Harita Dergisi

Temmuz 2016
Sayı 156

ISSN 1300-5790

Gökgöz T: **Sapma Açıları ve Belirgin Üçgen Kenarları Kullanılarak Sayısal Yükseklik Modellerinden Düzensiz Üçgen Ağlarının Türetimi** (Derivation of Triangulated Irregular Networks from Digital Elevation Models Using Deviation Angles and Explicit Triangle Edges)

Bildirici İ Ö: **Ortogonal Olmayan Coğrafi Ağlı Harita Projeksiyonlarında Tissot Endikatris Elemanlarının Belirlenmesi** (The Determination of Elements of Tissot's Indicatrix in Map Projections with non-orthogonal Graticule)

Boyacı D, Erdoğan M, Torun A: **Konumsal Veri Kalitesinde Süreç İyileştirme: Örnek Uygulama** (Revisiting The Procedures for Data Quality Assurance: a Case Study)

Erbaş M: **LiDAR Verilerinden Enerji Nakil Hatlarının Otomatik Tespit Edilmesi Çalışmaları** (Studies on the Automatic Detection for Power Transmission Line from LiDAR Data)

Memduhoğlu A, Başaraner M, Şengün Y S: **Açık Kaynaklı Yazılımlar ile OGC Web Servisleri Üzerinden Görerek Uçuş Bilgilerinin Kartografik Sunumu** (Cartographic Presentation of Visual Flight Information on OGC Web Services Using Open Source Softwares)

HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI, ANKARA
www.hgk.msb.gov.tr

HARİTA DERGİSİ
Temmuz 2016
Yıl : 82 Sayı : 156

ALTI AYDA BİR YAYIMLANIR.
HAKEMLİ DERGİDİR.
YEREL SÜRELİ YAYINDIR.

Sahibi

Harita Genel Komutanlığı Adına
Tümgeneral Burhanettin AKTI

Sorumlu Müdür

Harita Yük.Tek.Ok.K.lığı Adına
Dr. Mühendis Albay Mustafa KURT

Editör

Mühendis Yarbay Tümay ŞENER
Öğretim ve Araştırma Sekreteri

Yönetim Kurulu

Dr.Müh.Alb. Osman ALP
Dr.Müh.Alb.Mustafa ATA
Dr.Müh.Alb.Mustafa KURT (Bşk.)
Doç.Dr.Müh.Alb.Hasan YILDIZ
Müh.Yb.Tümay ŞENER

Yönetim Yeri Adresi

Harita Genel Komutanlığı
Harita Yüksek Teknik Okulu
Harita Dergisi Yönetim Kurulu
Başkanlığı
06100 Cebeci / ANKARA

Tel : (312) 5952120

Faks: (312) 3201495

e-posta: haritadergisi@hgk.msb.gov.tr

Basım Yeri

Harita Genel Komutanlığı Matbaası
ANKARA

ISSN 1300 – 5790

Bu dergide yayımlanan makaleler, yazarlarının özel fikirlerini yansıtır. Türk Silahlı Kuvvetlerinin resmi görüşünü ifade etmez.

TÜBİTAK-ULAKBİM Mühendislik ve Temel Bilimler Veri Tabanında (TÜBİTAK MTBVT) taranmaktadır.

İ Ç İ N D E K İ L E R

Sapma Açıları ve Belirgin Üçgen Kenarları Kullanılarak Sayısal Yükseklik Modellerinden Düzensiz Üçgen Ağlarının Türetimi
(Derivation of Triangulated Irregular Networks from Digital Elevation Models Using Deviation Angles and Explicit Triangle Edges)

Türkay GÖKGÖZ 1 - 12

Ortogonal Olmayan Coğrafi Ağlı Harita Projeksiyonlarında Tissot Endikatris Elemanlarının Belirlenmesi
(The Determination of Elements of Tissot's Indicatrix in Map Projections with non-orthogonal Graticule)

İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ 13 - 22

Konumsal Veri Kalitesinde Süreç İyileştirme: Örnek Uygulama
(Revisiting The Procedures for Data Quality Assurance: a Case Study)

Dijle BOYACI
Mustafa ERDOĞAN
Abdulvahit TORUN 23 - 31

LiDAR Verilerinden Enerji Nakil Hatlarının Otomatik Tespit Edilmesi Çalışmaları
(Studies on the Automatic Detection for Power Transmission Line from LiDAR Data)

Mehmet ERBAŞ 32 - 40

Açık Kaynaklı Yazılımlar ile OGC Web Servisleri Üzerinden Görerek Uçuş Bilgilerinin Kartografik Sunumu
(Cartographic Presentation of Visual Flight Information on OGC Web Services Using Open Source Softwares)

Abdulkadir MEMDUHOĞLU
Melih BAŞARANER
Yavuz Selim ŞENGÜN 41 - 55

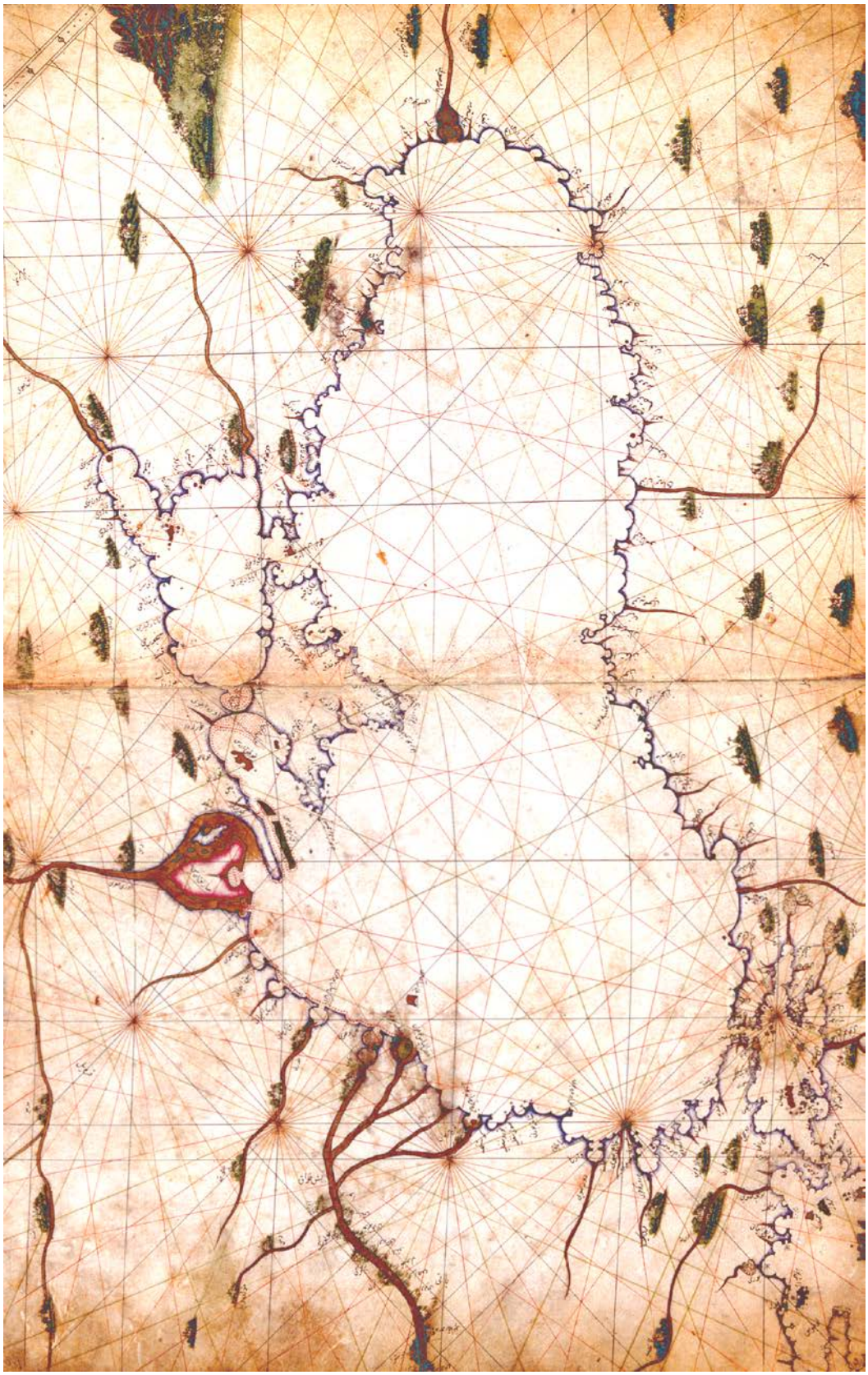
Bilim Kurulu

Prof.Dr.Ahmet Tuğrul BAŞOKUR (AÜ)
Prof.Dr.Ahmet KAYA (KTÜ)
Prof.Dr.Ali KOÇYİĞİT (ODTÜ)
Prof.Dr.Ayhan ALKIŞ
Prof.Dr.Bahadır AKTUĞ (AÜ)
Prof.Dr.Cankut ÖRMECİ (İTÜ)
Prof.Dr.Çetin CÖMERT (KTÜ)
Prof.Dr.Cevat İNAL (SÜ)
Prof.Dr.Orhan ALTAN
Prof.Dr.Dursun Zafer ŞEKER (İTÜ)
Prof.Dr.Fatmagül KILIÇ (YTÜ)
Prof.Dr.Ferruh YILDIZ (SÜ)
Prof.Dr.Filiz SUNAR (İTÜ)
Prof.Dr.Gönül TOZ (İTÜ)
Prof.Dr.Haluk ÖZENER (BÜ)
Prof.Dr.Hakan Şenol KUTOĞLU
Prof.Dr.M.Onur KARSLIOĞLU (ODTÜ)
Prof.Dr.Mustafa TÜRKER (HÜ)
Prof.Dr.Naci YASTIKLI (YTÜ)
Prof.Dr.Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ)
Prof.Dr.Necla ULUĞTEKİN (İTÜ)
Prof.Dr.Öztuğ BİLDİRİCİ (SÜ)
Prof.Dr.Rahmi Nurhan ÇELİK(İTÜ)
Prof.Dr.Sıtkı KÜLÜR (İTÜ)
Prof.Dr.Semih ERGİNTAV (BÜ)
Prof.Dr.Şerif HEKİMOĞLU
Prof.Dr.Taşkın KAVZOĞLU (GTÜ)
Prof.Dr.Uğur DOĞAN (YTÜ)
Prof.Dr.Zübeyde ALKIŞ (YTÜ)
Doç.Dr.Ali KILIÇOĞLU
Doç.Dr.Aydın ÜSTÜN (KÜ)
Doç.Dr.Cemal Özer YİĞİT (GTÜ)
Doç.Dr.Fevzi KARSLI (KTÜ)
Doç.Dr.Hande DEMİREL (İTÜ)
Doç.Dr.Hakan MARAŞ (ÇÜ)
Doç.Dr.Melih BAŞARANER (YTÜ)
Doç.Dr.Onur LENK
Doç.Dr.Uğur ŞANLI (YTÜ)
Doç.Dr.Müh.Alb.Hasan YILDIZ (HGK)
Yrd.Doç.Dr.Ali ERDİ (SÜ)
Yrd.Doç.Dr.Hakan AKÇİN (BEÜ)
Dr.Coşkun DEMİR
Dr.Müh.Alb.Osman ALP (HGK)
Dr.Müh.Alb.Mustafa KURT (HGK)
Dr.Müh.Alb.Mustafa ATA (HGK)
Dr.Müh.Alb.Oktay EKER (HGK)
Dr.Müh.Alb.Mustafa ERDOĞAN (HGK)
Dr.Müh.Yb.Yavuz Selim ŞENGÜN (HGK)
Dr.Müh.Yb.Altan YILMAZ (HGK)

Bu Sayıda Hakem Olarak Görev Alan Bilim Kurulu Üyeleri

Prof.Dr.Ahmet KAYA (KTÜ)
Prof.Dr.Ayhan ALKIŞ
Prof.Dr.Bahadır AKTUĞ (AÜ)
Prof.Dr.Cevat İNAL (SÜ)
Prof.Dr.Çetin CÖMERT (KTÜ)
Prof.Dr.Dursun Zafer ŞEKER (İTÜ)
Prof.Dr.Fatmagül KILIÇ
Prof.Dr.Ferruh YILDIZ (SÜ)
Prof.Dr.Filiz SUNAR (İTÜ)
Prof.Dr.Haluk ÖZENER
Prof.Dr.Öztuğ BİLDİRİCİ (SÜ)
Prof.Dr.Necla ULUĞTEKİN (İTÜ)
Prof.Dr.Rahmi Nurhan ÇELİK
Prof.Dr.Taşkın KAVZOĞLU (GTÜ)
Prof.Dr.Uğur DOĞAN (YTÜ)
Doç.Dr.Ali KILIÇOĞLU
Doç.Dr.Aydın ÜSTÜN (KÜ)
Doç.Dr.Melih BAŞARANER (YTÜ)
Doç.Dr.Fevzi KARSLI (KTÜ)
Doç.Dr.Hande DEMİREL (İTÜ)
Doç.Dr.Onur LENK
Doç.Dr.Uğur ŞANLI (YTÜ)
Doç.Dr.Müh.Alb.Hasan YILDIZ (HGK)
Dr.Müh.Alb.Oktay EKER (HGK)
Dr.Müh.Alb.Mustafa ERDOĞAN (HGK)
Dr.Müh.Yb.Yavuz Selim ŞENGÜN (HGK)
Dr.Müh.Yb.Altan YILMAZ (HGK)

Harita Dergisinin kapak tasarımı Hrt.Tekns.Kd.Bçvş.Selim ŞENDİL tarafından yapılmıştır.



Ali Macar Reis ve Atlası, Karadeniz Haritası [1]

[1]Kemal Özdemir, Osmanlı Haritaları, s.108-109

Ali Macar Reis ve Atlası, Karadeniz Haritası [1]

ALİ MACAR REİS ve ATLASI

16'ncı yüzyıl Osmanlı Haritacılığının doruk noktalarından olan Ali Macar Reis Atlası, adından da anlaşılacağı gibi levend reisi bir denizcinin eseridir. Daha açık deyişle Ali Macar, Akdenizi kasıp kavuran Osmanlı korsan reislerinden biridir. Osmanlı ülkesinin en mahir denizcileri korsanlardı. Savaşcılıklarının yanı sıra, deniz bilimlerinde de üstün bilgilere sahiptiler. Osmanlı denizciliği ve kartografyasının öncüsü oldular.

Topkapı Sarayı Müzesi Kütüphanesi Hazine Kitaplığı 644 numarada kayıtlı bulunan Ali Macar Reis Atlası, yedi haritadan oluşur. Atlas, dönemin cildindendir.; cilt kapakları kahverengidir. Ön ve arka kapaklarının ortasında, Osmanlı cilt sanatının süsleme öğesi şemse bulunur. Kapakların kenarı ayrıca altın yaldız zencerek ve cetvelle çerçevelenmiştir. Yılların etkisi ile bu yaldızlar silinmeye yüz tutmuştur. 18 sayfadan oluşan atlasta, haritalar yedi çift sayfa üzerinde 31x43 santimlik alanı kaplar. Deri parşömen üzerine çizilmiştir. Atlasta yer alan ilk altı harita(Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Ege Haritası, İtalya Haritası, Batı Akdeniz ve İber Yarımadası, Britanya Adaları ve Avrupanın Atlantik Kıyıları, Ege Deniz-Batı Anadolu ve Yunanistan Haritası), XVI. Yüzyıl Osmanlı deniz haritalarının tipik örneğidir. Sonuncusu bir Dünya haritasıdır.

Atlasta bulunan ilk altı harita, portolonların tipik özelliklerini taşır ve tamamında on yedi adet rüzgârgülü bulunur. Rüzgârgüllerinden ayrılan otuz iki yön çizgisi belli renklerdedir.

Sekiz ana yön siyah ile, ana yönlerin ortaları kırmızı ile, kerte adı verilen ara yönler yeşil renkle çizilmiştir. Bütün haritaların altında mil ölçeği bulunmaktadır. Limanlar abartılı girinti ve çıkıntılarla belirtilmiştir. Karaların denizle birleştiği yerler lacivertle gölgelendirilmiş, böylece kıyıların göze çarpması amaçlanmıştır. Portolanlarda yer alan adalar altın yaldız, sarı, yeşil, pembe, kırmızı gibi göze çarpan renklerle boyanmıştır. Portolanlarda adet olduğu üzere sığlık yerler kırmızı noktalarla, gizli kayalıklar (+) ile gösterilmiştir. Nehirler altın yaldıza boyanmıştır. Bazı büyük nehirlerin deltaları abartılı çizilmiş, göz alıcı şekilde renklendirilmiştir.

Dünya haritası ve ikinci Ege Haritası dışında, önemli kentler ve kaleler, renkli basit minyatürlerle gösterilmiştir. Kentlerin adları siyahla yazılmış ve böylece portolonlarda önemli limanların kırmızı ile yazılması kuralının dışına çıkılmıştır. Haritaların tamamı kuzeye yönlendirilmiş ve siyasi sınırlarla ilgili hiç bir bilgi verilmemiştir.

[1] *Kemal Özdemir, Osmanlı Haritaları, s.104-105-108-109*

Sapma Açıları ve Belirgin Üçgen Kenarları Kullanılarak Sayısal Yükseklik Modellerinden Düzensiz Üçgen Ağlarının Türetimi

(Derivation of Triangulated Irregular Networks from Digital Elevation Models Using Deviation Angles and Explicit Triangle Edges)

Türkay GÖKGÖZ
Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul
gokgoz@yildiz.edu.tr

ÖZ

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Sayısal Yükseklik Modellerinden (DEM) Düzensiz Üçgen Ağlarının (TIN) türetimi çoklu çözünürlük kapsamında ele alınan önemli konulardan biridir. Bu yazıda DEM'lerden TIN'lerin türetimi için yeni bir yöntem tanıtılmaktadır. Bu yöntemde, DEM noktalarının önem dereceleri sapma açıları kullanılarak belirlenmektedir. Belli bir eşik açısına göre belli bir önem derecesine sahip DEM noktaları seçilmektedir. Seçilen DEM noktaları çizgilerle birbirlerine bağlanarak belirgin üçgen kenarları meydana getirilmektedir. DEM sınır noktaları, seçilen noktalar ve belirgin üçgen kenarları kullanılarak zorlanmış Delaunay üçgenleme yöntemine göre sonuç ürün (TIN) elde edilmektedir. Elde edilen TIN'in detay düzeyi Töpfer bağıntısı ile yükseklik hatası ise Koppe bağıntısı ile kontrol edilmektedir. Önerilen yöntem Kenar Kaynaştırma yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Uygulama sonuçlarında önerilen yöntemin lokal yüzey değişimlerine duyarlık, yapısal ve istatistiksel doğruluk bakımlarından üstünlükleri olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *CBS, Kartografya, Türetim, DEM, TIN.*

ABSTRACT

Derivation of Triangulated irregular networks (TINs) from digital elevation models (DEMs) is one of the crucial topics in the context of multiresolution modelling in geographical information systems. This paper introduces a new method for derivation of TINs from DEMs. In this method, significance degrees of DEM points are determined by using deviation angles. In accordance with a certain deviation threshold, a subset of DEM points at a certain significance degree is obtained. Explicit triangle edges are constructed by connecting all the selected DEM points with lines. Resulting TIN is obtained by a constrained Delaunay triangulation using all the DEM boundary points, selected points and explicit triangle edges. Level of detail and vertical error of the resulting TIN are controlled by Töpfer's and Koppe's fomulas, respectively. The proposed method is compared to the Edge Contraction method. According to the test results, the proposed method has some advantages such as sensitivity to local surface variations, structural and statistical accuracy.

Keywords: *GIS, Cartography, Derivation, DEM, TIN.*

1. GİRİŞ

Yeryüzündeki tüm noktaları kaydetmek mümkün olmadığı için arazi yüzeyi yükseklik verilerini toplama işlemi aslında bir örnekleme işlemidir. İki örnekleme yaklaşımı vardır: Sistematik ve uyarlamalı. Sistematik örneklemede, yükseklik noktaları düzenli aralıklarla ölçülmektedir. Sonuç ürün, yükseklik değerlerini içeren bir matristir ve genellikle Sayısal Yükseklik Modeli (DEM: Digital Elevation Model) olarak isimlendirilir. Uyarlamalı örnekleme yaklaşımında, yükseklik ölçüleri, arazi yüzeyinin gösterimi için önemli olduğu kabul edilen noktalarda yapılır. Sonuç ürün, başka amaçlar için kullanılmadan önce yapılandırılması gereken bir dizi düzensiz dağılmış yükseklik değeridir. Bu yaklaşımla toplanan veri üçgenleme yöntemleri ile yapılandırıldığında Düzensiz Üçgen Ağı (TIN: Triangulated Irregular Network) olarak isimlendirilir. TIN model oluşturulurken tepe, çukur, geçit noktaları gibi önemli noktalarla birlikte su toplama ve su dağıtma çizgileri gibi önemli çizgiler de kullanılabilir ve böylece "yapısal doğruluk" sağlanmış olur. TIN modelin yükseklik hatasının belli bir değerin altında olması durumunda ise "istatistiksel doğruluk" sağlanmış olur (Fowler ve Little, 1979). TIN yönteminin temelleri günümüzden yaklaşık otuz yıl önce Peucker vd. (1977, 1978) tarafından yapılan çalışmalarla atılmıştır (Polis ve McKeown, 1992).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde hem DEM hem de TIN modeller yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygulamalara, teknolojik olanaklara ve diğer birçok faktöre bağlı olarak her bir yöntemin üstün ve zayıf olduğu yanlar vardır. Örneğin, DEM basit fakat genellikle hantal bir veri yapısıdır. TIN modellerden ise topografik bilgi edinmek mümkündür (Peucker ve Douglas, 1975). Eş zamanlı gösterim ve analiz gibi işlemlerde TIN'ler, DEM'lere göre daha etkili modellerdir (Polis ve McKeown, 1992). Örneğin tarıma elverişli arazilerin tespitine yönelik olarak arazi eğimi, bitki örtüsü ve zemin türü verileriyle yapılacak kaplaşım analizi gibi bazı işlemler DEM'lerle daha kolay gerçekleştirilir (Lee, 1991).

Arazi gösterimi ve görüş alanın tespiti gibi çeşitli analizler için TIN'lerin DEM'lerden türetimi gerekli olmaktadır. Ancak bu basit bir işlem değildir. DEM'ler genellikle çok fazla noktadan meydana gelmektedir. Ayrıca bu noktaların önemli bir kısmı gereksiz olabilmektedir. Bu nedenlerle DEM'lerden TIN'ler türetilirken genellikle noktaların tümü değil, bir alt kümesi kullanılır. Bu bağlamda şu soru akla gelmektedir: 'Hangi noktalar seçilmelidir?' veya 'Hangi noktalar ihmal edilebilir?'. Temel prensip "en önemli noktaların seçilmesi" olmalıdır. En önemli noktaların hangileri olduğu sorusunun cevabı, her bir noktanın önem derecesinin nasıl belirleneceğine bağlıdır. Burada, bir noktanın önem derecesi ile kastedilen, o noktanın yüzey gösterimine katkısıdır. Bir noktanın yüzey gösterimine katkısı ne kadar fazla ise önem derecesi de o kadar fazladır (Chen ve Guevara, 1987).

DEM'lerden TIN'lerin türetilmesi konusunda yapılan ilk çalışmaların esin kaynağı, Douglas ve Peucker (1973) tarafından çizgi basitleştirme konusunda yapılan çalışma olmuştur. Konuya katkı sağlayan diğer başlıca çalışmalar kronolojik olarak şöyle özetlenebilir. Peucker ve Douglas (1975), önemli noktaların ve çizgilerin DEM'den türetilen topolojik bilgilere dayalı olarak belirlendiği bir sistem geliştirmiştir. Fowler ve Little (1979), önemli DEM noktalarının görüntü işlemede kenar türetme amaçlı kullanılan operatörlere benzer bir geometrik operatör ile belirlendiği, TIN modelin Delaunay üçgenleme yöntemiyle ve tüm önemli DEM noktalarına ilaveten DEM sınır noktaları da kullanılarak elde edildiği bir yöntem geliştirmiştir. Yoeli (1984), önemli DEM noktalarının profiller boyunca geçirilen spline türünde eğriler yardımıyla belirlendiği bir yöntem önermiştir. Chen ve Guevara (1987), her bir DEM noktasının önem derecesinin bir mekânsal yüksek geçiş filtresi yardımıyla belirlendiği ve kısaca VIP (Very Important Points) ismiyle bilinen yöntemi geliştirmiştir. Lee (1989), bir DEM noktasının özgün yüksekliği ile o DEM noktası atılarak geriye kalan DEM noktaları ile elde edilen TIN'de hesaplanan yüksekliği arasındaki farka bakılarak o noktanın önemli veya önemsiz olduğuna karar verildiği bir yöntem önermiştir. Weibel (1992), önemli DEM noktalarının belirlenmesi için iki filtre yöntemi (global filtreleme yöntemi ve tekrarlamalı filtre yöntemi) önermiştir. Polis ve McKeown (1992), DEM köşe noktalarından türetilmiş bir başlangıç TIN'den hareketle, her defasında maksimum hatalı kısmına DEM'den seçilen bir noktanın ilave edilmesi yoluyla uygun bir TIN'e ulaşılması esasına dayalı bir teknik tarif etmiştir. Bjørke ve Midtbø (1993) tarafından önerilen yöntemde bir noktanın önemli olup olmadığına, o nokta ile o noktanın sınırları içinde kaldığı üçgen yüzey arasındaki mesafeye bakılarak karar verilmektedir. Mesafe ne kadar uzun ise nokta o kadar önemli kabul edilmektedir. Kumler (1994), ArcInfo'da LATTICETIN olarak bilinen yöntemi tanıtmıştır. Bu yöntem üç boyutlu Douglas-Peucker (1973) çizgi basitleştirme algoritması gibi düşünülebilir. Takahashi ve ark. (1995), düzgün yüzeylerin topolojik değişmezini temsil eden Euler formülüne dayalı olarak önemli noktaların belirlendiği bir yöntem önermiştir. Andrews (1996), noktaların üç ölçüte (üçgenleme hiyerarşisinin derecesi, hacim farkı ve üçgenlerin normal vektörleri) göre elendiği ve böylece önemli noktaların seçildiği yöntemler tarif etmiştir. Pedrini (2001) tarafından önerilen yöntemde, bir DEM noktasının önemli olup olmadığı, o noktanın komşu noktalarına göre hesaplanmış standart sapma ile ağırlıklandırılmış maksimum yükseklik hatasına bakılarak karar verilmektedir. Wang ve ark. (2001), hem önemli DEM noktalarının belirlenmesinde hem de üçgenlemede farklı yöntemlerin kullanılmasıyla elde edilen TIN'leri karşılaştırmıştır. Bjørke ve Nilsen (2003) tarafından tanıtılmış olan yöntemde, önemli DEM noktaları, dalgacık (wavelet) katsayılarına dayalı olarak belirlenmektedir. Little ve Shi (2003), önemli olarak belirlenen DEM noktalarının sıralanmasında kullanılabilecek çeşitli ölçüler (normal hacim, mutlak normal toplam, normal toplam, mutlak düşey toplam, düşey toplam, düşey hacim, karesel normal toplam, karesel düşey toplam ve işaretli karasel düşey toplam) önermiştir. Gökgöz (2010), drenaj çizgileri gibi ilave bilgi olmaksızın yalnız DEM noktalarını kullanarak yüksek doğruluklu Düzenli Üçgen Ağı (TRN: Triangulated Regular Network) elde edilmesine yönelik geliştirdiği yöntemde eğim bilgisine dayalı olarak önemli DEM noktalarını ve bu noktalar arasındaki komşuluk ilişkisini belirlemiştir. Zhou ve Chen (2011), DEM'den türetilecek TIN'in drenaj çizgileri ile uyumlu olması amacı doğrultusunda, maksimum z-tolerans ve D8 (Deterministic eight node) algoritmalarının kullanıldığı bir yöntem önermiştir. Bu yöntem, Chen ve Zhou (2013) tarafından, önemli nokta seçme işlemi ile bir ölçek değişkeni ilişkilendirilerek iyileştirilmiştir. Hou vd. (2013) önemli DEM noktalarının jeodezik mesafelere dayalı olarak belirlendiği bir yöntem önermiştir. Chen ve Li (2013), DEM noktalarının önem derecelerinin OLS (Orthogonal Least Square) yöntemiyle belirlendiği bir yöntem geliştirmiştir.

Bu çalışmada, DEM'lerden TIN'lerin türetimi için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemin

yukarıda bahsedilen yöntemlerden başlıca farkları şunlardır:

(1) Önemli DEM noktalarının belirlenmesinde yeni bir ölçü olarak sapma açılarının kullanılması,

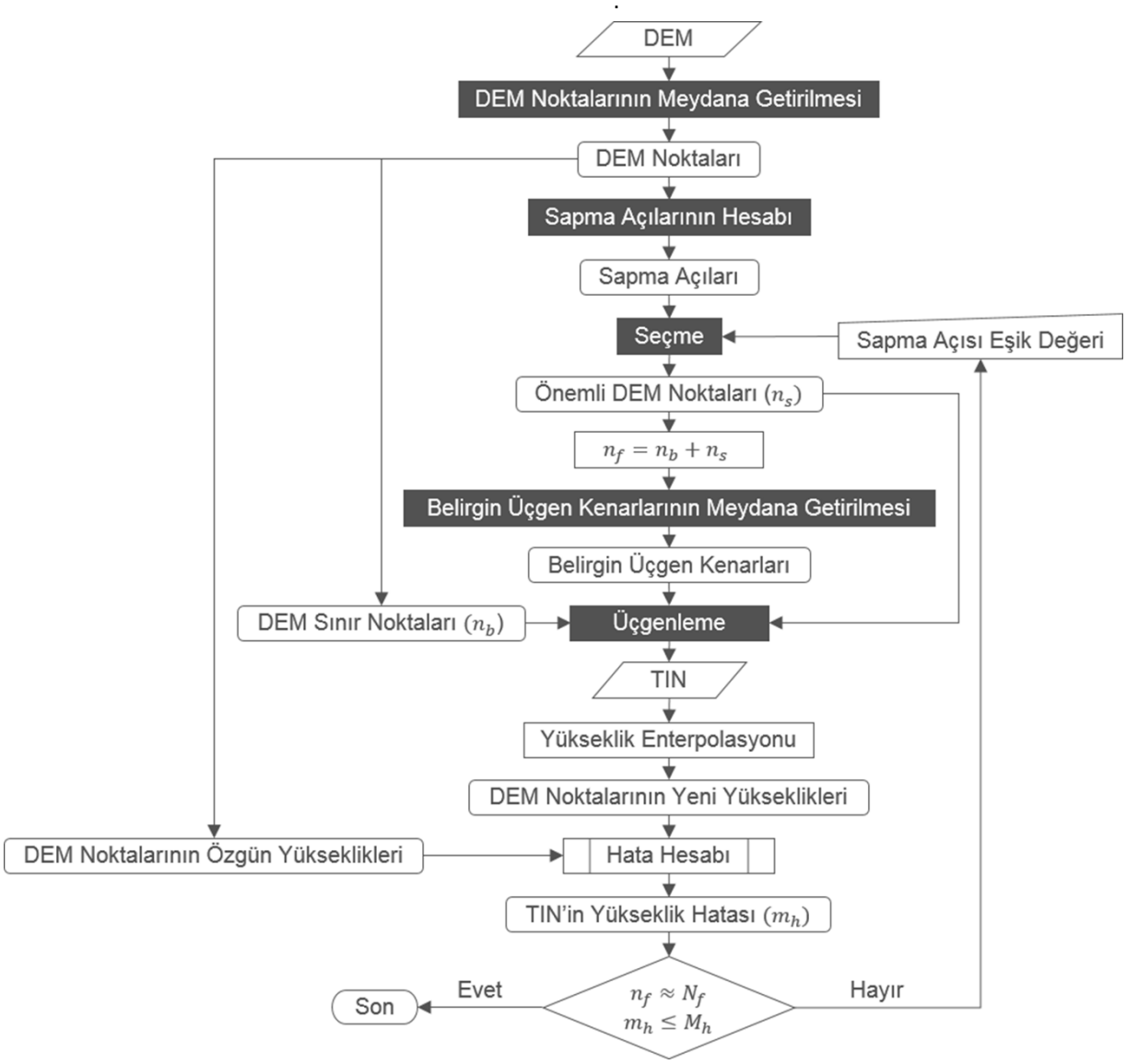
(2) Önemli DEM noktalarından komşu olanların çizgilerle birleştirilmesi (belirgin üçgen kenarları) ve bu çizgilerin üçgenlemede zorlama kenarları olarak kullanılması,

(3) Elde edilen TIN'in detay düzeyinin Töpfer bağıntısı ile yükseklik hatasının ise Koppe bağıntısı ile kontrol edilmesidir. Hem yapısal hem de istatistiksel doğru modellerin elde edilmesi ise bu çalışmanın esas amacı olarak ifade edilebilir.

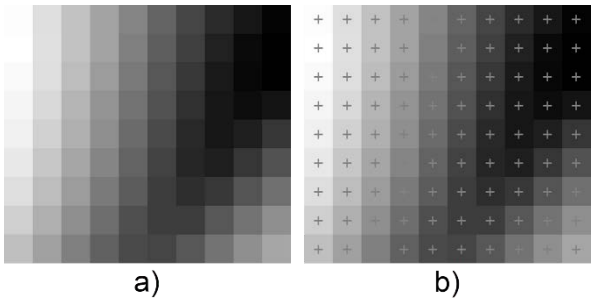
2. ÖNERİLEN YÖNTEM

Önerilen yöntemde her biri aşağıda açıklanan başlıca beş işlem gerçekleştirilmektedir. Önerilen yöntemin akış diyagramı Şekil 1'de görünmektedir.

DEM noktalarının meydana getirilmesi: Raster formatlı DEM pikselleri, vektör formatlı yükseklik noktalarına dönüştürülür. Böylece, DEM'i meydana getiren her bir pikselin merkezinde nokta türünde yüksekliği bilinen bir geometrik nesne meydana gelir (Şekil 2). Piksel değerleri DEM noktalarına yükseklik değerleri olarak atanır.

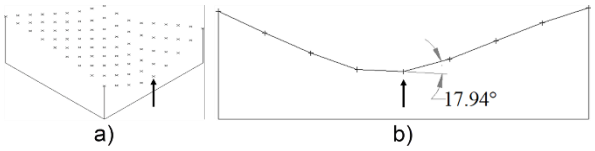


Şekil 1. Önerilen yöntemin akış diyagramı. N_f Töpfer'in bağıntısı ile hesaplanan nokta sayısı ve M_h Koppe'nin bağıntısı ile hesaplanan yükseklik hatası eşik değeri.

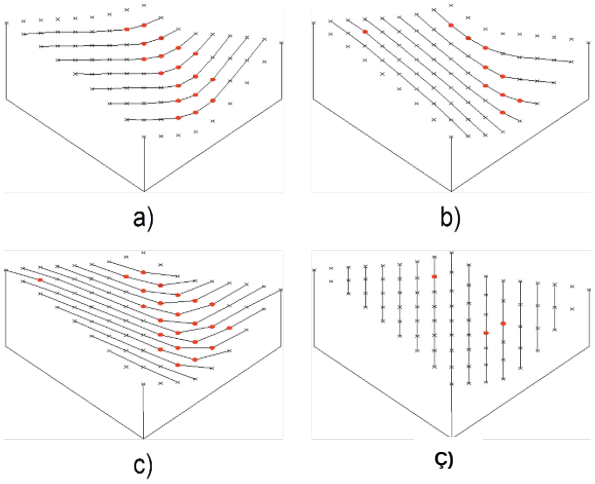


Şekil 2. Bir örnek DEM (a) ve her bir pikselin merkezine konumlandırılan DEM noktaları (b).

