

RASTER TABANLI AĞ ANALİZİ UYGULAMALARI VE TÜRKİYE İÇİN BİR DURUM DEĞERLENDİRMESİ

V. Yıldırım

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, GISLab, Trabzon, yvolkan@ktu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, 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.

Anahtar Sözcükler: Ağ Analizi, Çizgisel Yapılar, Boru Hatları, Raster Veri Modeli

ABSTRACT

RASTER BASED NETWORK ANALYSIS APPLICATIONS AND AN EVALUATION OF TURKISH SITUATION

In this study, importance of Geographical Information System (GIS) Based spatial network analysis, their applications in the world and consequences of those applications are examined. A comparison between the routes defined using manual methods and the routes formed using raster based network analysis is carried out. The results of the comparison are evaluated using various methods. Then, the necessity of those types of applications is pointed out for Turkey based on geographical position of the country and suggestions of Turkish organizations/institutions. Also, a raster based network analysis is carried out using existing data and other data gathered using remote sensing technology. In this case study, an existing natural gas pipeline route is optimized. Different alternative routes are drawn. Those routes are compared with each other based on economical, environmental and sociological efficiencies.

Keywords: Network Analysis, Linear Structures, Pipeline, Raster Data Model

1. GİRİŞ

Boru hatları, yollar, demir yolları, sulama/kurutma kanalları, enerji nakil hatları ve yürüyüş yolları gibi altyapı tesisleri çizgisel yapılar olarak adlandırılmaktadır (Smith, 2006; Mackenzie ve Walker, 2004; Saha vd, 2005). Bu yapıların optimum tesis edilmesi, başlangıçta etkin bir planlama yapılmasına bağlıdır. Planlama aktiviteleri; tasarım, finansman ve yapım işlemlerini desteklemek amacıyla proje süresince sık sık kullanılır. Çizgisel yapıların planlama aktivitelerinde en önemli adım uygulanabilir bir güzergâh seçimidir. Çünkü güzergâh seçimi projeyi teknik, ekonomik, sosyolojik ve zamansal olarak her aşamada etkiler (Husdal, 2001).

Çizgisel yapıların güzergâh tespitlerinin hızlı, etkin ve doğru bir şekilde belirlenebilmesi, güzergâh boyunca değişkenlik gösteren yüzey özelliklerinin elde edilmesine ve bilgi sistemleri içinde kullanılmasına bağlıdır. Bu bağlamda verilerin elde edilmesinde en etkili araç uzaktan algılama teknolojileri, verilerin optimum analiz edilmesinde ise CBS'dir. Güzergâhın geçeceği yüzeyin altındaki (jeoloji, litoloji, yeraltı suları, altyapı tesisleri vb.) ve üstündeki bilgilerin (arazi kullanımı, arazi örtüsü, drenaj yapısı, yerleşim yerleri, üstyapı tesisleri, doğal hayat vb.) bir bütün içinde entegre edilebilmesi ve etkin kararlar verilebilmesi CBS ile mümkün olabilmektedir. Ağ analizleri olarak adlandırılan güzergâh tespiti işlemleri, CBS içinde vektör ve raster tabanlı olarak gerçekleştirilebilmektedir. Tematik maliyet hesabı, tasarım ve modelleme basitliği, uzaktan algılama verisinin raster formatta optimum elde edilebilmesi gibi nedenler yüzey üzerinde güzergâh tespitinin raster tabanlı olarak gerçekleştirilmesini daha avantajlı hale getirmiştir. (Saha vd, 2005; Çevik ve Topal, 2003). Bunun yanı sıra, raster tabanlı ağ analizleri tanımlanmış güzergâhlar içermeyen yüzey üzerinde güzergâh bulma ile ilgili problemlerde, öznetelik bilgileri içermeyen katmanlardan oluşan ağlarda ve suni yönsel sınırlandırmalarda optimum olarak kullanılmaktadır. Raster tabanlı uygulamaların yüzey üzerindeki güzergâh bulma problemlerinde vektör tabanlı ağlara göre daha uygun olduğu bilimsel olarak ta kanıtlanmıştır. Çünkü yüzey üzerinde güzergâh bulma düz bir çizgi gibi değil, hücreden hücreye bağlantı üzerinden yapılmaktadır (Hakbilir, 2004).

Çizgisel yapılar içinde güzergâh tespitine yönelik yapılan çalışmaların büyük bir bölümü boru hatları üzerinedir. Çalışmaların genelinde, boru hattı güzergâhlarının etkin bir şekilde tespit edilebilmesi için gerekli kriterlerin ya da faktörlerin bir bütün içinde CBS tabanlı modeller üzerinden ağırlıklandırılması öngörülmektedir. Bu bağlamda, boru hatları güzergâhlarının oluşturulmasında fiziksel, çevresel, politik, sosyal, ekonomik ve yasal süreçler bir bütün içinde irdelenmiş, faktör ve ağırlık prensibine dayalı olarak değişik perspektiflerden uygulamalar gerçekleştirilmiştir. (Rylsky, 2004; Saha vd, 2005). Bazı çalışmalarda mevcut güzergâhların optimizasyonu yapılmış ve klasik yöntemlerle geçirilen boru hattı güzergâhlarının maliyeti (ekonomik, sosyal ve zamansal) raster CBS tabanlı modeller kullanılarak oluşturulan güzergâhların maliyeti ile karşılaştırılmıştır (Rylsky, 2004). Bu çalışmaların yanı sıra birden fazla güzergâh ya da koridor içinden en uygun olan güzergâhı belirlemeye yönelik çalışmalar da gerçekleştirilmiştir. Bu durumda CBS teknikleri kullanılarak değişik uygulamalar yapılmıştır. Literatürde, boru hattı güzergâhlarını etkileyen önemli faktörlerden sadece biri kullanılarak güzergâh tespiti çalışmaları da yapılmıştır. Bu faktör sadece fay hatları olabileceği gibi sadece heyelan alanları da olabilmektedir (Cluff vd, 2003).

