

OPTİK GÖRÜNTÜLER İÇİN GERİ-İZLEME ARAMA OPTİMİZASYON ALGORİTMASI (BSA) VE FARK GÖRÜNTÜSÜ KOMBİNASYONU TABANLI YENİ BİR DEĞİŞİM SAPTAMA YAKLAŞIMI

Ümit Haluk ATASEVER¹, Pınar ÇİVİCİOĞLU², Erkan BEŞDOK³, Coşkun ÖZKAN⁴

¹Öğr. Gör., Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039. Kayseri, uhatasever@erciyes.edu.tr

²Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, Uçak Elektrik-Elektronik Bölümü, 38039. Kayseri, civici@erciyes.edu.tr

³Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039. Kayseri, cozkan@erciyes.edu.tr

⁴Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039. Kayseri, ebesdok@erciyes.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, optik görüntüler için oldukça basit ve etkin bir kontrolsüz değişim saptama yaklaşımı sunulmuştur. Yaklaşımın temelinde fark görüntülerinin kombinasyonu ve Geri-İzleme Arama Algoritması (BSA) ile değişim haritasının hesaplanması bulunmaktadır. İlk olarak standart fark alma ve logaritmik oran operatörleri kullanılarak fark görüntüleri elde edilir. Ardından bir kombinasyon fonksiyonu kullanılarak fark görüntülerinden tek boyutlu özellik uzayı hesaplanır. Üçüncü adım olarak özellik uzayına sırasıyla görüntünün yumuşatılması için wiener filtre ve kenar bilgilerinin muhafaza edilmesi için medyan filtre uygulanır. Filtreleme ile yerel tutarlılık ve kenar bilgisi muhafaza edilmiş olur. Daha sonra filtrelenmiş veriye min-maks normalizasyonu uygulanır. Son olarak normalize edilmiş veri, BSA kullanılarak değişim olan ve değişim olmayan pikseller olarak iki gruba ayrılır. Sunulan yaklaşımın etkinliği göstermek için, değişim saptama tekniklerinin başarısını belirlemek amacıyla sıkça tercih edilen Meksika ve Sardinia veri setleri kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar ile yaklaşımın optik görüntülerden kontrolsüz değişim belirleme için etkin bir metot olduğu ispatlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Değişim Saptama, Fark Görüntüsü Kombinasyonu, Geri-İzleme Arama Optimizasyon Algoritması

ABSTRACT

A NEW CHANGE DETECTION APPROACH BASED ON BACKTRACKING SEARCH OPTIMIZATION (BSA) ALGORITHM AND DIFFERENCE IMAGE COMBINATION FOR OPTICAL IMAGERY

In this study, a simple and effective unsupervised change detection approach is proposed for optical image data. The approach is based on difference image combination and determination of change detection map by Backtracking Search Optimization Algorithm (BSA). Firstly, difference images are calculated by standard absolute-valued difference operator and absolute-valued log-ratio difference operator. Then, one-dimensional feature space is determined from difference images using a combination function. Thirdly, the feature space is filtered, respectively, by wiener filter for image smoothing and by median filter for edge information preservation. Local consistency and edge information of feature space are preserved with this filtration step. After that, a min-max normalization is applied to the filtered feature space. Finally, the normalized data is clustered into two groups with BSA as changed and unchanged pixels. To show effectiveness of proposed approach, Mexico and Sardinia data sets, which are preferred to prove performance of change detection technics, are used. Experimental results show that proposed approach is effective for unsupervised change detection of optical imagery.

Keywords: Change Detection, Difference Image Combination, Backtracking Search Optimization Algorithm.

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama disiplininin en önemli çalışma konularından biri belirli bir bölgenin zamansal değişiminin incelenmesidir. Farklı zamanlarda elde edilen uydu görüntüleri kullanılarak bir bölgedeki arazi örtüsü veya arazi kullanımında meydana gelen farklılıklar tespit edilebilmektedir. Orman ve tarım alanlarının izlenmesi, arazi örtüsündeki değişimlerin belirlenmesi, orman yangını sonrası oluşabilecek alansal farkın belirlenmesi, kentsel değişimin ve doğal afetlerin izlenmesi gibi önemli problemlerin çözümünde değişim belirleme yaklaşımları etkin olarak kullanılmaktadır (Cihlar, J., vd., 1992; Ghosh, A., vd., 2007; Gopal, S., ve Woodcock, C., 1996). Değişim saptamada kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere iki temel yaklaşım vardır. Ancak çoğu zaman eğitim verisine ihtiyaç duyulmaması nedeniyle kontrolsüz değişim belirleme teknikleri kullanılırlar (Mishra, N., S., vd., 2012).

