

[1142]

UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜLERİNDEN KONUMA BAĞLI BİLGİ ÜRETİMİ ARAŞTIRMALARINDA ZONGULDAK TEST ALANININ ÖNEMİ

Çağlar Bayık¹, Hüseyin Topan², Mustafa Özendi¹, Murat Oruç³, Ali Cam⁴, Saygın Abdikan⁵

¹Arş. Gör., Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fak., Geomatik Müh. Böl., 67100, Zonguldak, (caglarbayik, mustafa.ozendi)@beun.edu.tr

²Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fak., Geomatik Müh. Böl., 67100, Zonguldak, topan@beun.edu.tr

³Uzm., Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fak., Geomatik Müh. Böl., 67100, Zonguldak, orucm@hotmail.com

⁴Müh., Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fak., Geomatik Müh. Böl., 67100, Zonguldak, alicam193@gmail.com

⁵Yrd. Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fak., Geomatik Müh. Böl., 67100, Zonguldak, sabdikan@beun.edu.tr

ÖZET

Eğimli araziler, hava ve uzay kaynaklı görüntülerin konumsal uygulamalar açısından değerlendirilmeleri için en uygun yerlerdir. Çünkü bu değerlendirmeler düz alanlarda gerçekleştirildiğinde oldukça iyi sonuçlar elde edilebiliyorken eğimli arazilerde daha kaba sonuçlar elde edilebilir. Bu sebeple, araştırmacılar çalışma alanı olarak genellikle dağlık bölgeler ile çeşitli arazi örtüsü ve kullanım türlerinin bulunduğu alanları tercih etmektedirler. Zonguldak ve çevresi, orman, deniz, nehir ve yerleşim alanı gibi farklı arazi türlerinin yanı sıra açık maden işletme alanları, termik santraller ve bunları çevreleyen yapılar gibi farklı yapı tipleri içermesi nedeniyle uzaktan algılama sistemlerinin başarımlarını içeren araştırmaları için oldukça uygun bir test alanıdır. Bu çalışmada, Zonguldak ve çevresindeki alanlarda konuma bağlı bilgi üretimi araştırmalarını kapsayan 120'den fazla bilimsel yayın değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen araştırmalar, sistematik geometrik hataların giderilmesi, 2/3B konum doğruluğunun belirlenmesi, SYM (Sayısal Yüzey Modeli) ve SAM (Sayısal Arazi Modeli) üretimi ve doğrulaması, ortogörüntü üretimi, bilgi içeriği değerlendirmesi, görüntü sınıflandırma, otomatik özellik çıkarımı ve nesne tanıma, pan-keskinleştirme, arazi örtü/kullanım türlerinin değişim analizi ve deformasyonların izlenmesi gibi çalışmaları içerir. Bu uygulamalarda ASTER, BİLSAT, İKONOS-2, IRS-1C, KOMPSAT-1, KVR-1000, Landsat-3-5-7, Orbview-3, QuickBird, Pléiades-1A, SPOT-5, TK-350, WorldView-1 ve RASAT gibi optik görüntüler ile JERS-1, TerraSAR-X, PALSAR ve SRTM gibi radar verileri de kullanılmıştır. Çalışmalar Bülent Ecevit Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi'nin Geomatik Mühendisliği Bölümleri ve Leibniz Hannover Üniversitesi Fotogrametri ve Jeoinformasyon Enstitüsü (Almanya) tarafından gerçekleştirilmiştir; TÜBİTAK, Üniversiteler, ESA, Airbus DS, ERSDAC (Japonya) ve Jülich Araştırma Merkezi (Almanya) tarafından desteklenmiştir. Hem test alanının kendine has yapısı, hem de farklı sistemlere ait görüntülerin test edilmiş olması, Zonguldak test alanına ait çalışmalarını son derece önemli kılmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Zonguldak Test Alanı, Konuma Bağlı Uygulamalar, Görüntü Birleştirme, Değişim Belirleme, Optik Görüntü, Radar Verisi.

ABSTRACT

GEOSPATIAL ANALYSIS USING REMOTE SENSING IMAGES: CASE STUDIES OF ZONGULDAK TEST FIELD

Inclined topographies are one of the most challenging problems for geospatial analysis of air-borne and space-borne imageries. However, flat areas are mostly misleading to exhibit the real performance. For this reason, researchers generally require a study area which includes mountainous topography and various land cover and land use types. Zonguldak and its vicinity is a very suitable test site for performance investigation of remote sensing systems due to the fact that it contains different land use types such as dense forest, river, sea, urban area; different structures such as open pit mining operations, thermal power plant; and its mountainous structure. In this project, we reviewed more than 120 proceeding papers and journal articles about geospatial analysis that are performed on the test field of Zonguldak and its surroundings. Geospatial analysis performed with imageries include elimination of systematic geometric errors, 2/3D georeferencing accuracy assessment, DEM and DSM generation and validation, ortho-image production, evaluation of information content, image classification, automatic feature extraction and object recognition, pan-sharpening, land use and land cover change analysis and deformation monitoring. In these applications many optical satellite images are used i.e. ASTER, BİLSAT, İKONOS-2, IRS-1C, KOMPSAT-1, KVR-1000, Landsat-3-5-7, Orbview-3, QuickBird, Pléiades-1A, SPOT-5, TK-350, WorldView-1 and RASAT; as well as radar data i.e. JERS-1, TerraSAR-X, PALSAR and SRTM. These studies are performed by Departments of Geomatics Engineering at Bülent Ecevit University, at İstanbul Technical University, at Yıldız Technical University, and Institute of Photogrammetry and GeoInformation at Leibniz University Hannover. These studies are financially supported by TÜBİTAK (Turkey), the Universities, ESA, Airbus DS, ERSDAC (Japan) and Jülich Research Centre (Germany). Both characteristic structure of the test area and the tested images of different systems make Zonguldak test area extremely important.

Keywords: Zonguldak Test Site, Geospatial Applications, Image Fusion, Change Detection, Optical Images, Radar Data.