Sapma açılarının hesabı: Bir profil boyunca ardışık üç noktayı birleştiren iki çizgi olduğunu varsayalım. Sapma açısı, orta noktada ölçülen, birinci çizginin uzantısı ile ikinci çizgi arasındaki açıdır (Şekil 3). Bir DEM noktasında dört profil boyunca (batı-doğu, güney-kuzey, güneybatı-kuzeydoğu, güneydoğu-kuzeybatı) dört sapma açısı hesaplanır (Şekil 4).



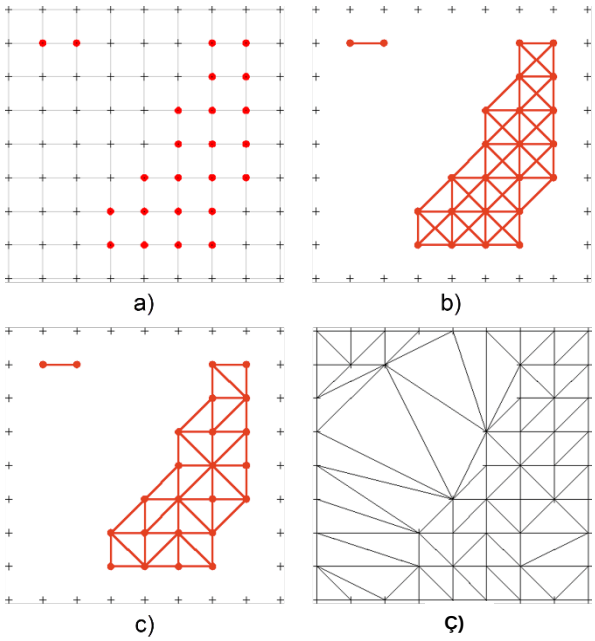
Şekil 3. DEM noktaları (a) ve bir profil boyunca bir DEM noktasındaki sapma açısı (b).



Şekil 4. Batı-doğu (a), güney-kuzey (b), güneydoğu-kuzeybatı (c) ve güneybatı-kuzeydoğu (ç) profilleri boyunca önemli DEM noktaları (kırmızı daireler).

Seçme: DEM noktaları önem derecelerine göre seçilir. Bir DEM noktasının önem derecesi, o noktada hesaplanan sapma açılarının kullanıcı tarafından belirlenen bir eşik değerle karşılaştırılmasıyla belirlenir. Eğer bir DEM noktasında hesaplanan sapma açılarından en az biri eşik değerden büyükse, o DEM noktası "önemli" olarak kabul edilir ve böylece seçilir.

Belirgin üçgen kenarlarının önceden meydana getirilmesi ve üçgenleme: Her bir önemli DEM noktasının etrafında başka önemli DEM noktaları (komşuları) olup olmadığı araştırılır. Batı-doğu ve güney-kuzey doğrultuları boyunca tüm DEM noktalarının çizgilerle birleştirildiğini ve böylece bir grid oluşturulduğunu varsayalım. Bir önemli DEM noktasının komşuları, o noktanın etrafındaki dört grid hücresinin köşe noktalarında aranır (Şekil 5a). Eğer varsa, her biri bir çizgiyle o önemli DEM noktasına bağlanır. Bu işlem her bir önemli DEM noktasında tekrarlandığında, bir dizi çizgi ortaya çıkar (Şekil 5b). Bu çizgiler önemli DEM noktalarını birleştiren çizgiler olduğu için "önemli çizgiler" olarak kabul edilebilir.



Şekil 5. Önemli noktalar (kırmızı daireler) ve grid (gri çizgiler) (a), önemli noktalar (kırmızı daireler) ve önemli noktaları bağlayan çizgiler (kırmızı çizgiler) (b), önemli noktalar (kırmızı daireler) ve belirgin üçgen kenarları (kırmızı çizgiler) (c) ve sonuç ürün TIN (ç).

Bu kabule dayalı olarak bir topolojik bilgi (önemli DEM noktaları arasındaki komşuluk ilişkisi) ilk defa bu yöntemde DEM'lerden TIN'lerin türetilmesi amacı doğrultusunda kullanılmıştır. Bu şekilde türetilen çizgiler üçgenlemede "kısıtlayıcı çizgiler" olarak kullanılmakta ve böylece sonuç ürün TIN'de birer üçgen kenarı olmaktadır. Bu nedenle bu çizgiler "belirgin üçgen kenarları" olarak isimlendirilmiştir. Ancak, bu halde çizgilerin

tamamı belirgin üçgen kenarı niteliğinde olmayabilir. Şu durumun araştırılması gerekmektedir: Eğer bir grid hücresinin dört köşe noktası da birer önemli DEM noktası ise, grid hücresinin dört köşe noktası da birbirine bağlanır ve böylece kesişen iki çizgi (grid hücresinin köşegenleri) ortaya çıkar. Kesişen bu iki çizginin ikisinin de üçgenlemede birer kısıtlayıcı çizgi olarak kullanılması ve dolayısıyla sonuç ürün TIN'de birer üçgen kenarı olması mümkün olmadığından, ikisinden birinin silinmesi gerekmektedir. Bu durumda hangisinin silineceğine karar verilmelidir. Bu amaçla kullanılabilecek en iyi ölçüt eğim bilgisidir. Çünkü bir TIN'i meydana getiren üçgen kenarları –bilinen diğer işlevlerinin yanı sıra– yükseklik eğrilerinin türetilmesi gibi çeşitli analizlerde enterpolasyon doğrultularını gösterir ve bir enterpolasyon işleminin daima alternatifler arasında eğimi daha fazla olan doğrultuda yapılması tercih edilir. Bu bağlamda, kesişen iki çizgiden eğimi daha az olan silinir ve böylece nicelik ve nitelik bakımdan daha doğru "belirgin üçgen kenarları" elde edilmiş olur (Şekil 5c). Önemli DEM noktaları ve belirgin üçgen kenarları ile birlikte DEM sınır noktaları da kullanılarak "zorlanmış Delaunay üçgenleme" yöntemine göre sonuç ürün TIN elde edilir (Şekil 5ç) (Gökgöz, 2010). Arazinin bütününü temsil eden (sınırlar boyunca girinti şeklinde boşlukların olmadığı) bir model elde etmek için genellikle DEM sınır noktaları üçgenlemede doğrudan kullanılmaktadır. Arazinin bütününü temsil eden bir modele ihtiyaç olmadığı durumlarda DEM sınır noktaları kullanılmayabilir. Her iki durumda da TIN –kapladığı yüzeyi– başarıyla temsil eder.

Analiz: Yukarıdaki aşamalardan sonra elde edilen TIN'in öncelikle "istatistiksel doğruluk analizi" yapılır. Mevcut yöntemlerde "istatistiksel doğruluk analizi" için –genellikle– elde edilen TIN'in yükseklik hatası bir ölçü olarak kullanılmakta ve karar kullanıcıya bırakılmaktadır. Önerilen yöntemde ise "istatistiksel doğruluk analizi" için bir ölçü olarak yine elde edilen TIN'in yükseklik hatası hesaplanmakla birlikte –mevcut yöntemlerden farklı olarak– karar aşamasında bir eşik değerden yararlanılmaktadır. Bu eşik değer Koppe'nin aşağıdaki bağıntısı ile hesaplanmaktadır (Imhof, 1965).

$$M_h = \pm(A + B\tan\alpha) \quad (1)$$

M_h yükseklik hatası eşik değeri, $\tan\alpha$ arazinin ortalama eğimi, A ve B ise belli topografik harita serileri için ampirik olarak belirlenmiş sabit değerlerdir. Çeşitli ölçekler için A ve B değerleri (Imhof, 1965) Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çeşitli ölçekler için Koppe bağıntısı (Imhof, 1965).

Ölçek	M_h [m]
1:1,000	± (0.1 + 0.3 tan α)
1:5,000	± (0.4 + 3 tan α)
1:10,000	± (1 + 5 tan α)
1:25,000	± (1 + 7 tan α)
1:50,000	± (1.5 + 10 tan α)

Elde edilen TIN'in yükseklik hatası (m_h) ise aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$m_h = \sqrt{([dh \times dh]/n_d)} \quad (2)$$

dh bir DEM noktasının özgün yüksekliği ile o noktanın TIN'den hesaplanan yüksekliği (içinde yer aldığı üçgenin köşe noktalarının yüksekliklerinden lineer enterpolasyon yoluyla belirlenen değer) arasındaki fark ve n_d toplam DEM noktası sayısıdır.

Bir TIN'in detay düzeyi öncelikle nokta sayısına bağlıdır. Mevcut yöntemlerden bazılarında nokta sayısı, değeri kullanıcı tarafından belirlenen bir parametredir. Nokta sayısı ve dolayısıyla TIN'in detay düzeyi doğrudan kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. Ancak mevcut yöntemlerin hiçbirinde nokta sayısı için bir eşik değer belirlemeye yönelik bir ölçüt yoktur. Önerilen yöntemde ise nokta sayısı için bir eşik değer belirlemek amacıyla Töpfer'in aşağıdaki bağıntısı kullanılmaktadır.

$$N_f = N_a\sqrt{(M_a/M_f)} \quad (3)$$

N_f hedef ölçekteki nokta sayısı, N_a kaynak ölçekteki nokta sayısı, M_a kaynak ölçek sayısı ve M_f hedef ölçek sayısıdır (Töpfer ve Pillewizer, 1966).

Sonuç olarak, önerilen yöntemde TIN'in yükseklik hatasının Koppe'nin bağıntısı ile hesaplan değerden küçük olması ve nokta sayısının Töpfer'in bağıntısı ile hesaplanan değere yakın olması hedeflenmektedir. Bu hedefler kısaca şöyle formülüze edilebilir: $m_h \leq M_h$ ve $n_f \approx N_f$. Burada, n_f üçgenlemede kullanılan toplam nokta sayısıdır ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

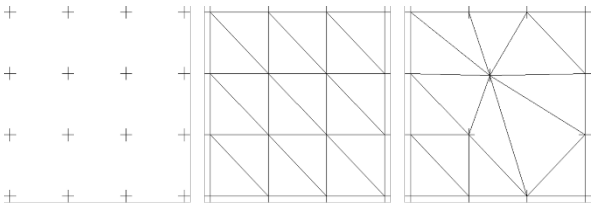
$$n_f = n_b + n_s \quad (4)$$

n_b DEM sınır noktaları sayısı ve n_s seçilen önemli DEM noktaları sayısıdır.

Bu hedeflere ulaşmanın aracı ise sapma açısı için kullanıcı tarafından belirlenen eşik değerdir. Kullanıcı bu hedeflere ulaşıncaya kadar her defasında sapma açısı eşik değerini artırarak ya da azaltarak yukarıdaki yöntemi tekrarlar.

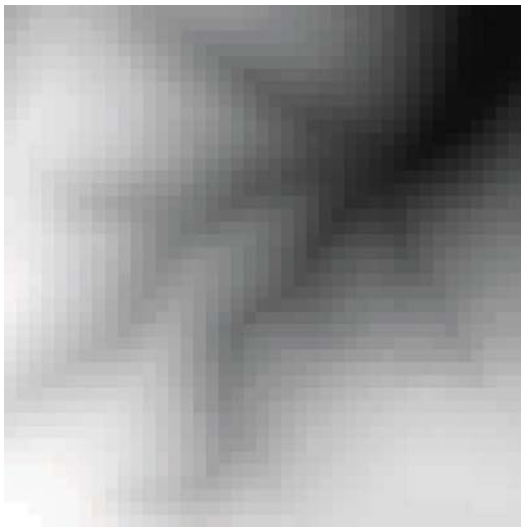
3. UYGULAMA

Önerilen yöntemi, yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olan Kenar Kaynaştırma (Edge Contraction) yöntemi ile karşılaştırarak nicelik ve nitelik açıdan değerlendirmeler yapabilmek için bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Kenar Kaynaştırma yönteminde mevcut bir TIN'deki üçgen kenarları ele alınır. Bir kenarın iki uç noktası yerine yeni bir nokta belirlenir. Böylece her adımda bir nokta elenmiş olur. Yeni noktanın konumunu belirlemedeki ölçüt, yeni yüzeydeki değişiklik miktarıdır. Yüzeydeki değişiklik minimum olacak şekilde yeni noktanın konumu belirlenir. Elenecek nokta yüzdesi kullanıcı tarafından belirlenir. Sınır noktaları elenmez (Holland ve Mercier, 2012). Kenar Kaynaştırma yönteminin girdi ve çıktısı Şekil 6'da küçük bir örnek üzerinde gösterilmiştir. Bu küçük örnekte sonuç ürün TIN, elenecek nokta yüzdesi olarak 50 (%50) değeri girilerek elde edilmiştir. Yöntem AutoCAD Civil 3D 2013'ün yerleşik bir aracı ile uygulanmıştır.



Şekil 6. DEM noktaları (a), başlangıç TIN (b) ve Kenar Kaynaştırma yönteminin sonuç ürünü TIN (c).

Bu uygulamada Şekil 7'de görünen DEM kullanılmıştır. Bu DEM 10 metre çözünürlüklü olup, 1681 noktadan (41 satır, 41 sütun) meydana gelmektedir. 1:5,000 ölçekli standart topoğrafik harita verilerinden türetilmiştir. Yapılan çalışmalarda, birçok analiz için 30 ve 90 metre çözünürlüklü DEM'lerin yetersiz olduğu, 2 ve 4 metre çözünürlüklü DEM'lerin gereksiz olduğu, 10 metre çözünürlüklü DEM'lerin ise ideal olduğu tespit edilmiştir (Hengl, 2006). Bu nedenle, DEM çözünürlüğü olarak 10 metre tercih edilmiştir. Çalışma bölgesinde ortalama eğim %37.41 veya α=20.51 derecedir.



Şekil 7. Uygulamada kullanılan DEM.

Amaç, 1:25,000 (25K) ve 1:50,000 (50K) ölçekleri için yeterli doğrulukta TIN'lerin türetilmesidir. Her iki yöntem de yukarıda açıklanan hedefler ($m_h \leq M_h$ ve $n_f \approx N_f$) doğrultusunda uygulanmıştır. Önerilen yöntemin uygulanmasında AutoLISP programlama dilinde yazılan bir dizi program kullanılmıştır. Töpfer'in bağıntısı ile hesaplanan nokta sayısı (N_f) değerleri ve Koppe'nin bağıntısı ile hesaplanan yükseklik hatası (M_h) değerleri Tablo 2 ve 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Töpfer'in bağıntısı ile hesaplanan nokta sayısı (N_f) değerleri

Ölçek	N_f
1:25,000	1681×√(5000/25000) = 751
1:50,000	1681×√(5000/50000) = 531

Tablo 3. Koppe'nin bağıntısı ile hesaplanan yükseklik hatası (M_h) değerleri

Ölçek	M_h [m]
1:25,000	± (1 + 7 tan 20.51°) = 3.61
1:50,000	± (1.5 + 10 tan 20.51°) = 5.24

Her iki yöntemin de kullanıcı tanımlı birer parametresi vardır: Önerilen yöntemde sapma açısı eşik değeri ve Kenar Kaynaştırma yönteminde elenecek nokta yüzdesi. Bu parametrelere başlangıçta sırasıyla 1° ve %1 değerleri atanarak ve her defasında bu değerler 1° ve %1 artırılarak her iki yöntem de birçok kez uygulanmış ve bir dizi sonuç elde edilmiştir.

Tablo 2 ve 3'te göründüğü gibi 25K ölçeği için Töpfer'in bağıntısıyla hesaplanan nokta sayısı $N_{f_{25K}} = 751$ ve Koppe'nin bağıntısıyla hesaplanan yükseklik hatası $M_{h_{25K}} = 3.61$ metredir. Tablo 4'te göründüğü gibi, önerilen yöntem ile parametre değeri olarak 7° ve 8° atanarak elde edilen iki TIN'in nokta sayıları (n_f) sırasıyla $n_{f_7} = 783$ ve $n_{f_8} = 696$, yükseklik hataları (m_h) ise sırasıyla $m_{h_7} = 0.94$ metre ve $m_{h_8} = 0.97$ metredir.

Tablo 4. Önerilen yöntem ile dört sapma açısı eşik değeri atanarak elde edilmiş dört TIN'in nokta sayıları (n_f) ve yükseklik hataları (m_h)

Sapma açısı [°]	n_f	m_h [m]
7	783	0.94
8	696	0.97
10	569	1.63
11	525	1.78

Analiz 1: $n_{f_7} \approx N_{f_{25K}}$ ve $m_{h_7} < M_{h_{25K}}$

Karar 1: Önerilen yöntem ile parametre değeri olarak 7° atanarak elde edilen TIN, 25K ölçeği için sonuç ürün kabul edilebilir.

Tablo 2 ve 3'te göründüğü gibi 50K ölçeği için Töpfer'in bağıntısıyla hesaplanan nokta sayısı $N_{f_{50K}} = 531$ ve Koppe'nin bağıntısıyla hesaplanan yükseklik hatası $M_{h_{50K}} = 5.24$ metredir. Tablo 4'te göründüğü gibi, önerilen yöntem ile parametre değeri olarak 10° ve 11° atanarak elde edilen iki TIN'in nokta sayıları (n_f) sırasıyla $n_{f_{10}} = 569$ ve $n_{f_{11}} = 525$, yükseklik hataları (m_h) ise sırasıyla $m_{h_{10}} = 1.63$ metre ve $m_{h_{11}} = 1.78$ metredir.

Analiz 2: $n_{f_{11}} \approx N_{f_{50K}}$ ve $m_{h_{11}} < M_{h_{50K}}$

Karar 2: Önerilen yöntem ile parametre değeri olarak 11° atanarak elde edilen TIN, 50K ölçeği için sonuç ürün kabul edilebilir.

Tablo 5'te göründüğü gibi, Kenar Kaynaştırma yöntem ile parametre değeri olarak %61 ve %62 atanarak elde edilen iki TIN'in nokta sayıları (n_f) sırasıyla $n_{f_{61}} = 754$ ve $n_{f_{62}} = 738$, yükseklik hataları (m_h) ise sırasıyla $m_{h_{61}} = 0.12$ metre ve $m_{h_{62}} = 0.12$ metredir.

Tablo 5. Kenar Kaynaştırma yöntemi ile dört sapma açısı eşik değeri atanarak elde edilmiş dört TIN'in nokta sayıları (n_f) ve yükseklik hataları (m_h)

Elenecek nokta yüzdesi [%]	n_f	m_h [m]
61	754	0.12
62	738	0.12
75	541	0.18
76	526	0.19

Analiz 3: $n_{f_{61}} \approx N_{f_{25K}}$ ve $m_{h_{11}} < M_{h_{25K}}$

Karar 3: Kenar Kaynaştırma yöntemi ile parametre değeri olarak %61 atanarak elde edilen TIN, 25K ölçeği için sonuç ürün kabul edilebilir.

Tablo 5'te göründüğü gibi, Kenar Kaynaştırma yöntemiyle parametre değeri olarak %75 ve %76 atanarak elde edilen iki TIN'in nokta sayıları (n_f) sırasıyla $n_{f_{75}} = 541$ ve $n_{f_{76}} = 526$, yükseklik hataları (m_h) ise sırasıyla $m_{h_{75}} = 0.18$ metre ve $m_{h_{76}} = 0.19$ metredir.

Analiz 4: $n_{f_{76}} \approx N_{f_{50K}}$ ve $m_{h_{76}} < M_{h_{50K}}$

Karar 4: Kenar Kaynaştırma yöntemi ile parametre değeri olarak %76 atanarak elde edilen TIN, 50K ölçeği için sonuç ürün kabul edilebilir.

25K ve 50K ölçekleri için sonuç ürünler olmasına karar verilen TIN'lerin görsel karşılaştırılması için TIN noktaları, TIN üçgenleri ve TIN'lerden türetilmiş yükseklik eğrileri sırasıyla Şekil 8 ve 9'da verilmiştir. Şekil 8a ve Şekil 9a'da göründüğü gibi, önerilen yöntem noktaların konumlarını değiştirmezken, Kenar Kaynaştırma yöntemi farklı konumda yeni noktalar türetmiştir. Ayrıca, Kenar Kaynaştırma yöntemi ile elde edilen noktaların bir kısmı arazinin yamaçlar gibi daha az karakteristik kısımlarında yer almıştır. Bununla birlikte, önerilen yöntem ile elde edilen noktaların hemen tamamı arazinin sırt ve vadi gibi en karakteristik kısımlarında yer almıştır. Önerilen yöntem ile elde edilen noktalara bakarak arazi iskeleti kolaylıkla gözde canlandırılabilmekte ancak Kenar Kaynaştırma yöntemiyle elde edilen noktalarla bunu yapmak çok daha güçtür. Şekil 8b ve 9b'de görünen TIN'ler ve Şekil 8c ve 9c'de görünen yükseklik eğrileri de bu tespitleri doğrulamaktadır.

4. SONUÇLAR

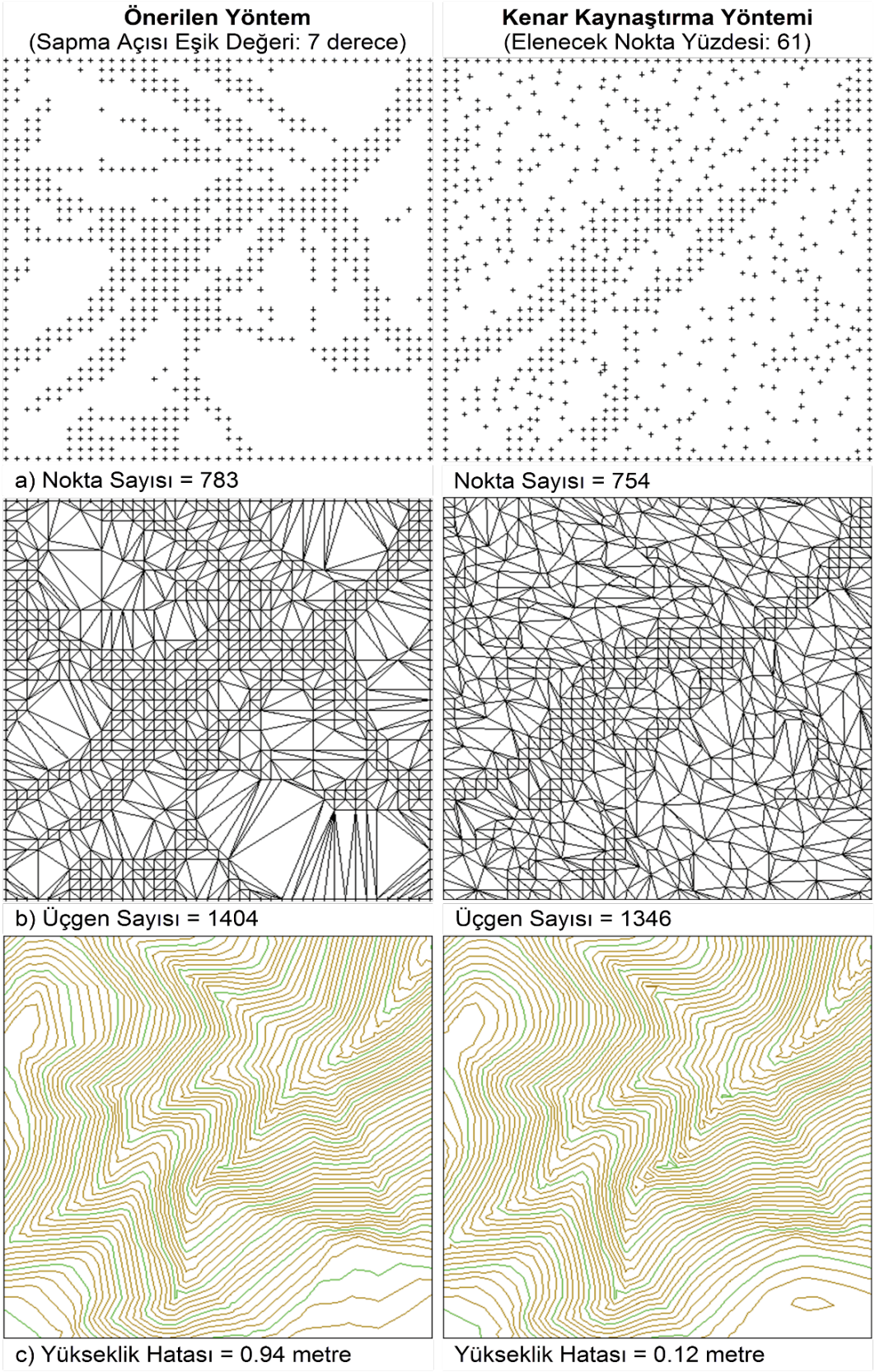
Sapma açısı genel olarak lokal yüzey değişimlerini belirlemede kullanılan bir ölçüdür. Önerilen yöntemde ise noktaların önem derecelerini belirlemede kullanılmıştır. Bu nedenle, önerilen yöntemin lokay yüzey değişimlerine duyarlı olduğu söylenebilir. Sapma açısının bu amaç doğrultusunda kullanıldığı başka bir yöntem yoktur.

Kullanıcı, önerilen yöntemin parametresi (sapma açısı eşik değeri) sayesinde, tüm DEM noktaları arasından seçilerek TIN'e dâhil edilecek olan noktaların önem derecesini doğrudan belirleyebilmektedir. Oysa Kenar Kaynaştırma yöntemi gibi birçok yöntemde bu mümkün olmamaktadır. Bu bağlamda, önerilen yöntemin nitelik öncelikli bir yöntem olduğu söylenebilir.

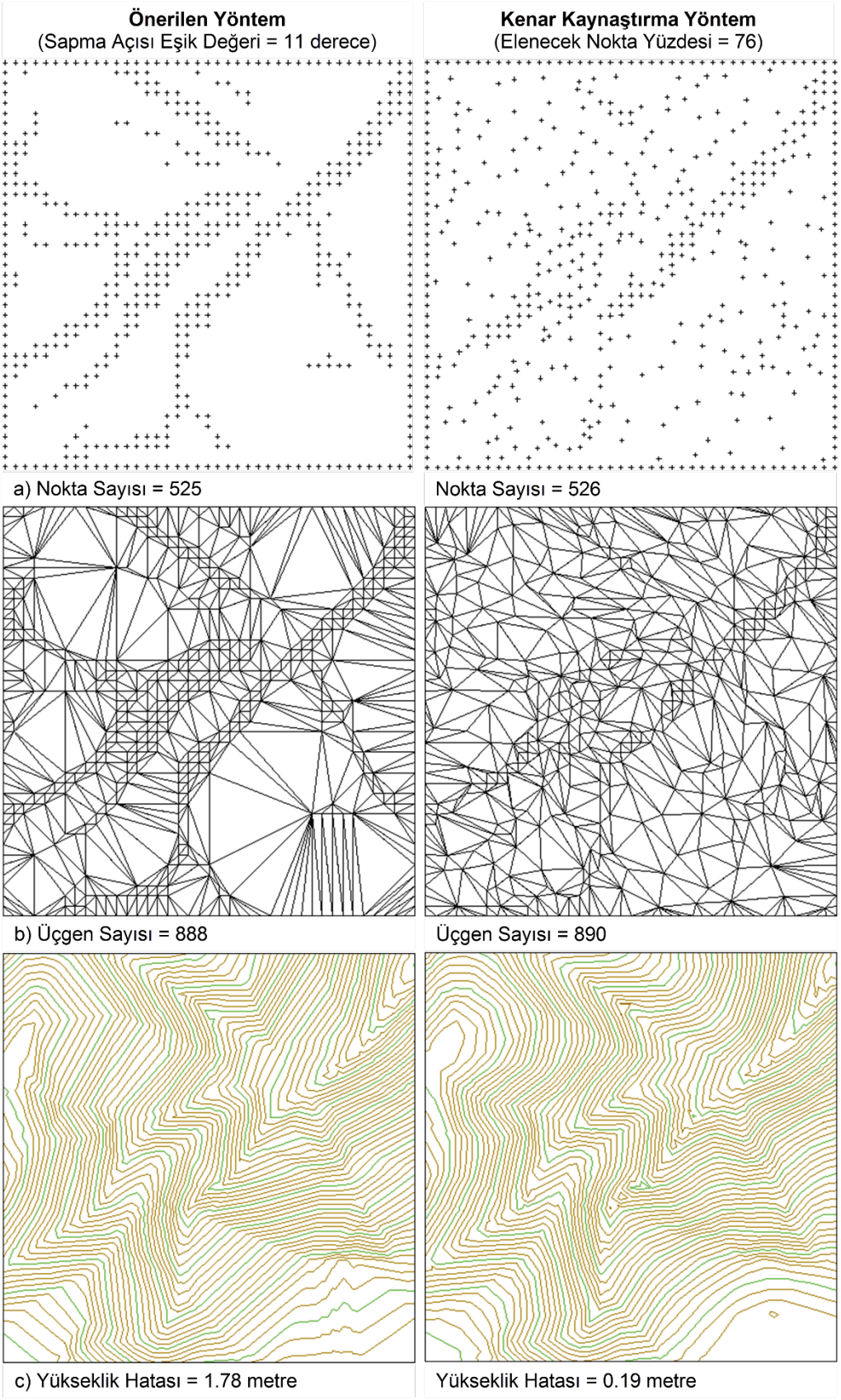
Önerilen yöntemle seçilen noktalar daha çok sırt, vadi gibi arazinin en karakteristik kısımlarında yer almaktadır ve arazinin iskeletini gözler önüne sermektedir. Bu bağlamda, önerilen yöntemin önemli DEM noktalarını seçtiği ve bu nedenle yapısal doğru modeller ortaya koyduğu söylenebilir. Töpfer'in nokta sayısına ilişkin bağıntısı ve Koppe'nin ortalama yükseklik hatasına ilişkin bağıntısı haritacılıkta iyi bilinmekte ve çeşitli amaçlar doğrultusunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Önerilen yöntemde ise Töpfer'in bağıntısıyla hesaplanan değer bir hedef, Koppe'nin bağıntısıyla hesaplanan değer bir eşik değer olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda, önerilen yöntemle elde edilen TIN modellerin detay düzeylerinin rastlantısal ya da keyfi olmadığı ve istatistiksel doğru modeller olduğu söylenebilir.

Önerilen yöntemin parametresi başlangıçta ve her iterasyonda otomatik olarak belirlenebilir (örneğin, bu çalışmada olduğu gibi 1° ile başlanabilir ve her iterasyonda 1° artırılabilir) ve böylece tam otomatik hale getirilebilir. Ancak, kullanıcıların farklı detay düzeyinde TIN'lere ihtiyaç duyabilecekleri düşüncesiyle yarı otomatik olması tercih edilmiştir.

Koppe bağıntısındaki ampirik değerler 1:1,000, 1:5,000, 1:10,000, 1:25,000 ve 1:50,000 ölçekleri için belirlenmiştir. Bu bağlamda, önerilen yöntem bu ölçekler haricinde bir ölçek için kullanılamaz. Yükseklik doğruluğu bakımından eşik değer olarak diğer ölçekler için ne kullanılabileceği ayrı bir araştırma konusudur.



Şekil 8. 25K ölçeği için önerilen yöntem (sol taraf) ve Kenar Kaynaştırma yöntemi (sağ taraf) ile üretilen TIN'lerdeki noktalar (a), üçgenler (b) ve TIN'lerden türetilen yükseklik eğrileri (c).



Şekil 9. 50K ölçeği için önerilen yöntem (sol taraf) ve Kenar Kaynaştırma yöntemi (sağ taraf) ile üretilen TIN'lerdeki noktalar (a), üçgenler (b) ve TIN'lerden türetilen yükseklik eğrileri (c)

K A Y N A K L A R

Andrews, D.S., 1996. **Simplifying Terrain Models and Measuring Terrain Model Accuracy**, University of British Columbia, Canada.

Bjørke, J.T., Midtbø, T., 1993. **Generalization of Digital Surface Models**, in Proceedings of the 16th International Cartographic Conference, Cologne, Germany, May 3–9.

Bjørke, J.T., Nilsen, S., 2003. **Wavelets Applied to Simplification of Digital Terrain Models**, Int. J. Geogr. Inf. Sci., 17(7), 601–621.

Chen, C., Li, Y., 2013. **An Orthogonal Least-Square-Based Method for DEM Generalization**, Int. J. Geogr. Inf. Sci., 27(1), 154–167.

Chen, Y., Zhou, Q., 2013. **A Scale-Adaptive DEM for Multi-Scale Terrain Analysis**, Int. J. Geogr. Inf. Sci., 27(7), 1329–1348.

Chen, Z.–T., Guevara, J.A., 1987. **Systematic Selection of Very Important Points (VIP) From Digital Terrain Model for Constructing Triangular Irregular Networks**, in Proceedings of the Eighth International Symposium on Computer-Assisted Cartography (AutoCarto 8); Baltimore, Maryland, USA.

Douglas, D.H., Peucker, T.K., 1973. **Algorithms for the Reduction of the Number of Points Require to Represent a Digitized Line or its Caricature**, The Canadian Cartographer, 10(2), 112–122.

Fowler, R.J., Little, J.J., 1979. **Automatic Extraction of Irregular Network Digital Terrain Models**, Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH), 13(3), 199–207.

Gökgöz, T., 2010. **Obtaining High Fidelity Triangular Regular Network from Only DEM Points**. Cartogr. J., 47(2), 150–156.

Hengl, T., 2006. **Finding the Right Pixel Size**. Comput. Geosci., 32, 1283-1298.

Holland, L., Mercier, K., 2012. **Mastering AutoCAD Civil 3D 2013**, Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons.

Hou, W., Zhang, X., Li, X., Lai, X., Ding, M., 2013. **Poisson Disk Sampling in Geodesic Metric for DEM Simplification**, Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf., 23, 264–272.

Imhof, E., 1965. **Kartographische Geländedarstellung**, Berlin, Germany: Walter de Gruyter & Co.

Kumler, M.P., 1994. **An Intensive Comparison of Triangulated Irregular Networks (TINs) and Digital Elevation Models (DEMs)**, Cartographica, 31(2), 1–99.

Lee, J., 1989. **A Drop Heuristic Conversion Method for Extracting Irregular Network for Digital Elevation Models**, in Proceedings of GIS/LIS ’89; Orlando, Florida, USA.

Lee, J., 1991. **Comparison of Existing Methods for Building Triangular Irregular Network Models of Terrain from Grid Digital Elevation Models**, Int. J. Geogr. Inf. Syst., 5(3), 267–285.

Little, J.J., Shi, P., 2003. **Ordering Points for Incremental TIN Construction from DEMs**, GeoInformatica, 7(1), 33–53.

Pedrini, H., 2001. **Multiresolution Terrain Modelling Based on Triangulated Irregular Networks**, Revista Brasileira de Geociências, 31(2), 117–122.

Peucker, T.K., Douglas, D.H., 1975. **Detection of Surface-Specific Points by Local Parallel Processing of Discrete Terrain Elevation Data**, Computer Graphics and Image Processing, 4, 375–387.

Peucker, T.K., Fowler, R.J., Little, J.J., Mark, D.M., 1977. **Digital Representation of Three Dimensional Surfaces by Triangulated Irregular Networks (TIN)**, Simon Fraser University, Canada.

Peucker, T.K., Fowler, R.J., Little, J.J., Mark, D.M., 1978. **The Triangulated Irregular Network**, in Proceedings of the American Society of Photogrammetry, Digital Terrain Models Symposium, St. Louis, Missouri, USA, May 9–11.

Polis, M.F., McKeown, D.M., 1992. **Iterative TIN Generation from Digital Elevation Models**, in Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR ‘92), Champaign, Illinois, USA, June 15–18.

Takahashi, S., Ikeda, T., Shinagawa, Y., Kunii, T.L., Ueda, M., 1995. **Algorithms for Extracting Correct Critical Points and Constructing Topological Graphs from Discrete Geographical Elevation Data**, Computer Graphics Forum (Eurographics '95), 14(3), 181–192.

Töpfer, F., Pillewizer, W., 1966. **The Principles of Selection**, Cartogr. J., 3, 10–16.

