



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLECEK OLAN BİLGİSAYAR DESTEKLİ BİR MODELLE ELEKTRİK ENERJİ NAKİL HATLARININ GÜZERGÂH OPTİMİZASYONU

HASAN EROĞLU

DOKTORA TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği A.B.D.

Nisan-2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLECEK OLAN BİLGİSAYAR DESTEKLİ BİR MODELLE ELEKTRİK ENERJİ NAKİL HATLARININ GÜZERGÂH OPTİMİZASYONU

Hasan EROĞLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Musa AYDIN

2014, 144 Sayfa

Bu tez çalışmasında, enerji nakil hattı güzergâhının belirlenmesi ve projesinin çizilmesi çalışmalarında, güzergâhın en uygun olarak seçilmesi, seçilen bu güzergâhın iki boyutlu olarak bilgisayar ortamında çizdirilmesi ve bu enerji nakil hattı güzergâhı ve projesinin üç boyutlu arazı modeli üzerinde gösterimi amaçlanmıştır. Bu amaçla, öncelikle enerji nakil hattının güzergâh seçimini etkileyen kriterler tespit edilmiştir. Belirlenen kriterlere göre Analitik Hiyerarşi ve Bulanık Analitik Hiyerarşi yöntemleri yardımıyla kriterlerin birbirlerine göre ağırlıklandırılmasının yapılması sağlanmıştır.

Birbirlerine göre ağırlık yüzdeleri bulunan bu kriterlere göre örnek çalışma alanına ait topografya verileri temin edilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı ArcGIS yardımıyla veriler işlenerek ağırlıklandırılmış toplam maliyet haritası oluşturulmuştur. Ağırlıklandırılmış toplam maliyet haritası üzerinde genetik algoritma, yapay arı kolonisi algoritması ve ArcGIS yazılımının rota bulma algoritması kullanılarak örnek güzergâhların belirlenmesi sağlanmış ve bu algoritmaların performansları ve doğrulukları karşılaştırılmıştır. Kullanıcılar tarafından bu işlemlerin yapılabilmesi için bir ara yüz oluşturulmuştur. Ayrıca bu ara yüz ArcMap programı ile birlikte kullanılacağı için ArcMap programına bir araç kutusu olarak eklenerek program fonksiyonlarının kullanılabilmesi sağlanmıştır.

Belirlenen güzergâhın koordinat bilgilerini kullanarak enerji nakil hattının iki boyutlu profilinin çizilmesi ve enerji nakil hattı projesi ile ilgili bütün işlemlerin yapılabileceği ve proje ile ilgili direk, travers, iletken vb. bilgilerin dışarı aktarılabileceği bir program geliştirilmiştir.

Geliştirilen program yardımıyla projesi çizilen enerji nakil hattının, üç boyutlu arazi ortamında gösterimi yapılarak çizimin doğruluğu kontrol edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ABC algoritması, AHP, Bulanık AHP, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Enerji nakil hattı, Genetik algoritma, Güzergâh tespiti.

ABSTRACT

Ph.D THESIS

OPTIMISATION OF ELECTRICAL ENERGY TRANSMISSION LINES WITH A COMPUTER-AIDED MODEL THAT WILL BE REALIZED BY USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Hasan EROĞLU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN ELECTRICAL - ELECTRONICS ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Musa AYDIN

2014, 144 Pages

In this thesis, optimum selection of the electrical transmission line's route, two-dimensional plotting of the route in the computing environment and representation on three-dimensional terrain model of the route are intended at the studies of the route determination of electrical transmission lines and drawing of the project. For this purpose, primarily the criteria that affect the electrical transmission lines routing are determined. Weighting of these criteria is made relative to each other by the Analytic hierarch process and the Fuzzy analytic hierarch process.

The map data of the sample study area is obtained according to these weightings. With the help of ArcGIS, the Geographical Information System software, the total weighted cost surface map is generated by processing of the geographical data. Determination of sample routes are provided by using Genetic algorithm, Artificial bee colony algorithm and the path finding algorithm of the ArcGIS on the total weighted cost surface map and the performance and the accuracy of these algorithms are compared. An interface is developed for making these processes by the users.

A program is developed for the two-dimensional plotting by using the geographical coordinates of the determined route, making all the process for electrical transmission line projects and exporting the pole, traverse and insulator information of the project.

Representation on three-dimensional terrain model of the route plotted by the developed computer program is made and the accuracy of the project is controlled.

Keywords: ABC algorithm, AHP, Fuzzy AHP, Geographic information systems, Genetic algorithm, Power transmission line, Route determination.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, Coğrafi Bilgi Sistemleriyle ilgili konularda bilgilerinden istifade ettiğim Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümünden Sayın Yrd. Doç. Dr. A. Erdem ÖZÇELİK'e, çalışma alanıyla ilgili verilerin teminindeki yardımlarından dolayı Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatih SAKA'ya, Jeoloji Mühendisliği Bölümünden Sayın Öğretim Görevlisi İbrahim AKPINAR ve Araştırma Görevlisi Leyla ÇÖL'e, Harita Mühendisliği Bölümünden Araştırma Görevlisi Mustafa CEYLAN'a, yazılım alanındaki bilgilerinden istifade ettiğim Yazılım Mühendisliği Bölümünden Öğretim Görevlisi Özkan BİNGÖL'e ve Enformatik Bölümünden Araştırmacı Elektrik Elektronik Yüksek Mühendisi Fatih GÜL'e, görüş ve önerileriyle çalışmama yön veren değerli tez izleme komitesi üyeleri, Sayın Doç. Dr. S. Vakkas ÜSTÜN'e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA'ya teşekkür ederim.

Ayrıca bilgi ve tecrübeleriyle akademik hayatıma yön veren ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Musa AYDIN'a, maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan değerli Aileme teşekkür ederim.

HASAN EROĞLU
KONYA-2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **6**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **9**

3.1. ENH Güzergâhı Belirleme 9
3.1.1. ENH Güzergâhı belirlemede kullanılan kriterler 9
3.1.2. Ana kriter ve alt kriterlerin ağırlık yüzdelerinin hesabı 11
3.1.3. Coğrafi bilgi sistemleri ve verilerin işlenmesi 13
3.1.4. En az maliyetli güzergâhın belirlenmesi 23
3.2. Güzergâh Belirlemede Kullanılan Algoritmalar 26
3.2.1. Genetik algoritma 26
3.2.2. Yapay Arı Kolonisi algoritması 30
3.3. ENH Proje Çizimleri 33

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **34**

4.1. ENH Güzergâhı Belirlemede Kullanılan Kriterlerin Ağırlıklandırılması 34
4.1.1. AHP ile kriterlerin ağırlıklandırılması 34
4.1.2. FAHP ile kriterlerin ağırlıklandırılması 37
4.2. Verilerin İşlenmesi 50
4.3. ArcMap Programıyla En Az Maliyetli Güzergâhın Belirlenmesi 51
4.4. ENH Güzergâh Tespitinde Algoritmaların Kullanılması 56
4.4.1. ENH güzergâh tespitinde GA 56
4.4.2. ENH güzergâh tespitinde ABC algoritması 63
4.4.3. CD-CP araç kutusu ve geliştirilen algoritmaların karşılaştırılması 65
4.4.4. ENH güzergâh tespiti çalışmaları için arayüz tasarımı 68
4.5. ENH projeleri çizim programı 74
4.5.1. 3AWG iletkenli demir direkli tip projelerde direk ve travers seçimi 81
4.5.2. Program tarafından çizilen 3AWG iletkenli Demir direkli tip proje (31.5 kV) hesaplarının tahkiki 87
4.6. ENH Çizim Programı Tarafından Çizdirilen Projenin Üç Boyutlu Arazi Üstünde Gösterimi 94

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **101**

5.1. Sonuçlar 101

5.2. Öneriler 103

KAYNAKLAR 104

EKLER 110

EK-1. ENH güzergâh belirleme çalışması için belirlenen ana ve alt kriterlere ait veriler 110
EK-2. Program tarafından bulunan proje bilgilerinin tahkiki 113
EK-3. Kotanlı'ya ait proje çizimlerinin detayları 123
EK-4. Belekler'e ait proje çizimlerinin detayları 131

ÖZGEÇMİŞ 143

KISALTMALAR

Kısaltmalar

ABC	: Yapay Arı Kolonisi
AHP	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
AMH	: Ağırlıklandırılmış Maliyet Haritası
AYS	: Akıllı Yön Sezen
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇED	: Çevre Etki Değerlendirme
ÇKKVY	: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri
DGİH	: Doğal Gaz İletim Hatları
ENH	: Enerji nakil hatları
ESRI	: Environmental System Research Institute
FAHP	: Bulanık AHP
GA	: Genetik Algoritma
SDS	: Super Desicion Software
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

1. GİRİŞ

Türkiye'de ve sürekli gelişen ülkelerde nüfusun, sanayileşmenin ve hayat kalitesinin artması (Kahraman ve Kara, 2010), yeni enerji kaynaklarının inşa edilmesi, artan enerji talebini mevcut Enerji Nakil Hatlarının (ENH) karşılayamaması, göç ve hızlı nüfus artışı, ENH'lerin eskimesi, verimli tarım arazilerinin azalması, kentleşmenin artışı vb. sebeplerden dolayı yeni ENH'lerin inşa edilmesi kaçınılmazdır.

Türkiye'de üretilen enerji, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketinin (TEİAŞ) yıllık istatistiklerine göre her yıl bir önceki yıla göre yaklaşık olarak % 10,56'lık bir artış göstermektedir. Enerji nakil hatlarının uzunluğu ise her yıl yaklaşık olarak %3'lük bir artış göstermektedir. Bu değerler, 2012 yılında yapılacak ENH uzunluğunun yaklaşık olarak Türkiye'nin en doğusuyla en batısı arasındaki mesafe kadar olacağı sonucunu vermektedir ve bu mesafe ülkenin gelişimiyle her yıl daha da artacaktır (Anonim 2012).

İnşa edilmesi gereken bu ENH'lerin güzergâh tespiti için günümüze kadar uygulanan klasik yöntem, farklı disiplinlerden birçok insanın bir araya gelerek basılı haritalar yardımıyla en uygun güzergâhı bulması çalışmasıdır (Eroğlu ve Aydın, 2013). Fakat bu klasik yöntemde, projeyi etkileyen faktörlerin bir bütün olarak incelenememesi ya da bu faktörlerin birbirlerine göre önem derecelerinin belirlenmesinde hatalar (Yıldırım, 2009) ENH güzergâhının belirlenmesindeki klasik yöntemin bazı dezavantajlarıdır.

ENH güzergâhını etkileyen eğim, heyelan, karayolu / demiryolu / boru hattı geçişi, buz yükü bölgesi, yollara uzaklık, milli parklar, arkeolojik alanlar, yerleşim alanları, ormanlık alanlar, nehir geçişi vb. (Demircan ve Aydın, 2011; Demircan, 2009; Durduran ve Aydın, 2007; Eroğlu ve Aydın, 2013; Schmidt, 2009; Yıldırım, 2009) bütün kriterlerin bir arada değerlendirilmesi çalışmalarında, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden (ÇKKVY) Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP), literatürde kullanılan oldukça yaygın bir yöntemdir (Nataraj, 2005; Nonis ve ark., 2007; Yıldırım, 2009; Kahraman ve Kara, 2010; Wan ve ark., 2011; Mali ve ark., 2012; Ansari ve ark., 2011; Azimi ve Esmaeili, 2013; Esmaeili ve Esmaeili, 2013; Selçuk, 2013).

Gerçek hayatta, bazı problemlere ait kriterlerin değerlendirilmesindeki karşılaştırma rakamlarının tam ve kesin olarak ifade edilememesinden dolayı geliştirilen Bulanık AHP (FAHP) metodu literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır (Topel, 2006; Göksu, 2008; Özdağoğlu, 2008; Li, 2011). Bu nedenle ENH güzergâhı belirleme

çalışmalarında sıkça kullanılan AHP metodunun yanında FAHP metodu da bu çalışmada kriterlerin ağırlıklandırılmasında kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

ENH ile ilgili belirlenen kriterlere ait verilerin basılı haritalar üzerinden analiz edilerek güzergâhın tespiti oldukça zordur. Günümüzde, coğrafi verilerin toplanması, analiz edilmesi ve sonuca hızlı bir şekilde ulaşılması Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla mümkün olabilmektedir (Yomralıoğlu, 2005; Durduran ve Aydin, 2007; Yıldırım, 2009). Ayrıca ENH güzergâhına ait ağırlık değerlerini içeren verilerin bir araya getirilmesi ve bir bütün olarak değerlendirilerek ENH güzergâhına ait Ağırlıklandırılmış Maliyet Haritasının (AMH) elde edilmesi de CBS ile mümkündür. Bu nedenle CBS, güzergâh belirleme çalışmalarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Feldman ve ark., 1995; Warner ve Diab, 2002; Nataraj, 2005; Nonis ve ark., 2007; Schmidt, 2009; Yıldırım, 2009; Yıldırım ve Nişancı, 2010; Wan ve ark., 2011; Balogun ve ark., 2012; Mali ve ark., 2012; Eroğlu ve Aydın, 2013; Selçuk, 2013; Zsigraiova ve ark., 2013).

Bilindiği üzere detayları fazla olan bir harita üzerinde, belirlenen başlangıç ve bitiş noktaları arasında güzergâhın tespiti insan beyni için oldukça zordur. Geçmişte yapılan bazı güzergâh belirleme çalışmalarında, klasik yollarla belirlenen güzergâhlarda çevresel zararların kabul edilebilir sınırların üzerinde olması, birinci sınıf tarım arazilerinin tahrip edilmesi, önceden tespit edilemeyen engellerden dolayı projenin yavaşlaması, keskin dönüşler yapması ya da belli bir uzunlukta geri alınması, projenin fay hatlarından ya da jeolojik olarak sakıncalı yerlerden geçmesi, özel bir hayvan türünün üreme bölgesine denk gelen bir boru hattının hayvanların üreme tarihi için günlerce bekletilmesi gibi çeşitli hatalar yapılmıştır (Yıldırım, 2009). Bu hataların en aza indirgenmesi için CBS yazılımlarına ek rota tespiti yazılımları geliştirilmiştir. Dünyada kullanılan CBS yazılımlarının içinde en fazla tercih edilenlerden biri olan (Yıldırım, 2009) ve Environmental System Research Institute (ESRI) tarafından geliştirilen ArcGIS yazılımı rota tespiti için piksel tabanlı haritalar üzerinde çalışan, Dijkstra algoritması mantığıyla çalışan Cost Distance (CD) - Cost Path(CP) araç programlarını geliştirmiştir. Bu program yardımıyla, karmaşık haritalar üzerinde güzergâh tespiti yapılabilmekte ve klasik yöntemlerle yapılan hatalar en aza indirgenebilmektedir.

ArcGIS yazılımıyla belirlenen güzergâhların bazılarında hattın yapmış olduğu dönüşlerin sayısının fazla ve yüksek açılı olması programın bir dezavantajıdır. ENH

hatlarında hattın yapmış olduğu dönüşlerin sayısı hattın maliyeti ile doğrudan orantılıdır. Bu nedenle yeni algoritmalarla alternatif güzergâh belirleme araçları geliştirme ihtiyacı belirmiştir.

Güzergâh belirleme ve diğer optimizasyon çalışmalarında sıklıkla kullanılan, çaprazlama ve bozulma ile oluşan iyi bireylerin hayatta kalması mantığına dayanan Genetik Algoritma (GA) (Tabak, 2008; Özkan ve ark, 2008; Ebrahimipoor, 2009, Eldrandaly, 2010; Yuyang ve ark, 2010), ArcMap yazılımının rota belirleme algoritmasına alternatif bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer yandan, arıların hayattaki sistematik işleyişinden ilham alan ve optimizasyon çalışmalarında iyi ve hızlı çözümler sunan (Karaboğa ve Öztürk, 2011; Ayan ve Kılıç, 2012; Dongli ve ark, 2012; Aydın ve Özyön, 2013; Biswas ve ark, 2013; Yildiz, 2013) Yapay Arı Kolonisi (ABC) algoritması da ArcMap yazılımının rota bulma algoritmasına alternatif olabilecek ve literatürde genetik algoritma ile performanslarının karşılaştırılabilmesi için yeterli sayıda çalışmaya rastlanmayan diğer bir algoritmadır.

ENH güzergâh belirleme çalışmalarında, güzergâha etki eden kriter ağırlık değerlerinin düzenlenebileceği, bir veri tabanı yardımıyla ekleme, çıkarma, düzenleme ve silme işlemlerinin yapılabileceği, bu kriter ağırlıklarına ait verilerin bir yerde toplanarak piksel tabanlı veriye dönüştürülüp ağırlık değerlerinin girilebileceği, bütün bu piksel tabanlı veri katmanlarının üst üste bindirilerek ağırlıklandırılmış haritanın elde edilebileceği, başlangıç ve bitiş noktalarının girilerek bu noktalar arasında en optimum güzergâhın ABC algoritması, GA ve ArcMap yazılımının CD-CP araçları yardımıyla bulunabileceği bir ara yüzün geliştirilmesi gerekmektedir.

ENH güzergâh çalışmalarının neticesinde belirlenen rotanın saha çalışması, uygulanması ve proje çizimi oldukça zaman alan zor bir süreçtir. Bu güzergâhlara ait projelerin çizimi günümüz şartlarında genelde, 1/25.000 ölçekli haritalarda belirlenen koridorun sahaya gidilerek güzergâh için en uygun noktaların ve hattın açı yaptığı yerlerin koordinatlarının alınması, bu koordinatlara göre hattın iki boyutlu profilinin çizim programı ortamına aktarılması, varsa atlama noktalarının, ormanlık alanların tayini ve gösterilmesi, ENH direklerinin iletken sehim şablonlarına ve menzil hesaplarına göre dikilmesi, direk tepesindeki traverslerin seçim tablolarından teker teker seçilmesi, hattın yukarı çekmeye maruz kalıp kalmadığının kontrolü, birbirine komşu menziller arasındaki oranın kontrolü vb. birçok işlemin yapılmasını gerektirmektedir. Tüm bu işlemlerin bilgisayar otomasyonuyla yapılarak kullanıcılara sunulması, ENH

projelerinin daha kısa zamanda daha az hatayla yapılarak dolaylı olarak ülke ekonomisine katkı sağlaması açısından büyük önem taşımaktadır.

Güzergâhı belirlenen ve çizim ortamında çizimi gerçekleştirilen ENH projelerinin üç boyutlu arazi modeli üzerinde uydu fotoğrafları yardımıyla gösterimi, hattın uygulama aşamasındaki hatalarının tespit edilmesini kolaylaştıracaktır.

Bu tez çalışmasında, yukarıda bahsedilen ihtiyaçlar doğrultusunda, ENH güzergâhını etkileyen bütün faktörlerin belirlenebilmesi için bilimsel makalelerden, güzergâh belirlemesi yapan kuruluşların hazırladıkları Çevre Etki Değerlendirme (ÇED) raporlarından, bu konuyla ilgili yapılan tez çalışmalarından ve daha önce yapılan projelerden elde edilen raporlardan faydalanılarak kapsamlı olarak bu faktörlerin etki değerleri belirlenmiştir. Bu faktörlerin alt kriterleri belirlendikten sonra bütün bu kriterlerin ağırlıklandırılması ÇKKVY'den AHP ve FAHP ile yapılmıştır.

Çalışmaya ait arazi örtüsü, yola uzaklık, eğim, jeoloji, toprak, heyelan, akarsu, yol, flora-fauna, rekreasyon, buz yükü vb. ana kriterler ve bunlara ait alt kriterlerle ilgili veriler toplanmıştır. Elde edilen verilerin ArcMap ortamında dönüşümleri, birleştirme, kırpma vb. işlemleri yapılarak kriter ağırlıklarına göre piksel değerleri girilerek ağ analizlerinin yapılabilmesi için raster formatına dönüştürülmüştür. Alınan topografik veri yardımıyla gerekli dönüşümler yapılarak, bölgenin üç boyutlu görünümü elde edilmiştir. Raster formata dönüştürülen veriler ArcMap yazılımı ortamında üst üste bindirilerek AMH elde edilmiştir.

AMH üzerinde, ArcMap programının CD-CP algoritmaları en uygun (belirlenen kriterler doğrultusunda en az maliyetli) güzergâhın tespiti için kullanılmıştır. ArcMap programındaki bu algoritmalar kullanılarak örnek çalışma alanının (Gümüşhane) farklı başlangıç ve bitiş noktaları tespit edilerek algoritmanın performansı test edilmiştir. Elde edilen farklı güzergâhların geçtikleri yerler incelenerek algoritmanın doğruluğu ve eksik olan bazı noktaları vurgulanmıştır.

ArcMap programının güzergâh tespitinde kullanmış olduğu CD-CP algoritmalarına alternatif olarak, GA ve ABC algoritması kullanılarak, piksel tabanlı haritalar üzerine uyumlu yeni iki algoritma geliştirilmiş ve çalışma alanının farklı bölgelerinde kullanılarak doğrulukları test edilmiştir. Geliştirilen algoritmalarla elde edilen güzergâhlar incelenerek algoritmaların doğrulukları ve performansları karşılaştırılmıştır.

ENH güzergâh belirlemesinde yapılan işlemlerin ve algoritmaların bütününü ihtiva eden bir arayüz geliştirilmiştir. Bu ara yüze ek olarak ENH proje çizimlerini ve

diğer bütün seçim işlemlerini yapan, direk ve iletken koordinatlarını dışarı aktaran ENH çizim programı yazılmıştır. Güzergâhı belirlenen ve çizimi gerçekleştirilen ENH projesinin uydu fotoğrafı üzerinde üç boyutlu ortamda gösterimi gerçekleştirilerek yazılımların doğruluğu ve hassasiyetleri kontrol edilmiştir.

Bu tezin giriş bölümünde, ENH güzergâh belirleme çalışmalarının önemi, ENH'lere olan ihtiyaç, klasik yollarla yapılan ENH güzergâh belirleme çalışmalarının eksiklikleri, ENH güzergâh belirleme çalışmalarında yeni yöntemlerin uygulanması hakkında kısa ve genel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde, çalışmayla ilgili literatür bilgileri, dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Üçüncü bölümde, ENH güzergâhını etkileyen kriterler, bu kriterlerin ağırlıklandırılmasında kullanılan yöntemler, CBS ve ArcMap yazılımı hakkında genel bilgiler, ArcMap yazılımının güzergâh bulma algoritmaları olan CD-CP'nin çalışma prensipleri, güzergâh bulmada kullanılan optimizasyon algoritmaları GA ve ABC algoritması hakkında genel bilgiler, çalışma prensipleri ve ENH proje çizimi ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, ENH güzergâhının tespiti için kriterlerin belirlenmesi, ağırlıklandırılması, verilerin toplanması ve düzenlenmesi, algoritmaların probleme uygulanması, güzergâh tespiti ara yüzünün tasarımı, ENH çizim programının geliştirilmesi ve ENH projesinin üç boyutlu arazi modeli üzerinde gösterimi yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Feldman ve ark. (1995) çalışmalarında, Hazar denizinde boru hattı için en düşük maliyetli güzergâhı hesaplamada CBS ve uzaktan algılama yöntemleri yardımıyla çeşitli kriterler kullanarak bir model oluşturmuşlardır.

Boulaxis ve Papadopoulos (2002) çalışmalarında, CBS ve dinamik programlama tekniği kullanarak optimum fider güzergâh belirlenmesi için yeni bir algoritma geliştirmişlerdir. Güzergâh tespitindeki fiziksel kısıtlamaların (engeller, yüksek maliyetli geçişler, mevcut hatlar vb.) yanında maliyet parametreleri (yatırımlar, hat kayıpları, güvenilirlik vb.) ve teknik kısıtlamalar (gerilim düşümü ve ısısal limitler) göz önünde bulundurulmuştur.

Warner ve Diab (2002) çalışmalarında, Güney Afrika'nın KwaZulu eyaletinde 132 kV'luk bir yüksek gerilim hattının güzergâh tespitinde CBS tabanlı güzergâh optimizasyon yöntemini kullanmışlardır.

Glasgow (2003) çalışmasında, Amerika'daki Elektrik Güç Sistemleri Araştırma Enstitüsü'nün Georgia İletim Kurumu ve Fotoğraf Bilimleri kuruluşuyla birlikte lineer yapıların güzergâh tespiti için ArcMap kullanarak gerçekleştirdikleri standartlaşmış bir metodun Çizgisel Mühendislik Yapılarının güzergâh tespitinde nasıl kullanıldığı hakkında geniş bilgiler vermiştir.

Glasgow ve ark. (2004) çalışmalarında, Amerika'daki Elektrik Güç Sistemleri Araştırma Enstitüsü'nün Georgia İletim Kurumu ve Fotoğraf Bilimleri kuruluşuyla birlikte 2003'te yapmış oldukları çalışmanın devamı niteliğindedir. Çok geniş CBS veri tabanlarıyla uydu fotoğraflarını birleştirmek için bir CBS prototipi oluşturulmaya çalışılmıştır.

Gill (2005) çalışmasında, Enerji nakil hatlarının güzergah tespitinde kullanılan faktörler, enerji nakil hattı güzergahıyla ilgili paydaşların tespiti ve CBS ile ilgili önemli bilgiler ortaya koymuştur.

Monteiro ve ark. (2005) çalışmalarında, ENH güzergâhının belirlenmesinin otomasyonu için Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı yeni bir model geliştirmişlerdir. Güzergâh optimizasyonunun gerçekleştirilmesinde bir dinamik programlama modeli kullanılmıştır. Bütün çevresel engellerle birlikte işletme, bakım, teçhizat kurulumu masrafları ve ENH'nin geçtiği arazinin eğim maliyeti için yeni bir yaklaşım göz önünde bulundurulmuştur.

Zhang ve Armstrong (2005) çalışmalarında, çok kriterli güzergah tespiti çalışmalarında genetik algoritmanın uygulaması yapılmış ve çıkan sonuçlar klasik yön bulma algoritmalarıyla karşılaştırılmıştır.

Yıldırım (2007) çalışmasında, Raster Tabanlı Coğrafi Bilgi istemleri (CBS) kullanılarak gerçekleştirilen konumsal ağ analizlerinin önemi, dünyada gerçekleştirilen uygulamaları ve bunların karşılaştırmalı sonuçları irdelenmektedir. Geleneksel yaklaşımlarla tespit edilmiş güzergâhların, raster tabanlı ağ analizleri ile bulunan güzergâhlarla karşılaştırılması yapılmış ve sonuçlar farklı yöntemlerle değerlendirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında Türkiye için bu tür uygulamaların gerekliliği, ülkenin coğrafi durumu ve kurum-kuruluşların değerlendirmeleri ışığında ortaya konulmuştur. Ayrıca, uzaktan algılama teknolojileri ile elde edilen veriler ve mevcut verilerle örnek bir raster ağ analizi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, kullanıcıların beklentileri doğrultusunda farklı güzergâhlar tespit edilmiş ve bu güzergâhların birbirlerine göre ekonomik, çevresel ve sosyolojik karşılaştırmaları yapılmıştır.

Luemongkol ve ark. (2009) Tayland'da yapılan çalışmalarında, eski ENH koordinat bilgileri topografik haritadan alınarak uydu fotoğrafı işleme yazılımları teknolojisi kullanılarak, yeni ENH güzergâhlarının tespiti ya da Mevcut ENH'lerin yerleşim yerlerinin dışına kaydırılmasında kullanılmıştır.

Schmidt (2009) çalışmasında, ENH güzergâh tespitinde CBS tabanlı birden çok yeni model geliştirmiştir. Bu modeller örnek bir proje alanında uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Demircan (2009) çalışmasında, coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak ENH güzergâh optimizasyonu gerçekleştirmiştir. Dağıtık Yapay Zekânın bir alt dalı olan Çoklu Etmen Sistemleri (ÇES) kullanılarak gerçekleştirilen bu optimizasyonda enerji nakil hattı güzergâhını etkileyen kriterler tek tek incelenmiştir. Uygulama Selçuk Üniversitesi Kampüs alanı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle kampüs alanının söz konusu kriterleri içeren sayısal haritası oluşturulmuştur. Matlab ortamında Çoklu Etmen Sistemlerinin Q-Öğrenme Algoritması kullanılarak optimum güzergâh tespit edilmiştir.

Yıldırım (2009) çalışmasında, birçok çizgisel mühendislik yapısına uyarlanabilecek raster tabanlı dinamik bir güzergâh belirleme modeli geliştirmiştir. Bu modelin uygulaması ise sadece Doğal Gaz İletim Hatları (DGİH) için gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda DGİH güzergâhlarına etki eden faktörler

tespit edilmiş ve bu faktörlerin ağırlıkları ÇKKVY'lerden biri olan AHP kullanılarak hesaplanmıştır. Bu faktörlere ait alt kriterler için de AHY yöntemi uygulanarak yüzey geçiş zorluğu derecelendirmesi yapılmıştır. Bu ağırlık değerleri dikkate alınarak DGİH için raster tabanlı güzergâh belirleme modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modelin gereksinimleri doğrultusunda ArcMap yazılımı üzerinden bir arayüz geliştirilmiştir. Bu ara yüzde kullanıcı mevcut verilerine göre dinamik olarak faktör seçimi yapabilmekte ve önceden belirlenmiş faktör ağırlıklarını da isteğe bağlı olarak değiştirerek farklı amaçlara uygun olarak alternatif güzergâhlar belirleyebilmektedir.

Rezaee ve ark. (2010) çalışmalarında, elektrik güç sistemlerinde, elektrik enerji nakil hattı güzergâh seçimi için dinamik programlama modelinin kullanıldığı otomatik güzergâh seçimi, yük tahmini ve altyapı tesisi yerinin ve kapasitesinin belirlenmesi gibi birden çok alanda GIS'in kullanımını göstermişlerdir.

V. Yıldırım ve R. Nişancı (2010) çalışmalarında, elektrik enerji nakil hatları güzergâh tespitinde raster tabanlı bir GIS modeli oluşturulmuştur ve bu modelin elektrik enerji nakil hatları güzergâh tespitindeki avantajları sıralanmıştır. Bu model, mühendislere güzergâhın tespitinde ekonomik, çevresel ve sosyoekonomik faktörlerin ve sınırlamaların dikkate alınarak projeye uygulanabilmesi için kolaylık sağlamaktadır.

Balogun ve ark. (2012) Malezya'da yapmış oldukları çalışmalarında, bir doğalgaz boru hattının en uygun en tehlikesiz güzergâhtan geçirilebilmesi için belirledikleri kriterlerin ağırlıklandırmasından sonra ArcMap yazılımı yardımıyla optimum güzergâhı bulmaya çalışmışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. ENH Güzergâhı Belirleme

ENH güzergâhının belirlenmesini ENH güzergâhına ait kriterlerin belirlenmesi, kriterlerin birbirlerine göre ağırlık yüzdelerinin hesabı, CBS ile verilerin işlenmesi ve AMH'nın oluşturulması, AMH üzerinden en az maliyetli güzergâhın belirlenmesi olmak üzere dört ana başlık altında toplanabilir.

3.1.1. ENH Güzergâhı belirlemede kullanılan kriterler

Bütün güzergâh belirleme çalışmalarında olduğu gibi ENH güzergâh belirleme çalışmalarında da güzergâhın geçişini etkileyen kriterler belirlenmesi güzergâhın geçişini etkilemesi açısından çok önemlidir. Geçmişten günümüze ENH güzergâhını etkileyen kriterlerin belirlenmesiyle ilgili olarak birçok çalışma yapılmıştır (Houston ve Johnson, 2006; Durduran ve Aydin, 2007; Schmidt, 2009; Yıldırım ve Nişancı, 2010; Demircan, 2009; Demircan ve Aydın, 2011). ENH güzergâhını etkileyen faktörlerin tespiti için başvurulan kaynaklar genişletildikçe kriterlerin doğruluğu daha da artmaktadır. Örneğin EPRI firması, yaklaşık dört yüz paydaşın katıldığı bir anket çalışmasıyla ENH güzergâhına etki eden kriterleri belirlemeye çalışmıştır (Houston ve Johnson, 2006). Yapılması planlanan ENH'ler için hazırlanan ÇED raporları da kriterlerin belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Belirlenen kriterler de kendilerine ait alt kriterlere sahip olabilmektedirler. Bu açıdan kriterler ana kriterler ve alt kriterler olarak ikiye ayırılabilmektedir.

ENH güzergâhını etkileyen bazı ana kriterler ve ana kriterlere ait alt bazı kriterler Çizelge 3.1'deki gibi sıralanabilir (Houston ve Johnson, 2006; Durduran ve Aydin, 2007; Demircan, 2009; Schmidt, 2009; Yıldırım ve Nişancı, 2010; Demircan ve Aydın, 2011; Anonim (a), 2013; Anonim(b), 2013; Anonim (c), 2013; Anonim (d), 2013; Anonim (e), 2013; Anonim (f), 2013; Anonim (g), 2013; Anonim (h), 2013). (Houston ve Johnson, 2006; Durduran ve Aydin, 2007; Schmidt, 2009; Yıldırım ve Nişancı, 2010; Demircan, 2009; Demircan ve Aydın, 2011).

Çizelge 3.1. ENH güzergâhını etkileyen ana kriterlere ait alt kriterler

Arazi Örtüsü	**Toprak**	**Yol**
A (Orman)	A(1. sınıf Toprak)	A (Otoyol)
B (Ekili Tarım)	B (2. sınıf Toprak)	B (karayolu)
C (Dikili Tarım)	C (3. sınıf Toprak)	C (İlçe yolu)
D (Sulak alanlar)	D (4. sınıf Toprak0)	D (Köy Yolu (asfalt))
E (Kayalık Alanlar)	E (5. sınıf Toprak)	E (Köy Yolu(Stabilize))
F (Mera)	F (6. sınıf Toprak)	F (Sezonluk yol)
G (Yerleşim)	G (7. sınıf Toprak)	
	H (8. sınıf Toprak)	

Eğim	**Heyelan**	**Flora Fauna**
A(<10)	A(Aktif Heyelan Alanları)	A (Kuş Türü Yaşama ve Üreme Alanları)
B (10-20)	B (Potansiyel Heyelan Alanları)	B (Önemli Bitki Türleri)
C (20-30)	C (Eski Heyelan Alanlar)	C (Yaban Hayatı Geliştirme Alanları)
D (30-40)		D (Milli Parklar)
E (40-50)	**Akarsu**	E (Doğal Arboretum Alanları)
F (50-60)	A (Nehir)	F (Tropik Alanlar)
G (>60)	B (Kanal)	
	C (Irmak)	**Koruma Alanı**
Jeoloji	D (Dere)	A (I. Derece Sit Alanı)
A (Asit-Ortaç Intr.)	E (Çay)	B (2. Derece Sit Alanı)
B (Bazik-ultrabazikler)		C (3. Derece Sit Alanı)
C (Metamorfitler)	**Rekreasyon**	D (Kentsel Sit Alanı)
D (Volkanitler)	A (Yayla)	E (Tarihi Sit Alanı)
E (Sedimanter Kayaçlar)	B (Turizm Merkezleri)	
	C (Tarihi Eserler)	
	D (Piknik Alanları)	
	E (Mesire Alanları)	

3.1.2. Ana kriter ve alt kriterlerin ağırlık yüzdelerinin hesabı

Güzergâh belirleme çalışmalarında en önemli konu güzergâhı etkileyen kriterlerin birbirlerine göre ağırlık yüzdelerinin belirlenmesidir. Kriterlerin aldığı ağırlık yüzdelerine göre, güzergâhın geçeceği yön tespit edilir. Basit güzergâh problemlerinde kriterler arası tercih, insan beyni için kolaydır. Fakat karmaşık problemlerde kriterler arası tercih oldukça zordur. Bu nedenle kriterlerin birbirlerine göre ağırlık değerlerinin tespiti için literatürde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Ahlatçıoğlu, 2005; Aslan, 2005; Nataraj, 2005; Yuluğkural, 2005; Houston ve Johnson, 2006; Topel, 2006; Nonis ve ark., 2007; Efendigil, 2008; Gökdalay, 2008; Göksu, 2008; Özdağoğlu, 2008; Yel, 2009; Kahraman ve kaya, 2010; Ansari ve ark., 2011; Li, 2011; Mali ve ark., 2012; Esmaeili ve Esmaeili, 2013; Selçuk, 2013).

ÇKKV yöntemleri, çevresel ve sosyo-ekonomik gibi çok farklı etkilere sahip kriterler arasında tercih ağırlıklarının tespitinde kullanılan önemli araçlardır. CBS ve ÇKKV yöntemlerinin birleştirilerek kullanıcıya sunulması, alternatiflerin birbirlerine göre değerlendirilerek bu alternatiflere ait nesnelerin etkin olarak kullanılmasında kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Bu yöntemler, kullanılacak olan pek çok kriterin aynı anda değerlendirilmeye alınarak birbirlerine göre ağırlıklarının tespitiyle ortak olarak yönetilmesini sağlamaktadırlar (Yıldırım, 2009). ÇKKV yöntemleri içinde en yaygın kullanılan yöntem AHP'dir (Yıldırım, 2009; Kahraman ve kaya, 2010).

3.1.2.1. AHP ile kriter ağırlıklandırma

AHP, çok kriterli karmaşık problemlerdeki seçim ya da sıralama işlemlerinde, kriterler arasında tercih ağırlıklarının ya da sıralamanın yapılmasında kullanılmasının yanında (Göksu, 2008), tutarsızlık oranı hesabıyla yapılan hesapların doğruluğunun tespitine de olanak sağlamaktadır.

AHP'nin en önemli kısmı kriterlerin ikili karşılaştırılmasıdır (Eroğlu ve Aydın, 2013). Kriterlerin birbirlerine göre önceliklerinin ya da ağırlıklarının tespiti için, öncelikle ikili karşılaştırmalar matrisinin her kriterin ikişer ikişer karşılaştırılarak birbirlerine göre tercih değerlerinin ya da tercih olasılıklarının belirlenmesiyle elde edilmesi gerekmektedir. (Topel, 2006).

İkili karşılaştırmaların yapılması için bazı yazılımlar gerçekleştirilmiştir. Bu yazılımlardan biri Super Desicion Software (SDS) programıdır. SDS, ana kriter ve alt

kriterlerin ağırlıklandırılmasındaki karşılaştırma matrisleri hesaplarını yapabilmek için Çizelge 3.2'deki Thomas L. Saaty tarafından bulunan ikili karşılaştırma ölçeğini kullanarak ağırlık yüzdelerini bulunmasının yanında, tutarsızlık oranını hesaplayarak karşılaştırmaların tutarlılığını da doğrulamaktadır.

Çizelge 3.2. Thomas L. Saaty tarafından bulunan ikili karşılaştırma ölçeği (Topel, 2008)

Önem derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	Her iki faaliyet de amaca eşit katkılıdır
3	Orta önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir
5	Güçlü önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet değerine göre çok daha fazla tercih edilir
7	Çok güçlü önemli	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü bir şekilde tercih edilmiştir. Uygulamada üstünlüğü ispatlanmıştır
9	Son derece önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2,4,6,8	Yukarıdaki değerler arasındaki ara değerler	Bir değerlendirmede, hangi değerlendirmeyi yapmakta sözler yetersiz kalıyorsa, sayısal değerler ortasındaki bir değer verilir

3.1.2.2.FAHP ile kriter ağırlıklandırma

Günlük hayattaki kıyaslamaların bazıları kesin ifadelerle yapılabilmelerine karşın birçoğu kesin ifadelerle yapılamamaktadır. Bu nedenle ÇKKV metotlarından biri olan AHP belirsizlik durumunda karar vermeye tam uygun olmadığından, bulanık mantıkla AHP birleştirilerek FAHP ortaya konmuştur. Literatürde yer alan çeşitli yazarlar tarafından ortaya konmuş olan birçok bulanık analitik hiyerarşi metodu bulunmaktadır (Göksu, 2008). Bu yöntemler içinde Chang tarafından önerilen genişletilmiş analiz yöntemi çok kullanışlı ve kolay uygulanabilir bir yöntem olarak ortaya çıkmakta (Ahlatçıoğlu, 2005; Oranlı, 2007) ve literatürde sıklıkla kullanılmaktadır (Ahlatçıoğlu, 2005; Topel, 2006; Oranlı, 2007; Göksu, 2008).

Chang'in yaklaşımında ikili karşılaştırmalar üçgen bulanık sayılarla temsil edilir. Karşılaştırmaların yapılabilmesi için, klasik AHP'deki karşılaştırma tablosu gibi, değerleri bulanık sayılar olan karşılaştırma tablosu kullanılır. Bulanık sayıların kullanılmasıyla tercih edicilerin tahminlerindeki belirsizlikten kaynaklanan hatalar azaltılmaya çalışılır. Hesaplamalardan elde edilen değerler, en son normalize edilerek ağırlık vektörü elde edilir (Topel, 2006).

3.1.3. Coğrafi bilgi sistemleri ve verilerin işlenmesi

3.1.3.1.Coğrafi bilgi sistemleri

Genel olarak CBS, karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekândaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemidir.

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle orantılı olarak coğrafi verilerin depolanması, işlenmesi ve analiz edilmesi de bilgisayar ortamında mümkün olmaktadır. Bunun için gerçek hayattaki verilerin dijitalleştirilmesi, veri tabanları yardımıyla tutulması, kullanıcıların analiz edebilmesi için veriyi işleyebilecek yazılımların olması gerekmektedir.

Coğrafi bilgileri içeren değerlerin bilgisayarda işlenmesi, görüntülenmesi ve analiz edilmesi için öncelikle bilgisayar tarafından tanınabilecek dijital veriye dönüştürülmesi gerekmektedir. Ayrıca dijital formata dönüştürülen verilerin, bilgisayarda gerçek modeli yansıtabilmesi için konumsal veri modellerinden biri tercih edilmeli ve veri yapısı buna göre tasarlanmalıdır (Yomralıoğlu, 2005).

Yomralıoğlu'na göre (2005) CBS'nin temel fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için en az beş ana unsurun bir arada olması gerekir. Bunlar; donanım, yazılım, veri, insan ve yöntemlerdir.

CBS, üç boyutlu arazi modelinin oluşturulabilmesi, uydu verilerinin arazi modeli üzerine konulabilmesi, arazi modeli üzerine konulan uydu verileri ve diğer dijital veriler yardımıyla mühendislik yapılarının çok farklı disiplinlerce planlanması, analiz edilmesi, tahmin yürütülmesi vb. birçok çalışmaya olanak sağlaması açısından günümüz şartlarında mühendislik alanında oldukça çok imkânlar sağlamaktadır.

CBS, verinin dönüşümü, işlenmesi, veri tabanı bilgileri üzerinde aritmetik işlemlerin yapılabilmesi, birleştirilmesi ve üzerinde güzergâhın tayini vb. işlemlerle güzergâh belirleme çalışmalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.1.3.2. CBS ile verilerin işlenmesi

CBS'nin en önemli parçası veridir. CBS'nin temelini oluşturan veriler ilgili kaynaklardan bizzat toplanabileceği gibi daha önceden düzenlenmiş ve piyasaya

sunulmuş hazır haldeki veriler de tercih edilebilir. CBS farklı kaynaklardan elde dilen verileri tek bir ortamda birleştirebilmektedir.