Değişim saptama için kullanılan yaklaşımlardan bir kısmı; farklı tarihlerdeki görüntülerden, fark görüntüsü, oran görüntüsü veya temel bileşenler analizi yardımıyla özellik uzayının hesaplanması ve ardından bu özellik uzayının bir kontrolsüz sınıflandırma tekniğiyle değişen ve değişmeyen alanlar olarak iki kümeye ayrılmasından ibarettir

(Ghosh, A., vd. 2007). Bu bilgiler ışığında özellik uzayının elde edilmesi için kullanılacak tekniğin ve özellik uzayından değişen ve değişmeyen alanların tespiti için kullanılacak kontrolsüz sınıflandırma yönteminin başarıları modelin genel doğruluğu için hayati önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, standart fark görüntüsü ile logaritmik oran görüntüleri bir kombinasyon fonksiyonu ile tek boyutlu özellik uzayına dönüştürülmüş ve Geri-İzleme Arama Optimizasyon Algoritması (BSA) ile kümeleme yapılarak değişen ve değişmeyen alanlar tespit edilmiştir. Kümeleme için BSA'nın kullanılmasının nedeni ise; yapılan birçok kümeleme uygulamasında yapay zeka optimizasyon algoritmalarının klasik kümeleme yöntemlerine (K-Means, FCM vb.) göre oldukça başarılı sonuçlar üretmesi ve Civicioglu tarafından sunulan makalede BSA'nın bir çok multimodal testte karşılaştırılan diğer algoritmalara üstünlük sağlamasıdır (Atasever, U., H., vd., 2011; Zou, W., vd., 2010; Karaboga, D. ve Ozturk, C., 2011; Civicioglu, P., 2012).

2. GERİ-İZLEME ARAMA OPTİMİZASYON ALGORİTMASI

Optimizasyon uygulamalı matematik ve mühendislik problemlerinde önemli araştırma konularından olmuştur. Optimizasyon algoritmaları farklı koşullarda sistem veya modele ait parametreler için en iyi değerleri bulmaya çalışır. Özellikle görüntü işleme, mekanik tasarım problemlerinde, sensör yerleştirme ve kısaca parametre kestirimini gerekli olduğu birçok problem türünde optimizasyon algoritmaları kullanılmaktadır (De Falco, I., vd., 2008; Civicioglu, P., 2012).

En sık kullanılan algoritmalar Diferansiyel Gelişim ve türevleri, Yapay Arı Kolonisi(ABC), Genetik, PSO ve türevleri olmuştur (Civicioglu, P., 2012). Bu çalışmada ise oldukça başarılı ve etkin bir algoritma olan Geri-İzleme Arama Optimizasyon Algoritması (BSA) tercih edilmiştir. BSA, popülasyon tabanlı iteratif bir optimizasyon algoritmasıdır. BSA temelde Başlangıç, Seleksiyon-I, Mutasyon, Çaprazlama Ve Seleksiyon-II olmak üzere beş kısımdan oluşur

Çizelge 1. BSA'nın Genel Yapısı

1. Başlama
Tekrarla
2. Seleksiyon-I
Geçici Popülasyonun Oluşturulması
3. Mutasyon
4. Çaprazlama
Dur
5. Seleksiyon-II
Durdurma Kriteri

2.1 Başlama

BSA'da popülasyon (*Pop*) şu şekilde oluşturulur:

$$Pop_{i,j} \sim U(low_j, up_j) \quad (1)$$

Eşitlikte $i = 1,2,3, \dots, N$ ve $j = 1,2,3, \dots, D$ olarak tanımlanır ve N ile D sırasıyla popülasyon büyüklüğü ve problem boyutudur. U ise uniform dağılıma uygun rastgele sayı üretim fonksiyonudur (Civicioglu, P., 2012).

