GEOETRİM 2018 C# SÜRÜMÜ: GÖRÜNTÜ TEMELLİ KONUM BİLGİSİ ÜRETİMİ İÇİN YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ

Yunus Emre ELKAR¹, Hüseyin TOPAN²

¹Geomatik Mühendisi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, yunusemreelk@gmail.com

²Doç. Dr. Hüseyin TOPAN, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, topan@beun.edu.tr

ÖZET

Bu bildiride, yazarlar tarafından geliştirilen GeoEtrim (Geospatial Evaluation and Training of Images) yazılımının C# sürümü tanıtılmaktadır. GeoEtrim, görüntülerin geometrik açıdan incelenmesi ve özellikle 2/3B konum bilgisi elde edilmesi için geliştirilen bir yazılımlar bütünüdür. Günümüze dek sadece MATLAB ortamında geliştirilen GeoEtrim, MATLAB ortamında gerçekleştirilmesi oldukça güç olan yüksek boyutlu görüntü açma ve YKN (Yer Kontrol Noktası) ve BDN (Bağımsız Denetim Noktası) toplama gibi kısıtları da giderecek şekilde C# programlama dilinde yeniden kodlanmaya başlanmıştır. C# sürümünde gerçekleştirilebilen işlemlerden başlıcaları: Proje oluşturulması, bir projede birden fazla görüntü eklenmesi, görüntülerin kontrastının genişletilmesi, YKN ve BDN toplanması ve GeoTransform paneli ile algılayıcıdan bağımsız dönüşüm yöntemlerinden başlıcaları (benzerlik, afin, polinom, afin izdüşüm, projektif, DLT ve algılayıcıdan bağımsız RFM) ile 2B konum doğruluğunun belirlenmesidir. Ayrıca uyşumsuz ölçü ve parametre/katsayı anlamlılık testleri de yapılabilmektedir. Yazılım, eğitim ve bilimsel çalışmalarda kullanılması şartıyla ücretsiz olarak edinilebilmektedir.

Anahtar Sözcükler: GeoEtrim, C#, koordinat dönüşümü, grafik arayüz, konuma bağlı bilgi, yazılım

ABSTRACT

GEOETRİM 2018 C# VERSION: SOFTWARE DEVELOPMENT FOR THE GENERATION OF GEOSPATIAL INFORMATION BASED ON IMAGE

C# version of GeoEtrim (Geospatial Evaluation and Training of Images) developed by the authors has been introduced in this paper. GeoEtrim is a software developed for the purpose of geometrical analysis of images and generation of 2/3D geospatial information. Although GeoEtrim was developed in the MATLAB environment up to now, it is decided to continue in C# for overcoming the challenges such as importing/reading big sized image files or collecting GCP&ICP. Creating project, importing image(s), enhancing the image contrast, GCP&ICP collection, and sub-package of GeoTransform, to run sensor-independent transformation models such as similarity, affine, polynomial, affine projective, DLT and sensor-independent RFM for 2D georeferencing accuracy assessment, are the major opportunities of the current version. Besides, blunder and parameter validation tests are also available. GeoEtrim can be downloaded for the scientific and educational applications free-of-charge.

Keywords: GeoEtrim, C#, coordinate transformation, graphical interface, geospatial information, software

1. GİRİŞ

Konuma bağlı bilgi gündelik hayatın vazgeçilmez bir parçasıdır. Gün geçtikçe daha fazla insan çeşitli yollarla konuma bağlı bilgiyi bir şekilde kullanmaktadır. Ayrıca ülke yönetimleri, askeri veya sivil kullanım için konum bilgisine bağlı bilgilere gün geçtikçe daha büyük ölçüde yatırım yapmaktadır (Uçar ve Doğru, 2005). Avrupa Birliği'nin, Amerika Birleşik Devletleri'nin GPS uydularına bağlılığı azaltmak amacıyla oluşturduğu Galileo programı için 2011-2020 yatırım planının bütçesi 13 milyar Amerikan dolarıdır (Reillon, 2017). AlphaBeta (2017) tarafından yayınlanan rapora göre ise 2016 yılında konumsal bilişim sektörünün hasılatı 400 milyar Amerikan dolarıdır. Hatta 2020 yılına kadar sadece otomobillerin navigasyon sistemlerinin toplam değerinin 250 milyar Amerikan doları büyüklüğüne ulaşacağı ön görülmektedir (Baybalı, 2018).

Gün geçtikçe büyüyen konumsal bilişim sektörünün temel unsurlarından birisi yazılımdır ve günümüzde pek çok ticari ve akademik yazılım kullanılmaktadır. Sıradan bir uygulamada ticari yazılım kullanılması olağan bir durumken eğitim ve bilimsel çalışmalarda ticari yazılım kullanmanın bazı sakıncaları mevcuttur. Bu sakıncalar, kullanılan yöntemin veya algoritmanın ayrıntılarının bilinmemesi ve yazılıma müdahale kısıtlamaları gibi bazı sınırlayıcı etkenlerin varlığıdır. Ülkemizde de konuma bağlı uygulamalarda çoğu bilimsel çalışmanın ticari yazılımlar ile gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu durum beraberinde, ticari yazılımların otomatik olarak tanıdığı

veri/görüntü biçimlerinin ve kullanılan yöntemlerin sonuçlar üzerindeki etkisi irdelenmeden çalışmalar yürütülmesine neden olmaktadır. Bu durum sadece Ülkemizde değil, aynı zamanda uluslararası düzeyde bir sorundur. Zira Dowman (2010) tarafından ifade edildiği üzere “...*Şöyle bir tehlike var: insanlar, kurumlar ve organizasyonlar, nasıl elde edildiklerini anlamadan veya yanlış açıklayarak veri kullanıyorlar... ..ve en azından Birleşik Krallık perspektifinden bakıldığında şunu düşünmeye başladım: üniversiteye daha fazla genç gidiyor, fakat matematik ve bilim içeren çalışmaları tercih etmiyorlar.*”

