 2.en büyük nüfusuna sahip ili olmuştur. Çankaya ilçesi 944 bin 609 kişi ile Ankara'nın en çok nüfusa sahip ilçesi olmuştur. Evren ilçesi ise 3 bin 97 kişi ile Ankara'nın en az nüfusa sahip ilçesi olmuştur.

Karayollarının şehir merkezlerinde geçmesi istenmediğinden üretilen dağıtım haritasında nüfusun yoğun olduğu ve merkez ilçe olan Çankaya, Mamak, Keçiören, Etimesgut, Yenimahalle, Altındağ ilçeleri nüfus verileri kullanılmamıştır. Kalan ilçeler arasında nüfusun yoğun olduğu yerler uygun, nüfusun az olduğu yerler en az uygun alanlar olarak seçilmiştir. Şekil 5.6'da nüfus dağılım haritası görülmektedir.



Şekil 5.6. Nüfus dağılım haritası

Nüfus dağılım haritasının sınıflandırılmış değerleri Çizelge 5.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Nüfus verisi değerlerinin sınıflandırılması

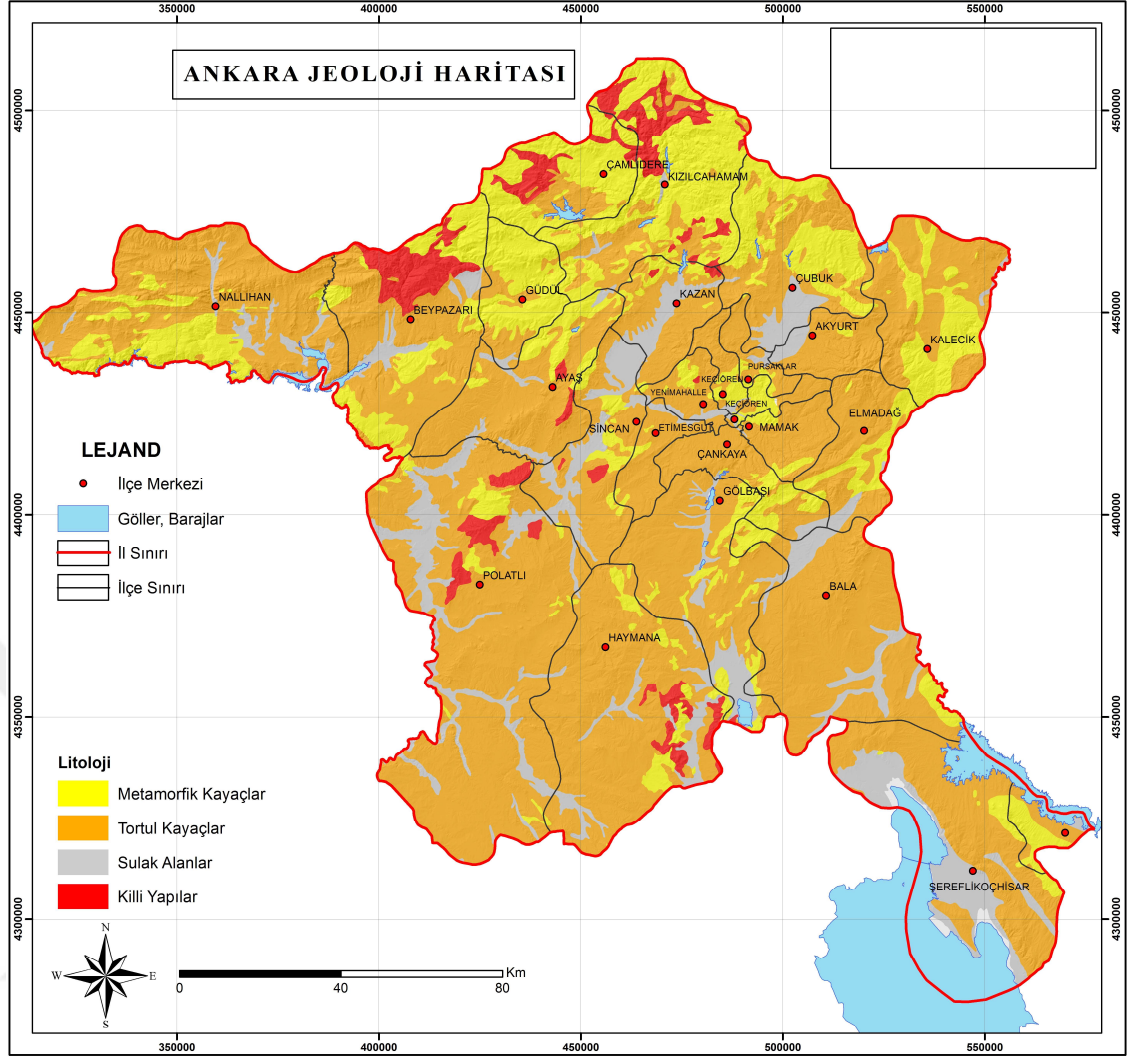
Değer	9	8	6	5	4	3	2	1
Kişi	40000+	20001- 40000	10001- 20000	5001- 10000	2001- 5000	1001- 2000	501- 1000	0-500

5.2.6. Jeoloji

Jeoloji kriteri karayolu yapımı ekonomik ve zaman olarak etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Kayalık ve sert olan zeminler karayolu maliyetini arttıran bir etkidir. Ancak yolun yapıldıktan sonraki dayanıklılığı arttırmaktadır. Killi yapılar karayolu için uygun olmayan jeolojik yapılardır. Sulak alanlar, karayolu yapımında çok sayıda ekstra sanat yapısı (menfez vb.) gerekliliği yaratacağından maliyeti artırmaktadır.

Jeoloji verisi MTA'nın yer bilimleri sitesinden 1/100.000 ölçekli olarak indirilmiş ardından koordinatlandırılarak sayısallaştırılmıştır. İndirilen verilerdeki 9 adet jeolojik yapı gruplandırılarak 4 farklı jeolojik yapı elde edilmiştir.