2.2 Seleksiyon-II

BSA'nın Seleksiyon-I kısmında, arama doğrultusunu hesaplamak için kullanılacak eski popülasyon (*oldPop*) belirlenir. Başlama aşamasında eski popülasyon şu eşitlikle hesaplanır:

$$if a < b, \quad oldPop := Pop|a, b \sim U(0,1) \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de, $:=$ güncelleme operatörüdür. Eşitlikten de anlaşılacağı üzere, BSA bir hafızaya sahiptir. BSA daha önceki nesilden rastgele seçilmiş bir popülasyonu eski popülasyon (*oldPop*) olarak atar ve bu eski popülasyonu

değişene kadar hafızasında tutar. Ardından Eşitlik (3) kullanılarak $oldPop$ içindeki bireylerin sırası rastgele değiştirilir:

$$oldPop := RandShuff(oldPop) \quad (3)$$

Eşitlikte $RandShuff$ rastgele karıştırma fonksiyonudur (Civicioglu, P., 2012).

2.3 Mutasyon

BSA'da mutasyon işlemi Eşitlik (4) kullanılarak gerçekleştirilir.

$$MutantPop = P + F \cdot (oldPop - Pop) \quad (4)$$

Eşitlik (4)'de F arama doğrultusu matrisinin genliğini kontrol eder. Buradaki amaç önceki nesildeki deneyimlerin işleme kısmı olarak dahil edilmesidir. Civicioglu, F için $3 \cdot randn$ değerini önermiş ancak bu çalışmada $4 \cdot randn$ değerinin daha başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Eşitlikte $randn \sim SND(0,1)$ olarak tanımlanmıştır. SND ise standart normal dağılıma uygun 0 ile 1 arasında rastgele sayı üreten fonksiyondur (Civicioglu, P., 2012).

2.4 Çaprazlama

BSA'nın çaprazlama aşamasında deneme popülasyonunun (T_{pop}) son hali üretilir. Çaprazlama süreci iki aşamadan oluşur. Bunlardan ilki ikili sayı sisteminde tam değerli ve $N \cdot D$ büyüklüğünde bir matris (map) üretmektir. Bu matris ile T_{pop} bireyleri üzerinde değişiklik yapıp yapılmayacağına karar verilir. $map_{i,j}=1$ olması halinde $T_{pop}^{i,j} := P_{i,j}$ olacak şekilde güncellenir (Civicioglu, P., 2012).

2.5 Seleksiyon-II

Seleksiyon-II aşamasında P_i 'lere göre daha iyi uygunluk değerlerine sahip T_i 'ler; P_i 'leri güncellemek için kullanılırlar. Eğer P 'nin en iyi değeri (P_{best}), global minimum değerinden daha iyiyse, çözüm değeri (global minimizer) P_{best} ile güncellenir (Civicioglu, P., 2012).

3. FARK GÖRÜNTÜSÜ KOMBİNASYONU VE BSA TEMELLİ DEĞİŞİM SAPTAMA YAKLAŞIMI

İlk olarak görüntüler birbirine kaydedilir ve gerek duyulursa radyometrik ve/veya geometrik düzeltmeler yapılır. İkinci adımda ise sırasıyla eşitlik (5) ve eşitlik (6) kullanılarak standart fark görüntüsü ve logaritmik oran görüntüsü hesaplanır (Celik, T., 2010):

$$X_{Fark} = |X_2 - X_1| \quad (5)$$

$$X_{LR} = \left| \frac{X_2 + 1}{X_1 + 1} \right| \quad (6)$$

Eşitlik (5) ve (6)'da X_{Fark} standart fark görüntüsü; X_{LR} logaritmik oran görüntüsü; X_1 ve X_2 ise çalışma bölgesinin farklı zamanlardaki görüntülerdir.