Veri, uzmanlarca CBS'nin en önemli öğesi olarak kabul görürken, elde edilmesi en zor bileşen olarak da görülmektedir. Verilerin elde edilmesinde veri kaynaklarının geniş ve dağınık alanlarda olması verilerin elde edilmesini zorlaştırmakta ve maliyeti arttırmaktadır (Yomralıoğlu, 2005)

Dünyada CBS ile ilgili geliştirilen birçok yazılıma vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir (Demircan, 2009):

- ESRI (Environmental System Research Institute) :
  - ArcInfo:

    Unix ortamında oldukça güçlü bir yazılımdır. CBS' in her dalına hizmet edebilecek modülleri vardır. Bilgisayarların güçlenmesi ile birlikte NT için versiyonları da çıkarılmıştır. Verileri topolojik bir altyapı içinde saklamaktadır. Ancak yazılım son kullanıcı için oldukça kompleks ve zor olduğu için üniversitelerde ve araştırma kurumları dışında başarılı bir kullanımı olmamıştır.
  - ArcView:

    Bilgisayarların donanım piyasasında büyümesi ile birlikte, bu pazardaki müşteriler için geliştirilmiştir. Kullanıcı ön yüzü ile birlikte hiçbir programlama bilgisi gerektirmeden kullanıcıya veri analizi ve çıktı hazırlama imkânı sunar.

- INTERGRAPH:
  - MGE:

    CAD programı Microstation ve herhangi bir Database arasında entegrasyonu sağlamaktadır. Böylece bir CAD kadar iyi çizim yapılabilmektedir. Intergraph birçok ayrı program paketçilerine de sahiptir. Donanım bağımlı çözümler sunan firma, donanımların pahalı kalması sebebiyle müşteri pazarının büyük bir kısmını kaybetmiştir. Microstation yazılımının Bentley firması ile Intergraph'dan ayrılması ile firma bilgisayar tabanlı yeni ürünlere yönelmiştir.
- MAPINFO
  - MapInfo:

Kişisel bilgisayarların gelişmesiyle oldukça popüler hale gelmiştir. “Masaüstü CBS ” sloganı ile CBS’nin herkes tarafından kullanılmasını amaçlamıştır. Masaüstü yazılımlarının tamamıyla kolaylıkla entegre olabilmesi ve çok büyük veri hacimleri ile kolaylıkla çalışabilmesi en büyük avantajıdır.

- AUTODESK
  - Autocad Map:

    Güçlü ve popüler bir çizim programı olan Autocad yazılımı ile çıkış yapan firma, mevcut müşteri potansiyeline CBS imkânı da sunan MAP modülünü geliştirmiştir.

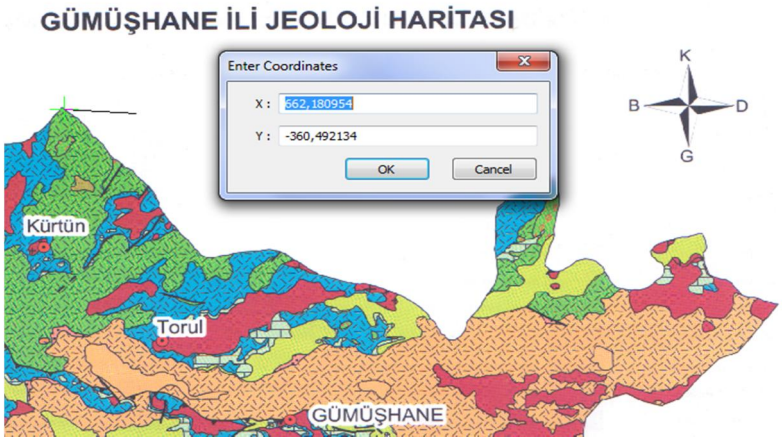
Bu yazılımlar içinde CBS yazılımı olarak ESRI firmasının ArcMap yazılımı en yaygın olarak kullanılmaktadır (Yıldırım, 2009).

ArcMap yazılımıyla güzergâh belirlemesinde kullanılabilecek bazı araçlar veri koordinatlandırma, veri sayısallaştırma, yola uzaklık verisinin oluşturulması, eğim haritasının oluşturulması ve Verilerin piksel tabanlı harita (raster) formatına dönüştürülmesi ve toplanması şeklinde sıralanabilmektedir.

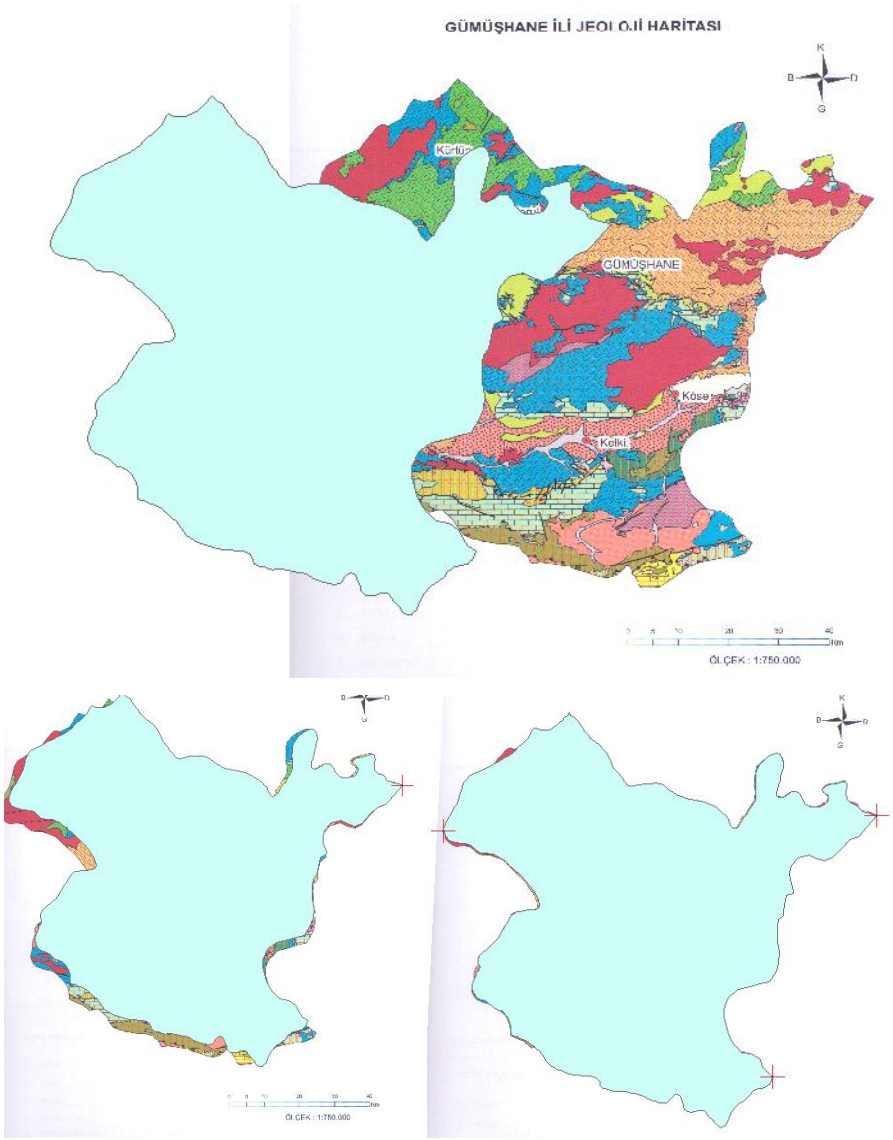
3.1.3.2.1. ArcMap’de veri koordinatlandırma

ArcMap’in “Georeferancing” araç kutusu kullanılarak coğrafi koordinatı bulunmayan bir veri koordinatlandırılabilir. Bunun iki yöntemi vardır. Birincisi, eğer verinin farklı birkaç noktasının koordinatı belli ise bu koordinatlar girilerek tablo oluşturulur (Şekil 3.1. (a)).

Diğer yöntem; eğer kullanılan fotoğrafa ait koordinatlandırılmış başka bir veri varsa bu veri üzerinden koordinatlandırma işlemi yapılır. Örneğin Gümüşhane ili jeoloji haritasının koordinatsız fotoğrafı, Gümüşhane ilinin koordinatlı sınırları üzerine “Georeferancing” araç kutusunda “fit to display” komutu kullanılarak yerleştirilir ve daha hassas koordinatlandırma yapılır (Şekil 3.1.(b)).



(a)



(b)

Şekil 3.1. (a) Koordinat bilgileri girilerek koordinatlandırma, (b) Koordinatları bilinene bir veri üzerinden koordinatlandırma

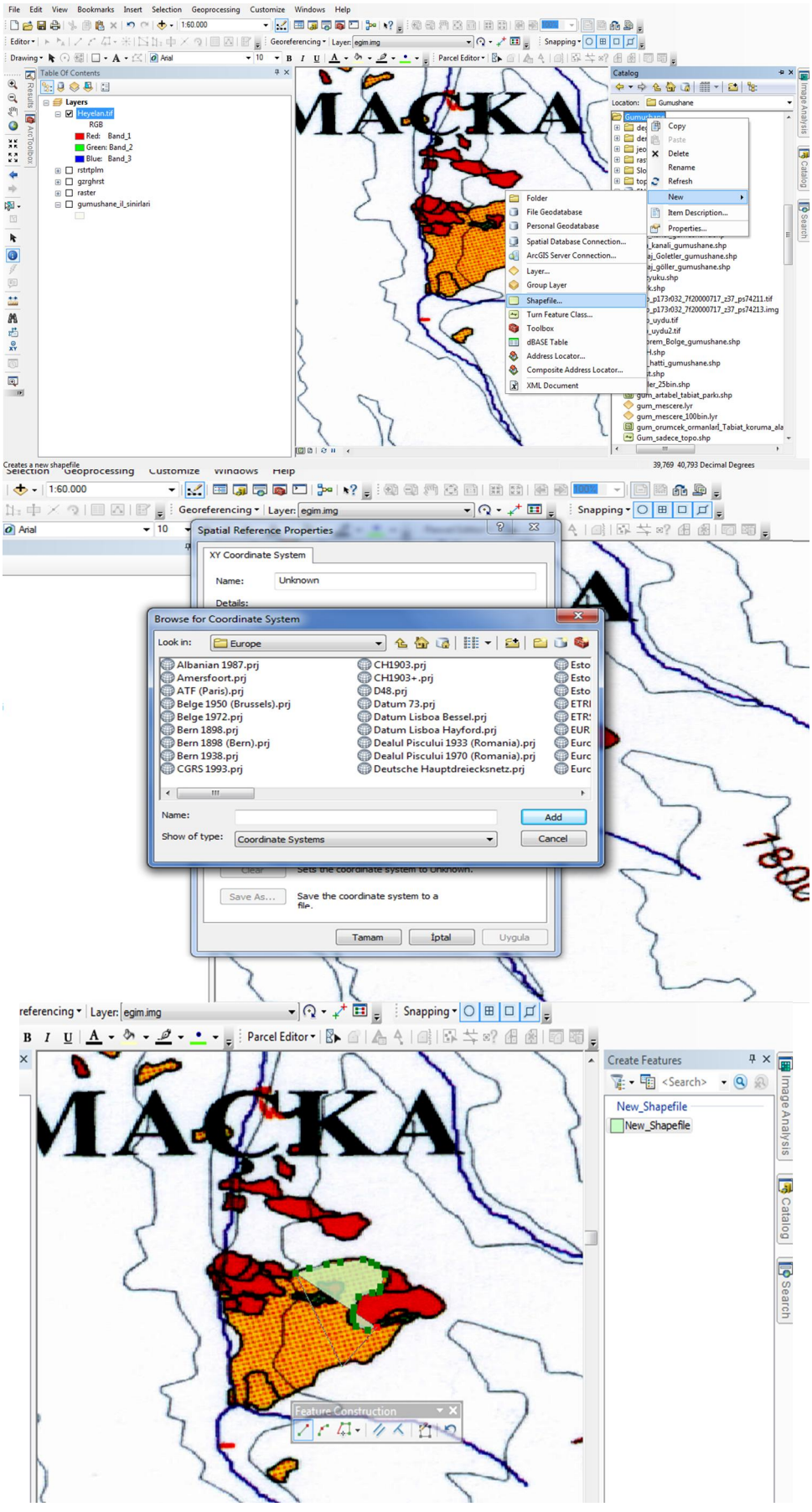
3.1.3.2.2. ArcMap'de veri sayısallaştırma

Veri sayısallaştırma, resimsel bir verinin (uydu fotoğrafı, hava fotoğrafı ya da koordinatlı bir fotoğrafın) üzerindeki alanların çizilerek ya da parsellenerek sayısal ortama aktarılmasıdır. Bu işlem ArcMap'de Editör araç kutusu yardımıyla yapılır. Öncelikle sayısallaştırılacak veri ArcCatalog yardımıyla koordinat sistemi tanımlanarak oluşturulur. Daha sonra Editör araç kutusunda seçilerek katman parçaları oluşturulur. Son olarak parsellenecek yerler "polygon", "polyline" ya da diğer seçeneklerdeki şekillerle çizilir. Böylece bilgiler fotoğraf ortamından, analizlerin yapılabileceği sayısal ortama aktarılmış olur. Şekil 3.2'de sayısallaştırma işleminin adımları gösterilmiştir.

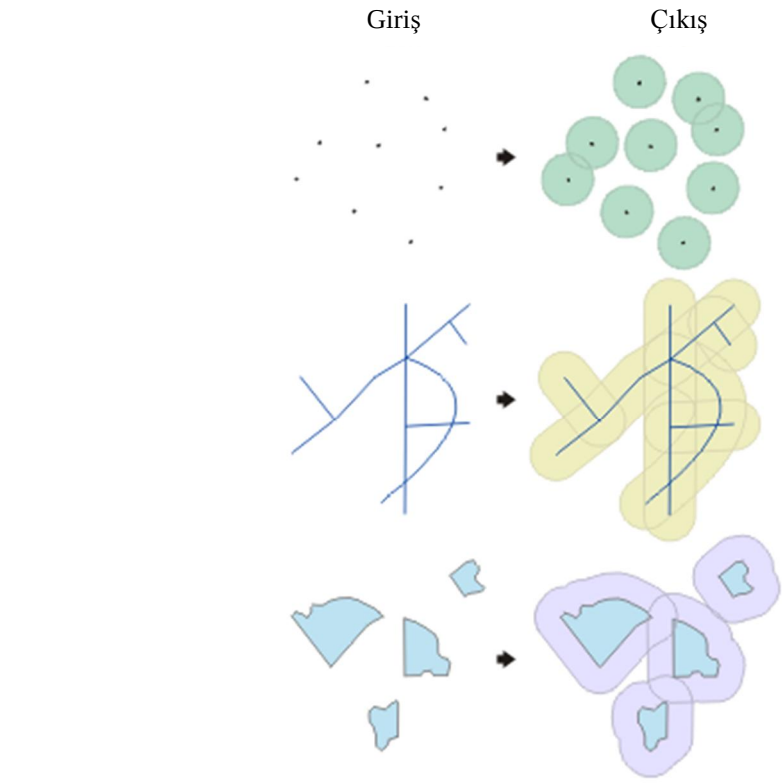
3.1.3.2.3. ArcMap'de yola uzaklık verisinin oluşturulması

ENH güzergâh tespiti çalışmalarında önemli bir kriter ENH güzergâhının mevcut yollara yakınlığıdır. Özellikle ağır kış koşullarında herhangi bir arıza durumunda ENH'ye müdahale için bu kriter çok önemlidir. Bu amaçla DSİ genel müdürlüğünden elde edilen yol verisi üzerinde, yola belirli mesafe aralıklarıyla geçiş zorluk derecelendirilmesinin yapılması gerekmektedir. Bu işlem için yapılan araştırma çalışmalarında, ArcMap'in "Buffer" araç kutusunun en uygun çözüm olacağı bulunmuştur. "Buffer" araç kutusu seçilen verinin etrafında istenilen aralıklarla bölgesel seçimlerin yapılabilmesini sağlamaktadır (Şekil 3.3. (a)).

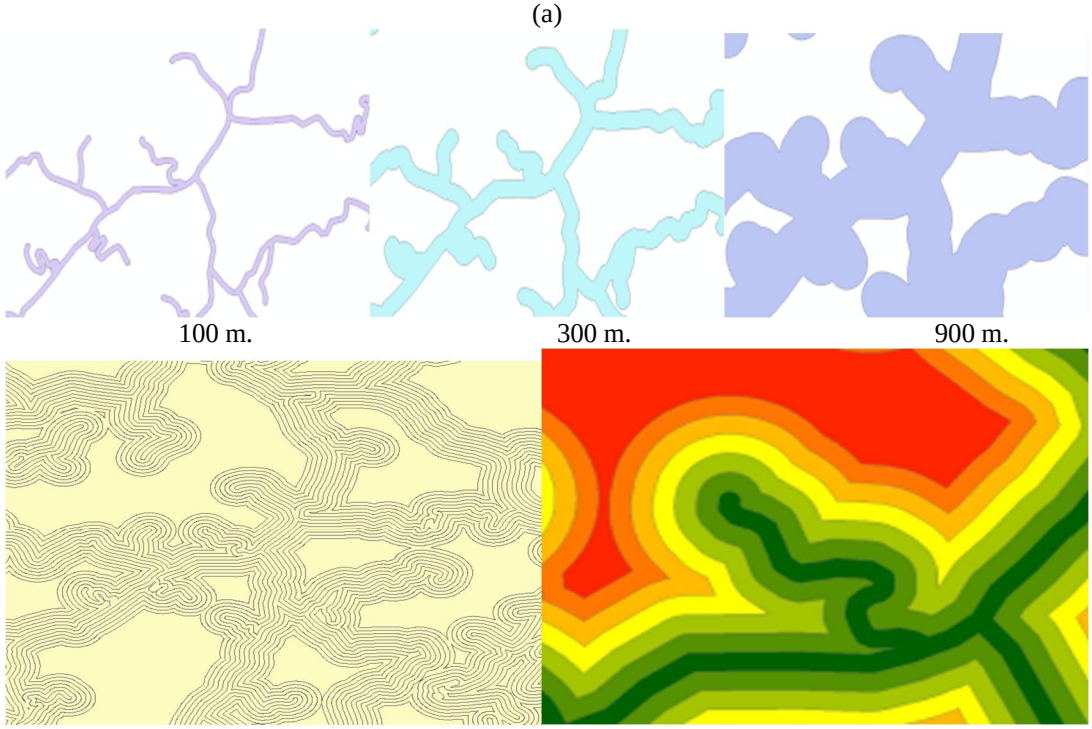
Yol verisi üzerinde istenilen aralıklarda (örneğin 100-300-…-1100 m.) oluşturulan bölgeler daha sonra "Union" araç kutusunu yardımıyla Şekil 3.3.(b)'deki gibi birleştirilir. Daha sonra ağırlık değerleri girilir. Bu işlemler herhangi bir veri üzerinde o veriye uzaklık verisinin oluşturulmasında kullanılabilir.



Şekil 3.2. ArcMap'de veri sayısallaştırma



(a)

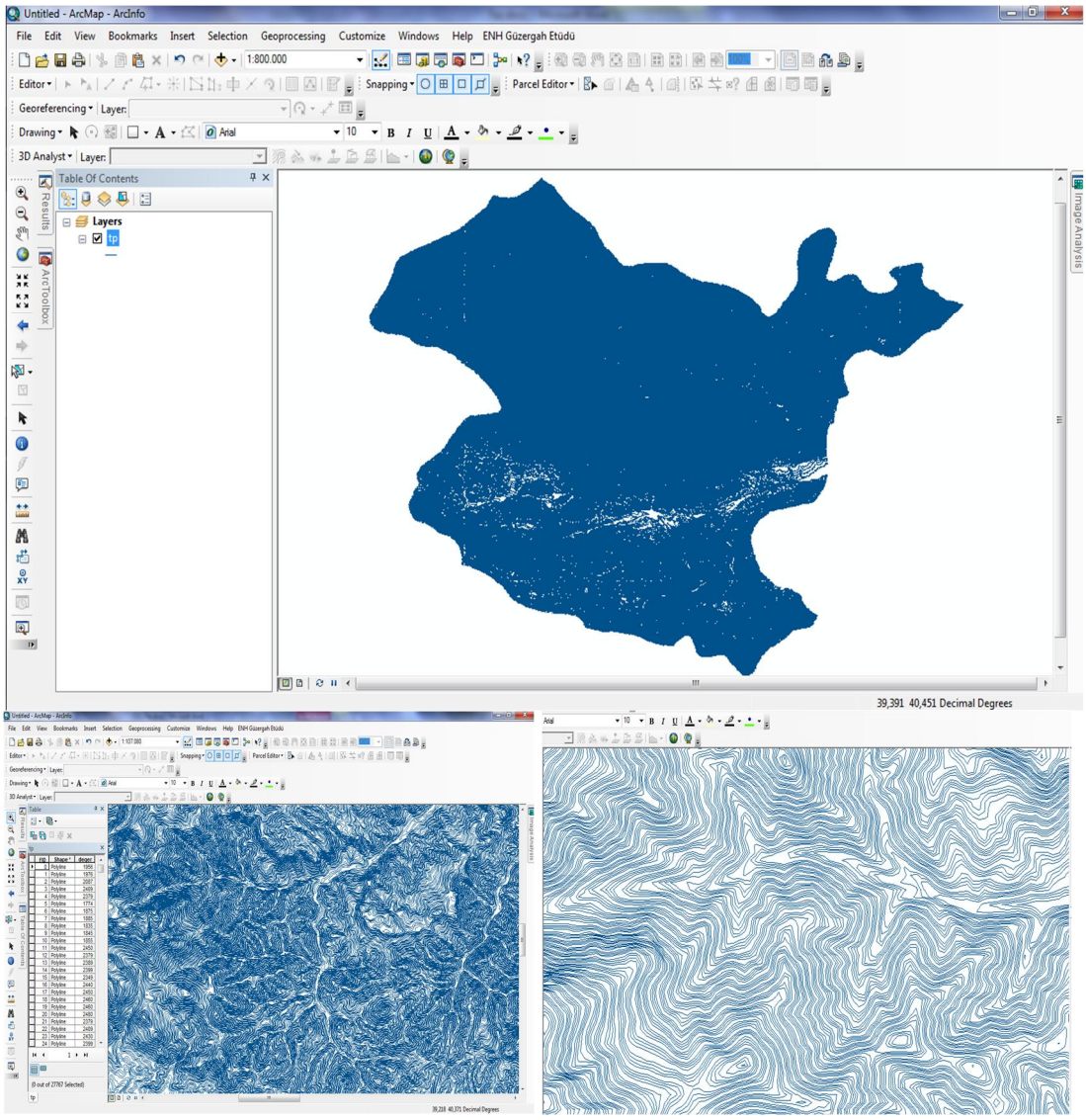


(b)

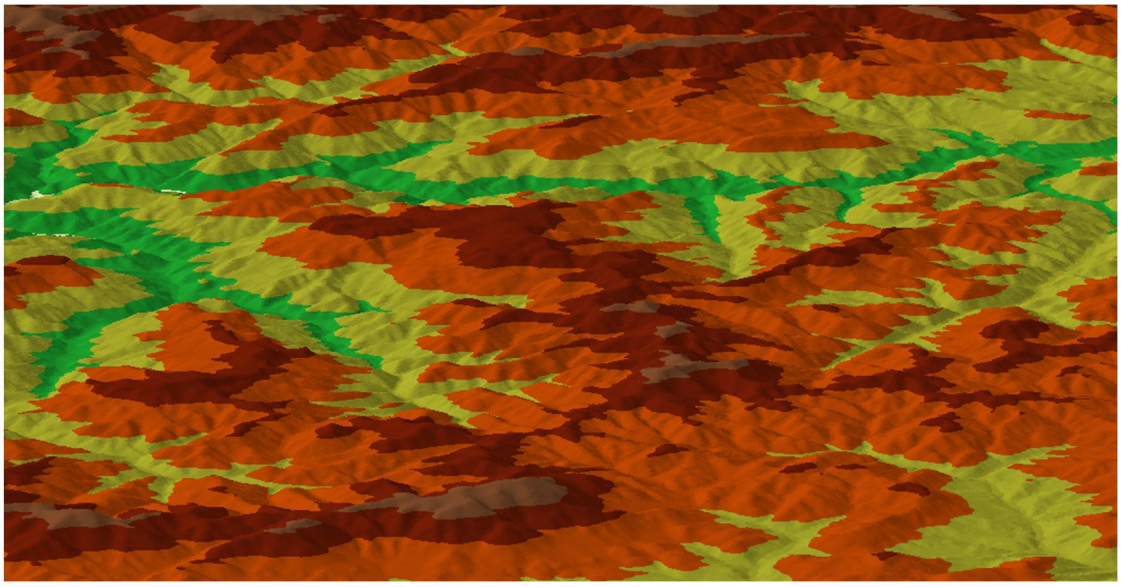
Şekil 3.3. (a) “Buffer” araç kutusunun kullanımı, (b) “Union” araç kutusu ile yola uzaklık verisinin oluşturulması

3.1.3.2.4. ArcMap'de eğim haritasının oluşturulması

Eğim haritası verisi, veri elde etme aşamaları içinde en zor ve en fazla zaman alan veridir. Öncelikle eşyükselti eğrilerinden oluşan topografik verinin elde edilmesi gerekmektedir (Şekil 3.4). Topografik veri ile "3D Analyst" araçları içinden "create TIN" araç kutusu kullanılarak Şekil 3.5'te gösterilen arazinin üç boyutlu modeli oluşturulur.

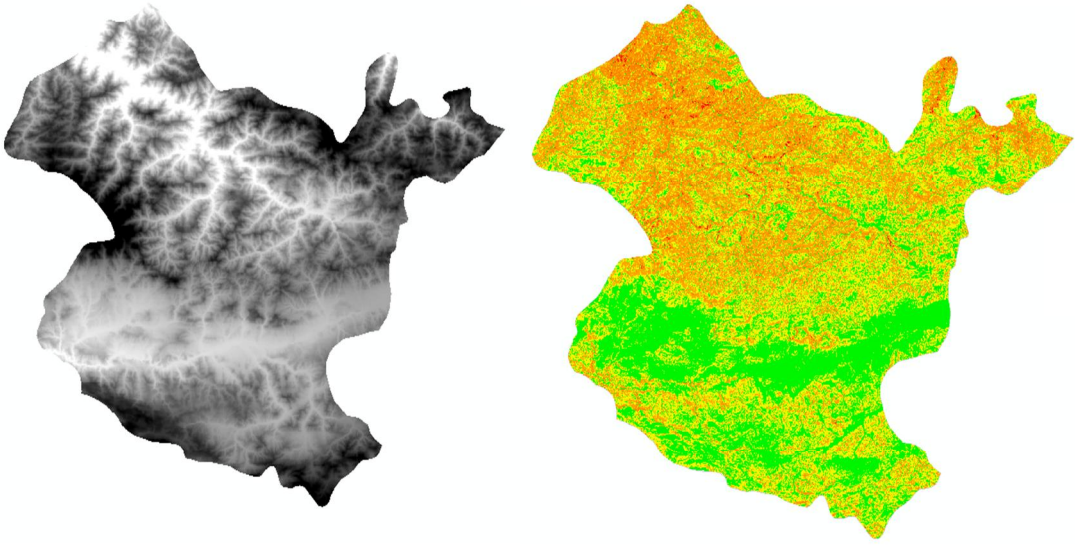


Şekil 3.4. Eşyükselti eğrilerinden oluşan topografik verinin gösterimi



Şekil 3.5. Topografik veriden elde edilen üç boyutlu (TIN) verinin elde edilmesi

Bu üç boyutlu veri boyutunun çok büyük olması ve bilgisayarda gösteriminin ve analizinin çok yavaş olması nedeniyle Şekil 3.6. (a)'da görüldüğü gibi üzerinde yükseklik (Z) verisi olan piksel tabanlı haritaya dönüştürülür. Böylece analiz ve görüntüleme işlemleri hızlandırılmış olur. Eğim haritası derece cinsinden bu piksel tabanlı haritadan "Slope" araç kutusu yardımıyla Şekil 3.6. (b)'deki gibi elde edilir.



(a) (b)

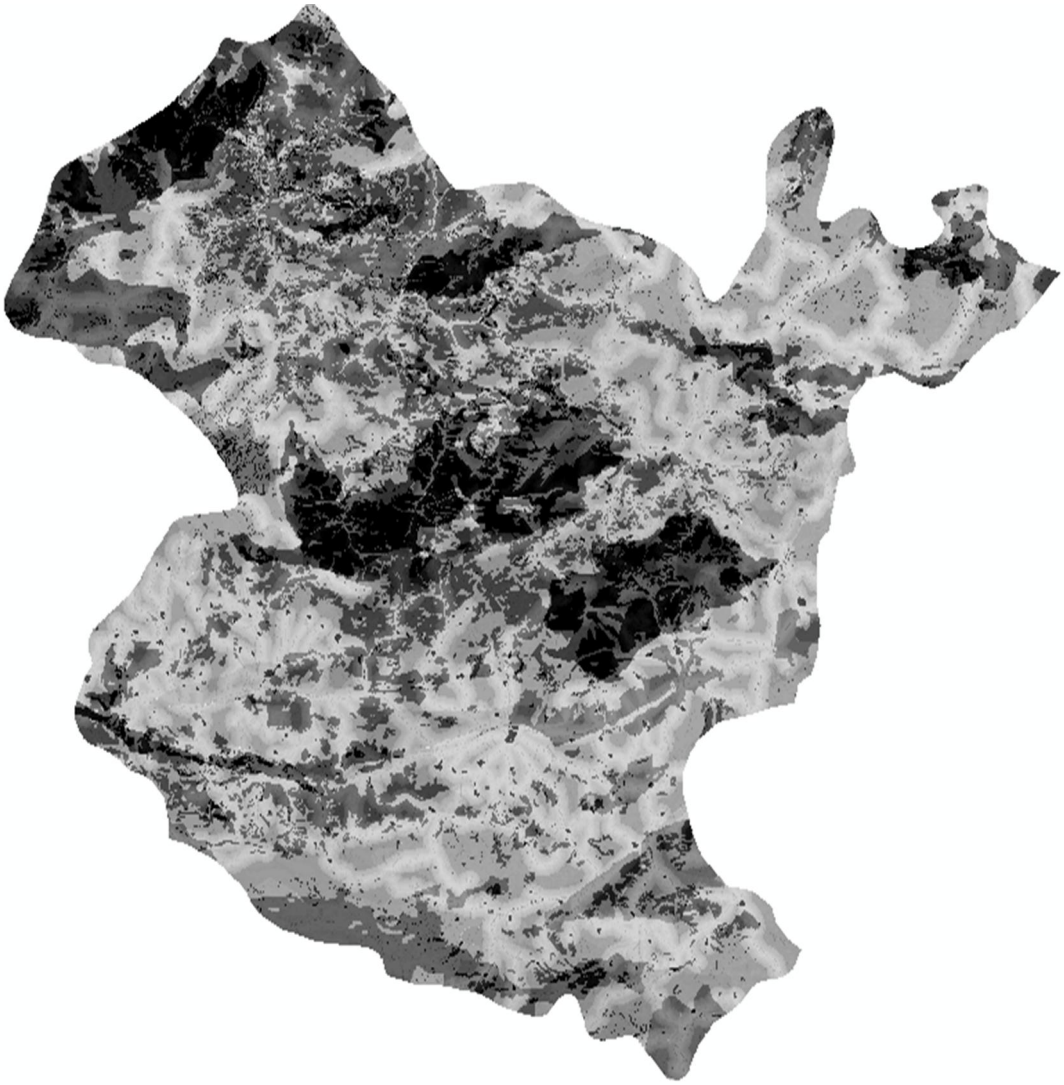
Şekil 3.6. a) Raster yükselti haritası b) Raster eğim haritası

Raster verilerin özellikler tablosu (Attributes Table) değiştirilebilir olmasına karşın “Slope” araç kutusu yardımıyla oluşturulan eğim haritasının özellikler tablosu kullanılamamaktadır. Bu nedenle oluşturulan bu eğim haritasının özellikler tablosundan ağırlık değerlerinin girilebilmesi için, yapılan araştırmalarda “Raster calculate” araç kutusundaki “int” komutu kullanılır ve özellikler tablosu oluşturulur. Oluşturulan bu tablodaki değerlerin değiştirilebilmesi için de “reclasify” özelliği kullanılır. Böylece çoklu kriter karar verme yöntemleriyle hesaplanan ağırlık değerleri eğim haritasına girilmesi mümkün olur.

3.1.3.2.5. Verilerin piksel tabanlı harita (raster) formatına dönüştürülmesi ve toplanması

Genellikle polygon (alan) ve polyline (çizgi) formatındaki veriler ağ analizlerinin yapılabilmesi için raster formatına dönüştürülmesi gereklidir. Veriler raster formatına dönüştürülmeden önce değerler tabloları oluşturulur ve bu tablolara daha önceden hesaplanan kriterlerin ağırlık değerleri girilir. Verilerin raster formatına dönüştürülmesi “Convertion” araç kutusunun “feature to raster” komutu kullanılarak yapılır.

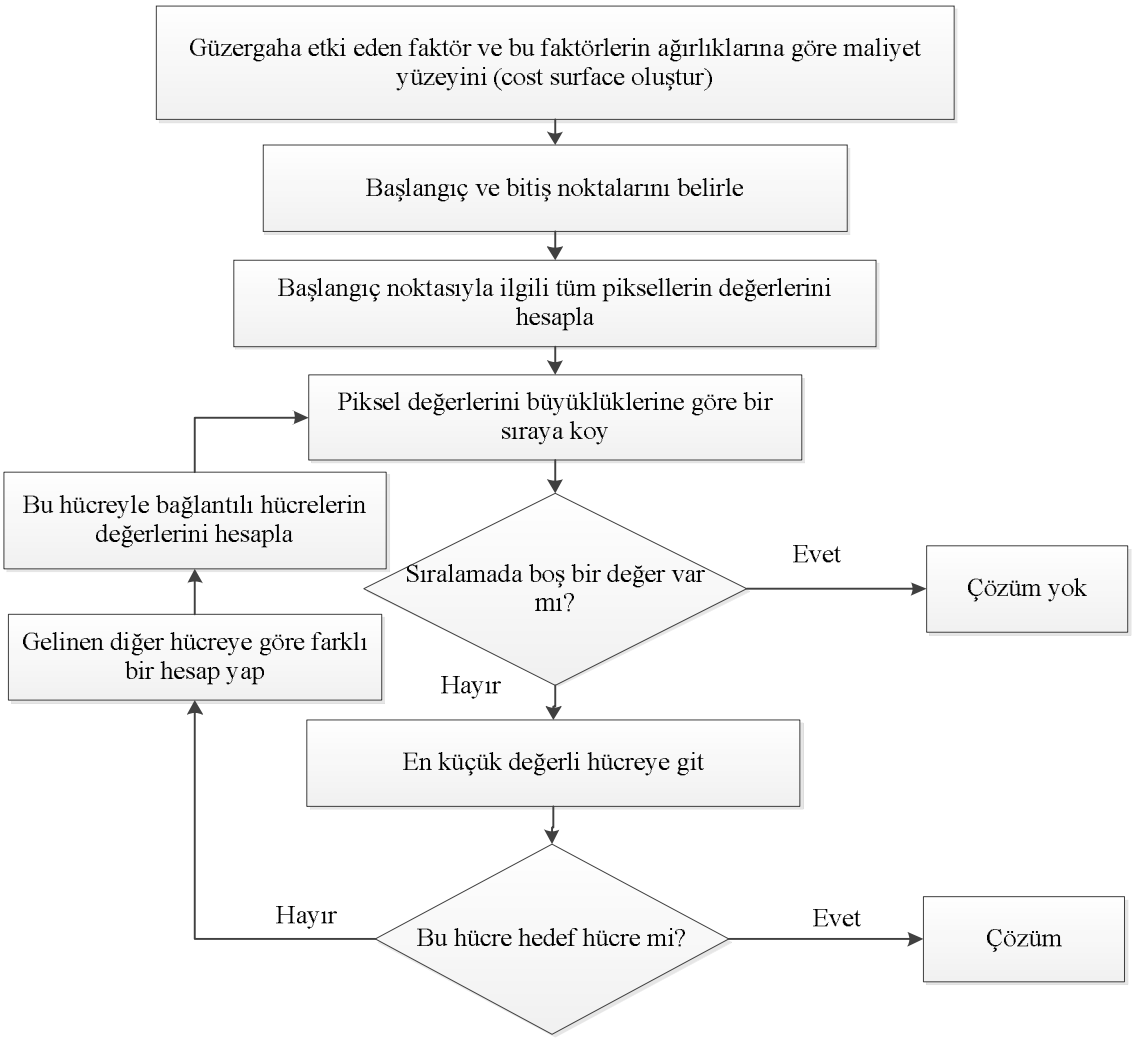
Ağırlık değerleri (zorluk derecelendirmesi) verilen raster verilerin toplanabilmesi için “raster calculate” araç kutusu kullanılır. “Raster calculate” araç kutusu, raster formatındaki haritalar üzerinde matematiksel işlemlerin yapılabilmesini sağlamaktadır. Ancak bazı verilerin bu araç kutusu yardımıyla toplanamaması durumu ortaya çıkabilmektedir. Bu verilerin parsel alanlarının dışında kalan alanların ArcMap tarafından tanımsız olarak algılanması “Raster calculate” fonksiyonunun toplama işlemini düzgün yapamamasına neden olmaktadır. Bu problemin aşılması kapsamında, parsel alanlarının dışında kalan alanlara “0” değerinin atanması problemin çözümü olacağı uzun zaman alan araştırmaların sonunda bulunmuştur. Değeri olmayan parsel alanlarının arka planına, çalışma alanının sınırları kırpılarak “0” değeri atandıktan sonra “Union” araç kutusu yardımıyla, bu veriler birleştirilerek çözüm sağlanabilmektedir. Böylece raster formata dönüştürülen bütün veriler “raster calculate” araç kutusu yardımıyla toplanarak Şekil 3.7’de gösterilen AMH elde edilir.



Şekil 3.7. AMH'nın gösterimi

3.1.4. En az maliyetli güzergâhın belirlenmesi

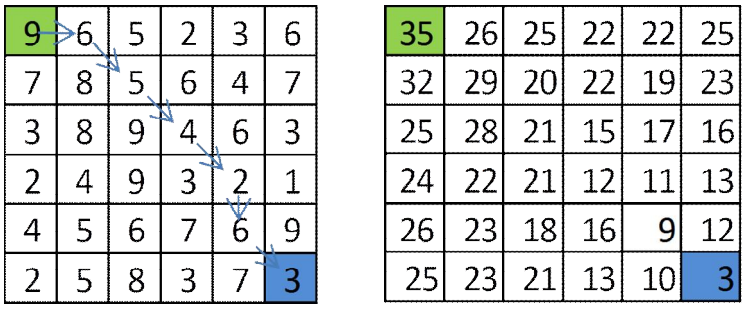
ArcMap programı ağırlıklandırılmış maliyet haritası belirlenmiş güzergâh tespiti çalışmalarında harita üzerinde başlangıç ve bitiş noktasının tayininden sonra en uygun güzergâhın belirlenmesinde Maliyetli Mesafe (Cost Distance) algoritmasını kullanılır. Bu algoritmanın çalışma prensibi Şekil 3.8'de gösterilmektedir (Yıldırım, 2009).



Şekil 3.8. Maliyetli Mesafe (CD) algoritmasının çalışma prensibi

Bu algoritmada öncelikle başlangıç ve bitiş noktaları belirlenir ve değerleri sıfır olarak atanır. İlk olarak hedef pikselin etrafındaki piksellerin değerleri alınır ve hedef piksele geçebilmek için mevcut pikselin değeri ve etrafındaki piksellerin değerleri ayrı ayrı ikili olarak toplanarak sıralandıktan sonra içlerinde değeri en küçük olan piksele geçilir. Daha sonra bu pikselin etrafındaki piksellerin değerleri alınarak mevcut piksele geçebilmek için mevcut pikselin değeri ve etrafındaki piksellerin değerleri ayrı ayrı ikili olarak toplanarak sıralandıktan sonra içlerinde değeri en küçük olan piksele geçilir. Bu işlemler başlangıç piksele varılıncaya kadar tekrar edilir. Eğer bir pikselin değeri bir başka hesapta tekrar hesaplanırsa bu iki hesaptan elde edilen küçük değer bu pikselin değeri olarak kabul edilir. Bu şekilde her bir pikselin birikmiş maliyet değerleri hesaplanmış olur (Yıldırım, 2009). CD algoritması tarafından aritmetik işlemler

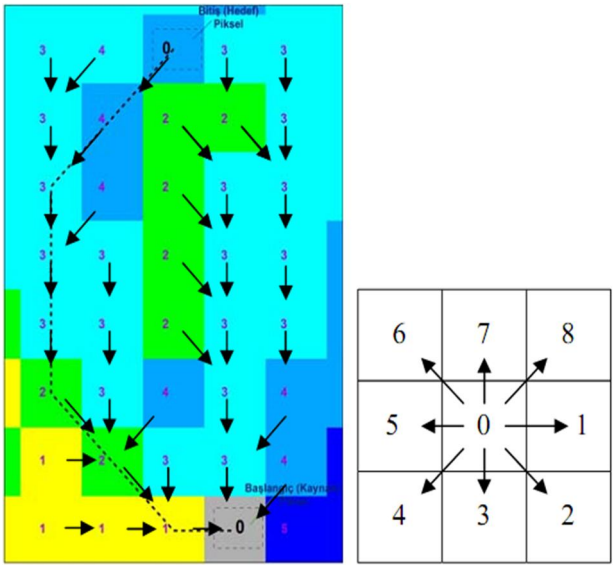
gerçekleştirilerek hesaplanan örnek bir biriktirilmiş maliyet haritası ve AMH Şekil 3.9'da gösterilmektedir.



Şekil 3.9. (a) Ağırlıklandırılmış maliyet haritası, (b) biriktirilmiş maliyet haritası

Son aşamada ise piksellerin ağırlık değerlerine göre, pikseller arası geçiş yönünün belirlendiği yön katmanı oluşturulur. Yön katmanının oluşturulmasında sekiz farklı yön için değerler belirlenmiştir (Şekil 3.10). Bu yön katmanının (Back link raster) oluşturulma nedeni, biriktirilmiş maliyet haritasında bir piksele hangi kaynak pikselden gelindiğinin bulunması için kullanılmaktadır. Ayrıca tamamen hedef piksele ulaşmak için düşük maliyetli fakat uzun güzergâhların tercih edilmemesi için kullanılan bir algoritma olduğu anlaşılmaktadır.

CD algoritmasının biriktirilmiş maliyet ve yön haritasını oluşturmasından sonra, Dijkstra algoritması mantığıyla uyumlu olarak çalışan en düşük maliyetli rota bulucu CP algoritması belirlenen başlangıç ve bitiş noktaları arasında en düşük maliyetli rotanın tespitini gerçekleştirmektedir.