Konumsal bilişim araştırmaları ve uygulamaları için pek çok akademik yazılım geliştirilmektedir. Bunlardan kaynak kodları yayımlanan ve araştırma veya eğitim çalışmalarında kullanabilenlerden bazıları:

- ESA (European Space Agency) tarafından geliştirilen SNAP(ESA, 2016),
- OSGeo (The Open Source Geospatial Foundation) tarafından geliştirilen QGIS(QGIS, 2018) ve GRASS GIS(GRASS, 1998),
- IGN (Institut Nationalde Information Géographique et Forestière, Fransa) ve ENSG (École Nationale des Sciences Géographiques, Fransa) ortaklığında geliştirilen MicMac (IGN ve ENGN, 2016),
- CNES (Centre National d'Études Spatiales, Fransa) tarafından geliştirilen OrfeoToolbox(OSGeo, 2002),
- California Teknik Üniversitesi (Amerika Birleşik Devletleri) tarafından geliştirilen COSI-Corr (Co-registration of Optically Sensed Images and Correlation)(Ayoub vd., 2009),
- EDF R&D (Fransa) şirketi tarafından geliştirilen CloudCompare(Girardeau-Montaut, 2017),
- ISTI-CNR (Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione – Consiglio Nazionale delle Ricerche, İtalya) geliştirilen MeshLab(Cignoni vd., 2008),
- Rio de Janeiro Devlet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi (Brezilya) tarafından geliştirilen E-foto(Mota vd., 2009),
- Jade Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, IAPG (Institute for Applied Photogrammetry and Geoinformatics, Almanya) tarafından geliştirilen Phox (PhoX, 2016),
- İspanya ve İtalya ortaklığında geliştirilen GRAPHOS (integrated PHotogrammetric Suite) (Gonzalez-Aguilera vd., 2018),
- Washington Üniversitesi tarafından geliştirilen VisualSFM (Visual Structure from Motion System)(Wu, 2011),
- Cornell Üniversitesi (Amerika Birleşik Devletleri) tarafından geliştirilen Bundler (Structure from Motion for Unordered Image Collections)(Dooley ve Short, 2008),
- California Santa Barbara Üniversitesi tarafından geliştirilen Theia(Sweeney, 2016),
- Johannes L. Schönberger tarafından geliştirilen COLMAP(Schönberger, 2018),
- Furukawa ve Poncet tarafından geliştirilen CMVS (Clustering Views for Multi-view Stereo)(Furukawa, 2010),
- CRCSI (Cooperative and Research Centre for Spatial Information, Avustralya) tarafından geliştirilen Barista(CRCSI, 2018) ve
- Darmstadt Teknik Üniversitesi (Almanya) tarafından geliştirilen MVE (Multi-view Environment) (Fuhrmann vd., 2014) yazılımlarıdır.

Bu yazılımların çoğu kendi internet sitelerinden veya GitHub üzerinden indirilebilir. Bununla birlikte akademik olarak geliştirildiği hâlde ücretli olarak edinilebilen bazı yazılımlar ise:

- Leibniz Hannover Üniversitesi IPI (Institute of Photogrammetry and GeoInformation, Almanya) tarafından geliştirilen BLUH (Bundle block adjustment Leibniz University Hannover)(Jacobsen, 2008),
- 4DiXplorer (İsviçre) şirketi tarafından pazarlanan SAT-PP (SATEllite image Precision Processing), PHOENIX, CLORAMA (CLOSe Range Matching), LS3D (Least Squares 3D Surface Matching), BAAP (Bundle Adjustment with Additional Parameters)(4DiXplorer, 2018),
- Avrupa Birliği Projesi olan FORSAT'tır(FORSAT, 2018).

Ayrıca ticari pek çok yazılımın ortaya çıkışının veya bazı alt yazılımlarının geliştirilmesinin akademik destek ile gerçekleştiği unutulmamalıdır.

Bu bildiride tanıtılan GeoEtrim (Geospatial Evaluation and Training of Images) yazılımı da görüntü kullanarak konuma bağlı bilgi üretimi işlemlerine olabildiğince hâkim olunmasına ve bu sayede yeni yöntemler geliştirilmesine olanak sağlamakta ve bu yönüyle önemli bir eksiği kapatmayı amaçlamaktadır(Topan, 2011). İlk yıllarında GeoEtrim, farklı yöntemlerin MATLAB ortamında alt yazılım paketleri olarak geliştirilmesi temeline dayanmaktadır(Topan, 2011). Ancak gerek geliştirilen bu yöntemlerin tümleşik bir yazılımda toplanması, gerekse MATLAB ortamında yerine getirilmesi güç işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için C# programlama dilinde yeniden derlenmesine karar verilmiştir. GeoEtrim'in MATLAB sürümü GeoSpot, GeoTransform, Geo3o1 ve

GeoIP adlı alt yazılımları kapsadığı hâlde, C# sürümü henüz sadece GeoTransfom'u içermektedir(GeoEtrim, 2018). MATLAB ortamında oldukça uzun süren büyük boyutlu görüntü açma ve YKN&BDN toplama gibi işlemler C# sürümünde kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Aşağıda, GeoEtrim'in özellikleri genel hatlarıyla verilmektedir.