Karayolları, otoyollar, yürüyüş yolları, orman yolları bisiklet yolları gibi çizgisel mühendislik yapılarının güzergâh tespitine yönelik yapılan çalışmalarda, çoklu faktörler CBS teknikleri ile irdelenmiş ve uygulamalar gerçekleştirilmiştir. (Mackenzie ve Walker, 2004). Özellikle orman yollarının geçirilmesinde çevreye olan etkinin minimize edilmesi bağlamında CBS tabanlı yapılan çalışmalar mevcuttur. (Musa ve Mohammed, 2002). Yollar üzerindeki sanatsal yapıların yerlerinin optimum belirlenebilmesi ve buna göre maliyet analizleri yapılabilmesi için raster ağ analizleri gerçekleştirilmiştir. (Yu vd, 2003). Yol güzergâhları belirlenirken çoklu faktörlerin yanı sıra, güzergâhı etkileyen tek bir faktör ele alınıp ayrıntılı olarak irdelenerek uygulamalar da gerçekleştirilmiştir (Boseve Gupta, 2003).

Sulama/kurutma ve su toplama kanalları gibi çizgisel mühendislik yapılarının güzergâh tespitlerinin CBS tabanlı modeller üzerinden yapıldığı uygulamalarda, genelde topografya ve drenaj (hidroloji) katmanları dikkate alınmaktadır. (Smith, 2006).

Demiryolları güzergâhlarının belirlenmesi için özellikle yüzey üzerindeki faktörlerin (arazi kullanımı/örtüsü, heyelan ve deprem) raster tabanlı CBS modelleri ile irdelenmesine yönelik çalışmalar mevcuttur (Ashish ve Dhingra, 2005). Bu çalışmaların yanında, diğer çizgisel mühendislik yapılarının rota tespitlerinde olduğu gibi, tek bir faktör ele alınarak güzergâh tespitleri de gerçekleştirilmiştir (Wu vd, 2004)

Güç iletim hatları (elektrik, haberleşme vb. hatlar) yeraltından ya da yer üstünden tesis edilebilmektedir. Dünya da her iki durumda da bu yapıların güzergâhları raster tabanlı CBS modelleri ile belirlenebilmektedir. Bu çalışmalarda yüzey ve yar altı özellikleri belirli katmanlar içinde sınıflandırılarak irdelenmektedir (Qiu vd, 2004).

2. TÜRKİYE’DE MEVCUT DURUM – PROBLEMİN TANIMI

Türkiye, Avrupa ile Orta Doğu arasında bir geçiş yolu olması nedeniyle önemli bir konuma sahiptir. Orta Doğu enerji kaynaklarının, Avrupa’dan gelen talep doğrultusunda bu ülkelere iletilmesi gereksinimi, Türkiye’nin jeo-politik önemini daha da arttırmaktadır. Mevcut doğal gaz ve petrol boru hatları ile yapılması planlanan diğer projeler bunun açık bir göstergesidir. Avrupa ve Orta Doğu arasında bir enerji köprüsü olma görevi üstlenen Türkiye’de, özellikle boru hatlarının geçiş güzergâhları için henüz etkin karar destek sistemleri oluşturulamamıştır. Bunun yanı sıra, çizgisel yapıların inşa edildiği altyapı-mühendislik projelerinde de aynı durum söz konusudur. Bu projelerin, ülke ekonomisine getirdiği büyük külfet ve yapım aşamasında başlangıcından bitişine kadar geçen sürecin fazla olması nedeniyle stratejik olarak planlanması, değerlendirilmesi ve yönetilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda gerekli verilerin toplanması, yönetilmesi, işlenmesi ve analiz edilmesi sürecini kapsayan uzaktan algılama ve CBS teknolojileri henüz etkin olarak kullanılmamaktadır. Türkiye’de çizgisel yapıların inşası, bakımı ve işletimini yapan BOTAŞ, Karayolları, Demiryolları, İller Bankası, DSI, TEDAŞ gibi kurum ve diğer özel kuruluşlar üzerinde yapılan anket çalışmalarında Türkiye’de çizgisel yapıların güzergâh tespitlerinin nasıl yapıldığı, bu yaklaşımların dezavantajları ve raster tabanlı ağ analizlerine duyulan gereksinimler ortaya koyulmuştur (Tablo 1).