1.GİRİŞ

Bu bildiri, Bayık Ç. vd. (2016) tarafından uluslararası camiada sunulmuştur. Uzaktan algılama teknolojisi ilk olarak casus uydulardan istihbarat toplamak için 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. 1970'lerden bu yana sivil uygulamalar için kullanılan Landsat serisi Amerika Birleşik Devletleri tarafından geliştirilmiştir. İlk sivil yer gözlem uydusu olan Landsat-1 1972 yılında ERTS (Earth Resources Technology Satellite: Yer Kaynaklı Udu Teknolojisi) adıyla fırlatılmıştır. Takip eden yıllarda Landsat serisine ait yedi uydu daha fırlatılmıştır. 1970'lerde MSS (Multispectral Scanner System: Çok Bantlı Tarayıcı Sistem) algılayıcısı ile görünür ve yakın kızılötesi dört bant ile 60m geometrik çözünürlük elde ediliyor iken; 1980'lerde TM (Thematic Mapper: Tematik Haritalama) algılayıcısı yedi bant ile 30m geometrik çözünürlük elde ediliyordu. ETM Geliştirilmiş Tematik Haritalama (Enhanced Thematic Mapper: Geliştirilmiş Tematik Haritalama) algılayıcısı Landsat-7 ile kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle 1990'ların başlarından itibaren ülkeler tarafından birçok uydu programı geliştirilmiştir. Bunlar, SPOT (Fransa, Belçika ve İsveç), IRS (Hindistan), TK-350 ve KVR-1000 (Rusya), RADARSAT (Kanada), Bilsat, RASAT ve GÖKTÜRK-2'dir. Bu uydular hükümetlerin yanı sıra özel şirketler tarafından da geliştirilmiştir. Örneğin, Quickbird ve WorldView-1 DigitalGlobe, IKONOS ve GeoEye-1 Space Imaging, Pleiades ise Astrium Geo tarafından geliştirilmiştir.

SAR (Synthetic Aperture Radar: Yapay Açıklıklı Radar) nesnelerin görüntülerini oluşturmak için kullanılan bir mikrodalga görüntüleme biçimidir. Bu görüntüler nesnenin iki ya da üç boyutlu izdüşümü olabilir. SAR sistemlerinin en önemlilerinden bir tanesi olan ERS uydularından ERS-1 1991 yılında fırlatılmıştır ve ömrünü 2000 yılında tamamlamıştır. C bant ile görüntü elde edebilen ERS-2 ise 1995 yılında fırlatılmıştır. ERS-2 görüntüleri interferometre uygulamaları, tarım, ormancılık, SAM üretimi, deformasyon ölçümleri ve toprak nemi haritalama gibi çalışmalarda kullanılmıştır. JERS-1 uydusu 1992 yılında fırlatılmış ve görüntüleri ile jeolojik ölçme, kıyı bölgelerinde arazi kullanımı-arazi örtüsü gözlemi, çevre, afet izleme vb. uygulamalarına odaklanılmıştır. Kanada'nın ilk SAR programı olan RADARSAT-1 1995 yılında fırlatılmıştır. RADARSAT'ın ikinci yer gözlem uydusu olan RADARSAT-2 2007 yılında başarıyla fırlatılmıştır. RADARSAT-1 ve RADARSAT-2 buzul izleme ve petrol kirliliği tespiti için kullanılmıştır. 2002 yılında fırlatılan ASAR, Envisat uydusu üzerine monte edilmiş aktif radar algılayıcısıdır. ALOS 2006 ve PALSAR 2007 yıllarında fırlatılmıştır. PALSAR üç ana görüntüleme modu ile veri elde etmektedir; SpotLight (SL): 1-3m, StripMap (SM): 3-10m and ScanSAR (SS): 60-100m. ve kamu-özel ortaklığı ile yürütülen bir görevdir. TerraSAR-X üç ana görüntüleme modu ile veri elde etmektedir; SL: 1m, SM: 3m and SS: 10m.

Günümüzde yeryüzü ile ilgili bilgi elde etme adına uydu teknolojileri büyük bir ürün yelpazesine sahiptir. Bu teknolojiler çevre, ormancılık, tarım, jeoloji, meteoroloji ve okyanus bilimleri gibi birçok uzaktan algılama uygulamaları için kullanılabilir. Bu bildiride, Zonguldak test alanında gerçekleştirilen konuma bağlı uygulamalar ele alınacaktır.

2.UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN KONUMSAL BİLGİ ÜRETİMİ

Fotogrametride kullanılan eşitlikler uzaktan algılama görüntülerinden konumsal bilgi üretiminin temelini oluşturmaktadır. Uydu görüntüleri ile bu uygulamaları gerçekleştirilmesine "uzay fotogrametrisi" adı verilmektedir ki günümüzde pek kullanılmayan bir adlandırmadır. Burada amaç görüntü alım teknikleri ve taşıyıcı sistemin (uydunun) hareketini fotogrametrinin temel ilkelerini dikkate alarak kullanmaktır.

Uydu görüntülerinden konumsal bilgi üretimi:

Sistemik geometrik bozulmaların giderilmesi,
Konum doğruluğunun belirlenmesi ve doğrulanması,
SYM ve SAM üretimi ve doğrulanması,
Ortogörüntü üretimi ve doğrulanması,
Pan-keskinleştirilmiş görüntü üretimi ve kalite değerlendirmesi,
Bilgi içeriği değerlendirmesi,
Gerçek geometrik çözünürlüğünün belirlenmesi,
Nesne tanıma ve tanımlama başarımı,
Görüntülerin farklı koordinat bilgisi taşıyan altlıklarla birleştirilmesi vb. konularını kapsar.

Görüntülerin konuma bağlı bilgi üretimi potansiyelinin belirlenmesi için, yatayda ve düşeyde homojen dağılmış, fazla sayıda ve olabildiğince yüksek konum doğruluğuna sahip noktalara; görüntülerden üretilen ortogörüntü, SYM ve haritaların kalitesinin belirlenmesi için ise daha yüksek kaliteye sahip verilere gereksinim vardır. Ayrıca çalışılan bölgenin olabildiğince farklı arazi örtüsüne ve yeryüzü şekillerine sahip olması, görüntülerin gerçek potansiyelinin ortaya çıkartılmasında son derece önemlidir.