Ankara iline jeolojik yapı olarak bakıldığında, tortul kayaçların büyük payı vardır. Ardından metamorfik kayaçlar gelmektedir. Sulak alanlar genelde göllerin çevresinde oluşmaktadır. Bu uygulamada tortul kayaçlar karayolu planlamasında en uygun puanı, sulak alanlar en düşük puanı almıştır. Şekil 5.7'de jeoloji kriter haritası görülmektedir.



Şekil 5.7. Jeoloji kriter haritası

Jeoloji haritasının sınıflandırılmış değerleri Çizelge 5.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Jeoloji verisi değerlerinin sınıflandırılması

Değer	9	7	3	1
Jeolojik	Tortul	Metamorfik	Sulak	Killi
Yapı	Kayaçlar	Kayaçlar	Alanlar	Yapılar

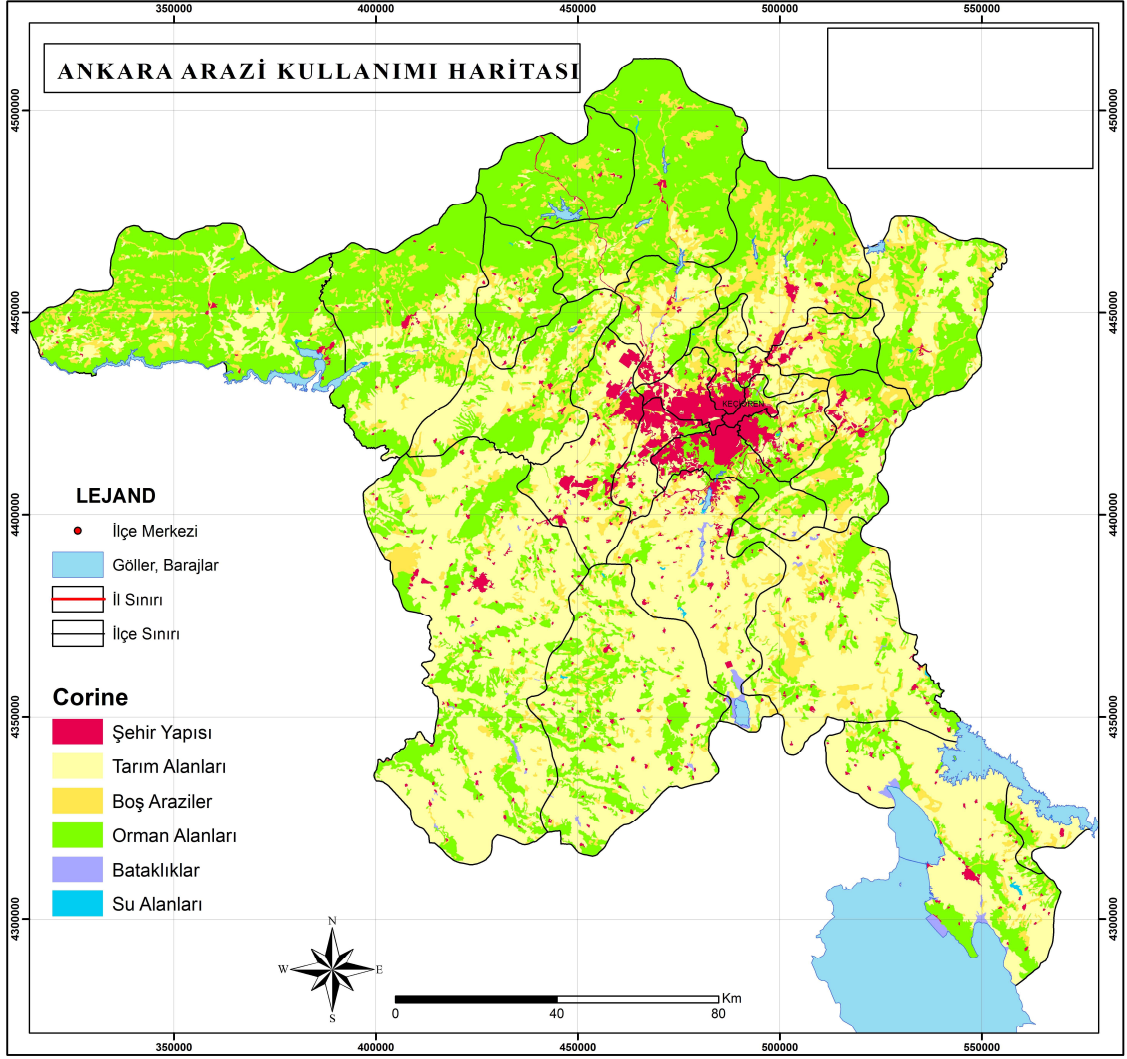
5.2.7. Arazi Kullanımı

Arazi kullanım kriteri karayolu yapımına etki eden bir başka önemli kriterdir. Özellikle son zamanlarda karayolu yapımında tahribata uğrayan ormanlık alanlar, yok

olan tarım arazileri gibi konular ÷lkemizde tartışma konusu olmuştur. Bu gibi durumların önüne geçebilmek adına arazi kullanımı kriterinin önemi artmaktadır.

Arazi kullanımı kriteri CORINE 2018 verilerinden temin edilmiştir. CORINE 2018 verilesinden 7 adet sınıf şehir yapısı, 5 adet sınıf orman yapısı, bataklık alanlar, sulak alanlar ve boş araziler olarak 5 farklı sınıfta toplanmıştır.

Ankara ilinin tarımsal faaliyetleri göz önüne alındığında özellikle Polatlı ve Haymana bölgelerinde tarım arazilerinde ki tahribatlar büyük bir ekonomik kayba neden olacaktır. Bu nedenle karayolu planlanmasında tarım arazilerinin korunması oldukça önemlidir. Ayrıca tarım arazilerinin kamulaştırılması da karayolu yapımının zaman olarak yavaşlamasına, ekonomik olarak maliyetin daha çok artmasına neden olacaktır. Ormanlık alanların yok olması da önemli bir çevresel sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Ankara ilinde ormanlık alanların Nallıhan, Çamlıdere, G÷d÷l, Kızılcahamam ilçelerinde yoğunlaştığı gör÷lmektedir. Boş araziler olarak tanımlanan araziler ise, karayolu yapımına en uygun alanlar olarak değerlendirilmelidir. şekil 5.8’de arazi kullanım haritası gör÷lmektedir.