Kurum /Kuruluş	Kurum Adı	Yöntem	Güzergâh Tespiti	Mevzuat	CBS Kullanım Gereksinimleri	Kaynak
Enerji ve Tabi Kay. Bak.	BOTAŞ	Manuel	1/100.000 1/25.000 Topografik haritalar Üzerinden	Arazi Etüt ve Kam. Daire Bşk. – İlgili Yönetmelik	CBS teknolojileri kullanımı konusunda ön hazırlıklar yapılmaktadır.	BOTAŞ Genel Md. (Mülakat)
	DSİ	Manuel	1/25.000 Topografik haritalar üzerinden ve arazi keşifleri ile	Yok	CBS teknolojileri kullanılarak belirlenecek güzergâhların ekonomik açıdan çok faydalı olacağı düşünülmektedir.	DSİ Genel Md. DSI XXII. Bölge Md. (Mülakat)
	TPAO	Manuel	BOTAŞ üzerinden	Yok	Etkin güzergâh tespiti için CBS kullanımı gereklidir.	Genel Md. (Yazışma)
	TEDAŞ TEİAŞ	Manuel	1/100.000 Topografik haritalar ve arazi çalışmaları	Yok	Çok değişkenli faktörlerin bir arada irdelenmesi için CBS kullanımı gereklidir.	Genel Md. (Mülakat)
Bayındırlık Bakanlığı	İLLER BANK.	Manuel	Çalışma bölgesinin büyüklüğüne göre ihale şartnamesi ile bağlanır.	Yok	Projelerin devamlılığı için CBS kullanımı gereklidir.	Genel Md. (Mülakat)
Ulaştırma Bakanlığı	KARA YOL.	Manuel	1/25.000 ölçekli haritalar Arazi çalışmaları	Güzergâh tespiti standartları	Durak noktaları ve yaklaşık güzergâh ihale şartnamesinde olduğu için CBS kullanımına fazla gerek yoktur.	Genel Md. (Mülakat)
	TCDD	Manuel	Topografik Haritalar ve arazi etütleri	Yok	Arazi örtüsü üzerindeki değişimler ve kamulaştırma sorunları için CBS kullanımına ihtiyaç vardır.	Genel Md. (Yazışma)
	DLH	Manuel	Arazi etütleri ve istikşaf çalışmaları	Yok	Özellikler demiryolu inşaatlarındaki sorunların ortadan kaldırılması için CBS çalışmaları başlatılmıştır.	Genel Md. (Yazışma)
Kuruluşlar	SANEL Harita Ankara	Manuel	Topografik haritalar ve hava fotoğrafları değerlendirme	Yok	CBS ve uzaktan algılama teknolojileri güzergâh tespiti için çok önemlidir.	Mülakat
	M&T Müh. Ankara	Manuel	Topografik haritalar ve uydu görüntüleri	Yok	CBS veritabanları oluşturulmaktadır.	Mülakat
	DEMO Müh. Ankara	Manuel	Uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları	Yok	Uydu görüntülerinden veri toplanması işlemleri başlatılmıştır.	Mülakat

Tablo 1: Kurum ve kuruluşların, güzergâh tespiti işleminde CBS teknolojilerine gereksinimlerine yönelik anket sonuçları

Türkiye’de çizgisel yapıların güzergâh tespiti işlemleri genelde iki nokta arasındaki düz çizgi üzerinde yapılmaktadır. Bazı durumlarda 1/100.000 ölçekli ve 1/25.000 ölçekli Topografik haritalar kullanılmakta ve eğitim açısından uygun güzergâhlar tespit edilmektedir. Çizgisel yapının inşa edileceği alanda koridor genişliği olarak tanımlanan bölge geniş tutulmakta ve bu bölge içinde mevcut duruma göre kaymalar yapılmaktadır. Önceden tespit edilemeyen engeller dolayısıyla proje durmakta, yavaşlamakta, keskin dönüşler yapmakta ya da belli bir uzunlukta geri alınmaktadır. Çoğu durumda olması gerekenden fazla sayıda akarsu, yol ve demiryolu geçişi yapılmakta, bu durum projenin maliyetini, süresini ve işletim masraflarını arttırmaktadır. Önceden tespit edilemeyen heyelan alanlarından geçiş durumunda, koruma yapıları için ek maliyetler ortaya çıkmakta ya da bir heyelan durumunda projenin kullanım faaliyetleri durmaktadır. Özellikle yeraltına inşa edilen çizgisel yapıların kullanım sürelerine etki eden faktörlerin (çürüme ve aşınmaya etki eden yeraltı suları, toprak cinsi jeolojik yapılar) belirlenememesinden dolayı proje belirlenen işletim süresinden daha önce bakım ve onarıma ihtiyaç duymaktadır.