2. YAZILIMIN YAPISI

Bu bölümde alt başlıklar şeklinde GeoEtrim'in önemli görülen arayüz tasarımları, matematiksel çözümleri ve özgün özellikleri anlatılmaktadır. GeoEtrim'de C# programlama dili kullanılmıştır. Bu dil, Microsoft tarafından 2001'de C# ve C++ programlama dillerinden geliştirilmiştir(Sharp, 2010). C# kodlama yapısı bu iki dile kıyasla oldukça kolay olmakla birlikte C++'dan daha fazla nesne tabanlı ve performans açısından da C ile rekabet edebilecek düzeydedir. Ancak bu iki dilden farklı olarak C# doğrudan makine diliyle bütünleşmiş değildir. Bu yüzden Windows işletim sisteminde “.Net Framework”, Linux işletim sisteminde ise “Mono” denilen ayrı bir dönüştürücü platform yapısı ile çalışır. Bu da C#'ın olumsuz bir yanı olarak kabul edilebilir (Ege, 2012).

.Net Framework, Microsoft tarafından geliştirilen Windows işletim sistemleri için tasarlanmış yazılım geliştirme platformudur. GeoEtrim, .Net Framework'ün 4.6 sürümünde geliştirilmiştir. Bu platform da Visual Basic, C#, C++, J++, J#, F# ve Asp.net gibi dillerinde de yazılım geliştirilebilmektedir. Temelde .Net Framework bu dilleri kendi içinde ortak bir dille dönüştürür. Bu ortak dile CLR(Common Language Runtime) denir. Daha sonra derleyici program CLR'yi makine diline dönüştürür. Bu durum derleme esnasında performans kaybına yol açmaktadır. C# dili sadece .Net Framework alt yapısı ile çalışabilmektedir. Ayrıca .Net Framework platformun yazılım geliştirmeyi kolaylaştıracak iki yapı mevcuttur. Bu yapılar isim alanı (namespace) ve temel sınıf kütüphanesidir (BCL: Base Class Library). Bu kütüphanede yazılım arayüzü için birçok nesne bulunmaktadır(Kızmaz, 2013). GeoEtrim'de kullanılan nesnelerin çoğu bu kütüphaneden biçimlendirilerek sunulmuştur. Bu nesneler: ikonlar, tuşlar, paneller, formlar, yazı kutuları vb. şeklinde sıralanabilir. Ayrıca BCL kütüphanesiyle GeoEtrim'de başta temel matematik fonksiyonları olmak üzere birçok fonksiyon ve değişken tipi de kullanılmıştır. GeoEtrim'de bu kütüphanenin dışında kullanılan başka kütüphaneler ise GDAL (Geospatial Data Abstraction Library), EmguCV ve ALGLIB'dir (Numerical Analysis Library).

GDAL, OSGeo tarafından C#, Python, Java ve Perl dillerinde raster ve vektör verilerin okunması, işlenmesi, analizi, çevrimi ve yazılması işlerinin yapılabildiği bir kütüphanedir. Günümüzde dijital görüntü işleyen şirketler tarafından kullanılan birçok görüntü dosya biçimi vardır. Yine farklı uzaktan algılama uydularının farklı görüntü dosya biçimleri GDAL ile okunabilmektedir. GeoEtrim'de kullanılan GDAL kütüphanesinde geotiff, tiff, bmp, png, jpeg, jpeg2000, pix gibi 155 farklı raster dosya yapısı tanımlanmıştır(OSGeo, 2018).

EmguCV, Emgu şirketi tarafından, .Net Framework dillerinde sunulan görüntü işleme kütüphanesidir. EmguCV'nin temeli Intel şirketi tarafından sunulan OpenCV (Open Source Computer Vision Library) kütüphanesine dayanmaktadır(Erişti, 2010). Ancak OpenCV, C ve C++ dillerinde kullanılabilen iken C# ortamında kullanılamamaktadır.(Shi, 2013).GeoEtrim'in arayüzünde görüntü panelleri EmguCV'in sunduğu nesneden biçimlendirilmiştir. GeoEtrim'de EmguCV'nin işlevleri ve değişkenleri oldukça sık kullanılmıştır. Görüntüye yaklaşma veya uzaklaşmada, görüntünün karışıklığını artırma veya azaltmada, görüntü histogramının gösteriminde, histogram eşitlemede, görüntü üzerinde işaretlemelerde ve özellikle GeoEtrim'in GeoTransform alt yazılımının matris işlemlerinde EmguCV kütüphanesinin fonksiyonları kullanılmıştır. (Emgu, 2018).

ALGLIB, ALGLIB Project şirketi tarafından C++, C# ve Delphi dillerinde çapraz-platform sayısal analizi ve veri işleme kütüphanesidir. ALGLIB kütüphanesinde 2/3B geometrik işlemler için çok sayıda işlevler ve değişkenler mevcuttur (ALGLIB, 2018). Ancak ALGLIB kütüphanesi sadece GeoTransform alt yazılımında t dağılımındaki değerin elde edilmesi için kullanılmıştır. GeoEtrim'de kullanılan kütüphanelerin kullanım amaçları özetle:

- BCL: Arayüz nesneleri, temel hesap işlemleri, dosya okuma ve yazma, sistemsel ayarlar,
- GDAL: Raster dosyaların okunması,
- EmguCV: Arayüz nesneleri, matris işlemleri ve görüntü işleme,
- ALGLIB: İstatistik hesabı şeklindedir. GeoEtrim'in genel iş akış şeması **Şekil 1**'de sunulmuştur.