Şekil 5.7. Arazi kullanım haritası

Arazi kullanımı haritasının sınıflandırılmış değerleri Çizelge 5.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7. Arazi kullanımı verisi değerlerinin sınıflandırılması

Değer	9	8	7	5	3	1
Kişi	Boş Araziler	Tarım Arazileri	Bataklık	Orman Alanları	Şehir Yapısı	Su Alanları

5.3. AHY ile Ağırlıkların Hesaplanması

Analitik Hiyerarşi Yönteminde uygulama yapılmadan önce kriterlerin ağırlıklandırılması gerekmektedir. Bu çalışmada karayolları hem ekonomik hem de çevresel olmak üzere 2 farklı ana grup altında kriterlerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Bu değerlendirmede önem derecelerine göre karayolunun planlanma aşamasında değişikliklere kolayca gidilebilir. Bu uygulamada planlanacak karayolu ekonomik odaklı tasarlanmış olup, ağırlıklar buna göre verilmiştir.

Uygulama için toplamda 3 adet hiyerarşi kurulmuştur. Bu hiyerarşilerin en st tabakasında ana gruplar, en alt tabakada ise kriterlerin veri sınıfları bulunmaktadır. Çizelge 5.8 ‘ de kurulan hiyerarşik düzen gösterilmektedir.

Çizelge 5.8. Hiyerarşik düzen

1.Grup	Ekonomik (A)	evresel (B)
2.Grup	Eğim (A ₁)	Arazi Kullanımı (B ₁)
	Yükseklik (A ₂)	Nüfus (B ₂)
	Jeoloji (A ₃)	Karayoluna Uzaklık (B ₃)
		Yerleşime Uzaklık (B ₄)
3.Grup	Tüm Kriterlerin Alt Sınıfları	

Gruplamalar incelendiğinde kriterlerin genel olarak ekonomik ve sosyal olarak ayrıldığı görülmektedir. Yolun ekonomik olarak daha uygun yapılmasını sağlayacak kriterler ekonomik, evre duyarlılığı, çevrenin korunması, doğal yaşam alanlarının korunması gibi kriterler çevresel olmak üzere toplanmıştır.

Planlanacak olan karayolunun bu çalışmada ekonomik olmasını belirlediğimiz için birinci grupta yer alan iki ana kriterin karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gerekmektedir. Birinci grupta iki kriter olduğundan duyarlılık oranı değeri sıfır çıkacaktır. Birinci grupta yapılan karşılaştırma matrisi izelge 5.9’da oluşturulmuştur.

Çizelge 5.9. Birinci grup hiyerarşi ağırlık hesaplaması

Kriter	Çevresel (A)	Ekonomik (B)	Ağırlık
Çevresel (A)	1	0.8181	0.45
Ekonomik (B)		1	0.55

Matris sonucun ekonomik kriter grubunun ağırlığı %55, çevresel kriter grubunun ağırlığı ise %40 olarak hesaplanmıştır. Yani uygunluk haritasının üretilmesinde ekonomik kriterlerin daha ağır basacağı ve karayolunun karakteristik özelliğinin ekonomik kriterlere daha çok benzeyeceğidir.

Bir sonraki adım ekonomik ve çevresel kriterlerin alt gruplarının ağırlıklarının hesaplanmasıdır. Eğim, yükseklik, jeoloji, mevcut karayollarına uzaklık, nüfus, yerleşime uzaklık, arazi kullanımı verilerin ayrı ayrı karşılaştırma matrisleri ile ağırlıklarının belirlenmesi gerçekleştirilecektir.

Ekonomik kriterler ağırlıklandırılırken en önemli etken, hangi kriterin karayolunun yapım maliyetini en fazla etkilediğidir. Ekonomik kriterleri incelediğimizde yapımı maliyet olarak artıran ve zaman olarak kayba neden olan kriter eğimdir. Jeoloji ve yükseklik kriterleri belirli bir oranda da olsa eğime bağlı olduğundan ve eğim kriterinin kazı dolgu işlemleri gibi ekstra maliyetleri de beraberinde getireceğinden, ekonomik kriterlerden eğim en önemli kriter seçilmiştir. Çizelge 5.10'da karşılaştırma matrisi görülmektedir.

Çizelge 5.10. Ekonomik kriterler karşılaştırma matrisi

Kriter	Eğim (A ₁)	Yükseklik (A ₂)	Jeoloji (A ₃)
(A ₁)	1	2	2
(A ₂)		1	1.5
(A ₃)			1

Ekonomik kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında oluşturulan normlandırılmış matris aşağıda verilmektedir. Normlandırılmış matriste her satır toplamının matris

boyutuna bölünmesi ile ağırlık hesaplanmaktadır. Çizelge 5.11’de ekonomik matrisin normalleştirilmiş hali görülmektedir.

Çizelge 5.11. İkinci grup hiyerarşi ağırlık hesaplaması

Kriter	(A ₁)	(A ₂)	(A ₃)	Ağırlık
(A ₁)	0.5	0.545455	0.444444	0.496633
(A ₂)	0.25	0.272727	0.333333	0.285354
(A ₃)	0.25	0.181818	0.222222	0.218013

Ağırlıkların tutarlı olup olmadığını kontrol edebilmek için öz değer ve öz vektör değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bunun için ağırlıkların karşılaştırma matrisi ile çarpılması gerekmektedir. Çizelge 5.12’de öz değer matrisi görülmektedir.