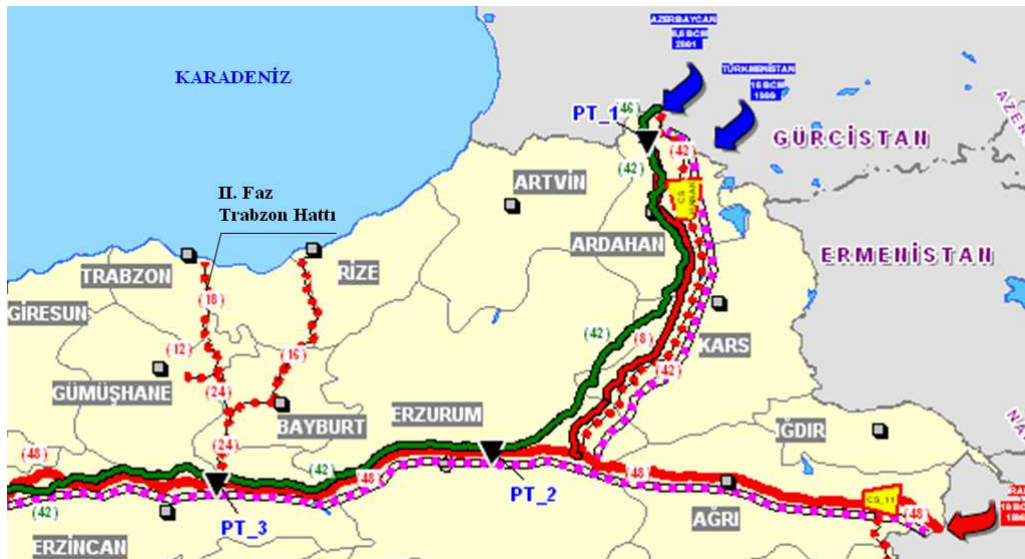
Bu sorunların temelinde “veri” problemleri bulunmaktadır. Veri elde edilmesindeki sorunlar, kaliteli veriye erişememe, güncel veri problemleri, veri maliyeti ve veri standartlarında yaşanan problemler, çizgisel yapıların güzergâhlarının optimum tespit edilememesinin temel nedenidir. Bu problemlerin çözümünde ve mevcut olmayan verilerin tespitinde maliyet ve zaman açısından uzaktan algılama teknolojilerinin kullanılması kaçınılmazdır. Çizgisel yapıların uzunluklarından dolayı geniş alanları kapsamaması, bu alanlara çok çeşitli ve büyük hacimli verilerin birlikte irdelenmesi gereğini ortaya çıkarmaktadır. Bu noktada ihtiyaç duyulan CBS teknolojilerinin Türkiye’de özel çalışmalar dışında henüz uygulanmaya başlanmadığı görülmektedir. Örneğin, Türkiye’ye doğal gaz girişi olan noktalardan itibaren etkili bir doğal gaz dağıtım ağının oluşturulması, mevcut demiryolu ağının geliştirilmesi ve dışa açılım noktalarının belirlenerek demiryolu güzergâh planlamasının yapılması ya da sulama ve kurutma kanalları için bütüncül yaklaşımlarla etkin kanal ağı oluşturulması ancak CBS teknolojileri ve raster tabanlı ağ analizleri ile mümkün olabilecektir.

Raster tabanlı ağ analizi uygulamalarına Türkiye’de bazı bilimsel çalışmalarda yer verilmiştir. (Hakbilir, 2004), yapmış olduğu yüksek lisans tezinde Dijkstra Algoritmasının Öncelikli Kuyruk yöntemini kullanarak raster CBS’de rota tespiti gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, ArcGIS Spatial Analysis modülü ile gerçekleştirilen raster tabanlı güzergâh bulma işlemi ve Dijkstra algoritmasının Öncelikli Kuyruk yöntemi kıyaslanmıştır. (Çevik ve Topal, 2003), Hendek yakınlarında heyelandan zarar gören doğal gaz boru hattının tekrar rotalandırılması için heyelan riski olmayan bölgelerin belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, boru hattının heyelandan etkilenen bölgesinde, heyelan etki alanı haritası oluşturulması için, CBS tabanlı istatistiksel indeks (Wi) ve ağırlık faktörü (Wf) metodları kullanılmıştır. Bu amaç için, tematik katmanlar; heyelan envanteri, litoloji, eğim, yön, yükseklik, arazi kullanımı, akarsu uzaklıkları ve drenaj yoğunluğu katmanları elde edilmiştir. Çalışma alanında, heyelanların killi katman bulunmayan alanlarda meydana geldiği tespit edilmiş ve irdeleme sonucunda Wf metodunun Wi metoduna göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Litoloji, çalışma alanında en önemli veri katmanı olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara dayalı olarak, killi olmayan alanlardan ve alüvyon arazilerden yeniden rotalandırma boyunca sakınılması gerektiği tespit edilmiş ve zirai faaliyetlere boru hatları boyunca izin verilmemesi sonucu ortaya çıkmıştır. (Gümüş, 2003) tarafından yapılan doktora çalışmasında, değişik amaçlarla işletilen ormanların üstlendikleri işlevleri gerçekleştirebilmesi için gerekli olan orman yol ağı planlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada eğim değerlerinden yararlanarak en uygun güzergâhın bulunmasından bahsedilmiştir. (Dane ve Tecim, 2007) tarafından yapılan çalışmada, hafif raylı taşıma sistemleri için en uygun güzergâhın belirlenebilmesinde CBS tabanlı bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, güzergâh tespiti işleminde çevresel, kentsel ve topografik veriler kullanılmıştır. Böylece, toprak, jeoloji, topografya, arazi kullanımı, ulaşım, hava fotoğrafları ve nüfus verileri modelin geliştirilmesi için elde edilmiştir. Bu değişkenlerle ilişkili çevresel, sosyal ve ekonomik faktörler birlikte irdelenmiştir. Bu makalede, çoklu kriter değerlendirme yöntemi kullanılarak ve bu üç ana grup faktör dikkate alınarak alternatif güzergâhlar üretilmiştir.

