

UYDU GÖRÜNTÜLERİNDE HAVALİMANI İLGI BÖLGESİ TESPİTİ İÇİN BAĞLAM DEĞİŞMEZLERİNİN KULLANIMI

APPLICATION OF CONTEXT INVARIANTS IN AIRPORT REGION OF INTEREST DETECTION FOR MULTI-SPECTRAL SATELLITE IMAGERY

Orhan Fırat, Okan Tarhan Tursun, Fatoş T. Yarman Vural

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara
{orhan.firat,tarhan,vural}@ceng.metu.edu.tr

ÖZETÇE

Literatürde, uydu görüntülerinden hedef tespiti için hedef sınıfa özel birçok yöntem bulunmaktadır. Zira birçok hedef için sınıf içi varyans büyüktür. Bu durum genelleme sonrası performansı düşürmektedir. Havalimanı, uydu görüntülerinde sınıf içi varyansı oldukça fazla olan bir hedeftir. Bu varyansı yaratan, havalimanlarının farklı kompozisyonlarda gözlemlenmeleridir. Bu nedenle havalimanlarını belirli bölge ve kompozisyonda tespit etmeye önerilen yaklaşımlar ya başarısız olmakta ya da farklı bölge ve görüntüler için kullanılamamaktadırlar. Bağlamsal değişmezler, hedef tanıma algoritmalarının değişen kompozisyonlar ve bölgeler için geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu çalışmada, havalimanı ilgi bölgesi tespiti için bağlamsal değişmezler önerilmiş ve değişen bölge, iklim ve kompozisyonlarda güçlü ve güvenilir algoritma geliştirmede bağlam değişmezliğinin önemli bir rol aldığı gözlemlenmiştir.

ABSTRACT

In literature, many target-specific methods are available for target detection on satellite images. Yet for many targets, intra-class variance is high. This situation results in decreased detection performance after generalization. Airfield is one of the targets with high intra-class variance in satellite images. This variance is caused by different compositions observed in airfields. Hence, approaches which aim at detecting airfields in specific regions and compositions are either unsuccessful or inapplicable to images taken from different regions. Context invariants make it possible to generalize target detection algorithms for varying target compositions and regions. In this study, context invariants are proposed for airfield region-of-interest detection and it is observed that context invariance plays an important role in developing robust and reliable algorithm for varying region, climate and compositions.

1. GİRİŞ

Uydu görüntülerindeki nesnelere görüntünün cinsine, coğrafi bölgenin özelliklerine, görüntülerin elde edildiği zamana göre çok büyük bir çeşitlilik gösterirler. Aynı sınıfta bulunan iki veya daha fazla nesne oldukça farklı yansıma karakteristiği, doku, renk yapısı, yerel komşuluk, boyut, şekil ve kompozisyonda bulunabilmektedirler. Uydu görüntülerinden hedef tespit etmek amacıyla geliştirilen algoritmalar sınıf içerisinde gözlemlenebilecek bu tür değişikliklere karşı gürbüz değildir. Geliştirilen algoritmaların çoğu sadece verilen bir tek imgede çalışmakta, bu da algoritmaların güvenilirliği konusunda önemli sorunlar yaratmaktadır. Literatürdeki yöntemler, tespit edilmesi beklenen hedefe göre büyük değişimler gösterirler. Çoğu kez geliştirilen yöntemler sadece özellikleri sınırlı bir coğrafi bölge içerisinde ve sadece belirli parametreler altında yeterli tanıma yapabilirler.

Şekil 1 uydu görüntülerinde yüksek sınıf-içi çeşitlilik gösteren havalimanı hedefi örneklerini göstermektedir. Havalimanları Şekil 1 de görüldüğü üzere deniz kenarında, çölde, karlı iklim koşullarında, yeşil alanla, çıplak araziyle veya şehir bölgesiyle çevrelenmiş olabilmektedir. Ayrıca, havalimanlarını oluşturan pist, park alanı, taksirut vb. alt-parçalar göz önünde bulundurulduğunda çok büyük çeşitlilik göstermektedirler.