Şekil 3.10. Güzergâh geçişini gösteren yön katmanı

3.2. Güzergâh Belirlemede Kullanılan Algoritmalar

3.2.1. Genetik algoritma

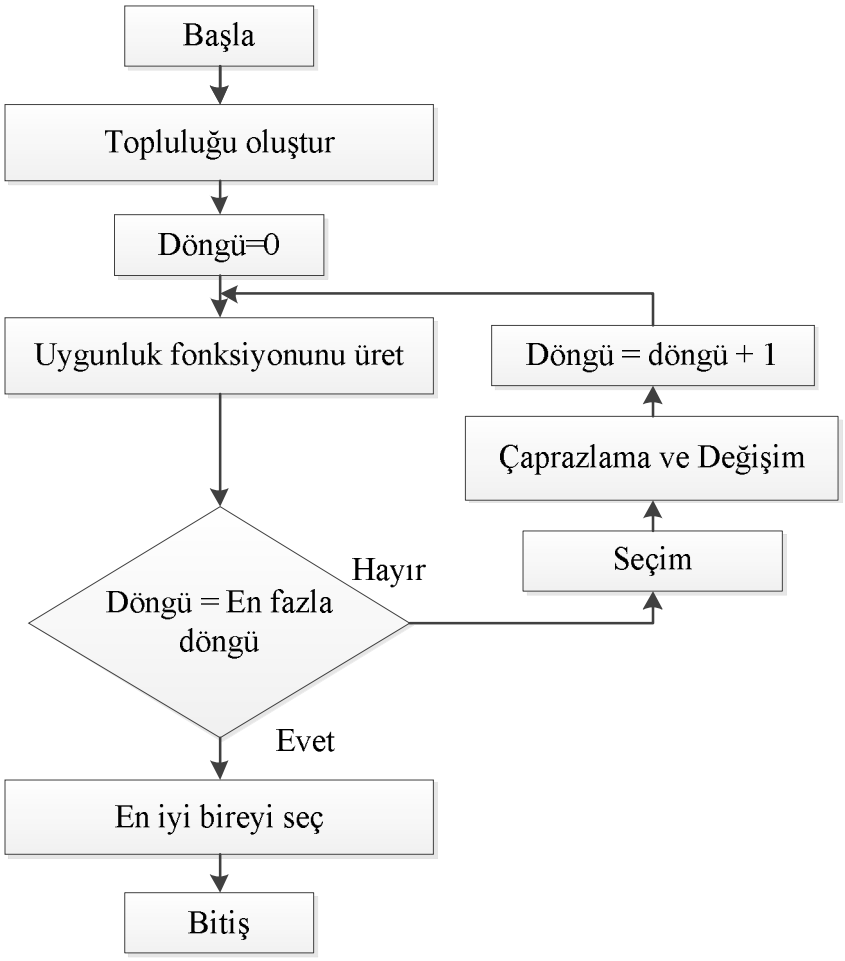
GA bir topluluktaki fertlerden rastgele seçilenlerden yeni bireylerin üretilmesi, üretilen bireylerden en iyilerin hayatta kalması, yeni üretilen bireylerin değişime uğraması gibi fonksiyonlara sahip ve ilk olarak 1975 J. Holland tarafından ortaya atılan bir optimizasyon algoritmasıdır.

Genetik algoritmada kullanılan terimler genetik biliminden ilham alınarak adlandırılmışlardır. Kromozomlar, problemin çözümü olabilecek alternatifleri ifade etmektedir. Topluluk (popülasyon) kromozomları içine alan kümedir. Kromozomlar bilgisayar ortamında dizi (string) olarak gösterilmektedir. Bu kromozomlar aynı zamanda bireyin kalıtsal özelliklerinin bilgilerini şifrelenmiş bir şekilde taşıdığı için bireyin genotipi olarak adlandırılmaktadır. Doğal sistemlerde genotip tek bir birey için birden fazla kromozomun birleşmesinden oluşabilir. Ancak yapay sistemlerde bir birey için tek bir kromozom bulunmaktadır ve bu sistemlerin genotipi kromozomun içinde taşıdığı özelliklerdir. Bunlar da yapı (structure) olarak gösterilmektedir. Doğal yaşamda genotipi oluşturan şifrelenmiş bilgilerin göz rengi, ten rengi gibi özelliklere dönüşmesiyle oluşan genetik yapıya ise fenotip adı verilmektedir. Yapay sistemlerde fenotip, parametre kümeleri olarak gösterilmektedir. Dolayısıyla genotip yapısı

deşifrelendiğinde fenotipi oluşturacaktır. Uygunluk değeri, elde edilen çözümlerin birbirlerine göre değerlendirilebilmesi için kıymetlerini ifade eder. Çaprazlama ve mutasyon, daha iyi çözümlerin bulunabilmesi için uygulanan fonksiyonlardır. Yeni nesiller, seçilen iki birey üzerinde değişiklik yapılarak elde edilen bireylerdir (Özkan ve ark, 2008; Tabak, 2008). Genetik algoritmanın yaygın ve çok kullanılan bir algoritma olmasının nedeni, basit hesaplama kullanarak güçlü bir en iyi arama mekanizmasına sahip olmasıdır (Tabak, 2008).

Genetik algoritmada bireylerin oluşturduğu bir topluluk bulunmaktadır. Bu topluluğa popülasyon adı verilmektedir. (Tabak, 2008).

Genetik algoritmanın akış diyagramı Şekil 3.11'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. GA akış diyagramı

GA'da topluluğu oluşturan kromozomlar genlerden oluşur. Her bir gen, optimizasyon çalışmalarında alternatif çözümleri ifade eden kromozomların özelliklerini taşımaktadır. Güzergâh çalışmalarında her bir rotanın bir kromozom

olduğu varsayılırsa bu rotanın geçtiği piksel değerleri GA'da genlerle ifade edilmektedir. En basit anlamda GA topluluğu Şekil 3.12'deki gibi gösterilmektedir.



Şekil 3.12. GA topluluğu

GA'yı, topluluğun oluşturulması, uygunluk fonksiyonunun belirlenmesi, seçim, çaprazlama ve bozulma olarak beş grupta toplayabiliriz.

3.2.1.1.Topluluğun oluşturulması

Problemin çözümünde kullanılacak olası çözümleri ifade eden çözüm kümesi oluşturulur. Çözüm kümesindeki her birey de kromozom olarak adlandırılır. Çözüm kümesindeki bireylerin adedinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Farklı problemlerin çözümü için oluşturulacak çözüm kümesinin büyüklüğü için kesin bir yargı belirtilmemiştir (Tunalıoğlu ve Öcalan, 2007). Bu değer çok küçük olduğunda algoritmanın en iyi çözümü bulması için gerekli alternatifler azaldığı için sonuç olarak iyi bir çözüm bulamayabilmektedir. Çözüm kümesindeki bireylerin sayısının çok büyük olarak belirlenmesi de algoritmayı oldukça yavaşlatan bir etki olarak ortaya çıkmaktadır. En iyi değer problemin davranışına göre tespit edilmelidir (Tabak, 2008).

3.2.1.2. Uygunluk fonksiyonunun belirlenmesi

Uygunluk fonksiyonu topluluktaki kromozomların ne kadar iyi olduğunu göstermektedir. GA'daki seçim işlemi uygunluk fonksiyonuna göre yapıldığından bu fonksiyon GA için çok önemlidir.

3.2.1.3.Seçim

Topluluktan uygunluk değerlerini dikkate alarak (uygunluk değeri daha iyi olanların seçilme olasılığı yüksek olacak şekilde) iki kromozomun seçilmesidir. Genelde kullanılan seçim yöntemleri rulet tekerleği seçimi, turnuva seçimi ve sıralı seçimdir.

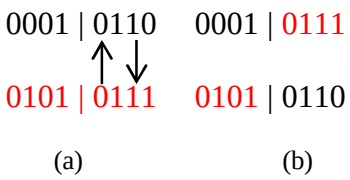
Rulet tekerleği seçimi, çözüm kümesindeki bireylerin uygunluk değerlerinin tekerlek üzerinde kapladığı alanla ilişkilidir. Böylece sağlıklı olmayan bireylere de seçilme şansı doğmaktadır. Topluluktaki her bir bireyin seçilme olasılığı, bireylerin uygunluk değerlerinin topluluktaki bireylerin uygunluk değerleri toplamına oranının hesaplanmasıyla bulunur. Bireylerin uygunluk değerlerinin iyi olması, bireylerin çözüm kümesi içinden seçilme olasılığını arttırmaktadır (Tabak, 2008). Sıralı seçimde, en kötü uygunluk değerine sahip olan bireye 1 değeri verilir, ondan daha iyi olana 2, daha iyisine 3 değeri verilerek devam edilir. Bireylerin seçilme olasılığı, bireylere verilen değerlerin tüm bireylere verilen değerlerin toplamına oranıdır. Burada amaç düşük uygunluk değerine sahip bireylere de seçilme olanağı sağlamaktır. Turnuva seçiminde, topluluk içerisinden bazı bireyler rastgele seçilir. Bu seçilen bireyler içerisinden uygunluk değeri en iyi olanı seçilir. Seçilecek bireylerin sayısı belirlenirken topluluk büyüklüğü göz önünde bulundurulmalıdır. Amaç rastgele seçimden yararlanarak çeşitliliği arttırmaktır (Özkan ve ark, 2008). Bu seçim yöntemlerinden en yaygın kullanılanı rulet tekerleği seçimi yöntemidir (Tabak, 2008).

3.2.1.4.Çaprazlama

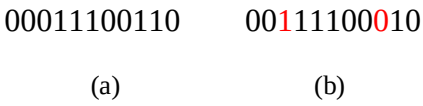
GA'nın en etkili parçası olan çaprazlama, seçilen bireylerin özelliklerinin karşılıklı değişimiyle daha iyi bireylerin oluşmasıdır. Basit bir çaprazlama örneği Şekil 3.13'te gösterilmektedir.

3.2.1.5.Bozulma

Çözüm kümesindeki bireylerden bir sonraki nesle aktarılacak bireylerin kromozom yapısında değişiklik yapılarak daha iyi bireylerin belirlenmesidir. Mutasyon, oluşan yeni çözümlerin önceki çözümü kopyalamasını önleyerek çeşitliliği sağlamak ve sonuca daha hızlı ulaşmak amacıyla gerçekleştirilir (Özkan ve ark, 2008).



Şekil 3.13. GA'da çaprazlama



Şekil 3.14. GA'da bozulma

3.2.2. Yapay Arı Kolonisi algoritması

Arıların bal kaynağı bulmada kullandıkları yöntemden ilham alan ABC algoritması Karaboğa (2005) tarafından geliştirilmiş olup basitliği ve problem çözmedeki kabiliyetinden dolayı (Dongli ve ark, 2012) literatürde oldukça sıklıkla kullanılmış ve birçok optimizasyon problemine uygulanmıştır (Tsai, 2009).

ABC algoritmasında arılar çalışan ve çalışmayan olmak üzere iki kısımdır.

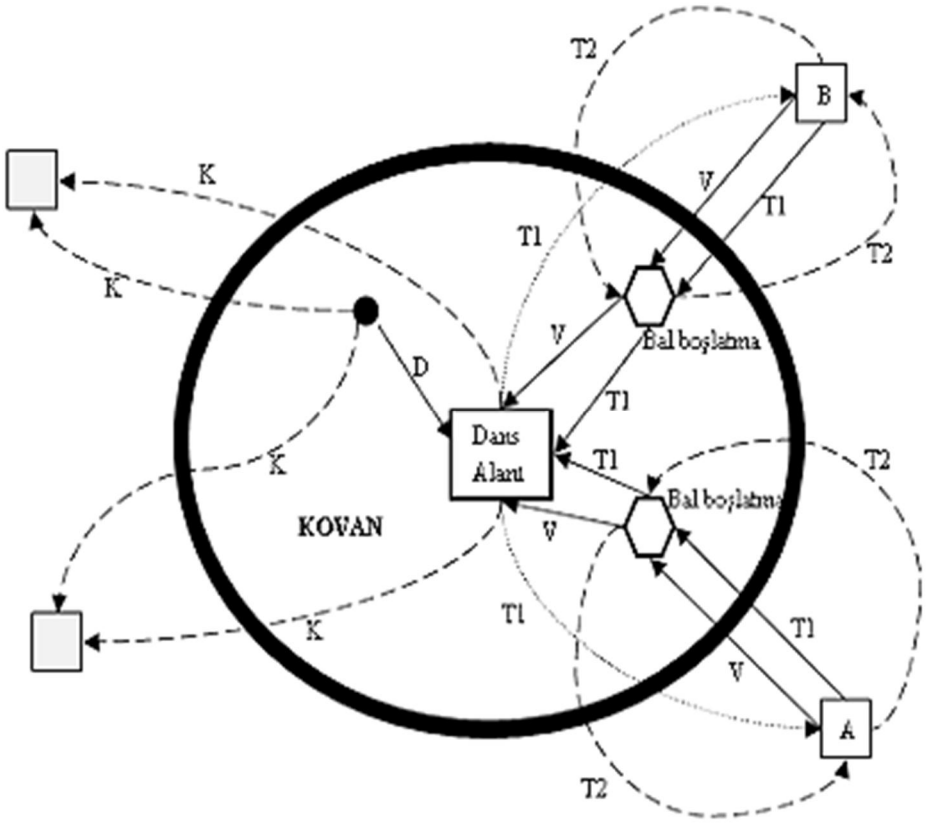
"**Çalışanlar**", bir bal kaynağından kovana bal getiren arıları, "**Çalışmayanlar**" ise bir bal kaynağını terk etmiş veya herhangi bir bal kaynağına gitmemiş arıları ifade eder.

Yiyecek kaynakları, kovan etrafındaki bal kaynaklarıdır. Bal kaynakları arılarda birçok etkene bağlıdır; kovana yakınlık, kalite, enerji gibi. Bir bal kaynağının değerini bal kaynağından getirilen balın harcanan enerjiye oranı belirler. "**Çalışan toplayıcılar**", belirli bir yiyecek kaynağından bal getiren arılardır. Mevcut durumda bal kaynağından faydalanmaya ve çalışmaya devam ederler. Bu arılar kovana kaynağın değerini ve kovan - kaynak arasındaki uzaklık bilgisini taşırlar. "**Çalışmayan toplayıcılar**", yararlanılacak bal kaynağı ararlar, "Kâşif" ve "Seyirci" olmak üzere iki tiptir. Kâşif arılar kovan etrafında yeni yiyecek kaynağı ararken kovanda bekleyen seyirci arılar çalışan arayıcılar tarafından taşınan bilgiyi beklerler. Bir kovandaki ortalama kâşif arıların sayısı uygun koşullarda % 5-10 civarındadır (Karaboğa, 2005; Kıran, 2009; Karaboğa ve Öztürk, 2011).

Bal arıları, bilgi değişimini “Dans alanında” diğer arılarla paylaşmaktadır. Arıların bu bilgileri paylaşma şekline “Waggle dance” (sallanış dansı) adı verilmektedir. Bal arılarının yem arama davranışı Şekil 3.15’te gösterilmektedir.

Şekil 3.15’te keşfedilen iki yiyecek kaynağı A ve B olduğu varsayımına göre başlangıçta muhtemel bir toplayıcı, işsiz bir toplayıcı gibi başlar ve bu toplayıcı yuva etrafındaki herhangi bir yiyecek kaynağı bilgisine sahip olmaz. Kovan içindeki bir arı için iki seçenek vardır:

- Kâşif olabilir ve yuva etrafındaki yiyecekleri aramaya başlar. (Şekil 3.15’teki K)
- Boş olabilir ve sallanış dansını izler ve yiyecek kaynağını aramaya başlar (Şekil 3.15’teki D).



Şekil 3.15. ABC algoritmasında arıların davranışı

Yiyecek kaynağı bulunduktan sonra arı kaynağın pozisyonunu hafızasına alır ve hemen nektar kaynağından yararlanmaya başlar. Bu yararlanmadan dolayı bu arı

“Çalışan toplayıcı” (employed forager) olur. Toplanan bal kovana götürülür ve depolanır. Depolama işleminden sonra arının takip edebileceği üç yol vardır:

- Mevcut kaynağı terk edip bağımsız hale gelebilir, (Şekil 3.15’teki V)
- Aynı kaynağa dönmeden önce bilgi paylaşımında bulunabilir (Şekil 3.15’teki T1)
- Bilgi paylaşımında bulunmadan kaynaktan bal getirmeye devam edebilir (Şekil 3.15’teki T2)

Son seçenek bir arı için sosyal davranış olarak görünmese de aslında kaynaktan bal getiren yeteri kadar arı varsa geçerli bir yoldur (Karaboğa, 2005; Kıran, 2009; Karaboğa ve Öztürk, 2011).

Algoritmanın adımları aşağıdaki gibidir:

- Başlangıç:

  En fazla döngü sayısını, çalışan ve çalışmayan arıların sayısını belirle, çözüm uzayında ilk olarak tanımlanan arılar çalışan arılar olarak ata
- Çalışan arıları koştur:

  Her bir çalışan arı için yeni çözümler üret, değerlerini hesapla ve seçim yap
- Seyirci arıları koştur:

  Çalışan arıların çözümlerinden rulet tekerleği seçimi ile seçim yap ve yeni çözümler üret, değerlerini hesapla ve seçim yap
- Kâşif arıları koştur:

  Eğer çalışan bir arının çözümü, önceden belirlenen ve limit olarak adlandırılan bir sayı kadar döngü yapıp gelişme göstermezse bu çözümü engelle ve yeni bir çözüm üret
- En iyi bal kaynağının bilgilerini tut
- Eğer belirlenen döngü sayısınca döngü yapıldıysa algoritmayı sonlandır değilse çalışan arı bölümüne dön

3.3. ENH Proje Çizimleri

ENH projeleri, geçmişte sehim şablonları yardımıyla elle çizilmekteydi. Hattın profili paftaya çizildikten sonra ilk direkten itibaren iletken sehim şablonları kullanılarak bir sonraki direğin konumu belirlenmekteydi. Her iletkene göre farklı şablon kullanılmaktaydı. Günümüzde ise gelişen çizim programları kullanıcıların yükünü oldukça hafifletmiştir. Artık çizimler paftalar yerine elektronik ortamda çizim programları yardımıyla yapılmaktadır. Ancak sehim şablonları ile direk yerleşimi yine kullanıcıları uğraştıran işlemlerin başında gelmektedir.

Güzergâhı belirlenmiş bir ENH'nin profilinin çizilebilmesi için hattın geçtiği sahaya gidilerek hattın açı yaptığı yerlerin, tepe noktalarının, akarsu, yol vb. atlama ve geçişlerin, direk dikilemeyecek yerlerin vb. koordinatlarının alınması gerekmektedir. Bu koordinatlara göre hattın iki boyutlu profilinin çizim programı ortamına aktarılması, varsa atlama noktalarının, ormanlık alanların tayini ve gösterilmesi kullanıcılar için zahmetli işlemlerdir.

Diğer yandan direk tiplerinin ve bunlara ait traverslerin seçimi de oldukça zaman alan işlemlerdir. Direkler arazi yapısına göre, kullanıldığı yere göre (köşede taşıyıcı, durdurucu, nihayet vb.), sapma açısına göre, ağırlık menzili ve rüzgâr menziline göre direk seçim tablolarından seçilmektedir. Traversler de, maksimum menzil ve ağırlık menziline, direğin kullanımına göre (taşıyıcı, durdurucu vb.) seçilirler. Yunusoğlu (1995), "Orta Gerilim Enerji Nakil Hatları" adlı iki ciltlik kitabında, OG ENH çizimiyle ilgili tüm hesaplamaları, tabloları ve diğer tüm seçimlerin yapılışını ayrıntılı olarak ele almıştır.

Yukarıda bahsedilen aşamalar göz önünde bulundurulduğunda, ENH proje çizimleri için CBS ortamından aktarılan hat bilgilerine göre profili çizebilen; geçişler, atlamalar, ormanlık alanlar vb. yerleri belirtebilen, girilen iletken, buz yükü bölgesi, ortalama açıklık, ekonomik direk boyu vb. bilgilere göre hesapladığı en uygun mesafelere göre direkleri yerleştirebilen; ağırlık ve rüzgâr menzillerine göre direk seçimini yapan; maksimum menzil ve ağırlık menziline göre travesleri belirleyebilen ve diğer hesapları ve seçimleri yapabilen ve çizim ortamında çizimini yapabilen bir programın yazılması ENH proje çizimlerini oldukça kolaylaştıracaktır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. ENH Güzergâhı Belirlemede Kullanılan Kriterlerin Ağırlıklandırılması

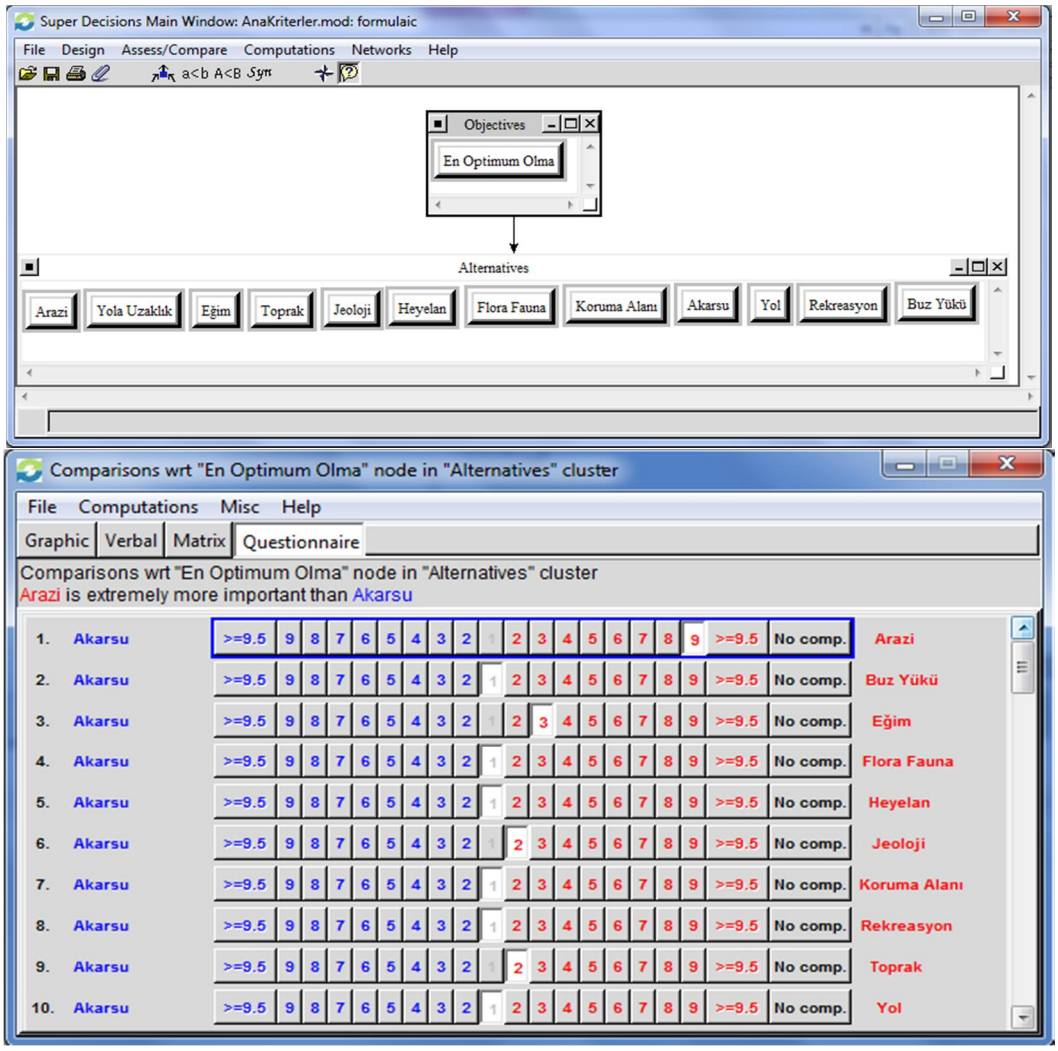
ENH güzergâhını belirlemede kullanılan kriterler Çizelge 3.1'de gösterildiği gibidir. Buradaki ana kriterler ve alt kriterler genişletildikçe güzergâh belirleme çalışmasındaki doğruluk o nispette artar. Günümüzde elektronik ortamda konumsal verilerin temini oldukça zor ve maliyetlidir. Ülkenin gelişmesiyle konumsal verilerin temini de kolaylaşmaktadır.

Çalışma bölgesine ait sit alanları verisi, çizgisel mühendislik yapıları verisi vb. bazı veriler bulunamadığı için çalışmada kullanılamamışlardır. ENH güzergâh tespiti çalışması yapan kurumlar, hatasız bir güzergâhın tespiti için güzergâhı etkileyen tüm kriterleri göz önünde bulundurarak bunlara ait tüm verileri bulmakla yükümlüdürler.

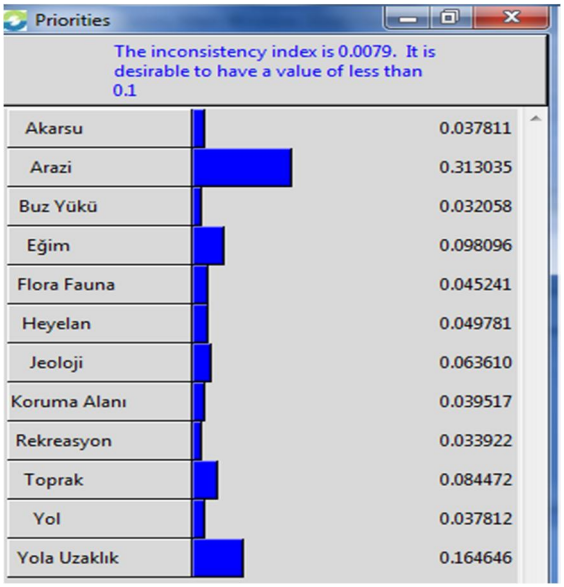
Bu çalışmada kullanılan kriterler ve bu kriterlerin ikili karşılaştırmalardaki birbirlerine göre oranları literatürdeki çalışmalardan, ENH projeleri için hazırlanan ÇED raporlarından ve literatürdeki bazı anketlerden faydalanılarak belirlenmiştir (Houston ve Johnson, 2006; Durduran ve Aydin, 2007; Demircan, 2009; Schmidt, 2009; Yıldırım ve Nişancı, 2010; Demircan ve Aydın, 2011; Anonim (a), 2013; Anonim(b), 2013; Anonim (c), 2013; Anonim (d), 2013; Anonim (e), 2013; Anonim (f), 2013; Anonim (g), 2013; Anonim (h), 2013).

4.1.1. AHP ile kriterlerin ağırlıklandırılması

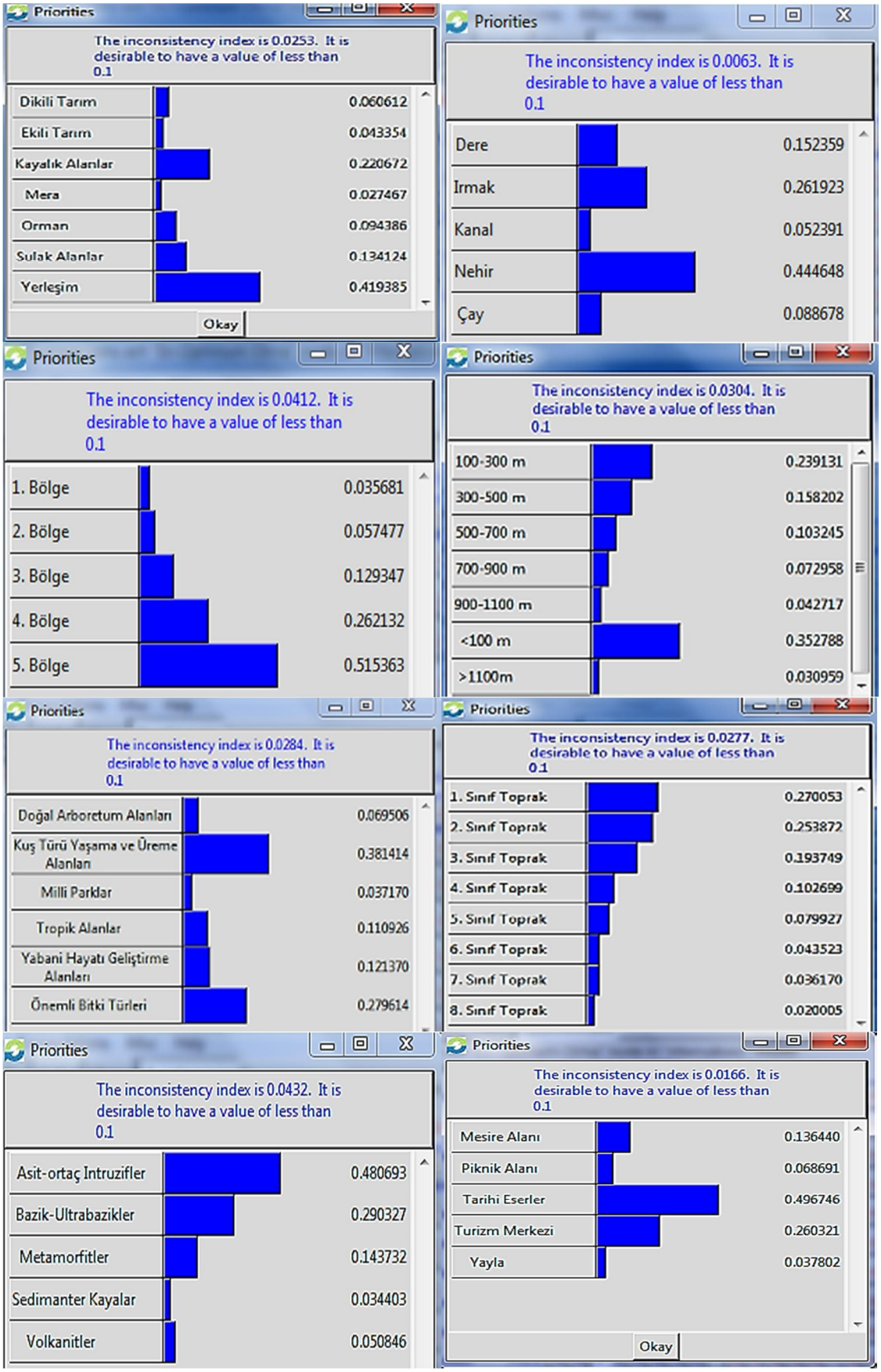
Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ve ikili karşılaştırmalar yapılarak matematiksel işlemler yardımıyla ağırlık değerlerinin bulunması esasına dayanan AHP ile ana kriterlerin ve alt kriterlerin birbirlerine göre ağırlık yüzdelerinin bulunması, Microsoft Excel ortamında yapılabileceği gibi SDS programı gibi programlar yardımıyla da yapılabilir. Bu tez çalışmasında, AHP ile kriterlerin belirlenmesi Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterildiği gibi hesaplanmıştır. Yapılan bütün karşılaştırmalarda tutarsızlık oranının 0.1'den daha küçük olması karşılaştırmaların doğruluğunu göstermektedir.



Şekil 4.1. SDS programı yardımıyla ikili karşılaştırmaların yapılması.



Şekil 4.2. SDS programı yardımıyla yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu ana kriterlerin ağırlık değerleri.



Şekil 4.3. SDS programı yardımıyla yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu bazı alt kriterlerin ağırlık değerleri.

4.1.2. FAHP ile kriterlerin ağırlıklandırılması

Bulanık mantığın AHP'ye uyarlanmasıyla elde edilen FAHP ile kriterlerin ağırlıklandırılması, karar vermedeki zorluğu biraz daha hafifleterek karar vericilerin kararları doğrultusunda elde edilen ağırlık değerlerin daha doğru sonuçlar vermesini sağlamaktadır (Kahraman ve ark, 2004; Topel, 2006; Göksu, 2008; Kahraman ve Kaya, 2010).

Bulanık AHP'nin uygulandığı birçok problemde Chang (1996) tarafından önerilen genişletilmiş bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem yapay derece değerlerini kullanmasının yanında basit seviye sıralaması ve karma toplam sıralaması ile öne çıkmaktadır. Hesaplamaların azlığı ve klasik AHP'de kullanılan adımların takip edilmesi bu yöntemi avantajlı kılmaktadır. Dezavantajı ise sadece bulanık üçgensel sayıları kullanmasıdır (Göksu, 2008)

$X=(x_1, x_2,x_3, \ldots,x_n)$ Nesneler kümesi ve $U=(u_1, u_2,u_3, \ldots,u_n)$ bir hedef kümesi olsun. Chang'in genişletilmiş analiz yöntemine göre, her bir nesne ele alınarak her hedef için g_i değerleri oluşturulur. Böylece, her bir nesne için m tane genişletilmiş analiz değerleri;

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, M_{g_i}^3, \ldots, M_{g_i}^m, \quad i=1,2,3,\ldots,n \tag{4.1}$$

Şeklinde elde edilebilir. Burada verilen tüm $M_{g_i}^j$ (j=1,2,…,m) değerleri, parametreleri *l*, m ve u olan üçgensel bulanık sayıdır. *l*, en düşük, m orta, u en geniş değerdir ve (*l*, m, u) şeklinde gösterilir. Chang'in genişletilmiş analiz yönteminin adımları aşağıda gösterilmiştir (Kahraman ve ark., 2004; Topel, 2006; Göksu, 2008).

1.Adım: Bulanık yapay büyüklük değeri, i. nesneye göre şöyle tanımlanır:

$$S_{i=} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \right]^{-1} \tag{4.2}$$

$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j$ ifadesinin elde edilebilmesi için, m değerleri üzerinde bulanık sayılarda toplama işlemi belirli bir matris için şu şekilde gerçekleştirilir:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j \right) \tag{4.3}$$

ve $\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j}\right]^{-1}$ ifadesinin elde edilebilmesi için, $M_{g_i}^{j}$ (j=1,2,…,m) değerleri üzerinde bulanık toplama işlemi yapılır,

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_j , \sum_{i=1}^{n} m_j , \sum_{i=1}^{n} u_j \right) \tag{4.4}$$

ve bu adımın en son aşaması olarak (4.4)'deki denklemdeki vektörün tersi hesaplanır.

$$\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_j}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_j}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_j ,} \right) \tag{4.5}$$

2. Adım: $M_1=(l_1, m_1, u_1) \leq M_2=(l_2, m_2, u_2)$ ifadesinin olasılık derecesi aşağıdaki gibi tanımlanır.

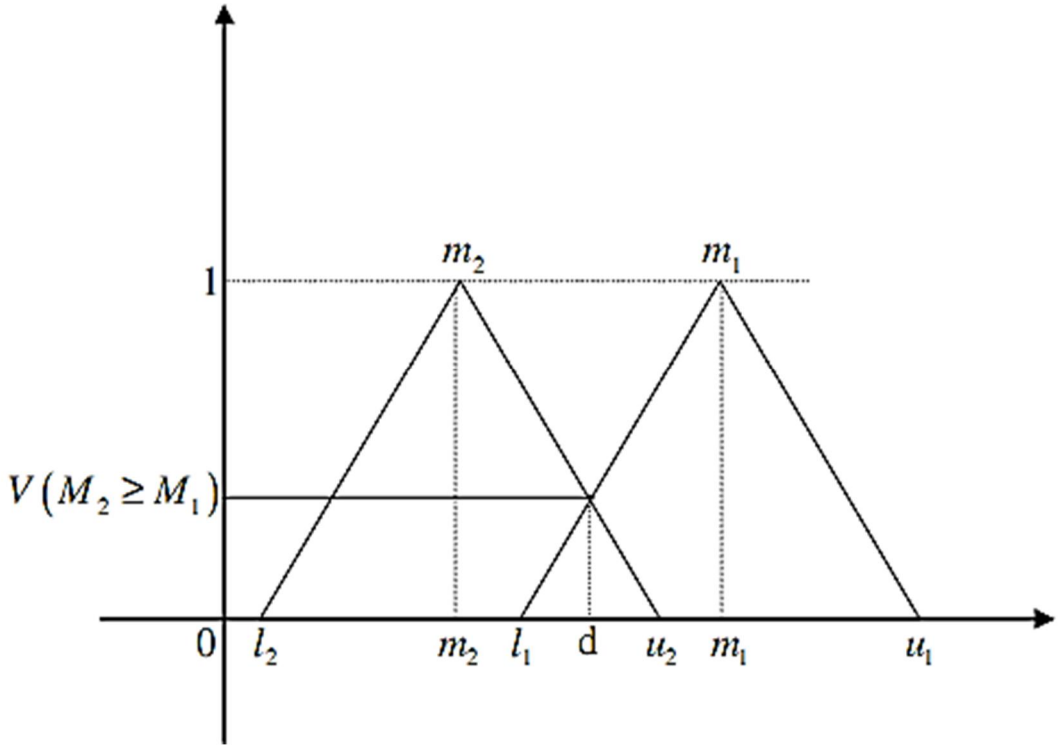
$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min \left(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y) \right) \right] \tag{4.6}$$

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

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}\ (M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & ,m_2 \geq m_1 \\ 0 & ,l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \tag{4.7}$$

ifadesi elde edilir.

Şekil 4.4'te görüldüğü gibi, $V(M_2 \geq M_1)$ ifadesi $M_1=(l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2=(l_2,m_2,u_2)$ üçgensel bulanık sayılarının kesişim noktasının ordinatıdır. Diğer bir ifadeyle üyelik fonksiyonunun değeridir. M_1 ve M_2'yi karşılaştırmak için $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerlerinin her ikisinin de bulunması gerekir.



Şekil 4.4. M_2 ve M_1 üçgen bulanık sayılarının kesişimi

3. Adım: Konveks bir bulanık sayının olasılık derecesinin k konveks sayıdan M_i (i=1,2,…,k) daha büyük olması aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$V(M \geq M_2, M_2,\ldots, M_k) = V[(M \geq M_1), (M \geq M_2),\ldots,(M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i),$$
$$i=1,2,\ldots,k \qquad (4.8)$$

k=1,2,…,n; k≠ j için $d(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ olarak alınırsa, ağırlık vektörü aşağıdaki şekilde elde edilmiş olur.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2),\ldots,d'(A_n))^T \qquad (4.9)$$

Burada A_i (i=1,2,…,n) n elemandan oluşmaktadır.

4.Adım: (4.9)'daki denklem normalize edilirse:

$$W = (d(A_1),\ d(A_2),\ \ldots,\ d(A_n))^T \qquad (4.10)$$

vektörü bulunur. Buradaki W ağırlık vektörü bulanık bir sayı değildir.

Göksu (2008) çalışmasında, ikili karşılaştırmalardaki dilsel ifadelere atanan bulanık sayı aralıklarının sonuçları etkilediği ve bulanık sayı aralığının 1-3 arası olmasının 1-5 arasında olmasından daha doğru sonuç verdiği ifade edilmiştir.

Bu çalışmada, ana kriterler için iki bulanık sayı aralığı da kullanılmıştır. FAHP'ye ait hesaplama değerleri aşağıdaki gibidir.