3. ALAN ÇALIŞMASI: RASTER TABANLI AĞ ANALİZİ UYGULAMASI

3.1. Çalışma bölgesi ve proje bilgileri

Raster tabanlı güzergâh tespitinin avantajlarının daha net olarak ortaya koyulabilmesi için, mevcut bir güzergâhın CBS kullanarak optimizasyonunun yapılması gerekmektedir (Rylsky, 2004). Böylece klasik yöntemlerle gerçekleştirilen güzergâh tespitlerinin ortaya çıkardığı çevresel, ekonomik ve sosyolojik sorunlar daha doğru tespit edilebilecek, raster tabanlı gerçekleştirilen güzergâh tespiti işlemlerinin projenin yapım, işletim ve sürdürülebilirliği için sağlayacağı faydalar daha net olarak görülebilecektir. Bu bağlamda, uygulama çalışması olarak, Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Gaz İletim Hattı projesinin, Trabzon il sınırları içinde kalan yaklaşık 40 km. uzunluğundaki II. Faz güzergâhının optimizasyonu işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). BOTAŞ tarafından gerçekleştirilmekte olan bu projede Doğu Anadolu Doğal Gaz Ana İletim Hattı üzerinden iki ayrı boru hattı ile Gümüşhane, Bayburt, Rize ve Trabzon illerine doğalgaz verilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 1: Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Gaz İletim Hattı ve çalışma alanı (BOTAŞ)

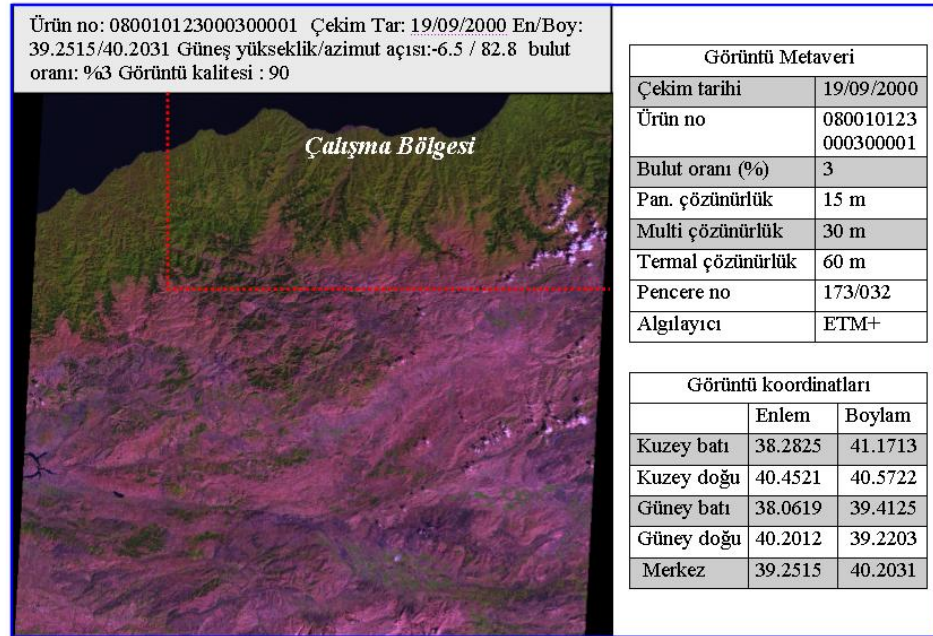
3.2 Veri toplama ve veritabanı tasarımı – kavramsal model

Boru hatları, yollar, demir yolları, sulama/kurutma kanalları, enerji nakil hatları ve yürüyüş yolları gibi çizgisel yapıların her birinin güzergâh tespiti için farklı faktör/kriter setlerinin farklı ağırlık oranları ile kullanılması gerekmektedir. Bir boru hattı için güzergâh tespitinde jeolojik durum diğer faktörlere göre daha önemli iken, enerji nakil hatlarının güzergâh tespitinde rüzgâr ve iklim şartları diğer faktörlere göre daha önemlidir. Bu bağlamda, doğal gaz boru hatları için gerekli veriler ve ağırlıkları literatür ve dünya da yapılan uygulama çalışmalarına göre aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 2).

Katman Adı	Öznitelik	Veri Kaynağı	Ölçek	Ağırlık (%)
Arazi Kullanımı	Turu	Landsat	1/100.000	20
Topografya	Kot	HGK	1/25.000	15
Jeoloji	Litoloji	MTA	1/50.000	15
Toprak	Btg, Ed, Saks, At, Akks, As	Köy Hizmetleri	1/100.000	10
Akarsular	Adi, Debi	MTA	1/100.000	10
Yol	Adi, Cinsi, Tipi, Durumu	Landsat-HGK	1/100.000	10
Heyelan	Heyelan_Turu	MTA-Landsat	1/50.000	10
Demiryolu	-	-	-	-
Turizm Kültür	Turu, Adi	Topoğrafik Hrt, Turizm Md., MTA, HGK	1/25.000	4
Sit	Turu, Adi	Anıtlar Yüksek Kurulu	1/50.000	3
Flora-Fauna	Turu	-	-	3
İdari Birimler	Adi, Nüfus, İl, İlçe, Telefon	MTA, Kadastro, Bayındırlık, Arazi	1/100.000	-

