

PAPER DETAILS

TITLE: Merkezi Simetrik Yerel İkili Örüntü Temelli Görüntü Sahteciligi Tespiti

AUTHORS: Bilgehan GÜRÜNLÜ,Serkan ÖZTÜRK

PAGES: 288-294

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1953402>

Merkezi Simetrik Yerel İkili Örüntü Temelli Görüntü Sahteciliği Tespiti Central Symmetric Local Binary Pattern Based Image Forgery Detection

Bilgehan GÜRÜNLÜ^{1*} , Serkan ÖZTÜRK² 

¹Enformatik Bölümü, Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye

²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

(gurunlu@ksu.edu.tr, serkan@erciyes.edu.tr)

Received: Sep.2,2021

Accepted: Sep.26,2021

Published: Oct.20, 2021

Özetçe— Multimedya düzenleme araçlarındaki ilerleme ile birlikte günümüzde özellikle görüntüler üzerinde sahtecilik işlemleri sıklıkla karşılaşılmaya başlanmıştır. Buna yönelik olarak son yıllarda, bilgisayar bilimlerinde, görüntü sahteciliği altında birçok yeni algoritmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada daha önce bu alanda kullanılmamış, başarılı bir doku çıkarım algoritması olan, Merkezi Simetrik Yerel İkili Örüntü algoritması güncel bir görüntü veriseti üzerinde denenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, bilgi güvenliği, kopyala taşı sahteciliği

Abstract— With the progress in multimedia editing tools, fraud operations, especially on images, have begun to be encountered frequently. For this purpose, in recent years, many new algorithms are needed in computer science under image forgery detection. In this study, the Central Symmetric Local Binary Pattern algorithm, which is a successful texture extraction algorithm, to the best of our knowledge, that has not been used in this field before, has been tested on a current image dataset.

Keywords: Image processing, information security, copy- move forgery detection.

1.Giriş

Görüntü ve video işleme alanındaki son yıllarda katedilen gelişmeler sonucunda, multimedya üzerinde başarılı görüntü ve video düzenleme programları kullanılmaya başlanmıştır. Bu düzenleme programlarını kullanarak, görüntü veya video işleme alanında temel bilgilere bile sahip olmayan kişiler bile kolaylıkla fotoğraflar, resimler, videolar üzerinde istedikleri değişiklikleri gerçekleştirebilmektedirler. Bu düzenleme programları vasıtasıyla günlük hayatta son kullanıcılar eğlence amaçlı olarak fotoğraf ve videolar üzerinde değişiklikler yaparken, profesyonel medya kuruluşları(dergiler, gazeteler, haber siteleri, televizyonlar) da görüntülerin daha iyi veya ilgi çekici hale getirmek için kullanılmaktadırlar. Diğer bir taraftan, kötü niyetli kişiler görüntüler üzerinde bu tarz programları kullanarak değişik suçları gerçekleştirmektedir. Bu olumsuz durum; bilgisayar bilimleri alanında bilgi güvenliği, görüntü ve video işleme, sinyal işleme alanlarının ortak çalışma alanını oluşturan yeni bir çalışma alanının oluşmasını sağlamıştır.

Bu yeni çalışma alanının ismi görüntü sahteciliğidir. Görüntü sahteciliği genel olarak görüntüler üzerinde aslından farklı bir değişikliğin (küçük rötuşlar dışında) olup olmadığının tespitine yönelik olarak çalışmaktadır. Görüntü sahteciliği teknikleri aktif yöntemler ve pasif yöntemler olarak 2 gruba ayrılmaktadır. Aktif görüntü sahteciliği tespiti yöntemleri önceden, görüntü üzerinde ön bilgiye ihtiyaç duymaktadır. Aktif görüntü sahteciliği uygulamalarına örnek olarak damgalama ve stenografi örnek gösterilebilir. Aktif yöntemlerde ön bilgiye ihtiyaç duyulduğu için görüntü sahteciliği alanında son yıllarda kullanımında azalma görülmektedir.