4.1.2.1.Birinci çözüm

Birinci çözümde kullanılan üçgensel bulanık sayılar tablosu Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Ana kriterlere ait üçgensel bulanık sayılar kullanılarak elde edilen ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. İkili karşılaştırmalar için kullanılan ilk üçgensel bulanık sayılar tablosu (1-5 aralığında)

Dilsel ölçek	Üçgensel Bulanık Sayılar	Üçgensel Bulanık Sayı Eşleniği
Eşit derecede önemli	(1, l, l)	(1, 1, 1)
Biraz daha fazla önemli	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
Kuvvetli derecede önemli	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
Çok kuvvetli derecede önemli	(3, 7/2, 4)	(1/4, 2/7, 1/3)
Tamamıyla önemli	(4, 9/2, 5)	(1/5, 2/9, 1/4)

Çizelge 4.2. Ana kriterlerin ilk çözüm için ikili karşılaştırma matrisi

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M
Arazi Örtüsü	A	(1,1,1)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(5/2, 3, 7/2)	(5/2, 3, 7/2)	(5/2, 3, 7/2)	(7/2, 4, 9/2)	(7/2, 4, 9/2)	(7/2, 4, 9/2)
Yola Uzaklık	B	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(5/2, 3, 7/2)	(5/2, 3, 7/2)	(5/2, 3, 7/2)	(5/2, 3, 7/2)
Eğim	C	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)
Toprak	D	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)
Jeoloji	E	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(3/2, 2, 5/2)
Heyelan	F	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)
Flora Fauna	G	(2/7, 1/3, 2/5)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3, 1, 3/2)
Koruma Alanı	H	(2/7, 1/3, 2/5)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
Akarsu	I	(2/7, 1/3, 2/5)	(2/7, 1/3, 2/5)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
Yol	K	(2/9, 1/4, 2/7)	(2/7, 1/3, 2/5)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
Rekreasyon	L	(2/9, 1/4, 2/7)	(2/7, 1/3, 2/5)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
Buz Yükü	M	(2/9, 1/4, 2/7)	(2/7, 1/3, 2/5)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/5, 1/2, 2/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)

Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri için bulanık sentetik derece değerleri:

$S_1 = (24.833, 30, 35.5) \ O \ (139.9, 167, 201.87)^{-1} = (0.123, 0.179, 0.253)$

$S_2 = (18.166, 23, 28.5) \ O \ (139.9, 167, 201.87)^{-1} = (0.253, 0.137, 0.203)$

S_3=(12.833, 17, 22) O $(139.9, 167, 201.87)^{-1}$=(0.063, 0.1, 0.157)

S_4=(10.4, 13.5, 17.66) O $(139.9, 167, 201.87)^{-1}$=(0.051, 0.08, 0.126)

S_5=(9.9, 12.5, 16.16) O $(139.9, 167, 201.87)^{-1}$=(0.049, 0.0748, 0.11)

S_6=(9.46, 11, 15.16) O $(139.9, 167, 201.87)^{-1}$=(0.046, 0.065, 0.108)

S_7=(9.68, 10.83, 12.56) O $(139.9, 167, 201.87)^{-1}$=(0.0479, 0.0648, 0.0897)

S_8=(9.41, 10.33, 10.9) O $(139.9, 167, 201.87)^{-1}$=(0.046, 0.0618, 0.0779)

S_9=(9.3, 10.16, 11.46) O $(139.9, 167, 201.87)^{-1}$=(0.046, 0.0608, 0.082)

S_{10}=(9.24, 10.083, 10.29) O $(139.9, 167, 201.87)^{-1}$=(0.0457, 0.0603, 0.0735)

S_{11}=(8.64, 9.58, 11) O $(139.9, 167, 201.87)^{-1}$=(0.042, 0.0573, 0.0786)

S_{12}=(8.04, 9.08, 10.68) O $(139.9, 167, 201.87)^{-1}$=(0.0398, 0.0543, 0.0763)

Bulunan bu vektörler kullanılarak,

$V(S_1 \geq S_2) = 1$, $V(S_1 \geq S_3) = 1$, $V(S_1 \geq S_4) = 1$, $V(S_1 \geq S_5) = 1$, $V(S_1 \geq S_6) = 1$,
$V(S_1 \geq S_7) = 1$, $V(S_1 \geq S_8) = 1$, $V(S_1 \geq S_9) = 1$, $V(S_1 \geq S_{10}) = 1$, $V(S_1 \geq S_{11}) = 1$,
$V(S_1 \geq S_{12}) = 1$

$V(S_2 \geq S_1) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.6557$, $V(S_2 \geq S_3) = 1$, $V(S_2 \geq S_4) = 1$, $V(S_2 \geq S_5) = 1$,
$V(S_2 \geq S_6) = 1$, $V(S_2 \geq S_7) = 1$, $V(S_2 \geq S_8) = 1$, $V(S_2 \geq S_9) = 1$, $V(S_2 \geq S_{10}) = 1$,
$V(S_2 \geq S_{11}) = 1$, $V(S_2 \geq S_{12}) = 1$

$V(S_3 \geq S_2) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.3$, $V(S_3 \geq S_2) = 0$, $V(S_3 \geq S_4) = 1$, $V(S_3 \geq S_5) = 1$,
$V(S_3 \geq S_6) = 1$, $V(S_3 \geq S_7) = 1$, $V(S_3 \geq S_8) = 1$, $V(S_3 \geq S_9) = 1$, $V(S_3 \geq S_{10}) = 1$,

$V(S_3 \geq S_{11}) = 1$, $V(S_3 \geq S_{12}) = 1$

$V(S_4 \geq S_1) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.0294$, $V(S_4 \geq S_2) = 0$,

$V(S_4 \geq S_3) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.759$, $V(S_4 \geq S_5) = 1$, $V(S_4 \geq S_6) = 1$, $V(S_4 \geq S_7) = 1$,

$V(S_4 \geq S_8) = 1$, $V(S_4 \geq S_9) = 1$, $V(S_4 \geq S_{10}) = 1$, $V(S_4 \geq S_{11}) = 1$, $V(S_4 \geq S_{12}) = 1$

$V(S_5 \geq S_1) = 0$, $V(S_5 \geq S_2) = 0$, $V(S_5 \geq S_3) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.65$,

$V(S_5 \geq S_4) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.919$, $V(S_5 \geq S_6) = 1$, $V(S_5 \geq S_7) = 1$, $V(S_5 \geq S_8) = 1$,

$V(S_5 \geq S_9) = 1$, $V(S_5 \geq S_{10}) = 1$, $V(S_5 \geq S_{11}) = 1$, $V(S_5 \geq S_{12}) = 1$

$V(S_6 \geq S_1) = 0$, $V(S_6 \geq S_2) = 0$, $V(S_6 \geq S_3) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.562$,

$V(S_6 \geq S_4) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.79$, $V(S_6 \geq S_5) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.857$,

$V(S_6 \geq S_7) = 1$, $V(S_6 \geq S_8) = 1$, $V(S_6 \geq S_9) = 1$, $V(S_6 \geq S_{10}) = 1$, $V(S_6 \geq S_{11}) = 1$,

$V(S_6 \geq S_{12}) = 1$

$V(S7 \geq S1) = 0$, $V(S7 \geq S2) = 0$, $V(S7 \geq S3) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.431$,

$V(S7 \geq S4) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.718$, $V(S7 \geq S5) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.802$,

$V(S7 \geq S6) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.995$, $V(S7 \geq S8) = 1$, $V(S7 \geq S9) = 1$,

$V(S7 \geq S10) = 1$, $V(S7 \geq S11) = 1$, $V(S7 \geq S12) = 1$

$V(S_8 \geq S_1) = 0$, $V(S_8 \geq S_2) = 0$, $V(S_8 \geq S_3) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.280$,

$V(S_8 \geq S_4) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.596$, $V(S_8 \geq S_5) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.743$,

$V(S_8 \geq S_6) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.883$, $V(S_8 \geq S_7) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.909$,

$V(S_8 \geq S_9) = 1$, $V(S_8 \geq S_{10}) = 1$, $V(S_8 \geq S_{11}) = 1$, $V(S_8 \geq S_{12}) = 1$

$V(S_9 \geq S_1) = 0$, $V(S_9 \geq S_2) = 0$, $V(S_9 \geq S_3) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.326$,

$V(S_9 \geq S_4) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.617$, $V(S_9 \geq S_5) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.702$,

$V(S_9 \geq S_6) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.895$, $V(S_9 \geq S_7) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.895$,

$V(S_9 \geq S_8) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.973$, $V(S_9 \geq S_{10}) = 1$, $V(S_9 \geq S_{11}) = 1$, $V(S_9 \geq S_{12}) = 1$

$V(S_{10} \geq S_1) = 0$, $V(S_{10} \geq S_2) = 0$, $V(S_{10} \geq S_3) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.209$

$V(S_{10} \geq S_4) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.533$, $V(S_{10} \geq S_5) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.628$,

$V(S_{10} \geq S_6) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.854$, $V(S_{10} \geq S_7) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.850$,

$V(S_{10} \geq S_8) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.948$, $V(S_{10} \geq S_9) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.982$,

$V(S_{10} \geq S_{11}) = 1$, $V(S_{10} \geq S_{12}) = 1$

$V(S_{11} \geq S_1) = 0$, $V(S_{11} \geq S_2) = 0$, $V(S_{11} \geq S_3) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.267$

$V(S_{11} \geq S_4) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.548$, $V(S_{11} \geq S_5) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.628$,

$V(S_{11} \geq S_6) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.65$, $V(S_{11} \geq S_7) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.803$,

$V(S_{11} \geq S_8) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.878$, $V(S_{11} \geq S_9) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.903$,

$V(S_{11} \geq S_{10}) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.916$, $V(S_{11} \geq S_{12}) = 1$

$V(S_{12} \geq S_1) = 0$, $V(S_{12} \geq S_2) = 0$, $V(S_{12} \geq S_3) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.225$

$V(S_{12} \geq S_4) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.496$, $V(S_{12} \geq S_5) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.571$,

$V(S_{12} \geq S_6) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.739$, $V(S_{12} \geq S_7) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.73$,

$V(S_{12} \geq S_8) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.801$, $V(S_{12} \geq S_9) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.823$,

$V(S_{12} \geq S_{10}) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.836$, $V(S_{12} \geq S_{11}) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = 0.919$

V($S_1 > S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12},$) = min (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) = 1

V($S_2 > S_1, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12},$) = min (0.657, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) = 0.657

V($S_3 > S_1, S_2, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12},$) = min (0.3, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) = 0

V($S_4 > S_1, S_2, S_3, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12},$) = min (0.029, 0, 0.759, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) = 0

V($S_5 > S_1, S_2, S_3, S_4, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12},$) = min (0, 0, 0.65, 0.919, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) = 0

V($S_6 > S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12},$) = min (0, 0, 0.562, 0.79, 0.857, 1, 1, 1, 1, 1, 1) = 0

V($S_7 > S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12},$) = min (0, 0, 0.431, 0.718, 0.802, 0.995, 1, 1, 1, 1, 1) = 0

V($S_8 > S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12},$) = min (0, 0, 0.28, 0.596, 0.743, 0.883, 0.909, 1, 1, 1, 1) = 0

V($S_9 > S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_{10}, S_{11}, S_{12},$) = min (0, 0, 0.326, 0.617, 0.702, 0.895, 0.879, 0.973, 1, 1, 1) = 0

V($S_{10} > S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{11}, S_{12},$) = min (0, 0, 0.209, 0.533, 0.628, 0.854, 0.850, 0.948, 0.982, 1, 1) = 0

V($S_{11} > S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{12},$) = min (0, 0, 0.267, 0.548, 0.628, 0.65 0.803, 0.878, 0.903, 0.916, 0.919) = 0

V(S_{12}> S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11},) = min (0, 0, 0.225, 0.496, 0.571, 0.739, 0.73, 0.801, 0.823, 0.836, 1) = 0

değerleri bulunur. Bu değerlerden ağırlık vektörü:

$W^{'}$=(1, 0.6557, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,0, 0)

olarak elde edilir. Bu vektör normalize edilirse:

W=(0.603,039,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)

olarak bulunur.

Birinci çözümde 10 ana kriterin 0 değerini alması, 1-5 aralığındaki üçgensel bulanık sayılar tablosunun bu ağırlıklandırma için uygun olmadığını göstermektedir.

4.1.2.2.İkinci çözüm

İkinci çözüm için, birinci çözümde yapılan tüm işlemler Çizelge 4.3'teki üçgensel bulanık sayılar tablosundaki değerler ile Microsoft Excel ortamında formüle edilip hesaplama işlemleri yapılarak Çizelge 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7'de gösterildiği gibi ağırlık değerleri bulunmuştur.

Çizelge 4.3. İkili karşılaştırmalar için kullanılan ikinci üçgensel bulanık sayılar tablosu (1-3 aralığında)

Dilsel ölçek	Üçgensel Bulanık Sayılar	Üçgensel Bulanık Sayı Eşleniği
Eşit derecede önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Biraz daha fazla önemli	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Kuvvetli derecede önemli	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
Çok kuvvetli derecede önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Tamamıyla önemli	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)

Çizelge 4.4. Ana kriterlerin ikinci çözüm için ikili karşılaştırma matrisi

	A			B			C			D			E			F			G			H			I			K			L			M		
A (Arazi Örtüsü)	1	1	1	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1	1 1/2	2	1	1 1/2	2	1	1 1/2	2	1 1/2	2	2 1/2	1 1/2	2	2 1/2	1 1/2	2	2 1/2	2	2 1/2	3	2	2 1/2	3	2	2 1/2	3
B (Yola Uzaklık)	2/3	1	2	1	1	1	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1	1 1/2	2	1	1 1/2	2	1	1 1/2	2	1 1/2	2	2 1/2	1 1/2	2	2 1/2	1 1/2	2	2 1/2	1 1/2	2	2 1/2
C (Eğim)	2/3	1	2	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1	1 1/2	2	1	1 1/2	2	1	1 1/2	2	1	2	2	1	2	2
D (Toprak)	1/2	2/3	1	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1	1 1/2	2	1	1 1/2	2
E (Jeoloji)	1/2	2/3	1	2/3	1	2	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1	1 1/2	2
F (Heyelan)	1/2	2/3	1	1/2	2/3	1	2/3	1	2	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1/2	1	1
G (Flora Fauna)	2/5	1/2	2/3	1/2	2/3	1	2/3	1	2	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1 1/2
H (Koruma Alanı)	2/5	1/2	2/3	1/2	2/3	1	1/2	2/3	1	2/3	1	2	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I (Akarsu)	2/5	1/2	2/3	2/5	1/2	2/3	1/2	2/3	1	2/3	1	2	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K (Yol)	1/3	2/5	1/2	2/5	1/2	2/3	1/2	2/3	1	2/3	1	2	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L (Rekreasyon)	1/3	2/5	1/2	2/5	1/2	2/3	1/2	2/3	1	1/2	2/3	1	2/3	1	2	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M (Buz Yükü)	1/3	2/5	1/2	2/5	1/2	2/3	1/2	2/3	1	1/2	2/3	1	1/2	2/3	1	2/3	1	2	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Çizelge 4.5. İkinci çözüm için bulanık sentetik derece değerleri

	$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j}$			$\otimes$	$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j}\right]^{-1}$		=	l	m	u
S1	15.5000	21.0000	26.5000	120.6333	152.5333	200.6667		0.0772	0.1377	0.2197
S2	12.1667	17.5000	23.5000	120.6333	152.5333	200.6667		0.1009	0.1147	0.1948
S3	9.8333	14.5000	20.5000	120.6333	152.5333	200.6667		0.0490	0.0951	0.1699
S4	8.6667	12.6667	17.5000	120.6333	152.5333	200.6667		0.0718	0.0830	0.1451
S5	8.8333	12.1667	17.0000	120.6333	152.5333	200.6667		0.0440	0.0798	0.1409
S6	9.3333	11.3333	15.0000	120.6333	152.5333	200.6667		0.0774	0.0743	0.1243
S7	9.7333	11.1667	14.1667	120.6333	152.5333	200.6667		0.0485	0.0732	0.1174
S8	9.7333	10.8333	13.6667	120.6333	152.5333	200.6667		0.0807	0.0710	0.1133
S9	9.6333	10.6667	13.3333	120.6333	152.5333	200.6667		0.0480	0.0699	0.1105
S10	9.5667	10.5667	13.1667	120.6333	152.5333	200.6667		0.0793	0.0693	0.1091
S11	9.0667	10.2333	13.1667	120.6333	152.5333	200.6667		0.0452	0.0671	0.1091
S12	8.5667	9.9000	13.1667	120.6333	152.5333	200.6667		0.0710	0.0649	0.1091

Çizelge 4.6. İkinci yöntem için karşılaştırma değerleri

S1										
V(S1>=S2)	V(S1>=S3)	V(S1>=S4)	V(S1>=S5)	V(S1>=S6)	V(S1>=S7)	V(S1>=S8)	V(S1>=S9)	V(S1>=S10)	V(S1>=S11)	V(S1>=S12)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

S2										
V(S2>S1)	V(S2>S3)	V(S2>S4)	V(S2>S5)	V(S2>S6)	V(S2>S7)	V(S2>S8)	V(S2>S9)	V(S2>S10)	V(S2>S11)	V(S2>S12)
0,83669452	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

S3										
V(S3>S1)	V(S3>S2)	V(S3>S4)	V(S3>S5)	V(S3>S6)	V(S3>S7)	V(S3>S8)	V(S3>S9)	V(S3>S10)	V(S3>S11)	V(S3>S12)
0,68506093	0,77838485	1	1	1	1	1	1	1	1	1

S4										
V(S4>S1)	V(S4>S2)	V(S4>S3)	V(S4>S5)	V(S4>S6)	V(S4>S7)	V(S4>S8)	V(S4>S9)	V(S4>S10)	V(S4>S11)	V(S4>S12)
0,5538646	0,58250558	0,88879691	1	"	1	1	1	1	1	1

S5										
V(S5>S1)	V(S5>S2)	V(S5>S3)	V(S5>S4)	V(S5>S6)	V(S5>S7)	V(S5>S8)	V(S5>S9)	V(S5>S10)	V(S5>S11)	V(S6>S12)
0,52372516	0,53399433	0,85732456	0,95469776	1	1	1	1	1	1	1

S6										
V(S6>S1)	V(S6>S2)	V(S6>S3)	V(S6>S4)	V(S6>S5)	V(S6>S7)	V(S6>S8)	V(S6>S9)	V(S6>S10)	V(S6>S11)	V(S6>S12)
0,42635049	0,36747207	0,78397197	0,85726681	0,93631575	1	1	1	1	1	1

S7										
V(S7>S1)	V(S7>S2)	V(S7>S3)	V(S7>S4)	V(S7>S5)	V(S7>S6)	V(S7>S8)	V(S7>S9)	V(S7>S10)	V(S7>S11)	V(S7>S12)
0,38403617	0,28535498	0,75795529	0,82257775	0,91802177	0,97345276	1	1	1	1	1

S8										
V(S8>S1)	V(S8>S2)	V(S8>S3)	V(S8>S4)	V(S8>S5)	V(S8>S6)	V(S8>S7)	V(S8>S9)	V(S8>S10)	V(S8>S11)	V(S8>S12)
0,35100536	0,22148604	0,7278442	0,77520343	0,88795023	0,91637719	0,96736938	1	1	1	1

S9										
V(S9>S1)	V(S9>S2)	V(S9>S3)	V(S9>S4)	V(S9>S5)	V(S9>S6)	V(S9>S7)	V(S9>S8)	V(S9>S10)	V(S9>S11)	V(S9>S12)
0,32945902	0,17755015	0,70998841	0,74685817	0,87118561	0,88353982	0,94980193	0,96467911	1	1	1

S10										
V(S10>S1)	V(S10>S2)	V(S10>S3)	V(S10>S4)	V(S10>S5)	V(S10>S6)	V(S10>S7)	V(S10>S8)	V(S10>S9)	V(S10>S11)	V(S10>S12)
0,31806956	0,15424165	0,69990871	0,73042257	0,86127876	0,86342881	0,93908507	0,94212841	0,98939084	1	1

S11										
V(S11>S1)	V(S11>S2)	V(S11>S3)	V(S11>S4)	V(S11>S5)	V(S11>S6)	V(S11>S7)	V(S11>S8)	V(S11>S9)	V(S11>S10)	V(S11>S12)
0,31128756	0,14821501	0,68255046	0,70045025	0,83708674	0,81503314	0,9083452	0,87857289	0,95559722	0,93176822	1

S12										
V(12>S1)	V(12>S2)	V(12>S3)	V(12>S4)	V(12>S5)	V(12>S6)	V(12>S7)	V(12>S8)	V(12>S9)	V(12>S10)	V(12>S11)
0,30478874	0,14264161	0,66603236	0,67284076	0,81421662	0,77177473	0,879554	0,82305033	0,92403587	0,87225285	0,96696364

Çizelge 4.7. İkinci yöntem ile elde edilen ağırlık değerleri

			Ağırlıklar	Yüzdeleri
Arazi Örtüsü	A	V(S1>S2,S3,….S12)=	1	19.62
Yola Uzaklık	B	V(S2>S1,S3,….S12)=	0.836694517	16.42
Eğim	C	V(S3>S1,S2,….S12)=	0.6851	13.44
Toprak	D	V(S4>S1,S2,….S12)=	0.553864598	10.87
Jeoloji	E	V(S5>S1,S2,….S12)=	0.523725162	10.28
Heyelan	F	V(S6>S2,S3,….S12)=	0.367472071	7.21
Flora Fauna	G	V(S7>S1,S3,….S12)=	0.285354979	5.60
Koruma Alanı	H	V(S8>S1,S2,….S12)=	0.2215	4.35
Akarsu	I	V(S9>S1,S2,….S12)=	0.177550149	3.48
Yol	K	V(S10>S1,S2,….S12)=	0.154241645	3.03
Rekreasyon	L	V(S11>S2,S3,….S12)=	0.148215007	2.91
Buz Yükü	M	V(S12>S1,S3,….S11)=	0.142641613	2.80

Hesaplanan bu ağırlık değerlerinin hiç birine sıfır değerinin girmemesi ikinci çözümde kullanılan üçgensel sayı aralığının (1-3) kriter ağırlıklandırma problemleri için uygun olduğunu göstermektedir.

AHP'de kullanılan karşılaştırma sayılarının kesin değerler olmasına karşın, FAHP'de kullanılan karşılaştırma sayılarının bulanık ve daha geniş aralıklı olması, karar vermede daha doğru sonuçlar vereceği için bu tez çalışmasında kriterlerin ağırlıkları FAHP ile elde edilen değerler olarak kabul edilmiştir.

Ana kriterlere ait bütün alt kriterlerin ağırlıklandırılması da Çizelge 4.8'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8. FAHP ile elde edilen alt kriter ağırlıkları

Arazi Örtüsü		Toprak		Yol	
A (Orman)	14.82843899	A(1. sınıf Toprak)	17.38670895	A (İki veya Daha fazla Şeritli Yol)	34.73063259
B (Ekili Tarım)	12.48630494	B (2. sınıf Toprak)	17.38670895	B (İki veya Daha fazla Şeritli)	23.37734689
C (Dikili Tarım)	12.15144748	C (3. sınıf Toprak)	15.06453702	C (İki Şeritli Yol)	14.40572495
D (Sulak alanlar)	12.30462533	D (4. sınıf Toprak)	13.5718894	D (Daimi Araba Yolu)	12.05229147
E (Kayalık Alanlar)	17.37905304	E (5. sınıf Toprak)	12.54715568	E (Tek Şeritli Geniş Şose)	8.746766423
F (Mera)	6.663239855	F (6. sınıf Toprak)	10.52623777	F (Yaz Araba Yolu)	6.687237673
G (Yerleşim)	24.18689036	G (7. sınıf Toprak)	8.881982996		
Eğim		H (8. sınıf Toprak)	5.086567275	Rekreasyon	
A(<10)	12.13626795	Heyelan		A (Yayla)	11.76611474
B (10-20)	12.89788002	A(Aktif Heyelan Alanları)	36.93554015	B (Turizm Merkezleri)	23.2367317
C (20-30)	13.22822516	B (Potansiyel Heyelan Alanları)	33.06694363	C (Tarihi Eserler)	38.7800318
D (30-40)	13.35556628	C (Eski Heyelan Alanlar)	29.99751622	D (Piknik Alanları)	11.1302307
E (40-50)	14.6258528	Flora Fauna		Koruma Alanı	
F (50-60)	15.55713237	A (Kuş Türü Yaşama ve Üreme Alanları)	16.69719625	A (I.Derece Sit Alanı)	27.81408135
G (>60)	18.19907542	B (Önemli Bitki Türleri)	15.66147192	B (2.Derece Sit Alanı)	21.28358032
Akarsu		C (Yaban Hayatı Geliştirme Alanları)	14.97937346	C (3.Derece Sit Alanı)	13.27292326
A (Dere)	26.32723259	D (Milli Parklar)	17.71369747	D (Kentsel Sit Alanı)	15.05688106
B (Irmak)	14.46189796	E (Doğal Arboretum Alanları)	23.18139675	E (Tarihi Sit Alanı)	22.57253401
C (Çay)	20.89443446	F (Tropik Alanlar)	11.76686415	Jeoloji	
D (Kanal)	21.49406278	Yollara Uzaklık		A (Asit-Ortaç Intr.)	38.15300964
E (Kuru dere)	16.82237221	< 100 m	35.27	B (Bazik-ultrabazikler)	26.70526376
Buz Yükü		100 - 300 m	23.91	C (Metamorfitler)	20.89688004
5. Bölge	51.53	300 - 500 m	15.82	D (Volkanitler)	9.744423813
4. Bölge	26.21	500 - 700 m	10.32	E (Sedimanter Kayaçlar)	4.500422753
3. Bölge	12.93	700 - 900 m	7.29		
2. Bölge	5.74	900 - 1100 m	4.27		
1. Bölge	3.56	> 1100m	3.09		

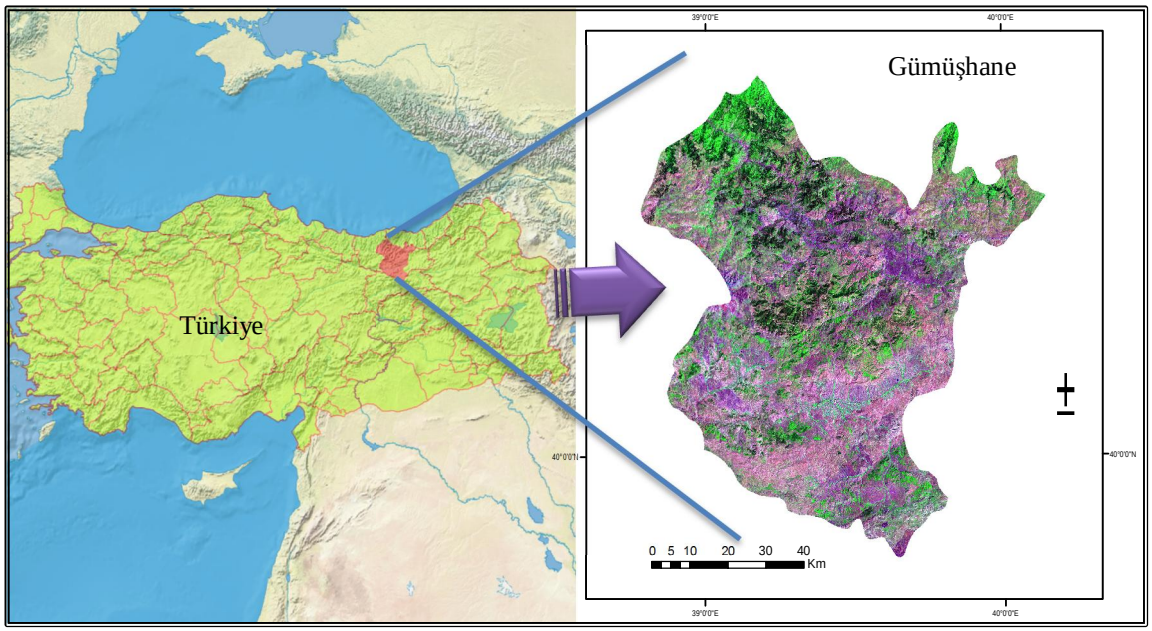
4.2. Verilerin İşlenmesi

Çalışma alanı, engebeli bir arazi yapısına sahip olmasından dolayı Şekil 4.5'te harita üzerinde gösterilen Gümüşhane ili olarak seçilmiştir. Çalışma alanına ait ana ve alt kriterler doğrultusunda veriler, ilgili kuruluşlardan, üniversitelerdeki ilgili bölümlerden ya da özel sektördeki ilgili kişilerden temin edilmiştir. Bazı veriler basılı haritalar üzerinden sayısallaştırma yapılarak, bazıları ise ArcMap ortamında işlenerek elde edilmiştir.

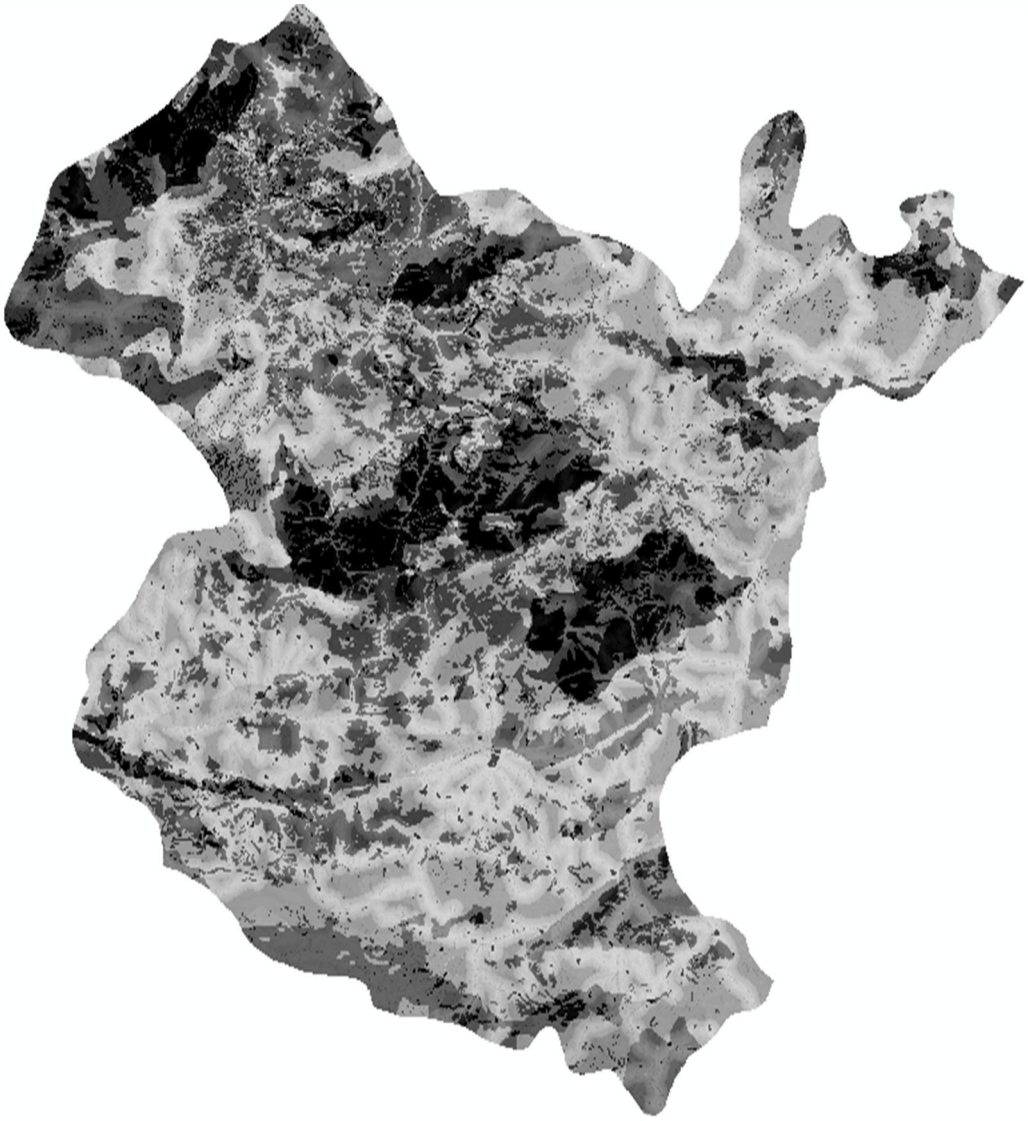
Bazı kriterlere ait veriler çalışma alanında olmadığı için bazıları ise dijital ortamda temin edilemediği için çalışmaya dâhil edilememiştir.

ENH güzergâhını etkileyen ana ve alt kriterlere ait veriler Bölüm 3.1.3'te anlatıldığı gibi ArcMap ortamında işlenmiş ve elde edilen haritalar EK-1'de gösterilmiştir.

Elde edilen, işlenen ve raster formata dönüştürülen bütün veriler "raster calculate" araç kutusu yardımıyla toplanarak Şekil 4.6'da gösterilen AMH elde edilmiştir.



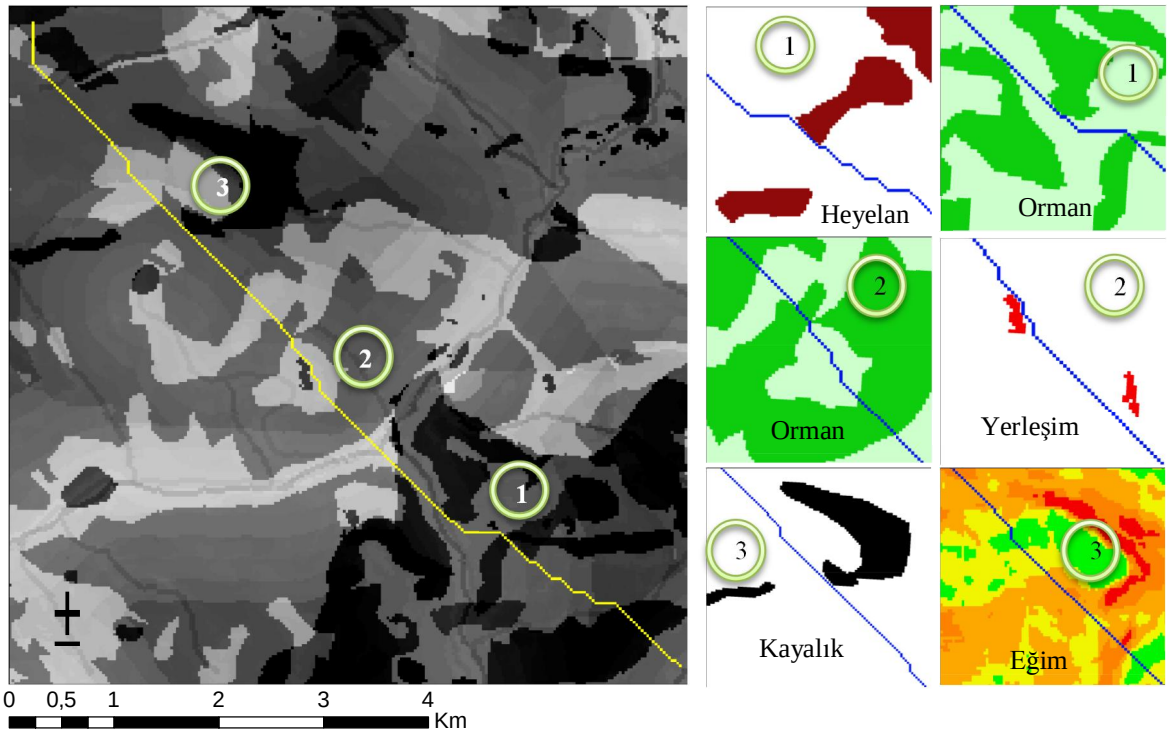
Şekil 4.5. Çalışma alanının gösterimi.



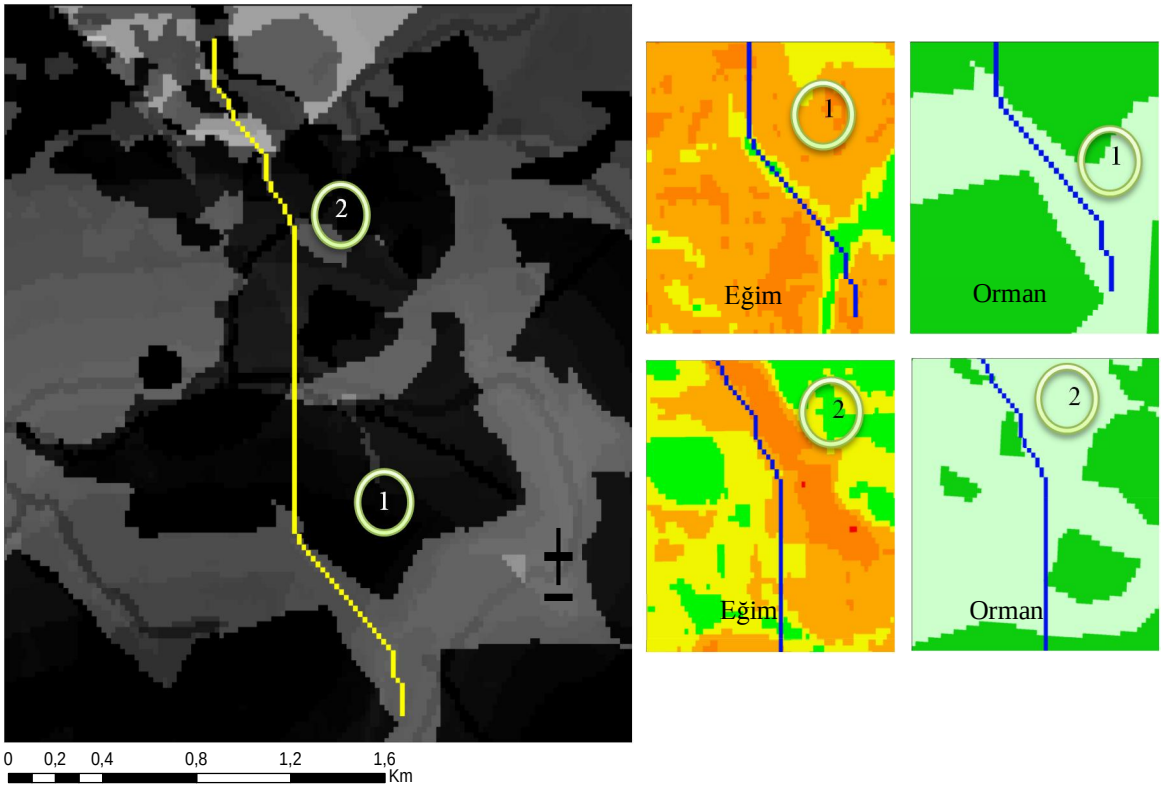
Şekil 4.6. Oluşturulan AMH.

4.3. ArcMap Programıyla En Az Maliyetli Güzergâhın Belirlenmesi

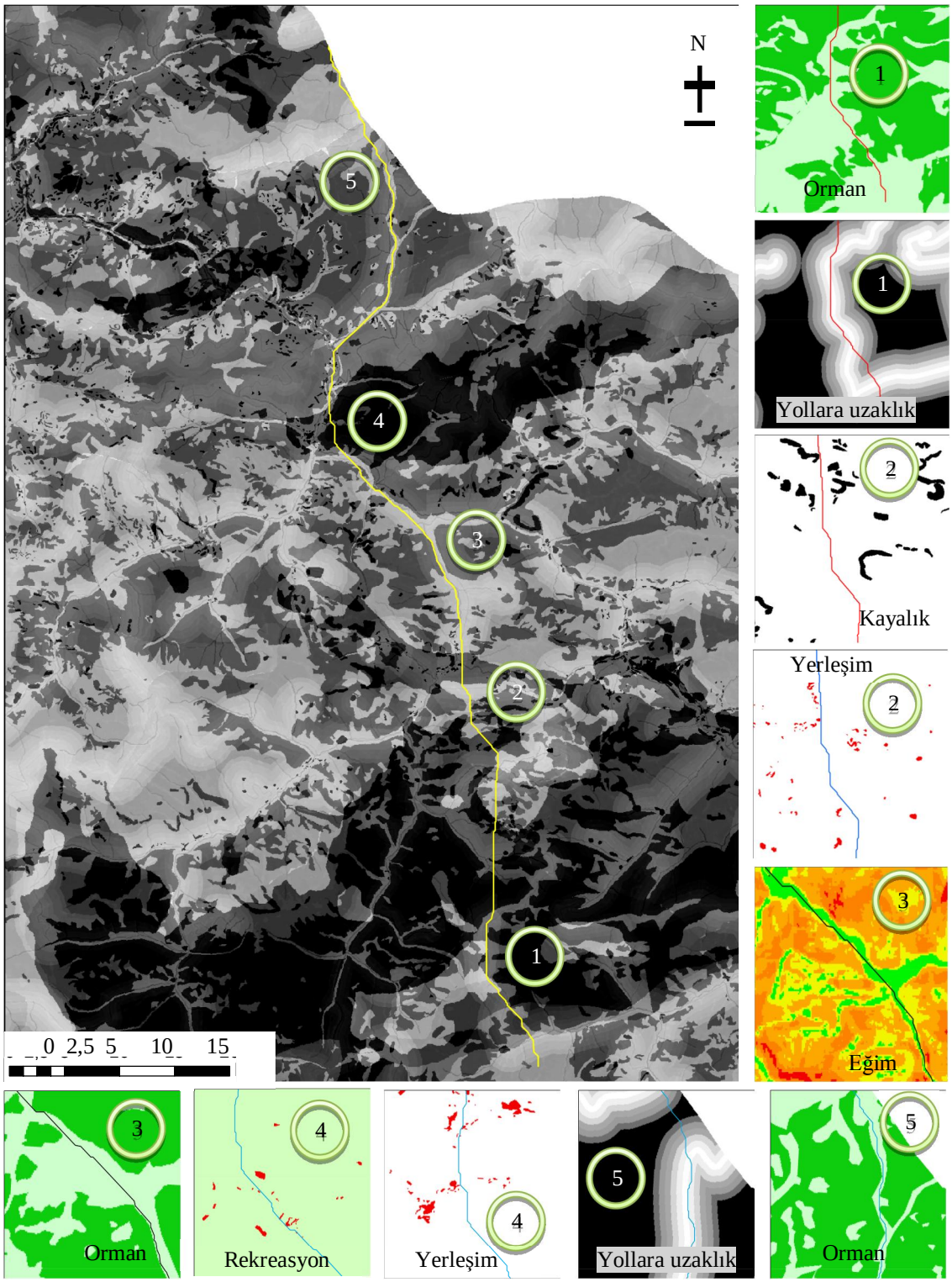
Oluşturulan AMH üzerinde, Bölüm 3.1.4'te anlatılan ArcMap programının CD – CP araç kutuları kullanılarak çalışma alanı üzerinde farklı başlangıç ve bitiş noktaları için güzergâhlar belirlenmiş, belirlenen güzergâhlar ve bu güzergâhların geçtiği yerlerdeki kaçındıkları alanların gösterimleri ve sırasıyla Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Güzergâhlar incelendiğinde algoritmanın AMH üzerinde geçiş zorluğu yüksek olan yerlerden kaçınarak en kısa ve en az maliyetli (optimum) güzergâhı seçtiği görülmektedir.



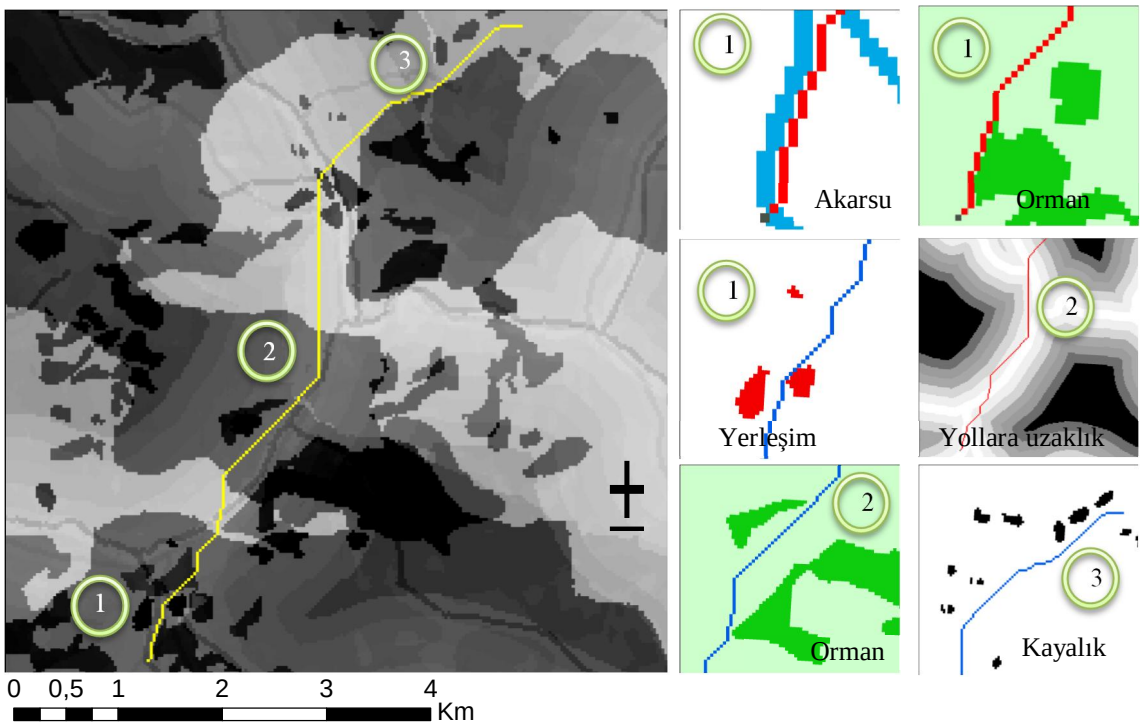
Şekil 4.7. Belirlenen ilk güzergâh ve güzergâhta kaçınılan alanlar



Şekil 4.8. Belirlenen ikinci güzergah ve güzergahta kaçınılan alanlar



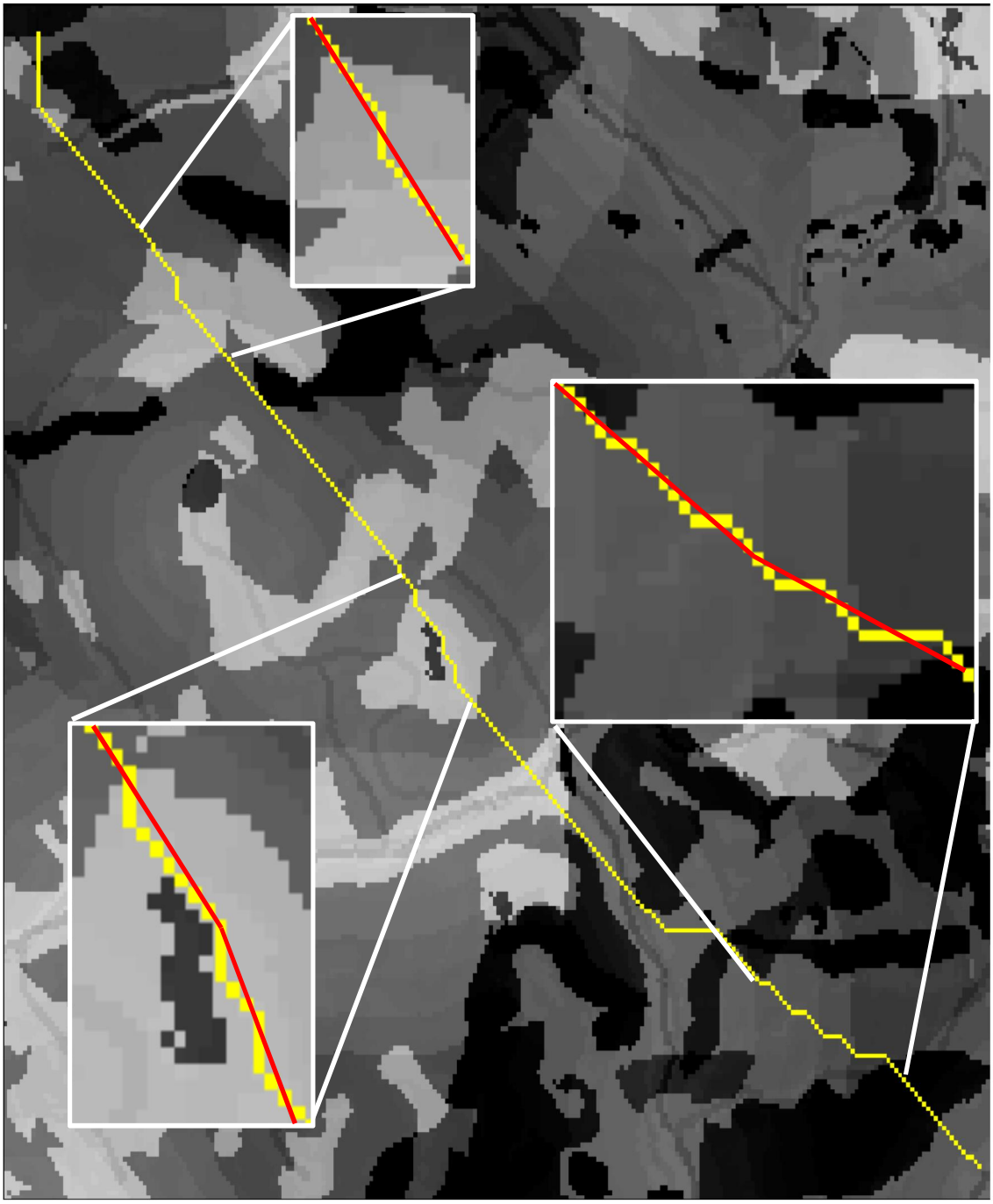
Şekil 4.9. Belirlenen üçüncü güzergâh ve güzergâhta kaçınılan alanlar



Şekil 4.10. Belirlenen dördüncü güzergâh ve güzergâhta kaçınılan alanlar

ArcMap yazılımının CD-CP araç kutusu ile belirlenen güzergâhlar incelendiğinde, Şekil 4.11'de gösterildiği gibi bazı durumlarda yüksek kırılma açısıyla fazla dönüşler yaptığı görülmüştür. Yukarıdaki örnek güzergâhlar incelendiğinde hattın dönüş yaptığı yerlerdeki açıların çoğunlukla 45 derece olduğu görülmektedir. ENH güzergâhı belirlenirken hattın kırılma açıları mümkün oldukça küçük tutulmaya çalışılır.