Nesne tanıma-sınıflandırma problemlerinde bahsedilmiş olan yüksek sınıf-içi varyansla başa çıkabilmek, görüntü işlemenin temel problemlerinden biridir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için geliştirilen yaklaşımlar düşük düzeyli bilgi içeriğine sahip öznitelikler ile üst düzey anlamsal bilgi içeren sınıf etiketleri arasındaki semantik-boşluğu doldurabilecek yeterlilikte olmalıdırlar. Semantik-boşluğun bir tarafında yüksek-düzeyle kavram şemaları ve ontolojiler bulunmakta, diğer tarafında ise alt-düzeyle öznitelikler bulunmaktadır. Literatürde semantik-boşluğu doldurmaya yönelik pek çok çalışma bulunmaktadır [1][2]. Biz bu çalışmada, literatürdeki mevcut anlamsal yaklaşımlardan biraz daha farklı bir yöntem izledik. Nesnelere ile öznitelikleri arasındaki semantik boşluğu dolduracağımıza aranan nesnelere ilişkin düşük düzeyli matematiksel değişmezler bulmaya çalıştık. Bu değişmezler nesnenin içinde dışında ya da nesne ile ilgili olan başka nesnelere de özelliklerini içerebilirler. Örneğin; gemi ile ilgili bir değişmez onun çevresini kaplayan su olabileceği gibi, bina ile ilgili bir değişmez onun belli bir yön ve büyüklükteki gölgesi olabilir.



Şekil 1-Uydu görüntülerinde havalimanı örnekleri.

Bu çalışmada yüksek-düzeyle bağlam değişmezleri düşük-düzeyle öznelilik seçiminde karşılıklı olarak kullanılarak semantik-boşluk doldurulmaya çalışılmış ve görüntü değişkenleri ile sınıf-içi varyansın büyüklüğüne karşı güvenilir bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Literatürdeki havalimanı ilgi alanı bulunması yöntemleri genellikle çizgi bulma esasına dayanmaktadır [3][4]. Bu yöntemler, görüntüdeki başlıca çizgileri bularak analiz etme yaklaşımını izlemektedirler. Görüntü üzerinde havalimanına aday olabilecek uzunluktaki çizgiler alan-uzmanı tarafından sağlanan bilgi ve/veya kural tabanlı sistemlerle tespit edilmekte ve havalimanına ait olmayan çizgiler de çeşitli yöntemler ile elenmektedir. Bunun yanı sıra, yerel anahtar nokta eğitimi, örneğin; ölçekten bağımsız öznelilik dönüşümü (SIFT), noktalarının eğitilmesi ile ilgi alanını bulabilen algoritmalar da mevcuttur [5]. Bu çalışmalarda, düşük-düzeyle öznelilikler ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak havalimanı bölgesi tespit edilmektedir. Bir diğer yaklaşımda ise yarı denetimli ya da tam denetimli algoritmalar eğitilerek görüntü sayısı-çeşitliliğine ve/veya test kümesine bağlı olarak performansların artırılmasına çalışılmaktadır.

Bu çalışmada havalimanı ilgi bölgesi bulunması amacıyla *bağlamsal değişmezlik* kavramı kullanılmıştır. Çevresel konum ve kendisini oluşturan alt parçalar bakımından çok farklı bölgelerden alınmış görüntüler kullanılarak yüksek-düzeyle *bağlam değişmezleri*, düşük-düzeyle öznelilikler kullanılarak ayıklanmıştır. Bildirinin devamı şu şekilde düzenlenmiştir. *Bağlam Değişmezliği* başlığında değişmezlik kavramı matematiksel olarak açıklanarak, *bağlam değişmezliği* tanıtılmıştır, algoritma ve sonuçlar *Havalimanı İlgi Alanı Bölgesi Bulunması* başlığı altında sunulmuş ve son olarak *Sonuç* bölümünde algoritmanın değerlendirilmesi ve geliştirilebilecek yöntemler tartışılmıştır.

2. BAĞLAM DEĞİŞMEZLİĞİ

Bağlam değişmezliği öncelikle değişmezlik kavramının matematiksel olarak açıklanması ile ifade edilmiş ardından ise havalimanı ilgi bölgesi tespitinde kullanılan *bağlam değişmezleri* incelenmiştir.