Pasif yöntemler ise, önceden ek bir bilgiye ihtiyaç duyulmadığı için daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Pasif yöntemler görüntünün karakteristik özelliklerinden (açı, ışık vb.) ve istatistiksel bilgilerinden faydalanarak sahtecilik tespiti yapmaktadır. Pasif görüntü sahteciliği tespiti yöntemleri 5 grup altında incelenmektedir[1]. Bunlar;

- *Piksel tabanlı* (kopyala-taşı, yeniden örnekleme, birleştirme)
- *Format tabanlı* (JPEG kuantizasyonu, 2'li JPEG, JPEG bloklama)
- *Kamera tabanlı* (renk filtreleme, renk sapması, sensor gürültüsü)
- *Fiziksel tabanlı* (2-D ışık yönü, 3-D ışık yönü)
- *Geometrik tabanlı* (metrik ölçümleri, ara nokta)

En sık karşılaşılan görüntü sahteciliği yöntemi kopyala-taşı ve görüntü birleştirmedir. Kopyala-taşı sahteciliğinde aynı fotoğraf üzerindeki bir bölgeden başka bir bölgeye taşınma gerçekleştirilmiştir. Görüntü birleştirme sahteciliğinde ise, farklı iki fotoğraf tek bir fotoğraf olarak birleştirilmektedir. Kopyala-taşı sahteciliği yöntemleri de blok tabanlı ve anahtar nokta tabanlı çözüm yöntemleri olarak 2 alt çalışma alanına ayrılmaktadır. Fotoğraf düzenleme programlarının çok profesyonel bir biçimde bu işlemleri yapması dolayısıyla çıplak bir göz ile fotoğraf üzerinde yapılan değişikliklerin tespiti maalesef ki doğru olarak çoğu zaman yapılamamaktadır. Bundan dolayı da görüntü sahteciliği alanında çalışacak başarılı algoritmalar her geçen gün daha da fazla ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, en sık karşılaşılan görüntü sahteciliği yöntemi olan, kopyala-taşı sahteciliği üzerine çalışılmıştır. Araştırdığımız kadarıyla daha önce bu alanda kullanılmamış olan MS-YİÖ (Merkezi Simetrik-Yerel İkili Örnekleme) öznitelik çıkarım yöntemi kullanılarak blok tabanlı bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin deneysel sonuçlarının, bu alanda yöntemimizin kullanılabileceğini göstermektedir.

Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında, Bölüm 2'de ilgili çalışmalar, Bölüm 3'te önerilen metod, Bölüm 4'te deneysel sonuçlar, Son bölümde ise yorum ve öneriler yer almaktadır.

2. İlgili Çalışmalar

Görüntü sahteciliğinin öneminin anlaşılması ile birlikte, bu alanda son yıllarda birçok çalışma literatüre kazandırılmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, blok tabanlı ve anahtar nokta tabanlı çözümler olmak üzere iki farklı çözüm mimarisi üzerinden çalışmalar yapıldığı görülmektedir.

Blok tabanlı yöntemlerde; görüntü üst üste binen veya birbiriyle kesişmeyen ya da dairesel bloklara bölünmektedir. Daha sonrasında uygun olan bir öznitelik çıkarımı algoritması bu blok parçaları üzerinde çalıştırılarak öznitelikler elde edilmektedir. Görüntü sahteciliği algoritmalarının başarısı da büyük bir oranda, bu öznitelik çıkarım aşamasındaki algoritmanın performansına göre belirlenmektedir. Daha sonraki aşamada ise benzer öznitelikler eşleştirilmekte ve benzerliğe göre sahtecilik tespiti yapılmaktadır. Bu alanda gerçekleştirilen ilk blok tabanlı çalışma Fridrich ve arkadaşları [2] tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada 8x8 blok büyüklüğüne AKD (Ayrık Kosinüs Dönüşümü) uygulanmıştır. Bu çalışmadan sonra AKD tabanlı benzer çalışmalar, doğruluk ve hesaplama karmaşıklığını iyileştirmek için [3] gerçekleştirilmiştir. Cozzolino vd.[4] Zernike

momentlerini ve yoğunluğu kullanarak bir teknik geliştirmişlerdir. Süperpiksel tabanlı içerik temelli adaptif öznitelik nokta belirleyicisi Wang ve vd.[5] tarafından önerilmiştir. Al-Qershi vd.[6] k-means kümeleyi kullanarak öznitelik eşleştirme işlemini gerçekleştirmiştir. Chen ve vd. [7] ise fraksiyonel kuartiyen kosinüs dönüşümünü ve PatchMatch eşleştirme algoritmasına dayalı bir metot önermişlerdir. Mahmood ve vd. [8] DDD (Durağan Dalgacık Dönüşümü) yi YİÖ (Yerel İkili Örüntü) algoritmalarının birleştirildiği bir sahtecilik tespiti yöntemi önermişlerdir. Meena ve Tyagi [9] ise Gaussian-Hermite momentlerine dayalı bir blok tabanlı görüntü sahteciliği yöntemi önermişlerdir.