Hattın açı yaptığı yerlerdeki direk travers ve izolatör çeşitleri değişeceğinden hattın malzeme maliyeti artacaktır. CD-CP araç kutusuyla oluşturulan güzergâhlardaki yüksek kırılma açılı dönüşlerden dolayı bu araç kutusuna alternatif teşkil edebilecek algoritmalar geliştirilmiştir. Böylece oluşturulacak alternatif en iyi güzergâhlar arasından kırılma açısı daha az olanlar tercih edilebilecektir.



Şekil 4.11. CD-CP araç kutusuyla belirlenen güzergâhtaki hattın kırılma açıları

4.4. ENH Güzergâh Tespitinde Algoritmaların Kullanılması

ENH güzergâh tespiti çalışmalarında ArcMap yazılımının CD-CP araç kutusuna alternatif olarak literatürde yaygın olarak kullanılan ve kullanıcılara oldukça etkin çözümler sunan GA ve ABC algoritmaları kullanılmıştır.

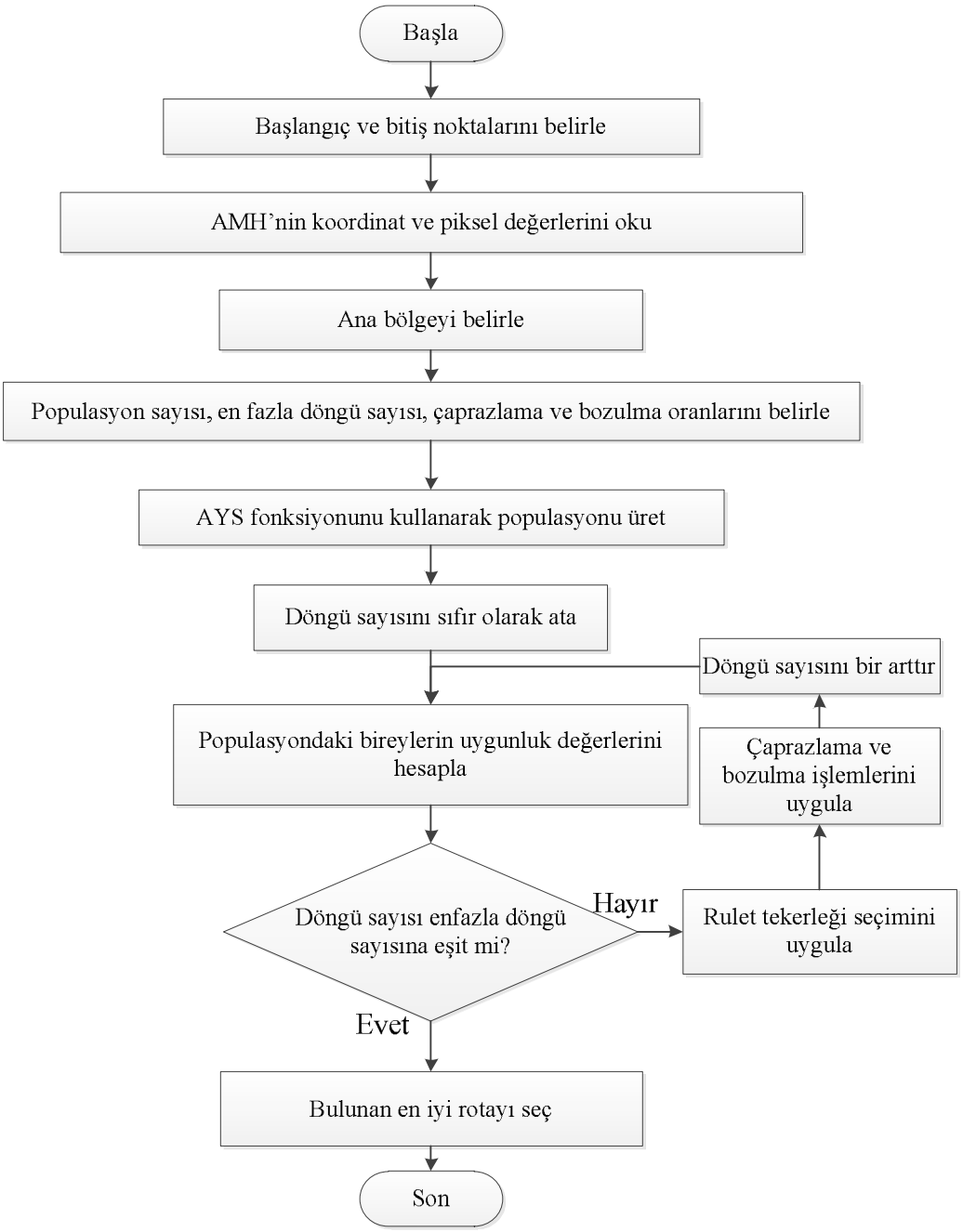
4.4.1. ENH güzergâh tespitinde GA

ENH güzergâh tespiti için oluşturulan AMH üzerinde Bölüm 3.2.1'de çalışma prensibi anlatılan ve Şekil 4.12'de ayrıntılı akış şeması gösterilen GA'nın koşturulabilmesi için haritanın nümerik matrissel forma dönüştürülmesi gerekmektedir. Öncelikle ArcMap programı kullanılarak piksel tabanlı harita, piksel değerleri, koordinatları vb. değerleri içeren "txt" dosyasına dönüştürülmüştür. Dönüştürülen bu dosya algoritmanın girdisi olarak kullanılarak döngüler yardımıyla tek tek piksel değerleri hafızaya alınmıştır. Böylece ArcMap ortamındaki harita, algoritmada kullanılmak üzere bilgisayara aktarılmıştır.

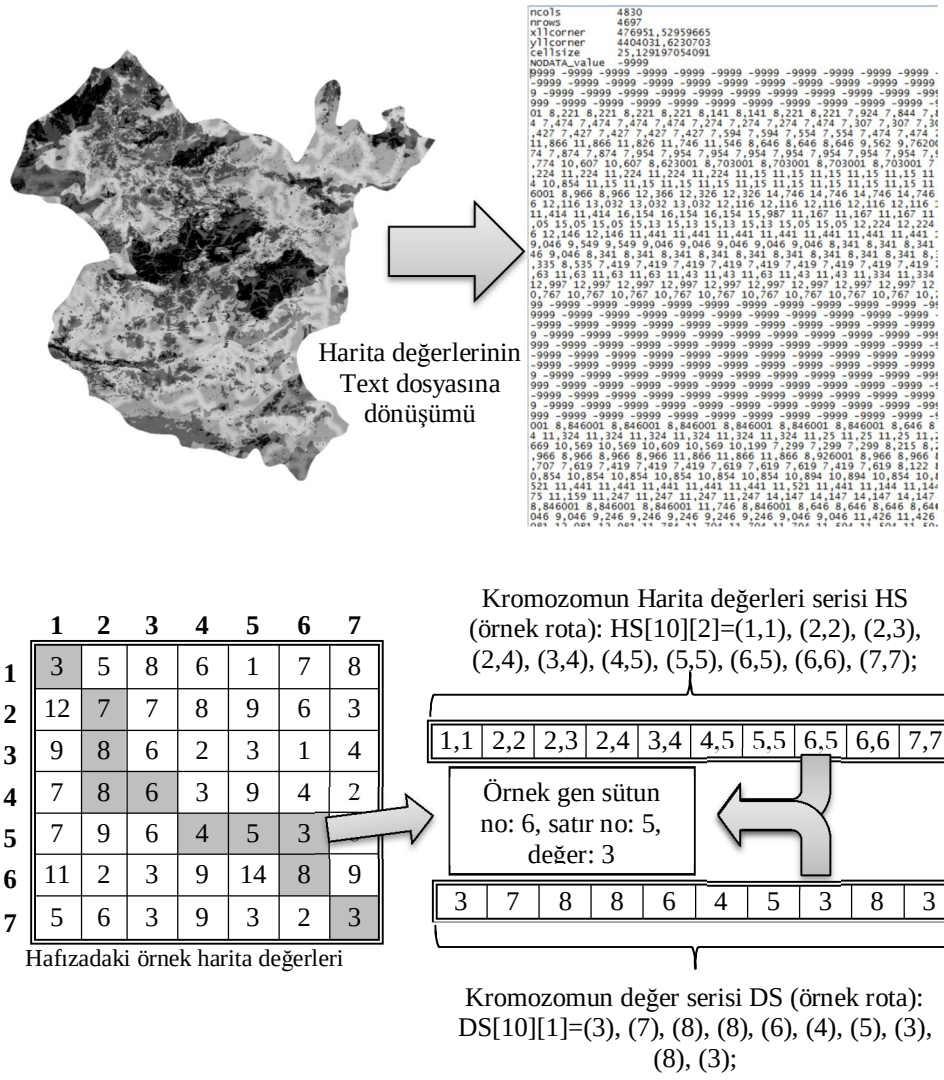
Genetik algoritmada popülasyonu oluşturan kromozomlar, harita üzerindeki piksellerin koordinatları (x ve y değerleri) kodlanarak oluşturulmuştur. X ve Y değerleri "," karakteriyle, pikseller arası ise boşluk (" ") karakteri ile kodlanmıştır. Böylece oluşturulan her bir güzergâh, x,y değerlerinden oluşan uzunca bir dizi değeri olarak kodlanmış ve genetik algoritmadaki bütün işlemler bu dizi değerleri üzerinden yapılmıştır.

Kromozomlar, Harita serisi (HS) ve Değer serisi (DS) olmak üzere iki seriden oluşmaktadır. HS'de haritadaki piksellerin X ve Y koordinat bilgileri tutulurken DS'de piksellerin değerleri tutulmaktadır (Şekil 4.13).

Çalışmaya uygulanan algoritmaların en zor ve en önemli bölümlerinden biri popülasyonun üretim fonksiyonudur. Bu çalışmada bir Akıllı Yön Sezen (AYS) üretim fonksiyonu geliştirilmiştir.



Şekil 4.12. Geliştirilen GA'nın ayrıntılı akış şeması

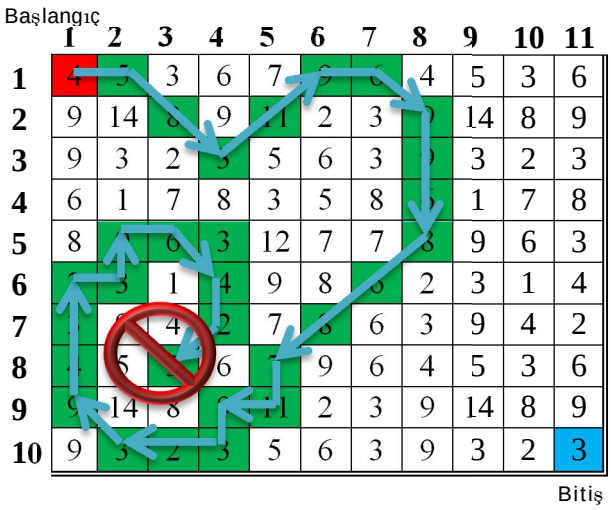


	1	2	3	4	5	6	7
1	3	5	8	6	1	7	8
2	12	7	7	8	9	6	3
3	9	8	6	2	3	1	4
4	7	8	6	3	9	4	2
5	7	9	6	4	5	3	
6	11	2	3	9	14	8	9
7	5	6	3	9	3	2	3

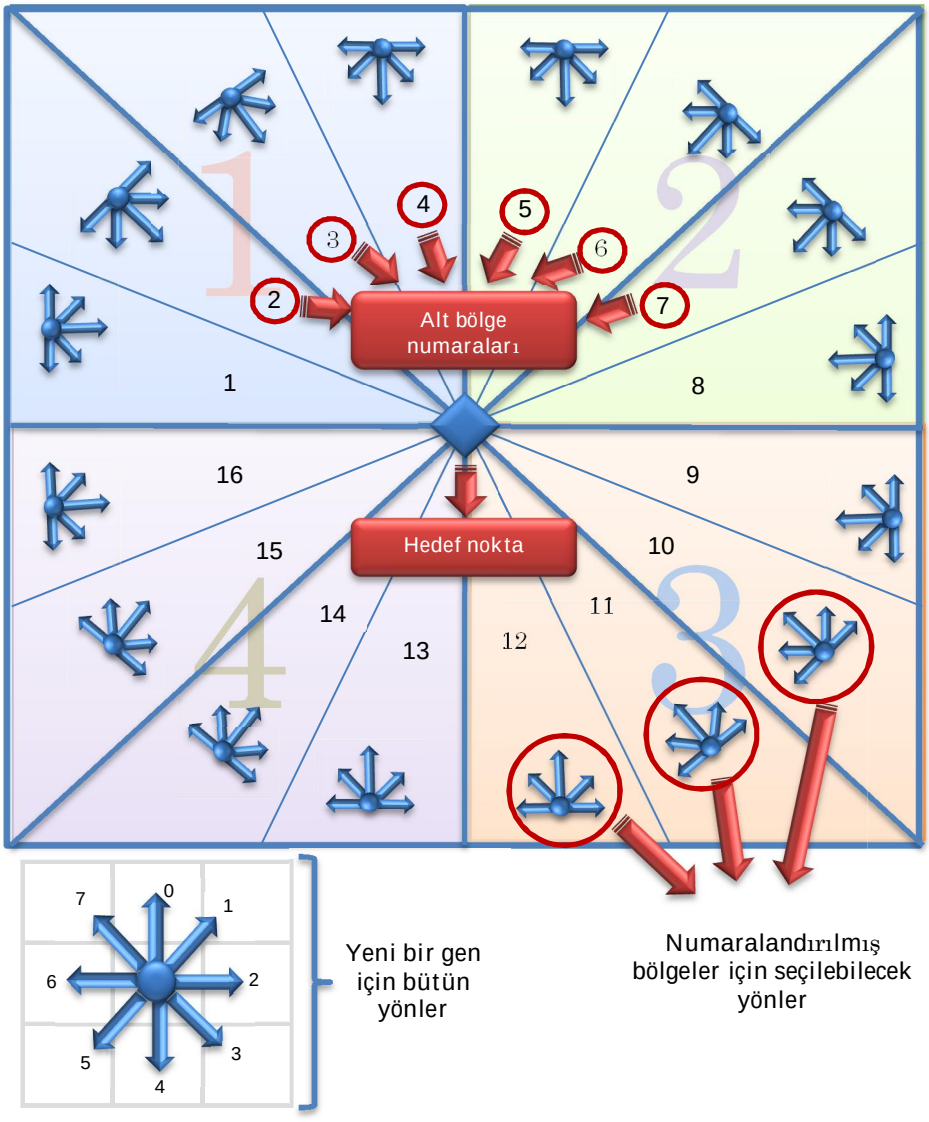
Şekil 4.13. Haritanın dönüşümü ve örnek bir kromozomun gösterimi

AYS'nin geliştirilmesinde ilk olarak başlangıç geninden bitiş genine kadar rasgele genler seçilir. Rotanın kesilmemesi için yeni seçilecek genler mevcut genin çevresindeki genlerden seçilmelidir. Kesim kontrolü denen bu kontrol her gen seçiminde yapılmaktadır. Üretim fonksiyonu hedef gene ulaşıldığında sonlanmaktadır. Fakat bu rasgele seçim fonksiyonunda rota Şekil 4.14'te gösterildiği gibi bazen bir yılan gibi kendi etrafında döngü yaparak sonsuz döngülere neden olmaktadır. Algoritmanın bu sonsuz döngülerden kurtarılması algoritmayı oldukça yavaşlatmaktadır.

Bu sonsuz döngülere girilmemesi için Şekil 4.15'te gösterilen dört ana bölge tanımlanmıştır.



Şekil 4.14. Rasgele üretimde sonsuz döngü

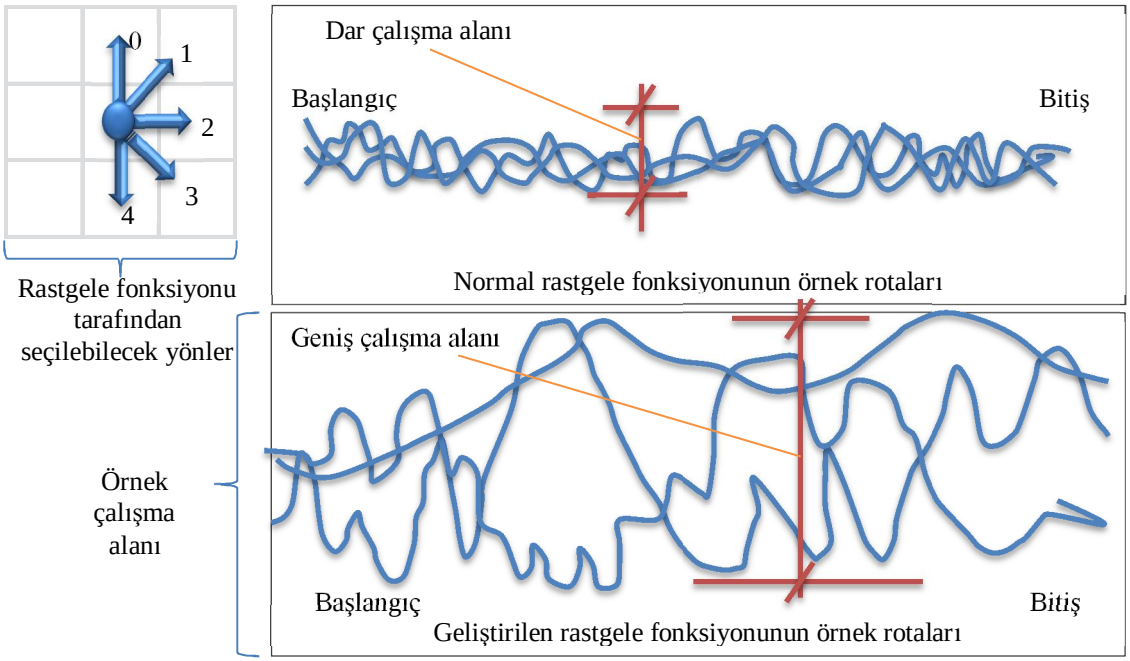


Şekil 4.15. Bölünmüş bölgelerdeki seçilebilecek yönler

Bu ana bölgeler başlangıç ve hedef genin pozisyonuna göre tayin edilmektedir. Bu ana bölge tayini, gidilecek yönün belirlenmesinde ve alt bölgelerin açısal hesaplamalarında önem teşkil etmektedir. Daha sonra seçilecek yeni genin seçiminde mevcut genin etrafındaki sınırlandırılmış yönlerin seçimi için başlangıç ve hedef gen arasında açısal bir hesap yapılarak alt bölge tayini yapılır. Alt bölgeler, hedef gene ulaşmada oluşan sonsuz döngüleri önlemek için kullanılmaktadır. Gen tekrar kontrolü her gen seçiminde yapılmaktadır. AYS üretim fonksiyonu ile gereksiz rota parçalarının üretimi azaltılarak üretim fonksiyonunun hızı artmaktadır. Kullanılan bütün kontroller, tekrar seçim kontrolü, sonsuz döngü kontrolü, ana-alt bölge kontrolü, yön kontrolü, başlangıç-bitiş gen kontrolü, kesim kontrolü ve en fazla izin verilen döngü kontrolü olarak sıralanmaktadır.

Gen üretiminde kullanılan rastgele fonksiyonunun büyük çevrim sayılarında tekrarlar yapması dolayısıyla yeni bir rastgele fonksiyonu geliştirilmiştir. Bu tekrarların neticesinde belirlenen rota, yönünü genişleterek alternatif yollar bulmayarak kısıtlanmış yönlerin ortalaması istikametine doğru gitmektedir. Örnek olarak, kısıtlanmış yönler Şekil 4.15'teki birinci ya da on altıncı alt bölgede 0, 1, 2, 3, 4 olduğu varsayılırsa, rota farklı yönleri seçerek dar bir alanda yönlerin ortalaması olan 2 istikametine doğru gitmektedir. Geliştirilen rastgele fonksiyonunda, Şekil 4.16'da örnek rotalarda gösterildiği gibi rota bir istikamete doğru (örneğin 1) farklı yönleri kullanarak gittikten sonra başka bir istikamete dönerek (örneğin 3) yine farklı yönleri farklı seçim ihtimallerinde kullanarak çalışma alanının daha geniş bölgelerinin kullanımı sağlanmaktadır.

Geliştirilen rastgele fonksiyonu ile örnek rotalar, çalışma alanının tamamını kapsayarak popülasyonda çeşitliliğin arttırılması, dolayısıyla algoritmanın gücünün arttırılması sağlanmaktadır. AYS ve rastgele seçim fonksiyonu GA ve ABC algoritmalarında kullanılmıştır.



Şekil 4.16. Klasik ve geliştirilen rastgele fonksiyonu rotalarının çalışma alanları üzerinde gösterimi

Popülasyon belirlendikten sonra, popülasyondaki rotaların toplam ağırlık değerleri, daha önce matrissel formatta hafızaya alınan piksel değerlerinden x ve y adreslerine göre bulunur ve toplanarak elde edilir. Popülasyondaki bütün rotaların değerleri belirlendikten sonra rulet tekerleği seçiminin yapılabilmesi için rotaların toplam ağırlık değerleri bulunur ve her rota ağırlık değerinin (geçiş zorluk değerinin) büyüklüğüyle ters orantılı olarak seçilir. Bu seçimde ağırlık değeri büyük olan rotalar, yani ENH güzergâh geçişinin zor olduğu rotaların seçilme olasılığı düşmektedir. Rulet tekerleği seçimi yapıldıktan sonra seçilen rotalar ağırlık değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanır. Ve çaprazlama işlemine geçilir.

Çaprazlama işlemi, oluşturulan rotalarda ortak iki x ve y (Şekil 4.17'de yeşille gösterilen piksel değeri 7 (2,2) ve 5 (5,5)) değerli piksel arasındaki küçük rota parçalarının değişimi ile olur (Şekil 4.17). Şekil 4.17'deki birinci rotanın (Kırmızı) ikinci rota (Mavi) ile kesişimi arasında kalan ikinci rotanın parçasının ağırlık değeri (7+8+9+3+9=36), birinci rotanın parçasının ağırlık değerinden (8+8+6+4=28) daha küçükse çaprazlama işlemi gerçekleşir. Böylece birinci rotanın geçiş güzergâhı değişerek daha az maliyetli bir güzergâh oluşturulmuş olur. Bu çalışmada rulet tekerleği seçimiyle elde edilen rotaların her biri birbirleriyle karşılaştırılarak çaprazlama işlemi yapılmıştır. Böylece seçilen popülasyondaki rotaların birbirleriyle çakışan parçalarının

	1	2	3	4	5	6	7
1	3	5	8	6	1	7	8
2	12	7	7	8	9	6	3
3	9	8	6	2	3	1	4
4	7	8	6	3	9	4	2
5	7	9	6	4	5	3	6
6	11	2	3	9	14	8	9
7	5	6	3	9	3	2	3

Şekil 4.17.İki farklı rotanın iki ayrı noktasında kesişmesiyle çaprazlama işleminin gerçekleştirilmesi

daha az maliyetli olan kısımları birbirlerine aktarılarak rotaların ağırlık değerleri azaltılmış dolayısıyla daha az maliyetli güzergâhlardan geçilmeye çalışılmıştır

Mutasyon işlemi, çaprazlama işleminden elde edilen rotaların sıralanmasıyla oluşturulan son popülasyonun ilk üç bireyine uygulanmıştır. Bu işlem, rotaların geçtiği piksellerden rastgele başlangıç ve bitiş noktaları seçilerek bu noktalar arasında değişiklik yapılarak gerçekleştirilir. Şekil 4.18'de koordinatları 2,2 ve 5,5 olan pikseller arasındaki mevcut rota parçasına mutasyon yapılarak yeni bir rota parçası elde edilir. Eğer elde edilen yeni parça eski parçadan daha küçük geçiş zorluğu değerine sahipse eski parça yeni rota parçasıyla değiştirilir.

Popülasyon üretimi, rulet tekerleği seçimi, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinden sonra elde edilen rotalar ağırlık değerlerine göre sıralanarak en düşük ağırlık değerli rota en optimum güzergâh olarak alınabilir. Mutasyon işleminin uygulandığı rotaların sayısı arttırılarak daha çok rota seçeneği elde edilerek farklı rotalar arasında kıyaslama yapılabilir. Fakat popülasyon sayısı, çaprazlama ya da mutasyon adedi arttığında algoritmanın bitirme süresi de doğru orantılı olarak artmaktadır.

	1	2	3	4	5	6	7
1	3	5	8	6	1	7	8
2	12	7	7	8	9	6	3
3	9	8	6	2	3	1	4
4	7	8	6	3	9	4	2
5	7	9	6	4	5	3	6
6	11	2	3	9	14	8	9
7	5	6	3	9	3	2	3

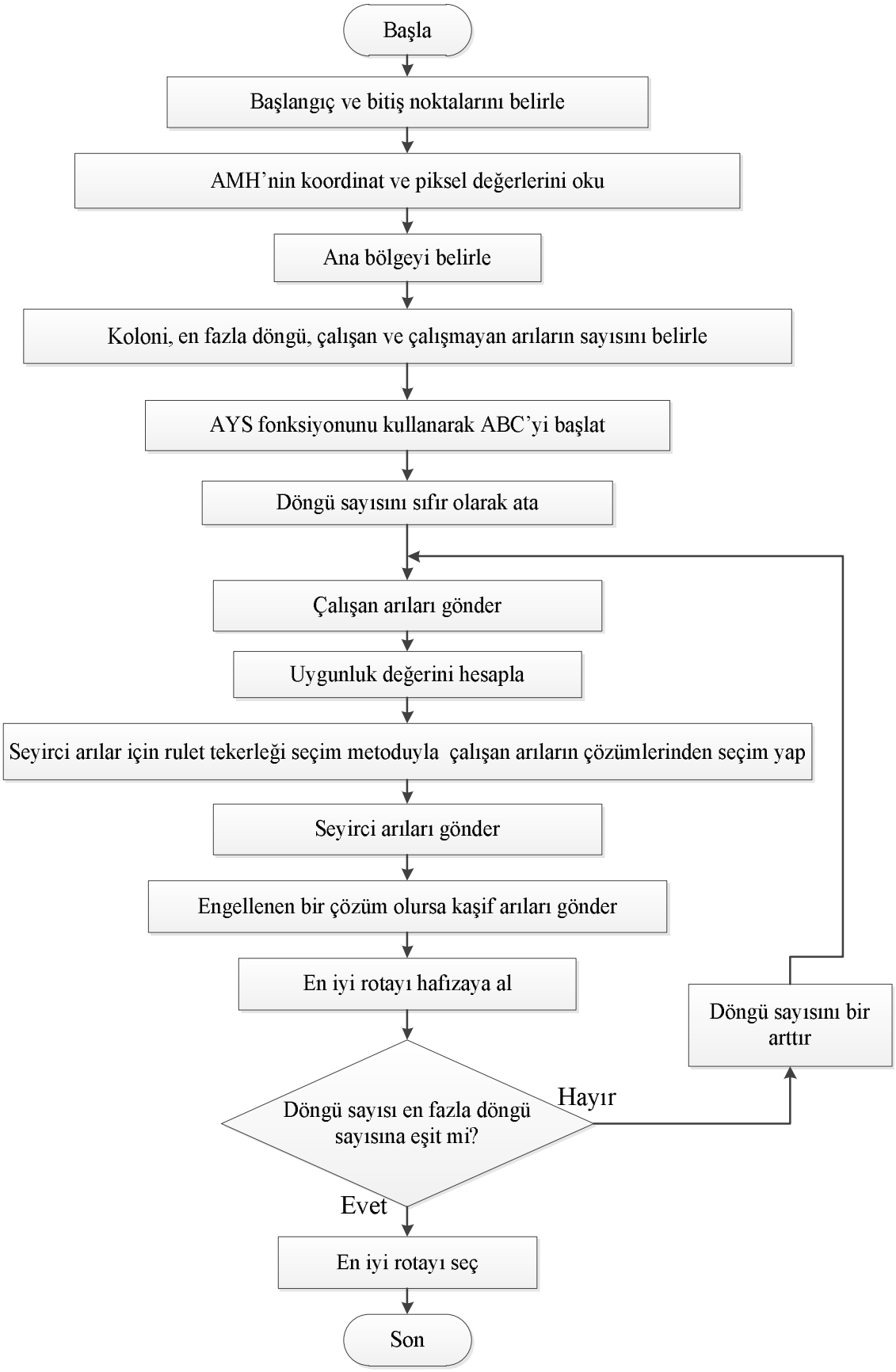
Şekil 4.18. Rotalara uygulanan mutasyon işlemi

4.4.2. ENH güzergâh tespitinde ABC algoritması

Genetik algoritmada kullanılan rastgele popülasyon üretilmesi, rulet seçimi yeni çözüm üretilmesi gibi bazı fonksiyonlar Bölüm 3.2.2'de çalışma prensibi anlatılan ve Şekil 4.19'da ayrıntılı akış şeması verilen ABC algoritmasında da kullanılmıştır. ABC algoritmasında, bir işçi arının bulduğu bir çözümden diğer gözcü arıların (çalışmayan) yeni çözümler üretmesi yani rasgele başlangıç ve bitiş noktası belirleyerek rota üzerinde yeni bir rota parçasının eklenmesiyle olur. Eğer oluşturulan rota parçası daha iyi ise bu parça mevcut rota parçasının yerine eklenir.

Eğer bir rotanın hafızadaki yeri, birden fazla döngü yapılmasına rağmen değişmiyorsa (iyileştirme yapılamıyorsa) bu rotanın yerine kâşif arılarca yeni bir rota belirlenir.

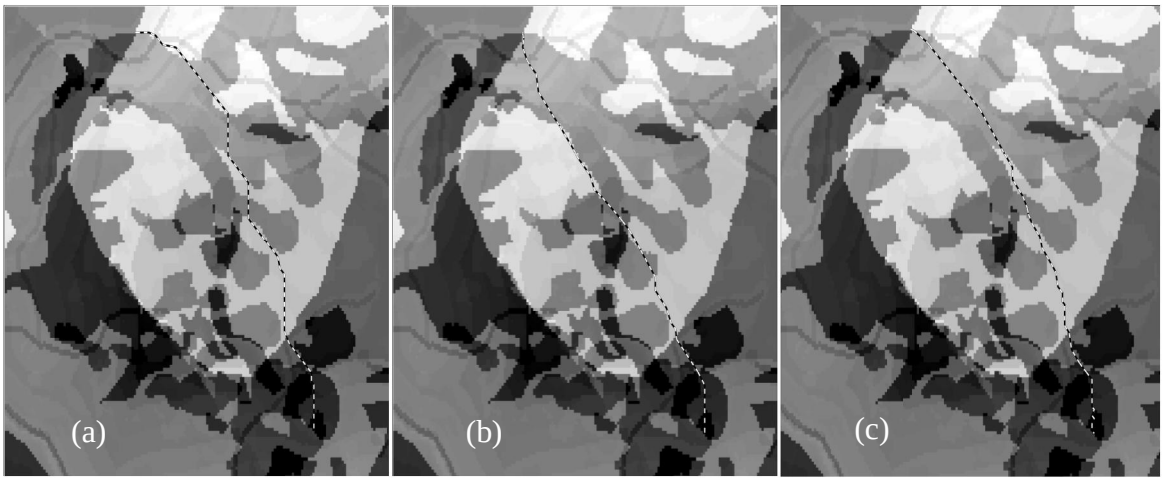
GA ve ABC algoritmalarının son adımı olarak algoritmalardan elde edilen matrissel formdaki rota bilgileri ArcMap programının okuyabileceği ".txt" dosyasına çevrilerek program yardımıyla piksel tabanlı haritaya dönüştürülür.



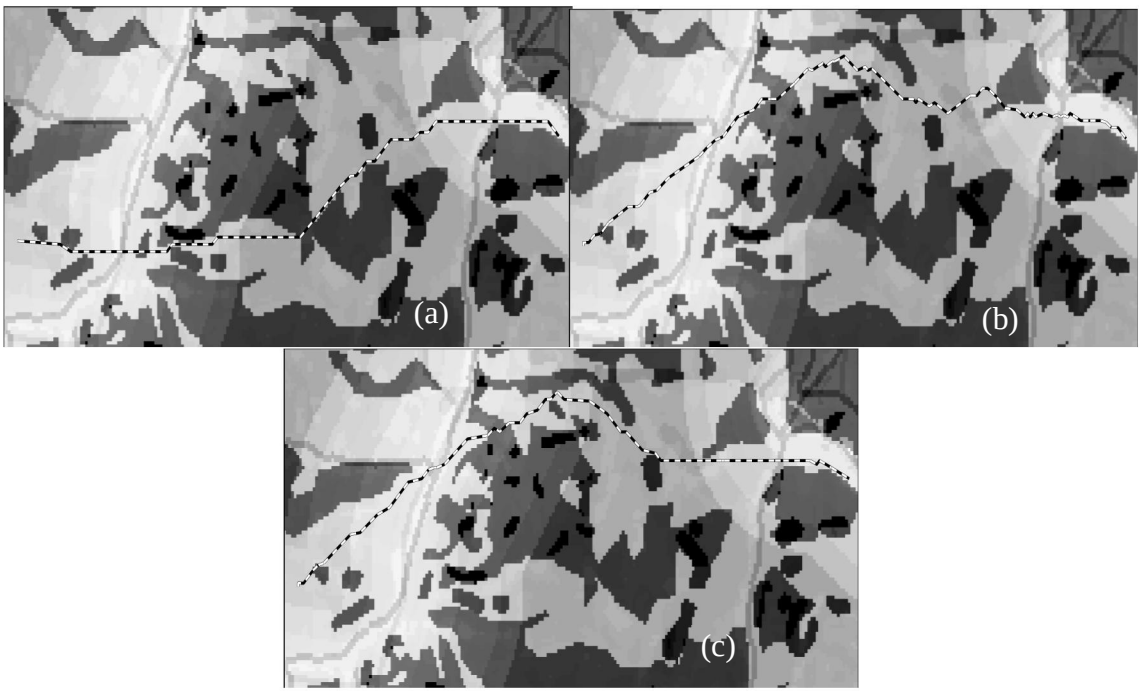
Şekil 4.19. ABC algoritmasının ayrıntılı akış şeması

4.4.3. CD-CP araç kutusu ve geliştirilen algoritmaların karşılaştırılması

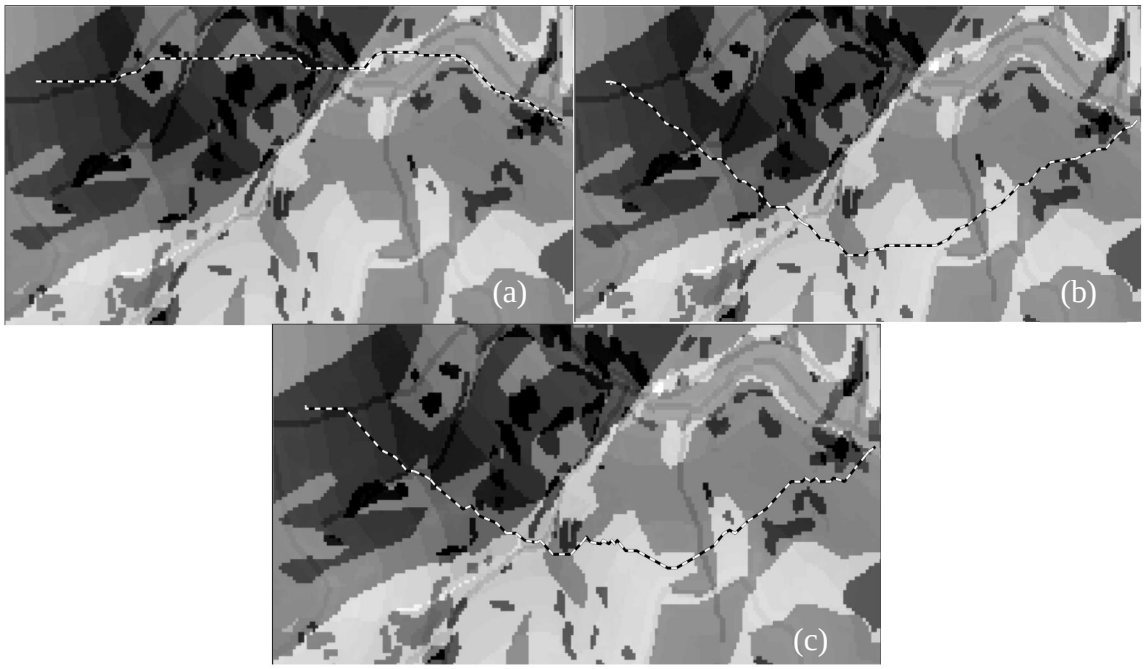
CD-CP araç kutusu, GA ve ABC algoritmalarının piksel tabanlı AMH üzerinde güzergâh bulma performanslarının karşılaştırılabilmesi için üç farklı başlangıç ve bitiş noktası seçilmiş ve elde edilen güzergâhlar Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Birinci güzergâh için elde edilen rotalar (ArcMap (a), ABC (b) ve GA (c))



Şekil 4.21. İkinci güzergâh için elde edilen rotalar (ArcMap (a), ABC (b) ve GA (c))



Şekil 4.22. Üçüncü güzergâh için elde edilen rotalar (ArcMap (a), ABC (b) ve GA (c))

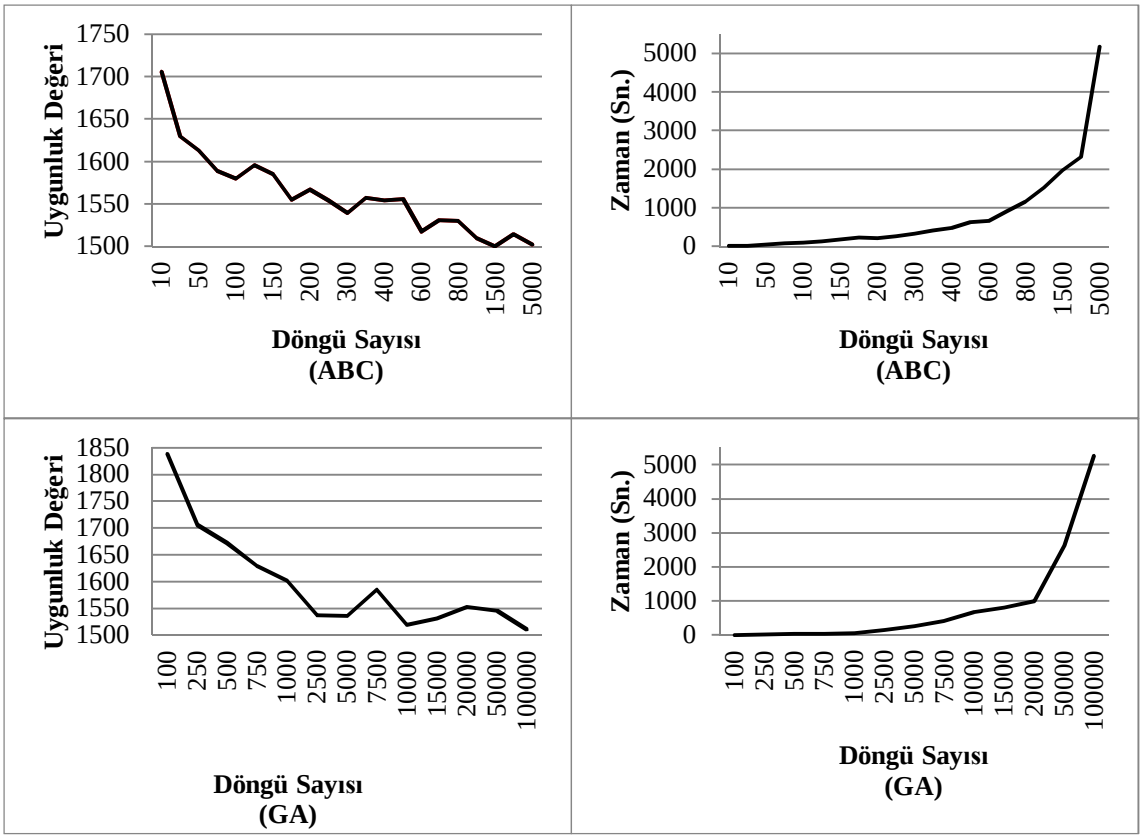
Yukarıda gösterilen şekillerdeki rotalar ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde, rotaların birbirine yakınlığı, Genetik algoritma ve ABC algoritmasıyla yazılan programların çalışmasının doğruluğunu göstermektedir. Rotaların birbirlerinin aynı olmaması kullanıcıya seçim yapabilmesi için daha geniş bir yelpaze sunmaktadır. Her bir algoritmanın kendine göre bazı avantajları ve dezavantajlarının olduğu algoritmaların koşturulması esnasında ya da sonuç rotaların kıyaslanmasından anlaşılmaktadır. Örneğin ArcMap programının algoritması hızlı olmasına rağmen, neticede oluşturulan rotalarda hat kırılma açılarının Şekil 4.11 ve Şekil 4.20'de görüldüğü gibi keskin yapılması bir dezavantajdır. Genetik ve ABC algoritmaları ArcMap programının algoritmasına göre daha yavaş çalışmasına rağmen daha az maliyetli, daha küçük hat kırılma açılı güzergâhları bulabilmektedirler.

Algoritmaların bir çok kez koşturularak denenmesiyle en uygun popülasyon-koloni sayısı olarak ABC için 50, GA için 100 ve en fazla döngü sayısı ABC için 500-1,000 arası, GA için 5,000-100,000 arası olarak kabul edilmiştir. Yapay arıların sayısı koloninin yarısı olarak kabul edilmiştir (Karaboğa, 2005).