A bir küme ve $T: A \rightarrow A'$ bu set üzerinde tanımlı bir dönüşüm olmak üzere, eğer herhangi bir $x \in A$, T altında değişime uğramıyorsa, x , T altında bir *değişmez* olarak tanımlanır. Değişmezlik kavramı nesne sınıflandırılarda çok önemli bir yer teşkil etmektedir. Bunun nedeni ise *değişmezlerin* ilgili nesnenin farklılık gösteren tüm çevresel

değişkenler altında değişmeyen esas özneliliği olmasıdır. *Bağlam değişmezliği* ise, aranan nesnenin bağlamsal olarak tanımlanmış tüm dönüşümler altında değişmeyen bir niteliğini tanımlamaktadır. Bir örnek vermek gerekirse; uydu görüntülerindeki havalimanları incelendiğinde bağlamsal olarak tanımlanan dönüşümler şunlar olabilir: Havalimanında en az bir adet pist bulunmalıdır. Ayrıca, pistin çevresindeki yeşil alanda ağaç bulunmaz. Birden fazla pist bulunan havalimanlarında pistler taksirutlar ile birbirine bağlanırlar. Bu değişmezleri matematiksel olarak ifade edebilmek her zaman mümkün olmayabilir. Herhangi bir nesne ile ilgili olarak belirlenen bağlam değişmezinin kullanılabilmesi için ise mutlaka matematiksel olarak tanımlanması gerekmektedir.

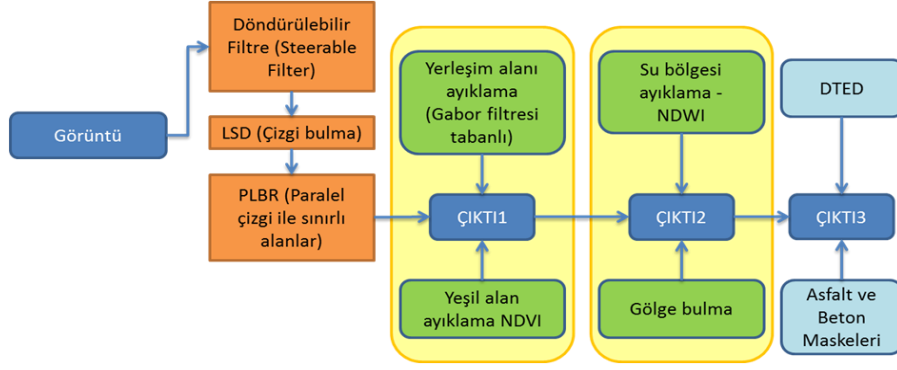
Bu çalışmada *değişmezlik* seçimi için bağlam değişmezleri üzerinde tanımlı dönüşümler göz önüne alınmıştır. *Paralel Çizgi ile Sınırlı Bölge* (PÇSB) havalimanı hedefi için *bağlamsal değişmez* olarak seçilmiştir. PÇSB'lerin yüksek-düzeyle bir *bağlam değişmezi* olduğu değişen çevresel konfigürasyonlar ve alt-parçalar göz önüne alındığında görülmektedir. *Bağlam değişmezleri*, hedef sınıfın çevresiyle ve kendisini oluşturan alt-parçalarıyla olan ilişkisini anlamlı bir şekilde ifade edebildiği ölçüde öznelilikler arasında ön plana çıkar. Bu sayede *bağlamsal değişmez* bir öznelilik değil, özneliliklerin seçiminde kullanılabilecek yüksek-düzeyle bir bilgi kaynağı haline gelir. Literatürdeki çalışmaların aksine sadece çizgisel özneliliklerin değil, yüksek-düzeyle bir *bağlam değişmezi* kullanılarak pek çok öznelilik bu kapsamda incelenerek ayıklama işleminde kullanılabilir. *Bağlam değişmezi* seçimi farklı hedef sınıfları için değişebilir ve değişimin geçerliliğinin sınanması gereklidir. Ancak, bu analizler, şu aşamada bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