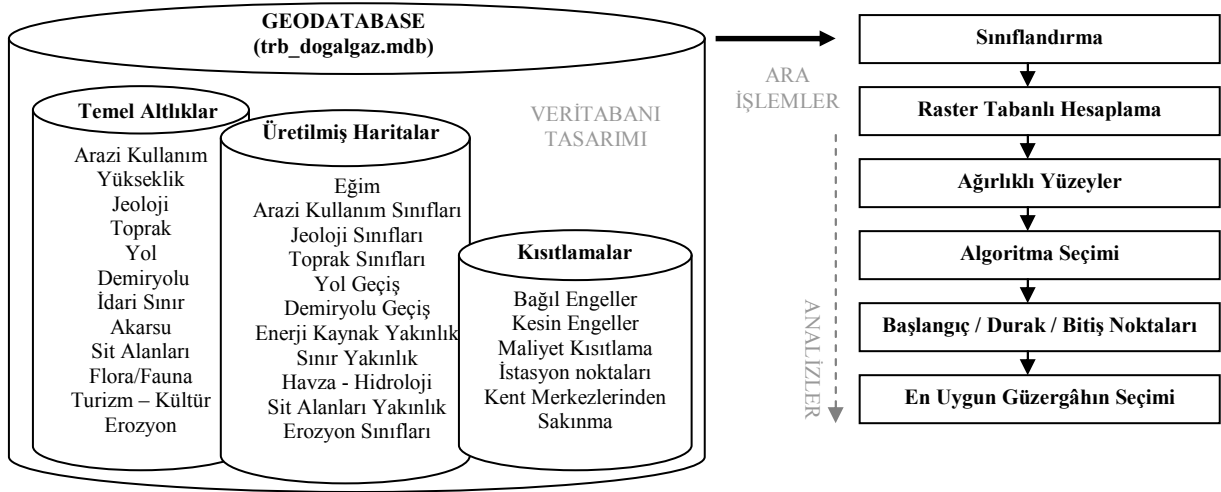
Tablo 2: Doğal gaz boru hattı güzergâh tespitinde gerekli veriler ve ağırlıkları

CBS içinde temel bileşen veridir (Yomralıoğlu, 2002). Güncel ve kaliteli veriler kullanılarak organize edilen bir CBS projesi kullanıcıyı doğru sonuca ulaştırır. Raster tabanlı ağ analizleri içinde durum aynıdır. Mevcut verilerin kalitesi ve mevcut olmayan verilerin elde edilme yöntemleri bu analizlerin doğru sonuç vermesi için önemlidir. Bu uygulama çalışmasında mevcut olmayan verilerin elde edilmesinde uzaktan algılama teknolojileri ile elde edilen 19 Eylül 2000 tarihli Landsat ETM+ uydu görüntüsü kullanılmıştır. Orijinal görüntü verisi (400 MB) standart arşiv formatında elde edilmiştir. Bu uydu görüntüsünün ID numarası ve pozisyonu ile ilgili bilgiler Şekil 2’de verilmiştir. Uyduda ayrıca 15m çözünürlüklü pankromatik bant ilave olarak bulunmaktadır. Görüntü üzerinde geometrik düzeltmeler, zenginleştirme ve sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çıkan sonuçlar karşılaştırılarak gerekli veriler görüntü üzerinden çekilmiştir.



Şekil 2: Landsat ETM+ 543 (RGB) uydu görüntüsü ve görüntü metaverisi

Uygulama çalışmasında diğer bir süreç, toplanan verilerin organize edilmesi, kavramsal modelin oluşturulması ve veritabanlarının tasarlanmasıdır. Bu çalışmada ArcGIS 9.2 Spatial Analysis modülü kullanarak güzergâh tespiti işlemi gerçekleştirilmiştir. Sistemin çalışmasını gösteren kavramsal model aşağıdaki gibidir (şekil 3).



Şekil 3: Kavramsal model

3.4 Alternatif güzergâhların tespit edilmesi

BOTAŞ tarafından tespit edilen ve inşaat faaliyetleri devam etmekte olan güzergâh 1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli topografik haritalar üzerinden klasik yöntemlerle tespit edilmiştir (*Güzergâh A*). Bu işlem sırasında bölgenin sosyolojik şartları ve özellikle arazi kullanım açısından tarımsal faaliyetlerin yapıldığı alanlar tespit edilmeden güzergâh belirlenmiştir. Bölgenin jeolojik yapısı, yol ve akarsu geçişleri gibi direkt maliyetle ilgili olan faktörlerin büyük bir bölümü dikkate alınmamıştır. Bu işlem sırasında tek belirleyici olarak, kurumlardan istenen görüşler kullanılmıştır.

Bu çalışmada, CBS tabanlı raster ağ analizi teknikleri kullanılarak iki ayrı güzergâh tespit edilmiştir. İlk olarak tablo 2. de verilen katman ağırlıkları kullanılarak (gelişmiş dünya ülkelerinde bu ağırlıkların doğal gaz boru hattı güzergâhları için en uygun sonuçlar verdiği sonucu ortaya çıkmıştır) *B güzergâhı* tespit edilmiştir. İkinci işlem adımı olarak tablo 2. de verilen ağırlıklar değiştirilmiş ve *C güzergâhı* elde edilmiştir. Bu güzergâh, bölgenin arazi kullanım özellikleri dikkate alınarak orman tahribatının önlenmesi ve tek geçim kaynağı tarım olan yöre halkının mağdur edilmemesi amacıyla oluşturulmuştur. Bu işlemde arazi kullanım faktörü için ilgili sınıf ağırlıkları artırılmış, maliyeti etkileyen jeoloji faktörünün ağırlığı ise azaltılmıştır (şekil 4.).