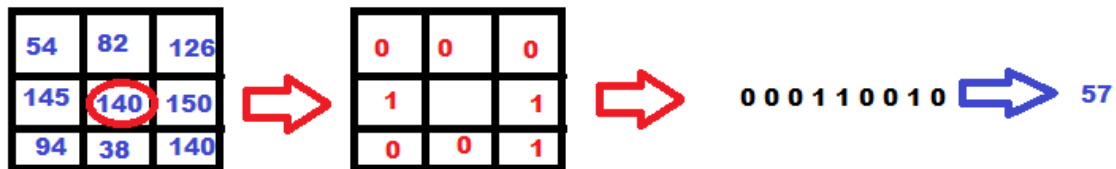
Anahtar nokta tabanlı yöntemler ise, sahtecilik tespiti için görüntünün karakteristik özelliklerini; köşeler, izler, kenarlar gibi, kullanmaktadır. Pan ve vd. [10] anahtar nokta tabanlı bir yöntem olarak ÖBÖD'ye (Ölçekten Bağımsız Öznitelik Dönüşümü) dayalı bir yöntem geliştirmiştir. Pun ve vd. [11] anahtar nokta ve blok tabanlı yöntemleri birleştirerek bir görüntü sahteciliği yöntemi geliştirmiştir. Liu ve vd. [12] ÖBÖD ve yerel yoğunluğa dayalı anahtar nokta örüntüleriyle bir metot önermişlerdir. Bu metotta da Patch-Match öznitelik eşleştirme algoritması kullanılmıştır.

Literatürdeki çalışmalar incelediğinde; blok tabanlı ve anahtar nokta tabanlı yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarının olduğu görülmektedir. Bununla birlikte; blok tabanlı yöntemlerin, anahtar nokta tabanlı yöntemlere nazaran daha başarılı doğruluk oranlarıyla görüntü sahteciliği tespiti yapabildiği görülmektedir. Bundan ötürü bu çalışmada blok tabanlı bir yöntem üzerinde çalışılmıştır.

MS-YİÖ yöntemi [13], YİÖ (Yerel İkili Örüntü) desen çıkarım operatöründen [14] ilham alınarak geliştirilmiştir. YİÖ, ilk olarak desen analizi amacıyla gri seviyeli olarak geliştirilmiştir. YİÖ operatörü, 3x3'lük komşuluk bölgesine göre merkez pikselin komşuluklarının değerlerini karşılaştırarak hesaplamaktadır. Her bir komşuluk için, görüntüdeki her piksel değeri için, YİÖ kodu üretilmektedir. YİÖ kodu üretimi için temel kural; merkez pikseli komşu pikselden büyükse veya eşitse komşu pikseli '1' değerini alır. Merkez pikseli komşu pikselden küçükse komşu pikseli '0' değerini alacaktır. Bu ikili karşılaştırmalardan sonra matrisin sol üst köşesinden başlayarak, sırasıyla saat yönünde YİÖ kodu üretilir. Merkez piksel ve komşu piksel arasında karşılaştırmayla üretilen bu kod 0-255 (8 bit) değer aralığında olacaktır. YİÖ kodunun hesaplanmasında kullanılan denklem Eşitlik (1)'de verilmiştir. Bu denklemdeki $s(t)$ fonksiyonunun alacağı değerler ise Eşitlik (2) ile gösterilmektedir. Eşitlikte belirtilen x değeri merkez pikselin konumunu vermektedir. x_i ise i indisli pikselin konumunu ifade etmektedir. Örnek YİÖ kodunun üretilmesi aşağıdaki Şekil-1'de gösterilmiştir.