GeoEtrim'in tüm değişkenleri, kod açıklamaları ve arayüzü İngilizce yazılmıştır. Böylece uluslararası düzeyde kullanıcı hedefini sağlamanın yanında tüm dünyadan geliştiricilerin yazılım ekibine katılımlarına da olanak verecektir. Arayüzün başta Türkçe dil seçeneği olmak üzere başka dillerde de sunulması hedeflenmektedir.

2.1. Ana Pencere

GeoEtrim, Windows işletim sisteminde geliştirildiğinden Windows7 ve 10 işletim sistemlerinin 64 bit sürümünde kurulabilecek şekilde derlenmiştir. İlerleyen süreçte farklı işletim sistemlerine uygun sürümlerin hazırlanması da olasıdır. Arayüz tasarımında kullanıcının kullanım kolaylığı ve ihtiyaçları dikkate alınmıştır. Bu nedenle, profesyonel herhangi bir yazılımda olması gereken menü çubuğu ve menü çubuğunun hemen altında kısa yol çubuğu tasarlanmıştır (Şekil 2).

Şekil 1. GeoEtrim'ingenel iş akış şeması.

Şekil 2. GeoEtrim ana ekran görünümü.

Çalışır durumdaki menüler:

1. Project (Proje)
 - a. New Project (Yeni Proje: Yeni bir proje oluşturma, proje dosya formatı: .gpr)
 - b. Open Project (Proje Aç: .gpr uzantılı mevcut bir projeyi açma)
 - c. Save Project (Proje Kaydet)

- d. Close Project (Proje Kapat)
- e. Exit (Çıkış)
2. Tools (Araçlar)
 - a. Image (Görüntü)
 - i. Open (Aç)
 - ii. Contrast (Karşıtlık: Görüntü karşıtlığı genişletme işlemleri)
 - b. GCP (YKN)
 - i. GCP/ICP Collection (YKN/BDN Toplama)
 - ii. Export as txt (Txt Olarak Çıkar: YKN/BDN'lerin .gcp uzantılı olarak kaydedilmesi)
 - iii. Points View (Nokta Görünümü: YKN/BDN'lerin gösterim özelliklerinin belirlenmesi)
3. Modules (Alt yazılımlar)
 - a. GeoTransform

şeklinde. Bu menülerden önemli bazıları (yeni proje oluşturma, mevcut projeyi açma, projeyi kaydetme, görüntü açma, görüntü silme, kullanımdaki görüntünün adını gösterme, görüntü büyütme, küçültme ve sabit değere getirme, görüntüde en alt, üst, sağ ve sola gelme, kontrast genişletme ve YKN/BDN toplama) kısa yol çubuğu alanında yer almaktadır (Şekil 2).

Dosya düzen paneli, çalışılan proje, görüntü ve buna bağlı bilgilerin hiyerarşik yapısını görebilmek için tasarlanmıştır. Eğer çok bantlı bir görüntü açılmışsa her bir bant ve histogramları ayrı ayrı görüntülenebilir. Bununla birlikte görüntü verisi olmadan, sadece nokta verisiyle çalışma imkânını da kullanıcıya sunacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece herhangi bir görüntüye ihtiyaç durmadan sadece nokta verisi ile işlem yapmak mümkün hâle gelmiştir. Sağ tarafta görülen takip panelinde görüntünün tamamı sabit oranda küçülecek ve panele yerleşecek şekilde kodlanmıştır. Takip panelinde görüntü panelindeki çalışılan bölgenin kırmızı bir dikdörtgen tarafından anlık olarak gösterilmesi sağlanmıştır. Ayrıca imlecin görüntü koordinatları ve görüntü yakınlaşma değeri bilgilendirme çubuğunda görülebilmektedir (Şekil 2).

GeoEtrim, projelerin saklanması için dosya yerine düğüm yapılarından oluşan geliştirilebilir işaretleme dili (XML: eXtensible Markup Language) yapısını kullanmaktadır. XML, hiyerarşik bir veri yapısında dizilen düğümlerden oluşur (Bray vd., 2008). XML yapısı C# tarafından desteklendiğinden bütünleşik bir kodlamaya olanak verir. Bunun yanı sıra XML metin tabanlı olduğundan kolay anlaşılabilir ve günümüzde internet yapılarının neredeyse tamamında ve birçok yazılımda veri saklama işlemlerinde standart olarak kullanılmaktadır. Bu yapı, projenin ve o projeye ait görüntülerin, görüntülere ait YKN/BDN verilerinin ve tüm bu verilerle ilişkili meta verilerin düzenli bir şekilde saklanması sağlar. Şekil 3'te örnek bir projeye ait XML yapısı görülmektedir.

Şekil 3. XML yapıdaki bir proje dosyası örneği.

Görüntüde yakınlaşma veya uzaklaşma işlemleri matematikte kestirim yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir (Altuntaş ve Çorumluoğlu, 2002). Literatürde yakın komşu, bileer, bikübik, polinom, doğrusal ve dairesel gibi kestirim yöntemleri geliştirilmiştir. Görüntü verisinden istenilen duruma göre en uygun kestirim yöntemi seçilmelidir (Bayram, 2018). GeoEtrim'de standart olarak tercih edilen yöntem yakın komşu kestirimi (sıfırıncı derece kestirim) yöntemidir. Bu yöntemde görüntü pikselleri arası gri değer geçişi keskindir. Bu yüzden estetik bir görünüm sağlamaz. Ancak gerçek görüntü verisi ile yapılan çalışmalarda pikseller arası geçişin ayırt edilebilir olması gerekmektedir. Ayrıca bu yöntemde hesap yükü az olduğundan hızlı bir sonuç alınabilmektedir. Bu yüzden GeoEtrim'de komşu kenar kestirimi kullanılmıştır. (Danahy vd., 2007).