Wang, K., Lo, C.–P., Brook, G.A., Arabnia, H.R., 2001. **Comparison of Existing Triangulation Methods for Regularly and Irregularly Spaced Height Fields**, Int. J. Geogr. Inf. Sci., 15(8), 743–762.

Weibel, R., 1992. **Models and Experiments for Adaptive Computer-Assisted Terrain Generalization**, Cartography and Geographic Information Systems, 19(3), 133–153.

Yoeli, P., 1984. **Computer-Assisted Determination of the Valley and Ridge Lines of Digital Terrain Models**. International Yearbook of Cartography. 24:197–206.

Zhou, Q. and Chen, Y., 2011. **Generalization of DEM for Terrain Analysis Using a Compound Method**, ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., 66, 38–45.

Ortogonal Olmayan Coğrafi Ağlı Harita Projeksiyonlarında Tissot Endikatris Elemanlarının Belirlenmesi

(The Determination of Elements of Tissot's Indicatrix in Map Projections with non-orthogonal Graticule)

İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Konya
bildirici@selcuk.edu.tr

ÖZ

Harita projeksiyonlarında bir nokta etrafında oluşan deformasyonları yorumlamak için kullanılan Tissot endikatrisinin yarıçapları ve yönünün belirlenmesi harita projeksiyonunda coğrafi ağın izdüşümü ortogonal değilse maksimum ve minimum uzunluk deformasyon yönlerinin meridyen ve paraleller yönünde olmaması nedeniyle basit bir problem değildir. Bu çalışmada konu çeşitli kaynaklarda önerilen yaklaşımlar verilerek tartışılmıştır. Temel ders kitaplarında bu konuda ya hiç bilgi bulunmamakta ya da her koşulda doğru sonuç verebilecek bağıntılar verilmemektedir. Her koşulda çözüm sağlayan yaklaşımlar makale çalışmalarında sunulmuştur. Bu yaklaşımlar tartışılmış ve uygulanabilirlikleri yazar tarafından geliştirilen yazılım ile test edilmiştir. İki harita projeksiyonunda sayısal uygulama ve endikatris gösterimi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Harita Projeksiyonu, Tissot Endikatrisi, Projeksiyon Deformasyonları*

ABSTRACT

Tissot's indicatrix or ellipse of distortion provides a mathematical tool that enables to understand local scale changes around a point. The determination of the elements of the ellipse is somehow problematic in map projections with non-orthogonal graticule. In most of the textbooks, the direction of the ellipse is not handled, or confusing formulae are given. In this paper, the problem is discussed in detail and some methods suggested by scientific papers are examined and programmed by the author. The methods valid in any projection and in any part of the reference surface are given. Applications with two non-orthogonal projections are presented.

Keywords: *Map projection, Tissot's Indicatrix, distortions in map projections*

1. GİRİŞ

Harita projeksiyonları orijinal yüzeydeki bir noktayı projeksiyon düzlemine aktaran iki fonksiyonla ifade edilir. Az sayıda projeksiyon göz ardı edilirse harita projeksiyonlarının perspektif izdüşüm olma özelliği genel olarak yoktur. Başka bir ifade ile genel olarak harita projeksiyonlarında referans yüzeyindeki noktalar ile bunları izdüşümlerini birleştiren doğruların ortak bir kesişim noktası (izdüşüm merkezi) yoktur. Yeryüzü için tanımlanan referans yüzeyi ister küre ister elipsoit olsun kapalı bir yüzeydir. Şekil değişimi olmaksızın kapalı yüzeylerden düzleme izdüşüm mümkün değildir. Bu bağlamda açı, alan ve uzunluk değişimleri ortaya çıkar. Bu değişimler projeksiyon deformasyonları olarak adlandırılırlar. Harita projeksiyonları bu üç büyüklükten birinin değişmemesini sağlayacak şekilde tasarlanabilirler. Bu şekilde geliştirilen projeksiyonlar da genel olarak perspektif izdüşüm değillerdir.

Bir harita projeksiyonunun genel eşitlikleri, φ enlemi, λ boylamı göstermek üzere iki fonksiyonla ifade edilir.

$$x = x(\varphi, \lambda)$$
$$y = y(\varphi, \lambda) \qquad (1)$$

Projeksiyon deformasyonları Fransız matematikçi-kartograf Tissot (1824-1897) tarafından ortaya atılmış olan deformasyon elipsi ya da Tissot endikatrisi düşüncesine dayanılarak incelenir.

Tissot endikatrisi bir nokta etrafında diferansiyel anlamda oluşan deformasyonları yansıtır. Diferansiyel anlamdaki değişimler sonlu büyüklüklerdeki değişimleri yansıtmayabilir. Sonlu büyüklüklerde oluşan değişimleri tam olarak yansıtabilecek bir yaklaşım Goldberg ve Gott (2007) tarafından önerilmiştir. Bu çalışmada sonlu büyüklükteki bir daire ve dairenin merkezinde birbirine dik iki jeodezik eğrinin izdüşümünden yararlanılmış ve bu gösterim Goldberg-Gott endikatrisi olarak adlandırılmıştır.

(1) eşitlikleri gerçek anlamlı ve normal konumlu projeksiyonlarda ortogonal bir coğrafi ağ oluştururlar. Diğer bir deyişle meridyenler ve paralellerin izdüşümleri birbirlerini dik keserler. Bu durumda ana deformasyon yönlerinin meridyenler ve paraleller yönünde olması nedeniyle projeksiyonun deformasyonları incelemek daha kolaydır. Tissot endikatrisi de meridyen ve paralellere göre yönlendirilir. Coğrafi ağı ortogonal olmayan projeksiyonlarda ise ana

deformasyon yönleri meridyen ve paraleller yönünde değildir. Gerçek anlamlı olmayan silindirik (pseudocylindrical), polikonik projeksiyonlar ortogonal olmayan coğrafi ağa sahip projeksiyon türlerine örnek olarak verilebilir. Bu tür projeksiyonlarda deformasyon elipsinin yönlendirilmesi kolayca yapılamaz. Bu konu çoğu temel ders kitabında ya hiç ele alınmamış ya da genel geçerli bir yaklaşım ortaya konmamıştır. Genel geçerli çözümlerin verildiği bazı makale çalışmaları kartografik kaynaklarda yer almaktadır. Bu makalede bu çalışmalar irdelenip önerilen yaklaşımlar geliştirilen bir yazılım ile hem görsel hem de sayısal olarak iki harita projeksiyonu ile test edilmiştir.

İkinci bölümde konu ile ilgili temel bilgiler ilgili kaynaklar da irdelenerek ele alınmış, üçüncü bölümde iki projeksiyonda gerçekleştirilen sayısal uygulama verilmiştir. Dördüncü bölümde ise genel bir değerlendirme yapılmıştır.

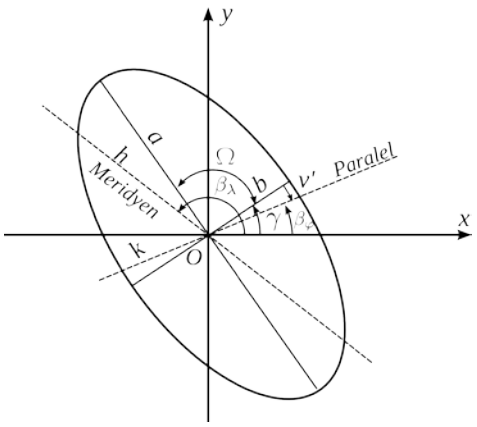
2. DEFORMASYON KAVRAMI VE TISSOT ENDİKATRİSİ

Tissot bir yüzeyin bir başka yüzeye izdüşümünde bir nokta etrafında oluşan diferansiyel ölçek değişiminin en büyük ve en küçük değerlerinin hem orijinal hem de izdüşüm yüzeyinde birbirine dik doğrultularda oluştuğunu göstermiştir. Diferansiyel ölçek ya da doğrultu deformasyonu izdüşüm yüzeyindeki diferansiyel anlamda bir uzunluğun bunun karşılığı olan orijinal yüzeydeki diferansiyel uzunluğa oranıdır (Uçar vd, 2011).

$$m = \frac{ds'}{ds} \tag{2}$$

Tissot teoremi, orijinal yüzeydeki diferansiyel anlamdaki bir dairenin izdüşümü ile de açıklanır. Diferansiyel anlamda ölçek değişiminden dolayı bu dairenin yarıçapı izdüşüm yüzeyinde bir genel olarak elips çizer. Elips yarıçapları ise diferansiyel ölçeğin en büyük ve en küçük değerlerine karşılık gelir. Burada oluşan elipse "Deformasyon Elipsi" ya da "Tissot Endikatrisi" denir.

Normal konumlu ve gerçek anlamlı yardımcı yüzeylerden yararlanılarak tanımlanan harita projeksiyonlarında coğrafi ağın (meridyenler ve paraleller) izdüşümü ortogonaldir. Başka bir deyişle meridyen ve paralellerin izdüşümleri birbirlerine diktir. Bu durumda en büyük ve en küçük deformasyonlar meridyenler ve paraleller yönünde oluşur, Tissot Endikatrisi de buna göre yönlendirilmiş olur.



Şekil 1: Endikatris elemanları

Eğik konumlu ve gerçek anlamlı olmayan projeksiyonlarda ise ana deformasyon yönleri meridyen ve paraleller yönünde değildir. Bu durumda ana deformasyon yönlerini belirlemek için Gauss'un birinci temel biçiminden yararlanarak herhangi bir yöndeki diferansiyel ölçeği ifade etmek gerekir (düzlemde ve kürede).

$$m^2 = \frac{ds'^2}{ds^2} = \frac{dx^2 + dy^2}{R^2 d\varphi^2 + R^2 \cos^2\varphi d\lambda^2} = \frac{e d\varphi^2 + 2 f d\varphi d\lambda + g d\lambda^2}{E d\varphi^2 + G d\lambda^2} \tag{3}$$

Projeksiyon düzleminde temel büyüklükler (1) eşitliklerinin kısmi türevlerinden elde edilir.

$$e = \left(\frac{\partial x}{\partial \varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}\right)^2$$
$$f = \frac{\partial x}{\partial \varphi}\frac{\partial x}{\partial \lambda} + \frac{\partial y}{\partial \varphi}\frac{\partial y}{\partial \lambda} \tag{4}$$
$$g = \left(\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)^2$$

Ortogonal coğrafi ağa sahip olmayan projeksiyonlarda meridyenler (*h*) ve paraleller (*k*) yönündeki uzunluk deformasyonları aşağıdaki gibi elde edilir, ancak bunlar ana deformasyon yönlerindeki deformasyonlar değildir, dolayısı ile endikatrisin elemanlarına (*a* ve *b,* Şekil 1) karşılık gelmezler.

$$h = \sqrt{\frac{e}{E}} = \frac{1}{R}\sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial \varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}\right)^2}$$
$$k = \sqrt{\frac{g}{G}} = \frac{1}{R\cos\varphi}\sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)^2} \tag{5}$$

Endikatris doğrusal elemanları (elips yarıçapları, Şekil 1) aşağıdaki iki denklemin çözümünden elde edilir.

$$a^2+b^2=\frac{e}{E}+\frac{g}{G}$$
$$ab=\frac{\sqrt{eg-f^2}}{\sqrt{EG}} \quad (6)$$

Sistemin çözümü:

$$(a+b)^2=\left(\frac{1}{\sqrt{E}}\frac{\partial y}{\partial \varphi}+\frac{1}{\sqrt{G}}\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)^2+\left(\frac{1}{\sqrt{E}}\frac{\partial x}{\partial \varphi}-\frac{1}{\sqrt{G}}\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)^2 \quad (7)$$
$$(a-b)^2=\left(\frac{1}{\sqrt{E}}\frac{\partial y}{\partial \varphi}-\frac{1}{\sqrt{G}}\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)^2+\left(\frac{1}{\sqrt{E}}\frac{\partial x}{\partial \varphi}+\frac{1}{\sqrt{G}}\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)^2$$

Birim küre kabulüne göre çözüm ($\sqrt{E}=1, \sqrt{G}=\cos\varphi$):

$$(a+b)^2=\left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}+\frac{1}{\cos\varphi}\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)^2+\left(\frac{\partial x}{\partial \varphi}-\frac{1}{\cos\varphi}\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)^2 \quad (8)$$
$$(a-b)^2=\left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}-\frac{1}{\cos\varphi}\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)^2+\left(\frac{\partial x}{\partial \varphi}+\frac{1}{\cos\varphi}\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)^2$$

Endikatrisin yönlendirilmesi için büyük ekseninin x ekseni ile (ya da y ekseni) yaptığı açının belirlenmesi gerekir. Bu amaçla paralel daire ve meridyen izdüşümlerinin x ekseni ile yaptığı açılar ve elipsin parametrik denkleminden yararlanılabilir.

$$\tan\beta_\varphi=\frac{\left(\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)}{\left(\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)} \quad (9)$$

Projeksiyon düzleminde elipsin parametrik denklemi paralel daire doğrultusundaki yarıçap (*k*) ve paralel daire yönünden itibaren alınan açı v' için düzenlenirse aşağıdaki eşitlik yazılabilir (Bildirici, 2015).

$$\frac{k^2\sin^2 v'}{a^2}+\frac{k^2\cos^2 v'}{b^2}=1 \quad (10)$$

Elips küçük yarıçapı (b) ile paralel daire izdüşümü arasındaki açı:

$$\tan v'=\pm\sqrt{\frac{1-\frac{k^2}{b^2}}{\frac{k^2}{a^2}-1}} \quad (7) \quad (11)$$

Buradan bulunan v' açısı elipsin küçük ekseni ile paralel daire izdüşümü arasındaki açıdır (Şekil 1). Küçük eksen ile x ekseni arasındaki açı:

$$\gamma=\beta_\varphi+v' \quad (12)$$

(11) eşitliği karesel bir ifade olan (10) eşitliğinden elde edildiği için v' açısının hem pozitif hem de negatif değeri (10) eşitliğini sağlar. Bu şekilde endikatrisin yönlendirilmesi güçtür. İlgilenilen projeksiyona ve ilgili noktanın küredeki konumuna göre değişir. Ayrıca (11) eşitliği Richardus ve Adler (1972), Koçak (1999), Uçar vd (2011) gibi kaynaklarda elips büyük ekseni ile paralel daire izdüşümü arasındaki açı olarak verilmiştir ki doğru değildir.

Uçar ve İpbüker (1998) (11) bağıntısını kullanarak uygulamalar vermişlerdir. Bu uygulamaların projeksiyonlara özgü bazı kabuller ve düzlem koordinat eksenlerinin seçimi gibi özel durumlarda geçerli olduğu değerlendirilmektedir. Yazar tarafından (11) bağıntısı ile benzer sonuçlara ulaşılamamıştır.

Canters (2002) v' açısı için aşağıdaki bağıntıyı önermiştir.

$$\sin v'=\pm\sqrt{\frac{1-\frac{a^2}{k^2}}{1-\frac{a^2}{b^2}}} \quad (13)$$

Burada v' açısını paralel daire izdüşümü ile elips büyük ekseni arasındaki açı olarak verilmekte, açının işareti ise meridyen ve paraleller arasındaki açı Ω (projeksiyonda) ile belirlenmektedir. Buna göre $\Omega>90°$ ise v' pozitif, değilse negatif alınarak elips büyük ekseni ile x ekseni arasındaki açı,

$$\gamma=\beta_\varphi-v' \quad (14)$$

olarak bulunur. Ω ise aşağıdaki gibi bulunur.

$$\sin\Omega = \frac{ab}{hk} \tag{15}$$

Bu yaklaşım birinci çeyrek küre ($\varphi \geq 0, \lambda \geq 0$) ve üçüncü çeyrek küre ($\varphi \leq 0, \lambda \leq 0$) için doğru sonuç vermektedir. Bunun nedeni (15) eşitliğindeki pay ve paydanın karesel ifadelerden elde edilmesi ve hep pozitif olmasıdır.

Boùùaert v.d. (2016) ise (13) eşitliğinden bulunan v' açısının işaretini projeksiyon düzlemindeki Gauss'un birinci derece temel büyüklüklerinden *f* ile belirlemektedir. Buna göre (13) eşitliği ile hesaplanan açının işareti (4) eşitliği ile bulunan büyüklüğün (*f*) işaretinin tersidir.

$$signum(v') = -signum(f) \tag{16}$$

Bu yöntem her çeyrek dairede sonuç vermektedir.

Endikatris elemanlarının elde edilmesi için lineer cebire dayalı bir yaklaşım Laskowski (1989) tarafından önerilmiştir. Laskowski (1) denklemlerinin doğrusallaştırılması ile oluşturulan $\underline{A}$ matrisinin Tekil Değer Ayrıştırma (SVD: Singular Value Decomposition) yöntemi ile üç matrisin çarpımı biçiminde ifade edilmesinden yararlanmıştır.

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{G}}\frac{\partial x}{\partial \lambda} & \frac{1}{\sqrt{E}}\frac{\partial x}{\partial \varphi} \\ \frac{1}{\sqrt{G}}\frac{\partial y}{\partial \lambda} & \frac{1}{\sqrt{E}}\frac{\partial y}{\partial \varphi} \end{bmatrix} \tag{17}$$

$$\underline{A} = \underline{U}\,\underline{D}\,\underline{V}^T$$

$\underline{U}$ ve $\underline{D}$ matrisleri SVD yöntemi ile elde edildikten sonra,

$$\underline{D} = \begin{bmatrix} d_1 & 0 \\ 0 & d_2 \end{bmatrix} \tag{18}$$

$$\underline{U} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} \\ u_{21} & u_{22} \end{bmatrix}$$

olmak üzere endikatris elemanları,

$$\begin{aligned} a &= d_1 \\ b &= d_2 \\ \tan\gamma &= \frac{u_{21}}{u_{11}} \end{aligned} \tag{19}$$

şeklinde elde edilir. Laskowski yöntemi 4 çeyrek kürede de doğru sonuç verir.

Bildirici (2015) kısmi türevlere gerek kalmadan endikatrisin yaklaşık olarak elde edilmesi için bir nümerik yöntem önermiştir. Burada kürede diferansiyel anlamda kabul edilebilecek bir dairenin izdüşümünün endikatrise çok yakın bir elips oluşturduğu düşüncesinden hareket edilmiştir. Bu daire üzerinde hesaplanan üç noktanın projeksiyon düzlemindeki koordinatlarından yararlanılarak merkezi ve üzerinde bulunan üç nokta ile koni kesiti denklemi oluşturularak elips elemanları belirlenmiştir. Bu şekilde tanımlanan endikatris kuasi endikatris olarak adlandırılmıştır.

Bildirici vd (2011) de ise endikatrisin görselleştirilmesine yönelik bir çalışma sunulmuştur. Burada endikatris yerine sonlu büyüklükte ancak yeterince küçük seçilmiş bir dairenin projeksiyondaki izdüşümünün endikatris ile görsel anlamda özdeş olduğu gösterilmiş, herhangi bir kodlama ve hesaplama çalışması gerekmeden verilere küre üzerinde tanımlanmış çoklu doğru biçimindeki dairelerin eklenmesi ile endikatris gösterimine ulaşılabileceği ortaya konmuştur. Bu şekilde eklenen daire verileri diğer verilerle birlikte projeksiyon düzlemine aktarılınca endikatris gösterimine özdeş bir gösterim elde edilmiş olmaktadır.

Endikatris elemanları elde edildikten sonra doğrultu, açı ve alan deformasyonları hesaplanır.

Doğrultu deformasyonu:

$$\sin\omega = \frac{a-b}{a+b} \tag{20}$$

Açı deformasyonu:

$$w = 2\omega \tag{21}$$

Alan deformasyonu:

$$p = ab \tag{22}$$

Belli noktalardaki endikatrislerin abartılarak gösterilmesi ile de görsel olarak projeksiyon düzlemindeki deformasyonların karakteri

hakkında bilgi verilmiş olur. Deformasyonların görselleştirilmesinde eş deformasyon eğrileri oluşturulması da bir başka yöntemdir.

3. UYGULAMA

Endikatris elamanlarının belirlenmesi için yukarıda özetlenen yöntemler yazar tarafından geliştirilen ve yüzden fazla projeksiyonun resim dosyaları ya da dxf formatında dosyalar olarak elde edilmesini sağlayan Earth Flattener adlı yazılımda test edilmiştir. Yazılımın endikatris gösterimleri oluşturma, deformasyon değerleri vb bilgileri belli noktalar için listeleme gibi özellikleri de bulunmaktadır. Boùùaert v.d. (2016) ve Laskowski (1989) tarafından önerilen yöntemlerin değişik noktalar ve projeksiyonlarda tutarlı sonuçlar verdiği de bu yazılımla test edilip görülmüştür. Bildirici vd (2011) de görselleştirme amaçlı önerilen yaklaşım ve Bildirici (2015) de önerilen kuasi endikatris yaklaşımı da sözü edilen yazılım ile test edilerek yayınlanmıştır.

Uygulama olarak ekvatora göre simetrik olmayan Bonne Projeksiyonu ve gerçek anlamda olmayan azimutal bir projeksiyon olan Hammer-Aitoff Projeksiyonu seçilmiştir. Her iki projeksiyonda da kısmi türevlerin hepsi sıfırdan farklıdır. Endikatris elemanları Boùùaert v.d. (2016) yöntemi ile hesaplanmıştır.

Bonne Projeksiyonu gerçek anlamda olmayan konik bir projeksiyon olup, yeryüzünün tamamının izdüşümü yapılırsa kalp biçiminde bir görüntü sergiler. Alan koruma özelliğine sahiptir.

Projeksiyon eşitlikleri (Snyder, 1987, s.140):

$$\begin{aligned}\rho &= R\left(\cot\varphi_1 + \varphi_1 - \varphi\right)\\ E &= R\frac{\left(\lambda-\lambda_0\right)\cos\varphi}{\rho}\\ x &= \rho\sin E\\ y &= R\cot\varphi_1 - \rho\cos E\end{aligned} \tag{23}$$

Kısmi türevlerde kolaylık açısından (23) eşitlikleri, birim küre varsayımı ve $\lambda_0 = 0$ alınarak düzenlenebilir.

$$\begin{aligned}\rho &= \cot\varphi_1 + \varphi_1 - \varphi\\ E &= \frac{\lambda\cos\varphi}{\rho}\\ x &= \rho\sin E\\ y &= \cot\varphi_1 - \rho\cos E\end{aligned} \tag{24}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\partial\rho}{\partial\varphi} = -1 \quad \frac{\partial\rho}{\partial\lambda} = 0\\ &\frac{\partial E}{\partial\varphi} = \frac{\lambda\left(\cos\varphi - \rho\sin\varphi\right)}{\rho^2} \quad \frac{\partial E}{\partial\lambda} = \frac{\cos\varphi}{\rho}\\ &\frac{\partial x}{\partial\rho} = \sin E \quad \frac{\partial x}{\partial E} = \rho\cos E\\ &\frac{\partial y}{\partial\rho} = -\cos E \quad \frac{\partial y}{\partial E} = \rho\sin E\\ &\frac{\partial x}{\partial\varphi} = \frac{\partial x}{\partial\rho}\frac{\partial\rho}{\partial\varphi} + \frac{\partial x}{\partial E}\frac{\partial E}{\partial\varphi}\\ &\frac{\partial x}{\partial\lambda} = \frac{\partial x}{\partial\rho}\frac{\partial\rho}{\partial\lambda} + \frac{\partial x}{\partial E}\frac{\partial E}{\partial\lambda}\\ &\frac{\partial y}{\partial\varphi} = \frac{\partial y}{\partial\rho}\frac{\partial\rho}{\partial\varphi} + \frac{\partial y}{\partial E}\frac{\partial E}{\partial\varphi}\\ &\frac{\partial y}{\partial\lambda} = \frac{\partial y}{\partial\rho}\frac{\partial\rho}{\partial\lambda} + \frac{\partial y}{\partial E}\frac{\partial E}{\partial\lambda}\\ &\frac{\partial x}{\partial\varphi} = -\sin E + \frac{\lambda\cos E\left(\cos\varphi - \rho\sin\varphi\right)}{\rho}\\ &\frac{\partial x}{\partial\lambda} = \cos E\cos\varphi\\ &\frac{\partial y}{\partial\varphi} = \cos E + \frac{\lambda\sin E\left(\cos\varphi - \rho\sin\varphi\right)}{\rho}\\ &\frac{\partial y}{\partial\lambda} = \sin E\cos\varphi\end{aligned} \tag{25}$$

Endikatris elemanları tüm küreye dağılan 65 noktada hesaplanarak Tablo 1'de gösterilmiştir. Şekil 2'de ise endikatris gösterimi ile birlikte Bonne Projeksiyonu'nda bir dünya haritası yer almaktadır. Hesaplamalarda standart paralel olarak $\varphi_1 = 45°$ seçilmiştir.

Tablo 1'deki değerlerin Şekil 2 ile uyumlu olduğu görülmektedir. Alan koruma özelliği gereği $ab = 1$ olduğu da tablo değerleri kontrol edilirse görülebilir. Ancak burada yuvarlatma hatalarından dolayı 1 den küçük sapmalar ortaya çıkabilir.

Hammer-Aitoff Projeksiyonu alan koruyan gerçek anlamda olmayan azimutal bir projeksiyondur. Projeksiyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir (Maling, 1992, s.118).

$$x = \frac{2R\sqrt{2}\cos\varphi\sin\frac{\lambda}{2}}{\sqrt{1+\cos\varphi\cos\frac{\lambda}{2}}} \qquad (26)$$

$$y = \frac{R\sqrt{2}\sin\varphi}{\sqrt{1+\cos\varphi\cos\frac{\lambda}{2}}}$$

Kısmi türevler (birim küre kabulü ile):

$$\frac{\partial x}{\partial\varphi} = -\sqrt{2}\left\{\frac{\sin\varphi\sin\frac{\lambda}{2}\left(2+\cos\varphi\cos\frac{\lambda}{2}\right)}{\left(1+\cos\varphi\cos\frac{\lambda}{2}\right)^{3/2}}\right\}$$

$$\frac{\partial y}{\partial\varphi} = \frac{\cos\varphi\left(2+\cos\varphi\cos\frac{\lambda}{2}\right)+\cos\frac{\lambda}{2}}{\sqrt{2}\left(1+\cos\varphi\cos\frac{\lambda}{2}\right)^{3/2}} \qquad (27)$$

$$\frac{\partial x}{\partial\lambda} = \frac{\cos\varphi\cos\frac{\lambda}{2}\left(2+\cos\varphi\cos\frac{\lambda}{2}\right)+\cos^2\varphi}{\sqrt{2}\left(1+\cos\varphi\cos\frac{\lambda}{2}\right)^{3/2}}$$

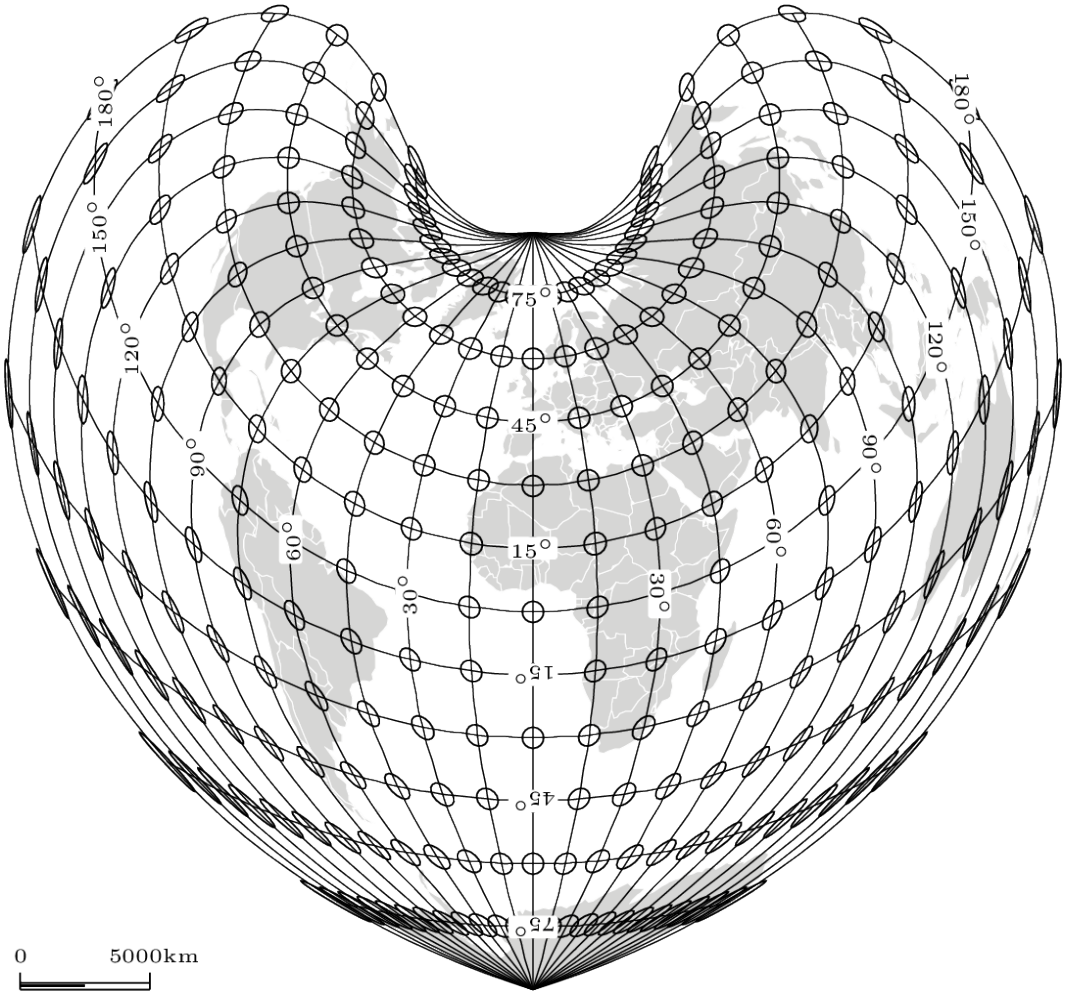
$$\frac{\partial y}{\partial\lambda} = \frac{\sin\varphi\cos\varphi\sin\frac{\lambda}{2}}{2\sqrt{2}\left(1+\cos\varphi\cos\frac{\lambda}{2}\right)^{3/2}}$$

Bonne Projeksiyonu'nda kullanılan nokta kümesi ile endikatris elemanlarının hesaplaması Hammer-Aitoff Projeksiyonu için de yapılmış sonuçlar Tablo 2'de, endikatris görselleştirmesi ise Şekil 3'de verilmiştir.

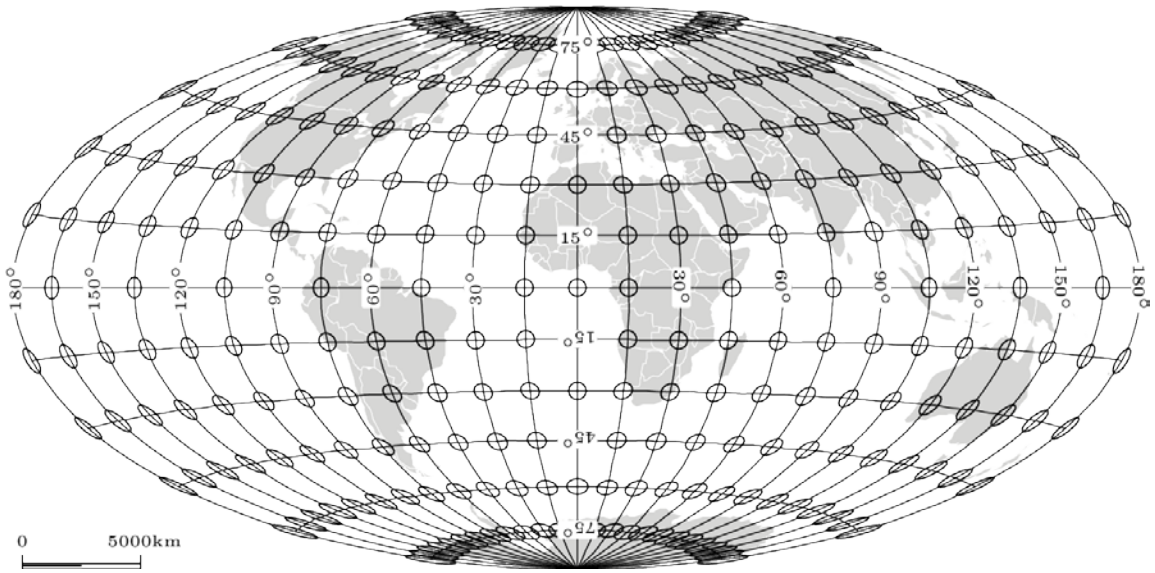
Şekil 3 ve 4'deki haritalar yazar tarafından geliştirilen Earth Flattener yazılımı ile üretilmiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışma ile ortogonal coğrafi ağa sahip olmayan harita projeksiyonlarında Tissot endikatrisi ya da deformasyon elipsinin elemanlarının ve doğrultusunun belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Bu konuda genel olarak hem Türkçe hem de yabancı ders kitaplarında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Programlama açısından irdelendiğinde her koşulda doğru değerleri veren yaklaşımlar metinde değinilmiş olan makalelerde verilmiştir. Yazar tarafından geliştirilen yazılım ile bu yaklaşımlar test edilmiş ve uygulanmıştır. Ortogonal olmayan coğrafi ağa sahip iki projeksiyonda uygulama yapılarak sonuçlar verilmiştir. Konunun Türkçe katografya kaynaklarına kazandırılması da bu çalışmanın kazanımlarından biri olarak değerlendirilebilir.