Geliştirilen algoritmaların rasgele özelliğinden (karakterinden) dolayı en uygun çözüm, ilk koşturmada bulunabileceği gibi çok kötü çözümlerin rasgele seçilmesiyle birçok koşturmanın sonucunda da elde edilebilmektedir. Döngü, koloni-popülasyon ve arıların sayıları eşit seçilmesi durumunda, sonuç rotaların uygunluk değerleri (piksel değerlerinin toplamı) her koşturmada farklı değerler alabilmektedir. Şekil 4.20'deki

birinci güzergâh için GA ve ABC algoritmalarının farklı koşturmalar için sonuçları Şekil 4.23'te gösterilmektedir.

Bu üç çalışma alanı için bulunan rotalardan GA ve ABC algoritmalarının buldukları rotaların uygunluk değerleri ArcMap yazılımının CD-CP araç kutusunun bulduğu uygunluk değerlerinden daha küçüktür. Fakat algoritmaların zaman performansı CD-CP araç kutusunun zaman performansı kadar iyi değildir. Çizelge 4.9'da üç farklı çalışma alanı için bulunan rotaların uygunluk değerleri gösterilmektedir. Çizelge 4.9, Şekil 4.23 ve yapılan diğer birçok deneme koşturmalarına göre ABC algoritmasının performansı GA'ya göre daha iyidir. CD-CP araç kutusunun zaman performansının iyi olmasına karşın, geliştirilen algoritmalar tarafından bulunan daha fazla rota alternatifleriyle, Şekil 4.20'de olduğu gibi daha iyi ve daha düz rotalar bulabilmektedir. Uzun iletim hatlarında güzergâhın maliyeti önemli olduğu için, algoritmalar tarafından bulunan daha düşük uygunluk değerli rotalar zaman performanslarının daha düşük olmasına rağmen tercih edilebilir. Bu nedenle ENH güzergâh tespiti çalışmalarında, CD-CP araç kutusuna alternatif olarak geliştirilen algoritmalar kullanılmalıdırlar.



Şekil 4.23. Birinci güzergâh için GA ve ABC algoritmalarının farklı koşturmalar için sonuçları

Çizelge 4.9. üç farklı çalışma alanı için bulunan rotaların uygunluk değerleri

Şekil	Uygunluk Değerleri		
	ABC	GA	CD - CP
Şekil 4.20	1500	1511	1517
Şekil 4.21	1744	1745	1748
Şekil 4.22	2299	2350	2397

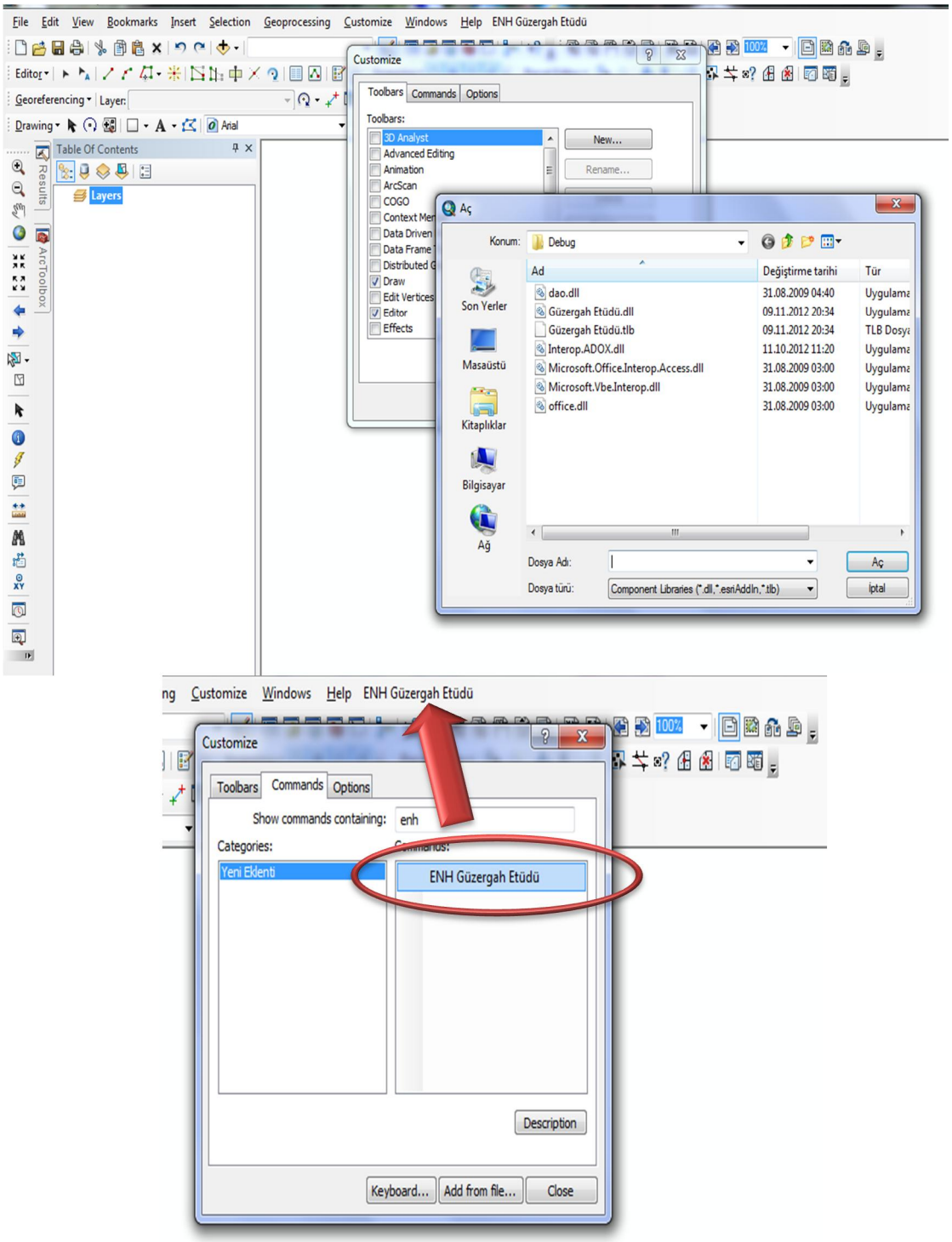
4.4.4. ENH güzergâh tespiti çalışmaları için arayüz tasarımı

Bilindiği üzere CBS yazılımları çok fonksiyonları içeren oldukça karmaşık yazılımlardır. ENH güzergâh tespitinin CBS yazılımlarıyla yapılması çalışmalarında kullanıcıların çok farklı fonksiyonları kullanmaları bu işlemi zorlaştırmaktadır. Kullanıcılara, güzergâh tespitinde kullanılan tüm fonksiyonların hiyerarşik bir sırayla bir arayüz şeklinde sunulması kullanıcıların güzergâh tespiti çalışmalarında zamandan tasarruf sağlayarak işlemlerini kolaylaştıracaktır. Bu amaçla, CBS yazılımları içinde yaygın olarak kullanılan ArcMap yazılımına, ENH güzergâhı belirleme çalışmalarında, kullanıcılar tarafından takip edilen adımları gerçekleştirebilecek bir arayüz tasarlanmıştır.

Yaklaşık on üç bin dört yüz satır kod ihtiva eden arayüz, Microsoft tarafından kullanılan .NET Framework için kod geliştirmek ve desteklemek için geliştirilen, oldukça geniş bir kütüphaneye sahip ve Windows tabanlı programların geliştirilmesinde oldukça yaygın olarak kullanılan C# programlama dili yardımıyla tasarlanmıştır.

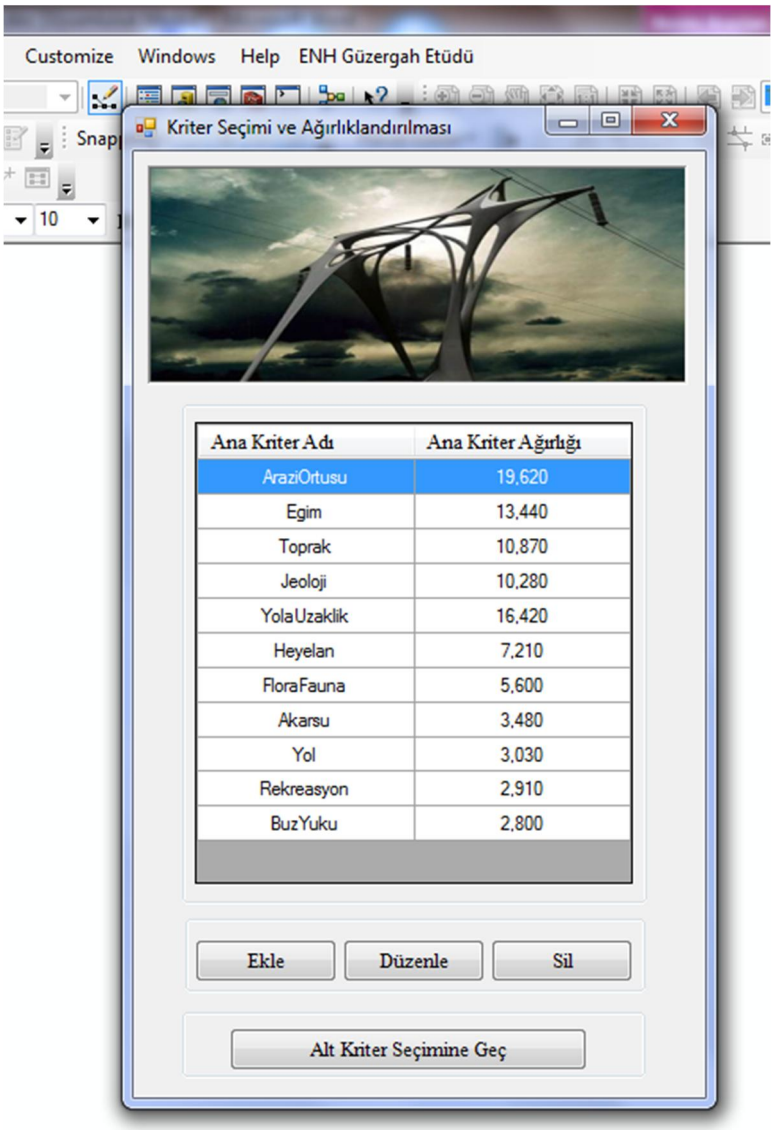
Güzergâh belirleme programı arayüzü oluşturulmadan önce, bu arayüzün ArcMap programına bütünleşmiş bir program şeklinde mi, yoksa ayrı bir program şeklinde mi dizayn edilmesine karar verilmesi gerekmektedir. Arayüzdeki birçok işlemin ArcMap yazılımı yardımıyla gerçekleştirilmesinden dolayı arayüz, ArcMap programına bütünleştirilmiştir.

Arayüz ArcMap yazılımında, kullanıcının kolayca erişebilmesi için menü çubuklarına, Visual Studio programında C# programlama dili ile “ArcMap Add-in” proje seçeneklerinden “Base Command” seçeneği seçilerek yerleştirilmiştir. Kullanıcı, Şekil 4.24’te gösterildiği gibi oluşturulan ara yüzü ArcMap programının herhangi bir yerine, “Customize” menüsünden “Customize mode” seçeneğini seçerek, açılan pencerede “Add from file” kutucuğu yardımıyla Visual Studio programında derlenen “.dll” dosyasını programa girerek ekleyebilmektedir.



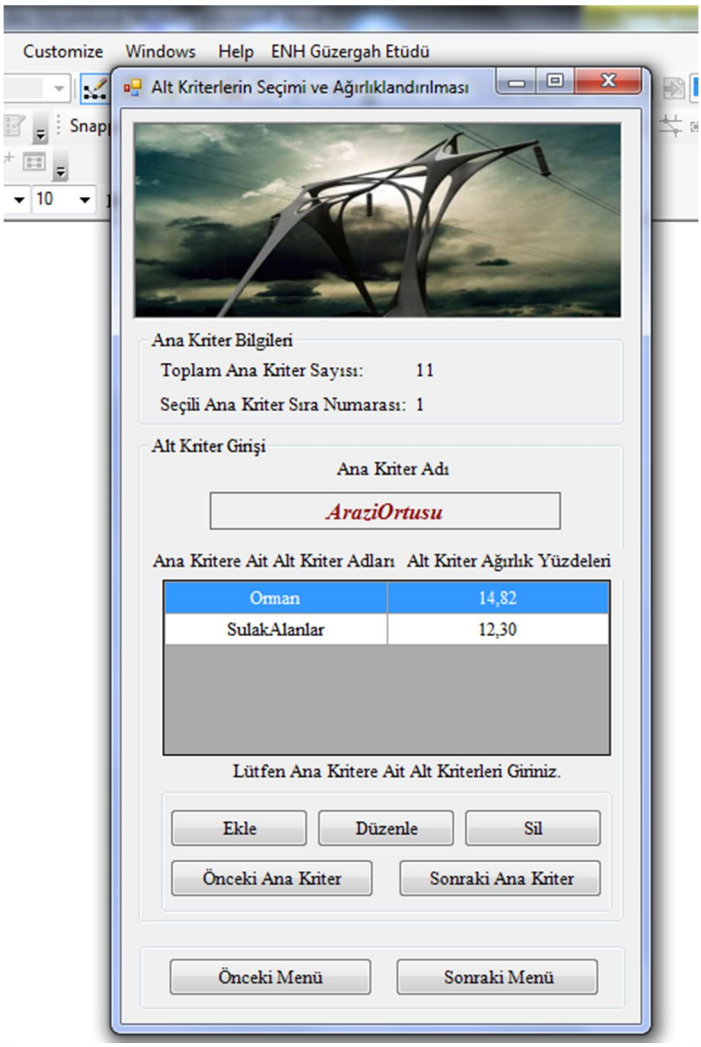
Şekil 4.24. Ara yüzün ArcMap programına eklenmesi

Ara yüzde, Şekil 4.25'te gösterildiği gibi kullanıcının kriterler ve ağırlıkları üzerinde ekleme, çıkarma ve düzenleme işlemlerini kolaylıkla yapabilmesi ve bu işlemleri kaydedip daha sonradan kullanabilmesi için Microsoft Access dosyasına erişebilen bir veri tabanı kullanılmıştır.



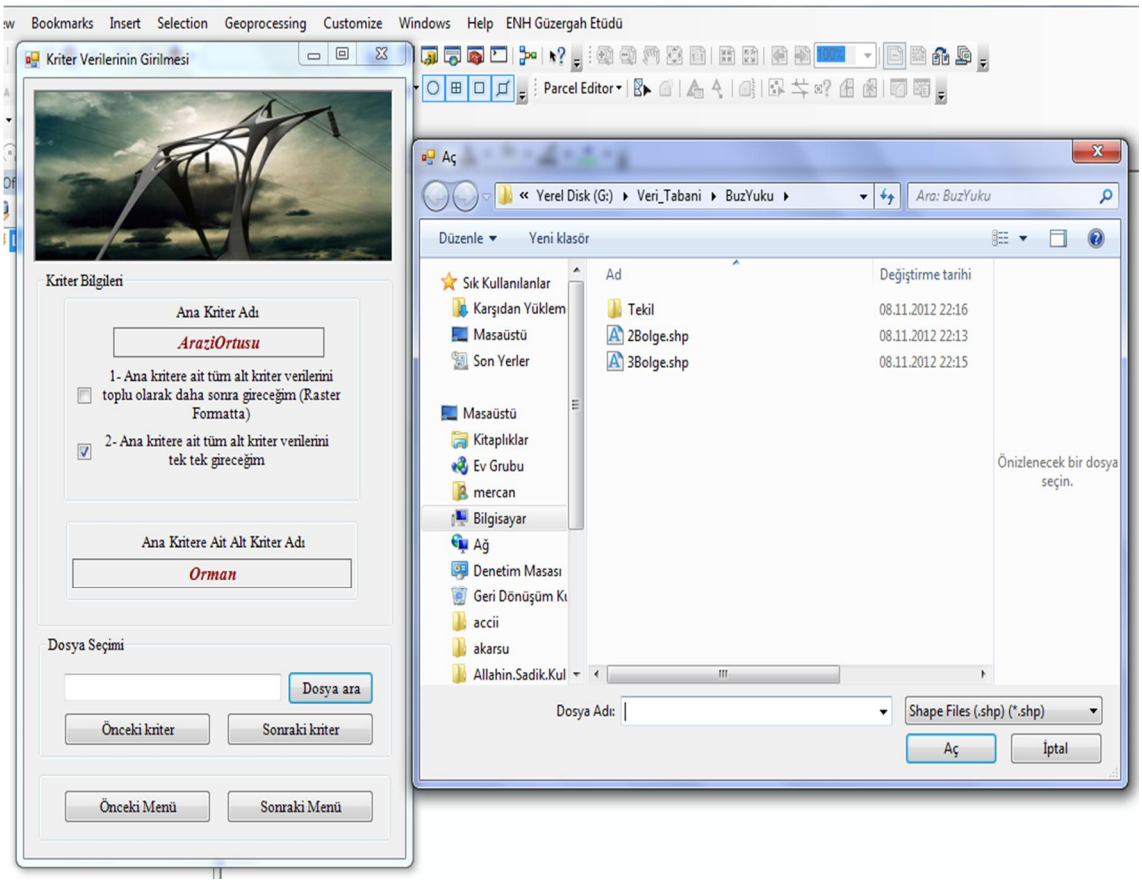
Şekil 4.25. Ana kriterler ve ağırlık yüzdelerinin girilmesi penceresi

Veri tabanında ana kriterler tablosu oluşturulduktan sonra her bir ana kriter adına ait bir alt kriter tablosu oluşturularak kullanıcının güzergâh tespitini etkileyen alt kriterler ve ağırlık yüzdeleri üzerinde ekleme, çıkarma ve düzenleme işlemlerini yapabilmesi (Şekil 4.26), bu pencerelerde "Sonraki" yada "Önceki" butonları yardımıyla veri tabanındaki tüm değerlere erişimi ve kullanıcının yapmış olduğu hataları düzeltebilmesi için pencereler arası geçiş yapabilmesi sağlanmıştır. Programın dizisel boşluklardan kaynaklanan hatalara düşmemesi için, butonlar ve göstergeler arasındaki bütün kontroller yapılmıştır.



Şekil 4.26. Ana kriterlere ait alt kriterlerin düzenlenmesi penceresi

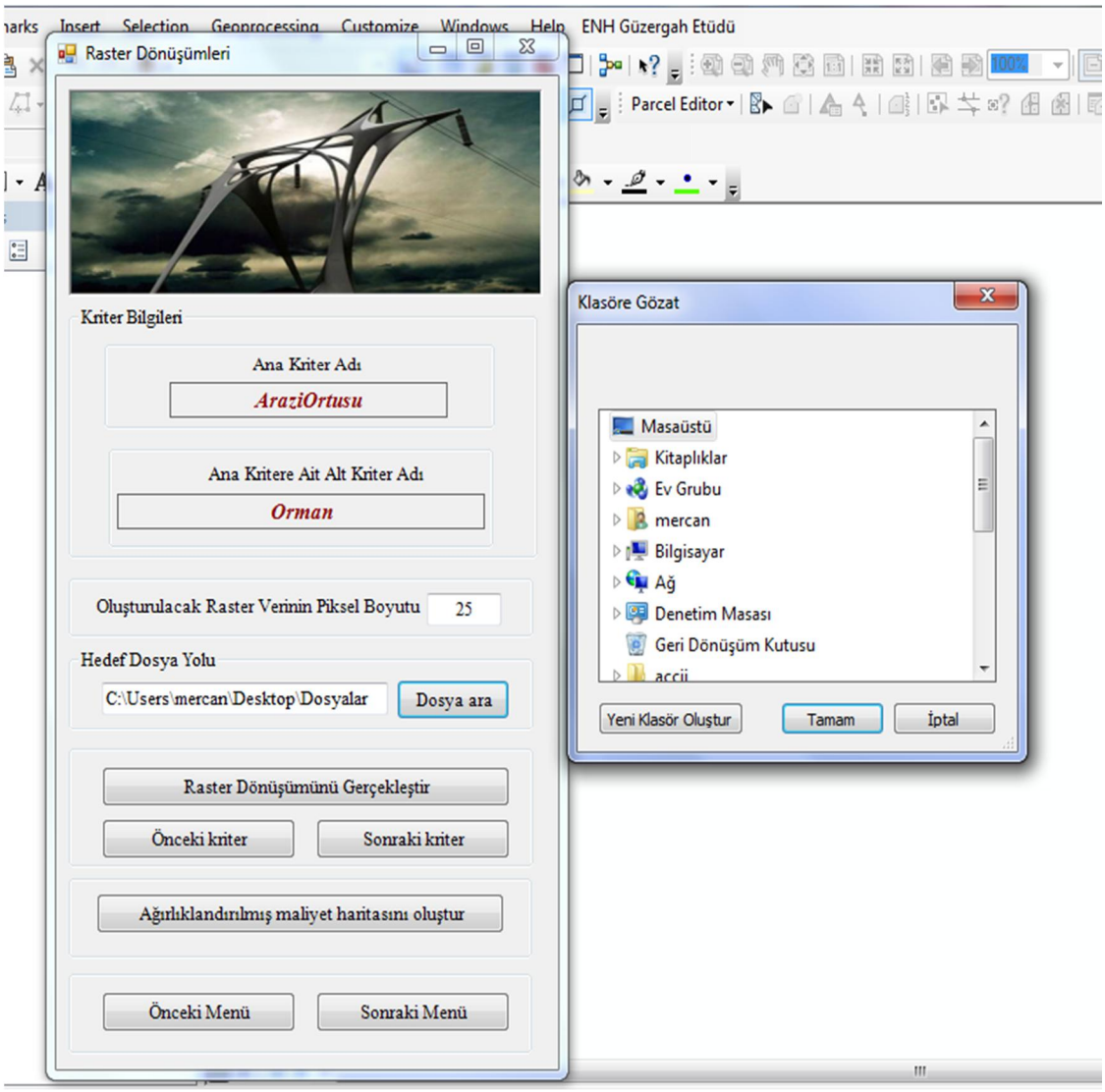
Bir sonraki menüde (Şekil 4.27), kullanıcının girilen tüm kriterlere ait verileri girilebilmesi için dosya seçim kutusu kullanılmıştır. Ayrıca kullanıcının ana kritere ait alt kriterler verilerini toplu olarak daha sonra raster olarak girmesine olanak sağlamak için kontrol kutucukları konulmuştur. Dosya açma menüsünde seçilen kriterlere ait dosyaların adresleri, daha sonra işlemlere tabi tutulmak üzere birer birer kaydedilmiştir. Bu menüde tüm alt kriterlere ait dosya adresleri hafızaya alınmaktadır. Kullanıcının kriterleri atlayarak işlemlerde hata yapılmasını önlemek amacıyla geçişlerde tüm adreslerin kontrolü yapılmıştır.



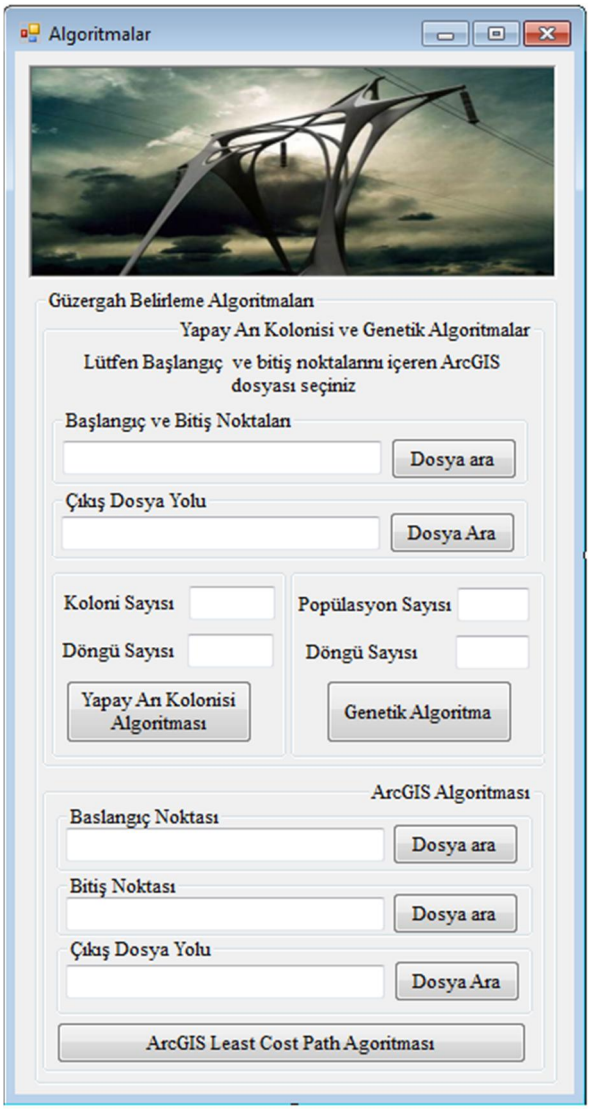
Şekil 4.27. Verilerin girilmesi ve hafızaya alınması penceresi

Sonraki menüde (Şekil 4.28), bilgileri ve adresleri hafızaya alınan kriterlerin kullanıcı tarafından belirlenen piksel boyutunda istenilen dosya yoluna kaydedilmek üzere raster formata dönüşümleri ArcMap programında ilgili komutlar ara yüzde çalıştırılarak sağlanmıştır. Bütün kriterlerin dönüşümü yapıldıktan sonra verilerin arka planda veri tabanına erişim sağlanarak ve ağırlık yüzde değerleri hesaplanarak girilmesi sağlanmıştır. Bütün bu işlemlerden sonra hafızada tutulan tüm kriterlere ait raster veriler üst üste bindirilerek seçilen kriterler ve girilen veriler doğrultusunda AMH'nin oluşturulması ara yüz ortamında yapılmıştır.

Son olarak, kullanıcının güzergâha ait başlangıç ve bitiş noktalarını ara yüze girerek, bu noktalar arasında daha önce hazırlanan ve ara yüze uyarlanması sağlanan GA, ABC algoritmaları ve ArcMap programının CD-CP araç kutuları yardımıyla en uygun güzergâhın tespit edilmesi sağlanmaya çalışılmıştır (Şekil 4.29).



Şekil 4.28. Dönüşümler ve ağırlıklandırılmış haritanın oluşturulması penceresi



Şekil 4.29. Algoritmalar yardımıyla en uygun güzergâhın tespiti penceresi

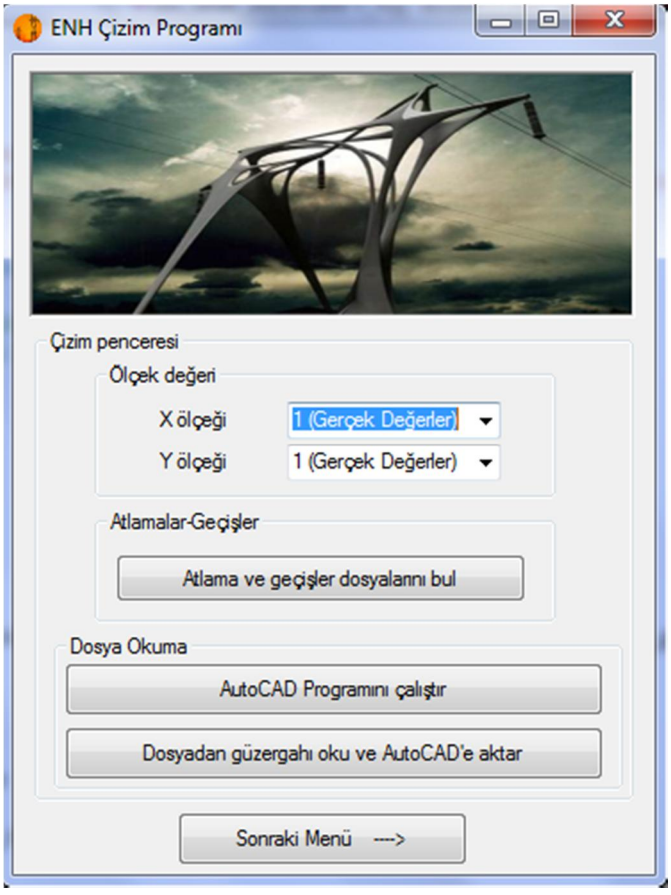
4.5. ENH projeleri çizim programı

Bu çalışmada ENH projelerinin çizimlerinin elektronik ortamda yapılabilmesi için Swallow ve Raven iletkenleriyle ilgili tüm hesapları ihtiva eden bir yazılım gerçekleştirilmiştir. Bu yazılımda öncelikle güzergâhı belirlenen ENH projesinin koordinat bilgilerinin dosyaya aktarılması gerekmektedir. Bu işlem ArcMap ortamında, proje noktalarının gerçek hayattaki x, y ve z koordinat bilgilerinin seçilerek “Attribute Table” menüsünden “Export” seçeneği kullanılarak “dbf” dosyasına aktarılarak gerçekleştirilir.

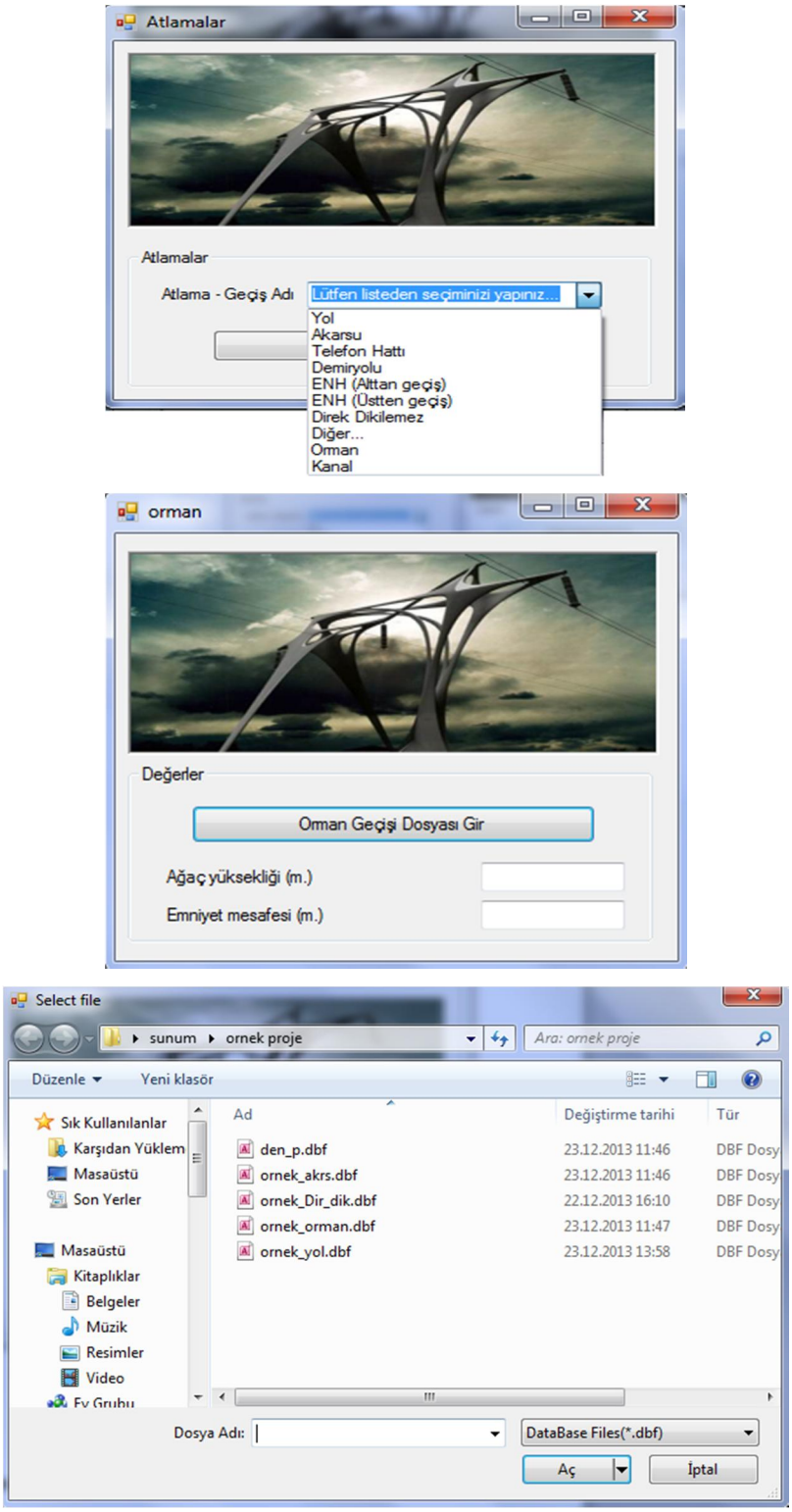
ENH proje çizimlerinin birinci adımı, proje güzergâhı koordinat bilgilerinin çizim programına aktarılıp profilin çizilmesidir. Bu çizim işleminde hattın geçtiği

güzergâh üzerinde bulunan akarsu, yol, kanal, ENH, telefon hattı, direk dikilemeyen yerler gibi gerekli tüm bilgiler, ayrıca hattın açı yaptığı dönüş noktalarındaki açı değerleri de profil üzerinde gösterilmektedir. Profil ölçeği ilk aşamada, kullanıcının AutoCAD penceresinde ölçüm işlemleri sırasında ölçek dönüşümleriyle uğraşmaması için gerçek değerlerde çizilir. Daha sonra kullanıcının projeyi onaylamasıyla istenen ölçekte çizilir.

Hazırlanan ENH çizim programı, hattın ve tüm atlamaların koordinat değerlerini içeren dosyaların kullanıcı tarafından programa tanıttırılmasıyla, atlama yerleri ve hattın açı yaptığı yerler profil çizim şablonunda yer almaktadır. Bu işlemler, Şekil 4.30'da gösterilen pencere üzerindeki butonlar yardımıyla yapılmaktadır. Bu pencerede, "Ölçek değeri" bölümünde projenin çizim ölçeği seçimi, "Atlamalar ve geçişler" bölümünde Şekil 4.31'de gösterildiği gibi hattın atlama koordinatlarını içeren dosyaların ve atlama bilgilerinin girilmesi, "Dosya okuma" bölümünde AutoCAD programının program kontrolünde çalıştırılması ve güzergâh koordinatlarının dosyadan alınarak güzergâhın çizilmesi işlemleri yapılmaktadır.

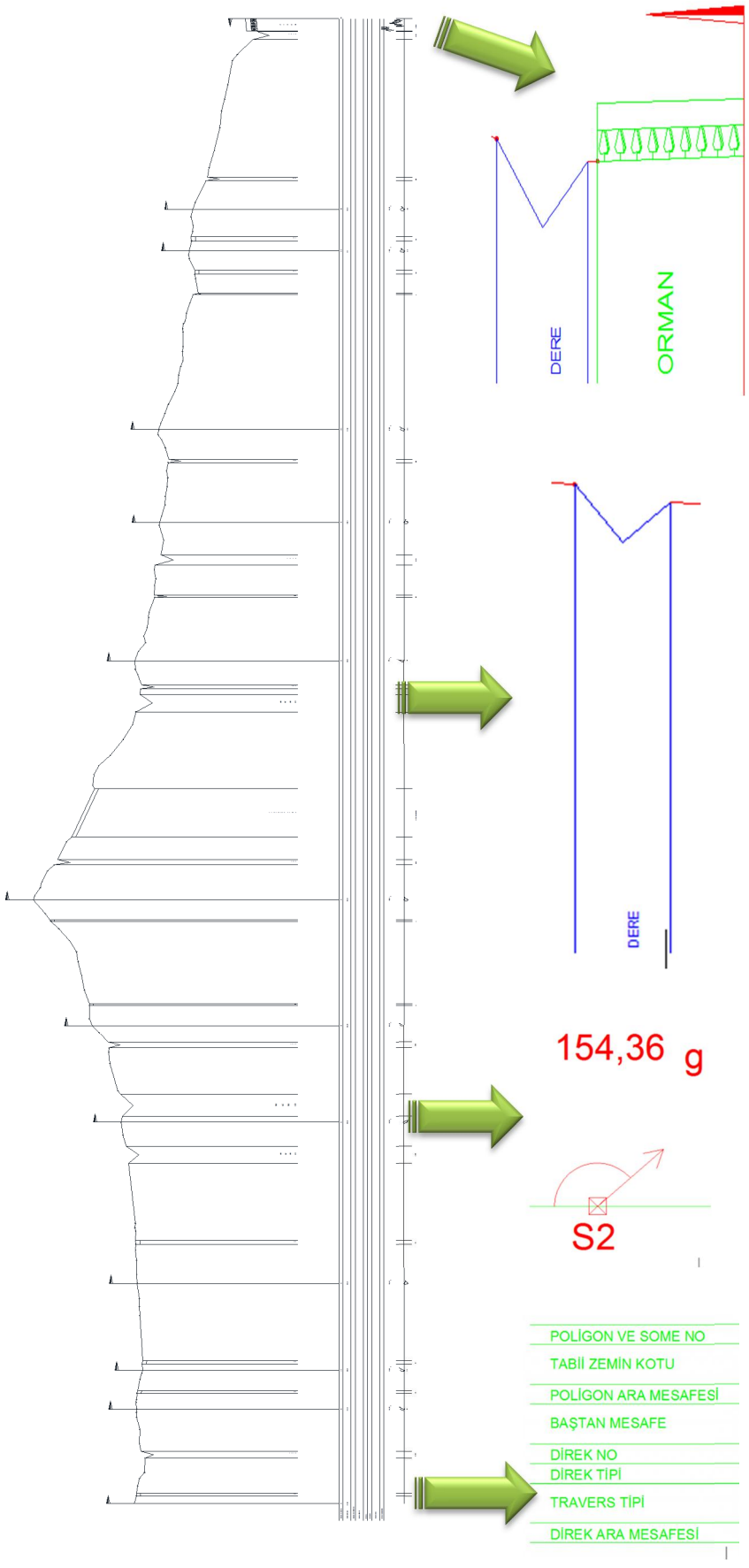


Şekil 4.30. ENH Çizim programı giriş penceresi



Şekil 4.31. ENH Çizim programında Atlama ve geçiş dosyalarının girilmesi.

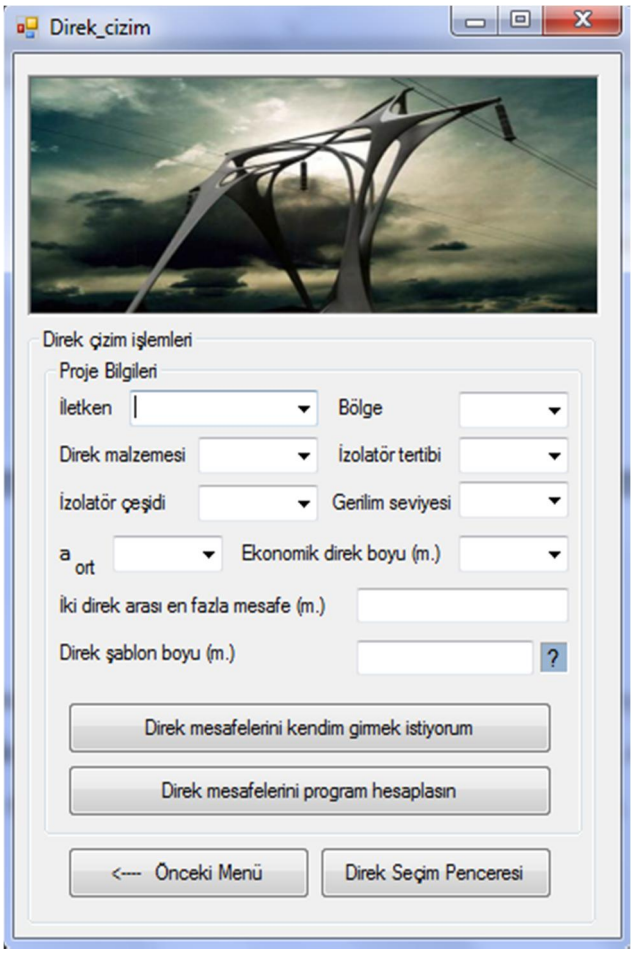
Şekil 4.32'de MEDAŞ'tan temin edilmiş Konya ili Seydişehir ilçesi Ketenli kasabası Taşoluk yaylasına ait proje bilgilerinin girilmesiyle elde edilen proje profili görülmektedir.



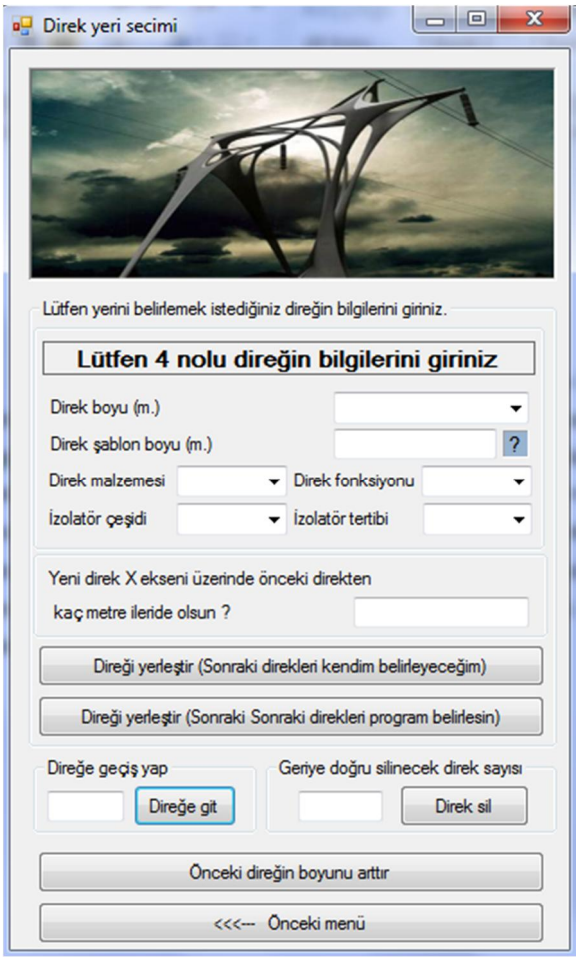
Şekil 4.32. Örnek projenin profilinin ENH çizim programında çizdirilmesi

Profil çiziminden sonra Şekil 4.33'te gösterilen Proje çizim penceresi açılır. Bu pencerede, ENH projesiyle ilgili olarak iletken türü, bölge, direk malzemesi, izolatör çeşidi ve türü, gerilim seviyesi vb. bilgiler programa girilir.

Proje çizim penceresindeki bilgilerin girilmesinden sonra, kullanıcı, programda direk mesafelerini doğrudan girmeyi ya da programın otomatik olarak en optimum mesafelerde direkleri yerleştirmesini tercih edebilir. Bu işlemler, program penceresinde "Direk mesafelerini Kendim girmek istiyorum" ve "Direk mesafelerini program hesaplasın" butonları yardımıyla yapılmaktadır. Eğer direk mesafeleri kullanıcı tarafından girilecekse Şekil 4.34'teki pencere açılır ve kullanıcının mevcut direkle ilgili girmek istediği değerlerin girmesi sağlanır. Bu bilgiler girildikten sonra, kullanıcı penceredeki bilgileri girerek sonraki direk mesafelerini teker teker girmeye devam edebildiği gibi isterse mevcut direkten sonraki direklerin program tarafından girilmesini de tercih edebilir.