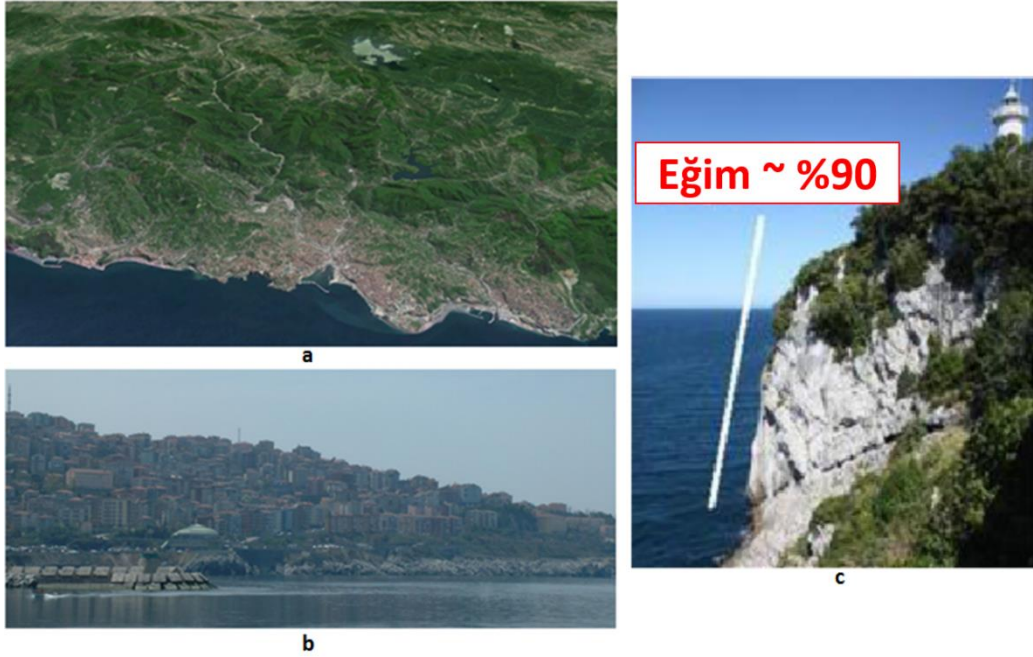
3.ZONGULDAK TEST ALANI VE İNCELENEN GÖRÜNTÜLER

3.1.Zonguldak Test Alanı

Zonguldak test alanına ait hava ve uzay kaynaklı çeşitli optik ve mikrodalga görüntüleri üzerinde 2000'li yıllardan beri çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Zonguldak test alanı, Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunur. Ülkemizin en önemli taşkömürü madencilik alanlarına sahip olmasıyla ünlüdür. Bu alan:

Dağlık ve engebeli arazi,
 Engibeli alan üzerinde yoğun yerleşim,
 Yoğun orman,
 Tarım alanları,
 Nehirler, deniz ve barajlar gibi çeşitli su yapıları,
 Açık ve yeraltı maden alanları,
 Termik santraller,
 Demir ve çelik fabrikaları vb. yapılara sahiptir.

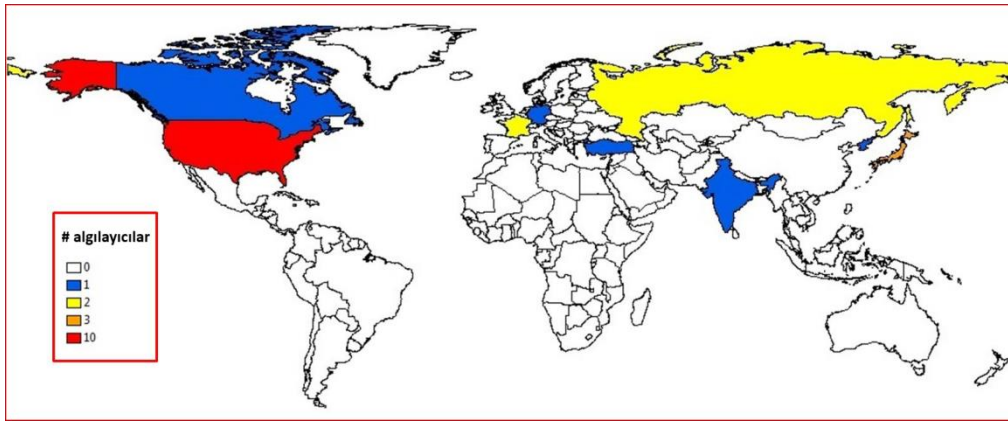
Zonguldak şehir merkezi de bu engebeli dağlık topoğrafya üzerinde inşa edilmiştir (Şekil 1). Uzay kaynaklı görüntüleme sistemlerinin en önemli sorunlarında birisi, düz alanlarda iyi sonuçlar üreten tekniklerin engebeli alanlarda daha kaba sonuçlar üretmesidir. Bu çalışmada yer alan tekniklerin katkısını göstermek için araştırmacılar, farklı arazi kullanım tipine ve dağlık yapısına bağlı olarak engebeli bir yüzeye sahip olan Zonguldak ve çevresi gibi bir çalışma alanını bilinçli olarak tercih etmişlerdir.



Şekil 1. Zonguldak ve çevresinin Google Earth görünümü (a) ve Zonguldak topoğrafyasından örnekler (b-c).

3.2.İncelenen Görüntüler

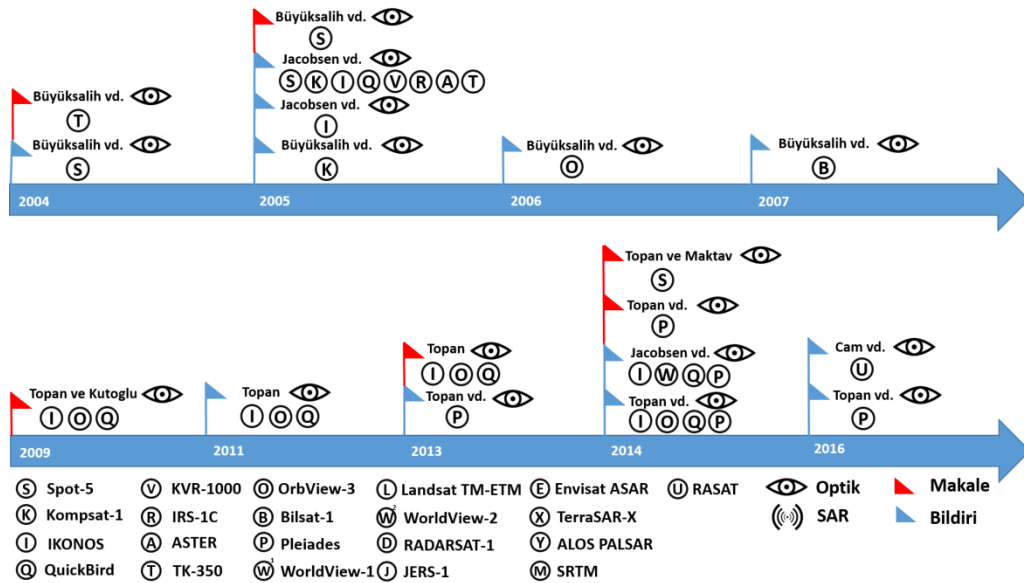
İncelenen görüntüler çeşitli araştırma projeleri kapsamında elde edilmiştir. Şekil 2'de incelenen algılayıcı sayısı ve üretici ülkeler gösterilmektedir. ESA uluslararası bir organizasyon olduğu için burada göz ardı edilmiştir. Bilsat-1 ve TK-350 gibi bazı görüntüler Dünya çapında sınırlı sayıda çalışmada değerlendirilmiştir. Görüntülerin çeşitliliği böylesine zorlu bir arazide birbirleri arasında kapsamlı bir karşılaştırmayı sağlamıştır.