Şekil 2: Bonne Projeksiyonu'nda dünya



Şekil 3: Hammer-Aitoff Projeksiyonu'nda dünya

Tablo 1: Bonne Projeksiyonu'nda endikatris elemanları

$\varphi°$	$\lambda°$	x_{km}	y_{km}	a	b	$\gamma°$
-60	-180	-9502.46	-8971.04	3.5564	0.2812	132.52203
-60	-150	-8045.95	-9782.57	3.0565	0.3272	135.40609
-60	-120	-6520.76	-10456.20	2.5723	0.3888	137.57375
-60	-90	-4939.90	-10986.20	2.1113	0.4736	138.76900
-60	-60	-3316.88	-11368.03	1.6852	0.5934	138.72349
-60	-30	-1665.55	-11598.44	1.3095	0.7636	137.33765
-60	0	0.00	-11675.47	1.0000	1.0000	0.00000
-60	30	1665.55	-11598.44	1.3095	0.7636	42.66235
-60	60	3316.88	-11368.03	1.6852	0.5934	41.27651
-60	90	4939.90	-10986.20	2.1113	0.4736	41.23100
-60	120	6520.76	-10456.20	2.5723	0.3888	42.42625
-60	150	8045.95	-9782.57	3.0565	0.3272	44.59391
-60	180	9502.46	-8971.04	3.5564	0.2812	47.47797
-30	-180	-13592.00	744.29	3.0744	0.3253	94.47004
-30	-150	-12232.84	-1799.68	2.6660	0.3751	103.17946
-30	-120	-10403.41	-4029.55	2.2727	0.4400	111.24268
-30	-90	-8174.04	-5859.59	1.9007	0.5261	118.49398
-30	-60	-5630.44	-7219.45	1.5582	0.6418	124.80429
-30	-30	-2870.40	-8056.86	1.2550	0.7968	130.19969
-30	0	0.00	-8339.62	1.0000	1.0000	180.00000
-30	30	2870.40	-8056.86	1.2550	0.7968	49.80031
-30	60	5630.44	-7219.45	1.5582	0.6418	55.19571
-30	90	8174.04	-5859.59	1.9007	0.5261	61.50602
-30	120	10403.41	-4029.55	2.2727	0.4400	68.75733
-30	150	12232.84	-1799.68	2.6660	0.3751	76.82054
-30	180	13592.00	744.29	3.0744	0.3253	85.52996
0	-180	-11172.63	8505.90	2.2117	0.4521	54.85284
0	-150	-11312.77	5184.95	1.9731	0.5068	69.10897
0	-120	-10486.90	1965.28	1.7459	0.5728	82.98465
0	-90	-8765.54	-878.19	1.5324	0.6526	96.46344
0	-60	-6295.69	-3102.64	1.3354	0.7488	109.56639
0	-30	-3288.24	-4518.12	1.1573	0.8641	122.36804
0	0	0.00	-5003.77	1.0000	1.0000	0.00000
0	30	3288.24	-4518.12	1.1573	0.8641	57.63196
0	60	6295.69	-3102.64	1.3354	0.7488	70.43361
0	90	8765.54	-878.19	1.5324	0.6526	83.53656
0	120	10486.90	1965.28	1.7459	0.5728	97.01535
0	150	11312.77	5184.95	1.9731	0.5068	110.89103
0	180	11172.63	8505.90	2.2117	0.4521	125.14716
30	-180	-6700.33	10812.83	1.3347	0.7493	19.61601
30	-150	-7834.42	8172.70	1.2732	0.7854	38.90273
30	-120	-7967.58	5302.38	1.2140	0.8237	58.15988
30	-90	-7082.79	2568.58	1.1570	0.8643	77.39239
30	-60	-5293.10	320.59	1.1023	0.9072	96.60581
30	-30	-2827.15	-1154.39	1.0500	0.9524	115.80621
30	0	0.00	-1667.92	1.0000	1.0000	89.92380
30	30	2827.15	-1154.39	1.0500	0.9524	64.19379
30	60	5293.10	320.59	1.1023	0.9072	83.39419
30	90	7082.79	2568.58	1.1570	0.8643	102.60761
30	120	7967.58	5302.38	1.2140	0.8237	121.84012
30	150	7834.42	8172.70	1.2732	0.7854	141.09727
30	180	6700.33	10812.83	1.3347	0.7493	160.38399
60	-180	-3991.99	8857.55	1.3394	0.7466	94.82665
60	-150	-4607.04	7316.56	1.2771	0.7830	116.46412
60	-120	-4648.70	5657.88	1.2169	0.8217	138.13221
60	-90	-4111.77	4087.96	1.1591	0.8627	159.82583
60	-60	-3063.09	2802.19	1.1037	0.9061	1.53926
60	-30	-1633.18	1960.60	1.0506	0.9518	23.26620
60	0	0.00	1667.92	1.0000	1.0000	0.00000
60	30	1633.18	1960.60	1.0506	0.9518	156.73380
60	60	3063.09	2802.19	1.1037	0.9061	178.46074
60	90	4111.77	4087.96	1.1591	0.8627	20.17417
60	120	4648.70	5657.88	1.2169	0.8217	41.86779
60	150	4607.04	7316.56	1.2771	0.7830	63.53588
60	180	3991.99	8857.55	1.3394	0.7466	85.17335

Tablo 2: Hammer-Aitoff Projeksiyonu'nda endikatris elemanları

$\varphi°$	$\lambda°$	x_{km}	y_{km}	a	b	$\gamma°$
-60	-180	-9009.95	-7802.85	2.5625	0.3902	164.79064
-60	-150	-8189.18	-7342.22	2.2951	0.4357	162.11589
-60	-120	-6979.08	-6979.08	2.0143	0.4964	159.54281
-60	-90	-5476.08	-6706.80	1.7388	0.5751	157.21874
-60	-60	-3763.29	-6518.21	1.4830	0.6743	155.93173
-60	-30	-1914.93	-6407.49	1.2661	0.7898	159.05441
-60	0	0.00	-6371.00	1.1547	0.8660	0.00000
-60	30	1914.93	-6407.49	1.2661	0.7898	20.94559
-60	60	3763.29	-6518.21	1.4830	0.6743	24.06827
-60	90	5476.08	-6706.80	1.7388	0.5751	22.78126
-60	120	6979.08	-6979.08	2.0143	0.4964	20.45719
-60	150	8189.18	-7342.22	2.2951	0.4357	17.88411
-60	180	9009.95	-7802.85	2.5625	0.3902	15.20936
-30	-180	-15605.70	-4504.98	1.9055	0.5248	142.28195
-30	-150	-13624.19	-4071.71	1.6680	0.5995	141.04371
-30	-120	-11289.87	-3763.29	1.4830	0.6743	140.42540
-30	-90	-8690.32	-3547.81	1.3336	0.7499	140.44169
-30	-60	-5898.40	-3405.44	1.2090	0.8272	141.50196
-30	-30	-2980.45	-3324.26	1.1035	0.9062	145.90542
-30	0	0.00	-3297.87	1.0353	0.9659	0.00000
-30	30	2980.45	-3324.26	1.1035	0.9062	34.09458
-30	60	5898.40	-3405.44	1.2090	0.8272	38.49804
-30	90	8690.32	-3547.81	1.3336	0.7499	39.55831
-30	120	11289.87	-3763.29	1.4830	0.6743	39.57460
-30	150	13624.19	-4071.71	1.6680	0.5995	38.95629
-30	180	15605.70	-4504.98	1.9055	0.5248	37.71805
0	-180	-18019.91	0.00	1.4142	0.7071	90.00000
0	-150	-15513.68	0.00	1.2605	0.7934	90.00000
0	-120	-12742.00	0.00	1.1547	0.8660	90.00000
0	-90	-9752.30	0.00	1.0824	0.9239	90.00000
0	-60	-6595.74	0.00	1.0353	0.9659	90.00000
0	-30	-3326.33	0.00	1.0086	0.9914	89.99999
0	0	0.00	0.00	1.0000	1.0000	0.00000
0	30	3326.33	0.00	1.0086	0.9914	89.99999
0	60	6595.74	0.00	1.0353	0.9659	90.00000
0	90	9752.30	0.00	1.0824	0.9239	90.00000
0	120	12742.00	0.00	1.1547	0.8660	90.00000
0	150	15513.68	0.00	1.2605	0.7934	90.00000
0	180	18019.91	0.00	1.4142	0.7071	90.00000
30	-180	-15605.70	4504.98	1.9055	0.5248	37.71805
30	-150	-13624.19	4071.71	1.6680	0.5995	38.95629
30	-120	-11289.87	3763.29	1.4830	0.6743	39.57460
30	-90	-8690.32	3547.81	1.3336	0.7499	39.55831
30	-60	-5898.40	3405.44	1.2090	0.8272	38.49804
30	-30	-2980.45	3324.26	1.1035	0.9062	34.09458
30	0	0.00	3297.87	1.0353	0.9659	0.00000
30	30	2980.45	3324.26	1.1035	0.9062	145.90542
30	60	5898.40	3405.44	1.2090	0.8272	141.50196
30	90	8690.32	3547.81	1.3336	0.7499	140.44169
30	120	11289.87	3763.29	1.4830	0.6743	140.42540
30	150	13624.19	4071.71	1.6680	0.5995	141.04371
30	180	15605.70	4504.98	1.9055	0.5248	142.28195
60	-180	-9009.95	7802.85	2.5625	0.3902	15.20936
60	-150	-8189.18	7342.22	2.2951	0.4357	17.88411
60	-120	-6979.08	6979.08	2.0143	0.4964	20.45719
60	-90	-5476.08	6706.80	1.7388	0.5751	22.78126
60	-60	-3763.29	6518.21	1.4830	0.6743	24.06827
60	-30	-1914.93	6407.49	1.2661	0.7898	20.94559
60	0	0.00	6371.00	1.1547	0.8660	0.00000
60	30	1914.93	6407.49	1.2661	0.7898	159.05441
60	60	3763.29	6518.21	1.4830	0.6743	155.93173
60	90	5476.08	6706.80	1.7388	0.5751	157.21874
60	120	6979.08	6979.08	2.0143	0.4964	159.54281
60	150	8189.18	7342.22	2.2951	0.4357	162.11589
60	180	9009.95	7802.85	2.5625	0.3902	164.79064

K A Y N A K L A R

Bildirici, I. O. (2015). **Quasi indicatrix approach for distortion visualization and analysis for map projections**, International Journal of Geographical Information Science, 29, No. 12, 2295–2309.

Bildirici, İ.Ö., Uluğtekin, N. (2011). **Visualization of Map Projection Distortions by Using Finite Circles: an Alternative Approach to Tissot's Indicatrix**, 25th International Cartographic Conference, Paris.

Boùùaert, M.C., De Baets, B., Vervust, S., Neutens, T., De Maeyer P., Van de Weghe, N. (2016). **Computation and visualisation of the accuracy of old maps using differential distortion analysis**, International Journal of Geographical Information Science, online.

Canters, F. (2002). **Small-Scale Map Projection Design**, Taylor and Francis, London, New York.

Goldberg, D. M., & Gott III, J. R. (2007). **Flexion and skewness in map projections of the earth**, Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 42(4), 297-318.

Koçak, E., (1999). **Harita Projeksiyonları**, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.

Laskowski, P. H., (1989). **The Traditional and Modern Look at Tissot's Indicatrix**, The American Cartographer, 16/2, 123-133.

Maling, D.H., (1992). **Coordinate Systems and Map Projections**, Pergamon Press, New York.

Richardus, P. and Adler, R.K. (1972). **Map projections, for geodesists, cartographers and geographers,** North-Holland Publishing Company, Amsterdam.

Snyder, J.P., (1987). **Map Projections- A Working Manual**, United States Geological Survey Professional Paper 1395, Washington D.C.

Uçar, D., İpbüker C., Bildirici, İ. Ö., (2011). **Matematiksel Kartografya : Harita Projeksiyonları Teorisi ve Uygulamaları**, 2. Baskı, Atlas Yayın Dağıtım, Ankara.

Uçar, D., İpbüker, C., (1998). **Kartografik Projeksiyonlarda Deformasyon Elipslerinin Grafik Görselleştirilmesi**, Harita Dergisi, 119, 30-44.

Konumsal Veri Kalitesinde Süreç İyileştirme: Örnek Uygulama

(Revisiting The Procedures for Data Quality Assurance: a Case Study)

Dijle BOYACI[1], Mustafa ERDOĞAN[1], Abdulvahit TORUN[2]
[1]Harita Genel Komutanlığı, Ankara
dijle.baysal@hgk.msb.gov.tr

ÖZ

Konumsal verinin birçok alanda yoğun olarak kullanımı, coğrafi veri kalitesi ve kalite standartları kavramının hayatımızın içinde daha çok yer almasına neden olmuştur. Konumsal verinin üretim sürecindeki her bir adımı, kalite kontrol ve kalite güvence sürecinin de bir adımı olduğundan kalite gereksinimleri tüm sürece ilişkin olmaktadır. Bu nedenle veri kalitesinin iyileştirilmesi aynı zamanda veri üretim sürecinin iyileştirilmesi anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada, vektör veri üretim sürecinde zaman içinde oluşan ihtiyaçlar ve eksiklikler dikkate alınarak üretim sürecine eklenen iki yeni kontrol adımının sürece olan etkisi değerlendirilmiştir. Bu nedenle, iki farklı zaman diliminde üretilmiş vektör verilerin kontrollerinde belirlenen düzeltmeler değerlendirilmiştir. Ayrıca örnek bir pafta için hem tespit edilen düzeltmelerin çeşitleri ve dağılımları incelenmiş, hem de detayların kıymetlendirilmesinde görüntü üzerindeki gerçek noktalardan olan kayıklık miktarları belirlenmiştir. Çalışma sonunda sürece eklenen iki yeni kontrol adımının kontrolden gelen düzeltme miktarlarında %40 oranında bir azalma meydana getirdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Detay, Görsel-Tamlık Kontrolü, Tematik-Öznitelik Kontrolü, Semantik-Tutarlılık Kontrolü, Kalite Kontrol, Kalite Güvence, Öznitelik, Topografik Harita, Vektör Veri Üretim Süreci.*

ABSTRACT

Intensive use of spatial data has led to increase the concept of data quality and quality standards for geospatial data in our lives. Each step for spatial data production is also a step of quality assurance, so quality control and quality assurance should be for the whole process. Therefore, improving the quality of data also necessitates improvements of data production process.

In this study, the effect of two new quality check steps added the production process, which arise from needs and shortcomings, were evaluated. Therefore, adjustments specified in the control of two vector data that was produced in different times, were evaluated. Types of distributions of corrections and offsets from real points were determined for a sample sheet. The results show that two new control steps that were added to the process decreases the errors coming from quality check by %40.

Keywords: *Feature, Visual-Completeness Check, Thematic-Attribute Check, Semantic-Consistency Check, Quality Control, Quality Assurance, Attribute, Topographic Map, Vector Data Production Process.*

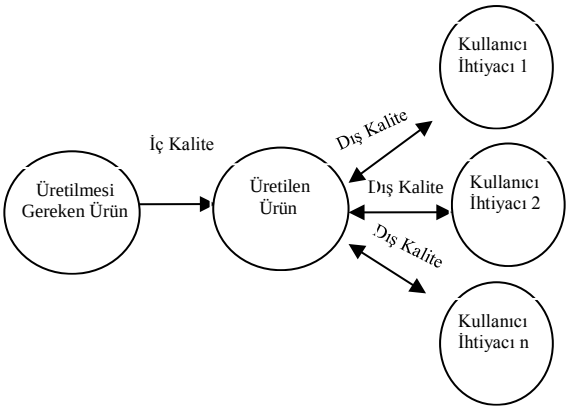
1. GİRİŞ

Mekânsal (özelde coğrafi ve topografik) veri kalitesi, 1980'li yıllardan itibaren araştırmalara konu olmakla birlikte, coğrafi verinin kullanım alanının yaygınlaşması ve alternatif verilerin ortaya çıkmasıyla; 2000'li yıllardan itibaren büyük oranda 'veri kalitesi elemanları' ile ifade edilmekte ve değerlendirilmektedir.

Genellikle üretilen ürünün üstünlük derecesini tanımlamak için kullanılan kalite kavramı, daha çok ürünün içeriğine bağlıdır. Fabrikalar gibi üretim alanlarında kalite, arzulanan hedefin başarılma oranı olarak görülürken, bu tanımı konumsal veri için yapmak çok daha zordur. Fabrikalarda üretilen üründen farklı olarak konumsal verinin kolayca değerlendirilebilecek fiziksel karakteristikleri yoktur. Bu durumda kalite tamlık ya da tutarlılık gibi el ile tutulamaz kavramların bir fonksiyonu haline gelmektedir (Veregin, 1999). Heterojen konumsal verinin kalitesinin modelleme, dağıtım ve analizi için kapsamlı bir çerçeve olmaması nedeniyle kullanıcılar genellikle bilinmeyen veya belirsiz kalitede veri ile uğraşmak zorunda kalmaktadır (Hong ve Huang, 2013).

Literatürde iki farklı veri kalitesi yaklaşımı mevcuttur. İç kalite olarak isimlendirilen ilk yaklaşım veri kalitesini verinin iç karakteristikleri (veri toplama tekniği, veri modeli ve depolama gibi) olarak tanımlar. Dış kalite olarak nitelendirilen ikinci yaklaşım ise kaliteyi veri karakteristikleri ile kullanıcı ihtiyaçları arasındaki uyum (Juran ve ark., 1974; Chrisman, 1983; Veregin, 1999) olarak tanımlamaktadır. İkinci yaklaşım kaliteyi bağımsız ya da kesin bir kavramdan ziyade kullanıcı ve kullanıma bağlı olarak değişen bir kavram olarak tanımlar (Devillers ve ark., 2005).

Şekil 1'de iç ve dış kalite kavramları şematik olarak gösterilmiştir. Görüldüğü gibi iç kalite, üretilen ile tasarlanan ürün arasındaki uyumun derecesidir. Dış kalite kavramı ise değişken kullanıcılar için mevcut ürünün ihtiyaçları karşılama oranını tanımlamaktadır.



Şekil 1. İç ve dış kalite kavramı (Devillers ve Jeansoulin, 2005)

Bu çalışmanın çerçevesi; MGCP 50K topografik veri üretiminde kalite kontrol ve kalite güvence sisteminin oluşturulması, iyileştirilmesi ve izlenmesi çalışmalarında ortaya konan yeni kalite kontrol süreçlerinin kaliteye yansımasını kapsamaktadır.

Bu çalışmada ortaya konan kalite kontrol ve kalite güvence yaklaşımı, yönetimi ve bunun uygulamaya geçirilmesi ve somut kalite elemanlarının uygulamaya geçirilmesinde karşılaşılan zorluk, coğrafi veri üretiminde süreç boyu kalite uygulaması bakımından orijinal bir yaklaşımdır.

2. VEKTÖR VERİ ÜRETİM SÜRECİNDE KALİTE DEĞERLENDİRME

Konumsal verinin karar verme, navigasyon, planlama ve geliştirme, doğal kaynakların yönetimi gibi alanlarda yaygın olarak kullanımı, kullanılan verinin kalitesinin hem kamu hem de özel sektör tarafından sorgulanmasına sebep olmuştur (Goodchild ve Jeansoulin 1998; Guptill ve Marrison 1995; Shi ve ark., 2002). Ayrıca bilim dünyasındaki gelişmeler, konumsal veri kalitesi konusunun Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) bir alt disiplini olmasını sağlamıştır (Devillers ve ark., 2010). CBS'nin ana hedefi karar verme mekanizmalarında bilgi desteği sağlamaktır. Bu nedenle buradaki kararın kalitesi temelde konumsal verinin kalitesine bağlıdır (Taştan ve Altan 1999).

Yeryüzü kesin çizgilere sahip olmayan ve sınırları yorumlamaya açık olan bir değişkendir. Örneğin, yüksek değişkenliğe sahip olan kıyı hatları ya da hava fotoğrafları üzerinden yorumlanan arazi örtüsü sınıfları, konumsal verinin doğruluğunu büyük oranda etkileyen girdilerdir. Bu örneklerde hata, verinin en temel özelliği olacaktır (Goodchild, 1988). Kalite kontrol değerlendirmesindeki her bir safha kalite gereksinimlerini tanımlar. Bu nedenle veri kalitesi yönetimi veri üretimi, analizi, bakımı ve farklı veri setleri arasındaki dönüşüm işlemlerinde iyi sonuçlar elde edebilmek için veri üretim sürecinin en başında yer almalıdır (Busch ve Willrich, 2002). Aslında üretim sisteminde yer alan her bağlantı (link) bir kalite kontrol birimidir. Bu bağlantılar birbirleri ile koordinelidir ve kalite kontrol süreci kalite standartlarına uygun olarak yapılır (Wang ve ark., 2013).

ISO (International Standard Organisation) 19157 konumsal verinin kalitesinin belirlenmesine ilişkin uluslararası standarttır. Burada kalite elemanları olarak tamlık, mantıksal tutarlılık, konumsal doğruluk, göreli doğruluk ve tematik doğruluk tanımlanmıştır. Bu tanımlar aynı zamanda gerçek değere yakınlığın, konumun doğruluğunun, detayın şekil/büyüklüğünün, veri ya da özniteliğin tamlığının ölçümü olarak da tanımlanabilir (Erdoğan ve ark., 2012).

Konumsal verinin kalite değerlendirmesinde kalite kontrol (Quality control - QC) ve kalite güvence (Quality assurance - QA) olarak nitelendirilen iki kavramdan söz etmek mümkündür. Taulbee (1996)'da eğer kalite hedefleri karşılanacak ise bu iki kavramdan biri olmadan diğerinin olamayacağını belirtmiştir. Burada;

- Kalite kontrol iç standartlara, işlem ve yöntemlere bağlı olan kalite değerlendirmesi olarak tanımlanırken,

- Kalite güvence, final ürünün önceden tanımlanan kalite standartlarına göre kontrol yöntemleri ile üretim dışındaki standartlara bağlı olan dış değerlendirmesi ve sertifikasyonu olarak tanımlanır. Redman (2001)'de kalite güvenceyi en düşük maliyette en önemli kullanıcının en önemli ihtiyacını karşılayan eksiksiz ürünün üretimini tanımlayan işlemler olarak tanımlar (Chapman, 2005). Kalite güvence temel düzeyde, doğru kalitede ürün oluşturmayı ya da ürünün devamlılığının olmasını sağlar (Jakobsson ve ark., 2013).

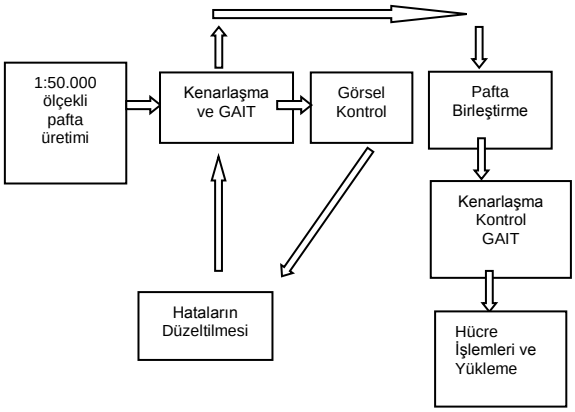
a. Mevcut Üretim Süreci ve Değerlendirmesi

1:50.000 ölçekli topografik harita üretiminde mono uydu görüntülerinden görsel kıymetlendirme ile veri toplanmaktadır. Kıymetlendirme ve özniteliklendirme işlemini müteakiben üretilen veriler bütünleştirilmekte, kenarlaşması yapılmakta ve GAIT ismi verilen

kalite kontrol programı kullanılarak ilk kontrol işlemleri tamamlanmaktadır.

Daha sonraki adım olan görsel kontrolde, yanlış ya da eksik kıymetlendirilen detaylar ve öznitelikler belirlenmektedir. Bu inceleme işlemi kaynak uydu görüntüleri ve diğer yardımcı verilerin görsel ve sayısal kontrolü ile yapılmaktadır. Burada tespit edilen hatalar sayısal olarak veri üzerine işaretlenerek düzeltmelerin yapılması için yeniden veri düzenleme sürecine sokulmaktadır.

Görsel kontrol aşamasında tespit edilen hataların düzeltilmesinden sonra üretimi yapılan alt birim veri çerçeveleri (16 adet 1:50.000 ölçekli pafta) birleştirilerek 1°x1^{o} boyutundaki hücreler oluşturulmaktadır. Hücre için yapılan kenarlaşma ve kalite kontrol işlemlerini müteakip hazırlanan metaverilerle birlikte söz konusu hücreler kalite güvence aşamasına girmek üzere bir veri ambarına yüklenmektedir. Üretimde kullanılan iş akışı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 1:50.000 ölçekli topografik harita üretimi eski iş akışı

Bu süreç içerisinde herhangi bir paftanın kalite güvence aşamasına kadar üretim süreci içinde geçirdiği zaman yaklaşık 35 gündür. Bu zamanın %70'ini kıymetlendirme alırken, %30'unu kontrol işlemleri, düzeltmeler ve hücreye yönelik işlemler almaktadır.

b. İyileştirilmiş Üretim Süreci

Coğrafi veri üretim sistemleri de dâhil olmak üzere üretimde, zaman içerisinde teknolojideki değişim, bilgi birikiminde artış ve müşteri taleplerindeki farklılaşma gibi sebepler ile ihtiyaca bağlı olarak bazı süreç iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu kapsamda, 2010 yılında 50K ölçekli topografik veri üretim süreci yeniden değerlendirilmiş ve mevcut kalite kontrol aşamalarına; 'Tematik-Öznitelik' (raster harita kontrolü) ve 'Semantik-Tutarlılık' (topoloji kontrolü) olmak üzere iki yeni kontrol adımı eklenerek süreçte bazı düzenlemeler yapılmıştır. Daha önce sürdürülen üretim-kontrol süreçlerinde de yer alan iç-kalite güvence (GAIT Kontrolü) uluslararası ve ulusal üretim grubunun deneyimine bağlı olarak içerik bakımından geliştirilerek kaliteli ve güvenilir veri üretimi hedeflerine yaklaşılmıştır. Düzenleme sonrasında kullanılan yeni üretim akışı Şekil 3'de gösterilmiştir.

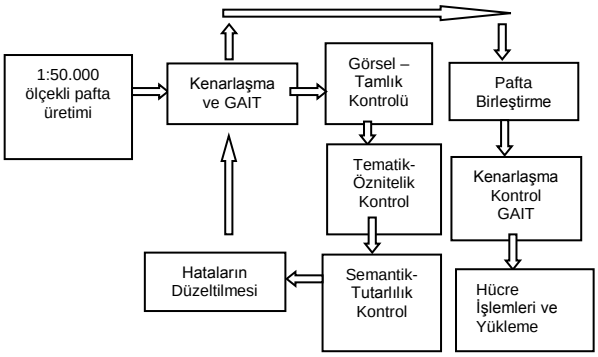
c. Süreç İyileştirme ile Hedeflenen Kalite Elemanları ve ISO 19157 Coğrafi Veri Kalitesi Standardı İlişkisi

ISO 19157 standardı içinde derlenen veri kalitesi elemanları, öncesinde ISO 19113 (Geographic information - Quality principles), ISO 19114 (Geographic information - Quality evaluation procedures), ISO 19115 Geographic information – Metadata), ISO 19138 (Geographic information - Data quality measures) içinde dağınık yapıda yer almaktaydı. 2000'li yılların ikinci yarısında, ISO 19113, ISO 19114 ve ISO 19138 birleştirilerek, bütünleşik bir yapıya getirilip, ISO 19157 yayımlanmıştır (ISO 19157, 2013). ISO 19115 ise kullanım (usage), üretim akışı (lineage) ve güncelleme zamanı gibi veri kalitesi elemanları içermektedir.

Kaynak veri oluşturulması, hazırlık, veri toplama, özniteliklendirme ve bitirme işlemleri sırasında, üretim ve kalite kontrol süreçlerinin izlenmesi, son aşamada yönetilemez hale gelen kalite sorunlarının başlangıçtan önlenmesini sağlamaktadır. ISO 19157'de de yer alan kalite elemanlarının veri üretim süreci içinde bütüncül ve veriyle bütünleşik olması kalite güvencenin sağlanmasında kolaylık sağlarken, kullanıcı ve kullanılırlık bakımından da güvenilirlik yaratmaktadır.

Görsel-tamlık kontrolü ile ISO 19157'de 'tamlık' (completeness) başlığı altında ifade edilen kalite elemanları, tematik-öznitelik kontrolü ile 'tematik doğruluk' (Thematic accuracy), 'sematik-tutarlılık' kontrolü ile 'mantıksal tutarlılık' (logical consistency) kalite elemanları karşılanmıştır. ISO 19157 içeriğinde yer alan diğer kalite elemanları; 'üretim süreci bilgisi-lineage', 'konumsal doğruluk-positional accuracy', 'zamansal doğruluk-temporal accuracy', 'kullanılabilirlik-usability' kalite elemanları metaveri içinde tanımlı alanlarda ifade edilmektedir (ISO 19157, 2015)

Yeni üretim iş akışında (Şekil 3), eski üretim sisteminde olduğu gibi pafta kıymetlendirmesini tamamladıktan sonra kenarlaşma ve kontrol işlemlerini yapılmakta ve pafta görsel-tamlık kontrolü için hazır hale getirmektedir. Görsel-tamlık kontrolünde pafta daha önce olduğu gibi yine belli bir düzen içerisinde yanlış ya da eksik kıymetlendirilen detaylar ve öznitelikler açısından incelemektedir. Bu işlem eski süreçte kıymetlendirme personelinin yanında yapılıp yaklaşık 0,5 gün gibi bir süre alırken, yeni süreçte kontrolcü tarafından bağımsız olarak yapılmakta ve eklenen bazı ek kontrol adımları ile 2-2,5 gün sürmektedir.



Şekil 3. 1:50.000 ölçekli topografik harita üretimi yeni iş akışı

Bu adımdan sonra veri görsel-tamlık kontrolünde tespit edilen hata kütüğü ile birlikte tematik-öznitelik kontrol aşamasına gitmektedir. Öznitelik doğruluk ve tamlığının sağlanmasını hedefleyen tematik-öznitelik kontrol işlemi, mevcut topografik haritalar ve yardımcı veriler ile yapılmaktadır. Burada eksik kıymetlendirilen ya da öznitelik olarak eksik ya da yanlış kıymetlendirilen detayların tespiti yapılmaktadır. Tespit edilen hatalar görsel-tamlık kontrolünde olduğu gibi veri üzerinde başka bir kütüğe (log) işlenmektedir. Tematik-Öznitelik kontrol işlemi her bir pafta için yaklaşık 0,5-1 gün gibi bir süre almaktadır.

Veri toplama yönergesinde yer verilen mantıksal tutarlılık işleminde topoloji ile coğrafya/bölgesel kültürün detaylar üzerindeki yansımasının kontrolü yapılmaktadır. Bu kontrol önceki diğer iki kontrolden (Görsel-Tamlık, Tematik-Öznitelik) farklı olarak kâğıt baskı üzerinden yapılmaktadır. Bu işlem adımı eski süreçte de belirli bölümlerde mevcuttur. Ancak uygulama şekli ve kullanılan sorgulamalarda bazı değişiklikler yapılmış ve yeni bir adım olarak değerlendirilmiştir. Burada veri mantıksal bazı sorgular ile sorgulanarak hata olması muhtemel olan detayları işaretlemektedir. Örneğin, bir yerleşim yerine giden bütün yollar öznitelikleri açısından değerlendirilmekte ve en az bir tanesinin kaliteli bir yol olması beklenmektedir. Bu kontrol adımında işaretlenen düzeltmeler, ortofoto altlık ile kontrol edilerek kontrolün doğruluk ve geçerliliği tespit edilmekte, yanlış değerlendirmelerin minimuma indirgenmesi amaçlanmaktadır. Topolojik kontrol işlemi her bir pafta için yaklaşık 0,5 gün gibi bir süre almaktadır.

Bu üç aşamadan sonra hata kütüklerinin de içinde olduğu veri dosyası ve işaretli kâğıt baskı harita, veri düzenleme aşamasına geri dönmektedir. Düzeltmeler kıymetlendirme personeli tarafından yapıldıktan sonra pafta, kıymetlendirme sorumlusu tarafından son kez kontrol edilmekte ve birleştirme işlemi için ilgili yere gönderilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, vektör veri üretim sürecinde zaman içinde oluşan ihtiyaçlar ve eksiklikler dikkate alınarak üretim sürecine eklenen iki yeni kontrol adımının sürece olan etkisi değerlendirilmiştir. Bu nedenle, yeni sürecin veri üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacı ile iki farklı zaman diliminde üretilmiş hücrelerin kontrollerinde belirlenen düzeltmelerin değişimi değerlendirilmiştir. Ayrıca örnek bir pafta için hem tespit edilen düzeltmelerin çeşitleri ve dağılımları incelenmiş, hem de detayların kıymetlendirilmesinde görüntü üzerinde referans alınan gerçek noktalardan olan kayıklık miktarları belirlenmiştir.

a. Çalışma Alanı

Çalışma bölgesi olarak, süreçte yapılan düzenlemelerden hemen sonra 2010 yılında üretilen E044N40 hücresi ve 2011 yılında üretimi yapılan E047N40 hücresi seçilmiştir. Seçilen hücreler jeomorfolojik, yoğunluk ve kaynak veri bakımından benzer yapıya sahiptirler. Hücreler ayrıca, hem detay sayısı hem de belirlenen düzeltmelerin çeşitliliği açısından oldukça zengindir.

b. Görsel-Tamlık ve Tematik-Öznitelik Kontrol Hatalarının Sayısal Değerlendirmesi

E044N40 hücresi süreçte yapılan düzenlemelerden hemen sonra üretimi yapılan bir hücredir. Burada tespit edilen hatalara oluşturulan yeni sürecin etkisi minimum düzeydedir. Veri kıymetlendirme, düzenleme, kontrol ve üretim yönetimi ile görevli personelin kontrol sürecindeki değişime tam olarak uyum sağlamadığından tespit edilen hatalar aynı

zamanda eski süreç için tespit edilen hataları da büyük oranda yansıtmaktadır. Görsel-tamlık ve tematik-öznitelik kontrolleri sonucu tespit edilen hataların sayısı Tablo 1'de gösterilmiştir.

İkinci hücre olarak seçilen E047N40 hücresi süreçteki düzeltmelerden 1 yıl sonra (2011) üretimi yapılan bir hücre olup, kontroller sonucu tespit edilen hataların sayısı Tablo 2'de gösterilmiştir.

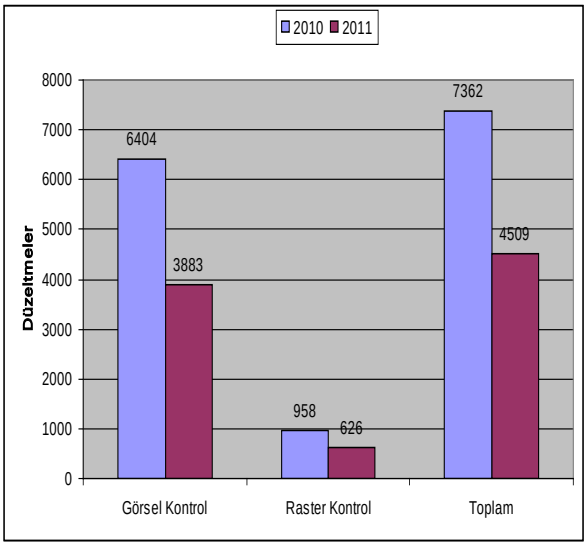
Tablo 1. E044N40 hücresi için tespit edilen hata miktar/çeşidi

Detay Çeşidi	**Görsel-Tamlık Kontrolü**	**Tematik-Öznitelik Kontrolü**
Havaalanı	2	-
Bina / bina öznitelik	2728	445
Yol / yol öznitelik	503	74
Dere/ark	427	49
Köprü	95	16
Enerji Nakil Hattı	639	3
Boru hattı	136	26
Alan (LAF) detay	488	40
Diğer	1386	305
Toplam	**6404**	**958**

Tablo 2. E047N40 hücresi için tespit edilen hata miktar/çeşidi

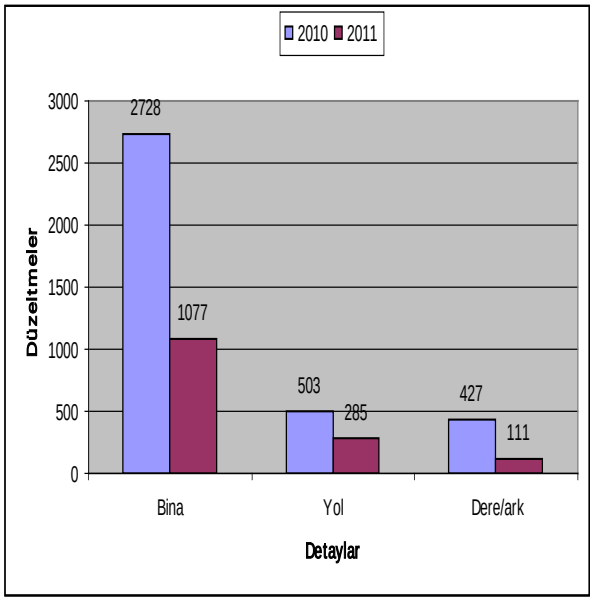
Detay Çeşidi	**Görsel-Tamlık Kontrolü**	**Tematik-Öznitelik Kontrolü**
Havaalanı	12	-
Bina / bina öznitelik	1077	234
Yol / yol öznitelik	285	66
Dere/ark	111	102
Köprü	134	4
Enerji Nakil Hattı	802	19
Boru hattı	37	2
Alan (LAF) detay	313	83
Diğer	1112	116
Toplam	**3883**	**626**

Yapılan incelemede zaman içinde verilen eğitimlerin ve yeni sürece uyumun veri üretim, kontrol ve üretim yönetimi yürüten ekip üzerinde olumlu bir etki yarattığı görülmektedir. Şekil 4'de hem görsel-tamlık kontrolünden hem de tematik-öznitelik kontrolünden gelen düzeltme miktarlarının %40 oranında azaldığı görülmektedir.