Çizelge 5.12. İkinci grup öz değer matrisi

Kriter	Değer
(A ₁)	1.503367
(A ₂)	0.860690
(A ₃)	0.656566

Bulunan öz değer matrisinin ağırlıklar ile çarpılması sonucunda $h_{\max}$ değerinin bulunması gerekmektedir. Burada çarpılıp bulunacak matrisin değerlerinin aritmetik ortalaması bize $h_{\max}$ değerini verecektir. Çizelge 5.13’de ağırlıkları ile çarpılmış matris değerleri görülmektedir.

Çizelge 5.13. Ağırlık ile çarpılmış öz değer matrisi

Kriter	Değer
(A ₁)	3.027119
(A ₂)	3.016224
(A ₃)	3.011583

Buradaki değerlerin aritmetik ortalamasının alındığında $h_{\max}$ değeri hesaplanmış olacaktır.

$$h_{\max} = 3.018309$$

$$\text{Tutarlılık indeksi} = 0.0091545$$

$$\text{Tutarlılık oranı} = 0.0157$$

olup T_0 değerinin 0.01 çıktığı görülmektedir. Bu değer Thomas Saaty'e göre 0.1 değerinin altında kaldığından tutarlı olduğu belirlenmiştir.

Çevresel etkenler değerlendirildiğinde orman alanlarının, tarım arazilerinin, doğal yaşam alanlarının korunması gibi hassasiyetler için arazi kullanımı verisi diğer verilere göre ön planda olmaktadır. Nüfus verisi de yapılacak karayolunun tam anlamıyla ihtiyaçlara cevap verebilmesi açısından diğer önemli bir etkidir. Çizelge 5.14'de çevresel kriter karşılaştırma matrisi görünmektedir.

Çizelge 5.14. Çevresel kriterler karşılaştırma matrisi

Kriter	Arazi Kullanımı (B ₁)	Nüfus (B ₂)	Karayoluna Uzaklık (B ₃)	Yerleşime Uzaklık (B ₄)
(B ₁)	1	2.5	2	1.5
(B ₂)		1	1.3	1.8
(B ₃)			1	1.2
(B ₄)				1

Çevresel kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında oluşturulan normlandırılmış matris aşağıda verilmektedir. Normlandırılmış matriste her satır toplamının matris boyutuna bölünmesi ile ağırlık hesaplanmaktadır. Çizelge 5.15'de çevresel matrisin normleştirilmiş hali görülmektedir.

Çizelge 5.15. İkinci grup hiyerarşi ağırlık hesaplaması

Kriter	(B ₁)	(B ₂)	(B ₃)	(B ₄)	Ağırlık
(B ₁)	0.389610	0.518157	0.389610	0.272727	0.392526
(B ₂)	0.155844	0.207263	0.253247	0.327273	0.235907
(B ₃)	0.194805	0.159433	0.194805	0.218182	0.191806
(B ₄)	0.259740	0.115146	0.162338	0.181818	0.179761

Ağırlıkların tutarlı olup olmadığını kontrol edebilmek için öz değer ve öz vektör değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bunun için ağırlıkların karşılaştırma matrisi ile çarpılması gerekmektedir. Çizelge 5.16’da öz değer matrisi görülmektedir.

Çizelge 5.16. İkinci grup öz değer matrisi

Kriter	Değer
(B ₁)	1.635547
(B ₂)	0.965835
(B ₃)	0.785249
(B ₄)	0.732345

Bulunan öz değer matrisinin ağırlıklar ile çarpılması sonucunda hmax değerinin bulunması gerekmektedir. Burada çarpılıp bulunacak matrisin değerlerinin aritmetik ortalaması bize hmax değerini verecektir. Çizelge 5.17’de ağırlıkları ile çarpılmış matris değerleri görülmektedir.

Çizelge 5.17. Ağırlık ile çarpılmış öz değer matrisi

Kriter	Değer
(B ₁)	4.166719
(B ₂)	4.094141
(B ₃)	4.093970
(B ₄)	4.073993

Buradaki değerlerin aritmetik ortalamasının alındığında hmax değeri hesaplanmış olacaktır.

$$h_{max} = 4.107206$$

$$\text{Tutarlılık indeksi} = 0.035735$$

$$\text{Tutarlılık oranı} = 0.039706$$

olup T₀ değerinin 0.04 çıktığı görülmektedir. Bu değer Thomas Saaty’e göre 0.1 değerinin altında kaldığından tutarlı olduğu belirlenmiştir.

Daha sonra 3.grup olan tüm kriterlerinin alt kriterlerinin ağırlıklandırılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Burada sınıf değerlerinin önem sıralaması yapılmış olup daha önce belirlenen sınıf değerlerine göre ağırlıkların hesaplamaları yapılmıştır. Sırası ile ekonomik kriterlerin 3.gruptaki ağırlıklarının hesaplanması için oluşturulan karşılaştırma matrisleri verilmiştir.

Eğim	0-5	5,1-10	10,1-15	15,1-20	20,1-25	25,1+	Ağırlık
0-5	1	2	3	4	5	9	0.370610
5,1-10		1	2	3	4	7	0.238202
10,1-15			1	2	5	8	0.180631
15,1-20				1	2	9	0.115381
20,1-25					1	6	0.071226
25,1+						1	0.023950

Eğim sınıfının karşılaştırma matrisi (Çizelge 5.18) incelendiğinde;

hmax = 6.423039

Tutarlılık indeksi = 0.084608

Tutarlılık oranı = 0.068232 değerleri bulunur.

Yükseklik sınıfının karşılaştırma matrisi (Çizelge 5.19) incelendiğinde;
 $h_{max} = 9.408004$
 Tutarlılık indeksi = 0.051001
 Tutarlılık oranı = 0.035173 değerleri bulunur.

Çizelge 5.20. Jeoloji sınıflandırması karşılaştırma matrisi

Jeoloji	Metamorfik Kayaçlar	Tortul Kayaçlar	Sulak Alanlar	Killi Yapılar	Ağırlık
Metamorfik Kayaçlar	1	3	5	7	0.557890
Tortul Kayaçlar		1	3	5	0.263350
Sulak Alanlar			1	3	0.121870
Killi Yapılar				1	0.056890

Jeoloji sınıfının karşılaştırma matrisi (Çizelge 5.20) incelendiğinde;
 $h_{max} = 4.118468$
 Tutarlılık indeksi = 0.039489
 Tutarlılık oranı = 0.043877 değerleri bulunur.