4.KONUMSAL ANALİZLER

4.1.2/3B Konum Doğruluğu Değerlendirmesi

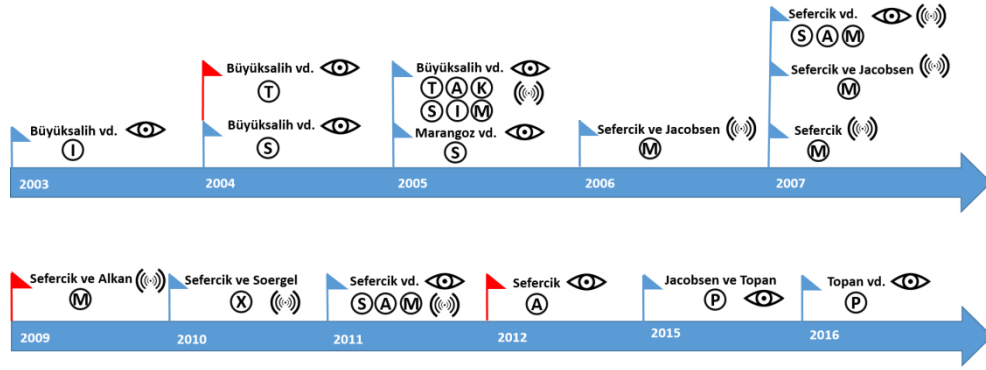
Araştırmacılar algılayıcı bağımlı, algılayıcı bağımsız ve şekil kuvveti yöntemlerini kullanarak çoğu görüntü için 1 piksel altı doğruluk elde etmişlerdir. Bazı çalışmalarda 1 pikselden daha kaba doğruluklar da elde edilmiştir. Örneğin; OrbView-3 (± 1.9 piksel), Bilsat-1 (± 1.8 piksel), ASTER (± 1.8 piksel). Bu araştırmalarda yatay ve düşey düzlemde homojen olarak dağıtılan YKN (Yer Kontrol Noktası) sayısı 23 ile 171 arasında değişmektedir. TK-350, SPOT-5, ASTER, Kompsat-1, KVR-1000, IRS-1C, OrbView-3, Bilsat-1, IKONOS, QuickBird ve Pleiades Zonguldak test alanında 2/3B konum doğruluğu için değerlendirilmiştir. (Şekil 3). Bu çalışmalar sürekli geliştirilen BLUH ve GeoEtrim gibi akademik yazılımlar ve PCI Geomatica gibi ticari yazılımlar ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 2/3B Koordinatlandırma doğruluğu değerlendirme çalışmalarının özeti.

4.2.SYM Üretimi ve Doğrulama

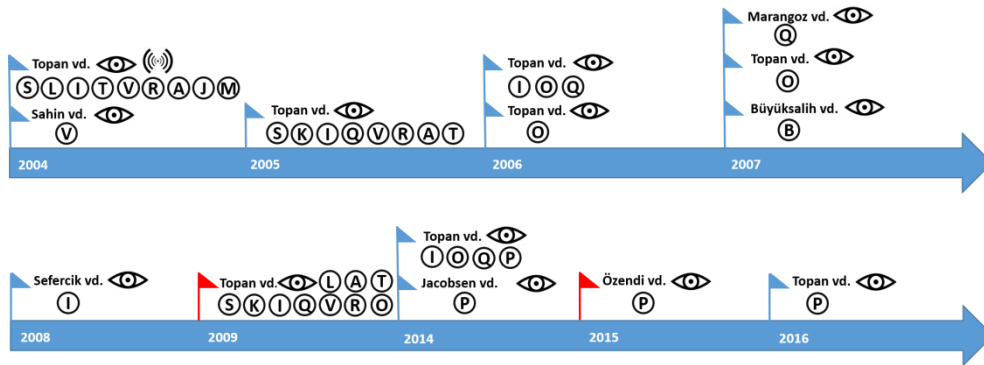
SAM, bir arazi yüzeyinin 3 boyutlu gösteriminin en basit şeklidir ve pek çok uygulama için altlık teşkil etmektedir. Hava fotoğraflarına dayalı geleneksel fotogrametri, stereo-optik uydu görüntüleme, hava kaynaklı lazer tarama ve interferometrik SAR (InSAR) gibi birçok SAM üretim yöntemi bulunmaktadır. LiDAR dışındaki diğer tüm yöntemler Zonguldak test alanı için kullanılmıştır. Şimdiye dek TK-350, ASTER, Kompsat-1, Spot-5, IKONOS, QuickBird, Pleiades-1A, TerraSAR-X, COSMO-SkyMed ve SRTM gibi birçok SAR ve optik algılayıcı Zonguldak test alanında SAM üretimi ve doğrulama çalışmaları için kullanılmıştır (Şekil 4). SAR ve optik görüntüler ile Zonguldak'ta gerçekleştirilen SYM üretimi çalışmaları dağlık, engebeli ve ormanlık alanlardaki çalışmaların önemini ortaya koymuştur. SAM üretimi PCI Geomatica ve BLUH yazılımları ile gerçekleştirilirken, filtreleme ve doğrulama işlemleri için BLUH yazılımı kullanılmıştır.



4.3. Bilgi İçeriği

Görüntülerin geometrik çözünürlüğü arttıkça nesne çıkarımı işlemleri doğru ve kolay yapılabilmektedir. Radyometrik ve spektral çözünürlüğün yüksek olması, nesne tanıma ve sınıflandırma için çok önemlidir. Bilgi içeriği kapsamında etkin YÖA (Yer Örnekleme Aralığı) değerinin belirlenmesi gerekir. Nesne tanıma başarımı, topografik ve atmosferik koşullara, nesne dokusuna, güneş yükseklik ve azimut açalarına bağlıdır. Pankromatik ve çok bantlı görüntülerin (Landsat 7 ETM+, ASTER, OrbView-3, TK-350, KVR-1000, SPOT-5, IRS-1C, Kompsat-1, Bilsat-1, IKONOS, QuickBird ve Pléiades-1A) bilgi içeriği araştırmasının özeti Şekil 5’de verilmiştir. Genel bir kural olarak, görsel yorumlama ölçüm hassasiyeti 0.25mm’dir ve bir nesne 3×3 ya da 5×5 pikseller ile tanımlanabilir. Bu genel durum göz önünde bulundurulduğunda aşağıdaki YÖA ile baskı harita ölçeği arasındaki aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