GeoEtrim, görüntünün karşıtlığının kullanıcı tarafından değiştirilmesine olanak verir (Şekil 4). Kullanıcı ihtiyaç duyduğu seviyede karşıtlığı değiştirerek daha parlak veya mat bir görünüm sağlayabilir. Aynı zamanda histogram eşitleme işlemi de yapabilmektedir. Karşıtlık ayarı değiştirme veya histogram eşitleme gibi temel radyometrik dönüşümler kullanıcıların görüntüdeki ayrıntıları kişisel algılarına uygun olarak ayarlayabilmelerini sağlamaktır (Kalisperakis vd., 2006).

Karşıtlık değiştirme öncesi

Otomatik karşıtlık değiştirme sonrası

Şekil 4. GeoEtrim’de karşıtlık değiştirme öncesinin ve sonrasının gösterimi.

2.2. YKN/BDN Toplama Penceresi

GeoEtrim’de kullanışlı bir YKN/BDN toplama penceresi tasarlanmaya çalışılmıştır (Şekil 5). Bu ekranı benzerlerinden ayıran önemli bir özellik, küçük bir görüntü penceresinde noktaları göstermesidir. Böylece kullanıcı nokta dağılımının son hâlini kolaylıkla görebilir. Ayrıca düzeltilen nokta (edit/delete) pencerede farklı bir renkte (standart ayarda sarı renkte) gösterilmektedir. Bu penceredeki herhangi bir noktanın ana penceredeki konumunu otomatik bir şekilde kullanıcıya sunabilmesi için “autolocate” isminde işaretleme kutusu geliştirilmiştir. Bu kutu işaretli olursa bu pencerede seçilen herhangi bir noktaya göre ana penceredeki görüntü, seçilen nokta ortalanacak şekilde kayacaktır.

Şekil 5. YKN/BDN toplama penceresi görünümü.

2.3 GeoTransform Penceresi

Bu alt yazılıma GeoEtrim’in ana penceresin deki alt yazılımlar sekmesinden erişim sağlanmaktadır. GeoEtrim’in MATLAB sürümünde dört farklı alt yazılım mevcuttur (GeoSpot, GeoTransform, Geo3o1 ve GeoIP). Ancak GeoEtrim’in bu bildiri kapsamındaki sürümünde hesaplama yapılabilen tek alt yazılım GeoTransform’dur (Şekil 6). İşlem özelliği panellinde kullanıcı dönüşüm yöntemini seçebilmektedir. Bu panelde tercih edilebilecek dönüşüm modelleri:

1. Similarity (Helmert-Benzerlik)

2. Affine (Afin, 1. derece polinom)
3. Polinomial (Polinom)
 - a. Birinci derece (Affine 2D)
 - b. İkinci derece
 - c. Üçüncü derece
 - d. Dördüncü derece
 - e. Beşinci derece
4. Affine projection (Afinizdüşüm)
 - a. Generic affine projection (Genel model)
 - b. AP for OrbView – 3 (OrbView-3 için uyarlanmış model)
 - c. AP for IKONOS & QuickBird (IKONOs ve Quickbird için uyarlanmış model)
5. Projective (Projektif)
6. DLT
7. RFM (GCP dependent, YKN bağımlı)
 - a. Birinci derece
 - b. İkinci derece
 - c. Üçüncü derece

şeklinde. Bu yöntemlerden döngüsel yöntemler (Projective, DLT, RFM) için kullanıcı tercihinde bir eşik değeri ve döngü değeri (döngü üst sınırı, tekrarlama değeri) ayarlanabilmektedir. Döngüsel yöntemlerde, ikinci döngüden itibaren koh'un (karesel ortalama hata) bir önceki döngüdeki koh'tan farkı (Δm), kullanıcı tarafından belirlenen eşik değeriyle kıyaslanır. Eğer fark eşik değerden küçükse döngü durur. Aksi takdirde döngü devam eder. Ancak döngü sayısı belirlenen döngü üst sınırına ulaşması durumunda program Δm ile eşik değeri karşılaştırması yapmadan işlemi sonlandırır. Ayrıca "Apply Normalization" seçeneği ile noktaların görüntü ve nesne koordinatları her biri kendi türünde ± 1 aralığına oranlanır. Böylece oluşabilecek kötü kondisyon sorunu önlenir. İşleme giren görüntü koordinatlarında uyumsuz ölçü testi de yapılmaktadır. Bu test değerlerinden hangilerinin diğer değerlere göre uyumsuz olduğunu gösteren işlemidir. Bu panelde normal ve t dağılımları olmak üzere iki farklı uyumsuz ölçü testi seçeneği sunulmuştur.