Eğim, yükseklik ve jeoloji kriterlerinin 3.grup alt kriter karşılaştırma matrislerinden elde ağırlıklandırma işlemi tamamlanmıştır. Ekonomik kriterlerin genel görünümü için aşağıda hazırlanan tabloda tüm kriterlerin etki ağırlıkları görülmektedir.

% 0-5 aralığında olan eğim sınıfı için örnek etki ağırlıklandırılması hesabı aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$(1.\text{Grup Çevresel Kriter Ağırlığı}) \cdot (2.\text{Grup Eğim Ağırlığı}) \cdot (3.\text{Grup Alt Kriter Ağırlığı}) \\ = (0.55 \cdot 0.496633 \cdot 0.370610) = 0.101231$$

Etki ağırlığı, son oluşturulacak uygunluk haritasında her bir sınıfın genel sonuç haritasına etki değerini göstermektedir. Etki ağırlığı sütunu incelendiğin en büyük

ağırlığın %10.1 ile eğimim %0-5 arasındaki arazilerde olduğu görülmektedir. Çizelge 5.21’de ekonomik kriterlerin ağırlık hesaplamaları görülmektedir.

Çizelge 5.21. Ekonomik kriter ağırlık hesaplamaları

1.Grup	Ağırlık	2.Grup	Ağırlık	3.Grup	Ağırlık	Etki Ağırlığı
Ekonomik	0.55	Eğim	0.496633	0-5	0.370610	0.101231
				5,1-10	0.238202	0.065064
				10,1-15	0.180631	0.049339
				15,1-20	0.115381	0.031516
				20,1-25	0.071226	0.019455
				25,1+	0.023950	0.006542
				Toplam=1.00		
		Yükseklik	0.285354	242-400	0.306950	0.048174
				401-600	0.218200	0.034245
				601-800	0.154320	0.024220
				801-1000	0.108880	0.017088
				1001-1200	0.076440	0.011997
				1201-1400	0.053310	0.008367
				1401-1600	0.037030	0.005812
				1601-1800	0.025950	0.004073
				1801-2068	0.018910	0.002968
				Toplam=1.00		
		Jeoloji	0.218013	Metamorfik Kayaçlar	0.557890	0.066895
				Tortul Kayaçlar	0.263350	0.031578
				Sulak Alanlar	0.121870	0.014613
				Killi Yapılar	0.056890	0.006822
						Toplam=1.00

Çevresel kriterlere ait 3.gruptaki ağırlıklarının hesaplanması için oluşturulan karşılaştırma matrisleri aşağıda sırası ile verilmiştir.

Çizelge 5.22 Arazi kullanımı sınıflandırması karşılaştırma matrisi

Arazi Kullanımı	Boş Araziler	Tarım Alanları	Bataklıklar	Orman Alanları	Şehir Yapısı	Su Alanları	Ağırlık
Boş Araziler	1	2	3	4	5	8	0.376794
Tarım Alanları		1	2	3	4	7	0.247636
Bataklıklar			1	2	5	6	0.180313
Orman Alanları				1	2	5	0.105942
Şehir Yapısı					1	2	0.057361
Su Alanları						1	0.031954

Arazi kullanımı sınıfı karşılaştırma matrisi (Çizelge 5.22) incelendiğinde;

$$h_{\max} = 6.184787$$

$$\text{Tutarlılık indeksi} = 0.036957$$

Tutarlılık oranı = 0.029804 değerleri bulunur.

Çizelge 5.23. Nüfus sınıflandırması karşılaştırma matrisi

Nüfus	+	20001-	10001-	5001-	2001-	1001-	501-	0-	Ağırlık
	40000	40000	20000	10000	5000	2000	1000	500	
40000+	1	2	3	4	5	6	7	8	0.326764
20001-40000		1	2	3	4	5	6	7	0.227340
10001-20000			1	2	3	4	5	6	0.156854
5001-10000				1	2	3	4	5	0.107662
2001-5000					1	2	3	4	0.073404
1001-2000						1	2	3	0.049796
501-1000							1	2	0.034015
0-500								1	0.024166

Nüfus sınıfının karşılaştırma matrisi (Çizelge 5.23) incelendiğinde;

$$h_{\max} = 8.291874$$

$$\text{Tutarlılık indeksi} = 0.041696$$

Tutarlılık oranı = 0.029572 değerleri bulunur.

Çizelge 5.24. Karayollarına uzaklık sınıflandırması karşılaştırma matrisi

Karayollarına Uzaklık	500	2500	5000	10000	10000+	Ağırlık
500	1	2	3	4	5	0.416212
2500		1	2	3	4	0.261788
5000			1	2	3	0.161050
10000				1	2	0.098573
10000+					1	0.062376

Karayollarına uzaklık sınıfının karşılaştırma matrisi (Çizelge 5.24) incelendiğinde;

$$h_{\max} = 5.068318$$

$$\text{Tutarlılık indeksi} = 0.017079$$

Tutarlılık oranı = 0.01525 değerleri bulunur.

Çizelge 5.25. Yerleşime uzaklık sınıflandırması karşılaştırma matrisi

Yerleşime Uzaklık	500	2500	5000	10000	10000+	Ağırlık
500	1	2	3	4	5	0.416212
2500		1	2	3	4	0.261788
5000			1	2	3	0.161050
10000				1	2	0.098573
10000+					1	0.062376

Yerleşime uzaklık sınıfının karşılaştırma matrisi (Çizelge 5.25) incelendiğinde;

$$h_{\max} = 5.068318$$

$$\text{Tutarlılık indeksi} = 0.017079$$

Tutarlılık oranı = 0.01525 değerleri bulunur.