Şekil 4: CBS tabanlı raster ağ analizi teknikleri kullanılarak alternatif güzergâhların tespit edilmesi

3.5 Ekonomik, çevresel ve sosyolojik değerlendirme

Alternatif ve çoklu güzergâhların karşılaştırılarak en optimum güzergâhın seçilebilmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir (Dey, 2003). Bu yöntemler ekonomik, çevresel ve sosyolojik kriterleri bir bütün içinde irdeleyerek en uygun sonucu bulma ilkesine göre çalışmaktadırlar. Bu çalışmada güzergâh değerlendirmesi klasik yöntemle gerçekleştirilmiş ve sonuçlar aşağıdaki tablo da gösterilmiştir (tablo 3.)

Değerlendirme Kriterleri	Güzergâh A	Güzergâh B	Güzergâh C
Boru hattı uzunluğu	38.735 m.	37.300 m.	36.100 m.
Çalışma alanı büyüklüğü	77.5 hektar	74,6 hektar	76.2 hektar
Yol geçişi	13	10	12
Akarsu geçişi	9	8	9
Aktif heyelanlı bölge geçişi	Yok	Yok	Yok
Durağan heyelanlı bölge geçişi	1	1	Yok
Sit alanı geçişi	Yok	Yok	Yok
Fauna geçiş	2	Yok	2
Mera, otlak ve çalılık geçişi	12.300	18.200	17.200
Tarım alanı geçişi (Fındık – çay vd.)	6.100	6.200	3.100
Ormanlık alan geçişi	4.400	9.000	1.300
Kayalık bölge geçişi	8.700	1.600	10.100
Diğer alanlardan geçiş	7.235	2.300	4.400
Maliyet değerlendirme (birim)	71.05	57.54	65.77

Tablo 3: Güzergâhların ekonomik değerlendirilmesi

Güzergâhlar birim maliyetlere göre ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, mevcut güzergâhın (A Güzergâhı) en maliyetli güzergâh olduğu ve standart ağırlıklara göre belirlenen B güzergâhının maliyet açısından en optimum güzergâh olduğu tespit edilmiştir. Arazi kullanım verileri ile yapılan analizlerde tarımsal ve ormanlık alanlardan geçişin en az olduğu C Güzergâhı ise çevresel açıdan en uygun güzergâh olarak tespit edilmiştir. Boru hattı güzergâhlarından yerleşim birimlerine olan uzaklıklar, bu yerleşim birimlerinde yaşayan nüfus yoğunlukları ve güzergâhların kamusal alanlara olan mesafeleri irdelendiğinde B Güzergâhının sosyolojik açıdan en uygun güzergâh olduğu belirlenmiştir (tablo 4).

Yerleşim Yeri Adı	Nüfusu	A Güzergâhına Uzaklığı (m)	B Güzergâhına Uzaklığı (m)	C Güzergâhına Uzaklığı (m)
Sulaklı Yaylası	70	500	1000	800
Yerlice Yaylası	56	800	1200	800
Kürüklü Yaylası	45	750	800	900
Sarıtaş Yaylası	66	1000	1000	700
Kece Yaylası	71	İçerisinden	500	200
Çardaklı Yaylası	34	150	250	200
Uzunkomar Mezrası	24	100	300	İçerisinden
Güney Mezrası	19	400	350	500
Andon Mezrası	31	İçerisinden	İçerisinden	İçerisinden
Nülberi Mahallesi	90	İçerisinden	İçerisinden	İçerisinden
Oksu Mahallesi	94	İçerisinden	İçerisinden	İçerisinden
Yanyamaç Mahallesi	81	İçerisinden	İçerisinden	İçerisinden
Kendirli Mahallesi	75	İçerisinden	İçerisinden	İçerisinden
Yeşilbük Köyü	321	İçerisinden	100	100
Yeşilyurt Köyü	432	100	200	İçerisinden
Dolaylı Beldesi	3.250	İçerisinden	300	100
Soğuksu Mahallesi	600	İçerisinden	İçerisinden	İçerisinden
Çilekli Köyü	1.800	İçerisinden	200	150
Mesafe Değerlendirme (Birim)		23,8	175,1	84,5

Tablo 4: Güzergâhların sosyolojik değerlendirilmesi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Boru hatları, yollar, demir yolları, sulama/kurutma kanalları, enerji nakil hatları ve yürüyüş yolları gibi çizgisel yapılar uzunluk açısından geniş alanları kapsamaktadır. Bu alanlarda çizgisel yapıların güzergâhına etki edecek teknik, ekonomik, çevresel ve sosyolojik faktörler çok sık değişmektedir. Çizgisel yapıların güzergâh tespitlerinin optimum yapılmasının, projenin yapım, bakım, işletim ve sürdürülebilirliği için en önemli etken olduğu düşünüldüğünde, bu faktörlerin bir bütün içinde değerlendirilmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu tür projelerdeki büyük veri setlerinin organize edilmesi, işlenmesi ve ağ analizi teknikleri ile sonuçların elde edilmesi ancak raster tabanlı CBS teknolojileri ile mümkün olmaktadır.