Şekil 4.33. Proje çizim penceresi



Şekil 4.34. Kullanıcı tarafından direklerin teker teker belirlenmesi

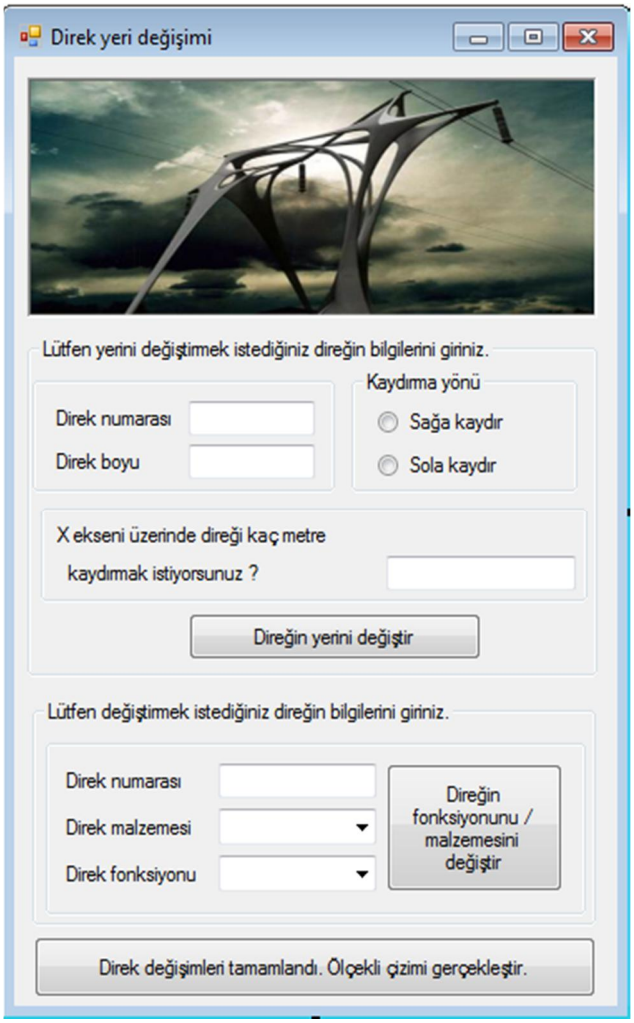
Direklerin program tarafından belirlenmesinin tercih edilmesi durumunda, toplamda yaklaşık olarak otuz beş bin satırlık kod ihtiva eden program tarafından, mevcut direkten itibaren arazinin durumuna göre en uygun mesafelerde direklerin yerleşimi; direk tipleri, travers tipleri, direk fonksiyonları vb. bütün seçimler ilgili tablolardan yapılarak direklerin yerleşimi; her bir direğin yerleşimi yapılırken bu direkle önceki direk arasında seçili iletkenin arazinin durumuna göre emniyet mesafesinde olup olmadığı ve atlama varsa, atlama mesafelerinin uygun olup olmadığının kontrolü; iletken tipine göre hattın belirli mesafelerde durdurulması gerektiğinden bu mesafenin kontrolü ve gerektiğinde hattın durdurulması; direklerin yukarı çekmeye (Up-lift) maruz kalıp kalmadığının kontrolü, birbirine komşu menziller arasındaki oranın 2.5'ten fazla olmamasının kontrolü vb. tüm kontroller yapılmaktadır.

Programın herhangi bir nedenle direk veya travers seçimini yapamaması durumunda (örneğin iki direk arası olabilecek en fazla mesafeden daha uzun bir atlama olduğu durumda), ilgili direk bilgilerinin kullanıcı tarafından girilebileceği Şekil

4.34’teki pencere açılarak, programın bu özel durumda kullanıcının bilgisine başvurması sağlanmaktadır. Program penceresinde istenilen direğe geçiş yapılması “Direğe git” butonuyla, istenilen direğin silinmesi “Direk sil butonuyla”, önceki direğin boyunun yetersiz kalması durumlarında önceki direğin boyunun arttırılması “Önceki direğin boyunu arttır” butonuyla sağlanmaktadır.

Program, proje çiziminde gerekli olan direk numarası, direk-travers adı, baştan mesafe, travers konsol-tertip adı vb. bütün bilgilerin gerekli yerlere yazımını gerçekleştirmektedir. Ayrıca rüzgâr ve ağırlık menzilleri bilgilerinin de çizim üzerinde ilgili yerlere yazımını gerçekleştirmektedir.

Son direğin de yerleştirilmesiyle kullanıcıya proje üzerindeki bilgileri onaylayıp onaylamadığı sorulmaktadır. Program tarafından belirlenen bilgiler kullanıcı tarafından onaylanmazsa Şekil 4.35’teki direk değişim penceresi açılarak direk mesafelerinin ya da direk fonksiyonlarının kullanıcı tarafından değiştirilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 4.35. Direk değişim penceresi

Kullanıcının çizdirilen proje bilgilerini onaylamasıyla proje istenen ölçek değerinde çizilir. Program, proje ile ilgili tüm çizim işlemlerinin bitirilmesinden sonra, girilen güzergâh koordinatlarını temel alarak tayin edilen direk koordinatlarını ve hattın durumuna göre iletken koordinatlarını, daha sonradan üç boyutlu ortamda ENH projesinin gösterimi için dosyaya aktarma işlemini de kullanıcıya sormaktadır.

Şekil 4.32'de profili çizdirilen projenin çizim işlemlerinin program yardımıyla yapıldıktan sonraki son hali Şekil 4.36'da gösterilmektedir.

Projenin alındığı kurum tarafından çizilen proje hali ise Şekil 4.37'de gösterilmektedir.

İki proje kıyaslandığında, ENH çizim programıyla yapılan projede programın en uygun mesafelerde direk yerleştirmesinden dolayı elli direk kullanılırken mevcut projede ise elli dört direk kullanılmıştır.

ENH çizim programının çizmiş olduğu projenin tahkikinde kullanılan bilgiler Yunusoğlu'na (1995) göre aşağıdaki Bölüm 4.5.1'de, hesap tahkiki de Bölüm 4.5.2'de verilmiştir.

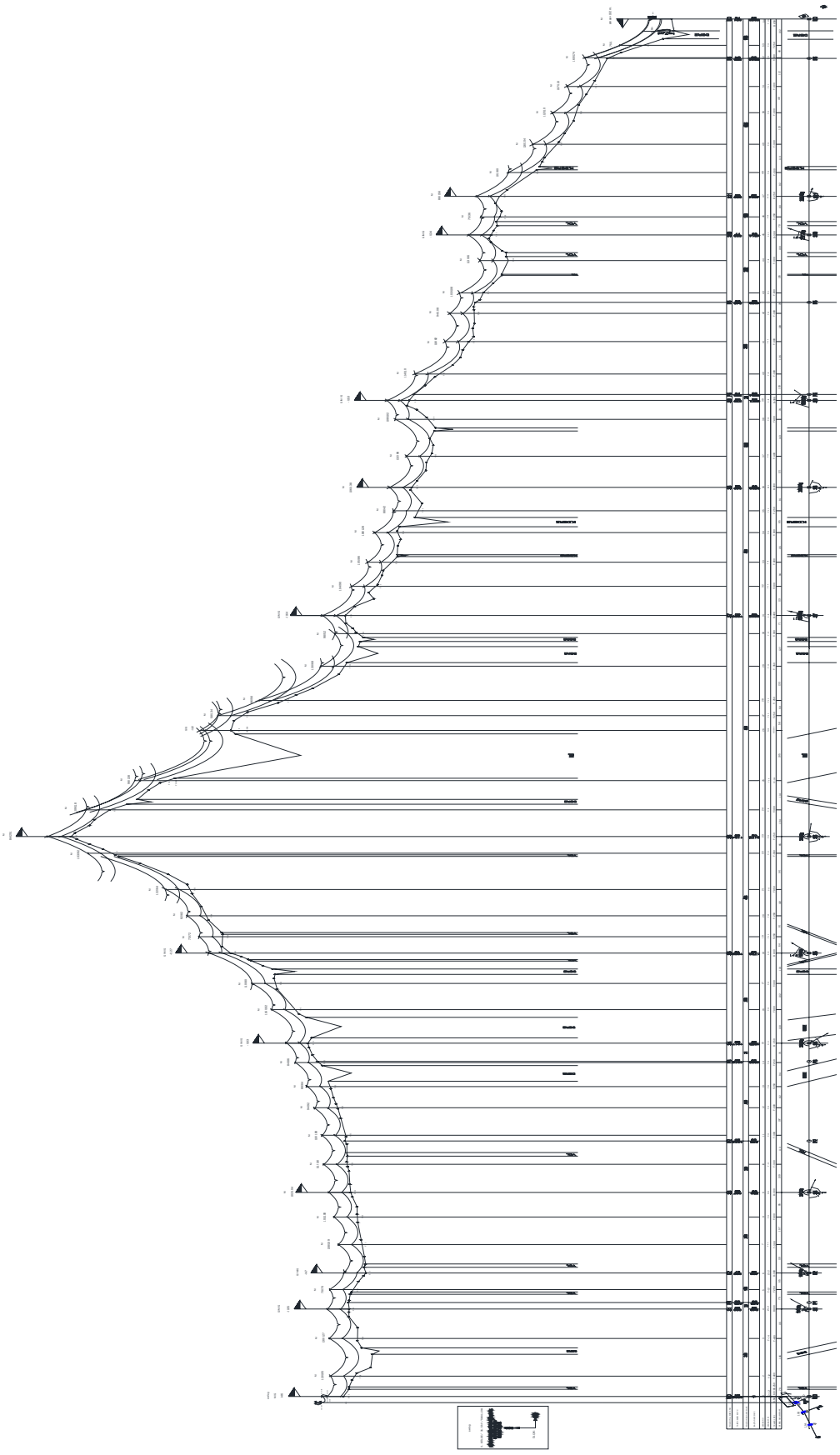
4.5.1. 3AWG iletkenli demir direkli tip projelerde direk ve travers seçimi

4.5.1.1.Direk tiplerinin seçilmesi

Boyalı-kaynaklı olarak imal edilir. 10, 12, 14, 16, 18 ve 20 m boylarında taşıyıcı, durdurucu, nihayet ve zaviye tipleri geliştirilmiştir. Taşıyıcı direkler için geliştirilen traversler mesnet izolatörlüdür. Durdurucu traversler için, (D, N ve Z direklerinde kullanılan) hem mesnet hem de gergi izolatör kullanılacak şekilde iki ayrı tip geliştirilmiştir.



Şekil 4.36. ENH çizim programı tarafından çizilen proje



Şekil 4.37. Mevcut projenin çizimi

1. ve 2. bölgede düz arazide ekonomik direk boyu 12 m'dir. 3. ve 4. Bölgede düz arazi ekonomik direk boyu 12-14 m'dir. Engebeli arazide ise, tüm bölgelerde en kısa ve en az sayıda direklerle bulunacak çözüm en ekonomik olanıdır.

a) Taşıyıcı demir direk tipinin seçilmesi

Taşıyıcı demir direklerin tepesine monte edilen traverslerin üzerlerindeki izolatörler 15kV'da VHD-15, 35kV'da VKS-35 (veya VHD-35) tipi mesnet izolatörlerdir. İzolatör demirleri de; 15kV'da C-15, 35kV'da C-35 (VHD-35 için) dir (VKS-35 için; izolatör demiri, izolatörle birlikte izolatör imalatçısı firmaca verilir, keşif hesabı yapılırken ayrıca izolatör demiri dikkate alınmaz). Taşıyıcı demir direklerin karakteristik değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Taşıyıcı demir direklerin karakteristik değerleri

TİPİ	a_w(m)	a_g(m)		$\propto_{kt}$	$\propto_{kt}$	1° için a_w kısalması (m)				Ağırlığı (kg)
	1.2.3.4. Bölge	1.2.3. Bölge	4. Bölge	1. Bölge	2.3.4. Bölge	1.böl	2.böl.	3.böl	4.böl.	
T-10	401	300	200	168°	162°20'	5.64	3.10	2	1.22	258
T-12	316	300	200	171°	165	5.64	3.10	2	1.22	306
T-14	261	300	200	173°	165°20'	5.64	3.10	2	1.22	370
T-16	261	300	200	"	"	5.64	3.10	2	1.22	426
T-18	177	300	200	175°	"	5.64	3.10	2	1.22	473
T-20	177	300	200	"	"'	5.64	3.10	2	1.22	564

b) Durdurucu demir direk tipinin seçimi

Durdurucu direkler, düz hatta (tel çekimi için 1km'de bir), up-lift durumunda, $2.5a_1 < a_2$ halinde, devlet karayolu ve devlet demiryolu atlamalarında 'durdurucu' olarak kullanıldığı gibi seksiyoner direği olarak da kullanılır. Durdurucu demir direklerin karakteristik değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Durdurucu demir direklerin karakteristik değerleri

Tipi	P_{iz}(kg) Mes.İz.	P_{iz}(kg) Ger. İz.	a_w (m)	a_g (m)	α_{kt} (°)		Tepe Genişliği (cm)	Kalınlaşma (cm/m)	Ağırlığı (kg)
					1. Bölge	2.3.4. Bölge			
D-10	770	815	937	300	147	136	35	5	279
D-12	"	"	"	"	"	"	"	"	344
D-14	"	"	"	"	"	"	"	"	418
D-16	"	"	"	"	"	"	"	"	506
D-18	"	"	613	"	154	140	"	"	591
D-20	"	"	"	"	"	"	"	"	671

c) Nihayet demir direk tipinin seçimi

3×3AWG hattın maksimum cer kuvveti olan T_{max}=3×342.54=1028kg'a dayanacak şekilde statik hesapları yapılmıştır. Hattın başı ve sonunda, 1.bölgede 126° ye kadar KD, 2. 3. 4. bölgede 154° ye kadar KD olarak, 12 ve 14 m boyda olanları seksiyoner direği olarak kullanılırlar. Nihayet demir direklerin karakteristik değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Nihayet demir direklerin karakteristik değerleri

Direk tipi	a_w(m) 1.2.3.4. Bölge	a_g(m)		α_{kd}		Tepe Genişliği (cm)	Kalınlaşma (cm/m)	Ağırlığı (kg)	
		1.2.3. Bölge	4. Bölge	1. Bölge	2.3.4. Bölge			1. Bölge	2.3.4. Bölge
N-10	200	300	200	126°	154°	35	6.5	305	293
N-12	"	"	"	"	"	"	"	384	366
N-14	"	"	"	"	"	"	"	477	448
N-16	"	"	"	"	"	"	"	557	548
N-18	"	"	"	"	"	"	"	670	639
N-20	"	"	"	"	"	"	"	767	739

d) Zaviye demir direk tipinin seçimi

Zaviye demir direklerin karakteristik değerleri Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Zaviye demir direklerin karakteristik değerleri

Direk tipi	a_w(m) 1.2.3.4. Bölge	a_g(m)		α_{kd}	Tepe Genişliği (cm)	Kalınlaşma (cm/m)	Ağırlığı (kg) 1.2.3.4. Bölge
		1.2.3. Bölge	4. Bölge	2.3.4. Bölge			
Z-10	200	300	200	90°	40	7	338
Z-12	"	"	"	"	"	"	420
Z-14	"	"	"	"	"	"	510
Z-16	"	"	"	"	"	"	600
Z-18	"	"	"	"	"	"	709
Z-20	"	"	"	"	"	"	809

4.5.1.2.Travers tiplerinin seçilmesi

Traversler iletkenleri taşımaya yararlar. İletkenlerin izolatörlere bağlanması, izolatörlerin de direklere tutunabilmesi traversler yardımıyla gerçekleşir. Direklerde kullanılacak travers sayısı veya travers şekilleri, kullanılacak iletken sayısına, gerilme kuvvetine ve ağırlıklarına, izolatör ve direk tipine bağlı olarak değişir.

Ağaç direklerin tepesine monte edilen demir traverslerin üzerindeki izolatörler; 15kV'ta VHD-15, 35kV'ta VKS-35 (veya VHD-35) tipi mesnet izolatörlerdir. İzolatör demirleri de; 15kV'ta C-15, 35kV'ta C-35'tir. Taşıyıcı, Durdurucu-Zaviye-Nihayet, Taşıyıcı üçgen ve Durdurucu üçgen demir traverslerin karakteristik değerleri sırasıyla Çizelge 4.14, 4.15, 4.16 ve 4.17'de gösterilmiştir.

Somede kullanılan direklerin traverslerin tek taraflı açıklıkları (a_{max}), some açılarına tekabül eden Çizelge 4.18'de değerleri verilen K faktörü ile çarpılarak azaltılmak suretiyle travers boyutları seçilir.

Çizelge 4.14. Taşıyıcı demir traverslerin karakteristik değerleri

TİPİ	1. Bölge a_{max}		2. Bölge a_{max}		3. Bölge a_{max}		4. Bölge a_{max}		a_g	
	15kV	35kV	15kV	35kV	15kV	35kV	15kV	35kV	1,2,3. Bölge	4.Bölge
T-200	142	120	—	—	—	—	—	—	300	200
T-250	183	162	143	126	120	106	95	84	"	"
T-300	216	204	169	159	136	130	106	100	"	"
T-350	235	225	181	176	149	142	115	110	"	"
T-400	253	244	198	191	160	154	124	119	"	"

Çizelge 4.15. Durdurucu-Zaviye-Nihayet demir traverslerin karakteristik değerleri

TİPİ	1. Bölge a_{max}		2. Bölge a_{max}		3. Bölge a_{max}		4. Bölge a_{max}		a_g	
	15kV	35kV	15kV	35kV	15kV	35kV	15kV	35kV	1,2,3. Böige	4.Böige
D-200	142	120	—	—	—	—	—	—	300	200
D-250	183	162	143	126	120	106	95	84	„	„
D-300	216	204	169	159	136	130	106	100	„	„
D-350	235	225	181	176	149	142	115	110	„	„
D-400	253	244	198	191	160	154	124	119	250	„

Çizelge 4.16. Taşıyıcı üçgen demir traverslerin karakteristik değerleri

TİPİ	1. Bölge a_{max}		2. Bölge a_{max}		3. Bölge a_{max}		4. Bölge a_{max}		a_g	
	15kV	35kV	15kV	35kV	15kV	35kV	15kV	35kV	1,23. Bölge	4.Bölge
TU-300	—	—	243	238	197	192	152	149	300	200
TU-400	—	—	—	—	—	—	160	156	"	"

Çizelge 4.17. Durdurucu üçgen demir traverslerin karakteristik değerleri

TİPİ	1. Bölge a_{max}		2. Bölge a_{max}		3. Bölge a_{max}		4. Bölge a_{max}		a_g	
	15kV	35kV	15kV	35kV	15kV	35kV	15kV	35kV	1,2,3. Böige	4.Böige
DÜ-300	—	—	243	238	197	192	152	149	300	200
DÜ-400	—	—	—	—	—	—	160	156	“	“

Çizelge 4.18. Travers boyutlandırmasında kullanılan K faktörü değerleri

α (^{0})	K	α (^{0})	K	α (^{0})	K
169	0.99	128	0.9	95	0.74
160	0.98	123	0.88	94	0.73
152	0.97	120	0.86	92	0.72
148	0.96	116	0.85	90	0.709
144	0.95	113	0.83	--	--
136	0.94	102	0.78	--	--

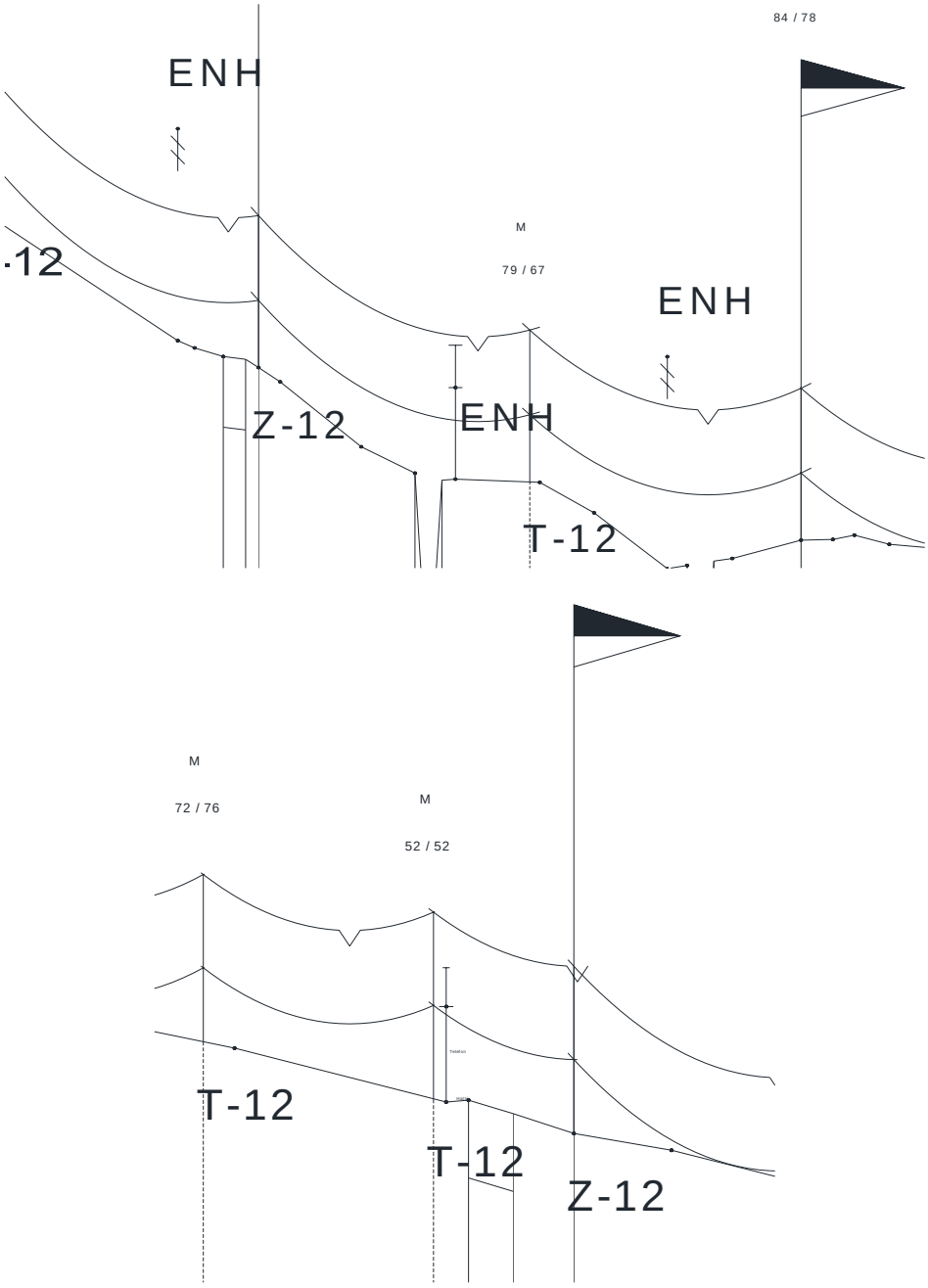
4.5.2. Program tarafından çizilen 3AWG iletkenli Demir direkli tip proje (31.5 kV) hesaplarının tahkiki

Program tarafından bulunan proje bilgilerinin tahkiki EK-2’de verilmiştir.

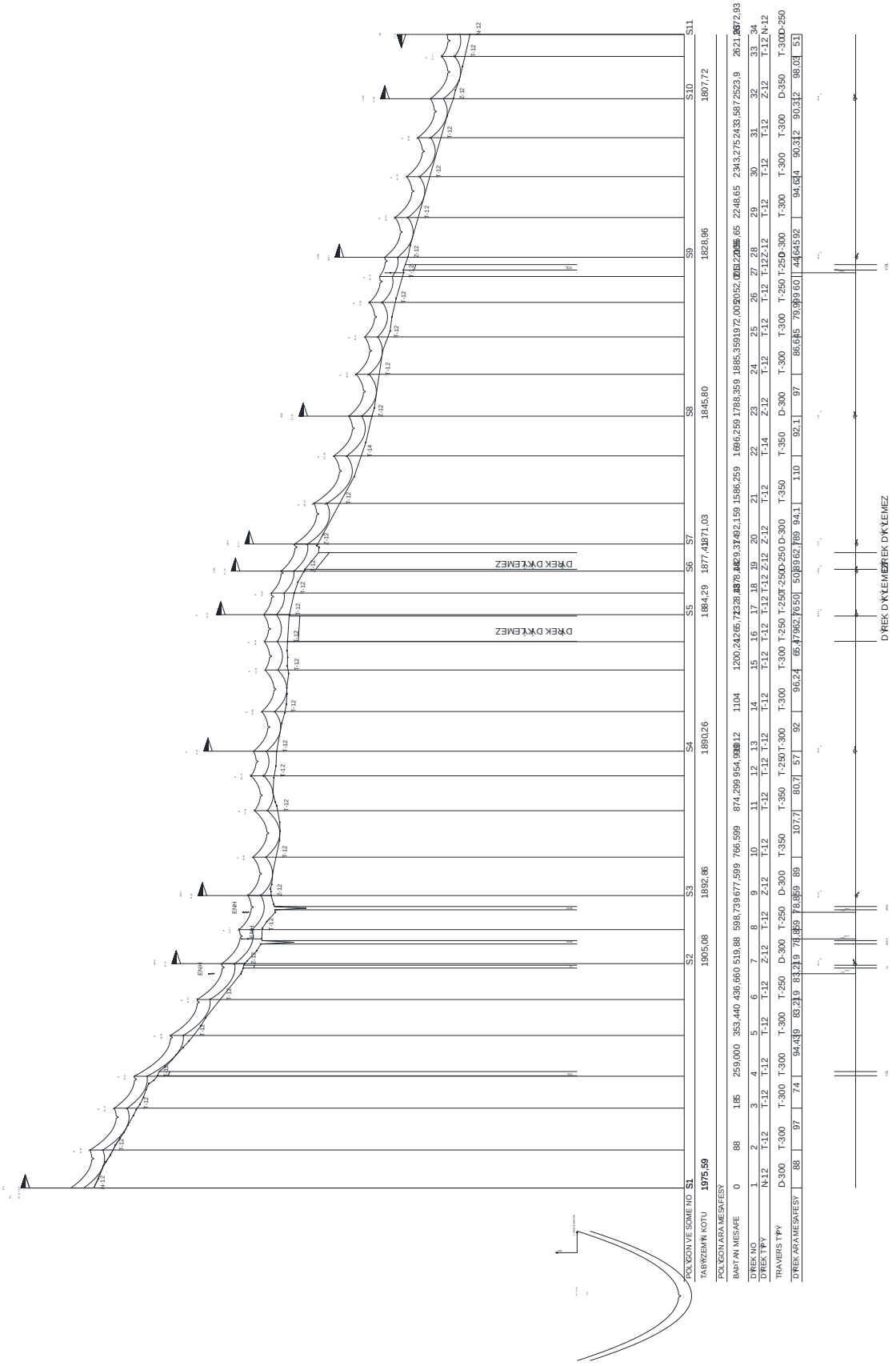
Hesaplamaları tahkik edilen ve ENH çizim programıyla çizdirilen projenin direklerinin daha uygun mesafelerde yerleştirmesinden dolayı, projede daha az sayıda direk kullanılmıştır.

Ayrıca ENH çizim programının çizimlerinin doğruluklarının kontrolünün sağlanması amacıyla 4. Bölge Ardahan-Çıldır-Kotanlı’ya ait Swallow iletkenli, 34.5 kV gerilim seviyesinde, Düz tertip demir direkli ve 3. Bölge Konya-Ilgın Belekler’e ait Swallow iletkenli, 34.5 kV gerilim seviyesinde, Düz tertip beton direkli olmak üzere iki farklı ENH profili üzerinde ENH çizim programıyla çizimler yapılmış ve mevcut projelerle ENH çizim programının çizimleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.39 ve Şekil 4.40’ta Kotanlı’ya ait proje çizimleri, EK-3’te ise ayrıntıları gösterilmektedir.

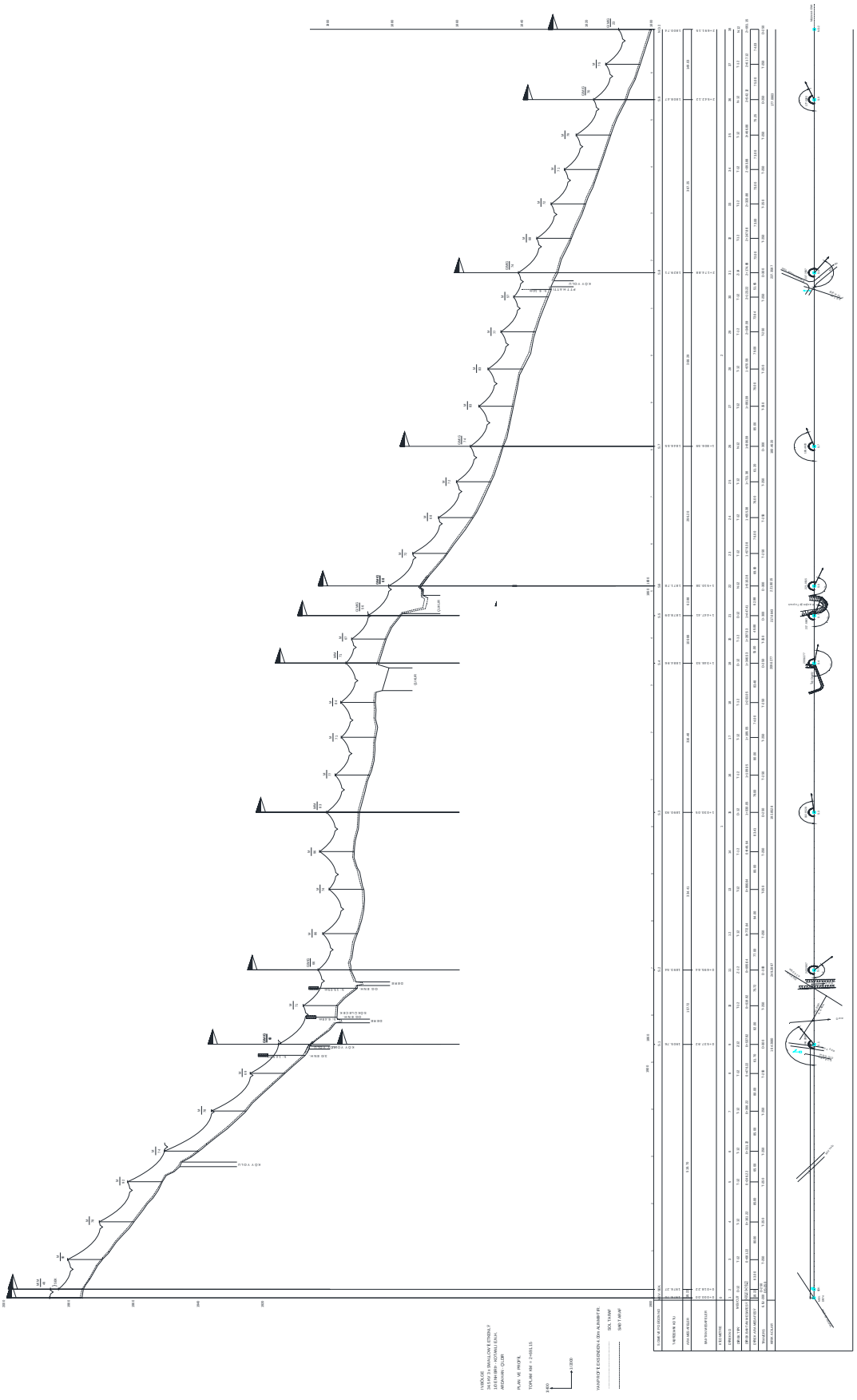
Şekil 4.39’da ENH çizim programıyla çizilen projede 34 direk kullanılmasına karşın mevcut projede, en baştaki mevcut direk dikkate alınmazsa 37 direk kullanılmıştır. Program tarafından çizilen projede Telefon hattı, ENH (alttan ve üstten geçiş) vb. atlamalar Şekil 4.38’de gösterildiği gibi sorunsuz bir şekilde yapılmıştır.



Şekil 4.38. Kotanlı (Ardahan)'a ait ENH çizim programıyla çizdirilen projedeki bazı atlamalar



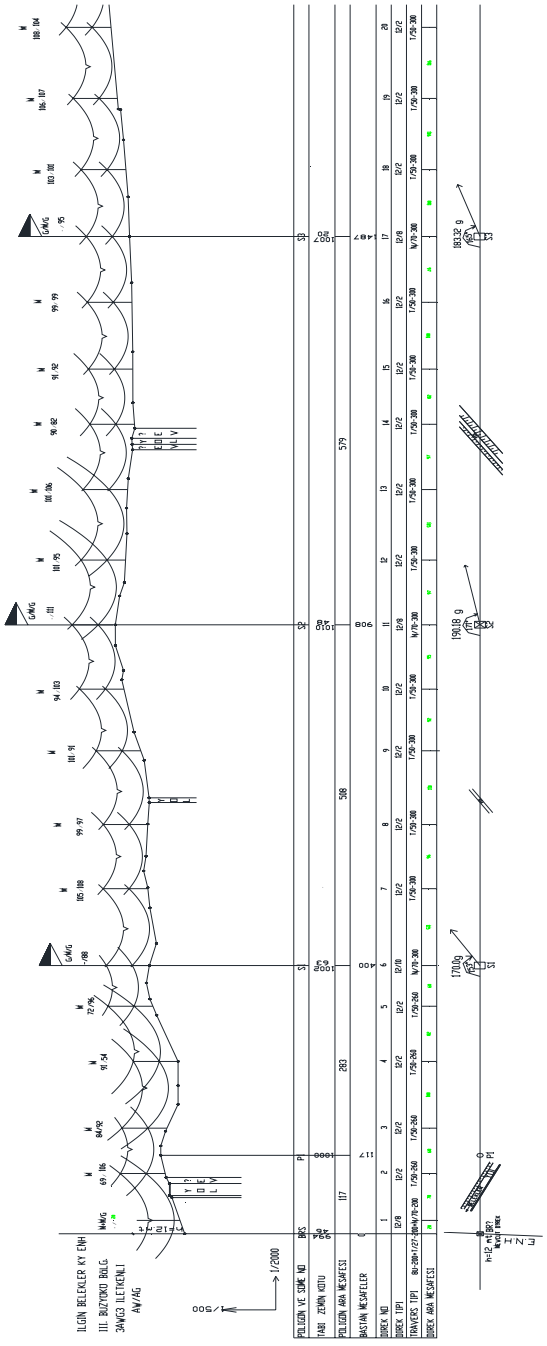
Şekil 4.39. Kotanlı (Ardahan)'a ait ENH çizim programıyla çizdirilen proje



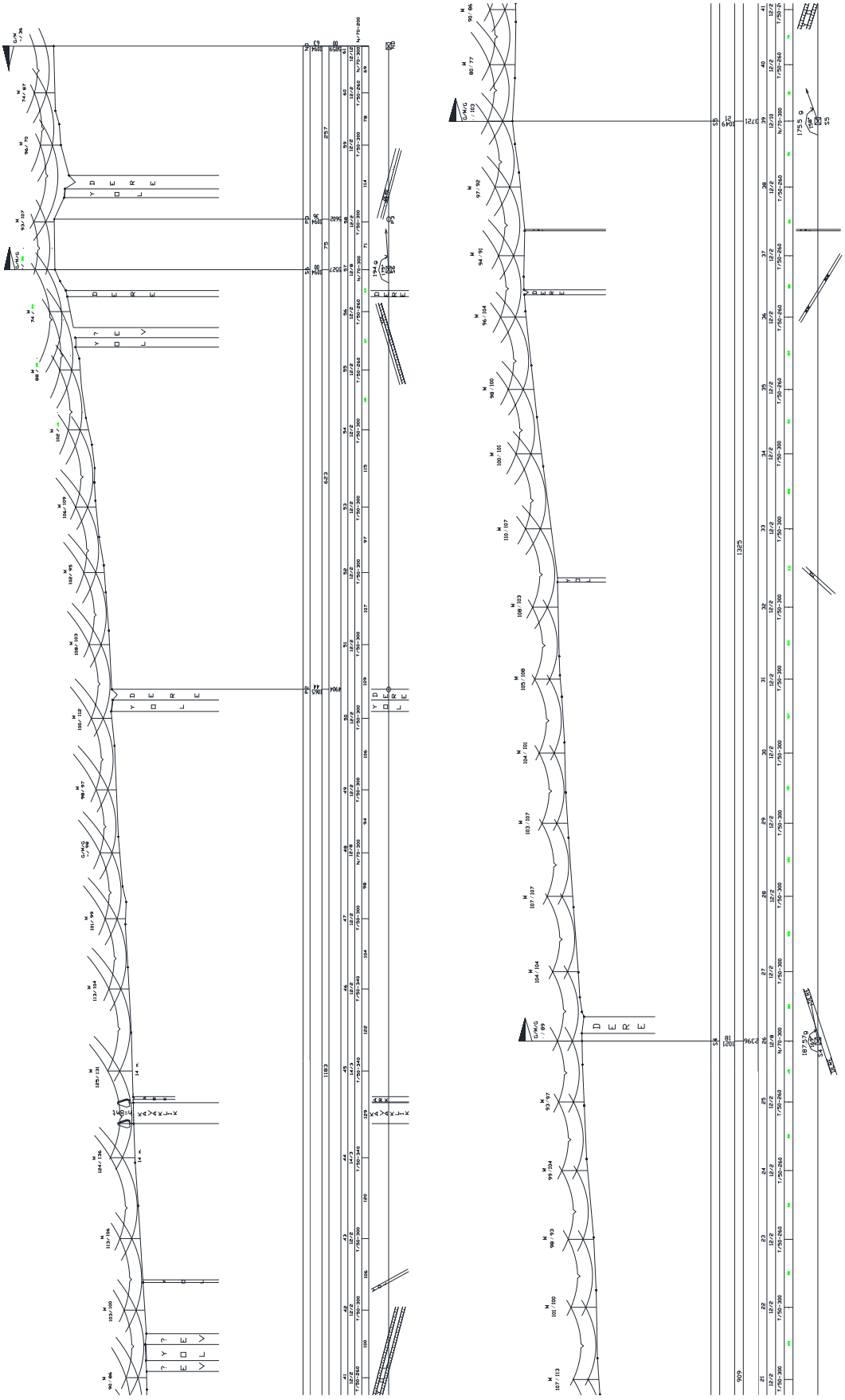
Şekil 4.40. Kotanlı (Ardahan)'a ait Mevcut ENH projesi

Şekil 4.40'taki Kotanlı'ya ait mevcut projede, 6 ve 12 nolu direklerde amax değerleri sırasıyla 85 metre ve 94 metre olmasına rağmen travers tipi T-250 seçilmesi hatalıdır. Çünkü 4. Bölgede 35 kV için T-250 traversin azami açıklık değeri 84 metredir.

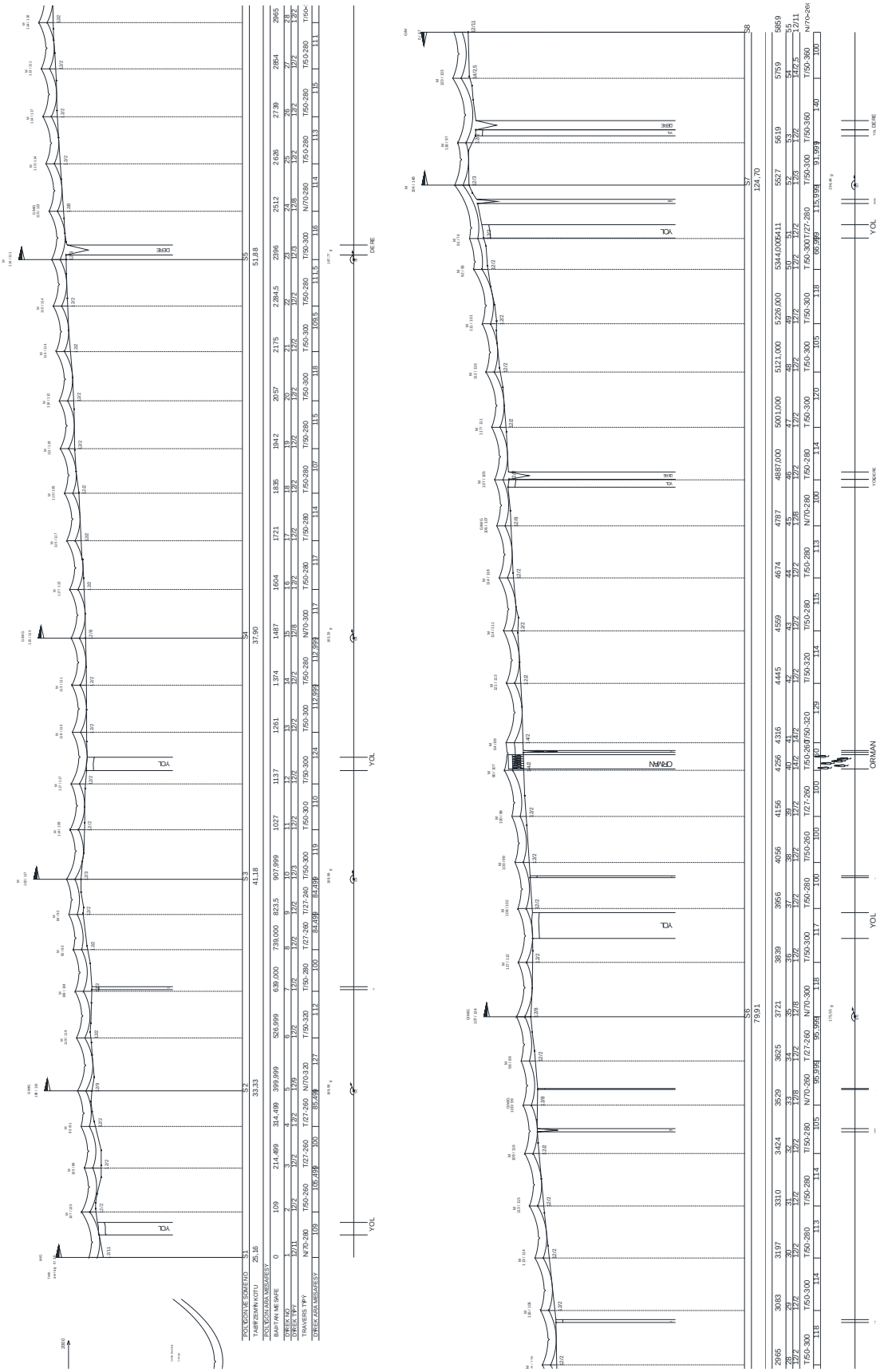
Şekil 4.41 ve Şekil 4.42'de Belekler'e ait mevcut ENH projesi, Şekil 4.43'te ENH programıyla çizdirilen proje ve EK-4'te ise bu çizimlerin ayrıntıları gösterilmektedir.



Şekil 4.41. Belekler'e ait Mevcut ENH projesi (1-20 nolu direkler)



Şekil 4.42. Belekler'e ait Mevcut ENH projesi (21-61 nolu direkler)



Şekil 4.43. Belekler'e ait ENH çizim programıyla çizdirilen proje

Beleklere ait ENH çizim programıyla çizdirilen projede 55 direk kullanılmasına karşın mevcut projede 61 direk kullanılmıştır. Ayrıca mevcut projede bazı traverslerin uygun seçilmediği görülmektedir. Örneğin 2 nolu direkte a_{max} değeri 70 m. ve a_g değeri 106 m. olduğu için, 95 m. a_{max} değerini ve 122 m. a_g değerini karşılayan T/27-240 traversi yerine daha büyük ve maliyetli olan T/50-260 traversinin seçilmesi hatalıdır.