	Point ID	Point Type	Outlier	Image Row	$\pm vr$	Image Col	$\pm vc$	Ground X	Ground Y	Ground Z
☒	26	Control	✓	6905,625	25,64	144,500	-239,04	392845,721	4587479,829	157,964
☒	27	Control	✓	6279,579	63,92	131,518	-274,44	392687,776	4588026,791	183,099
☒	32	Control	✓	6274,125	53,21	327,000	-245,57	393164,599	4588121,086	13,900
☒	35	Control	✓	5988,890	83,34	653,914	-257,78	393766,461	4588942,823	140,955
☒	37	Control	✓	5747,716	115,06	783,457	-273,98	393949,347	4589587,535	76,219
☒	43	Control	✓	6153,986	28,11	1180,022	-179,94	395094,221	4588741,687	240,741
☒	46	Control	✓	6382,696	-34,00	1602,263	-102,83	396213,867	4588350,646	211,986
☒	47	Control	✓	6344,750	-32,84	1715,500	-96,06	396460,818	4588484,568	261,286
☒	50	Control	✓	6217,875	12,11	1283,500	-164,10	395364,093	4588624,275	271,330
☒	51	Control	✓	6129,467	32,68	1152,540	-187,89	395012,428	4588793,544	233,544
☒	52	Control	✓	6149,559	38,72	962,516	-205,77	394573,783	4588673,074	221,634
☒	54	Control	✓	5823,385	100,08	830,452	-259,48	394098,807	4589420,208	96,895
☒	55	Control	✓	5806,596	99,62	882,658	-256,14	394213,035	4589482,862	90,911
☒	59	Control	✓	5637,720	109,60	1206,107	-238,35	394899,576	4590024,674	4,214
☒	62	Control	✓	5510,322	116,06	1469,331	-226,59	395454,841	4590440,234	1,915
☒	63	Control	✓	5758,750	77,76	1427,125	-198,43	395485,250	4589814,031	7,833
☒	66	Control	✓	6139,547	4,40	1630,358	-127,65	396161,887	4588958,666	114,455
☒	67	Control	✓	5302,750	138,42	1705,000	-228,77	395902,564	4591037,840	12,530
☒	68	Control	✓	5886,113	28,82	1930,957	-123,43	396750,064	4589700,978	14,135
☒	71	Control	✓	6456,187	-52,61	1738,625	-81,15	396568,842	4588220,500	287,999
☒	72	Control	✓	7310,750	-210,32	2078,312	74,16	397831,934	4586255,702	298,764
☒	74	Control	✓	5647,375	59,96	2099,937	-146,42	397003,552	4590346,936	196,619
☒	79	Control	✓	5020,406	158,32	2186,625	-214,62	396890,897	4591918,759	40,805

Şekil 6. GeoTransform alt yazılımının görünümü.

Rapor panelinde işlemler ile ilgili çıktılar mevcuttur. Bu panelin ölçüt bölümünde noktaların satır, sütun ve tümünde koh ile satırın ve sütunun düzeltme toplam değeri sunulmaktadır. Ölçüt bölümünün dışındaki panelde, işleme giren ve girmeyen noktaların toplam sayısı, serbestlik derecesi ve parametre anlamlılık testi sonuçları mevcuttur. Parametre anlamlılık testi, seçilen dönüşüm modeli için anlamsız (gereksiz) olan parametreleri veya katsayıları bulmak için kullanılır. Ayrıca işlem sonucunda noktaların satır ve sütun düzeltmeleri iki farklı vektör çizimle gösterilmiştir. Bunlardan birisi, görüntü koordinatlarında hataların vektör gösterimi, diğeri ise vektörlerin tek bir merkezden olan dağılımlarının gösterimi şeklindedir. Kullanıcı bu vektörleri belli bir sabitle çarparak görsel açıdan ayırt ediciliğini artırabilir. GeoTransform kullanıcı iş akış şeması **Şekil 7**'de sunulmuştur.

2.4 Diğer Pencereleler

GeoEtrim de diğer pencereler ise nokta içe ve dışa aktarma, görsel ayarlama, ürün lisanslama, yardım ve hakkımız da pencereleridir. Nokta dışa aktarma penceresinde, geniş bir dosya kaydetme seçeneği tasarlanmıştır(**Şekil 7 a**). Dışa aktarılan dosyalar “.gcp” uzantılı metin dosyalarıdır. İçe aktarma işleminde ise “.txt” veya “.gcp” uzantılı uygun yapıda metin dosyaları okunabilmektedir. GeoEtrim, kullanıcının belirlediği görsel ayarlama penceresinde çalışma projesine konu olan alanların, renk ve yazı tipi gibi kullanıcı tercihinin sunulmuş ayarlamaları barındırır(**Şekil 7 b**). Ürün lisanslama, yardım ve hakkımızda pencereleri görsel açıdan mümkün olduğu kadar uygun biçimde tasarlanmasına özen gösterilmiştir.

a) Nokta dosyası kaydetme penceresi

b) Nokta görünümü ayar penceresi

Şekil 7. Nokta dışarı aktarma ve görsel ayar pencereleri.

3. UYGULAMA

Burada, GeoTransform ile gerçekleştirilen örnek bir uygulama sunulmaktadır. Uygulama bölgesi olarak Zonguldak ili merkezini kapsayan 27.05.2014 tarihli ve 2.5 m yer örnekleme aralığı değerine sahip GÖKTÜRK-2 pankromatik uydur görüntüsü kullanılmıştır. Uygun dağılmış 75 YKN, Pléiades-1A görüntüleri yardımıyla toplanmıştır. GeoTransform'un C# sürümünün sonuçları, Cam (2018) tarafından geliştirilen MATLAB sürümünün sonuçları ile karşılaştırılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları **Çizelge 1**'de ve **Şekil 8**'de sunulmuştur.

Çizelge 1.2B konum doğruluğu uygulama sonuçları.