Arazi kullanımı, nüfus, karayollarına uzaklık ve yerleşim yerlerine uzaklık kriterlerinin 3.grup alt kriter karşılaştırma matrislerinden elde ağırlıklandırma işlemi tamamlanmıştır. Çevresel kriterlerin genel görünümü için aşağıda hazırlanan tabloda tüm kriterlerin ağırlıkları görülmektedir. Etki ağırlığı ise son oluşturulacak uygunluk

haritasında her bir sınıfın etki değerini göstermektedir. Etki ağırlığı sütunu incelendiğinde en büyük ağırlığın %6.65 ile boş arazilerde olduğu görülmektedir. Çizelge 5.26'da çevresel kriterlere ait ağırlık hesaplamaları görülmektedir.

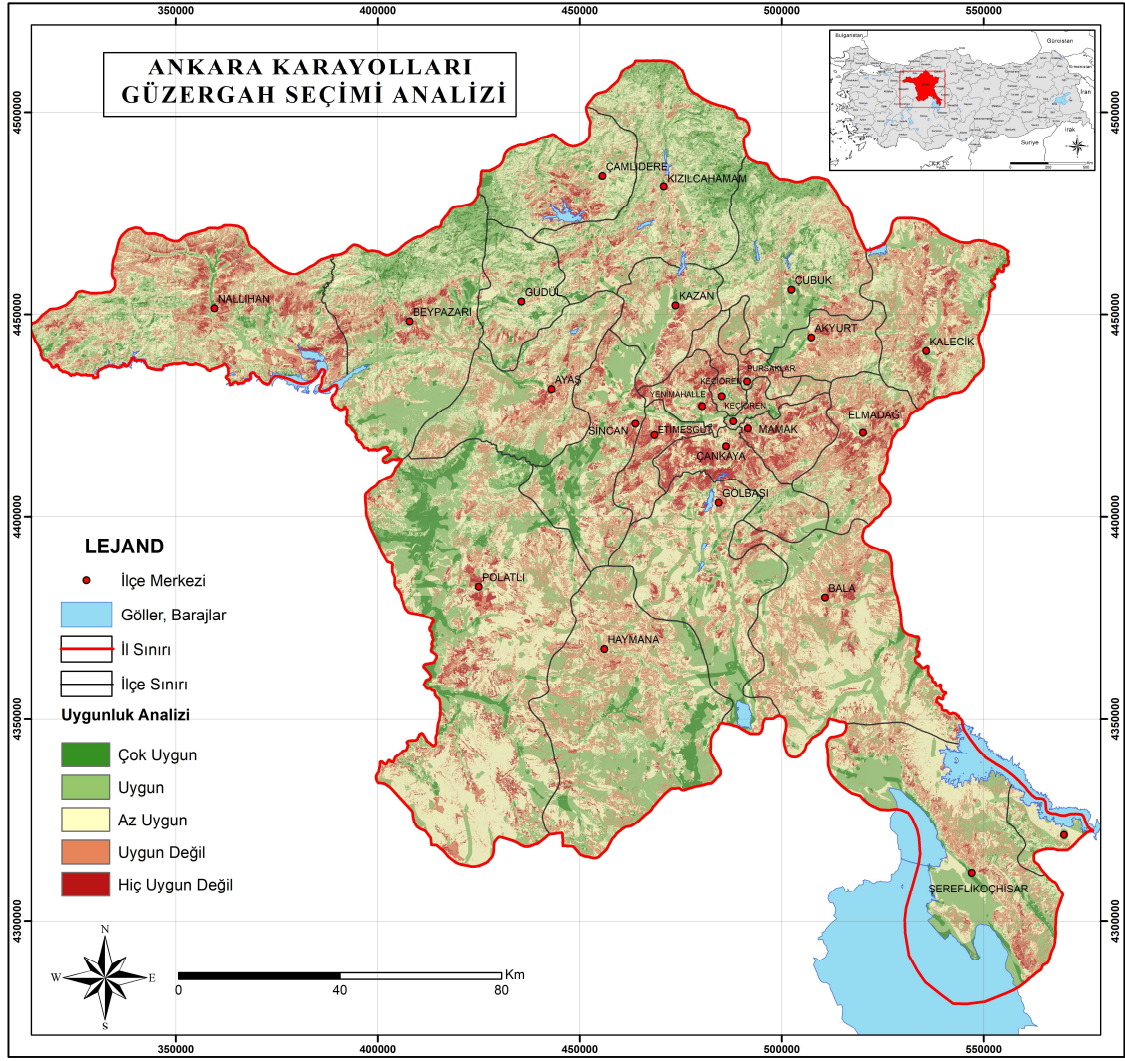
Çizelge 5.26. Çevresel kriterler ağırlık hesaplaması

1.Grup	Ağırlık	2.Grup	Ağırlık	3.Grup	Ağırlık	Etki Ağırlığı	
Çevresel	0.45	Arazi Kullanımı	0.392526	Boş Araziler	0.376794	0.066556	
				Tarım Alanları	0.247636	0.043742	
				Bataklıklar	0.180313	0.031850	
				Orman Alanları	0.105942	0.018713	
				Şehir Yapısı	0.057361	0.010132	
				Su Alanları	0.031954	0.005644	
					Toplam=1.00		
		Nüfus	0.235907	40000+	0.326764	0.034689	
				20001-40000	0.227340	0.024134	
				10001-20000	0.156854	0.016651	
				5001-10000	0.107662	0.011429	
				2001-5000	0.073404	0.007792	
				1001-2000	0.049796	0.005286	
				501-1000	0.034015	0.003611	
				0-500	0.024166	0.002565	
					Toplam=1.00		
		Karayollarına Uzaklık	0.191806	>500	0.416212	0.035924	
				2500	0.261788	0.022596	
				5000	0.161050	0.013901	
				10000	0.098573	0.008508	
				10000+	0.062376	0.005384	
					Toplam=1.00		
		Yerleşime Uzaklık	0.179761	>500	0.416212	0.033668	
				2500	0.261788	0.021177	
				5000	0.161050	0.013028	
				10000	0.098573	0.007974	
				10000+	0.062376	0.005046	
					Toplam=1.00		