3. HAVALIMANI İLGI BÖLGESİ BULUNMASI

Havalimanı ilgi bölgesi bulma algoritması, çok bantlı bir uydu görüntüsünde olası havalimanlarının yaklaşık koordinatlarını bulmak için geliştirilmiştir. Görüntü üzerinde çizgileri vurgulayacak bir filtreleme işlemi uygulamayı takiben ana çizgiler bulunmaktadır. Literatürden farklı olarak ana çizgiler bulduktan sonra bir önceki bölümde de bahsedildiği gibi PÇSB'ler bulunmaktadır. Bu nedenle geliştirilen ilgi alanı bulma algoritması havalimanına ait pisti yakalamaya yöneliktir. Görüntü üzerinde PÇSB bulma algoritması çalıştırıldıktan sonra çeşitli ayıklama yöntemleriyle yanlış tespitler elenerek piste karşılık gelen paralel çizgiler elde edilmektedir. Yanlış pozitiflerin ne kadar iyi elendiği seçilen *bağlam değişmezinin* aranan sınıf için ne kadar ayırt edici olarak seçildiğine bağlıdır. Havalimanlarının karakteristik özellikleri, alan uzmanlarınca sağlanan bilgiler ve örnek veriler incelendiğinde pistlere ait uzun ve paralel çizgilerin bu hedef sınıfı için *bağlam değişmezi* olarak kabul edilebileceğini göstermektedir.

İlgi alanı bulma algoritmasının adımları aşağıda özetlenmekte olup akış şeması şekil 2 üzerinde gösterilmiştir:

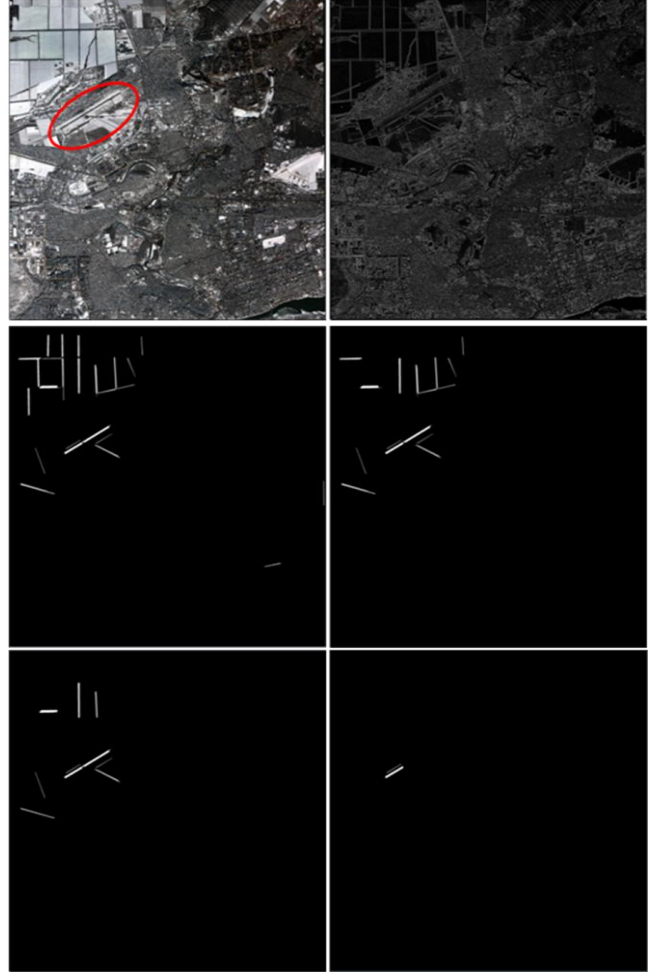
1. Görüntü üzerinde döndürülebilir süzgeç (Steerable Filter) [6] uygulanıp en fazla tepki alınan açının çıktısı alınır. Bu adım görüntü üzerinde doğrudan uygulandığında birçok gürültü çizgi çıkaracak olan çizgi bulma algoritmalarının dezavantajını ortadan kaldırmakta ve daha belirgin ve anlamlı çizgiler elde edilmektedir.



Şekil 2- Havalimanı İlgi Bölgesi Bulma Algoritması akış şeması.