Üçüncü adımda Eşitlik (5) ve Eşitlik (6) ile elde edilen fark ve oran görüntüleri Eşitlik (7)'de tanımlı regülasyon fonksiyonu kullanılarak tek boyutlu özellik uzayı oluşturulur:

$$X_{Kom} = \Delta \cdot X_{Fark} + (1 - \Delta) \cdot X_{LR} \quad (7)$$

Eşitlik 7'te Δ regülasyon parametresidir ve (0,1) aralığında olmak kaydıyla kullanıcı tarafından belirlenir. Çalışmamızda regülasyon parametresi olarak 0.2 değeri kullanılmıştır. Bu sayede klasik yaklaşımların aksine özellik uzayı oluştururken iki fark görüntüsünden de faydalanılmış olur.

Dördüncü adımda ise 17x17 büyüklüğünde wiener filtre ve 3x3 büyüklüğünde medyan filtre sırasıyla uygulanır. Wiener filtre kenar bilgileri kaybetmeden X_{Kom} görüntüsünü yumuşatmak; medyan filtre ise kenar bilgisini muhafaza etmek için kullanılmıştır.

Beşinci aşamada ise filtrelenmiş veri Eşitlik (8) kullanılarak $[0,1]$ aralığına normalize edilir. Bu işlemin amacı ise BSA'nın yakınsama hızını arttırmaktır.

$$P_{yeni} = \frac{P - P_{min}}{P_{maks} - P_{min}} \quad (8)$$

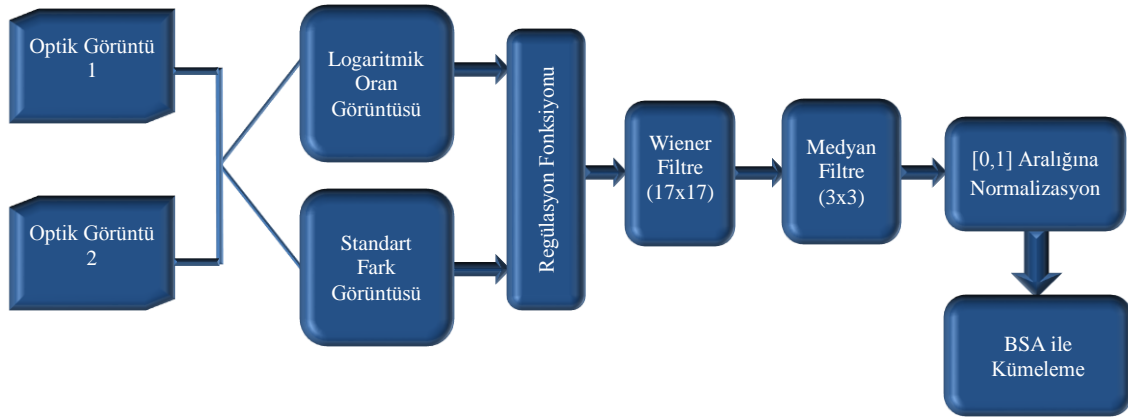
Eşitlik (8)'de P_{yeni} normalize edilmiş değer; P , P_{min} and P_{maks} ise sırasıyla filtrelenmiş verideki orijinal değer, minimum ve maksimum değerlerdir.

Son aşamada ise normalize edilmiş veri BSA kullanılarak değişen ve değişmeyen alanlar olmak üzere iki sınıfa kümelendir. Kümeleme amacıyla kullanılan amaç fonksiyonu Eşitlik (9) ve (10)'da verilmiştir.

$$d_j = \{x_i; \min(\|x_i - mer_j\|)\} \quad (9)$$

$$argmin_{mer_j} \sum \|d_j - mer_j\| \quad (10)$$

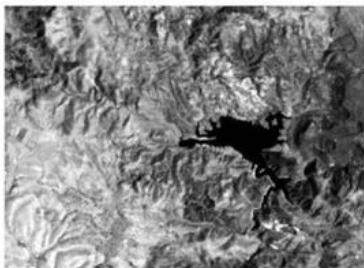
Eşitlik (9) ve (10)'da $\| \cdot \|$ öklit mesafesi; x_i i^{nci} piksel; mer_j j^{nci} sınıfın merkezi; d_j ise j^{nci} sınıftaki tüm pikselleri temsil etmektedir. Sunulan yaklaşımın temel işlem adımları Şekil 1'de sunulmuştur.