5.4. Sonuç Haritasının Üretilmesi

Çevresel ve ekonomik olarak ana gruba ayrılan verilerin tüm kriter ağırlıklarının hesaplanmasından sonra sonuç ürün haritasını üretimi yapılmıştır. Her bir kriter kendi içerisindeki sınıf ve ağırlık oranları hesaplamaya dahil olarak sonuç uygunluk haritasını oluşturacaktır. Analizde ArcGIS 10.2 yazılımının ArcMap / ArcToolbox araç kutusu kullanılmıştır. Kullanılan her bir vektör veri formatından raster veri formatına dönüştürülmüştür. Raster veri formatında bulunan ölçütlerin ortak bir analize sokulabilmesi amacıyla her bir ölçüt Reclassify (yeniden sınıflandırma) işlemine sokulmuştur. Bu işlemler yapıldıktan sonra Weighted Sum (ağırlıklandırılmış toplam) komutu kullanılarak AHY ile hesaplanan değerler girilmiştir. Oluşturulan sonuç haritası Şekil 5.8’de görülmektedir. Sonuç haritası 5 farklı sınıfa ayrılmıştır. Burada uygun olan alanlara “En Uygun”, uygun olmayan alanlara ise “Hiç Uygun Değil” sınıf isimleri verilmiştir.

Sonuç haritası incelendiğinde Ankara ilinin batı ve kuzey bölgeleri yer yer güney kısımları uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Özellikle Ankara’nın şehir merkezine bakıldığında uygun olmayan alanların çok sık olduğu görülmektedir. Ayrıca Nallıhan, Kalecik, Akyurt, Elmadağ gibi ilçelerinin çevresi planlanan karayoluna uygun olmadığı belirlenmiştir. Burada eğim ve arazi kullanım kriterlerinin bu alanlara uygun olmadığı görülmüştür.



Şekil 5.8. Sonuç haritası

Sonuç haritasından yola çıkılarak uygun olan bölgelerden bir güzergah geçirilmiştir (Şekil 5.9). Bu güzergah geçirilirken en kısa mesafe ve en uygun bölgeler kullanılmıştır. Kuzeyde Ankara-Bolu il sınırından başlayan güzergah, güneyde Ankara-Konya il sınırında tamamlanmaktadır. Oluşturulan güzergah yaklaşık 120 km uzunluğundadır. Güzergah eğimin az ve tarım arazilerin olduğu bölgelere yoğunlaşmıştır. Her ne kadar ağırlık hesaplamasında boş araziler, tarım arazilerine göre yüksek değer olsa da, boş araziler varlığı çok az olduğundan güzergah genel olarak tarım arazileri kapsamaktadır. Güzergah jeolojik olarak incelendiğinde, genel olarak tortul kayalar yoğun olduğu sert ve dayanıklı zeminden geçmektedir. Yer yer killi yapılar ve sulak alanlardan geçtiği bölgelerde olmuştur. Güzergahın en yüksek kısımları kuzey bölgede Beypazarı ve çevresi olarak görülmektedir. Güzergahın geçtiği bölgeler incelendiğinde ise Beypazarı, Ayaş ve Haymana ilçe merkezlerine yakın durumdadır.

6. SONUÇLAR

Çalışmanın genel amacı, karayolu tasarımı aşamasında karar vericileri yönlendirebilecek, karayolu ihtiyaç ve gereksinimlerine uygun, araziye çıkmadan plancılara yol gösterecek bir karar destek sistemi kurmanın Çok Ölçütlü Karar Analizleri ile yapılabilirliğinin ortaya konulmasıdır. Son günlerde sıkça karşılaşılan ve gerek medyada gerekse sosyal ağlarda geniş kesimlerce tartışma konularına yer edinmiş çevreye duyarlı karayolu konusu üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Karayolu yapımında tahrip olan ormanlar, yok olan tarım arazileri ve zarar gören yaşam alanları karayolu çalışmalarında maliyet kadar önemli olup üzerinde durulan konulardandır.

Çok Ölçütlü Karar Analizlerinin en sık kullanılanı olan AHY yöntemi, belirlenen ağırlıklar değiştirilerek istenilen hassasiyette ve perspektifte karayolu güzergahı için uygun alanlar belirleyebilmek için bir rehberlik görevi üstlenmektedir. Uygulamaya bakıldığında en fazla etki ağırlığına sahip olan kriter % 10 ile eğim kriteri olmuştur. Yapılacak karayolunun ekonomik odaklı olmasının eğim kriterini önemli hale getirdiği görülmüştür. Eğim, karayolunda maliyeti arttırıcı büyük bir etkiye sahip olduğundan, planlanacak karayolunda en etkili kriter olmuştur. Arazi kullanımı kriterinin alt sınıfında bulunan boş araziler kriteri ise %6 değeriyle eğimden sonra ikinci en baskın etki ağırlığına sahiptir. Yok olan tarım arazileri, orman ve yaşam alanlarının önüne geçmek için arazi kullanımı kriteri, diğer alt kriterlere göre daha ön plana çıkmıştır. Diğer kriterlere bakıldığında tutarlı ağırlıklar olduğu gözlemlenmiştir.

Oluşturulan uygunluk haritası incelendiğinde karayolu yapımına en uygun bölgeler Ankara ilini kuzey doğu ve batı yönleri olduğu görülmektedir. Özellikle şehir merkezi yakınlarının karayolu yapımına uygun olmadığı belirlenmiştir. Çalışma alanının %30'luk kısmı karayolu yapımına uygun yerler olarak tespit edilmiştir. Genel olarak bu bölgeler eğimin az olduğu bölgeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Orta uygunluk yaklaşık %20'lik bir alanı oluşturmaktadır. Bu bölgeler her ne kadar karayolu yapımına birebir uygun olmasa dahi bazı kriterlerin uygunluğu sebebiyle bu bölgelerde orta uygunluk oluşmuştur. Kalan %50'lik kısım genel olarak karayolu yapımına uygun olmayan bölgelerdir. Bu bölgeler genellikle eğimin yüksek olduğu ve tarım arazilerinin, sulak alanların, bataklıkların bulunduğu bölgeler olarak görülmektedir.