$$YİÖ_{P,R}(Xc,Yc) = \sum_{p=0}^{p-1} S(lp - lc)2^p \quad (1)$$

$$s(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$



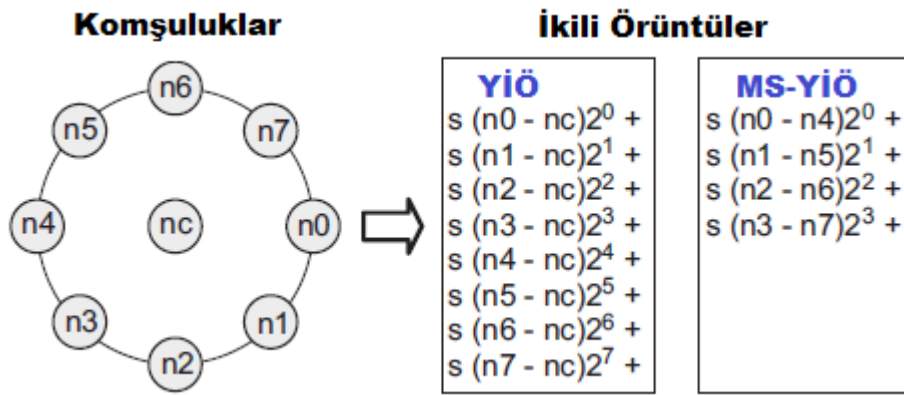
Şekil 1. Ondalık tabanda YİÖ kodu üretimi

YİÖ operatörünün 8 ve 16 bitlik uzaklığa göre farklı komşulukları hesaplanabilmektedir. Görüntüdeki her bir piksel için YİÖ operatörü hesaplandıktan sonra, 0-255 aralığında değişen piksel

değerlerine göre yeni YİÖ görüntüsü elde edilir. Daha sonra görüntünün histogramı alınır ve belirli bir doku için 256 bitlik doku dağılımı bulunmuş olunur.

YİÖ, görüntü işleme alanında birçok farklı alanda başarılı ve yaygın uygulama alanlarına sahip olsa da histogram boyutunun uzunluğu ve komşu piksel gürültülerinden etkilenmesi gibi dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Bundan ötürü literatürde birçok farklı doku çıkarım algoritması geliştirilmiştir. YİÖ'nün histogram uzunluğu dezavantajını kaldırmaya yönelik olarak YİÖ'den ilham alınarak geliştirilmiş olan MS-YİÖ histogram uzunluğunu azaltmaya yönelik olarak geliştirilmiş bir doku çıkarım algoritmasıdır. MS-YİÖ; doku çıkarımı, yüz tanıma, nesne tanıma gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

YİÖ'den ilham alınarak geliştirilen MS-YİÖ benzer yapıda çalışmaktadır. YİÖ yöntemindeki gibi merkezi piksele göre karşılaştırma yapmaktadır fakat komşuluk olarak dairesel olarak karşısına düşen komşuya göre hesaplama yapmaktadır. Örnek MS-YİÖ kodunun üretilmesi Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Sekiz piksel komşuluk için YİÖ ve MS-YİÖ hesaplanması [13].

YİÖ operatörü uzun histogramlar üretmektedir. Bundan dolayı kullanımda bazı zorlukları vardır. Bu sebeple MS-YİÖ komşu piksellerin karşılaştırılması konusunda değişikliğe gitmiştir. Her bir pikseli, merkezi piksel ile karşılaştırmak yerine, Şekil 2'de görüldüğü gibi merkezi simetrik çiftleri karşılaştırma metodunu kullanmaktadır. Bu simetrik karşılaştırma aynı sayıda komşu üzerinde gerçekleştirilmektedir. Örnek olarak 8 komşuluk için, YİÖ 256 farklı örüntü hesaplarırken, MS-YİÖ sadece 16 örüntü hesaplayacaktır. Bundan dolayı daha küçük bir histogram değerine sahip olacaktır. MS-YİÖ kodunun hesaplanmasında kullanılan denklem Eşitlik (3)'de verilmiştir. Bu denklemdeki $s(t)$ fonksiyonunun alacağı değerler ise Eşitlik (4) ile gösterilmektedir.

$$MS - YİÖ_{R,N|T}(x, y) = \sum_{i=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} S\left(n_i - n_{i+\left(\frac{N}{2}\right)}\right) 2^i \quad (3)$$

$$s(x) = \begin{cases} 1, & x > T \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Burada n_i ve $n_{i+(n/2)}$ gri seviyede merkezi simetrik pikselleri R yarıçapı ile N eşit pikselleri ifade etmektedir. N komşuluk için $N(N-1)+2$ farklı homojen örüntüye sahiptir. Bu da 8 komşuluk için 58 örüntüyü ifade etmektedir.