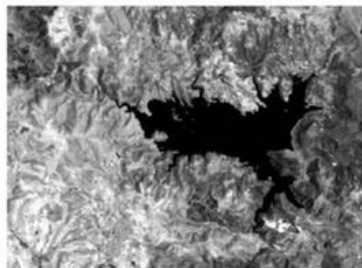
Şekil 1. Sunulan Yaklaşımın Temel Adımları

4. VERİSETLERİ VE DENEYSEL SONUÇLAR

Bu çalışmada Sardinia ve Meksika veri setleri kullanılmıştır. Sardinia veri seti, Sardinia adasındaki Mulargia gölünü kapsamakta olup görüntüler 1995 ve 1996 yıllarında aittir. Görüntünün uzaysal çözünürlüğü ise 300x412 pikseldir. Meksika veri seti ise Meksika'da orman yangını görülmüş bir alanı kapsamakta olup 2000 ve 2002 yıllarında aittir. Meksika veri setinin uzaysal çözünürlüğü ise 512x512 pikseldir. Geliştirilen yöntemin etkinliğini incelemek için iki veri seti için de referans değişim haritaları kullanılmıştır. Sardinia veri seti, Meksika veri seti ve referans değişim haritaları Şekil 2'de sunulmuştur.



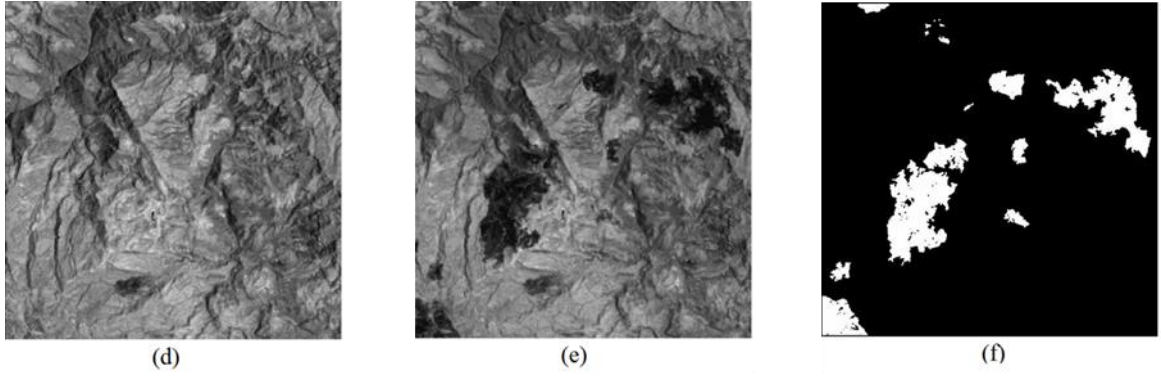
(a)



(b)



(c)



Şekil 2. (a)Sardinia veri seti Eylül 1995, (b) Sardinia veri seti Eylül 1996, (c) Sardinia veri seti referans değişim haritası, (d) Meksika veri seti Nisan 2000, (e) Meksika veri seti Mayıs 2002, (f) Meksika veri seti referans değişim haritası

Yapılan çalışmada değerlendirme kriteri olarak iki parametre kullanılmıştır. Bu parametreler:

- **Toplam Hata:** Yanlış gruplandırılmış piksel sayısı
- **Toplam Hata Oranı:** Yanlış gruplandırılmış piksellerin tüm piksellerin içindeki yüzdelik değeridir.

Geliştirilen yaklaşımın başarısı belirleyebilmek için, elde edilen bulgular literatürde sıkça kullanılan kontrolsüz değişim saptama tekniklerinden PCA-Kmeans (Celik, T., 2009), PCA-FCM, HCM (Ghosh, A., vd., 2007), G-HCM (Ghosh, A., vd., 2007), MTET (Ghosh, A., vd., 2007) ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında BSA'nın popülasyon büyüklüğü 10; jenerasyon değeri ise 100 olarak belirlenmiştir. Sardinia veri seti için elde edilen görsel bulgular Şekil 3'de, kantitatif bulgular Çizelge 2'de; Meksika veri seti için elde edilen görsel bulgular Şekil 4'te, kantitatif bulgular ise Çizelge 3'de sunulmuştur.