Karayolu yapımına uygun olan bölgere bakıldığında Polatlı, Beypazarı, Sincan ilçeleriyle üçgen oluşturulan bölgeler, Haymana ilinin doğusu, Kızılcahamam çevresi, Çubuk ilçesinin güney batısı, Şereflikoçhisar Tuz Gölü çevresi olarak belirlenmiştir.

Sonuç haritasının oluşturulmasında üzerinde durulması gereken bir diğer konu ise kriterlerin seçimidir. Kriterler ne kadar çok ve detaylı olursa hesaplanan en uygun karayolu güzergâhlarının gerçeğe o kadar yakın olacağı görülmüştür. Kriterler seçilirken bütün meslek disiplinleri ve her ihtiyaca cevap verebilecek kriterlerin seçilmesi gerçeklik payını ve uygulanabilir olmasını daha da artıracaktır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Çok Ölçütlü Karar Analizleri ve AHY metodu ile CBS yazılımlarının entegre halde çalışması önemi vazgeçilmez bir platform oluşturmuştur. Tüm verilerin birleştirilmesi, karar vericilerin kararlarını alacakları tüm sistemin kurulması, uygun yer analizi çevresel ve ekonomik tüm faktörlerin bir arada değerlendirileceği bu platform sayesinde günümüz karayolu yapımında ve sonrasında yaşanan birçok sorunun önüne geçileceği ortaya çıkmıştır. Planlama aşamasından, uygulama aşamasına kadar bütün adımlarda büyük kolaylık sağlayacak olan bu platform sayesinde sürdürülebilir planlama ve çevreye etkilerinin daha kolay incelenmesi mümkün hale gelecektir.

KAYNAKLAR

- Can, G. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak Rüzgar Türbin Santralleri İçin Yer Seçimi: Çanakkale İli Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Cowen, D., 1988. GIS versus CAD versus DBMS: What are the Differences Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 54, pp: 1551-1555.
- Çukur, H. (2005). Coğrafya Öğretimin Hedefleri ve CBS. Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi. (18), s.87-99.
- Dempsey C., (2017). Types of GIS Data Explored: Vector and Raster. GIS Lounge.
- Dur, Z. (2019). Ahp'ye Dayalı Bulanık Utastar Yaklaşımı: Malzeme Taşıma Ekipmanı Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Erdi, A., Savaş, S.S. ve Özkan, G. (2004, Ekim). Türkiye'de coğrafi bilgi sistemi çalışmalarında kurumsal politikalar ve bir öneri. 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Ankara.
- Erşen, E. (2013). Karar problemlerinin çözümü için oyun teorisi ve coğrafi bilgi sistemleri tabanlı bütünleşik bir yaklaşım. Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ertugrul, I., and Karakaşoğlu, N., (2008). Comparison of Fuzzy AHY and Fuzzy TOPSIS Methods for Facility Location Selection, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 39, pp: 783-795.
- Genç, T.(2013). PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi.(15), s.133-154.
- Javadi, H. (2018). Cbs-Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Tesis Yer Seçimi: Ctp Boru Fabrikası İçin Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Konuşkan, Ö., Uygun, Ö. Çok Nitelikli Karar Verme (Maut) Yöntemi Ve Bir Uygulaması. ISITES2014, Karabük.
- Şen, M. (2018). Karayolu Güzergah Tespitinde Çok Ölçütlü Karar Analizlerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi,Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Konya.
- Tecim, V. (2008). Coğrafi bilgi sistemleri: Harita tabanlı bilgi yönetimi. (1. Baskı). Ankara: Renk Forum Matbaacılık.

- Timor M., 2011. Analitik Hiyerarşi Prosesi. Türkmen Kitabevi, İstanbul. s.29-51
- Toraman, D.(2009). Mekansal Çok Ölçütlü Karar Analizi:Ulaştırma İçin Güzergah Seçenekleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.
- Töreyan, G., Özdemir, İ. ve Kurt, T. (2010). ArcGIS 10 uygulama dokümanı. (1. Baskı). Ankara: İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti.
- Ulutaş A., Yücel, M. (2009). Çok Kriterli Karar Yöntemlerinden Electre Yöntemiyle Malatya’da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi, Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, Konya, s.327-344.
- Yang, J., and Lee, H., (1997). An AHY Decision Model for Facility Location Selection Facilities, Vol. 15, No: 9/10, pp: 241-254.
- Yomralioğlu, T. (2009). Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamaları (5. Baskı). Trabzon: Akademi Kitabevi.
- URL 1: Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri- II, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105293/mod_resource/content/0/10.%C3%87ok%20%C3%96l%C3%A7%C3%BCtl%C3%BC%20Karar%20Verme%20Y%C3%B6ntemleri-II.pdf

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Necati ÇAYAN
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Altındağ 02.08.1993
Telefon : +90 507 876 19 61
Faks :
E-Posta : necaticayan@gmail.com

EĞİTİM

<u>Derece</u>	<u>Adı</u>	<u>İlçe</u>	<u>İl</u>	<u>Bitirme Yılı</u>
Lise	: İncesu Lisesi	ÇANKAYA	ANKARA	2011
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi	SELÇUKLU	KONYA	2017
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi	SELÇUKLU	KONYA	2021

İŞ DENEYİMLERİ

<u>Yıl</u>	<u>Kurum</u>	<u>Görevi</u>
2017-2018	Körfez Haritacılık Plan. Ltd. Şti	Harita Mühendisi
2019-2019	Gama Müşavirlik	Harita Mühendisi
2019-Devam	Körfez Haritacılık Plan. Ltd. Şti	Harita Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Fotoğrametri
Jeodezi

YABANCI DİLLER

İngilizce B2