- Adım (1)'deki çıktı üzerinde Çizgi Bulma (LSD - Line Segment Detector) [7] algoritması ile çizgi parçalarının başlangıç ve bitiş noktalarının koordinatları bulunur. Bu adımda ise çıkarılmış olan çizgilerden yalnızca doğrusal çizgi bölütlerinin bırakılması sağlanmaktadır.
- Adım (2)'de elde edilen çizgiler paralellik ilişkisine göre gruplanır. Paralel çizgiler birbirlerine 50 m'den (pist genişliği) daha yakınsa bu çizgilerin arasındaki pikseller *paralel çizgi ile sınırlı bölge* (PÇSB) olarak etiketlenerek PÇSB maskesi oluşturulur.
- Adım (3)'te elde edilen PÇSB'lerin her birinin girdi olan görüntüde kapsadığı alanda Gabor filtresi tabanlı yerleşim yeri dokusu [8] ve NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) tabanlı yeşil alan aranır. Yüksek tepki veren PÇSB'ler havalimanı hedefine ait olamayacağından maskeden çıkarılır.
- Adım (4)'te elde edilen maske üzerinde NDWI (Normalized Difference Water Index) su indeksi [9] ve gölge bulma algoritması [10] kullanılarak su ve gölge içeren PÇSB'ler havalimanına ait olamayacağından maskeden çıkarılır.
- Adım (5)'te elde edilen maskede kalan PÇSB'ler ana eksenleri doğrultusunda her iki yönde PÇSB uzunluğunun iki katına kadar uzatılır ve elde edilen çizgiler üzerinde 260 m (pist yaklaşma-kalkış temiz bölge genişliği) yarıçaplı dairesel maske ile biçim-bilimsel genişleme yapılır. Elde edilen alanların içindeki DTED (Digital Terrain Elevation Data) varyansı IKONOS görüntüleri için 7 m'den, GEOEYE görüntüleri için 5,1 m'den fazla ise söz konusu PÇSB maskeden çıkarılır. Pistin çevresinde uçağın iniş kalkış doğrultusunda engel teşkil edebilecek yapılar bulunmayacağından, bu özelliği sağlamayan bölgeler bu adımda elenir.
- Birçok farklı veriden toplanan toprak, kuru tarla, kaya, asfalt, beton ve kumsal örnekleriyle karar ağacı eğitilir. Kalan PÇSB'ler karar-ağacı tabanlı eğitim algoritmasınca bulunan asfalt ve beton sonuçları ile karşılaştırılarak asfalt ve beton içermeyenler maskeden çıkarılır. (Bu adımda dört bant spektral değerleri ve üçe üçlük komşulukta entropi ile standart sapma değerleri öznel olarak alınmıştır).

- Bütün bu ayıklama işlemleri sonucunda maskede kalan PÇSB'ler piste karşılık gelen ilgi alanları olarak etiketlenip kullanılırlar.



Şekil 3- Havalimanı İlgi Bölgesi Bulma Algoritması: Üst sıra(soldan-sağa) orijinal görüntü, Döndürülebilir filtre sonucu; Orta sıra(soldan-sağa) PÇSB maskesi, yerleşim alanı-bitki alanları ayıklanmış; Alt sıra(soldan-sağa)gölge ve su ayıklanmış, DTED ve asfalt kullanılarak ayıklama ile elde edilen nihai havalimanı ilgi alanı maskesi.

Tablo 1: Performans Sonuçları

Çıktı	Duyarlılık	Doğruluk
1	20	80.25
2	38.88	82.35
3	85	75

Havalimanı ilgi bölgesi bulma algoritması 26 adet 4 bantlı IKONOS ve GEOEYE görüntü üzerinde uygulanmıştır. Veri kümesi içerisinde toplam 20 adet meydan mevcut olup, 6 görüntüde ise meydan bulunmamaktadır. Üzerinde çalışılan görüntüler 4m yer-çözünürlüğünde olup, boyutları (~3000x5000) arasında değişmektedir. Geliştirilen algoritmadan elde edilen nihai sonuç (çıkıtı 3) ve ara çıktıların (çıkıtı 1 ve çıkıtı 2) performansları tablo 1 de özetlenmiş olup, örnek ara-çıkıtlar ve nihai sonuç ise şekil 3 de gösterilmiştir.