Çizelge 2. Sardinia veri seti için elde edilen kantitatif bulgular

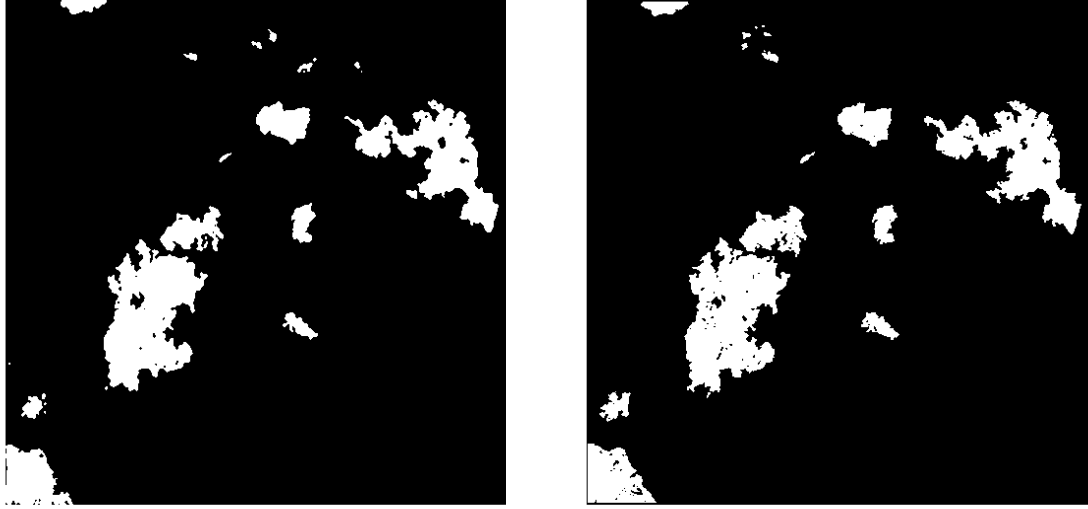
Kullanılan Yöntem	Toplam Hata	Toplam Hata Oranı
HCM (Ghosh, A., vd., 2007)	4408	3.56
G-HCM (Ghosh, A., vd., 2007)	3138	2.53
PCA-FCM	2607	2.10
PCA-Kmeans	2435	1.97
MTET (Ghosh, A., vd., 2007)	1890	1.53
Sunulan Yaklaşım	1866	1.51



Şekil 3. Sardinia veri setini değişim saptama sonuçları, (a) Sunulan Yaklaşım, (b) Referans Harita

Çizelge 3. Meksika veri seti için elde edilen kantitatif bulgular

Kullanılan Yöntem	Toplam Hata	Toplam Hata Oranı
PCA-FCM	4737	1.80
PCA-Kmeans	4686	1.78
MTET (Ghosh, A., vd., 2007)	4591	1.75
HCM (Ghosh, A., vd., 2007)	4172	1.59
G-HCM (Ghosh, A., vd., 2007)	3612	1.38



(a)

(b)

Şekil 4. Sardinia veri setini değişim saptama sonuçları, (a) Sunulan Yaklaşım, (b) Referans Harita

Çizelge 2 ve Çizelge 3'deki bulgular incelendiğinde sunulan yaklaşım karşılaştırılan diğer tekniklere göre daha başarılı sonuçlar elde ettiği gözlemlenmiştir. Ek olarak Şekil 3 ve Şekil 4 incelendiğinde, sunulan yaklaşıma ait görsel bulgular ve referans değişim haritaları arasında ciddi bir fark bulunmadığı ve elde edilen bulguların anlamlı olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Tüm mühendislik disiplinlerinde amacı ne olursa olsun geliştirilen yaklaşımın tutarlı ve sağlam sonuçlar üretebilmesi beklenmektedir. Özellikle yapay zeka optimizasyon algoritmalarında olduğu gibi rastgele sayı üreteçleri ve rasgeleliğe dayalı süreçler (mutasyon ve çaprazlama gibi) kullanılıyorsa; geliştirilen yaklaşım aynı şartlar altında defalarca test edilmeli ve sağlamlığı ortaya konmalıdır. Bu amaçla geliştirilen yaklaşım iki veri seti içinde aynı şartlar/parametreler kullanılarak yüzer defa tekrarlanmış ve elde edilen istatistiki bulgular Çizelge 4'de sunulmuştur.