MS-YİÖ öznelik çıkarımı için 3 farklı metrik kullanılmaktadır. Yarıçap(R), komşu piksel sayısı (N), eşik değeri (T) değeri gri seviye farklılıkları için kullanılır. Yapılan çalışmalarda bu metrikler için; R 'nin {1,2}, N 'nin {6,8}, ve T 'nin de {0,...,0.02} aralığında alındığında başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Yapmış olduğumuz çalışma için öznelik ağırlıklandırma gerçekleştirilmemiştir.

3. Önerilen Metot

Literatür çalışması bölümde bahsedildiği gibi, görüntü sahteciliği mimarisindeki farklılıklar genel olarak öznitelik çıkarım veya eşleştirme (benzerlikleri bulma) aşamalarındaki algoritmaların yeteneklerine göre farklılık göstermektedir. Bu çalışmada öznitelik çıkarımı aşamasında daha önce bu alanda kullanılmamış olan MS-YİÖ doku belirleme operatörünün çıkarımı üzerinde yoğunlaşmıştır.

- İlk olarak $A \times B$ boyutundaki görüntü, MS-YİÖ operatörü gri seviyede çalıştığı için, gri seviyeye ($Y=0.299K+0.5870Y+0.1140M$) denklemi kullanılarak dönüştürülmüştür.
- Sonrasında $A \times B$ 'lik gri görüntü $m \times m$ boyutlarında $0 < i < l = (A-m+1)$ ve $(B-m+1)$ olarak M blokları oluşturulur.
- Bu aşamada elde edilen $m \times m$ boyutlarındaki M bloklarının öznitelikleri MS-YİÖ doku belirleme operatörü kullanılarak m^2 uzunluğundaki öznitelik vektörleri bulunarak öznitelik vektörleri satırları oluşturacak şekilde $l \times m^2$ boyutlu matris oluşturulur.
- Oluşturulan bu matris satır bazlı olarak sözlük sıralaması ile (küçükten büyüğe doğru) sıralanır ve sıralı olan sonuç matrisi elde edilir.
- Elde edilmiş olan sonuç matrisinde sıralı gelen iki satırın birbirine göre sayısal olarak değerleri hesaplanır (mutlak değer olarak) bu da kaydırma vektörü olarak adlandırılır. Kaydırma vektöründe, belirli bir eşik değerinden küçük olan değerler atılır. (Buradaki eşik değeri ifadesi MS-YİÖ operatöründeki eşik değeri ile karıştırılmamalıdır. Genel görüntü sahteciliği mimarisi için kullanılan bir eşik değeridir).
- Geriye kalan kaydırma vektörlerinin birbirine mesafesi, hesaplama kolaylığından dolayı, Hamming uzaklığı kullanılarak hesaplanır. Seçilen blok büyüklüğünden küçük olan değerler dikkate alınmaz. Sonuç olarak kalan blok çiftlerinde sahteciliği yapılmış olarak tespit edilir.

4. Deneysel Sonuçlar

Pasif yöntemlerle görüntü sahteciliği tespitinde her ne kadar, ön bilgiye ihtiyaç olmasa da geliştirilen algoritmaların deneysel testlerinin başarımları ölçümleri için özel hazırlanmış veri setlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmamızı bu amaç doğrultusunda, görüntü sahteciliği deneysel çalışmaları için, hazırlanmış olan CoMoFoD [15] veri setindeki 15 görüntü üzerinde test ettik. CoMoFoD veri seti içerisinde görüntü sahteciliği uygulanmış 200 adet (512x512 piksel) fotoğraf vardır. Bunlardan ilk 40 tanesine sadece kopyala-taşı sahteciliği uygulanmıştır. Görüntü sahteciliği alanındaki çalışmaların artması ile birlikte bu veri seti üzerinde gerçekleştirilecek metotların da artması beklenmektedir.