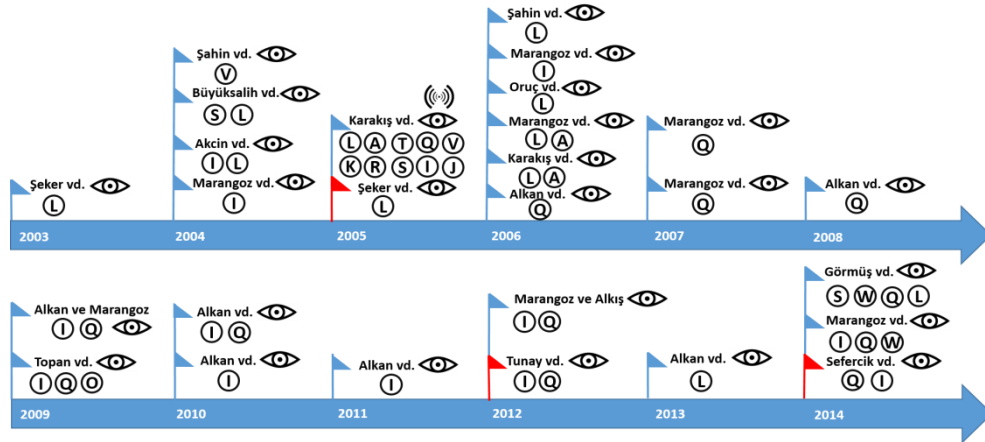
$$GSD = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}\right) \times 0.25mm \times scale \quad (1)$$



Şekil 5. Bilgi içeriği çalışmalarının özeti.

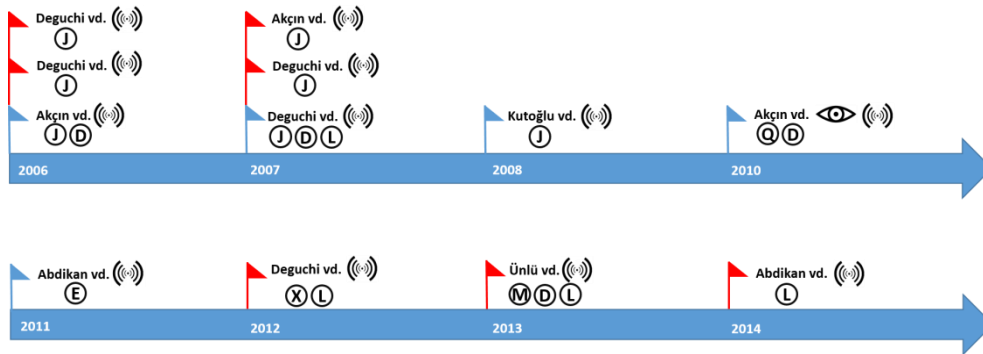
4.4. Nesne Çıkarımı

İzdüşüm piksel boyutu ve YÖA geometrik çözünürlüğü tanımlayan iki önemli terimdir. İlk terim izdüşüm pikselinin fiziksel boyutunu, ikincisi ise yeryüzüne yansıtılan komşu piksellerin merkezleri arası mesafeyi ifade eder. Etkin YÖA nesne çıkarımının başarımını etkilemesi açısından belirlenmesi gereken bir değerdir. Elle ve otomatik nesne tabanlı görüntü analizi gibi nesne çıkarım yöntemleri, yeryüzüne ait zamansal değişiklikleri tespit etmek için yaygın olarak uzaktan algılama uygulamalarında kullanılmaktadır. Elle çıkarım yöntemi görüntülerin ekranda elle sayısallaştırma işlemidir. Otomatik çıkarım yöntemi ise elle çıkarıma göre daha hızlıdır; ancak yine de kullanıcının müdahalesi gerekmektedir. İncelenen yayınlarda, nesne tanıma ve çıkarımı işlemi için eCognition yazılımının kullanıldığı görülmektedir. Landsat, SPOT, ASTER ve KVR-1000 gibi uydu verilerinin sınıflandırma doğruluğu %70-%80 arasındadır. IKONOS, QuickBird ve OrbView-3 gibi 1m çözünürlüğe sahip algılayıcıların genel doğruluğu %80-%90 arasında belirlenmiştir. 2000’li yılların sonlarına doğru cm mertebesinde çözünürlüğe sahip ticari uydular (WorldView, GeoEye) ile nesne çıkarımı zorlukları azalmış, genel doğruluk artmıştır. Bu konuda gerçekleştirilen çalışmaların özeti Şekil 6’da görülebilir.



4.5. Deformasyon İzleme

Bu çalışmalarda araştırmacılar Kozlu, Üzülmez ve Karadon gibi taş kömürü madenciliği yapılan alanlarda C ve L bant SAR verisi ve GPS ölçümleri ile uzun zamanlı tasman izleme sonuçları elde etmişlerdir. Yapılan çalışmalarda PSI (Persistent Scatterer Interferometry: Daimi Yansıtıcı İnterferometre) yöntemi kullanılmıştır. Yoğun orman alanlarında deformasyon belirlemek için L bandı gereklidir; bu yüzden araştırmacılar periyodik gözlemler için ALOS PALSAR ve JERS-1 algılayıcılarını tercih etmişlerdir. ENVISAT ASAR ve RADARSAT-1 gibi C bant dalga boyuna sahip algılayıcılar ile kentsel alanlarda meydana gelen tasmanlar belirlenmiştir. 2006 yılında PALSAR ile yapılan ilk çalışmalarda deformasyon yaklaşık 3-4 cm/46 gün olarak belirlenmiştir. Öte yandan ALOS PALSAR kullanarak aynı çalışma alanında yapılan diğer çalışmalarda deformasyon ortalama olarak 20-40 mm/yıl olarak belirlenmiştir. Şekil 7’de özetlenen bu çalışmalar çeşitli ticari ve akademik yazılımlarla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Deformasyon izleme çalışmalarının özeti.

5. SONUÇLAR

Dağlık ve farklı örtü ve kullanıma sahip araziler konumsal analiz için uygun test alanlarıdır alanlardır. Bu nedenle Zonguldak şehir merkezi ve çevresi, farklı arazi örtü ve kullanım tiplerini, yoğun ormanlık ve kentsel alanları içermesi; ayrıca yerüstü ve yeraltı madencilik sahaları, termik santral gibi endüstri yapıları içermesi bakımından önemli bir test alanıdır. Bu çalışmada Zonguldak ve çevresindeki alanlarda gerçekleştirilmiş konuma bağlı bilgi üretimi çalışmalarını içeren 120’den fazla bilimsel yayın incelenmiştir. Belirtilen çalışmalarda Zonguldak test alanında pek çok konumsal analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar sistematik geometrik hataların giderilmesi, 2/3B konum doğruluğu değerlendirmesi, SYM ve SAM üretimi ve doğrulaması, ortogörüntü üretimi, bilgi içeriğinin belirlenmesi, görüntü sınıflandırma, otomatik özellik çıkarımı ve nesne tanımlama, pan-keskinleştirilmiş görüntü üretimi ve kalite değerlendirmesi, arazi kullanım-arazi örtü değişim analizi ve deformasyon izleme gibi analizleri içermektedir. ASTER, Bilsat-1, IKONOS, IRS-1C, KOMPSAT-1, KVR-1000, Landsat-3-5-7, Orbview-3, QuickBird, Pleiades, SPOT-5, TK-350, RADARSAT-1, WorldView-1-2 gibi pankromatik ve çok bantlı optik uydu görüntüleri ile JERS-1, Envisat ASAR, TerraSAR-X, ALOS PALSAR ve SRTM gibi radar görüntüleri kullanılmıştır. Bu çalışmalar Bülent Ecevit Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Bölümleri ve Hannover Üniversitesi Fotogrametri ve Geoinformasyon