Veri kümesi içerisinde karla kaplı, çıplak arazi, orman-yeşil alan içerisinde, şehir-deniz kenarında olan ve birçok farklı iklim koşulunda elde edilmiş görüntüler kullanılmış olup; tek bir pist-taksirut-park alanı bulunan kompozisyonların yanı sıra, kesişen-paralel pistler, karmaşık taksirut-ağı ve çeşitli park-dağılma alanlarından oluşan kompozisyonlarda da pek çok havalimanı bulunmaktadır. Havalimanı ilgi bölgesi bulma algoritması nihai sonuç olarak %85 duyarlılık ve %75 doğruluğa ulaşmaktadır. Performans sonuçları, ilgi alanı bulma algoritmasının eğitimsiz çalışması ve sınıf-içi varyansın büyüklüğü göz önüne alındığında oldukça başarılı olup, gerçek hayat problemlerinde uygulanabilirliği, literatürdeki mevcut yaklaşımlara göre yüksektir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, havalimanı ilgi bölgesi tespiti için genel kabul görmüş, eğitimli yöntemler ve çizgi-görüntü işleme tarzı yöntemler yerine eğitimsiz ve *bağlam değişmezliği* kavramını kullanan bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma görüntü işlemenin temel problemlerinden biri olan semantik-boşluğu doldurmak amacıyla *bağlam değişmezliği* kavramını kullanmakta ve sınıf-içi varyansın yüksek olduğu durumlarda başarılı sonuç vermektedir. Elde edilen sonuçlar ara adımlarda kullanılan yeşil alan, yerleşim alanı, gölge, su, asfalt, beton ve DTED tespit algoritma çıktılarında öznelik uzayındaki varyasyondan kaynaklanan farklılıkların sebep olduğu etkileri azaltmıştır. Ayrıca, önerilen yöntem yüksek-düzye kavramların, düşük-düzye özneliklerle beraber kullanımı açısından yeni bir yaklaşım getirmektedir ve bu kapsamda yapılan ilk çalışmadır.

İlerleyen çalışmalarda, *bağlam değişmezlerinin* farklı hedef sınıfları için otomatik seçilmesi ve geçerlilik sınavının yapılması üzerine çalışılacaktır. Ayrıca, eğitime verisindeki artıştan yararlanmak amacıyla, bağlamsal ilişkileri aynı anda irdeleyecek bir çatı düşünülmektedir.

5. KAYNAKÇA

- [1] J. S. Hare, P. A. S. Sinclair, P. H. Lewis, K. Martinez, P. G. B. Enser, and C. J. Sandom, "Bridging the Semantic Gap in Multimedia Information Retrieval: Top-down and Bottom-up approaches." 20-Jun-2006.
- [2] M. R.-T. Lyu and I. King, "Bridging the Semantic Gap Between Image Contents and Tags," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 12, no. 5, pp. 462-473, Aug. 2010.
- [3] W. Qiu-Ting and B. Ye, "A new recognizing and understanding method of military airfield image based on geometric structure," in *2007 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition*, 2007, pp. 1241-1246.
- [4] S. Wang, Y. Fu, K. Xing, and X. Han, "A method of target recognition from remote sensing images," in *2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2009, pp. 3665-3670.
- [5] C. Tao, Y. Tan, H. Cai, and J. Tian, "Airport Detection From Large IKONOS Images Using Clustered SIFT Keypoints and Region Information," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 8, no. 1, pp. 128-132, Jan. 2011.
- [6] W. T. Freeman and E. H. Adelson, "The design and use of steerable filters," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 13, no. 9, pp. 891-906, 1991.
- [7] R. Grompone von Gioi, J. Jakubowicz, J.-M. Morel, and G. Randall, "LSD: a fast line segment detector with a false detection control.," *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 32, no. 4, pp. 722-32, Apr. 2010.
- [8] H. G. Feichtinger and T. Strohmer, *Gabor analysis and algorithms: theory and applications*. Birkhäuser, 1998, p. 496.
- [9] S. K. McFEETERS, "The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 17, no. 7, pp. 1425-1432, May 1996.
- [10] M. Teke, E. Başeski, A. Ö. Ok, B. Yüksel, and Ç. Şenaras, "Multi-spectral false color shadow detection," pp. 109-119, Oct. 2011.