Çizelge 4. Veri setleri için elde edilen istatistiki bulgular

	Sardinia Veri Seti	Meksika Veri Seti
Minimum Hata Değeri	1866	3567
Maksimum Hata Değeri	1878	3662
Ortalama	1875	3629
Standart Sapma	1.55	15.82
Varyans	2.42	250.36

Çizelge 4 incelendiğinde sunulan yaklaşımın tutarlı sonuçlar elde ettiği görülmektedir. Bunun temel nedeni, kümeleme için kullanılan BSA'nın yakınsama hızının yüksek olması ve arama uzayını başarılı biçimde taramasıdır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada BSA kümeleme ve fark görüntülerinin kombinasyonunu kullanan yeni bir kontrolsüz değişim belirleme yaklaşımı sunulmuştur. Sunulan yaklaşımın temelinde fark görüntülerinin kombinasyonu ile özellik uzayının oluşturulması ve BSA ile kümeleme yapılarak değişen ve değişmeyen alanların tespit edilmesi vardır. Geliştirilen yaklaşımın başarısını ölçmek için değişim saptama çalışmalarında test verisi olarak kullanılan Sardinia ve Meksika veri setleri kullanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada, geliştirilen yaklaşımın literatürdeki birçok tekniğe göre daha başarılı sonuçlar elde ettiği gözlemlenmiştir. Ek olarak, sunulan yaklaşımın tutarlılığını ölçmek için aynı veri setleri ve aynı parametre koşullarında değişim saptama işlemi yüzer defa tekrarlanmış ve elde edilen istatistiki bulgular neticesinde yaklaşımın tutarlı sonuçlar ürettiği ve tek bantlı kontrolsüz değişim saptama çalışmalarında kullanılabileceği ispatlanmıştır. Sunulan yaklaşımın dezavantajı ise işlem süresinin klasik yöntemlere göre fazla olmasıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 114Y049 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Atasever, Ü., H., Özkan, C., Sunar, F., 2011, The Use Of Artificial Intelligence Optimization Algorithms In Unsupervised Classification, *31th EARSel Symposium*, Çek Cumhuriyeti., 30 Mayıs-2 Haziran 2011, pp.383-393
- Celik, T., 2009, Unsupervised Change Detection in Satellite Images Using Principal Component Analysis and k-Means Clustering, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing Letters*, 6(4), pp. 772-776.
- Celik, T., 2010, Change Detection in Satellite Images Using a Genetic Algorithm Approach, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 7(2), pp. 386-390.
- Cihlar, J., Pultz, T., ve Gray, A., L., 1992, Change Detection with Synthetic Aperture Radar. *International Journal of Remote Sensing*, 13, pp. 401-414
- Civicioglu, P., 2012, Transforming Geocentric Cartesian Coordinates to Geodetic Coordinates by Using Differential Search Algorithm, *Computers and Geosciences*, 46, pp.229-247.
- De Falco, I., Cioppa, A., D., Maisto, D., ve Tarantino, E., 2008, Differential Evolution as a viable tool for satellite image registration, *Applied Soft Computing*, 8(4), pp. 1453-1462.
- Ghosh, A., Mishra, N., S., ve Ghosh, S., 2011, Fuzzy Clustering Algorithms for Unsupervised Change Detection in Remote Sensing Images. *Information Sciences*, 181, pp. 699-715.
- Gopal, S., ve Woodcock, C., 1996, Remote Sensing Of Forest Change Using Artificial Neural Networks, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 34, pp.398-404.
- Karaboga, D., ve Ozturk, C., 2011, A Novel Clustering Approach: Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, *Applied Soft Computing*, 11(1), pp. 652-657.
- Mishra, N. S., Ghosh, S., ve Ghosh, A., 2012, Fuzzy clustering algorithms incorporating local information for change detection in remotely sensed images, *Applied Soft Computing*, 12, pp. 2683-2692.
- Zou, W., Zhu, Y., Chen, H., ve Sui, X., 2010, A Clustering Approach Using Cooperative Artificial Bee Colony Algorithm, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, vol .2010.