4.6. ENH Çizim Programı Tarafından Çizdirilen Projenin Üç Boyutlu Arazi Üstünde Gösterimi

ENH projelerinin gerçek arazi üzerinde gözle kontrol edilmesi oldukça önemlidir. Belirlenen direklerin dikileceği noktalarda projenin uygulaması açısından sakıncalı herhangi bir durumun olup olmadığının kontrolünün yapılması için birçok kez arazi çalışması yapılmaktadır. Günümüzde CBS teknolojisi kullanılarak uydu fotoğraflarının üç boyutlu arazi modelleri üzerine bindirilmesi ile ENH projelerinin doğruluklarının kontrolü mümkündür. Bu amaçla ENH çizim programı yardımıyla çizilen projelerin direk ve sehim koordinat bilgilerinin üç boyutlu ortama aktarılarak ENH projesinin kontrolü sağlanmıştır.

ENH çizim programındaki bütün proje işlemlerinin bitmesiyle, belirlenen direk koordinatlarının giriş dosya klasörü içine kaydedilmesi yapılmıştır. Burada daha önce yapılan üç boyut - iki boyut dönüşümü tersine yapılarak iki boyutta hesaplamaları yapılan proje direklerinin koordinatları üç boyutlu artama aktarılmıştır.

Daha sonra bu direkler arasına çekilen iletkenin sehim çizgisinin tüm koordinat bilgileri, belirlenen bir aralıkta alınarak, gerekli üç boyuta dönüşüm sağlandıktan sonra dosyaya aktarılır. Böylece projeye ait tüm direk ve sehim koordinatları dosyaya aktarılmış olur. Şekil 4.44'te dosyaya aktarılan direk ve sehim değerleri görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, ENH projesinin üç boyutlu arazi modeli üzerinde gösterimi için proje ile ilgili direk, travers vb. tüm parçaların üç boyutlu ortamda olması gerekmektedir. Bu amaçla ENH projesiyle ilgili tüm parçalar üç boyutlu ortama aktarılmıştır. Bu parçaların arazi modeli üzerinde ilgili noktalara yerleştirilebilmeleri için gerekli dönüşümler yapılmıştır. Şekil 4.45'te üç boyutlu ortama aktarılan örnek direkler ve traversleri gösterilmektedir.

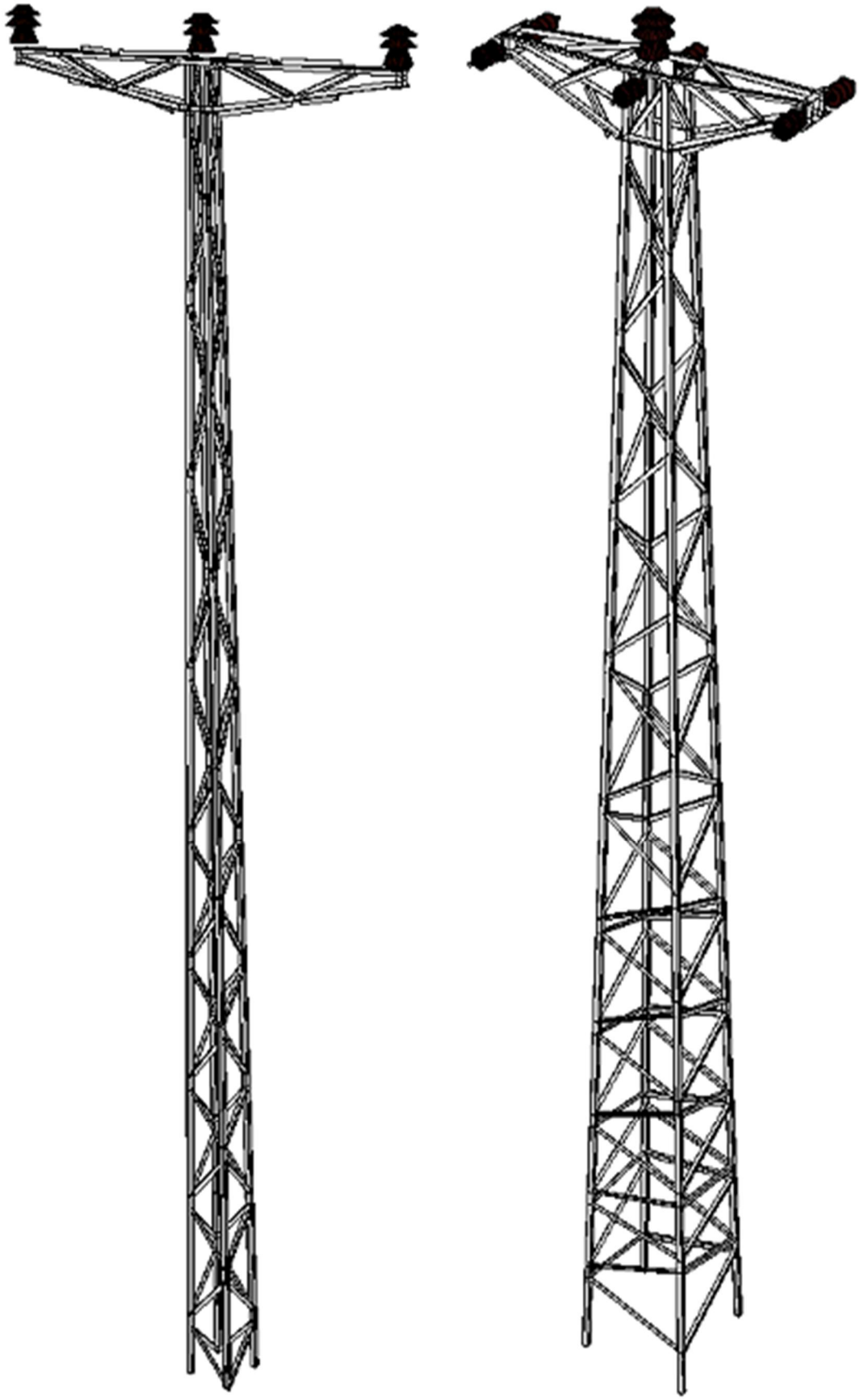
Direk_koord

X	Y	Z
1459679,51075	4880028,21688	2051,91456
1459745,87143	4879933,07352	2057
1459813,94834	4879835,46954	2057
1459877,07542	4879744,96229	2055,78677
1459922,8414	4879679,34618	2041,19958
1459951,64399	4879638,05101	2026,51751
1459966,00933	4879545,15517	2008,0592
1459981,75007	4879443,36505	1980,33969
1459999,78315	4879326,75112	1943,71621
1460022,70657	4879178,51308	1922,7933
1460036,76625	4879087,59375	1936,24187
1460049,29772	4879006,55695	1936,99762
1460061,21789	4878929,47317	1922,29475
1460075,58322	4878836,57733	1891,74082
1460092,69937	4878725,89292	1853,56586
1460106,45342	4878636,9501	1835,87168
1460129,37682	4878488,71205	1830,218
1460147,71555	4878370,12162	1841,00116
1460163,85218	4878265,77139	1840,2515
1460176,81083	4878181,97216	1845,79098
1460189,76947	4878098,17293	1851,71045
1460193,0134	4878028,24814	1846,02512
1460196,02563	4877963,31797	1833,95008
1460199,96469	4877878,40929	1817,77268

iletken1_p

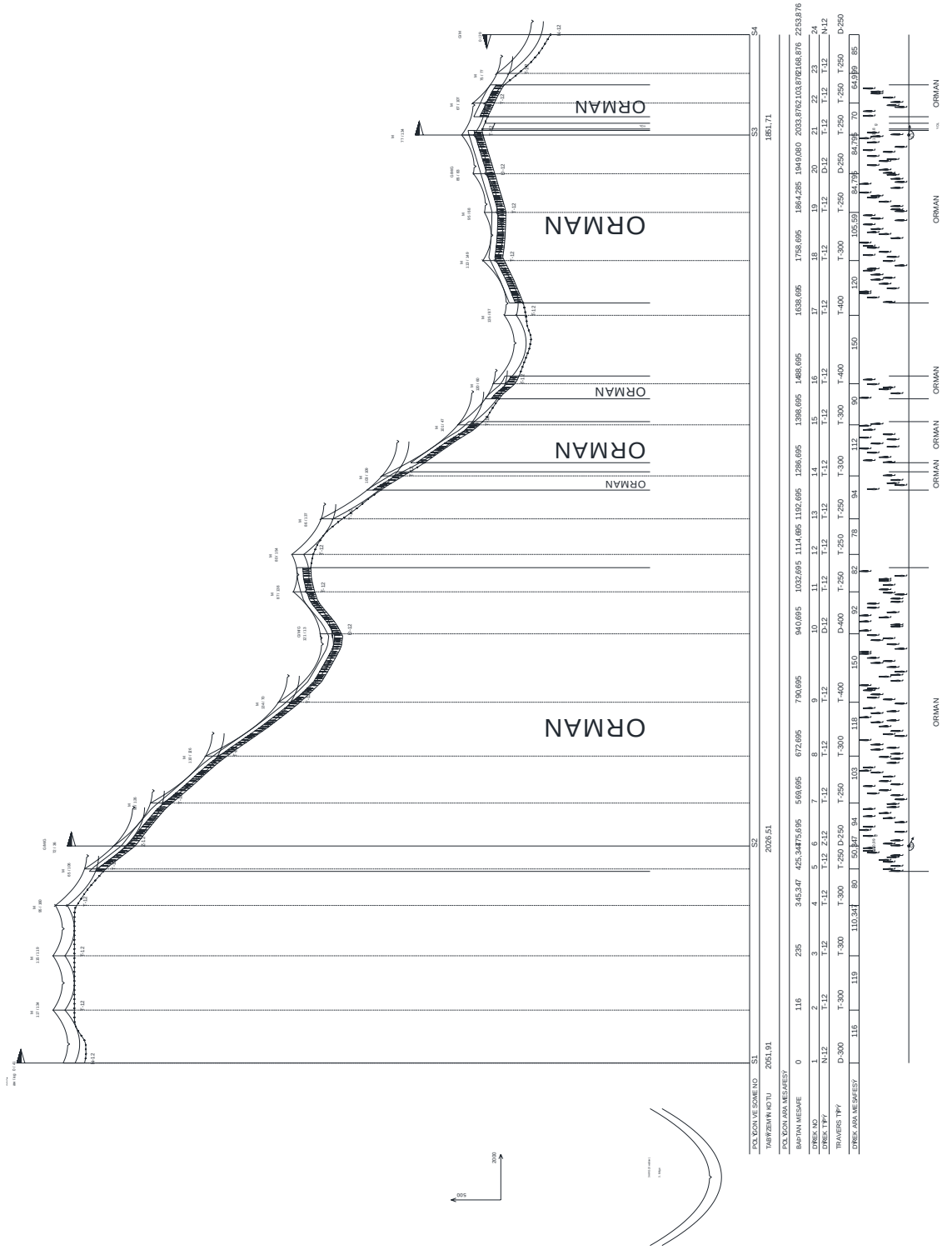
X	Y	Z
1459679,51075	4880028,21688	2062,66456
1459682,65172	4880023,71358	2062,09966
1459689,51662	4880013,87116	2061,14371
1459696,38152	4880004,02875	2060,57013
1459703,24642	4879994,18633	2060,37894
1459703,24642	4879994,18633	2060,37894
1459710,11131	4879984,34391	2060,57013
1459716,97621	4879974,5015	2061,14371
1459723,84111	4879964,65908	2062,09966
1459730,706	4879954,81666	2063,43801
1459737,5709	4879944,97425	2065,15873
1459744,4358	4879935,13183	2067,26184
1459745,58539	4879933,48362	2067,82933
1459745,87143	4879933,07352	2067,75
1459752,45029	4879923,6412	2066,10861
1459759,31519	4879913,79878	2064,77026
1459766,18009	4879903,95637	2063,81431
1459773,04499	4879894,11395	2063,24073
1459779,90989	4879884,27153	2063,04954
1459779,90989	4879884,27153	2063,04954
1459786,77478	4879874,42911	2063,24073
1459793,63968	4879864,5867	2063,81431
1459800,50458	4879854,74428	2064,77026
1459807,36947	4879844,90186	2066,10861
1459813,94834	4879835,46954	2067,75

Şekil 4.44. Dosyaya aktarılan direk ve sehim koordinatları



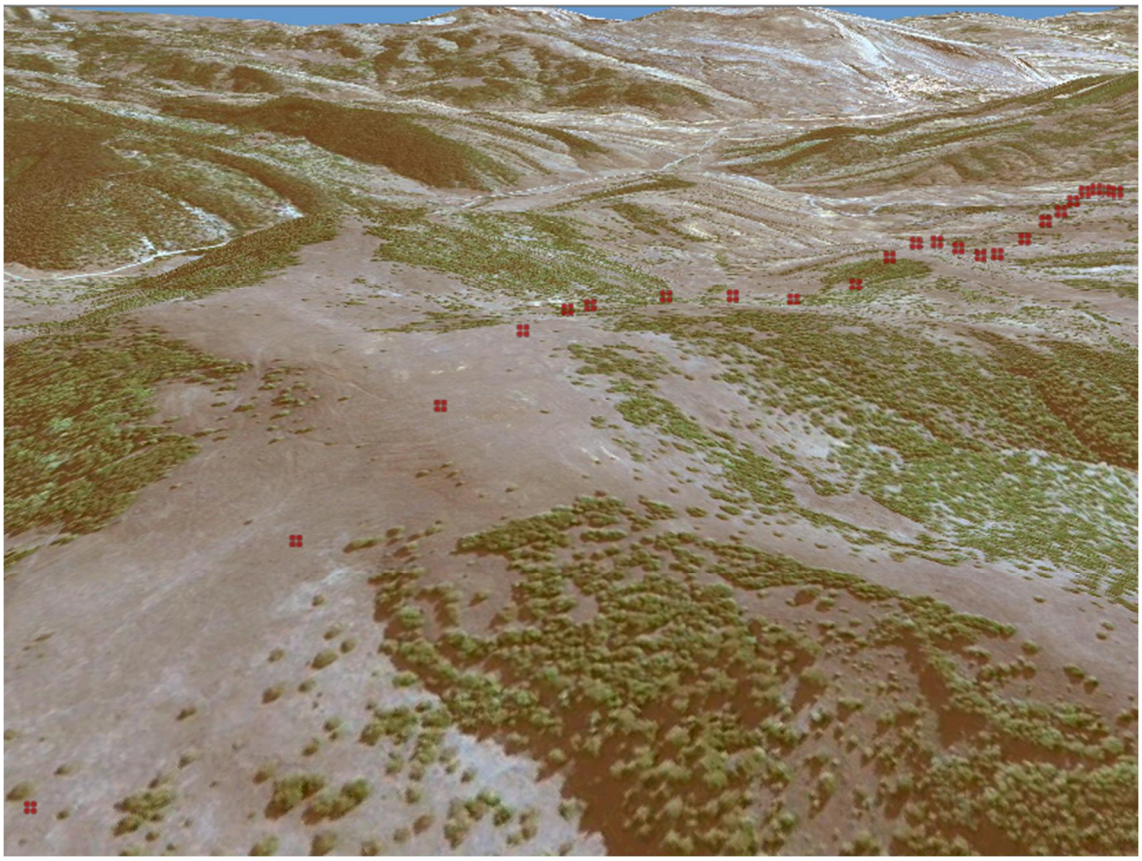
Şekil 4.45. Üç boyutlu ortama aktarılan Taşıyıcı (T-14/T-400) ve Durdurucu (D-12/D-250) direk ve traversleri

ENH projesinin üç boyutlu ortamda gösterilebilmesi için daha önceden Gümüşhane için elde edilen harita verileri üzerinde 2.5 km mesafeli 34.5 kV seviyesinde, Swallow iletkenli, demir direkli, düz tertip, 3. Buz yükü bölgesinde örnek bir proje ENH çizim programıyla çizdirilmiştir. Çizimi yapılan ENH projesi Şekil 4.46'da gösterilmektedir.

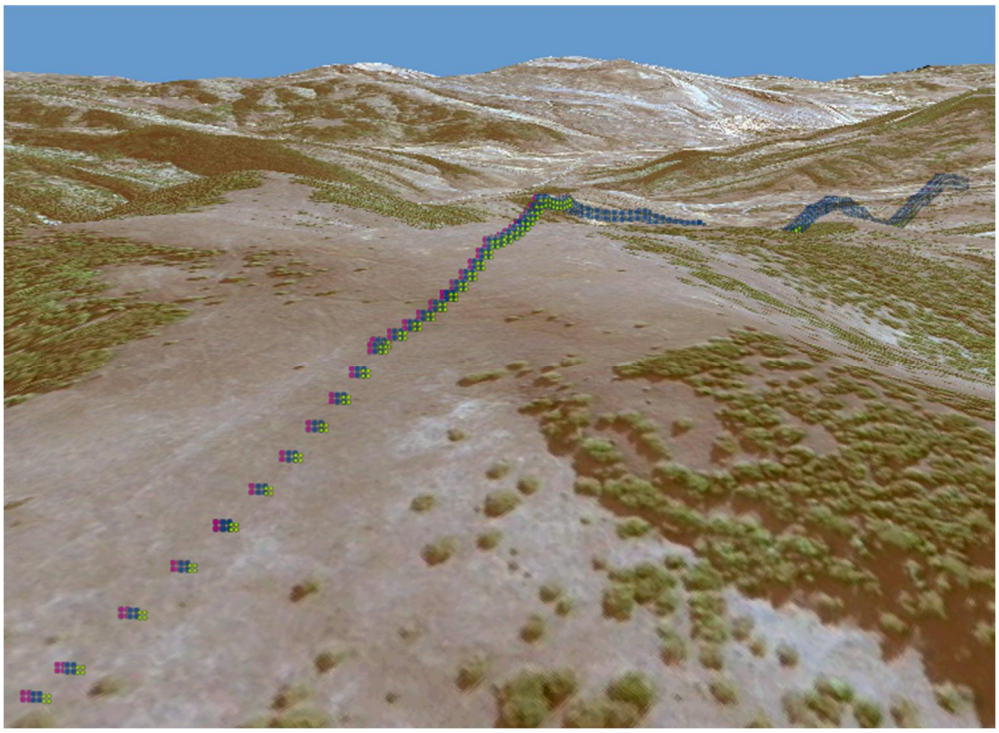

ORMAN
ORMAN
ORMAN

Proje çizimi gerçekleştirildikten ve koordinat bilgileri dosyaya kaydedildikten sonra ESRI firmasının ArcMap yazılımına ek olarak geliştirdiği ve üç boyutlu coğrafi işlemlerin yapıldığı ArcGlobe ile üç boyutlu arazi modelinin üzerine çalışma alanını içine alan ve yaklaşık boyutu 300 GB olan uydu fotoğrafı bindirilmiştir. Daha sonra tüm koordinat bilgileri ArcGlobe programına aktarılmıştır.

Şekil 4.47'de üç boyutlu harita üzerine aktarılan direk koordinatları gösterilmektedir. Hattın tertibine, iletkenin tipine, hattın dönüş açısına vb. değişkenlere göre hesaplanan ve üç boyutlu haritaya aktarılan sehim koordinatları Şekil 4. 48'de gösterilmektedir.



Şekil 4.47. Üç boyutlu harita üzerine aktarılan direk koordinatlarının gösterimi



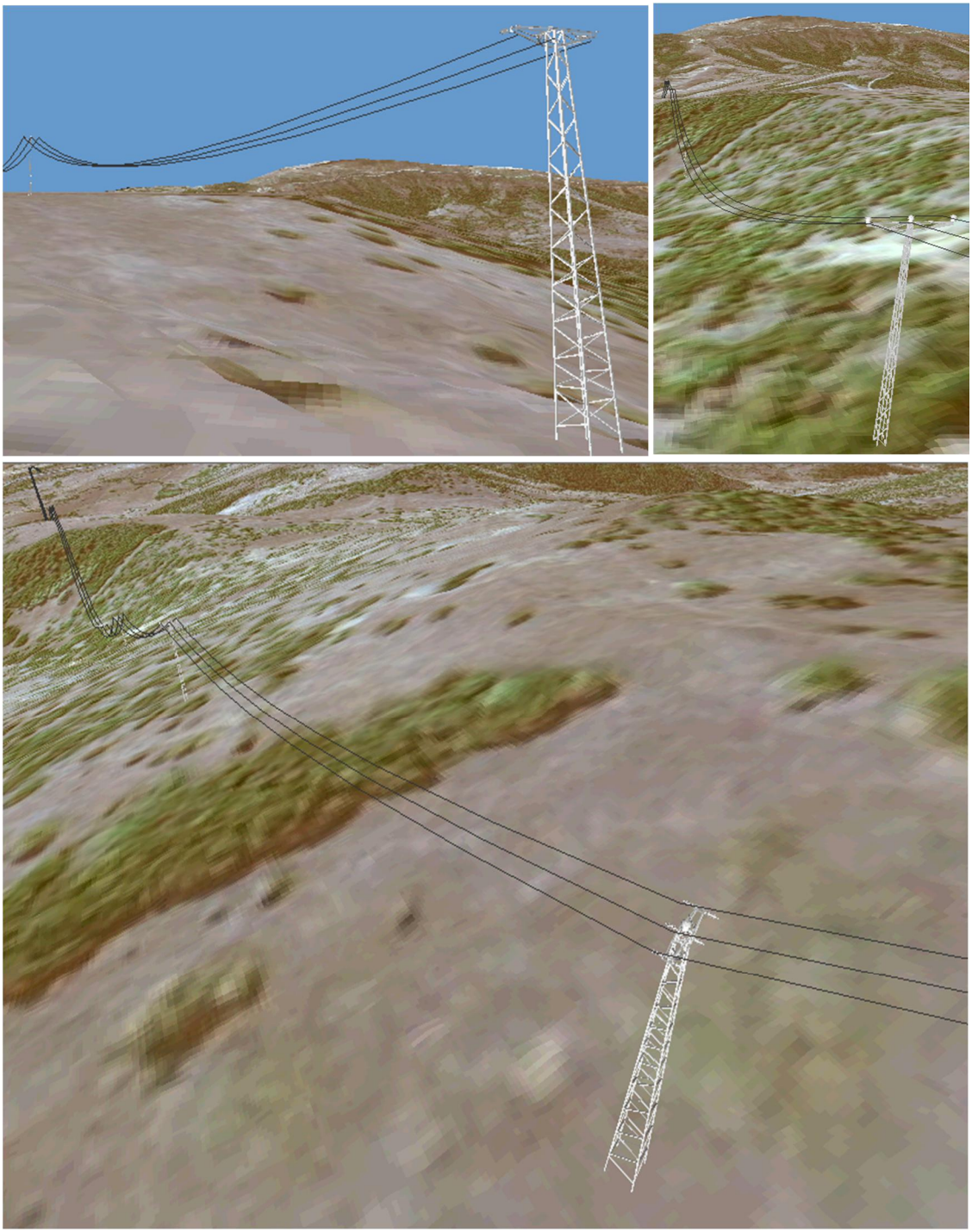
Şekil 4. 48. Üç boyutlu haritaya aktarılan sehim koordinatlarının gösterimi

ArcGlobe ortamında noktasal veri ile gösterilen koordinatlar ArcGlobe'un "Point to line" dönüştürücü araç kutusu yardımıyla çizgisel veriye dönüştürülür ve ENH çizim programıyla hesaplamaları yapılan iletken sehimlendirmesi üç boyutlu ortamda Şekil 4.49'da gösterildiği gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.49. Üç boyutlu ortamda iletken sehimlendirmesinin gösterimi

Noktasal olarak ArcGlobe ortamına aktarılan direk koordinatlarına, ENH çizim programıyla belirlenen direk ve travers bilgilerine göre üç boyutlu direk ve traversler uygun direk boylarında yerleştirilmiştir ve hattın doğrultusuna göre hesaplanan dönüş açılarına göre direkler bu yönde döndürülmüştür. Şekil 4.50'de üç boyutlu ortama aktarılan örnek ENH projesinin bazı direkleri gösterilmektedir.



Şekil 4.50. Üç boyutlu ortama aktarılan örnek ENH projesinin bazı direklerinin gösterimi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Dünyada her geçen gün artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için mevcut enerji kaynaklarına yenileri eklenmektedir. Enerjinin kaynağı ne olursa olsun enerjinin kullanıcılara iletilmesinde ENH'lere henüz alternatif bulunamamıştır. Artan enerji ihtiyacıyla ENH'lerin de sayısı artmaktadır. Bu nedenle yapılacak yeni ENH'lerin güzergâhlarının tespitinin yeni yöntemlerle daha doğru ve hızlı bir şekilde belirlenmesi, projelerinin bilgisayar ortamında çizilmesi ve üç boyutlu olarak bilgisayar ortamına aktarılıp kontrol edilmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışmada ENH güzergâh tespitinde kullanılması gereken kriterler ve bu kriterlere ait alt kriterler belirlenmiştir. Bu kriter ve alt kriterlerin birbirlerine göre ağırlıklandırılması AHP ve FAHP metodu yardımıyla yapılmıştır. Bulanık sayı aralığının daha esnek olması nedeniyle FAHP'de karar vericilerin tercih yapması daha kolay olduğundan, FAHP ile elde edilen değerler çalışmada kullanılmıştır.

Çalışma için belirlenen ve ağırlıklandırılması yapılan kriterler ENH güzergâh tespiti çalışmalarında kullanıcılara altyapı teşkil edeceği gibi diğer mühendislik yapılarının kriterlerinin değerlendirilmesine de yardımcı olacaktır.

Ağırlıklandırılması yapılan bu kriterlere ait veriler, ilgili kuruluşlardan temin edilerek gerekli tüm işlemler ArcMap ortamında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ve işlenen tüm bu veriler piksel tabanlı haritalara dönüştürülüp üst üste bindirilerek AMH elde edilmiştir.

AMH üzerinde bir noktadan diğer bir noktaya gidecek olan muhtemel bir ENH'nin güzergâhının belirlenmesi için ArcMap programının CD-CP araç kutuları kullanılmıştır. Belirlenen güzergâhın geçtiği yerler kontrol edilerek güzergâhın doğruluğu tahkik edilmiştir.

Belirlenen güzergâhlarda hatların bazı yerlerde büyük açılarla fazla dönüş yapmaları nedeniyle daha iyi çözümlerin elde edilebilmesi için CD-CP araç kutusuna alternatif olarak GA ve ABC algoritmaları çalışmaya uyarlanmıştır. Yazılan algoritmalar, kullanıcıya daha fazla doğruluğa sahip rotaların seçilmesinde yardımcı olmaları nedeniyle ENH güzergâh tespiti ve uygulaması çalışmalarında daha az hata yapılmasını ve daha az maliyetli güzergâhların seçilmesini sağlamaktadır.

Algoritmalar ve CD-CP araç kutusunun performanslarının karşılaştırılması için farklı başlangıç ve bitiş noktaları arasında algoritmalar koşturulmuş ve belirlenen güzergâhların uygunluk değerleri üzerinden karşılaştırmalar yapılmıştır.

Güzergâh belirlemede, kullanıcıların işlemlerini kolaylaştırmak için kriter ve alt kriter bilgilerinin düzenlenebileceği, veri ve dönüşüm işlemlerinin yapılabileceği, algoritmaların ve CD-CP araç kutusunun bütün işlemlerinin yapılabileceği bir arayüz programı tasarlanarak ArcMap programına bir araç kutusu olarak eklenmiştir.

Güzergâhı belirlenen ENH hattının Swallow ve Raven iletkenleri için proje çizimlerinin tüm aşamalarını ve hesaplamalarını yapabilen ve tüm çizim işlemlerini yerine getirebilen ve sonuçta elde edilen direk ve sehim koordinat bilgilerini hesaplayarak dosyaya aktarabilen bir ENH çizim programı yazılmıştır. Ayrıca çizimlerin kontrolü için farklı araziler üzerinde denemeler yapılmış ve farklı kurumlardan elde edilen ENH projeleriyle karşılaştırması yapılarak programın doğruluğu tespit edilmiştir.

Üçboyutlu arazi modelinin üzerine uydu fotoğrafının bindirilmesiyle elde edilen üç boyutlu harita üzerine ENH çizim programının örnek bir proje için belirlediği direk ve sehim koordinatlarının yerleştirilmesi, gerekli dönüşümlerin sağlanması ve ENH projelerinde kullanılan parçaların üç boyutlu modellerinin eklenmesiyle çizimi yapılan projenin gerçek hayatta arazi üzerindeki gerçek modellemesi yapılmıştır.

Bu tez çalışmasından elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ENH güzergâh tespitinin yapılabilmesi için kullanılacak ana ve alt kriterler Çizelge 3.1'deki gibi bulunmuştur.
- ENH güzergâh tespitinin yapılabilmesi için kullanılacak ana ve alt kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHP ve FAHP metotlarının kullanılmasının doğruluğu ortaya konmuştur.
- FAHP'deki bulanıklık nedeniyle FAHP'nin kullanılmasının daha doğru olacağı vurgulanmıştır.
- ENH güzergâh tespitindeki ana ve alt kriterlerin ağırlık değerleri Çizelge 4.7 ve 4.8'deki gibi bulunmuştur.
- CBS'nin ENH güzergâh tespiti problemlerine uygulanması, oldukça iyi sonuçlar vererek daha doğru güzergâhların daha kısa sürelerde bulunmasına olanak sağladığı görülmüştür.

- Oluşturulan AMH üzerinde, CD-CP araç kutularıyla oldukça az maliyetli güzergâhların oldukça kısa sürelerde belirlenebileceği gösterilmiştir.
- Bazı durumlarda CD-CP araç kutularının belirlediği güzergâhların dönüş açılarının yüksek açılı ve çok sayıda olmasının bir dezavantaj olduğu vurgulanmıştır.
- ENH güzergâh tespiti çalışmalarında, CD-CP araç kutusuna alternatif olarak GA ve ABC algoritmalarının kullanılabileceği ve zaman açısından performanslarının iyi olmamasına rağmen bazı durumlarda CD-CP araç kutularına göre daha iyi güzergâhları bulabildikleri gösterilmiştir.
- Piksel tabanlı haritalar üzerinde ENH güzergâhı tespiti problemlerinde ABC algoritmasının performansının GA'ya göre daha iyi olduğu ortaya konmuştur.
- ArcGIS'te güzergâh tespiti işlemlerinin yapılabilmesi için bir arayüz ihtiyacı ortaya konmuş ve bu amaçla ArcMap'e bir araç kutusu eklenmiştir.
- ENH projelerinin çizimindeki zorluklar ortaya konmuş, bu zorlukların üstesinden gelebilecek ve kullanıcı dostu bir yazılım gerçekleştirilmiştir.
- ENH projelerinin üç boyutlu harita ortamında gösterimi gerçekleştirilmiştir.

5.2. Öneriler

Bu tez çalışmasında kullanılan GA ve ABC algoritmalarına alternatif olarak diğer algoritmaların probleme uygulanmasıyla problemin çözümünde daha iyi performanslı algoritmaların ortaya çıkması sağlanmış olacaktır.

ENH çizim programında Swallow ve Raven iletkenler için hesaplamalar yapılmıştır. Diğer iletkenlerin hesaplama değerlerinin programa katılmasıyla programın daha da genişlemesi hatta yüksek gerilim projelerine de uygulanması kullanıcılar açısından oldukça faydalı olacaktır.

Çalışma bölgesine bağlı olarak bazı alanların verileri (örn. sit alanları) elektronik ortamda temin edilememiştir. Çalışma alanına bağlı olarak ENH güzergâhını etkileyen tüm verilerin bulunması ENH güzergâhının daha doğru olarak seçilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Ahlatçıoğlu, B., 2005, Bulanık karar verme ve tesis yeri seçimine bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.

Anonim, 2012, Türkiye Elektrik Üretim - İletim İstatistikleri, [online], http://www.teias.gov.tr/T%C3%BCrkiyeElektrik%C4%B0statistikleri/istatistik2012/istatistik%202012.htm, [Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2014].

Anonim (a), 2013, 380 kV Eser- Bağlum Enerji İletim Hattı Nihai ÇED Raporu, [online] http://www.csb.gov.tr/db/kirikkale/duyurular/duyurular5293_1.pdf, [Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2014].

Anonim (b), 2013, 154 kV Tatar HES TM – Seyrantepe HES TM enerji iletim hattı ÇED Raporu, [online], http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/tatarHES.pdf, [Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2014].

Anonim (c), 2013, 380 kV Zetes-Amasra TES (HEMA) Enerji İletim Hattı ÇED Raporu, [online], http://www.csb.gov.tr/db/bartin/editordosya/zetes_CED.pdf, [Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2014].

Anonim (d), 2013, 154 kV Olur Havza-Ayvalı HES Enerji İletim Hattı ÇED Raporu, [online], http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/154%20kV%20OLUR%20HAVZA%20TM-AYVALI%20HES%20EIH%20HES.pdf, [Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2014].

Anonim (e), 2013, 154 kV Pınarbaşı-Şarkışla Enerji İletim Hattı ÇED Raporu, [online], http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/PINARBASI%20SARKISLA%20EIH.pdf, [Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2014].

Anonim (f), 2013, 380 kV Cizre – Kızıltepe Enerji İletim Hattı ÇED Başvuru Dosyası, [online], http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/cizre-kiziltepe%20CEDBD(1).pdf, [Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2014].

Anonim (g), 2013, 380 kV Hadımköy GIS TM- Çorlu 380 Enerji İletim Hattı ve Çed Başvuru Dosyası, [online], http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/TE%C3%84%C2%B0AS%20Hadimkoy-Corlu%20Enerji%20%C3%84%C2%B0letim%20Hatti%20CED%20Raporu.pdf, [Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2014].

Anonim (h), 2013, Hunut I-II-III Regülatörleri ve Hunut Hunut I-II-III Hidroelektrik Santralleri (Hes), Kırma Eleme Tesisi Ve Hazır Beton Tesisi Projesi ÇED Raporu, [online] http://www.csb.gov.tr/db/erzurum/editordosya/Hunut_HES_CED_Raporu_TR-R-702-02-00_07_11_2013.pdf , [Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2014].

Ansari, A. J., Ashraf, I., Gopal, B., 2011, Integrated fuzzy VIKOR and AHP methodology for selection of distributed electricity generation through renewable

energy in India, *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 1(4), 1110-1113.

Aslan, N., 2005, Analitik network prosesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Ayan, K. and Kılıç, U., 2012, Artificial bee colony algorithm solution for optimal reactive power flow, *Applied Soft Computing, 12*(5), 1477–1482. doi:10.1016/j.asoc.2012.01.006.

Aydın, D. and Özyön, S., 2013, Solution to non-convex economic dispatch problem with valve point effects by incremental artificial bee colony with local search, *Applied Soft Computing*, doi:10.1016/j.asoc.2012.12.002.

Azimi, R. and Esmaeili, S., 2013, Multiobjective daily Volt / VAr control in distribution systems with distributed generation using binary ant colony optimization, *Turk. J. Elec. Eng. & Comp. Sci*., 21, 613–629.

Bailey, K., 2006, Principles of the EP-AMIS GIS/Multicriteria methodology for Participatory Electric Power Transmission Line Routing, *Power Systems Conference and Exposition (PSCE '06) IEEE*, 385-388.

Balogun, A., Matori, A., Lawal, D., & Chandio, I., 2012, Optimal Oil Pipeline Route Selection using GIS: Community Participation in Weight derivation and Disaster Mitigation, *International Conference on Future Environment and Energy (IPCBEE)*, 28, 100-104.

Biswas, S., Chatterjee, A., & Goswami, S. K., 2013, An Artificial Bee Colony-Least Square Algorithm For Solving Harmonic Estimation Problems. *Applied Soft Computing*, 13(5), 2343-2355.

Chang, D., 1996, Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, *European journal of operational research*, 95(3), 649–655.

Demircan, S., Aydin, M., Durduran, S. S., 2011, Finding optimum route of electrical energy transmission line using multi-criteria with Q-learning, *Expert Systems with Applications*, *38*(4), 3477–3482.

Demircan, S., 2009, Çoklu Etmenler Kullanılarak Enerji Nakil Hattı Güzergâh Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Dongli, Z., Xinping, G., Yinggan, T., Yong, T., 2012, An Artificial Bee Colony Optimization Algorithm Based on Multi-exchange Neighborhood. 2012 Fourth International Conference on Computational and Information Sciences, 211–214. doi:10.1109/ICCIS.2012.63.

Durduran, S.S., Aydin, M., 2007, Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak elektrik enerji nakil Hatlarının Güzergah Seçimi ve Örnek Bir Uygulama, *3. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, Konya, Turkey, 459-464.

Ebrahimipoor, A., R., Alimohamadi, A., Alesheikh, A., A., Aghigh, H., 2009, Routing of water pipeline using GIS and genetic algorithm, Journal of Applied Sciences 9(23), 4137-4145.

Efendigil, T., 2008, Müşteri odaklı sistemler için yapay sinir ağı ve bulanık çıkarım tabanlı bir karar destek sistemi yaklaşımı, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Eldrandaly, K., 2010, A GEP-based spatial decision support system for multisite land use allocation, *Applied Soft Computing*, 10(3), 694–702.

Eroğlu, H., Aydin, M., Optimization of electrical power transmission lines' routing using AHP, Fuzzy AHP and GIS, *Turk. J. Elec. Eng. & Comp. Sci*, DOI: 10.3906/elk-1211-59.

Esmaeili, A., Esmaeili, S., 2013, A new multiobjective optimal allocation of multitype FACTS devices for total transfer capability enhancement and improving line congestion using the harmony search algorithm, *Turk. J. Elec. Eng. & Comp. Sci*, 21, 957–979.

Feldman, S. C., Pelletier, R. E., Waker, E., Smoot, J. C., Ahl, D., 1993, A Prototype for Pipeline Routing Using Remotely Sensed Data and Geographic Information system Analysis, *Remote Sens. Environ.*, 53, 123-131.

Gill, R.S., 2005, Electric Transmission Line Routing Using a Decision Landscape Based Methodology, Yüksek Lisans Tezi, *College of Engineering and the faculty of the Graduate School of Wichita State University*, Wichita.

Gökdalay, H., 2008, Havaalanlarının performans analizinde bulanık çok ölçütlü karar verme yaklaşımı, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Göksu, A., 2008, Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulanması, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Isparta.

Houston, G., Johnson, C., 2006, EPRI - GTC Overhead Electric Transmission Line Siting Methodology, Technical Report, Georgia Transmission Corporation.

Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D., 2004, Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey, *International Journal of Production Economics*, 87(2), 171–184.

Kahraman, C., Kaya, I, 2010, A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives, *Expert Systems with Applications*, *37*(9), 6270–6281.

Karaboga, D., Ozturk, C., 2011, A novel clustering approach: Artificial Bee Colony (ABC) algorithm. *Applied Soft Computing*, 11(1), 652–657.

Karaboga, D., 2005, An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerıcal Optimization, Technical Report, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department.

Kiran, M., S., Gunduz, M., Sahman, M., A., 2009, Arı kolonisi optimizasyon algoritması kullanarak en kısa yol bulma, *V. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu Sempozyum Programı*, İTESUM, Adana.

Li, Y., 2011, Application of fuzzy analytic hierarchy process in the selection of highway route program, *2011 Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering*, 1985–1988.

Luemongkol, T. 2009, Rerouting electric power transmission lines by using satellite imagery, *Wseas Transactions on Environment and Development*, *5*(2), 189–198.

Mali, V., Rao, M., Mantha, S., S., 2012, Enhanced routing in disaster management based on GIS, *International Conference on Intuitive Systems & Solutions(ICISS)*, 14-18.

Nataraj, S., 2005, Analytic hierarchy process as a decision-support, *Issues in Information Systems*, 6(2), 16–21.

Nonis, C., N., Varghese, K., Suresh, K. S., 2007, Investigation of an AHP based multi criteria weighting scheme for GIS routing of cross country pipeline projects, *24th International Symposium on Automation & Robotics in Construction (ISARC 2007)*, Madras-India, 397-403.

Oranlı, G., 2007, Radyo frekansıyla tanımlama teknolojisinin uygulanması kararının bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile değerlendirilmesi: bankacılık sektöründe bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Özdağoğlu, A., 2008, Tesis yeri seçiminde farklı bir yaklaşım: bulanık analitik serim süreci, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2, 421-454

Özkan, B., Cevre, U., Uğur, A., 2008, Melez bir eniyileme yöntemi ile rota planlama, *Akademik Bilişim*, 173–183.

Rezaee, N., Nayeripour, M., 2009, Role of GIS in distribution power systems. *World Academy of Science*, 902–906.

Schmidt, J., A., 1999, Implementing a GIS Methodology for Siting High Voltage Electric Transmission Lines, Saint Mary's University of Minnesota University Central Services Press, Minnesota.

Selçuk, L., 2013, An avalanche hazard model for bitlis province, turkey,using gis based multicriteria decision analysis, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 523–535.

Tabak, Ö., 2008, Genetik algoritma ile kapasiteli servis güzergâhı belirlenmesi ve bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,, Eskişehir.

Topel, A., 2006, Analitik hiyerarşi prosesinin bulanık mantık ortamındaki uygulamaları-bulanık analitik hiyerarşi prosesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.

TSai, P., Pan, J., Liao, B., Chu, S., 2009, Enhanced artificial bee colony optimization, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 5(12), 1–12.

Tunalıoğlu, N., Öcalan, T., 2007, Üç boyutlu karayolu güzârgah optimizasyonunda karar destek sistemi olarak genetik algoritmaların kullanımı, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Wan, J., Qi, G., Zeng, Z., & Sun, S., 2011, The application of AHP in oil and gas pipeline route selection, *19th International Conference on Geoinformatics*, (10), 1–4, Shanghai.

Warner, L., L., Diab, R., D., 2002, Use of geographic information systems in an environmental impact assessment of an overhead power line. *Impact Assessment and Project Appraisal*, *20*(1), 39–47.

Yel, İ., 2009, Lojistik sektöründe bulanık mantık karar sürecinin uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Yildirim, V., Nisanci, R., 2010, developing a geospatial model for power transmission line routing in Turkey, *FIG Congress 2010*, 11–16.

Yıldırım, V., 2009, Doğalgaz iletim hatlarının belirlenmesi için coğrafi bilgi sistemleri ile raster tabanlı dinamik bir modelin geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

Yildiz, A., R., 2013, A new hybrid artificial bee colony algorithm for robust optimal design and manufacturing, *Applied Soft Computing*, 13, (5), 2906-2912.

Yomralıoğlu, T., 2005, Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamaları, Akademi Kitabevi.

Yuluğkural, Y., Felek, S., Aladağ, Z., 2005, Mobil iletişim sektöründe pazar paylaşımının ANP yöntemi ile tahminlenmesi / pazar payı arttırma amaçlı strateji öneri süreci, *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 89-93, İstanbul.

Yunusoğlu, A., 1995, Orta Gerilim Enerji Nakil Hatları Proje cilt 1,2, Genç Büro Reklam Matbaacılık San. Ve Tic. Ltd. Şti, Ankara.

Yuyang, L., Lianglong, D., Mei, H., Chaobo, J., 2010, Optimal route programming of submarine based on genetic algorithm, *2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM 2010)*, 9, 404–406.

Zhang, X., Armstrong, M., P., 2005, Using a genetic algorithm to generate alternatives for multi-objective corridor location problems, *In Proceedings of GeoComputation* Ann Arbor, Michigan.

Zsigraiová, Z., Semiao, V., Beijoco, F., 2013, Operation costs and pollutant emissions reduction by definition of new collection scheduling and optimization of MSW collection routes using GIS. The case study of Barreiro, Portugal, *Waste management*, 33(4), 793-806.