Şekil 4. Hücrelerin düzeltme miktarları

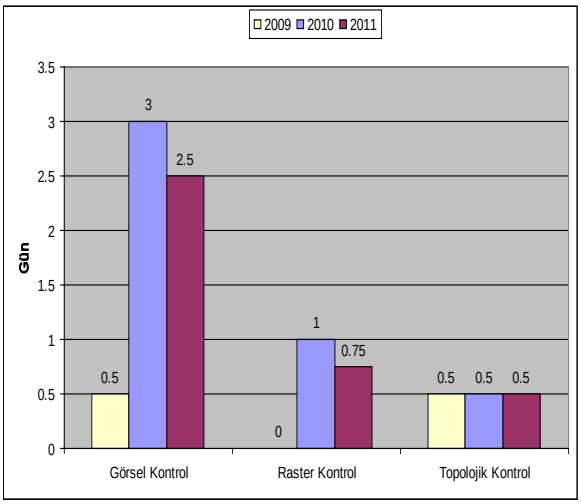
Detay bazında yapılan incelemede de detayların büyük bir kısmında iki kontrolden gelen düzeltme miktarlarında azalma olduğu görülmektedir. Şekil 5'de bina, yol ve dere/ark detayları için görsel-tamlık kontrolünden gelen düzeltme miktarları görülmektedir.



Şekil 5. Detay bazında düzeltme miktarları

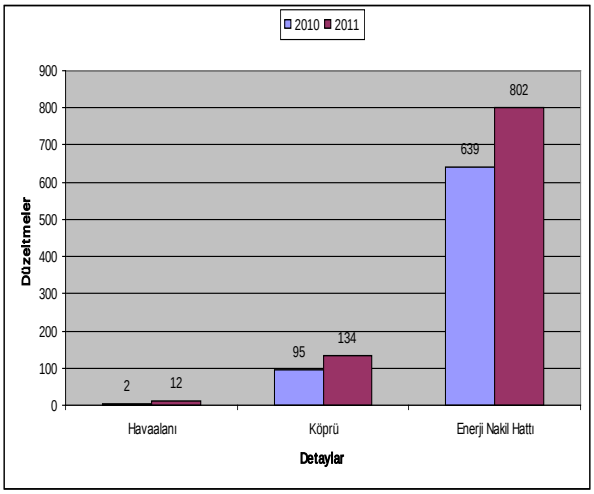
Genelden farklı olarak bazı detaylar için tespit edilen düzeltme miktarlarında artmalar tespit edilmiştir. Şekil 6'da havaalanı, köprü ve enerji nakil hattı detayı için görsel-tamlık kontrolünde tespit edilen düzeltme miktarları gösterilmiştir. Özellikle havaalanı detayı için tespit edilen düzeltme miktarında büyük bir artış olduğu görülmektedir. Buradaki artışın detayın

kıymetlendirmesinde elde edilen deneyimler sonucu görüntüyü daha doğru ve zengin yorumlayabilmekten kaynaklandığı değerlendirilmektedir.



Şekil 6. Detay bazında düzeltme miktarları

Zaman içerisinde gerek kıymetlendirme, gerekse kontrol uzmanlarının veri üretim sürecindeki değişime uyumu nedeni ile kontrol sürelerinde değişimin olduğu gözlenmiştir. Şekil 7'de görüldüğü gibi 2009 yılında uygulanan kıymetlendirme kontrol sürecinde görsel-tamlık kontrol için 0,5 günlük bir zaman dilimi ayrılırken bu süre 2010 yılında 3 gün kadar zaman alabilmiştir. Ancak zamanla verilen eğitimler ve veri/kontrol uyumu nedeni ile 2011 yılında bu süre 2-2,5 gün gibi bir değere ulaşmıştır. Aynı şekilde, 2009 yılında tematik-öznitelik kontrol hiç yapılmazken, 2011 yılında bu sürenin de azaldığı görülmektedir. Topolojik kontrol için harcanan zaman ortalama 0,5 gündür.



Şekil 7. Kontroller için harcanan zaman miktarı

c. Hata Çeşitliliği ve Dağılımı

E047N40 hücresinde tespit edilen düzeltmeler, bunların miktarları ve çeşitleri dikkate alınarak örneklem bir pafta için (g52a) farklı bir çalışma daha yapılmıştır. Çalışmada, hem pafta için tespit edilen düzeltmelerin çeşitleri ve dağılımları incelenmiş, hem de detayların kıymetlendirilmesinde görüntü üzerindeki gerçek noktalardan olan kayıklık miktarları için bir araştırma yapılmıştır.

İlk olarak hataların detaylar ile ilişkisi ve miktarı incelendiğine bazı hataların diğerlerine göre istisna olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, hidrografya detaylarından dere, ark ve göl detayı; ulaşım detaylarından karayolu ve demiryolu detayı; yerleşim detaylarından bina ve alan yerleşim yeri detayı ile bitki örtüsü detaylarından orman detayı için tespit edilen hatalar incelemeye alınmış diğer detaylar alınmamıştır. G52a paftası için tespit edilen 486 adet düzeltmeden 367 adedi yukarıda bahsi geçen detaylar için belirlenen düzeltmelerdir.

Çalışmada görsel-tamlık ve tematik-öznitelik kontrolünde tespit edilen düzeltmeler 4 farklı sınıfa ayrılmış ve elde edilen değerler incelenmiştir. Burada:

(1) A sınıfı: Kriteri karşılamayıp toplanan detaylar,

(2) B sınıfı: Olan bir detayın özniteliğinde farklılık,

(3) C sınıfı: Detayın farklı bir detay olarak toplanması,

(4) D sınıfı: Kriteri karşılayıp toplanmayan detaylar olarak sembolize edilmiştir.

Bu hata sınıfları içinde kritik olarak değerlendirilen hatalar ise hata sınıf kodu altında "k" sembolü ile gösterilmiştir. Tablo 3'de g52a paftasındaki hata sınıfı dağılımları görülmektedir.

Tablo 3. Hata sınıfları ve değerleri

Hata Sınıfı	Miktarı	Hata Sınıfı	Miktarı
A	-	C	2
A_k	-	C_k	-
B	21	D	334
B_k	-	D_k	10
Hata Toplamı		**367**	

Tablo 3'de görüldüğü gibi pafta için tespit edilen düzeltmelerin büyük bir çoğunluğu kriteri

karşıladığı halde kıymetlendirme uzmanı tarafından kıymetlendirilmeyen detayların oluşturduğu D sınıfı hatalardır. Kıymetlendirme esnasında tespit edilemeyen bu detaylardan 10 tanesi kritik detay olarak değerlendirilmiştir. Bu detaylar herhangi bir karar verme sürecinde kararı olumsuz yönde etkileyecek olan önemli köprü ve yollardır. Diğer hata sınıflarında kritik olarak değerlendirilecek bir detay mevcut değildir.

Paftada kriteri karşılamadığı halde toplanan yani silinmesi gereken detay bulunmamaktadır. Doğru detay olarak toplanıp özniteliğinde farklılık yapılması gereken detay sayısı 21'dir. Bu hata çoğunlukla bina detayında görülmektedir. Burada genellikle detay bina olarak toplanmış ancak fonksiyonu harap olarak tespit edilememiştir. Detayın yanlış yorumlanıp farklı bir detay olarak toplandığı durum ise 2'dir. Paftada 2 adet trafo detayı yanlış yorumlanıp bina olarak toplanmıştır.

İkinci olarak, detayların kıymetlendirilmesinde görüntü üzerindeki gerçek noktalardan olan kayıklık miktarları tespit ediliştir. 30 adet nokta, çizgi ve alan detay için detayın kıymetlendirildiği nokta ile gerçekte olması gereken nokta arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. Tablo 4'de elde edilen değerler verilmektedir.

Tablo 4. Kıymetlendirme fark tablosu

Örneklem sayısı	30
Minimum fark	1.66 m
Maksimum fark	7.48 m
Ortalama	3.53 m

Tablo 4'de detayın kıymetlendirildiği nokta ile olması gerektiği nokta arasındaki farkın minimum 1.66 m, maksimum ise 7.48 m olduğu görülmektedir. 30 nokta için ortalama 3.53 m olarak tespit edilmiştir.

d. Değerlendirme

Vektör veri üretim süreci hem zaman alan hem de yoğun emek isteyen bir süreçtir. Bu süreçte en çok zaman alan ve hatalara en açık olan safha detay tanımlama safhasıdır. Çünkü detay tanımlama adımı kişisel yorumlama farklılıklarına açık olan bir adımdır. Bu adımda meydana gelebilecek yorumlama hataları süreç sonundaki verinin kalitesini direkt olarak etkilemektedir. Bu nedenle oluşabilecek yorumlama hatalarını minimuma indirmek için üretim sürecine çeşitli kontrol adımları eklenmiştir.

Mevcut 1:50.000 ölçekli topografik harita üretim sürecinde verinin kontrolü görsel-tamlık kontrol adı verilen bir adım ile yanlış ya da eksik kıymetlendirilen detaylar ve öznitelikler açısından yapılmaktadır. Ancak, üretimde, zaman içerisinde ihtiyaca bağlı olarak bazı değişikliklerin yapılmasının faydalı olacağı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, 2010 yılında üretim süreci yeniden değerlendirilmiş ve kalite kontrol aşamalarına 2 yeni kontrol adımı eklenerek süreçte bazı düzenlemeler yapılmıştır.

Detay bazında yapılan incelemede genelden farklı olarak bazı detaylar için tespit edilen düzeltme miktarlarında artmalar tespit edilmiştir. Örneğin havaalanı, köprü ve enerji nakil hattı detayları için tespit edilen hata miktarlarında %50 ile %600 arasında değişen oranlarda artışın meydana geldiği görülmektedir. Buradaki artışın detayın kıymetlendirmesinde elde edilen deneyimler sonucu görüntüyü daha doğru ve zengin yorumlayabilmekten kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Farklı bir çalışma da g52a paftası için yapılmıştır. Görsel-tamlık ve tematik-öznitelik kontroller sonucu tespit edilen hataların 4 farklı detay sınıfından 8 detay için çeşitleri, dağılımları ve ilişkileri incelenmiştir. Burada bazı hataların diğerlerine göre istisna olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, pafta için tespit edilen düzeltmelerin büyük bir çoğunluğu detay toplama kriterini karşıladığı halde kıymetlendirilmeyen detaylardır. Toplam 367 adet hatadan sadece 10 tanesi kritik detay olarak değerlendirilmiştir. Bu detaylar herhangi bir karar verme sürecinde kararı olumsuz yönde etkileyecek olan önemli köprü ve yollardır.

4. SONUÇLAR

Yeni sürecin değerlendirilmesi amacı ile farklı zamanlarda üretilen iki hücrenin kontrol sonuçları incelendiğinde; zaman içerisinde kalite kontrol aşamasında tespit edilen hata miktarlarında büyük oranda azalma olduğu görülmektedir. 2010 yılında yani süreçte yapılan iyileştirmeden hemen sonra üretilen E044N40 hücresinde görsel-tamlık kontrolünde 6404 adet hata tespit edilirken, 2011 yılında üretilen E047N40 hücresinde bu sayı 3883'dür. Aynı durum tematik-öznitelik kontrol için de görülmektedir. Bu ise kontrolden gelen düzeltme miktarlarının %40 oranında azaldığı anlamına gelmektedir.

Detayların kıymetlendirilmesinde görüntü üzerindeki gerçek noktalardan olan kayıklık miktarları incelendiğimde ise ortalama 3.5 metrelik bir kayıklık olduğu görülmektedir. Bu değer 1:50.000 ölçekli topografik harita üretimi

için kullanılan veri toplama klavuzuna (Extraction Guide) göre kabul edilebilir hata değerlerinin çok altındadır.

Sonuç olarak, konumsal veri üretim sürecinin her bir aşaması hata kriterini beraberinde taşımaktadır. Önemli olan, bu süreç içerisinde minimum sayıda kontrol ile maksimum doğruluktaki veriyi üretmektir. Çünkü sürece eklenen her yeni kontrol adımı hem zaman almakta hem de emek istemektedir. Burada sürece eklenen iki adım fayda-maliyet analizi ile değerlendirilmiş ve sürece olumlu katkı sağladığı değerlendirilmiştir. Veri üretim süreci yaşayan bir süreç olduğundan zaman içerisinde oluşan gereksinimler dikkate alınarak yeni iyileştirmeler yapılacaktır.

Coğrafi veri kalitesi yönetiminde, üretici etkisi belirleyiciliğini devam ettirse de; tedarikçi ve kullanıcının birden çok amaç için aynı coğrafi veriden yararlanma ihtiyacı ve kullanıcının karar süreçlerine güvenilir coğrafi veri desteği gerekliliğinin artması, daha teknik bir çerçeveye sahip veri kalitesi tanımlamalarının yanı sıra veri kalitesi yönetiminin de ön plana çıkması gereğini ortaya çıkarmaktadır.

K A Y N A K L A R

Busch, A. and Willrich, F., 2002. **Quality Management of ATKIS Data,** OEEPE/ISPRS Joint Workshop on Spatial Data Quality Management, 21-22 March 2002, Istanbul.

Chapman, A.D., 2005. **Principles of Data Quality,** Report for the Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen, pp. 4-7.

Chrisman, N.R., 1983. **The Role of Quality Information in the Long Term Functioning of a Geographical İnformation System,** Proceedings of International Symposium on Automated Cartography (Auto Carto 6), Ottawa, Canada. pp. 303–321.

Devillers, R., Bédard, Y., Jeansoulin, R., 2005. **Multidimensional Management of Geospatial Data Quality Information For Its Dynamic Use Within GIS,** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 71, No. 2, February 2005, pp. 205–215.

Devillers, R. and Jeansoulin, R., 2005. **Fundamentals of Spatial Data Quality,** Hermes Science/Lavoisier, France, pp.35-37.

Devillers, R., Stein, A., Bédard, Y., Chrisman, N., Fisher, P., Shi, W., 2010. **Thirty Years Of Research On Spatial Data Quality: Achievements, Failures, And Opportunities,** Transactions in GIS, 2010, 14(4): 387–400.

Erdoğan, M., Torun, A., Boyacı, D., 2012. **Revisiting the Procedures for the Vector Data Quality Assurance in Practice,** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B4, 2012 XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia.

Goodchild, M.F., 1988. **The Issue of Accuracy in Global Databases,** In Mounsey H (ed.) Building databases for global science. London, Taylor and Francis: 31–48.

Goodchild, M.F. and Jeansoulin, R., 1998. **Data Quality in Geographic Information, from Error to Uncetainity,** Paris, Hermes.

Guptill, S.C. and Marrison, J.L., 1995. **Elements of Spatial Data Quaity,** Oxfor, Elsevier.

Hong, J-H. and Huang, M-L., 2013. **The Design of Intelligent Workflow for GIS Functıons: a Data Qualıty Perspectıve,** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-2/W1, 2013 8th International Symposium on Spatial Data Quality, 30 May - 1 June 2013, Hong Kong pp.47-52.

ISO 19157, 2013. **Geographic Information - Data Quality.**

Jakobsson, A., Hopfstock, A., Beare, M., Patrucco, R., 2013. **Quality Management of Reference Geo-Information,** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-2/W1, 2013, 8th International Symposium on Spatial Data Quality , 30 May - 1 June 2013, Hong Kong, pp. 127-132.

Juran, J.M., Gryna, F.M.J., Bingham, R.S., 1974. **Quality Control Handbook,** McGraw-Hill, New York.

Shi, W., Goodchild, M.F., Fisher, P.F., 2002. **Spatial Data Quality (1st ed.),** Taylor & Francis.

Taulbee, S.M. 1996. **Implementing Data Quality Systems in Biomedical Records,** CRC Press, pp. 47-75.

Taştan, H. and Altan, M.O., 1999. **Spatial Data Quality,** Third Turkish-German Geodetic Days, Volume I, pp.15-30.

Wang, P., Yub, J., Zhaoa, L., Guob, X., 2013. **Quality Control of ”DLG and Map” Product,** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-2/W1, 2013, 8th International Symposium on Spatial Data Quality , 30 May - 1 June 2013, Hong Kong, pp. 71-73.

Veregin, H., 1999. **Data Quality Parameters. Geographical Information Systems,** (P.A. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, and D.W. Rhind, editors), John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 177–189.

LiDAR Verilerinden Enerji Nakil Hatlarının Otomatik Tespit Edilmesi Çalışmaları

(Studies on the Automatic Detection for Power Transmission Line from LiDAR Data)

Mehmet ERBAŞ
Kara Harp Okulu Komutanlığı, Bakanlıklar, 06654, Ankara
merbas@kho.edu.tr

ÖZ

Enerji nakil hatları (ENH), enerji ihtiyacının karşılanması için tesis edilmektedir. Her ne kadar insanoğlu için önemli bir yer tutsa da ENH aynı zamanda alçak irtifa uçuşu icra eden sivil ve askeri hava araçlarının görev ve faaliyetlerine mani olabilecek engellerden de birisidir. Hat şeklinde olan bu düşey engeller, çizgisel yapıda olan ve belirli bir hat doğrultusunda devam eden düşey engellerdir. Bu engellerin önceden tespit edilmesi alçak irtifa uçuşu yapan hava araçları için hayati öneme sahiptir. Yüksek doğrulukla konumsal veri elde edilmesinde kullanılan lazer tarayıcı algılama sistemi olan LiDAR bu engellerin tespit edilmesinde kullanılabilir.

Bu çalışma kapsamında, ham LiDAR verilerinden ENH'nin otomatik olarak tespit edilmesi için ArcObject yazılım geliştirme aracı ve C# programlama dili kullanılarak yeni bir ArcGIS yazılımı eklentisi (ArcGIS add-in) geliştirilmiştir. Geliştirilen eklenti ilk olarak 3x2 km boyutundaki alanda test edilmiştir. Daha sonra Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen bütün LiDAR verilerinin kapsadığı 21x18 km'lik alanda ENH'nin tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda 15 m'den yüksek olan toplam 39.17 km uzunluğunda ENH tespit edilmiştir. Bu hatlardan 23.07 km uzunluğundaki hat ise 30 m'den yüksek olduğu için düşey engel kapsamında değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *LiDAR Verileri, Düşey Engel, Görüntü İşleme, Elektrik Hatları*

ABSTRACT

Power Transmission Lines (PTL) are established for meeting the energy needs. Although PTL is very important for human beings, in the meantime, it is a kind of obstacle that can prevent low altitude flying aircrafts performing military or civilian purposes. Line shaped vertical obstacles are linear and continuing throughout a specified line. Early detection of these obstacles is very vital for low altitude flying aircrafts. LiDAR, which is a kind of laser scanner sensing system used to collect high precise spatial information, can be used to detect vertical obstacles.

In this study, a new ArcGIS Add-in is developed to detect PTL automatically from raw LiDAR data by using ArcObject Software Development Kit and C# programming language. First, the add-in is tested for an area of 3 km long and 2 km wide. Then, detection of PTL is made for an area of 21 km long and 18 km wide which covers all data obtained from General Command of Mapping. As a result of the analysis, total of 39,17-km-long PTL higher than 15 m is detected. 23,07-km-long of them is evaluated as vertical obstacles for being higher than 30 m.

Keywords: *Vertical Obstacle, LiDAR, Image Processing, Power Lines.*

1. GİRİŞ

ENH, genel itibariyle elektrik enerjisinin üretildiği yer ile tüketildiği yer arasını birleştiren hattır. Diğer bir ifade ile elektrik santralinde kontrollü ve planlı olarak elde edilmiş elektrik enerjisinin santrallerden dağıtım hatlarına iletilmesini sağlayan hatlardır. Elektrik enerjisinin bu hatlar sayesinde istenilen yere iletilmesi sağlanmaktadır. Elektrik iletim hatları yüksek ve düşük gerilim olmak üzere ikiye ayrılır. Yüksek gerilim hatları genellikle santral ile yerleşke arasına döşenmekte, düşük gerilim hatları ise şehir içi elektrik dağıtımında kullanılmaktadır (MEGEP, 2011). ENH elektrik enerjisinin aktarılması için önemli bir rol oynasa da aynı zamanda alçak irtifada uçan hava araçları için tehlike riski taşımaktadır. Bu sebeple tesis edilen ENH'den yükseklikleri Askeri Coğrafya Hizmetleri Yönetmeliğinde belirtilen değerlerden yüksek olanlar aynı zamanda düşey engel olarak değerlendirilmektedir.

Düşey engel, alçak irtifa uçuşu icra eden sivil veya askeri, insanlı veya insansız hava araçlarının görev ve faaliyetlerine mani olabilecek nitelikte olan insan yapımı engellerdir. Bu engeller, Bakanlar Kurulunun 15.08.2000 tarihli ve 200/1176 sayılı kararı ile yürürlülüğe konan Askeri Coğrafya Hizmetleri Yönetmeliğince yerleşim yerlerinde 60 m'den, yerleşim yerleri dışında 30 m'den yüksek olan tesisler (anten, bina, baca, kule vb.) ile atma-indirme (30 m altındaki engeller) harekât birliklerinin görevini engelleyecek nitelikte olan ve insanlar tarafından yapılan her türlü tesisleri (enerji iletim ve dağıtım hatları, telefon hatları vb.) ifade etmektedir (Akın, vd., 2013; Hrt.Gn.K.lığı, 2014; Soyer, vd., 2012).

Düşey engel bilgilerinden toplanması, uygun veri tabanı altlığında saklanması, ihtiyaç duyulabilecek analizlerin saptanması ve gerekli uygulamaların geliştirilerek uygun platformlarda

sunulması alçak irtifa uçuşu yapan hava araçları için önem arz etmektedir. Bu kapsamda düşey engel verisi tesis eden, ettiren ya da tesisine izin veren birçok kamu kurum ve kuruluşu tesis ettikleri bu engelleri Harita Genel Komutanlığına (HGK) bildirmektedir (Akın, vd., 2013; Hrt.Gn.K.lığı, 2014; Soyer, vd., 2012). Günümüzde kamu kurum ve kuruluşlarından gönderilen düşey engel bilgileri HGK'da toplanmakta ve düşey engel veri tabanında saklanmaktadır.

Bu engellerin alçak uçuş esnasında önceden tespit edilmesi hayati önem arz etmektedir. Geçmişte sadece hat şeklindeki düşey engellerin sebep olduğu üzücü olaylar yaşanmıştır. Özellikle iç güvenlik bölgesinde askeri helikopterlerin yapmış olduğu görev uçuşlarının çoğunlukla alçak irtifa uçuşu olarak icra edildiği düşünüldüğünde bu engellerin erkenden teşhis edilmesinin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Düşey engellerin tespit edilmesinde kullanılabilecek olan yöntemlerden bir tanesi de havadan elde edilen LiDAR (Laser imaging Detection And Ranging) verilerinin analiz edilmesidir.

a. LiDAR Verileri

Yüksek doğruluklu konumsal veri elde edilmesinde kullanılan lazer tarayıcı algılama sistemlerinden bir tanesi de LiDAR (Laser imaging Detection And Ranging) teknolojisidir (Uzar ve Yastıklı, 2011). Çalışma prensibi radar sistemlerine benzer olan LiDAR sistemi aktif bir uzaktan algılama sistemdir (Ekercin ve Üstün, 2004). Lazer ışınları kullanılarak, yeryüzündeki nesne ve taşıyıcı platform arasındaki mesafeyi ölçerek, nesnelerin yüksekliklerini hesaplamaya imkân vermektedir (Özdemir, 2013).

Bir LiDAR sisteminde lazer, GPS ve IMU olmak üzere üç farklı teknoloji aynı anda kullanılmaktadır. Günümüzde LiDAR teknolojisi uzaydan, havadan, yersel, mobil, batimetrik ve koridor haritalama gibi farklı kullanım alanları bulmaktadır. LiDAR ölçümleri sonucunda çok farklı ürünler elde edilmekte ve bu ürünler farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Şehsuvaroğlu, vd., 2014).

Havadan LiDAR uygulamalarında uçağa takılan lazer tarayıcı tarafından gönderilen lazer ışınları ile uçak-yer arasındaki gidiş dönüş zaman farkı hassas olarak ölçülmekte ve o andaki uçağın konumu ile beraber kayıt edilmektedir. Kayıt işlemlerinden sonra her noktanın üç boyutlu koordinatları (X,Y,Z) ölçüm anındaki uçak konumu ve uçak-yer vektörleri yardımıyla hesaplanmaktadır (Duran ve Üstündağ, 2008; Ussyshkin, vd., 2011). Lazer tarama sonucunda x, y koordinatlarına ve z yüksekliğine sahip çok sayıda noktadan oluşan bir veri seti elde edilmektedir. Bu veri seti lazer noktalarının bilgilerini içerdiği için nokta bulutu olarak adlandırılmaktadır. Bu verilerden zeminden yansıyanlar tespit edilerek "sayısal yükseklik modeli (SYM)" ve en üst değere sahip olanlar kullanılarak da "sayısal yüzey modeli (SSM)" üretilebilmektedir (Özdemir, 2013).

Hava LiDAR teknolojisi ile hassas ölçümler yapılabilmektedir. LiDAR, arazi yüzeyi haritalandırılmasında uzaktan algılama ve diğer hava sistemlerinin çok ötesinde harita verileri sunmaktadır. Bu teknoloji, üç boyutlu (x-y-z) mesafe ölçmede ve yer yüzeyinin tanımlanmasında en güçlü tarama sistemi olarak ortaya çıkmaktadır. Lazer yükseklik ölçmelerinin ilk versiyonları, lazer yansımanın tek bir dönüşünü ölçmekteydi. Daha sonraki lazer sensörleri, her bir lazer için çok sayıda yansımayı ölçmektedir. Bu yeni kabiliyetle, yer yüzeyindeki çok sayıda özellik belirlenebilmektedir. Örneğin, ağacın farklı yükseklikteki dalları ve yapraklarının yükseklikleri ölçülebilir.

Uzaktan Algılama yöntemleri içerisinde yüksek çözünürlüklü ve üç boyutlu uygulamaların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Lazer tarama sistemi olan LiDAR ile diğer fotogrametrik ve uzaktan algılama verilerin CBS ortamında bütünleştirilerek oluşturulacak çok yönlü değerlendirme yöntemleri sayesinde; doğal kaynak yönetimi, afet yönetimi, orman yönetimi, çevresel etkilerin izleme ve değerlendirme metotları için olumlu sonuçlar alınabilmektedir (Duran ve Üstündağ, 2008).

Günümüzde LiDAR verileri havadan veya karadan elde edilmekte ve elde edilen veriler "*.las" formatında kayıt edilmektedir (Graham, 2012). Bu kapsamda çeşitli haritacılık yazılımlarının da artık LiDAR verilerini görüntüleme yeteneği bulunmaktadır.

LiDAR nokta bulutu verisinde bütün noktaların koordinat ve yükseklik bilgileri bulunmaktadır. LiDAR verilerinin en önemli avantajları hassas konum doğruluğunun olması ve bütün verilere ait bilgi içermesi olarak genelleyebiliriz. Önemli olan husus, nokta halinde bulunan verilerin analiz edilerek istenen bilgilerin elde edilmesidir. Uydu görüntülerinde nesneler doğadaki şekilleri ile görüntülenmektedir. LiDAR verilerinde ise her bir noktaya ait konum ve yükseklik bilgileri

bulunmaktadır. İki veri arasındaki en önemli fark LiDAR verilerinin anlamlı hale getirilmesi için analiz işlemlerine tabi tutulma zorunluluğunun olmasıdır.

b. Literatür Özeti

1960'lı yılların sonunda kullanılmaya başlanan LiDAR sistemi 1993'de topoğrafik haritalama amaçlı piyasaya sürülmüştür (Uzar ve Yastıklı, 2011). Geçen zaman içinde LiDAR verilerinin kullanım alanları teknolojik gelişmelere bağlı olarak artmıştır(Ackermann, 1999; Hopkinson, vd., 2007). Günümüzde LiDAR verileri haritacılık alanından, üç boyutlu modellemeye kadar farklı alanlarda kullanılmaktadır. LiDAR verilerinin kullanıldığı alanlardan bazıları; ormancılık (Cheng, vd., 2014; Goodwin, vd., 2006; Maguya, vd., 2013; Mutlu, vd., 2008; Ontiveros, vd., 2005; Popescu, vd., 2002; Popescu, 2007; Zimble, vd., 2003), enerji sektörü (Road, 2004; Ussyshkin, vd., 2011; You, Han, Wang, & Tang, 2013) modelleme ve simülasyon (Chaput, 2007), haritacılık (Demir, 2014; Mutlu, vd., 2008), deformasyon belirleme (Heggy, vd., 2010; Jian-qing ve Ting-chen, 2010), şehir planlama (Gao, vd., 2014; Hare, vd., 2014) şeklinde sıralanabilir.

LiDAR verileri yüksek gerilim hatlarının tespit edilmesinde de kullanılmaktadır (Ussyshkin, vd., 2011). Bu kapsamda hava LiDAR verileri kullanılarak, enerji nakil hatlarının tespit edilmesine yönelik olarak Voxel tabanlı sınıflandırma (Jwa, vd., 2009), en küçük kareler yöntemi (Liang ve Zhang, 2011) ile tespit çalışmaları yapılmıştır (You, vd., 2013). Ayrıca sınıflandırma çalışmaları (Jwa, vd., 2009), (Liang ve Zhang, 2011) (You, vd., 2013), otomatik bina çıkarım çalışmaları (Demir, 2013) da LiDAR verilerinin kullanıldığı diğer alanlar olarak ön plana çıkmaktadır. Karasal LiDAR verileri kullanılarak, kentsel alanlardaki enerji nakil hatlarının tespit edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Cheng, vd., 2014).

ENH'den alçak irtifa uçuşu icra eden sivil veya askeri, insanlı veya insansız hava araçlarının güvenli uçuşu için engel teşkil etmektedir. Söz konusu ENH'nin uçuş esnasında pilotlar tarafından tespit edilememesi telafisi mümkün olmayan sonuçlara yol açmaktadır. Son yıllarda sadece ENH sebebiyle personel kayıplarına yol açan uçuş kazaları da meydana gelmiştir (URL-1; URL-2; URL-3; URL-4; URL-5;).

Çalışmanın ikinci bölümünde yeni geliştirilen uygulama, üçüncü bölümünde ise sonuçlar ve gelecek çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

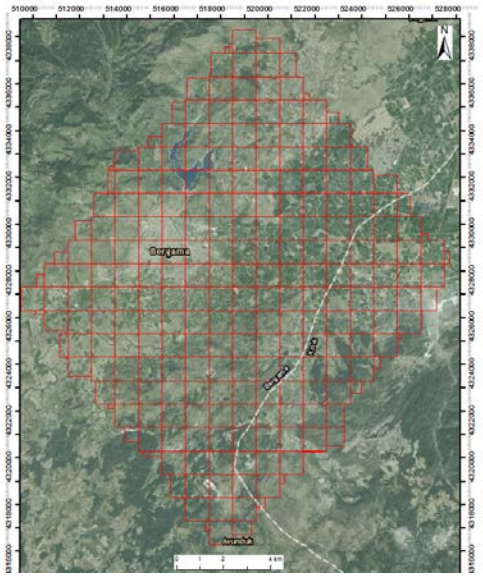
2. UYGULAMA

a. Çalışma Bölgesi

Uygulamada iki farklı çalışma bölgesi seçilmiştir. Birinci çalışma bölgesi olarak Bergama'nın güney doğusunda yaklaşık 3x2 km'lik alanı kapsayan ve yüksek gerilim hattını içeren bölge seçilmiştir (Şekil 1).

Şekil 1. Çalışma bölgesi -1

İkinci çalışma bölgesi olarak 18x21 km'lik alanı kapsayan temin edilen 252 adet LiDAR verisinin kapsadığı Bergama bölgesi seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma bölgesi -2

b. Kullanılan Yazılımlar ve Veriler

Çalışmada, Hrt.Gn.K.lığı tarafından 03-05 Kasım 2015 tarihleri arasında Bergama bölgesinde uçuşu gerçekleştirilen ve Riegl firmasının LMS-Q1560 LİDAR sistemi ile elde edilen test verileri kullanılmıştır. Uçuşa ilişkin ayrıntılı bilgi Tablo 1'de verilmiştir (Kayi, vd., 2015).

Tablo 1. Riegl LMS-Q1560 LiDAR verisi özellikleri

Uçuş Yüksekliği	Açı +/-	Hız (knots)	Yoğunluk (nokta/m^2)
1200m	30	150	≥8

Birinci çalışma bölgesi kapsamında HGK'dan temin edilen test verilerinden Tablo 2'de detaylı bilgisi verilen LiDAR verileri kullanılmıştır. İkinci çalışma bölgesinde ise toplam 84 GB boyutunda olan toplam 252 adet LiDAR verisi kullanılmıştır.

Tablo 2. Birinci çalışma bölgesinde kullanılan veriler

Dosya Adi	Toplam Nokta Sayısı	Nokta Çöz.(m)	Z_{min}	Z_{max}
1200_215	17.741.016	0,237	-27,56	174,18
1200_216	20.199.237	0,223	-30,53	175,67
1200_217	20.932.173	0,219	-75,00	161,86
1200_234	18.706.827	0.231	-34,62	160,76
1200_235	19.396.972	0.227	-675,3	163,07
1200_236	16.807.101	0.244	-43,31	253,56

Çalışma kapsamında kullanılan LiDAR verileri yere ait (ground points) ve orta yükseklikteki bitki örtüsü (medium vegatation) verileri olmak üzere iki sınıfa ayrılmış olarak temin edilmiştir. Orta yükseklikteki bitki örtüsü sınıfı; ağaç, bina ve elektrik hatı bilgilerini de içermektedir. Söz konusu veriler uygulama kapsamında yere ait olmayan nokta bulutu olarak değerlendirilmiştir. Uygulamada kullanılan LiDAR verilerinin sınıflarına göre nokta sayıları Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Sınıflarına göre nokta sayıları

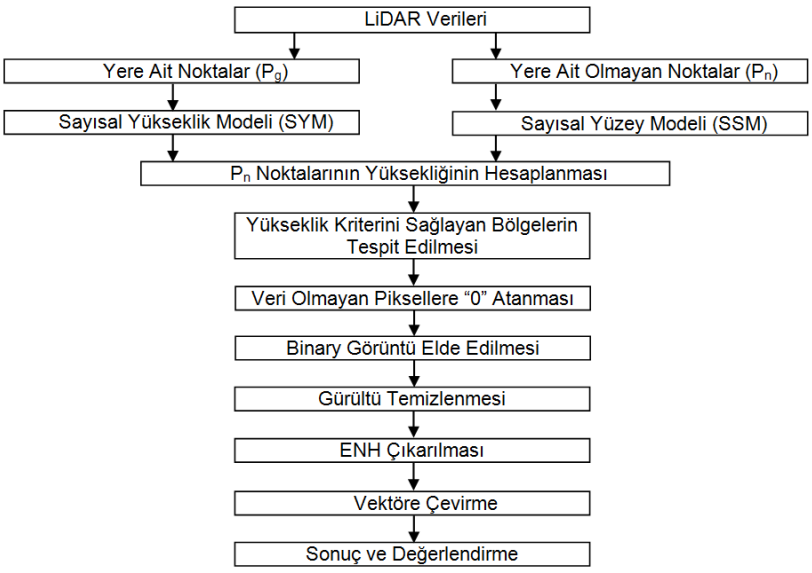
Dosya Adi	Yere ait Nokta Sayısı	Yere ait olmayan Nokta Sayısı
1200_215	8.554.204	9.186.812
1200_216	9.851.918	10.347.319
1200_217	9.504.282	11.427.891
1200_234	7.097.966	11.608.861
1200_235	6.528.884	12.868.088
1200_236	7.372.072	9.435.029

Bu çalışma kapsamında, ham LiDAR verilerinden ENH'nin otomatik olarak tespit edilmesi için ArcObject yazılım geliştirme aracı ve C# programlama dili kullanılarak yeni bir ArcGIS yazılımı eklentisi (ArcGIS add-in) geliştirilmiştir. Geliştirilen eklentinin ArcGIS 10.2 yazılımı içinde çalıştırılabilmesi için Spatial Analyst, 3D Analyst ve ArcScan lisanslarının olması gerekmektedir. Eklenti çalıştırıldığında otomatik olarak lisans kontrolleri de yapılmaktadır.