Bu çalışmanın sonucunda güzergâh seçim işleminin CBS teknolojileri kullanarak bir otomasyon sürecinde gerçekleştirilmesinin çok önemli faydalar sağlayacağı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra gerçekleştirilecek diğer çizgisel mühendislik projelerinde ve arazi şartlarından dolayı yüksek maliyet gerektiren projelerde büyük kazançlar sağlanabileceği görülmüştür. Uygulayıcıların güzergâh tespiti işleminde mühendislik maliyetlerini, çevresel etkileri, ekonomik ve sosyal değerleri dikkate alması gerekmektedir. Bu kriterlere dayalı olarak makul alternatif güzergâhların oluşturulduğu değişik jenerasyonların üretilmesi ve bunlar arasından amaca en uygun güzergâh seçimi yapılması uygulayıcı açısından avantaj sağlamaktadır. Raster tabanlı ağ analizi teknikleri kullanarak bunların mümkün olduğu bu çalışmada gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

Ashish, V., Dhinga, S., L., 2005, *Integrated Framework Using Geographical Information System*, Journal of urban planning and development, Urban public transportation world review: challenges and innovations. Vol: 131 no:2 , pp.:98-111

Bose, D., Gupta, N., 2003, *Remote Sensing and GIS Applications in Highway Designing*, www.gisdevelopment.net/application/utility/transport/mi03210.htm

Cluff S., L., Page, A., R., Slemmons, B., D., Crouse, B., C., 2003, *Seismic Hazard Exposure for the Trans-Alaska Pipeline*, Earthquake Engineering 2003, Advancing Mitigation Technologies and Disaster Response for Lifeline Systems (TCLEE Monograph No. 25), 6th U.S. Conference and Workshop on Lifeline Earthquake Engineering, James E. Beavers - Editor, August 10–13, 2003, Long Beach, California, USA.

Çevik, E., Topal T., 2003, *GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for a Problematic Segment of the Natural Gas Pipeline, Hendek (Turkey)*, Environmental Geology, Vol:44, pp:949-962, Springer-Verlag.

Dane and Tecim, 2007, *GIS based route determination for light rail system: A Case Study in Izmir, Turkey*, ERSAs 2007 The International Conference on Engineering of Reconfigurable Systems and Algorithms, June 25 -28, Las Vegas – USA, 2007

Dey, P. K., 2003, *Analytic Hierarchy Process Analyzes Risk of Operating Cross-Country Petroleum in India*, Natural Hazards Review, Vol.4, No.4, page:213.

Hakbilir, M., 2004, *Implementing the Dijkstra's Algorithm with Priority Queue to the Path Finding Problem in Raster GIS*, Ms Thesis, Geodesy & Geographic Information Technologies, METU, Ankara.

Husdal, J., 2001, *Corridor Analysis – A Timeline of Evolutionary Development*, PhD Thesis, University of Utah, USA.

Mackenzie, A., S., Walker, M., A., 2004, *Perimeter Highway Route Determination Using GIS In Hamilton, Ontario*, http://www.uoguelph.ca/geography/research/geog4480_w2004/index.htm, Research Project, Geog4480, Applied GIS, University of Guelph, Ontario, Canada.

Musa, M., K., A., Mohammed, A., N., 2002, *Alignment and Locating Forest Road Networks by Best-Path Modeling Method*, www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2002/for/092.pdf.

Qiu, J., Bian, X., Li, X., 2004, *Intelligent Design of Power Transmission Lines on 3D GIS*, Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), Vol: 6, pp:5125-5128.

Ryan, K., P., 2000, *Aversatile Route Selection Process*, Pipeline 2001: Advances in Pipelines Engineering & Construction, section 9, chapter 1, (doi 10.1061/40574(2001)62), Conference Proceeding Paper

- Rylsky, I., A.,** 2004, *Optimization of Pipeline Routes Using GIS-Technologies*, Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 5: Geografiya, Issue 4, Pages 34-40.
- Saha, A., K., Arora, M., K., Gupta, R., P., Virdi, M., L., Csaplovics, E.,** 2005, *GIS-Based Route Planning in Landslide-Prone Areas*, International Journal of Geographical Information Science, Vol:19, No:10, pp:1149-1175, Taylor & Francis Ltd.
- Smith, M., J.,** 2006, *Determination of Gradient and Curvature Constrained Optimal Paths*, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol:21, pp:24-38, Blackwell Publishing.
- Yomralıoğlu, T.,** 2002, *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, İkinci Baskı, Seçil Ofset, İstanbul.
- Yu, C., Lee, J., Stasiuk, M., J., M.,** 2003, *Extensions to Least-Cost Path Algorithms for Roadway Planning*,
- Wu, Z., Barosh, J., P., Hu, D., Wu, Z., Zhao, X.,** 2004, *Hazards Posed Active Major Faults the Golmud-Lhasa Railway Route*, Tibetan Plateau, China, Engineering Geology No: 74 pp:163–182, Elsevier, Science@Direct.