Yöntemler	m_r	m_c	m_o
Benzerlik	± 174.26	± 194.08	± 184.44
Afin (1° polinom)	± 1.87	± 5.27	± 3.95
1° polinom (Afin)	± 1.87	± 5.27	± 3.95
2° polinom	± 0.91	± 4.09	± 2.96
3° polinom	± 0.89	± 4.05	± 2.94
4° polinom	± 0.79	± 3.81	± 2.75
5° polinom	± 0.75	± 3.68	± 2.65
Afin izdüşüm	± 1.85	± 4.00	± 3.11
Genel afin izdüşüm	± 0.91	± 2.66	± 1.99
OrbView-3 için geliştirilen model	± 1.75	± 3.95	± 3.06
IKONOS & QuickBird için geliştirilen model	± 2.43	± 4.60	± 3.68
Projektif	± 2.42	± 2.99	± 2.73
DLT	± 1.35	± 2.05	± 1.74
1° RFM	± 0.71	± 0.69	± 0.70
2° RFM	± 0.47	± 0.38	± 0.43
3° RFM

Şekil 8. Bazı yöntemlerle elde edilen hata vektörleri.

4. SONUÇ

Konumsal bilişim sektörü gün geçtikçe gelişen bir sektördür. Bu sektörün altyapısını oluşturan bilimsel çalışmalarda pek çok akademik yazılım kullanılmaktadır. Bu sayede verinin üretiminden son ürünün elde edilmesine kadarki tüm süreçlere hâkim olunabilmektedir. Bilimsel araştırmalarda ticari ve kapalı kutu yazılımların kullanılmasının ise, kullanılan yöntemlerin ve süreçlerin etkilerine tam olarak hâkim olunamaması gibi nedenlerden bazı sakıncaları mevcuttur. Buna çare olarak, gün geçtikçe daha çok araştırmacı MATLAB gibi kolay programlama olanağı sunan yazılım altyapılarını kullanarak, mevcut ticari yazılımlara kendi kodlarını ekleyerek (örneğin IDL gibi) kendi kod dosyalarını oluşturmakta veya C, C++, C#, Python ya da Java gibi yazılım dilleri ile kendi tümleşik yazılımlarını oluşturmaktadırlar. Bu yazılımların bazılarının kodlarına erişerek geliştirmek mümkün iken bazılarını ise sadece araştırma/egitim lisansı ile kullanmak mümkündür. 2003 yılından beri geliştirilen GeoEtrim günümüzde dek MATLAB ortamında derlenen bir yazılım iken C# ortamında yeniden derlenerek tümleşik bir yapı kazandırılmaya çalışılmıştır. Böylece hem diğer araştırmacıların kolaylıkla kullanabileceği bir özellik kazanmış, hem de alt yazılımların farklı kişilerce bir ekip olarak geliştirilmesinin temeli atılmıştır.

GeoEtrim, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Bölümü GEO468 Uzaktan Algılamada Konumsal Uygulamalar dersi kapsamındaki ödev uygulamalarında kullanılmaya başlanmış ve böylece ilk kullanıcı grubu oluşturulmuştur. Kullanıcı grubu ile alınan geribildirimlerle geliştirilmektedir. GeoEtrim, <http://www.geoetrim.com> adresinden ulaşılabilen kısa bir form doldurularak edinilebilir. Sistemsel gereksinimler sağlanırsa kurulum standart bir uygulama gibi gerçekleştirilebilir. 30 günlük deneme sürümü süresi ile kullanılabilir ve lisans şifresi bilimsel ve eğitim çalışmaları için ücretsiz olarak edinilebilir. GeoEtrim, kullanıcıların önerileri doğrultusunda geliştirilmeye ve özgün konumsal bilişim araştırmalarında önemli bir yazılım bileşeni olarak var olmaya devam edecektir. Ülkemizde, benzer çalışmaların yaygınlaşacağı ve birbiriyle iletişim ve yardımlaşma içinde olacak bir topluluğun oluşacağı ümit edilmektedir.

5. TEŞEKKÜR

GeoEtrim'in geliştirilmesinde kullanıcı gözüyle öneriler sunan Uzman Murat ORUÇ'a, GeoTransform alt yazılımın MATLAB kodlarını paylaşan Ali CAM'a, süreç boyunca bilgisayar mühendisliği bakış açısıyla desteğini esirgemeyen Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden Dr. Öğr. Üyesi Mürsel Ozan İNCETAŞ'a ve GÖKTÜRK-2 görüntülerinin teminini sağlayan Hava Kuvvetleri Komutanlığına teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

4DiXplorer, 2018. 4DiXplorer AG. <http://4dixplorer.com> [Erişim tarihi: 12.08.2018].

ALGLIB, 2018. ALGLIB. www.alglib.net [Erişim tarihi: 12.07.2018].

AlphaBeta, 2017. *The Economic Impact of Geospatial Services: How Consumers, Businesses and Society Benefit From Location-Based Information*.

- Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö.**, 2002. Uzaktan Algılama Görüntülerinde Digital Görüntü İşleme ve RSimage yazılımı. *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde*, 30: 16-18.
- Ayoub, F., Leprince, S. ve Keene, L.**, 2009. User's guide to COSI-CORR co-registration of optically sensed images and correlation. *California Institute of Technology: Pasadena, CA, USA*, 38.
- Baybalı, S.**, 2018. 2023'te Araçlar Minibilgisayar Haline Dönüşmüş Olacak. *OSEG Uluslar Arası Otomotiv Geleceği*, Konya, syf: 48-50.
- Bayram, B.**, 2018. Sayısal Görüntü İşleme. www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm [Erişim tarihi: 12.07.2018].
- Bray, T., Paoli, J., Sperberg-McQueen, C.M., Maler, E. ve Yergeau, F.**, 2008. Extensible Markup Language (XML) 1.0.
- Cam, A.**, 2018. Algılayıcı Bağımsız Modelleri Dönüşüm Modelleri Kullanarak OrtaGörüntü Üretimi ve Konum Doğruluğunun Belirlenmesi. Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak. 57 sayfa.
- Cignoni, P., Callieri, M., Corsini, M., Dellepiane, M., Ganovelli, F. ve Ranzuglia, G.**, 2008. Meshlab: an open-source mesh processing tool. *Eurographics Italian chapter conference*, 2008 (syf: 129-136).
- CRCSTI**, 2018. Barista. <http://www.crcsi.com.au/impact/barista/> [Erişim tarihi: 11.08.2018].
- Danahy, E.E., Agaian, S.S. ve Panetta, K.A.**, 2007. Algorithms for the resizing of binary and grayscale images using a logical transform. *Image Processing: Algorithms and Systems V*, 6497 (syf: 64970Z).
- Dooley, E. ve Short, R.**, 2008. Bundler. <http://www.cs.cornell.edu/~snave/bundler/> [Erişim tarihi: 01.08.2018].
- DOWMAN, I., 2010. Interview with Prof. Ian DOWMAN: Need to Reach Out to Other Sciences. in: Haarsma, D. (Ed.), GIM International ed, p. 24.
- Ege, B.**, 2012. Efsane Programlama Dili: C. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik*, 45(532): 62-64.
- Emgu**, 2018. EmguCV. www.emgu.com [Erişim tarihi: 12.07.2018].
- Erişti, E.**, 2010. Görüntü İşlemede Yeni Bir Soluk, OPENCV. *Akademik Bilişim*.
- ESA**, 2016. Sentinel Application Platform (SNAP). <http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/> [Erişim tarihi: 11.08.2018].
- FORSAT**, 2018. A Satellite Image Processing Platform for High Resolution Forest Assessment. <http://forsat.eu> [Erişim tarihi: 12.08.2018].
- Fuhrmann, S., Langguth, F. ve Goesele, M.**, 2014. MVE-A Multi-View Reconstruction Environment. *EUROGRAPHICS Workshops on Graphics and Cultural Heritage*, syf: 11-18.
- Furukawa, Y.**, 2010. CMVS <https://www.di.ens.fr/cmvs/> [Erişim tarihi: 01.08.2018].
- GeoEtrim**, 2018. Geospatial Evaluation and Training of Images. www.geoetrim.com [Erişim tarihi: 11.07.2018].
- GİRARDEAU-MONTAUT, D., 2017. CloudCompare version 2.6. 1 user manual.
- Gonzalez-Aguilera, D., López-Fernández, L., Rodriguez-Gonzalvez, P., Hernandez-Lopez, D., Guerrero, D.**,
- Remondino, F., Menna, F., Nocerino, E., Toschi, I. ve Ballabeni, A.**, 2018. GRAPHOS—open-source software for photogrammetric applications. *The Photogrammetric Record*, 33(161): 11-29.
- GRASS**, 1998. GRASS. <https://grass.osgeo.org/> [Erişim tarihi: 01.08.2018].
- IGN ve ENGN**, 2016. MicMac. <https://micmac.engn.eu/index.php/Accueil> [Erişim tarihi: 01.08.2018].

Jacobsen, K., 2008. Bundle block adjustment Leibniz University Hannover- BLUH.

Kalisperakis, I., Grammatikopoulos, L., Petsa, E. ve Karras, G., 2006. An open-source educational software for basic photogrammetric tasks. *Proceedings of the FIGISPRS-ICA International Symposium on "Modern Technologies, Education & Professional Practice in Geodesy & Related Fields*, syf: 581-586.

Kızmaz, V.U., 2013. *Asp.net 4.5*. 700 sayfa.

Mota, G.L., de Aguiar, R.A., Jorge, L., Brito, S., Ribeiro, J.A., Filho, O.B., Badolato, I.d.S., da Fonseca, R.J. ve Borba, R.L., 2009. EFOTO: um Commons Educacional Destinado à Fotogrametria Digital. *Anais da X WSL (Workshop de Software Livre)*, syf: 123-128.

OSGeo, 2002. Orfeo ToolBox, Orfeo ToolBox is not a black box. <https://www.orfeo-toolbox.org/> [Erişim tarihi: 11.08.2018].

PhoX, 2016. PhoX <http://iapg.jade-hs.de/phox/index.php> [Erişim tarihi: 01.08.2018].

QGIS, 2018. QGIS User Guide. <https://www.qgis.org/tr/site/> [Erişim tarihi: 01.08.2018].

REILLON, V., 2017. Galileo: Overcoming Obstacles History of EU Global Navigation Satellite Systems. EPRS | European Parliamentary Research Service.

Schönberger, J.L., 2018. COLMAP. <https://demuc.de/colmap/> [Erişim tarihi: 01.08.2018].

Sharp, J., 2010. *Visual C# 2010 Step by Step*. Microsoft Press.

Shi, S., 2013. *Emgu CV Essentials*. Packt Publishing Ltd.

Sweeney, C., 2016. Theia. <http://www.theia-sfm.org/releases.html#id30> [Erişim tarihi: 01.08.2018].

Topan, H., 2011. GeoEtrim: Geospatial Evaluation and Training of Images. *5th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST 2011)*, İstanbul (Turkey), syf: 142-147.

Uçar, D. ve Doğru, A., 2005. Cbs Projelerinin Stratejik Planlamasi ve Swot Analizinin Yeri. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10.

Wu, C., 2011. VisualSFM: A visual structure from motion system. <http://ccwu.me/vsfm/doc.html> [Erişim tarihi: 01.08.2018]