Enstitüsü tarafından başarı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar TÜBİTAK, Üniversiteler, ESA, Airbus DS, ERSDAC (Japonya) ve Jülich Araştırma Merkezi (Almanya) tarafından finansal olarak desteklenmiştir. Fakülte üyeleri ile gerçekleştirilen bu tür çalışmalar, Zonguldak'ın önemli bir test alanı olduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Abdikan, S., Arıkan, M., Şanlı, F.B., Çakır, Z., 2014, Monitoring of coal mining subsidence in peri-urban area of Zonguldak city (NW Turkey) with persistent scatterer interferometry using ALOS-PALSAR. *Environmental Earth Sciences*, 71, 4081-4089.

Abdikan, S., Hooper, A., Arıkan, M., Balık Şanlı, F., Çakır, Z., Kemaldere, H., 2011, InSAR time series analysis of coal mining in Zonguldak city, Northwestern Turkey, *Fringe Workshop 2011*, European Space Agency (Special Publication) SP-696, Frascati, Italy, 19-23 September 2011

Akçın, H., Deguchi, T., Kutoğlu, H., 2006, Monitoring Mining Induced Subsidence Using GPS and InSAR, *Proceedings of 23rd FIG Congress*, October 8-13. Munich, pp. 1-12.

Akçın, H., Karakış, S., Büyüksalih, G., Oruç, M., 2004, GIS based analysis of landcover changes arising from coal production wastes in Zonguldak Metropolitan area-Turkey, *ISPRS 2004*, Istanbul, 12-23 July 2004,

Akçın, H., Kutoğlu, H., Deguchi, T., Köksal, E., 2010, Monitoring subsidence effects in the urban area of Zonguldak Hardcoal Basin of Turkey by InSAR-GIS integration. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, 1807.

Akçın, H., Kutoğlu, S., Deguchi, T., 2007, Integrating GPS and SAR: Monitoring Coal-field Subsidence. *GIM International*, 21, 41.

Alkan, M., Arca, D., Bayık, Ç., Marangoz, A., 2011, Updating Object for GIS Database Information Using High Resolution Satellite Images: a Case Study Zonguldak, *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3819, 1-6.

Alkan, M., Marangoz, A.M., 2009, Creating cadastral maps in rural and urban areas of using high resolution satellite imagery, Applied Geo-informatics for Society and Environment-Stuttgart University of Applied Sciences.

Alkan, M., Marangoz, A.M., Karakış, S., Büyüksalih, G., 2006, Verification of automatic and manual road extraction methods using Quickbird imagery. *ISPRS Archives*, 36, 4.

Alkan, M., Oruç, M., Kayabaşı, D., Sefercik, U.G., 2010, Spatial and Temporal GIS Analysis of Change Detection Using Ikonos Images: a Case Study of Zonguldak, *ISPRS Istanbul Workshop 2010 on Modeling of optical airborne and spaceborne Sensors*, WG I/4, Oct. 11-13, IAPRS Vol. XXXVIII-1/W17.

Alkan, M., Oruç, M., Yıldırım, Y., Şeker, D., Jacobsen, K., 2013, Monitoring Spatial and Temporal Land Use/Cover Changes; a Case Study in Western Black Sea Region of Turkey. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 41, 587-596.

Alkan, M., Sefercik, U.G., Marangoz, A.M., Karakış, S., 2010, Updating object for topographic map information using high resolution satellite images of Zonguldak Test field, *30th Annual Symposium of Earsel*, pp. 683-690.

Alkan, M., Sefercik, U.G., Oruç, M., 2008, Integration of High Resolution Quickbird Images to Google Earth, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B2. Beijing 2008, 727-732.

Bayık, Ç., Topan, H., Özendi, M., Oruç, M., Cam, A., Abdikan, S., Geospatial Analysis Using Remote Sensing Images: Case Studies of Zonguldak Test Field. XXIII ISPRS Congress (ISPRS 2016), 12-19 June 2016, Prague, Czech Republic.

Büyüksalih, G., Akçın, H., Jacobsen, K., 2006, Geometry of OrbView-3 images, Proc. ISPRS Topographic Mapping Space—(With Special Emphasis on Small Satellites), 2006,

Büyüksalih, G., Akçın, H., Marangoz, A., Jacobsen, K., 2005, Potential of KOMPSAT-1 for mapping purposes, *EARSeL Symposium*, Porto.