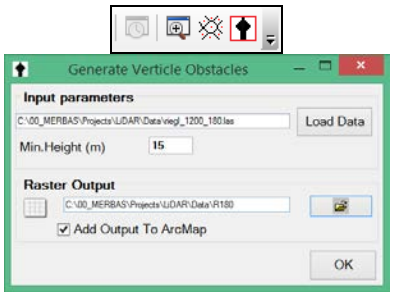
c. Metodoloji (İş Akışı)

Uygulamada LiDAR verilerinden ENH tespit edilmesine yönelik kullanılan iş akış şeması Şekil 3'de gösterilmiştir.

Geliştirilen ArcGIS eklentisi Şekil 4'de gösterilmiştir. Eklenti çalıştırıldığında kullanıcı tarafından; girdi olarak nokta bulutu bilgisini içeren LiDAR (*.las) verisi/verileri, tespit edilmesi istenilen engellerin minimum yükseklik bilgisi ve çıktı dosyası bilgilerinin girilmesi istenmektedir. Eğer birden fazla LiDAR verisi seçilmiş ise çıktı dosyaları otomatik olarak oluşturulmaktadır.



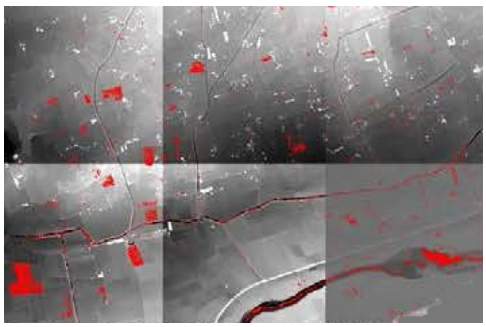
Şekil 3. İş akış şeması



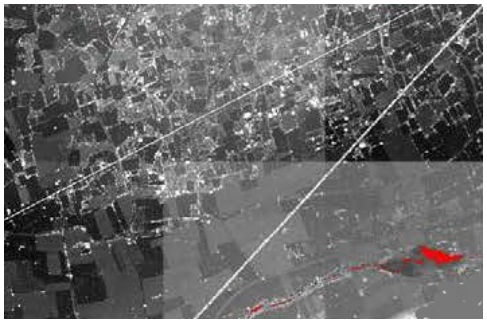
Şekil 4. Uygulama penceresi

Uygulamada ilk olarak kullanıcı tarafından seçilen LiDAR veri/verilerinin sisteme yüklenmesi sağlanmıştır. Daha sonra, yere ait olan ve yere ait olmayan noktaların otomatik tespit edilmesi sağlanmıştır. Noktaların ayırt edilmesi tamamlandıktan sonra iki farklı (yere ait ve yere ait olmayan) yükseklik modeli oluşturulmaktadır (Şekil 5).

Şekil 5b'deki yere ait olmayan yükseklik modeli incelendiğinde bölgeden iki adet ENH geçtiği görülmektedir. Bu iki hattın otomatik tespit edilebilmesi için öncelikle elde edilen yükseklik modelleri kullanılarak P_n (yere ait olmayan noktaların) yükseklikleri belirlenmiştir. Daha sonra ilk olarak 15m'den daha yüksek olan ENH'lerin tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 6).



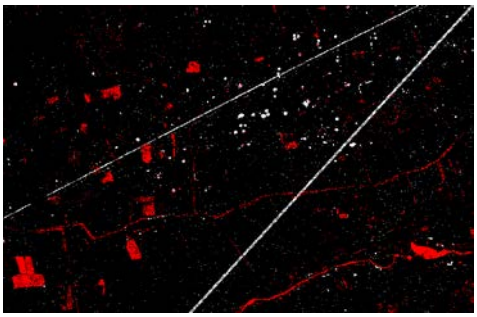
(a)



(b)

Şekil 5. Yükseklik Modelleri
(a) Yere ait (b) Yere ait olmayan

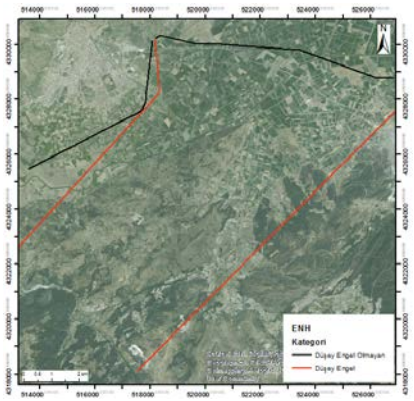
Şekil 5 ve 6'da kırmızı ile gösterilen bölgeler verisi olmayan (NoData) bölgeleri ifade etmektedir.



Şekil 6. 15m'den daha yüksek olan bölgeler

Uygulamada 15m'den daha yüksek olan bölgeler belirlendikten sonra, ENH tespitine yönelik olarak ilk olarak elde edilen modelde verisi bulunmayan piksellere sıfır değeri atanmıştır. Daha sonra 15 m.den yüksek olan piksellerin değerleri "1" diğer piksellerin değerleri "0" olacak şekilde binary görüntü oluşturulmuştur. Binary görüntüde bulunan gürültülerin temizlenmesi amacıyla, gürültü temizlenmesinde sıklıkla kullanılan ve kenar değerlerin korunmasını sağlayan medyan filtreleme (Hsieh, vd.,2013) yapılmıştır. Filtrelenmiş modelde "1" değerine sahip olan her bir piksel komşu pikseller ile karşılaştırılmış ve ENH'nin belirli bir hat boyunca gittiği gerçeği göz önünde bulunarak aynı istikamette bulunan ileri ve geri yöndeki piksellerin değerleri de kontrol edilerek seçilen pikselin ENH üzerinde olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu sayede ENH üzerinde olan piksellere "1", olmayan piksellere ise "0" değeri atanmıştır. Son olarak ArcScan modülü kullanılarak tespit edilen hatların vektöre çevrilmesi işlemi otomatik olarak yapılmıştır.

Uygulama ilk olarak 2x3 km.lik test alanında ENH tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra temin edilen bütün LiDAR verileri analize dâhil edilmiş ve Bergama bölgesinde 15 m'den yüksek olan ENH elde edilmiştir. Ayrıca düşey engel kapsamına giren ve 30 m'den yüksek olan ENH'lerin de tespit edilmesi de gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). Şekil 7'de kırmızı ile gösterilen ENH, düşey engel kapsamında değerlendirilen ve yükseklikleri 30 m'den büyük olan hatları; siyah ile gösterilen ENH ise 15 m'den yüksek olan ve düşey engel kapsamında değerlendirilmeyen hatları ifade etmektedir.



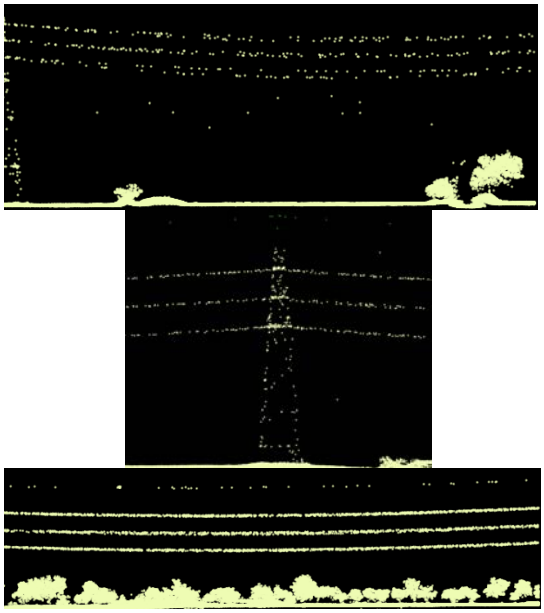
Şekil 7. Kategorilerine göre tespit edilen ENH

ç. Değerlendirme

Uygulama sonucunda tespit edilen ENH Google Earth tarafından sağlanan Digital Globe 2016 uydu görüntüleri ve LiDAR verilerinin üç boyutlu kesitlerinin alınması ile karşılaştırılmıştır. Şekil 8'de gösterilen uydu görüntülerinde tespit edilen ENH ve elektrik direkleri görülmektedir.

Şekil 8. Uydu görüntüleri ile karşılaştırma

İkinci bir kontrol olarak tespit edilen ENH bölgeleri için LiDAR verilerinden kesitler alınarak görüntülenmesi sağlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. LiDAR verisi kesitleri

Uydu görüntüleri ve LİDAR verileri kesitleri ile yapılan karşılaştırmalar neticesinde uygulama sonucunda ENH'nin doğru tespit edildiği görülmüştür.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada ENH'nin otomatik tespit edilmesine yönelik olarak ArcGIS eklentisi geliştirilmiştir. Uygulama ile kullanıcı tarafından sadece girdi dosyalarının seçilmesi yapılmıştır. Girdi dosyası seçildikten sonra bütün işlemler otomatik olarak yapılmakta ve sonuç dosyası üretilmektedir.

Uygulama ilk olarak 3x2 km boyutundaki alanda test edilmiştir. İkinci aşama olarak temin edilen bütün verilerin kapsadığı 18x21 km'lik alanda ENH'nin tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Temin edilen 84 GB boyutundaki bütün verilerin analiz edilmesi 8 GB RAM, i7-4700 HQ 2.40 GHz işlemcili bilgisayar ile 150 dakika içinde tamamlanmıştır. Analiz sonucunda 15 m'den yüksek olan toplam 39,17 km uzunluğunda ENH tespit edilmiştir. Bu hatlardan 23,07 km uzunluğundaki hat ise 30 m'den yüksek olduğu için düşey engel olarak değerlendirilebilir.

Uygulama kapsamında elde edilen ENH'nin doğruluk analizi, tespit edilen hatlar boyunca Google Earth tarafından sağlanan Digital Globe 2016 uydu görüntüleri ve mevcut LiDAR

verilerinin üç boyutlu kesitleri ile karşılaştırılarak yapılmıştır.

Geliştirilen uygulamanın halen Hrt.Gn.K.lığı tarafından yürütülen Düşey Engel Veritabanı projesine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca verilerin otomatik olarak analiz ve modellenmesi ile alçak irtifa uçuşu yapan araçlar için önceden uçuş simülasyonu yapılması durumunda kaza riskini azaltabileceği değerlendirilmektedir.

İleride yapılacak çalışmalar için, ENH ile beraber noktasal engel taşıyan düşey engellerin de otomatik olarak elde edilmesinin, tespit edilen detay bilgilerinin yükseklikleri ile beraber veritabanına otomatik olarak aktarılmasının ve tespit edilen engellerin sanal küre yazılımları üzerinde gerçek yükseklikleri ile modellenmesinin önemli olacağı değerlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK 2219 programı çerçevesinde 1059B191500241 numaralı proje kapsamında desteklenmektedir. Bu destekten dolayı TÜBİTAK'a, veri setini sağlayan Hrt.Gn.K.lığına ve makalenin gelişimine değerli görüşleri ile katkıda bulunan hakemlere teşekkür ediyorum.

K A Y N A K L A R

Ackermann, F. (1999). **Airborne laser scanning - present status and future expectations.** *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, *54*, 64–67.

Akın, M., Alkanalka, E., Varol, M. B., Zara, M., Soyer, E., Şahin, H., & Ulubay, A. (2013). **Düşey Engel Verilerinin Toplanması ve Sunumu.** In *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı* (Vol. 90).

Chaput, L. J. (2007). **Understanding LiDAR Data - How Utilities can get Maximum Benefits from 3D Modeling.** *WIRE Services*, *November*, 1–9.

Cheng, L., Tong, L., Wang, Y., & Li, M. (2014). **Extraction of Urban Power Lines from Vehicle-Borne LiDAR Data.** ***Remote Sensing*****,** *6*, 3302–3320. http://doi.org/10.3390/rs6043302

Cheng, L., Wu, Y., Wang, Y., Zhong, L., Chen, Y., & Li, M. (2014). **Three-Dimensional Reconstruction of Large Multilayer Interchange Bridge Using Airborne LiDAR Data.** *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1–18.

Demir, N. (2013). ***Combination of Airborne Laser and Image Data for Building Detection and 3D Roof Reconstruction*****.** Eidgenössische Technische Hochschule.

Demir, N. (2014). **Various Building Detection Methods With The Use Of Image And LiDAR Data.** *Technical Gazette*, *21*(2), 341–350.

Duran, C., & Üstündağ, Ö. (2008). **Mekansal Analizlerde Hava LIDAR (Light Detection And Ranging) Verilerinden Yararlanma Olanakları.** *E-Journal of New World Sciences Academy*, *3*(3), 453–463.

Ekercin, S., & Üstün, B. (2004). **Uzaktan Algılamada Yeni Bir Teknoloji: Lidar.** *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, *91*, 34–38.

Gao, Z., Nocera, L., Neumann, U., & Wang, M. (2014). **Visualizing aerial LiDAR cities with hierarchical hybrid point-polygon structures.** In *Graphics Interface 2014* (pp. 137–144). Montreal, Quebec, Canada.

Goodwin, N. R., Coops, N. C., & Culvenor, D. S. (2006). **Assessment of forest structure with airborne LiDAR and the effects of platform altitude.** *Remote Sensing of Environment 103*, *103*, 140–152. http://doi.org/10.1016/j.rse.2006.03.003

Hare, T., Masson, M., & Russell, B. (2014). **High-Density LiDAR Mapping of the Ancient City of Mayapán.** ***Remote Sensing*****,** *6*(9), 9064–9085. http://doi.org/10.3390/rs6099064

Heggy, E., Rosen, P. A., Wada, K., Sedze, M., Jacquemoud, S., Staudacher, T., & Bretar, F. (2010). **Coupling polarimetric L-band InSAR and airborne LiDAR to characterize the geomorphological deformations in the Piton de la Fournaise volcano.** In *2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 1911–1913).

Hopkinson, C., Popescu, S., Flood, M., & Maher, R. (2007). **A Survey on the Need for Airborne Lidar Training.** ***Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*****,** *73*(5), 537–546.

Hrt.Gn.K.lığı. (2014). ***Düşey Engel Veri Tabanı Projesi.*** Ankara. Retrieved from http://www.hgk.msb.gov.tr/images/projeler/7909df6ac8d2838.pdf

Hsieh, M. H., Cheng, F. C., Shie, M. C., & Ruan, S. J. (2013). **Fast and efficient median filter for removing 1-99% levels of salt-and-pepper noise in images.** Engineering Applications of Artificial Intelligence, 26(4), 1333–1338.

Jian-qing, S., & Ting-chen, J. (2010). **Study the feasibility of airborne LiDAR on areal earth's crust deformation surveying.** In *2010 Second IITA International Conference on Geoscience & Remote Sensing* (pp. 193–197). Qingdao, China.

Jwa, Y., Sohn, G., & Kim, H. B. (2009). **Automatic 3D Powerline Reconstruction Using Airborne LiDAR Data.** *Laser Scanning 2009, IAPRS*, *XXXVIII*(2009), 105–110.

Kayi, A., Erdoğan, M., & Eker, O. (2015). **OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS- Q1560 ile Gerçekleştirilen LİDAR Test Sonuçları.** *Harita Dergisi*, *153*, 42–46.

L. Graham. (2012). **The LAS 1.4 Specification.** ***Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*****,** 93–102.

Liang, J., & Zhang, J. (2011). **A New Power-line Extraction Method Based on Airborne LiDAR Point Cloud Data.** In *International Symposium on Image and Data Fusion (ISIDF)* (pp. 2–5). Tengchong, Yunnan.

Maguya, A. S., Junttila, V., & Kauranne, T. (2013). **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing Adaptive algorithm for large scale dtm interpolation from lidar data for forestry applications in steep forested terrain.** *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *85*, 74–83. http://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.08.005

MEGEP. (2011). **MEB 581MSP099 Numaralı Ders Modülü** - Enerji Nakil Hattı Haritaları, Ankara

Mutlu, M., Popescu, S. C., Stripling, C., & Spencer, T. (2008). **Mapping surface fuel models using lidar and multispectral data fusion for fire behavior.** *Remote Sensing of Environment*, *112*, 274–285. http://doi.org/10.1016/j.rse.2007.05.005

Mutlu, M., Popescu, S. C., & Zhao, K. (2008). **Sensitivity analysis of fire behavior modeling with LIDAR-derived surface fuel maps.** *Forest Ecology and Management*, *256*, 289–294. http://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.014

Ontiveros, C., Smith, S., Snape, S., & Sua, J. C. (2005). **Use of airborne LiDAR and aerial photography in the estimation of individual tree heights in forestry.** *Computers & Geosciences*, *31*, 253–262. http://doi.org/10.1016/j.cageo.2004.09.015

Özdemir, İ. (2013). **Havasal LIDAR verileri kullanılarak meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi.** *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *14*, 31–39.

Popescu, S. C. (2007). **Estimating biomass of individual pine trees using airborne lidar.** *Biomass and Bioenergy*, *31*, 646–655. http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.06.022

Popescu, S. C., Wynne, R. H., & Nelson, R. F. (2002). **Estimating plot-level tree heights with lidar : local filtering with a canopy-height based variable window size.** *Computers and Electronics in Agriculture*, *37*, 71–95.

Road, J. (2004). **LIDAR APPLICATIONS IN THE ELECTRICAL POWER INDUSTRY**, (10), 137–140.

Şehsuvaroğlu, M. S., Eker, O., Erdoğan, M., & Yildiz, F. (2014). **Sayısal Yüzey Modeli Üretiminde Fotogrametri mi , LiDAR mı?** *Harita Dergisi*, *151*, 1–10.

Soyer, E., Şahin, H., Akın, M., Varol, M. B., Erbaş, M., & Ulubay, A. (2012). **Sanal Küreler Üzerinde Düşey Engellerin Sunumu.** In *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*. Zonguldak.

Ussyshkin, R. V., Theriault, L., Sitar, M., & Kou, T. (2011). **Advantages of Airborne Lidar Technology In Power Line Asset Management.** In *International Workshop on Multi-Platform/Multi-Sensor Remote Sensing and Mapping (M2RSM)* (pp. 1–5). Xiamen.

Uzar, M., & Yastıklı, N. (2011). **LİDAR ve Hava Fotoğraflarının Füzyonu ile Otomatik Bina Çıkarımı.** In *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. Ankara.

You, A., Han, X., Wang, X., & Tang, D. (2013). **Applications of LiDAR in Patrolling Electric-Power Lines.** In *International Conference on Technological Advances in Electrical, Electronics and Computer Engineering (TAEECE)* (pp. 110–114). Konya.

Zimble, D. A., Evans, D. L., Carlson, G. C., Parker, R. C., Grado, S. C., & Gerard, P. D. (2003). **Characterizing vertical forest structure using small-footprint airborne LiDAR.** *Remote Sensing of Environment*, *87*, 171–182. http://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00139-1

URL-1: http://www.gazetevatan.com/sikorsky-lerin-sicili-kabardi-492498-gundem/, [Erişim 06 Şubat 2016].

URL-2: http://www.haberler.com/son-21-yilda-19-ayri-skorsky-kazasinda-103-kisi-6580835-haberi/, [Erişim 16 Şubat 2016].

URL-3: http://www.haber7.com/guncel/haber/938864-askeri-helikopter-dustu-1-sehit-3-yarali, [Erişim 06 Şubat 2016].

URL-4: https://retasite.files.wordpress.com/2014/11/airplane-helicopter-and-hot-air-balloon-accidents-due-to-overhead-power-lines.pdf, [Erişim 06 Şubat 2016].

URL-5: http://www.hurriyet.com.tr/ankarada-askeri-helikopter-dustu-25379955, [Erişim 06 Şubat 2016].

Açık Kaynaklı Yazılımlar ile OGC Web Servisleri Üzerinden Görerek Uçuş Bilgilerinin Kartografik Sunumu

(Cartographic Presentation of Visual Flight Information on OGC Web Services Using Open Source Softwares)

Abdulkadir MEMDUHOĞLU[1], Melih BAŞARANER[1], Yavuz Selim ŞENGÜN[2]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü Kartografya Anabilim Dalı 34220 Davutpaşa, İstanbul
[2]Harita Genel Komutanlığı Kartografya Dairesi 06240 Dikimevi, Ankara
akadirm@yildiz.edu.tr

ÖZ

Son yıllarda gelişmelerin yoğun olarak yaşandığı Web olgusundan diğer birçok disiplin gibi kartografya da büyük ölçüde etkilenmiş ve haritaların Web tabanlı tasarımı, üretimi ve yayımı popüler hale gelmiştir. Open Geospatial Consortium (OGC) gibi kurumlar tarafından üretilen mekânsal Web standartları ile farklı sağlayıcıların ürettiği mekânsal veriler ile çalışan sistemler, Web ortamında birlikte çalışabilir duruma gelmiştir. Bu standartların başında Web Harita Servisi (WMS) gelmektedir. WMS ile bağlantılı olarak Stilli Katman Tanımlayıcı (SLD) ve Semboloji Kodlama (SE) standartları ile Web ortamında görüntülenen coğrafi detayların kartografik görselleştirmesi yapılabilmektedir. Bu makalede, Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından üretilen hava haritalarında yer alan görerek uçuş bilgilerine ilişkin işaretlerin SLD/SE standartlarıyla kodlanması ve OGC Web servisleri ve açık kaynaklı yazılımlar aracılığıyla Web üzerinden sunumunun gerçekleştirilmesi üzerine bazı konular araştırılmıştır. Deneysel çalışma, bunun büyük oranda gerçekleştirilebilir olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, bazı işaret stillerinin oluşturulması için farklı kodlamaların SE içerisinde kullanımının gerekli olduğu anlaşılmıştır.

***Anahtar kelimeler**: Web haritacılığı, havacılık haritaları, mekânsal web servisleri, açık kaynaklı mekânsal yazılımlar, OGC İşaret Kodlama Standardı*

ABSTRACT

As experienced in many other disciplines, cartography has also substantially been affected from the remarkable progress of the Web phenomenon in recent years and web-based design, production and dissemination of maps has gained popularity. Through the standards developed by the organizations such as Open Geospatial Consortium (OGC), the system working with geospatial data produced by various suppliers has become interoperable on the Web. The foremost among those standards is Web Map Service (WMS). Geographic features displayed on the Web can be cartographically visualized by Styled Layer Descriptor (SLD) and Symbology Encoding (SE) in conjunction with WMS. In this article, some matters about symbology encoding of visual flight information on aviation maps, produced by General Command of Mapping (GCM), by means of SLD/SE standards as well as its presentation through OGC Web services and open source softwares are investigated. The experimental study has demonstrated that it can be implemented to a large extent while some symbol styles need embedding different encoding within SE to be able to be created.

***Keywords**: Web mapping, aviation maps, geospatial web services, open source geospatial softwares, OGC Symbology Encoding standard*

1. GİRİŞ

Yeni nesil bilgisayar ve bilişim teknolojilerinin varlığı, büyüyen telekomünikasyon endüstrisi, artan veri hacmi ve veri erişimi, son yıllarda web tabanlı bilgi servislerinin, son dönemde yaygınlaşmasına yol açmıştır. Çoğunlukla izole ve harici yazılım sistemlerine kapalı Web sitelerinin aksine, Web servisleri, Web üzerindeki diğer uygulamalarca erişilebilen programlama arayüzleri oldukları için açık kabul edilirler. Mekânsal Web servisleri; coğrafi bilgi sistemi (CBS), programlama bileşenleri ve Web'in gücünü birleştirir. Modern kartografya, mekânsal bilgilerin iletilmesi için yeni ve etkin yollar ararken, servis odaklı harita üretimi gibi teknolojilerin geliştirilmesi ve varlığı, bu amaca ulaşmaya yönelik yeni olanaklar sağlayacaktır (Gartner, 2015; Fu and Sun, 2010; Jobst, 2012; Iosifescu-Enescu, 2011).

Masaüstü CBS'lerin Web 2.0 ile başarılı bir şekilde birleşmesi, Web üzerinden harita sunum (gösterim) teknolojilerinin her zaman ve her yerden ulaşılabilen (ubiquitous) çevrimiçi bir servis olmasını sağlamış, kurumlar ve şirketler coğrafi ürünleri Web üzerinden kullanıcıya sunan çözümler geliştirmişlerdir. Bu teknolojilerin birlikte uyumlu çalışabilmeleri için çeşitli kişi, kurum ve kuruluşlardan oluşan bazı organizasyonlar (Örn. Open Geospatial Consortium – OGC) çeşitli standartlar üretip yayımlamışlardır. Bu standartlar kullanılarak herhangi bir kuruluş tarafından üretilen veriler veya sistemler birbirlerine kolayca entegre edilerek kamu kurumlarına bu sistemlerin bütününü yönetmek için gerekli altyapı sağlanmaktadır.

Web haritalarının geçmişine bakıldığında, Palo Alto Araştırma Merkezi (PARC) tarafından 1993 yılında yayınlanan Web harita uygulaması bu alandaki ilk örnektir. Ardından Google tarafından ortaya konan teknolojiler ve açık kaynaklı yazılımların bu eğilimi hızla yakalamasıyla Web kartografya alanında çok sayıda uygulama geliştirilmiştir (Neumann, 2012).

Bu bağlamda, Li, vd. (2004) ve Zipf (2005) SLD ile detay stillerinin üretimi ve gösterimi üzerine çalışmalar yapmış, Rita vd. (2010) SE kullanarak tematik Web haritalarının üretimini sağlamıştır. Iosifescu-Enescu vd. (2010) OGC standartlarını (WMS, SLD, SE vb.) kullanarak çevresel risk yönetimi ile ilgili sistemlerde kartografik gösterimleri sağlayan Kartografik Web servislerini ortaya koymuştur. Gao vd. (2008) ve MacEachren vd. (2008) hastalıkların yayılımı ve kanser atlası gibi sağlıkla ilgili Web CBS uygulamalarını açık kaynaklı yazılımlar ve OGC standartlarını kullanarak ortaya koymuşlardır. Steiniger ve Hunter (2013) ve Ballatore vd. (2011) ücretsiz ve açık kaynaklı CBS yazılımları ile ilgili kapsamlı araştırmalar yapmış ve ilgili literatür çalışmalarına yer vermiştir. Pakdil (2014) ise I. faz kalkış haritalarının üretimine yönelik olarak CBS ile entegre edilebilen akıllı uçuş haritaları yönetim sistemi tasarımını ortaya koymuştur.

Havacılık sektörünün doğası gereği, haritalar üzerinde yer alan ve havacıların ihtiyaç duyduğu havacılık bilgileri belirli aralıklarla güncellenmektedir. Geleneksel yöntemlerle bu işlem belirli aralıklarla basılı haritaların üretilmesi şeklinde yapılmaktadır. Bu şekilde elde edilen haritalar, uçuş bilgileri değiştiği anda güncelliğini kaybetmekte ve haritaların tekrar basımı ve dağıtımı için geçen sürede havacılar güncel bilgilere ulaşmakta güçlük çekmektedirler. Bu güncellemelerin havacılara hızlı bir şekilde aktarılması için Web temelli bir sistemin kullanılması yerinde olacaktır. Böylece, farklı kaynaklardan gelen verilerin birleştirilerek sunulması ile hem kâğıt harita üretiminden tasarruf sağlanmış hem de doğru ve güncel bilgilere gerçek zamanlı erişim sağlanmış olacaktır.

Bu çalışma, yukarıda söz edilen gereksinimler doğrultusunda 1:250.000 ölçekli havacılık haritalarında oldukça sık güncellenen görerek uçuş bilgilerinin açık kaynaklı yazılımlar ve OGC web servisleri aracılığıyla SLD/SE standartlarına dayalı olarak bir raster topografik harita altlığı üzerinde kartografik sunumunun gerçekleştirebilirliğinin incelenmesini ve buna yönelik bir uygulama geliştirilmesini amaçlamaktadır.

2. OGC WEB SERVİS STANDARTLARI

Standartlar, farklı sağlayıcıların sunduğu servislerinin birlikte kullanılmasını sağlar ve böylelikle mekansal kaynak ağının kapsamını büyük oranda genişletir (Trakas, 2012).

Günümüz itibariyle 500'den fazla şirket, üniversite, devlet kurumu ve kâr amacı gütmeyen araştırma kuruluşunun bir araya gelerek oluşturduğu uluslararası bir konsorsiyum olan OGC, 1994 yılında kurulduğu günden bu yana mekânsal standartlar üretmekte ve birlikte çalışabilirlik amacıyla bu standartları açık formatlarla sağlayıcı ve kullanıcılara sunmaktadır. OGC bugüne kadar 30'dan fazla standart yayımlamıştır. Bunlardan Web haritacılığına yönelik olarak en çok kullanılanları; Web Harita Servisi (WMS), Web Detay Servisi (WFS), Web Raster Servisi (WCS), Web İşlem Servisi (WPS) ve Stilli Katman Tanımlayıcı (SLD) olarak sıralanabilir.

WMS, GetMap ve GetFeatureInfo gibi URL isteklerinin standart Web tarayıcılarıyla yapılması ve sunucunun bu isteklere harita görüntüsü veya bilgisiyle cevap vermesi şeklinde gerçekleşen işlemlerle ilgili yayımlanmış olan servis standardıdır (de La Beaujardiere, 2006). WMS standardının son sürümü (v1.3) Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından da standart olarak kabul edilmiştir (ISO, 2005).

WFS, WMS benzeri URL istekleriyle sunucularda vektör formatında tutulan verilere erişim, görüntüleme ve düzenleme imkânı sağlayan standarttır (Vretanos, 2005). Veri formatı olarak bir başka OGC standardı olan Coğrafi İşaretleme Dili (GML) veya GeoJSON gibi formatlar kullanılmaktadır.

WCS, uydu görüntüleri, sayısal hava fotoğrafları, sayısal yükseklik verileri ve diğer grid yapıdaki mekân/zaman belirten verilerin gösterimini ve paylaşımını sağlayan servis standardıdır (Baumann, 2010).

WPS standardı; algoritma, hesaplama ve mekânsal veriler üzerinde çalışan herhangi bir modele ait girdi ve çıktıları (istek ve yanıtları) kurallara bağlayan standarttır (Schut, 2007).

SLD standardı ise WMS ile yayımlanan vektör veya raster verilerin yer aldığı katmanlar için kullanıcı tarafından tanımlanmış

işaretleştirmelerin kullanılmasını sağlayan standarttır (Lupp, 2005). Bir başka ifadeyle SLD, sunulacak harita görüntülerinin kullanıcı tanımlı olarak görselleştirilmesini sağlamaktadır. SLD, içerisinde detayları filtrelemeyi sağlayan Filtre Kodlama Standardını (FES) ve işaretleştirme (symbology) kısmını sağlayan İşaret Kodlama (SE) standardını barındırmaktadır. FES ve SE de diğerleri gibi OGC tarafından yayımlanmış standartlardır (Vretanos, 2002; Müller, 2005).

SLD, XML temellidir ve kartografik gösterimleri SE'de yer alan belirli kural tanımlarını kullanarak gerçekleştirir. Örneğin aşağıda yer alan SE kod örneğinde alan türündeki nesneler seçilerek dolgu (fill) ve sınır çizgisi (stroke) parametrelerinin tanımı yapılmıştır.

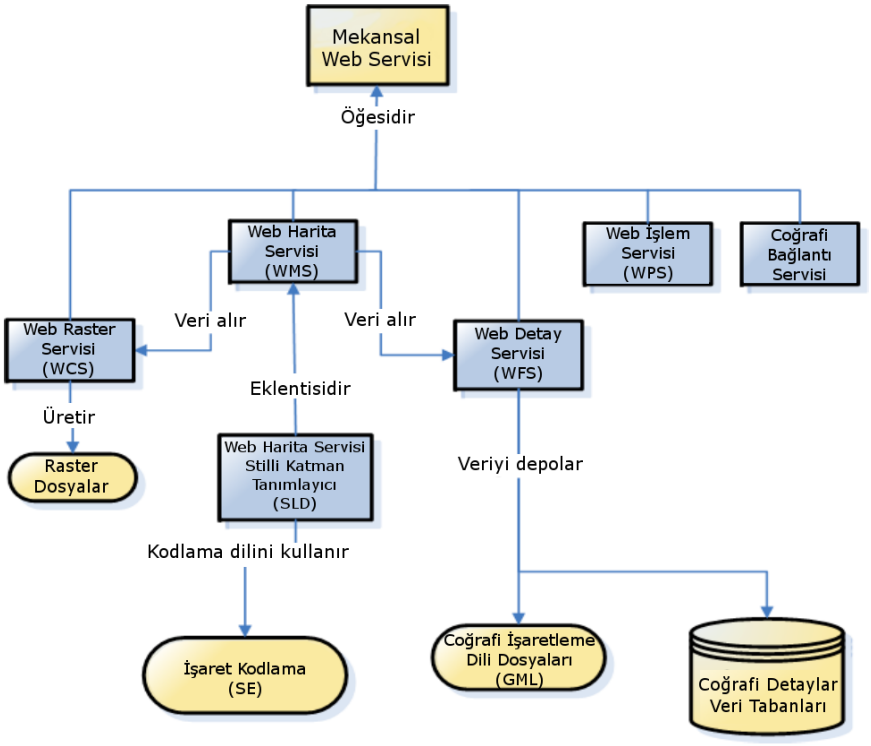
```
<PolygonSymbolizer>
  <Geometry>
 <ogc:PropertyName>the_area</ogc:PropertyName>
  </Geometry>
  <Fill>
   <SvgParameter
name="fill">#aaaaff</SvgParameter>
  </Fill>
  <Stroke>
   <SvgParameter
name="stroke">#0000aa</SvgParameter>
  </Stroke>
</PolygonSymbolizer>
```

OGC standartlarının birbirleriyle olan ilişkisi Şekil 1'de gösterilmiştir.

Bunların dışında World Wide Web Consortium (W3C) tarafından üretilen Ölçeklenebilir Vektör Grafikleri (SVG) gibi standartlar da haritaların görselleştirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca SVG formatındaki görüntüler, SLD standardına dışarıdan dâhil edilerek WMS ile de kullanılabilmektedir.

3. HAVA HARİTALARI

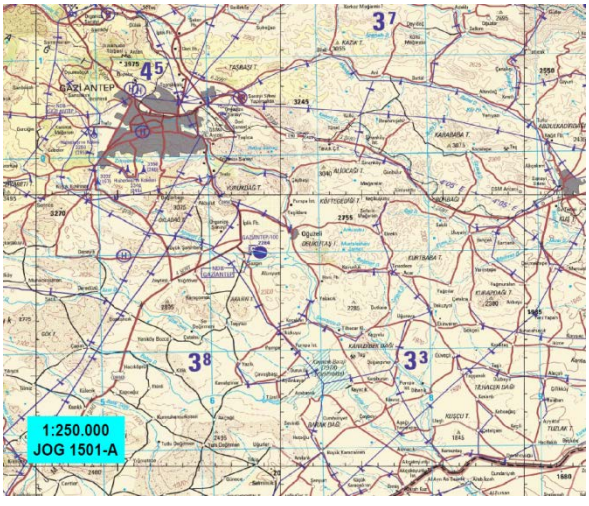
Havacılık kartografyası 19. yüzyılın sonlarında başlamıştır. Bu yıllarda, topografik harita üzerine özel harita işaretlerin eklenmesiyle elde edilen haritalar görsel navigasyon için kullanılmış, daha sonra bu üretim anlayışı yerini navigasyon ve yerden trafik kontrolü için özel olarak üretilen haritalara bırakmıştır. 1919 yılında havacılığın uluslararası alanda gelişmesi, havacılık kartografyasında uluslararası bir işbirliği ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Burada devreye Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (ICAO) girerek ilgili standartların oluşumunda büyük rol oynamıştır (Meine, 1966). ICAO, uluslararası havacılık konusundaki faaliyetlerini günümüzde de sürdürmektedir.