- Büyüksalih, G., Koçak, M., Oruç, M., Akçın, H., Jacobsen, K.,** 2003, Handling of IKONOS-images from Orientation up to DEM Generation”, Joint Workshop “High Resolution Mapping from Space.
- Büyüksalih, G., Koçak, G., Oruç, M., Akçın, H., Jacobsen, K.,** 2004, Accuracy analysis, DEM generation and validation using russian tk-350 stereo-images, *The Photogrammetric Record*, 19, 200-218.
- Büyüksalih, G., Koçak, G., Topan, H., Oruç, M., Marangoz, A.,** 2005, SPOT revisited: accuracy assessment, DEM generation and validation from stereo SPOT 5 HRG images. *The Photogrammetric Record*, 20, 130-146.
- Büyüksalih, G., Marangoz, A.M., Jacobsen, K.,** 2005, Generation and analysis of height models based on satellite information”, Zonguldak Karaelmas University/University of Hannover.
- Büyüksalih, I., Öncü, S., Akçın, H.,** 2004b. Investigation of Time-Dependent Changes of Filyos River and its Delta in the Black Sea Coastal Zone by Temporal GIS. 171-177.
- Büyüksalih, G., Oruç, M., Jacobsen, K.,** 2007, Investigation of BILSAT-1 imagery, in: Gomarsca, M.A. (Ed.), Geoinformation in Europe. Millpress, Bolzano, Italy.
- Büyüksalih, G., Oruç, M., Topan, H., Jacobsen, K.,** 2004, Geometric Accuracy Evaluation, DEM Generation and Validation for SPOT-5 Level 1B Stereo Scene, EARSeL Workshop “Remote Sensing for Developing Countries, Cairo
- Cam, A., Topan, H., Oruç, M., Özendi, M., Bayık, Ç.,** 2016, Geometric and Radiometric Evaluation of RASAT Image, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B1, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic.
- Deguchi, T., Kato, M., Akçın, H.,** 2007, Monitoring of mining induced land subsidence using L-and C-band SAR interferometry, 2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 2122-2125.
- Deguchi, T., Kato, M., Akçın, H., Kutoğlu, H.S.,** 2006, Automatic processing of Interferometric SAR and accuracy of surface deformation measurement, Remote Sensing. *International Society for Optics and Photonics*, pp. 636309-636309-636308.
- Deguchi, T., Kato, M., Akçın, H., Kutoğlu, H.,** 2007, Monitoring of mining induced land deformation by interferometry using L-and C-band SAR Data, ISPRS Commission VII WG2 & WG7 conference on information extraction from SAR and optical data, with emphasis on developing countries. Citeseer, pp. 16-18.
- Deguchi, T., Kutoğlu, H.,** 2012, Monitoring of mining-induced land subsidence by PALSAR and TerraSAR-X, *SPIE Remote Sensing. International Society for Optics and Photonics*, pp. 853611-853611-853617.
- Deguchi, T., Maruyama, Y., Kato, M., Akçın, H.,** 2006, Application of L-band InSAR for measurement of local surface deformation by underground coal mining. *Journal of Remote Sensing Society of Japan*, 26, 391-398.
- Görmüş, K.S., Marangoz, A.M., Oruç, M., Şekertekin, A.,** 2014, Temporal analysis and environmental effects of ash dam construction of Çatalağzı thermoelectric power plant (ÇATES), South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics, Vo3, No2S.
- Jacobsen, K., Büyüksalih, G., Marangoz, A.M., Sefercik, U.G., Büyüksalih, I.,** 2005, Geometric conditions of space imagery for mapping, Recent Advances in Space Technologies, 2005, RAST 2005, Proceedings of 2nd International Conference on. IEEE, pp. 511-516.
- Jacobsen, K., Büyüksalih, G., Topan, H.,** 2005, Geometric models for the orientation of high resolution optical satellite sensors, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 36, 1.
- Jacobsen, K., Topan, H.,** 2015, DEM Generation with Short Base Length Pleiades Triplet, ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 1, 81-86.
- Jacobsen, K., Topan, H., Cam, A., Özendi, M., Oruç, M.,** 2014, Radiometric and geometric characteristics of Pleiades images, The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL.1: 173-177. Gottingen: Copernicus GmbH.

- Karakış, S., Marangoz, A.M., Büyüksalih, G.,** 2006, Analysis of Segmentation Parameters in Ecognition Software Using High Resolution Quickbird MS Imagery, ISPRS Workshop on Topographic Mapping from Space, Ankara.
- Karakış, S., Topan, H., Büyüksalih, G., Marangoz, A.M., Jacobsen, K.,** 2005, Semantic Analysis of Space Imagery for Mapping Purposes, 2nd RAST Congress, İstanbul.
- Kutoğlu, H., Akçın, H., Deguchi, T., Kemaldere, H.,** 2008, Detecting Illegal Mining Activities Using DInSAR. Integrating Generations FIG Working Week, 14-19.
- Marangoz, A.M., Alkış, Z.,** 2012, Detection of Urban Details and Map Updating from Satellite Images Using Object-Based Image Classification Methods and Integration to GIS, 4th GEographic Object-Based Image Analysis Conference-GEOBIA, pp. 07-09.
- Marangoz, A.M., Alkış, Z., Karakış, S.,** 2007, Evaluation of information content and feature extraction capability of very high resolution pan-sharpened QuickBird image, Conference on Information Extraction from SAR and Optical Data, with emphasis on Developing Countries, pp. 16-18.
- Marangoz, A.M., Büyüksalih, G., Büyüksalih, I., Sefercik, U., Akçın, H.,** 2005, Geometric evaluation, automated DEM and orthoimage generation from along-track stereo ASTER images, Recent Advances in Space Technologies, 2005, RAST 2005, Proceedings of 2nd International Conference on. IEEE, pp. 505-510.
- Marangoz, A.M., Karakış, S., Akçın, H.,** 2007, Object-based automatic classification of urban open green areas using high resolution QuickBird imagery and integration to GIS, 27th EARSeL Symposium on Geoinformation in Europe, EURAC Research, Bolzano, Italy, pp. 04-07.
- Marangoz, A.M., Karakış, S., Oruç, M.,** 2006, Analysis of Object-Oriented Classification Results Derived From Pan-sharpened LANDSAT 7 ETM+ and ASTER Images, *ASPRS, Ankara Workshop*, pp. 47-50.
- Marangoz, A.M., Karakış, S., Oruç, M., Şahin, H., Sefercik, U.G., Topan, H., Büyüksalih, G.,** 2006, 3D Cultural Heritage Documentation of Safranbolu Test Site Using High Resolution Satellite Imagery, EARSeL SIG Urban Remote Sensing.
- Marangoz, A.M., Oruç, M., Büyüksalih, G.,** 2004, Object-Oriented Image Analysis and Semantic Network for Extracting the Roads and Buildings from Ikonos Pan-Sharpended Images, Proceedings of the 20th ISPRS Congress, İstanbul, Turkey.
- Marangoz, A.M., Oruç, M., Şekertekin, A., Görmüş, K.S.,** 2014, Investigation of temporal changes of Urban objects using Object-based image analysis, South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics, Vo3, No2S.
- Oruç, M., Marangoz, A.M., Büyüksalih, G.,** 2006, Comparison of Pixel-Based and Object-Oriented Classification Approaches Using Landsat-7 ETM Spectral Bands, Paper presented at the conference of the ISPRS. İstanbul, Turkey.
- Özendi, M., Topan, H., Oruç, M., Cam, A.,** 2015, Pan-sharpening quality investigation of PLÉIADES-1A images. *Geocarto International*, 1-10.
- Şahin, H., Büyüksalih, G., Akçın, H., Topan, H., Karakış, S., Marangoz, A.M.,** 2004, Information Content Analysis of KVR-1000 Ortho-Image Based On The Available Topographic Maps In The GIS Environment, EARSEL Workshop on Remote Sensing for Developing Countries, Cairo.
- Şahin, H., Oruç, M., Büyüksalih, G.,** 2006, Temporal Analysis of Multi Epoch Landsat Geocover Images in Zonguldak Testfield, ISPRS Ankara Workshop.
- Şahin, H., Topan, H., Karakış, S., Marangoz, A.M.,** 2004, Comparison of object oriented image analysis and manual digitizing for feature extraction, Proceedings of the ISPRS 2004 annual conference, İstanbul, Turkey. July, pp. 19-23.
- Sefercik, U.G.,** 2007, Comparison of DEM accuracies generated by various methods, Recent Advances in Space Technologies, 2007, RAST'07. 3rd International Conference on. IEEE, pp. 379-382.