Şekil 1. OGC standartlarının birbiriyle olan ilişkisi (Rita, vd., 2010)

Ülkemizde hava haritaları, Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından, VMAP L1 veritabanı kullanılarak, PLTS/MPS (Production Line Tool Set/Map Production System) ile tamamen sayısal olarak üretilip basılı olarak kullanıma sunulmaktadır. Üretilen bu hava haritaları kısa, orta ve uzun mesafeli uçuş planlama, görerek seyrüsefer (navigasyon), taktik hava/kara harekâtı ve helikopter harekâtında kullanılmaktadır. Bu haritalar askeri amaçların yanında, kalkınma amacıyla ve sivil hava seyrüseferi için de kullanılmaktadır. Fakat tek bir harita tüm bu ihtiyaçları karşılayamamakta, farklı uçuş türleri farklı haritalar gerektirmektedir. Örneğin, yüksek veya düşük irtifa, görerek (VFR) veya aletli (IFR) seyrüsefer, iniş için yaklaşma vb. durumlar için HGK tarafından 1:250.000 ölçekli Müşterek Harekât Haritalarının Hava Serileri (JOG-A) ve Alçak İrtifa Özel Hava Haritaları (AİÖHH) ile 1:500.000 ölçekli Özel Hava Haritası üretilmektedir (Ceylan, vd., 2011).

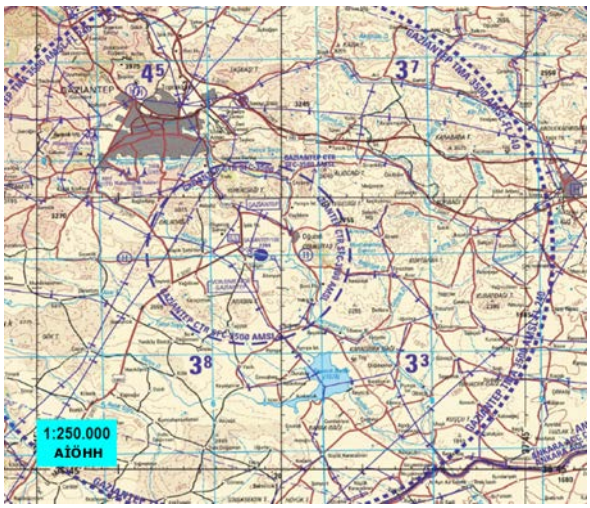
JOG-A serisi haritalar görerek seyrüsefer için en ayrıntılı ve en büyük ölçekli (1:250.000) hava haritasıdır. Aynı zamanda daha küçük ölçekli hava haritaları (1:500.000 - Tactical Pilotage Chart, 1:1.000.000 - Operational Navigation Chart) için de temel teşkil etmektedirler. JOG-A serisi haritalarda konumlamaya yardımcı referans sistemleri ve projeksiyonlara ilişkin bilgilerin yanı sıra, hidrografya, yerleşim yerleri, ulaşım, bitki örtüsü, fizyografya, yükseklik, idari sınırlar, endüstri ve tesisler gibi harita bilgileri de yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Gaziantep çevresine ait JOG-A Serisi Hava Haritası görüntüsü (Nalcı, 2012)

JOG-A serisi haritalarda, havacıların ihtiyaç duyduğu havacılık bilgileri yer almaktadır. Bunlar; her bir 15'x15' dörtgenler için maksimum yükseklik, normal eş manyetik eğrileri (izogonlar), yıllık manyetik sapma değeri, uçaklara mesafe ve yön bilgisi sağlayan radyo seyrüsefer aletlerinin konumları, hava limanları (konumu, yüksekliği, pist uzunluğu, pistin yönü, pist kaplaması), düşey engeller (konumu, boyu, kotu), enerji nakil hatları, helikopter iniş yerleri bilgileri bulunmaktadır (Ceylan, vd., 2011).

AİÖHH ise; planlama, seyrüsefer, hava desteği ve kara/hava ortak harekâtında kullanılan, topografik bilgi üzerine havacılık ve engel bilgileri eklenerek üretilen hava haritasıdır (Şekil 3). AİÖHH üretimi ile ilk olarak havacılar için güvenli hava seyrüsefer ve harekât yeteneğinin arttırılmasına katkı sağlayacak bir hava haritasının üretilmesi, ikinci olarak edinilecek deneyim ile Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütünde (NATO) üretilmekte olan diğer hava haritalarının tasarlanarak milli kaynaklarla üretilmesi amaçlanmıştır. Söz konusu havacılık (Terminal Kontrol Alanı, Kontrollü Bölge, Yasak, Tahditli ve Tehlikeli sahalar vb.) bilgileri Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (DHMİ) tarafından yayımlanan Havacılık Bilgi Yayınından (AIP), engel bilgileri ise HGK Düşey Engel Veritabanından alınmaktadır. Özetle AİÖHH üretimi, mevcut 1:250.000 ölçekli JOG-A üretim sistemine, Türkiye - AIP dokümanından elde edilen havacılık bilgilerinin (Terminal Kontrol Alanı, Kontrollü Bölge, Yasak, Tahditli ve Tehlikeli sahalar vb.) entegre edilmesiyle gerçekleştirilmektedir (Ceylan, vd., 2011).



Şekil 3 Gaziantep çevresine ait Alçak İrtifa Özel Hava Haritası görüntüsü (Nalcı, 2012)

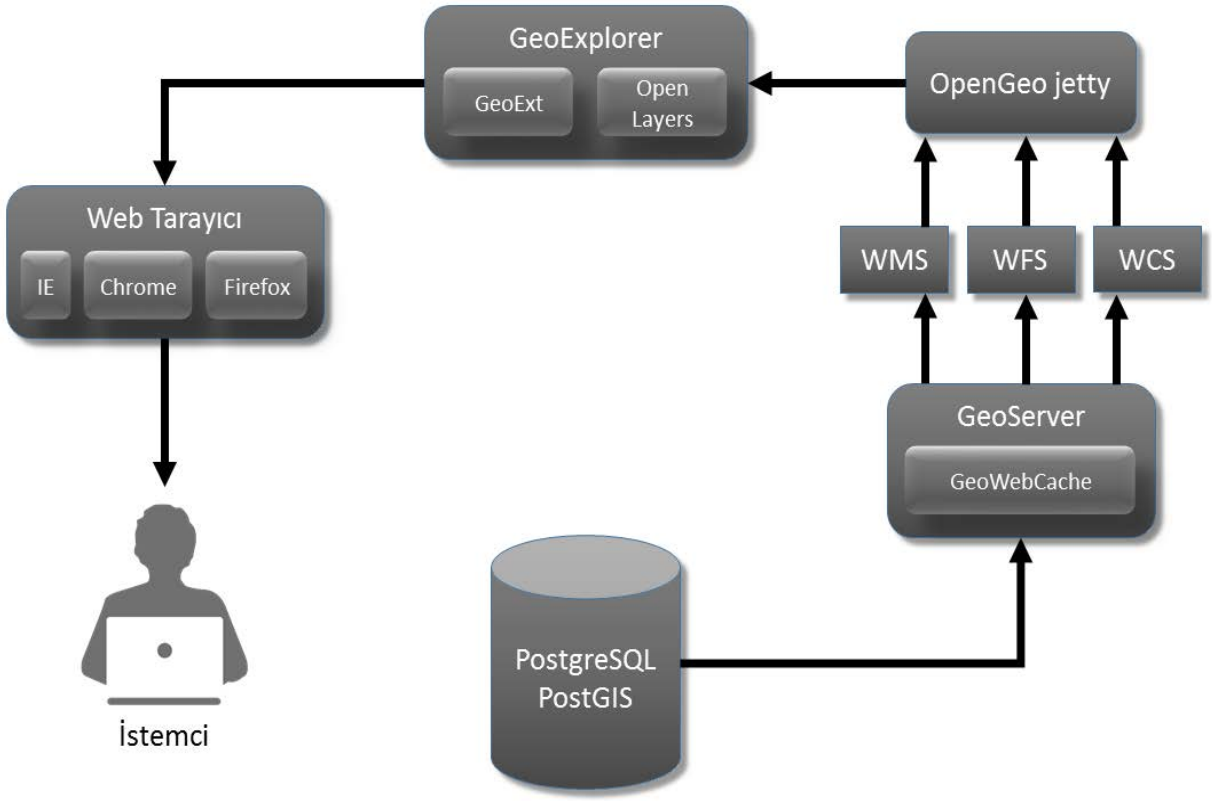
Küresel havacılık alanındaki günümüz gelişmelerine bakıldığında havacılık topluluğu, ağ-merkezli iletişimi sağlayacak küresel çapta birlikte çalışabilir bir Hava Ulaşım Sistemi (ATS)

için uluslararası standartlar kabulüne doğru hızla ilerlemektedir. Böyle bir sistemin kurulması ve diğer havacılık faaliyetleri için de konum bilgisi kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda OGC'nin hâlihazırdaki konum temelli servisleri ve kodlama standartları OGC'yi ATS için önemli bir hale getirmektedir (Trakas, 2012). OGC Web Servisleri (OWS) girişimi 6, 7, 8 ve 9. faz test grupları, Havacılık Bilgileri Yönetimi (AIM) konusunda bazı çalışmalar yapmış ve bu çalışmaların sonuçlarını raporlar halinde yayımlamıştır. Yayımlanmış olan raporlar uçuş planlama, navigasyon, yeniden güzergâh belirleme ve havacılık bilgilerinin baştan sona yönetimi ile ilgili öneriler sunmaktadır. OGC Web Servisleri 8. faz (OWS-8) girişimi havacılık bilgilerinin gösterimi bölümü, Havacılık Bilgi Değişim Modeli (AIXM) formundaki havacılık işaretleri ve bilgi gösterimlerinin ICAO'ya uygun olarak SLD/SE standartları ile kodlanması ve uygun OGC servisleri (WMS, WFS vb.) yardımıyla Web gösterimini konu alan çalışmaları içermektedir (Tagesson, 2011).

4. YÖNTEM ve MATERYAL

Ortaya konacak sistemde kullanılacak olan yazılımların açık kaynaklı olması hedeflenmiş Steiniger ve Hunter (2013) ve Ballatore vd. (2011)'nin çalışmaları doğrultusunda uygun yazılımların seçimi yapılmış ve sistem tasarımı ortaya konmuştur.

Sistemin özünü harita sunucusu olan GeoServer yazılımı oluşturmaktadır. GeoServer, PostGIS ile bütünleşik çalışarak gerekli raster veya vektör verilerin HTTP istekleriyle Web arayüzünde görüntülenmesini sağlamaktadır. Genel çalışma prensibi Şekil 4'te görülmektedir.



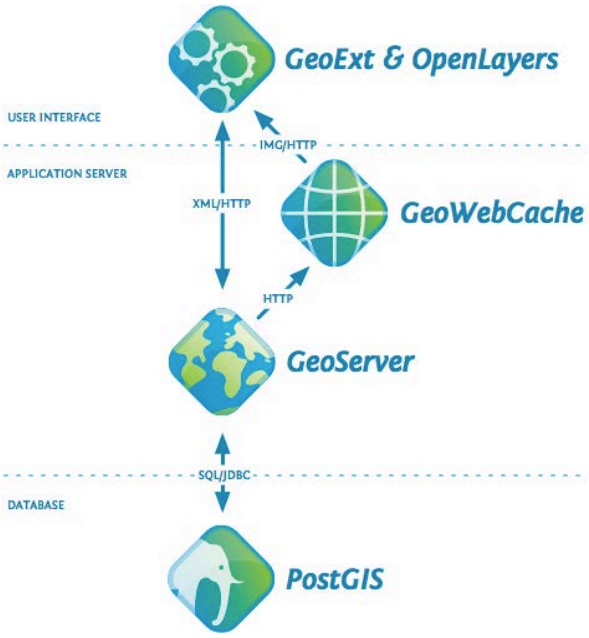
Şekil 4. Uygulamadaki açık kaynaklı mekânsal yazılımların birbirleriyle olan ilişkisi

OpenGeo Jetty, Web sunucusu olarak görev yapar ve GeoServer yazılımının sağladığı verileri güvenli bir şekilde Web ortamına taşır. Bu verilerin Web ortamında belirli bir arayüz veya gerekli bir altlık harita ile kullanılması gerekiyorsa (OpenStreetMap, Google Maps vs.) bu altlıkların sunulması ve kullanılmasına GeoExplorer ve OpenLayers yardımcı olur (Şekil 5)

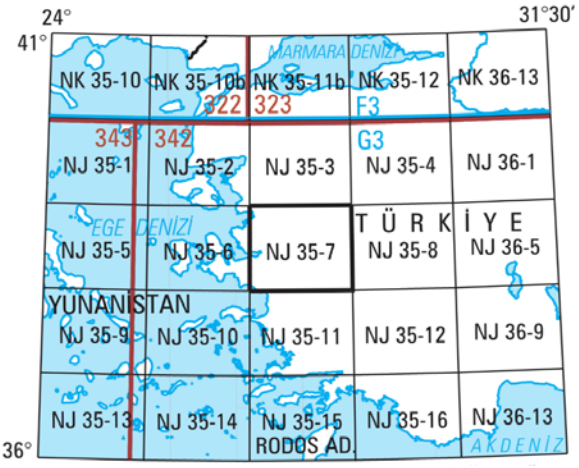
Uygulama için, Ege bölgesine ait ve hava trafiği bakımından orta yoğunlukta olan 1:250.000 ölçekli NJ 35-7 paftası kullanılmıştır (Şekil 6). İlgili veriler, raster ve vektör formatlarda Harita Genel Komutanlığı'nca sağlanmıştır. Raster olarak JOG-A (Topografya ve belirli havacılık bilgileri) düzeyinde bilgi içeren hali alınmış, vektör olarak AİÖHH için gereken çizgi detay tipinde yer alan veriler, ArcGIS yazılımına ait veritabanı formatında (.mdb) temin edilmiştir. Elde edilen vektör veriler arasında HGK tarafından DHMİ'den pdf ortamında temin edilmiş ve vektör formata çevrilmiş AIP bilgileri de yer almaktadır. Uygulama kapsamında, JOG-A haritasında yer alan bazı nokta detayların SE standardı ile kodlanmasına da ayrıca yer verilmiştir.

5. UYGULAMA

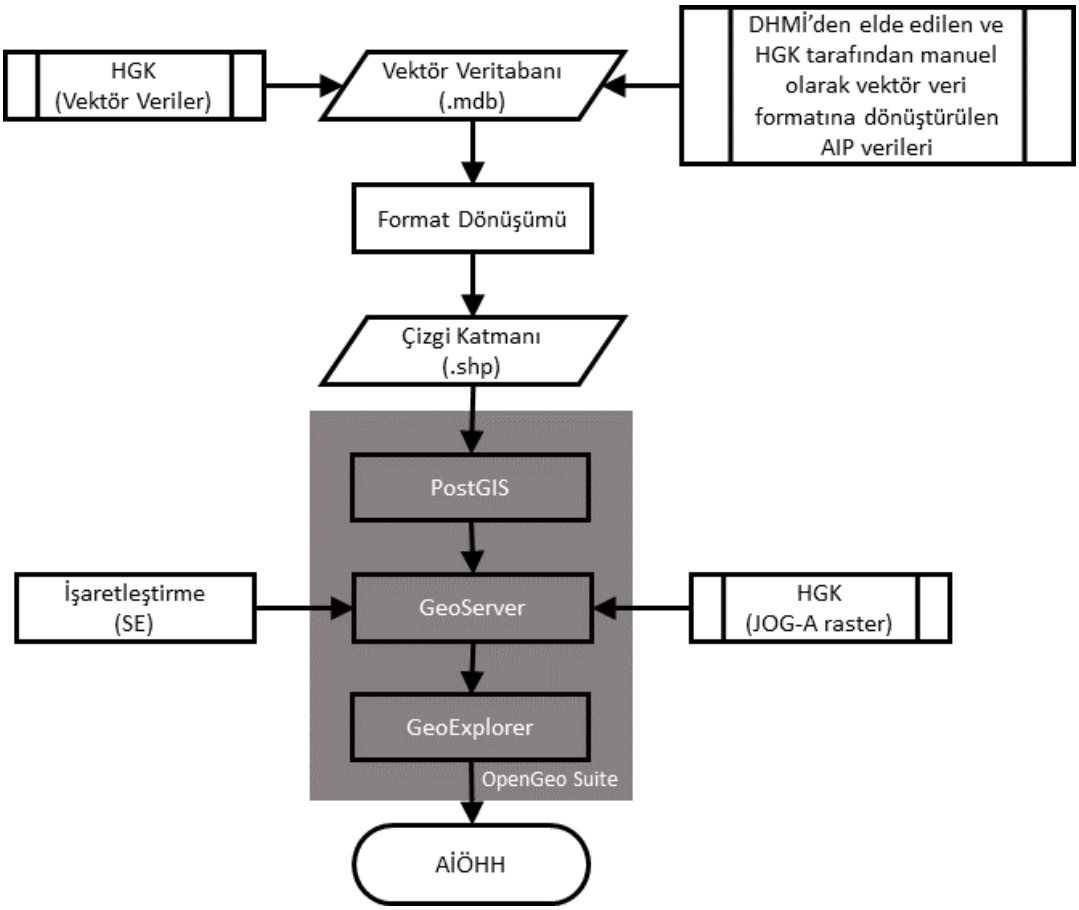
Uygulama kapsamında tasarlanan sistem ile JOG-A serisi hava haritası üzerine gerekli işaretleştirmeleri yapılmış vektör veriler eklenerek Web üzerinden sunumu yapılacak ve PDF formatında çıktı alınabilecektir. Bu amaç doğrultusunda verilerin elde edilmesinden sunumuna kadar olan süreci özetleyen şema Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 5. Yazılımların birbirleriyle olan ilişkisi (Boundless, 2015)



Şekil 6. NJ 35-7 paftasını gösteren 1:250.000 ölçekli pafta bölümlemesi



Şekil 7. Uygulama aşamaları

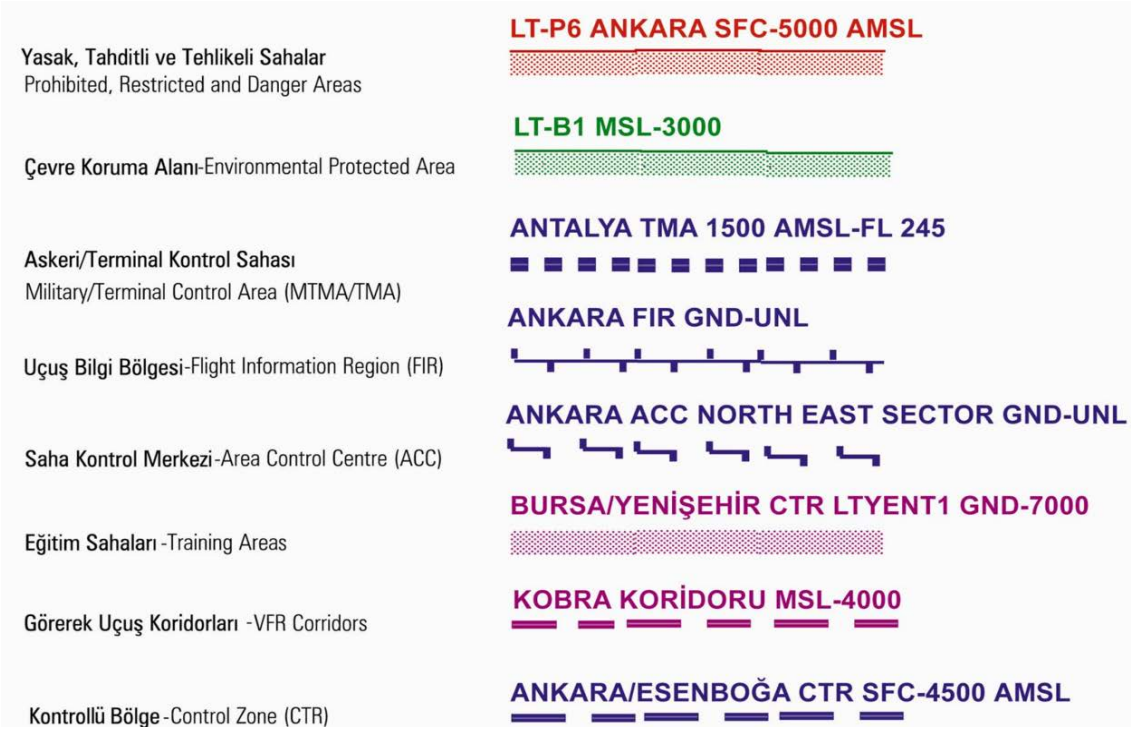
Vektör veriler öncelikle ArcGIS veritabanı (.mdb) formatından, daha yaygın olarak diğer yazılımlarda kullanılan, shapefile (.shp) formatına, koordinat sistemi olarak UTM Dilim 35/WGS84 (EPSG:32635) seçilerek dönüştürülmüştür.

Mekânsal verilerin Web ortamında görüntülenmesi için günümüzde Web harita sağlayıcıları (Google Maps, Bing Maps ve OpenStreetMaps gibi) tarafından kullanılan en popüler projeksiyon, Web Mercator (EPSG: 900913)'dur. Bu projeksiyonda, WGS84 elipsoidi ile merkezi çakışık, yarıçapı elipsoidin ekvator yarıçapına eşit (6,378,137.0 m) bir yardımcı küreden yararlanılır ve coğrafi koordinatlar önce elipsoidden küreye sonra küreden düzleme izdüşürülür. Web harita servisleri açısından dünya haritası düzeyinde haritanın ±85° enlemleri arasında kare biçiminde olması sağlanır (Battersby, vd., 2014; Bildirici, 2015). Bu nedenle vektör veriler Google, Bing veya OpenStreetMaps gibi haritaların üzerine yerleştirildiğinde GeoServer yazılımı bu verileri otomatik olarak Web Mercator projeksiyonuna dönüştürmekte ve verilerin haritalar üzerinde doğru bir konumda gösterilmesini sağlamaktadır. Vektör veriler JOG-A raster haritası üzerinde görüntülendiğinde ise orijinal projeksiyonu (EPSG: 32635) kullanılmaktadır.

Nokta ve çizgi katman şeklinde olan veriler PostGIS yazılımına yüklenmiş, PostGIS yazılımının GeoServer bağlantısı yapılarak vektör veriler GeoServer yazılımında kullanılabilir hale gelmiştir. Son olarak yine HGK tarafından sağlanmış olan JOG-A raster haritası GeoServer yazılımına GeoTIFF formatında koordinatlı (EPSG: 32635) bir şekilde aktarılmış ve bu aşamada veriler ham halleriyle Web'te görüntülenebilir duruma getirilmiştir.

a. Havacılık Çizgi İşaretlerinin Kodlanması

AİÖHH için gerekli çizgi işaretler Şekil 8'de gösterilmiş ve bu çizgi detayların, SE standardı ile nasıl işaretleştirildiği ayrıntılı olarak incelenmiştir.



Şekil 8. AİÖHH pafta lejantında yer alan çizgi tipindeki özel işaretler

Askeri/Terminal Kontrol Sahası (MTMA/TMA), Görerek Uçuş Koridorları (VFR Corridors) ve Kontrollü Bölge (CTR) çizgi tipleri daha az karmaşık olduğundan LineSymbolizer etiketi altında diğer çizgi tiplerine oranla daha basit bir biçimde kodlanabilmektedir.

```
<se:LineSymbolizer
uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
   <se:Stroke>
      <se:SvgParameter
name="stroke">#443593</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-
width">400</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-dasharray">500
500</se:SvgParameter>
   </se:Stroke>
</se:LineSymbolizer>
```

Buradaki SE kodlamalarında işaret büyükleri belirlenirken haritanın ölçeği dikkate alınarak gerçek dünya ölçülerinde değerler seçilmiştir. Sonrasında hedef ölçekte çıktı alındığında ilgili harita yönergesinde belirtilen büyüklükler sağlanmış olacaktır. Bu nedenle yukarıdaki SE kod parçası ile 400 m çizgi 400 m boşluğa sahip olan ve 500 m kalınlığında bir kesikli çizgi oluşturulmuştur. Bu çizgi tipi, 1:250.000 ölçekli haritada 2 mm kalınlıklı 1.6 mm çizgi ve 1.6 mm boşluk şeklinde Askeri/Terminal Kontrol Sahası gösterimi için kullanılan işarettir. Benzer şekilde uygun kesikli çizgi (dasharray) ve kalınlık (width) parametreleri ile Görerek Uçuş Koridorları ve Kontrollü Bölge işaretleri de oluşturulmuştur.

Uçuş Bilgi Bölgesi (FIR) ise daha farklı bir yöntemle iki aşamada oluşturulmuştur. İlk aşamada orta çizginin üstünde ve altında yer alan dikey kesik çizgiler SVG formatında çizilmiş ve aynı formatta dışarıdan SE içerisine dâhil edilmiştir. SVG formatında çizimler Inkscape, Adobe Illustrator vb. yazılımlar ile yapılabilmekteyken, çalışmada yer alan SVG şekilleri nispeten basit olduğundan SVG-Edit adında Web tarayıcısında çalışan bir SVG düzenleyicisi kullanılarak oluşturulmuştur.

```
<se:LineSymbolizer
uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
   <se:Stroke>
      <se:GraphicStroke>
         <se:Graphic>
            <se:ExternalGraphic>
               <se:OnlineResource
                                    xlink:type="simple"
xlink:href="symbols/fir2.svg" />
               <se:Format>image/svg+xml</se:Format>
            </se:ExternalGraphic>
            <se:Size>1000</se:Size>
         </se:Graphic>
      </se:GraphicStroke>
   </se:Stroke>
</se:LineSymbolizer>
```

Yukarıda yer alan SE kod parçasında SVG görüntüsünün kullanıldığı kısım, aşağıda ise 'fir2' adlı işaretin SVG kodu yer almaktadır.

```
<svg width="85" height="40" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
 <!-- Created with SVG-edit - http://svg-edit.googlecode.com/ -->
 <g>
  <title>Layer 1</title>
  <line id="svg_15" y2="20" x2="22.5" x1="22.5" stroke-linecap="null" stroke-linejoin="null" stroke-width="10" stroke="#443593" fill="none"/>
  <line id="svg_17" y2="40" x2="62.5" y1="20" x1="62.5" stroke-linecap="null" stroke-linejoin="null" stroke-width="10" stroke="#443593" fill="none"/>
 </g>
</svg>
```

İkinci aşamada se:Stroke etiketiyle kalınlığı 250 m (1:250.000 ölçekli haritada 1 mm) olan kesintisiz bir çizgi oluşturularak, işaretleştirme tamamlanmıştır.

Yasak, Tahditli ve Tehlikeli Sahalar ile Çevre Koruma Alanlarını gösteren çizgi tipleri de saydam ve mat çizgiler şeklinde yine iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

```
<se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
   <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#de1e05</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.35</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">750</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linecap">square</se:SvgParameter>
   </se:Stroke>
</se:LineSymbolizer>
```

Yukarıda verilen SE kod parçasıyla 750 m (1:250.000 ölçekli haritada 3 mm) kalınlığında yüzde 35 saydamlık değerine ve kendilerine özel renk kodlarına sahip çizgi tipleriyle Yasak, Tahditli ve Tehlikeli Sahalar ile Çevre Koruma Alanlarının ilk aşama gösterimi yapılmıştır.

İkinci aşama olarak yukarıda sözü geçen saydam kalın çizginin dış kenarına mat ince bir çizginin çizdirilmesi gerekmektedir. Bu durum için SE standardının merkezdeki nesneden belirli bir uzaklıkta çizim yapmayı sağlayan perpendicularOffset özelliği kullanılabilir. Fakat SE standardının bu özelliği GeoServer yazılımında (sürüm 2.7) henüz desteklenmediğinden, farklı çözümler denenmiş ve sonuçta en uygun olduğu tespit edilen Well-Known Text (WKT) özelliği kullanılmıştır.

WKT, vektör geometrili nesneleri tanımlamak veya koordinat referans sistemleri arasında dönüşüm yapmak için kullanılan bir işaretleme dilidir.

```
<se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
   <se:Stroke>
      <se:GraphicStroke>
         <se:Graphic>
            <se:Mark>
               <se:WellKnownName>wkt://LINESTRING (-1.25 1, -1.25 1.5, 1.25 1.5, 1.25 1, -1.25 1)</se:WellKnownName>
               <se:Fill>
                  <se:SvgParameter name="fill">#de1e05</se:SvgParameter>
               </se:Fill>
               <se:Stroke>
                  <se:SvgParameter name="stroke">#de1e05</se:SvgParameter>
                  <se:SvgParameter name="stroke-width">125</se:SvgParameter>
               </se:Stroke>
            </se:Mark>
            <se:Size>100</se:Size>
         </se:Graphic>
      </se:GraphicStroke>
   </se:Stroke>
</se:LineSymbolizer>
```

Yukarıda yer alan SE kod parçası ile saydam kalın çizginin dış kenarına ince bir mat çizgi oluşturulmuştur. Bu işlem SE standardının WellKnownName özelliğiyle WKT kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Burada, WKT'nin iki boyutlu geometrik tanımlarından biri olan LINESTRING yani çizgi dizisi kullanılmıştır. Böylece ikinci aşama da tamamlanarak Yasak, Tahditli ve Tehlikeli Sahalar ile Çevre Koruma Alanlarının gösterimi için gerekli çizgi tipleri ortaya konmuştur.

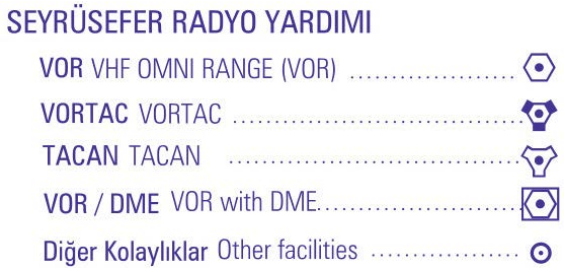
Yukarıda örneklerle açıklanan kodlar ile geriye kalan tüm çizgi tipleri benzer bir biçimde kodlanmış ve bir bütün olarak çizgi vektör katmanı için kullanılan SLD/SE dosyası oluşturulmuştur. Yapılan bu gösterimlerin orijinal pafta lejantında yer alan (Şekil 8) gösterimleriyle karşılaştırılması Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çizgi tiplerinin karşılaştırılması

Çizgi Tipi	Orijinal	SE ile üretilen
Yasak, Tahditli ve Tehlikeli Sahalar		
Çevre Koruma Alanı		
Askeri/Terminal Kontrol Sahası (MTMA/TMA)		
Uçuş Bilgi Bölgesi (FIR)		
Saha Kontrol Merkezi (ACC)		
Eğitim Sahaları		
Görerek Uçuş Koridorları (VFR)		
Kontrollü Bölge (CTR)		

b. JOG-A Serisi Hava Haritalarında Kullanılan Nokta İşaretlerin Kodlanması

SE standardı ile kodlanacak olan JOG-A serisi hava haritalarında kullanılan bazı nokta işaretler Şekil 9'da gösterilmiştir. Bu nokta detaylar HGK'dan temin edilen JOG-A düzeyindeki hava haritasında yer almaktadır. SE standardının bu nokta detayların işaretleştirilmesine yönelik ek hususlar bu bölümde incelenmiştir.



Şekil 9. JOG-A haritasında kullanılan nokta tipi özel işaretler

Şekil 9'da yer alan VOR, VORTAC, TACAN, VOR/DME ve Diğer Kolaylıklar nokta işaretleri havacılık için kullanılan standart işaretlerdir. Bu nedenle nokta tipi işaretler sıfırdan oluşturulmak yerine HGK tarafından sağlanan font kütüphanesi kullanılmıştır.

```
<PointSymbolizer
uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
  <Graphic>
    <Mark>
<WellKnownName>ttf://ESRIAERO#0x005F</WellKnownName>
      <Fill>
        <CssParameter
name="fill">#443593</CssParameter>
      </Fill>
    </Mark>
    <Size>900</Size>
  </Graphic>
</PointSymbolizer>
```

Yukarıda yer alan SE kod parçasında nokta detay işaretleştirmeleri PointSymbolizer etiketi altında yapılmıştır. Font kütüphanesi SE'nin WellKnownName özelliği kullanılarak içe aktarılmış ve bu sayede orijinal paftada yer alan işaretlerin aynısı SE standardı ile kodlanmıştır.

Nokta işaretlerin etiketlenmesi için VOR, VORTAC, TACAN ve VOR/DME işaretlerinde sadece isim, Diğer Kolaylıklar işaretlerinde ise isim ve tip bilgisi kullanılmaktadır. Yazılar bir çerçeve içine alınarak gösterilmektedir (Şekil 10).

Şekil 10. JOG-A haritasında kullanılan bazı nokta tipi işaretlerin etiket gösterimi

SE ile yapılan gösterimde orijinal paftada kullanılan kesik dikdörtgen çerçeve içine alınmış yazılar yerine kesik olmayan, tam bir çerçeve içine alınmış yazılar kullanılmıştır. Bunun nedeni, orijinal çerçeve gösteriminin mevcut SLD/SE standardı ve GeoServer özellikleriyle gerçekleştirilemiyor olmasıdır. Aynı nedenle çerçeve ile nokta işareti birbirine bağlayan çizgi gösterimi de mevcut şartlarda gerçekleştirilememiştir.

```
<TextSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
  <Label>
    <ogc:PropertyName>NAM</ogc:PropertyName>
  </Label>
  <Font>
    <CssParameter name="font-family">Arial</CssParameter>
    <CssParameter name="font-size">600</CssParameter>
    <CssParameter name="font-style">normal</CssParameter>
    <CssParameter name="font-weight">normal</CssParameter>
  </Font>
  <LabelPlacement>
    <PointPlacement>
      <Displacement>
        <DisplacementX>300</DisplacementX>
        <DisplacementY>600</DisplacementY>
      </Displacement>
    </PointPlacement>
  </LabelPlacement>
  <Fill>
    <CssParameter name="fill">#443593</CssParameter>
  </Fill>
  <Graphic>
    <Mark>
      <WellKnownName>square</WellKnownName>
      <Stroke>
        <CssParameter name="stroke">#443593</CssParameter>
        <CssParameter name="stroke-width">75</CssParameter>
      </Stroke>
    </Mark>
    <Size>1000</Size>
  </Graphic>
  <VendorOption name="graphic-resize">stretch</VendorOption>
  <VendorOption name="graphic-margin">200</VendorOption>
  <VendorOption name="autoWrap">10</VendorOption>
  <VendorOption name="spaceAround">0</VendorOption>
  <VendorOption name="maxDisplacement">100</VendorOption>
  <VendorOption name="group">true</VendorOption>
</TextSymbolizer>
```

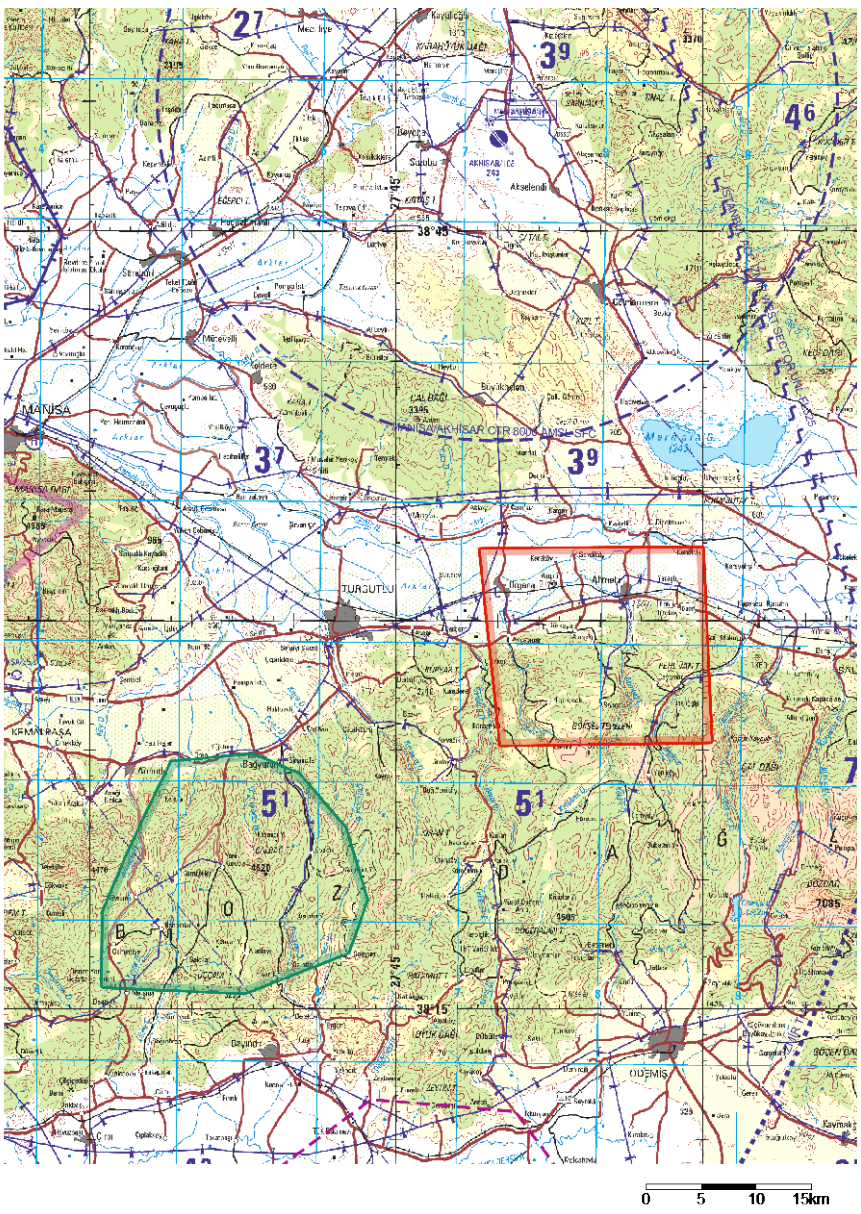
Yukarıda yer alan SE kod parçası kısaca açıklanacak olursa; ilk olarak etiket olarak yazdırılacak olan öznitelik sütunu tanımlanmış, ardından font ile ilgili bilgiler belirtilmiştir. LabelPlacement özelliğiyle etiketlerin noktalardan uzaklıkları iki boyutlu olarak (X ve Y ekseninde) tanımlandıktan sonra kullanılacak WellKnownName grafik türü olarak kare seçilmiş ve buna ait parametreler belirtilmiştir. Bu şekilde SE ile kodlanmış olan bazı nokta detaylar için etiket gösterimi Şekil 11'de yer almaktadır.

Şekil 11. SE ile kodlanmış nokta ve etiket gösterimi

GeoServer Yazdırma (Printing) eklentisini kullanabilmek için eklenti indirilip kurulduktan sonra yazdırma ile ilgili parametrelerin tanımlamaların yapılması gerekmektedir. Bu tanımlamalar YAML formatındaki config.yaml dosyasında tanımlanır. Bu dosyada; yazdırma çözünürlükleri (dpi), çıktı alınacak ölçekler, sayfa boyutları, başlıklar gibi çeşitli parametreler tanımlanmaktadır. GeoExplorer yazılım kütüphanesi ise yazdırma için bir önizleme ekranı sağlayarak tanımlı parametrelerin kullanılmasını sağlamaktadır.

Bu uygulamada amaç var olan standart ölçekli (1:250.000) bir raster haritanın üzerine vektör katmanlar yerleştirmek olduğundan farklı ölçek düzeyleri için farklı işaret tasarımları yapılmamış, bunun yerine 1:250.000 ölçeğine uygun işaretler kullanılmıştır. Bu işlem için SE standardının son sürümü ile gelen 'unit of measure' (*uom*) özelliği kullanılmıştır. Uygulamada *uom* değeri öntanımlı olan 'pixel' yerine 'metre' olarak kullanılmış, gerçek dünya birimleri ile işaretlerin boyutları belirlenmiştir. Böylece raster haritada var olan ölçek aynen korunarak uzaklaşma ve yakınlaşma durumlarında farklı ölçek gösterimlerinden kaçınılmıştır.

Sonuç ürün olarak GeoExplorer ile Şekil 12'de gösterildiği gibi bir PDF çıktısı alınabilmektedir.



Şekil 12. Web uygulamasıyla oluşturulan örnek bir harita kesiti

6. TARTIŞMA

Uygulamada kullanılan harita sunucusu, GeoServer 2.7 sürümü, SE standardının perpendicularOffset yani dik öteleme şeklinde adlandırabileceğimiz özelliği desteklememektedir. PerpendicularOffset özelliği, bir nesneyi orijinal konumundan belirlenen dik bir mesafeye ötelemek için kullanılmaktadır. Bu nedenle çizgi tipleri oluşturulurken perpendicularOffset özelliğinden faydalanılamamıştır. Örneğin, çevre koruma alanları için oluşturulan çizgi işaretin dış kısmı basit bir şekilde ötelemeyle oluşturulabilecek iken özelliğin, GeoServer 2.7 sürümünde, desteklenmemesinden dolayı daha karmaşık bir yöntem olan WKT yöntemi kullanılmıştır. Bu problemin çözümü için WKT kullanımından önce SVG ve PNG formatında

oluşturulan çizgi tipleri kullanılmış fakat istenen sonuç alınamamıştır.

Çalışmanın en önemli kısımlarından biri de havacılık bilgilerinin SLD/SE standartlarında kodlanması aşamasıdır. Bu aşamada çizgi tipleri ayrı ayrı incelenmiş ve her biri metin editörü kullanılarak manuel bir biçimde kodlanmıştır. Bu işlemden önce yapılan araştırmalar sonucu bazı yazılımların otomatik SLD üretimi yaptığı fakat bu yazılımların tam bir vektör kodlama için yetersiz olduğu tespit edilmiştir. İncelenen yazılımların bir kısmının ArcGIS gibi ticari yazılımlarda üretilen işaretleştirmeleri SLD/SE standardına dönüştürdüğü fakat yine vektörel kısmın tam olarak dönüştürülemediği daha çok raster gösterimlerde verimli dönüşümlerin yapılabildiği gözlenmiştir.

Uygulama sonucu ortaya çıkan en önemli problemlerden biri de raster üzerine vektör olarak yerleştirilen detay etiketlerinin okunabilirliğidir. Vektör katmana raster katman ile ilgili herhangi bir bağlantı kurulamadığından vektör katmanda yer alan yazılar raster katmanda yer alan yazılarla çakışarak okunabilirliği düşürmektedir.

7. SONUÇLAR

İnternetin son yıllarda yaygın şekilde kullanılması ile devlet kurumlarının, şirket ve kuruluşların mekânsal bilgileri Web ortamında Web servisleri aracılığıyla sunması bir gereklilik halini almıştır. Farklı kurum ve kuruluşlar tarafından üretilen verilerin birlikte bir uyum içerisinde kullanılması ve sunulması için de OGC, ISO ve W3C gibi kuruluşların ortaya koyduğu standartlar gereklidir.

Açık kaynaklı yazılımların üretilen bu standartlara paralel olarak gelişmesiyle birlikte coğrafi bilgi ve Web haritacılığı alanındaki açık kaynaklı yazılımlar büyük bir ivme kazanmış ve hatırı sayılır miktarda kullanıcı sayısına ulaşmıştır

Havacılık bilgilerinin topografik haritalara oranla daha sık değişime uğraması sonucu ortaya çıkan güncellik problemine çözüm bulmak ve ülkemizde bu konuda bilgi birikimi sağlamak amacıyla Web servisleri ve çeşitli standartlar kullanılarak ülkemiz verileriyle bir uygulama yapılmıştır. Geliştirilen sistem yerel sunucu üzerinden test edilmiş fakat genel kullanıma açılmamıştır.

Sonuç olarak, Web üzerinde çalışabilen, havacıların ihtiyaç duyduğu güncel havacılık bilgilerine erişimi sağlayan, istenen kısmın ölçekli çıktısının alınabildiği ve sağlayıcılar tarafından kolayca güncellenebilen bir havacılık haritası uygulamasının açık kaynaklı yazılımlar ile tasarımı ortaya konmuştur. Üretilen sistem uluslararası standartlar gözetilerek oluşturulduğundan Ulusal Mekânsal Veri Altyapısı'na (UMVA) veya uluslararası bir Hava Ulaşım Sistemi'ne (ATS) kolayca uyarlanabilir niteliktedir.

Gelecek çalışmalarda okunabilirlik problemlerini ortadan kaldırmak, verilerin tamamını yönetebilmek adına hem topografik hem de diğer verilerin vektör olarak yer aldığı bir sistem tasarımı yapılabilir. GeoServer gibi diğer harita sunum yazılımlarının yetersiz olduğu veya SLD/SE standartlarının genişletilmesi gereken durumlar için de değiştirilmiş Web servislerinin yer aldığı bir çalışma gerçekleştirilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Harita Genel Komutanlığı tarafından ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun 115E652 numaralı 1002 projesi ile desteklenmiştir. Katkılarından dolayı hakemlere de teşekkürlerimizi sunuyoruz.

K A Y N A K L A R

Ballatore, A. Tahir, A. McArdle, G. ve Bertolotto, M., 2011. **A comparison of open source geospatial technologies for web mapping**, International Journal of Web Engineering and Technology, 6: 354-374.

Battersby, S.E. Finn, M.P. Usery, E.L. ve Yamamoto, K.H., 2014. **Implications of Web Mercator and Its Use in Online Mapping**, Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 49, 85-101.

Baumann, P., 2010. **OGC WCS 2.0 Interface Standard - Core: Corrigendum, version 2.0.1**, Open Geospatial Consortium, OGC: 09-110r4.

Bildirici, İ. Ö., 2015. The Web Mercator Projection: A Cartographic Analysis, **Proceedings of the 1st ICA European Symposium on Cartography**, G. Gartner ve H. Huang (Ed.), 10-12 November 2015, Vienna, Austria, 221-231.

Boundless, 2015. **OpenGeo Suite Architecture**, http://boundlessgeo.com/whitepaper/opengeo-architecture/ [Erişim Tarihi: 10 Ekim, 2015].

Ceylan, S. Arslanoğlu, M. ve Kaya, A., 2011. **Hava Serisi Harita Üretimleri**, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara (http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/9eb68d58690af63_ek.pdf).

de La Beaujardiere, J., 2006. **OpenGIS Web Map Server Implementation Specification, version 1.3.0.** Open Geospatial Consortium. OGC: 06-042.

Fu, P., & Sun, J. 2010. **Web GIS: principles and applications**, Esri Press.

Jobst, M. 2012 **Service Oriented Mapping 2012**, M. Jobst (Ed.) Jobst Media Management Verlag, Wien.

Gartner, G. 2015. **Service-oriented Cartography**, 18. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2015 (http://mplusm.at/ifg/OBG15/VO-Gartner.pdf).

Gao, S. Mioc, D. Anton, F. Yi, X. ve Coleman, D., 2008. **Online GIS services for mapping and sharing disease information**, International Journal of Health Geographics, 7, 1-12.

Iosifescu-Enescu, I., 2011. **Cartographic Web Services**, Diss., Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr. 19824.

Iosifescu-Enescu, I. Hugentobler, M. ve Hurni, L., 2010. **Web cartography with open standards - A solution to cartographic challenges of environmental management**, Environmental Modelling & Software, 25, 988-999.

ISO, 2005. **Geographic information - Web map server interface**. ISO/TC 211. ISO: 19128:2005

Li, J. Yang, C. Zhang, J. ve Yang, J., 2004. **A new Web mapping architecture based on SLD and pattern**, Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '04, 2893-2895.

Lupp, M., 2005. **Styled Layer Descriptor Profile of the Web Map Service Implementation Specification, version 1.1.0**, Open Geospatial Consortium, OGC: 05-078.

MacEachren, A.M. Crawford, S. Akella, M. ve Lengerich, G., 2008. **Design and Implementation of a Model, Web-based, GIS-Enabled Cancer Atlas**, Cartographic Journal, 45, 246-260.

Meine, K.-H., 1966. **Aviation cartography**, The Cartographic Journal, 3, 31-40.

Müller, M., 2005. **Symbology Encoding Implementation Specification, Version: 1.1.0**, Open Geospatial Consortium, OGC: 05-077.

Nalcı, İ., 2012. **1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 ve 1:250.000 Ölçekli Harita Üretim Faaliyetleri**, Bakanlıklar arası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİKPK) Toplantısı, Ankara (Yayınlanmamış).

Neumann, A., 2012. **Web Mapping and Web Cartography**, W. Kresse ve Danko, D.M., (Ed.) Springer Handbook of Geographic Information, Springer Berlin Heidelberg, 273-287.

Pakdil, M.E., 2014. **Akıllı Uçuş Haritaları Yönetim Sistemi Tasarımı: I. Faz Kalkış Haritalarının Üretimi**, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Mühendisliği Programı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Rita, E. Borbinha, J. ve Martins, B., 2010. **Extending SLD and SE for cartograms**, GSDI 12 World Conference, Singapore (http://algos.inesc-id.pt/~jpa/InscI/poisson/varwwwhtml/portal/ficheiros/publicacoes/7117.pdf).

Schut, P., 2007. **OpenGIS Web Processing Service, version 1.0.0**, Open Geospatial Consortium, OGC: 05-007r7.

Steiniger, S. ve Hunter, A.J.S., 2013. **The 2012 free and open source GIS software map - A guide to facilitate research, development, and adoption**, Computers Environment and Urban Systems, 39, 136-150.

Tagesson, D., 2011. **OGC OWS-8 Engineering Report - Guidelines for International Civil Aviation Organization (ICAO) portrayal using SLD/SE**, Open Geospatial Consortium, OGC: 11-089.

Trakas, A., 2012. **Standards: The foundation for service-oriented mapping**, M. Jobst, (Ed.) Service-Oriented Mapping 2012. Jobst Media Management Verlag, Wien, 27-38.

Vretanos, P.A., 2005. **Web Feature Service Implementation Specification, version 1.1.0**, Open Geospatial Consortium, OGC: 04-094.

Vretanos, P.A., 2002. **Filter Encoding Implementation Specification, version 1.0.0**, Open GIS Consortium. OGC: 02-059.

Zipf, A., 2005. **Using Styled Layer Descriptor (SLD) for the Dynamic Generation of User- and Context-Adaptive Mobile Maps – A Technical Framework**, K.-J. Li ve Vangenot, C., (Ed.) Web and Wireless Geographical Information Systems, Springer Berlin Heidelberg, 183-193.

YAZIM ESASLARI

1. Harita Dergisinde Yayımlanabilecek Yazılar

a. Haritacılık bilim dalları (Jeodezi, fotogrametri, kartografya, astronomi, jeofizik, kamu ölçmeleri ve mühendislik ölçmeleri) ve haritacılık ile ilgili diğer disiplinlerde (yerbilimleri, uzay teknolojileri, temel bilimler vb.) alanlarda olmak üzere, bir araştırma çalışmasını bulgu ve sonuçlarıyla yansıtan orijinal bilimsel makaleler; yeterli sayıda bilimsel makaleyi tarayarak, konuyu bugünkü bilgi düzeyinde özetleyen, değerlendirme yapan, bulguları karşılaştırarak eleştiren bilimsel derleme yazılar; orijinalliği ve bilimsel değeri bakımından çok önemli yabancı dilden çeviri bilimsel makaleler Harita Dergisi'nde yayımlanabilir.

b. Harita Genel Komutanlığı tarafından yılda iki kez (Ocak-Temmuz) yayımlanan hakemli bir dergidir. Yayımlanan yazılardaki fikirler yazarlarına aittir. Harita Genel Komutanlığını ve dergiyi sorumlu kılmaz. Dergideki yazı ve resimlerin her hakkı saklıdır.

c. Harita Dergisinde yayımlanmak üzere gönderilen yazılar, değerlendirme ve seçme işlemine esas olmak üzere, konularında uzman en az üç Bilim Kurulu Üyesi tarafından incelenir. Bilim Kurulunca "yetersiz" bulunan yazılar, dergide yayımlanmaz.

2. Harita Dergisine Yazı Hazırlama Esasları

a. Sayfa büyüklüğü A4 (210x297 mm) standardında olmalı; her sayfanın sağ kenarından 2 cm diğer kenarlarından 3'er cm boşluk bırakılmalıdır. Yazı toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Yazı, bilgisayarda Microsoft Word formatında Arial Türkçe fontu bir satır aralığı ile yazılmalıdır.

b. Makale adı, Türkçe ve İngilizce olarak kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde 12 punto büyüklüğünde sayfanın üst ortasına gelecek şekilde yazılmalı ve iki satırı geçmemelidir. Makale adı, makale içeriğini en fazla ölçüde yansıtmalı; makale içeriğinde anlatılan konuların büyük çoğunluğu, makale adı ile doğrudan ilgili olmalıdır. Makale adından sonra bir satır boşluk bırakıp ortalayarak yazar adı ve soyadı koyu (bold) ve 10 punto harf büyüklüğünde yazılmalıdır (Soyadı büyük harflerle). Yazar adının altına ortalayarak adres ve elektronik posta adresi 9 punto harf büyüklüğünde yazılır.

c. Yazı; Özet, Anahtar Kelime, Abstract (İngilizce özet), Key Words (İngilizce anahtar kelimeler), Giriş, Bölümler, Sonuç ve Kaynaklar şeklindeki ana bölümlerden oluşur. Bu bölümlerin tamamı sayfada iki sütün olacak şekilde yazılır. Sütunlar arasında 0,5 cm boşluk bırakılır. Her ana bölüm ve alt bölüm başlığı öncesi ve sonrası bir satır boşluk bırakılır.

Özet bölümünde, yapılan çalışma tanıtılarak kullanılan yöntemler ve sonuçlar kısaca belirtilmeli; abstract bölümü, özetin doğru ve eksiksiz tercümesini içermelidir. Giriş bölümünde, çalışmanın amacı ve konuyla ilgili diğer çalışmalar anlatılmalıdır. Ara bölümlerde, kullanılan yöntemler ve veriler açıklanmalı; sonuç bölümünde, bulgular başka araştırmacıların bulguları ile karşılaştırılmalı, yazarın yorumu belirtilmeli ve ayrıca bulgulardan çıkan sonuçlar ve varsa öneriler yazılmalıdır. Özet, abstact, anahtar kelimeler ve key words, 9 punto büyüklüğünde italik harflerle yazılmalıdır. Diğer bölümler 10 punto harf büyüklüğünde normal yazılır.

Ana bölüm başlıkları büyük harflerle koyu (bold) olarak ve alt bölümlerin başlıkları kelimelerin ilk harfleri büyük diğerleri küçük ve sadece birinci düzey alt bölümlerin başlıkları koyu (bold) olarak yazılmalıdır. Yazının geri kalan kısmı normal baskıda yazılmalı, italik ya da altı çizgili karakterler kullanılmamalıdır. Özet, Anahtar Kelime, Abstract (ingilizce özet), Key Words (İngilizce anahtar kelimeler) ve kaynaklar ana bölümleri dışındaki ana bölüm başlıkları 1., 2., 3.; alt bölüm başlıkları a., b., c.; (1), (2), (3); (a), (b), (c); (ı), (ıı), (ııı); (aa), (bb), (cc) şeklinde hiyerarşik düzeyde numaralandırılmalı; ardışık düzeylerin numaraları arasındaki dikey fark 0.5 cm olmalıdır. Numaralandırılan bölümlerin başlıkları, numaralarının başlangıç hizasından 0.5 cm içeriden; bir alt satıra devam eden bölüm başlıkları sayfa başından; tüm paragraflar sayfanın 0.5 cm içerisinden başlamalıdır.

Noktalama ve imlâ için Türk Dil Kurumu tarafından en son yayımlanan İmlâ Kılavuzu ve Türkçe sözlüğüne, Haritacılık ile ilgili Yönetmeliklerde kullanılan deyimlere uyulmalıdır. İfadelerde üçüncü şahıs kullanılmalı; her sembol ilk geçtiği yerde tanımlanmalı; her kısaltma ilk geçtiği yerde parantez içinde yazılmalı (örneğin, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)); kelime ikiye bölünmemelidir. Noktalama işaretlerinden sonra bir karakter boşluk bırakılmalı; sayfa numaralama yapılmamalıdır.

ç. Tablo isimleri, tablonun üstüne sol üst köşesinden itibaren yazılmalı (örneğin, Tablo 1. Karesel ortalama hatalar.); şekil isimleri, şeklin altına ortalanarak yazılmalı (örneğin, Şekil 1. CBS tasarımı.); tablo isimlerinden ve şekillerden önce, şekil isimlerinden ve tablolardan sonra bir satır boşluk bırakılmalı; tablolar ve şekiller sayfaya ortalanmalıdır. Tablolar ve şekillerin boyutu tek sütundan büyük olduğu durumlarda, sayfanın tamamına ortalı olarak yazılabilir.

d. Denklemlere verilen numaralar, kendi hizalarına ve sayfa sağ kenarına çakışacak şekilde parantez içinde (1),(2),(3),… şeklinde yazılmalıdır. Metin içerisindeki denklemlerin kendi aralarında ve metin ile aralarında bir satır boşluk bırakılır.

e. Kaynaklardan yapılan alıntılar, metin içinde geçtikleri her yerde, kaynak hakkında ( ) parantez içinde bilgi verilir. Parantez içine yazılacak bilgiler sırası ile kaynağı kaleme alan yazarın soyadı, yazarın ilk adı/adlarının baş harfleri ve kaynağın basım tarihidir (Yılmaz, 1997), birden fazla yazar için (Arpat, vd., 1975). Kaynaklar sıralanırken numaralandırma yapılmaz ve kaynaklar arası bir satır boşluk bulunur. Özet ve abstract bölümlerinde kaynak atıfı yapılmamalıdır.

f. Kaynaklar ana bölümü başlığı birer aralıklı büyük harflerle koyu (bold) ve sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Kaynaklar yazar soyadına göre alfabetik sırada sıralanır. Aynı yazarın birden fazla yayını varsa önce yeni tarihli kaynaktan başlanır. Kaynaklar sayfasında yazarın soyadı ve adı 0,5 cm. asılı olarak sol taraftan başlayarak yazılır. Basım tarihi, yazar isminden hemen sonra gelir, parantez içerisinde ve sadece yıl olarak yazılır. Kitap veya yayının ismi koyu harflerle yazılır. Yabancı yazarların isimleri belirtilirken Latin imlâ kurallarına uyulur. (Örneğin; MİTTAG yerine MITTAG). İnternetten alınan kaynakların gösteriminde web adresinden sonra mutlaka kaynağın bu adresten alındığı tarih yazılır.

g. Makaleler, “MAKALE ÖRNEĞİ”nde sunulan boşluk ve yapılandırmalara uyularak; Şekil, Tablo ve Denklemler tek sütunda olacak ise metin aralarına konularak; iki sütuna yayılan bir bütün halindeki metin bloğundan sonra veya önce sayfanın alt veya üstünde olacak ve okuma akıcılığını bozmayacak şekilde yazılır.

3. Makalelerin Gönderilmesi

Makaleler, “haritadergisi @ hgk.msb.gov.tr” adresine e-posta ile gönderilir.

(MAKALE ÖRNEĞİ)

Xxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxx (Makale Başlığı-Türkçe)

(Xxxxxx Xxxxxxxxx Xxx) (Makale Başlığı- İngilizce)

(1 satır boşluk)

Xxxx XXXX (Yazar ismi)
Xxxx Xxxx Xxxx, Xxxxx Xxxxx (Adres)
xxxxxxxx@xxxxxx (e-posta)

(1 satır boşluk)

ÖZET

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxx xxxxx xxxxx xxxxxxxxxx; xxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx.

(1 satır boşluk)

***Anahtar Kelimeler**: xxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxx xxxxx*

(1 satır boşluk)

ABSTRACT

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxx xxxxxxx xx xxxxxxxxxxxxx. Xxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxx xxxx xxxx.

(1 satır boşluk)

***Keywords**: xxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxx xxxxx.*

(1 satır boşluk)

1. GİRİŞ

(1 satır boşluk)

Xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxx xx xxxx xxxxxx /1/.

(1 satır boşluk)

a. Xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxx xxxx xxxxxx xxxxx xxxx xxxx

(1 nci düzey alt bölüm)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxx

(1) Xxxxxxx Xxx Xxxx Xxxxxxxxx Xxxxxxx Xxxx Xxxxx Xxxxx Xxxx.

(2 nci düzey alt bölüm)

(1 satır boşluk)

2. XXXXX XXXXX XXXX (Ana bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

a. Xxxxxxxxxxx Xxxxxx Xxxxx Xxxxxxxx Xxxxxxxx

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxx xxx xxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

(1 satır boşluk)

(1) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx Xxxxxxx Xxxxxx Xxxxxxxx

(2 nci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxx.

(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)

(1 satır boşluk)

(a) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxx xxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxx xxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx x xxxxxxxxxxxxx.

(1 satır boşluk)

(b) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx x xxxxxxxxxxxxx.

(1 satır boşluk)

(l) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx xxxxx xxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx

(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx

(1 satır boşluk)

(aa) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxxx

(5 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx.

(1 satır boşluk)

b. Xxxxxxxxxxx Xxxxxx

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxx xxx xxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

3 cm

0.5 cm

2 cm

3 cm

xx

1.25 cm

(MAKALE ÖRNEĞİ)

(1) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxxxxxxxx.
(2 nci düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
Xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xXxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx.
(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)
(1 satır boşluk)

(a) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx
(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
Xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx x xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxx.
(1 satır boşluk)

(b) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx
(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
Xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxxx xxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx x xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxx.
(1 satır boşluk)

(I) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx
(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
Xxxx xxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx xxx xxxx.
(1 satır boşluk)

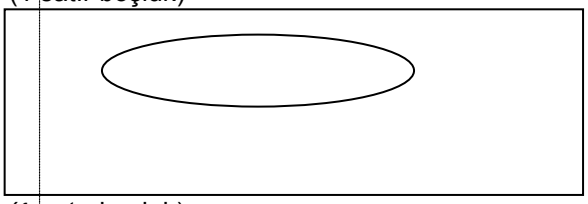
Tablo 1. Xxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxx
(1 satır boşluk)

Xxxxxxx	xxxxx xxxx	xxxxx xxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx
xxxxx	xxx xxxxx	xxxxx xxxxxx.

(1 satır boşluk)

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i - x_{i(RASAT)}}{n}} \quad (1)$$

(1 satır boşluk)
Xxxxxxx xxxxx xxxx xxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxx xxxxx xxxxx .
(1 satır boşluk)



(1 satır boşluk)
Şekil 1. Xxxxxx xxxx xxxxxxxx xxxxxx
(1 satır boşluk)
Xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxx xx xxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxx.
(1 satır boşluk)

3. SONUÇ

(1 satır boşluk)
Xxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxx xxx xxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxx xxxxx.
(1 satır boşluk)

K A Y N A K L A R

(1 satır boşluk)
Soyad, A., Dergi Basım Yılı, Bildiri Adı, Dergi Adı, Cilt:16, Sayı: 116, Sayfa Aralığı.
(1 satır boşluk)
Soyad1, A., Soyad2, B., Kitap Basım Yılı, Kitap Adı, Yayımcı Adı, Yayım Yeri, ISBN: xxxxxxx.
(1 satır boşluk)
URL-1 : http://xxxxxxxxxxxxxxxxxxx.xxx
Erişim Tarihi.

SATIŞ BÜROSUNDAN SATIŞI YAPILAN TASNİF DIŞI KÂĞIT BASKI HARİTALARIN
2016 YILI SATIŞ FİYAT LİSTESİ

S. NU.	ÖLÇEK	CİNSİ	BOYUT (cmxcm)	BASKI TARİHİ	ÖZELLİKLERİ	FİYATI (TL)	
						KDV HARİÇ	KDV DÂHİL
1	1:250.000	TÜRKİYE KARA (JOG-G) TOPOĞRAFİK	70 x 55	MUH.	PAFTA	14,41	17,00
2	1:250.000	TÜRKİYE HAVA (JOG-A) TOPOĞRAFİK	70 x 55	MUH.	PAFTA	14,41	17,00
3	1:250.000	TÜRKİYE ALÇAK İRTİFA ÖZEL HAVA (TFC) TOPOĞRAFİK	70 x 55	MUH.	PAFTA	14,41	17,00
4	1:500.000	TÜRKİYE KARA (1404 SERİSİ) TOPOĞRAFİK	70 x 60	MUH.	PAFTA	15,25	18,00
5	1:500.000	TÜRKİYE ÖZEL HAVA HARİTASI	70 x 60	MUH.	PAFTA	15,25	18,00
6	1:1.000.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ (81 İL)	177 x 91	2014	3 PARÇA	9,32	11,00
7	1:1.800.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ (81 İL)	96 x 52	2015	TEK PARÇA	6,78	8,00
8	1:1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	177 x 91	2014	3 PARÇA	9,32	11,00
9	1:1.800.000	TÜRKİYE FİZİKİ	96 x 52	2015	TEK PARÇA	6,78	8,00
10	1:3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER SİYASİ	192 x 132	2010	4 PARÇA	9,75	11,50
11	1:3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	192 x 132	2010	4 PARÇA	9,75	11,50
12	1:3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	224 x 96	2009	4 PARÇA	11,02	13,00
13	1:1.500.000	KAFKASLAR SİYASİ	98 x 68	2009	1 PARÇA	12,71	15,00
14	1:1.500.000	KAFKASLAR FİZİKİ	98 x 68	2009	1 PARÇA	12,71	15,00
15	1:1.800.000	ORTADOĞU SİYASİ (1)	111 x 77	2015	2 PARÇA	10,17	12,00
16	1:1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ (1)	111 x 77	2015	2 PARÇA	10,17	12,00
17	1:30.000.000	DÜNYA SİYASİ	137 x 90	2015	2 PARÇA	12,71	15,00
18	1:30.000.000	DÜNYA FİZİKİ	140 x 75	2015	2 PARÇA	12,71	15,00
19	1:42.500.000	DÜNYA SİYASİ	82 x 49	2011	TEK PARÇA	6,78	8,00
20	1:42.500.000	DÜNYA FİZİKİ	82 x 49	2011	TEK PARÇA	6,78	8,00
21	1:3.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU	190 x 131	1993	4 PARÇA	7,63	9,00
22	1:12.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU	95 x 65	1993	TEK PARÇA	3,81	4,50
23	1:1.200.000	BALKANLAR SİYASİ (1)	70 x 85	2015	TEK PARÇA	6,78	8,00
24	1:1.200.000	BALKANLAR FİZİKİ (1)	65,5 x 74	2015	TEK PARÇA	6,78	8,00
25	1:9.000.000	AVRUPA SİYASİ	75 x 56	2013	TEK PARÇA	8,05	9,50
26	1:9.000.000	AVRUPA FİZİKİ	75 x 56	2013	TEK PARÇA	8,05	9,50
27	1:1.800.000	TÜRKİYE COĞRAFİ BÖLGELER HARİTASI (FİZİKİ)	96,5 x 50	2011	TEK PARÇA	5,93	7,00
28	1:800.000	BOSNA HERSEK-KOSOVA SİYASİ HARİTASI	74 x 54	2012	TEK PARÇA	11,44	13,50
29	1:800.000	BOSNA HERSEK-KOSOVA FİZİKİ HARİTASI	74 x 54	2012	TEK PARÇA	11,44	13,50
30	1:2.500.000	AFGANİSTAN SİYASİ HARİTASI	68 x 46	2012	TEK PARÇA	11,44	13,50
31	1:2.500.000	AFGANİSTAN FİZİKİ HARİTASI	68 x 46	2012	TEK PARÇA	11,44	13,50
32	1:1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE SİYASİ HARİTASI	87 x 60	2013	TEK PARÇA	7,63	9,00
33	1:1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE FİZİKİ HARİTASI	87 x 60	2013	TEK PARÇA	7,63	9,00
34	1:1.500.000	IRAK SİYASİ HARİTASI	70 x 75	2015	TEK PARÇA	6,78	8,00
35	1:1.500.000	IRAK FİZİKİ HARİTASI	70 x 75	2015	TEK PARÇA	6,78	8,00
36	1:1.800.000	SURİYE-IRAK SİYASİ HARİTASI	78 x 58	2015	TEK PARÇA	6,78	8,00
37	1:1.800.000	SURİYE-IRAK FİZİKİ HARİTASI	78 x 58	2015	TEK PARÇA	6,78	8,00
38	1:2.750.000	IRAN SİYASİ HARİTASI	80 x 75	2015	TEK PARÇA	6,78	8,00
39	1:2.750.000	IRAN FİZİKİ HARİTASI	80 x 75	2015	TEK PARÇA	6,78	8,00
40	1:12.000.000	AVRUPA-AFRİKA-SİYASİ HARİTASI	70 x 100	2015	TEK PARÇA	9,32	11,00
41	1:12.000.000	AVRUPA-AFRİKA FİZİKİ HARİTASI	70 x 100	2015	TEK PARÇA	9,32	11,00
42	1:50.000	ÇANAKKALE MUHAREBELERİ	68 x100	2015	TEK PARÇA	9,32	11,00
43	1:200.000	SARIKAMIŞ MUHAREBELERİ (1)	92 x 58	2015	TEK PARÇA	9,32	11,00

(1) : Güncelleme çalışmaları devam etmektedir. Güncellemesini müteakip, 2015 yılı basımı satışa sunulacaktır.

(www.hgk.msb.gov.tr/urunler)

SATIŞ BÜROSUNDAN SATIŞI YAPILAN TASNİF DIŞI PLASTİK KABARTMA HARİTALARIN
2016 YILI SATIŞ FİYAT LİSTESİ

S. NU.	ÖLÇEK	CİNSİ	BOYUT (cm x cm)	BASKI TARİHİ	ÖZELLİKLERİ	FİYATI (TL)	
						KDV HARİÇ	KDV DÂHİL
44	1:250.000	TÜRKİYE KARA (JOG SERİSİ) TOPOĞRAFİK	65 x 61	MUH.	PAFTA	53,81	63,50
45	1:1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	172 x 90	2013	3 PARÇA	166,53	196,50
46	1:1.850.000	TÜRKİYE FİZİKİ	93 x 48	2015	TEK PARÇA	35,59	42,00
47	1:3.500.000	TÜRKİYE FİZİKİ	49 x 26	2004	TEK PARÇA	9,32	11,00
48	1:8.500.000	TÜRKİYE FİZİKİ	15 x 24	2014	TEK PARÇA	4,24	5,00
49	1:1.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	354 x 218	2007	16 PARÇA	863,56	1019,00
50	1:3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	224 x 96	2009	4 PARÇA	216,10	255,00
51	1:4.250.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	164 x 114	2011	4 PARÇA	216,10	255,00
52	1:1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ	115 x 81	2007	2 PARÇA	107,63	127,00
53	1:25.000.000	DÜNYA FİZİKİ[(1)]	162 x 85	2015	3 PARÇA	161,02	190,00
54	1:2.000.000	KAFKASLAR FİZİKİ	77 x 54	2010	TEK PARÇA	24,58	29,00
55	1:2.700.000	BALKANLAR FİZİKİ	57 x 63	2010	TEK PARÇA	24,58	29,00
56	1:14.000.000	AVRUPA-AFRİKA FİZİKİ HARİTASI	54 x 82	2015	TEK PARÇA	50,85	60,00
57	1:50.000	ÇANAKKALE MUHAREBELERİ	68 X 100	2015	TEK PARÇA	29,66	35,00
58	1:850.000	ÇANAKKALE KARTPOSTALI	25 X 16	2015	TEK PARÇA	4,24	5,00
59	1:200.000	SARIKAMIŞ MUHAREBELERİ[(1)]	92 X 58	2015	TEK PARÇA	29,66	35,00

(www.hgk.msb.gov.tr/urunler)