- Sefercik, U.G.**, 2012, Performance estimation of ASTER global DEM depending upon the terrain inclination. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 40, 565-576.
- Sefercik, U.G., Alkan, M.**, 2009, Advanced analysis of differences between C and X bands using SRTM data for mountainous topography. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37, 335-349.
- Sefercik, U.G., Bayık, Ç., Karakiş, S., Jacobsen, K.**, 2011, Morphologic quality of DSMs based on optical and radar space imagery, ISPRS Hannover Workshop, Hannover, Germany.
- Sefercik, U., Jacobsen, K.**, 2006, Analysis of SRTM height models. *Turkish-German Geodetic Days*, Berlin.
- Sefercik, U.G., Jacobsen, K.**, 2007, Quality assessment of INSAR digital elevation models, *27th EARSeL Symposium: Geoinformation in Europe*, Bolzano, pp. 4-7.
- Sefercik, U.G., Jacobsen, K., Oruç, M., Marangoz, A.M.**, 2007, Comparison of SPOT, SRTM, and ASTER DEMs, Proc. International Society of Photogrammetry and Remote Sensing 36, W51.
- Sefercik, U.G., Karakiş, S., Bayık, Ç., Alkan, M., Yastıklı, N.**, 2014, Contribution of Normalized DSM to Automatic Building Extraction from HR Mono Optical Satellite Imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 47, 575-591.
- Sefercik, U.G., Oruç, M., Alkan, M.**, 2008, Adaptation of high resolution IKONOS images to Google Earth for Zonguldak test field, *FIG Annual Conference*.
- Sefercik, U.G., Soergel, U.**, 2010, Evaluation of DEMs derived by TerraSAR-X InSAR data, Earsel symposium remote sensing for science, education, and natural and cultural heritage, Paris, France.
- Şeker, D.Z., Kaya, S., Musaoğlu, N., Kabdaşlı, S., Yuasa, A., Duran, Z.**, 2005, Investigation of meandering in Filyos River by means of satellite sensor data. *Hydrological Processes*, 19, 1497-1508.
- Şeker, D.Z., Kaya, S., Musaoğlu, N., Tanık, A., Kabdaşlı, S.A., Ünal, E.**, 2003, "Remote Sensing Aided Quantitative Analysis of Freshwater Flume of Filyos River in the Black Sea".
- Topan, H.**, 2011, GeoEtrim: Geospatial evaluation and training of images, Recent Advances in Space Technologies (RAST), 2011 5th International Conference on. IEEE, pp. 142-147.
- Topan, H.**, 2013, First experience with figure condition analysis aided bias compensated rational function model for georeferencing of high resolution satellite images. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 41, 807-818.
- Topan, H., Büyüksalih, G., Jacobsen, K.**, 2004, Comparison of information contents of high resolution space images, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 35(B4): 583–588.
- Topan, H., Büyüksalih, G., Jacobsen, K.**, 2005, Information contents of high resolution satellite images, *EARSeL 3D-Remote Sensing Workshop*, Porto.
- Topan, H., Büyüksalih, G., Jacobsen, K.**, 2006, Information contents of OrbView-3 for topographic mapping, ISPRS Ankara Workshop 2006 Topographic Mapping from Space (with Special Emphasis on Small Satellite), Ankara, 14-16 February.
- Topan, H., Büyüksalih, G., Maktav, D.**, 2007, Mapping Potential of Orbview-3 Panchromatic Image in Mountainous Urban Areas: Results of Zonguldak Test-Field, Urban Remote Sensing Joint Event, 2007, IEEE, pp. 1-6.
- Topan, H., Cam, A., Özendi, M., Oruç, M., Jacobsen, K., Taşkanat, T.**, 2016, Pleiades Project: Assessment of Georeferencing Accuracy, Image Quality, Pansharpening Performance and DSM/DTM Quality, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B1, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic.
- Topan, H., Kutoğlu, H.S.**, 2009, Georeferencing accuracy assessment of high-resolution satellite images using figure condition method. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47, 1256-1261.

- Topan, H., Maktav, D.,** 2014, Efficiency of orientation parameters on georeferencing accuracy of SPOT-5 HRG level-1A stereoisages. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52, 3683-3694.
- Topan, H., Maktav, D., Jacobsen, K., Büyüksalih, G.,** 2006, Mapping Potential of High Resolution Space Images in Mountainous Urban Areas, ISPRS International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 35, Part 8, Remote Sensing Applications for a Sustainable Future, Haifa (Israel), 1-3 September.
- Topan, H., Maktav, D., Jacobsen, K., Büyüksalih, G.,** 2009, Information content of optical satellite images for topographic mapping. *International Journal of Remote Sensing*, 30, 1819-1827.
- Topan, H., Oruç, M., Jacobsen, K.,** 2009, Potential of manual and automatic feature extraction from high resolution space images in mountainous urban areas, ISPRS Hannover Workshop.
- Topan, H., Oruç, M., Taşkanat, T., Cam, A.,** 2014, Combined Efficiency of RPC and DEM Accuracy on Georeferencing Accuracy of Orthoimage: Case Study With Pléiades Panchromatic Mono Image. *Geoscience and Remote Sensing Letters*, IEEE 11, 1148-1152.
- Topan, H., Özendi, M., Cam, A., Oruç, M.,** 2014, GeoETRIM, SharpQ And EPIX: Trio of Tools for Geospatial Image Analysis. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 1, 189-194.
- Topan, H., Taşkanat, T., Cam, A.,** 2013, Georeferencing accuracy assessment of Pléiades 1A images using rational function model, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-7/W2, ISPRS2013-SSG, pages: 251-256, 11 – 17 November.
- Tunay, M., Marangoz, A.M., Atesoglu, A., Akçın, H., Karakış, S.,** 2012, Sustainability in Urban Ecosystems and Detecting Urban Vegetation from Different Images Using an Object-Based Approach. *Sustainable Development – Education, Business and Management – Architecture and Building Construction – Agriculture and Food Security*, Editor: Dr. Chaouki Ghenai, ISBN: 978-953-51-0116-1.
- Ünlü, T., Akçın, H., Yılmaz, Ö.,** 2013, An integrated approach for the prediction of subsidence for coal mining basins. *Engineering Geology*, 166, 186-203