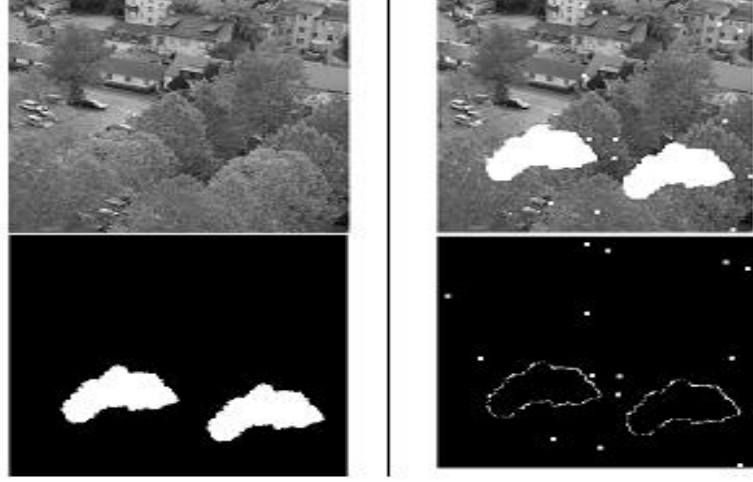
Geliştirmiş olduğumuz MS-YİÖ tabanlı yöntemin başarımlarını test etmek için dört metriği değerlendirmeye aldık: DP (Doğru Pozitif) oranı sahtecilik yapıldığının doğru tespit edildiğini, DN (Doğru Negatif) oranı sahtecilik yapılmadığının doğru tespit edildiğini, YN (Yanlış Negatif) sahtecilik yapılmasına rağmen tespit edilemediğini, YP (Yanlış Pozitif) ise sahtecilik olmamasına rağmen sahtecilik tespit edildiğini ifade etmektedir. Bu dört metriği kullanarak elde edilecek olan, (5) numaralı formülde gösterilen, doğruluk (Doğ) değeri başarımlarımızı göstermektedir.

$$Doğ = \frac{DP+DN}{DP+YN+DN+YP} \quad (5)$$

Tablo 1. Yöntemin Başarım Oranları

	R=1, N=4	R=2, N=3
8x8 (YİÖ / MS-YİÖ)	0.9947 / 0.9931	0.9833 / 0.9858
10x10(YİÖ / MS-YİÖ)	0.9936 / 0.9947	0.9757 / 0.9731
12x12 (YİÖ / MS-YİÖ)	0.9876 / 0.9794	0.9694 / 0.9588

Önerilen yöntemin çalıştırılması sonucu ortaya çıkan görsel sonuç Şekil 3'te görülmektedir.

**Şekil 3.** Yöntemin Görsel Sonuçları

Şekil 3'teki, görüntü sahteciliği tespiti, görüntüsündeki ilk görüntü sahteciliğe maruz kalan orijinal görüntüdür, ikinci görüntü kopyala-taşı sahteciliğinin gerçekleştirildiği bölgeleri işaret etmektedir, üçüncü görüntü ise doğru pozitif alanlarını göstermektedir, son görüntü de ise yanlış pozitif bölgeleri gösterilmektedir.

5. Yorum ve Öneriler

Multimedya düzenleme araçlarının gelişimi ile birlikte görüntü ve video sahteciliği alanında yapılacak çalışmalara her geçen gün daha fazla ihtiyaç duyulacaktır. Görüntü sahteciliği alanı bilgi güvenliği, sinyal işleme, görüntü işleme, video işleme gibi bilgisayar bilimleri disiplinlerinin ortak çalışma alanı durumundadır. Bu alanda son yıllarda birçok yeni algoritma geliştirilmeye devam etmektedir.

Bu çalışmada, yerel ikili örüntü doku çıkarımı algoritmasından esinlenmiş olan ve histogram boyutu, komşu piksel gürültüsünü azaltma gibi amaçlar için geliştirilmiş olan merkezi simetrik yerel ikili örüntü doku çıkarım algoritması, görüntü sahteciliği alanında kullanılmıştır. Elde edilmiş olan sonuçlarda önerilen yöntemin yerel ikili örüntü algoritmasına yakın sonuçlar elde edebildiği ve seçilen blok büyüklüğü büyüdükçe, kopyalanan alanın küçük olmasına bağlı olarak, doğruluk oranlarında azalma olduğu görülmüştür.

Gelecek çalışmalar için önerilen metottaki metriklerin daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilmesi için yapay zekâ temelli algoritmalarla optimizasyon algoritmalarının kullanılabileceği ve böylelikle algoritma metriklerinin en uygun değerleri alabileceği belirtilmelidir.

Kaynaklar

- [1] Gurunlu, B., Ozturk, S., "A Survey on Photo Forgery Detection Methods", *ITM Web of Conferences CMES 2018*, vol.22, pp.1-5, 2018.
- [2] Fridrich J, Soukal D, Lukáš J . Detection of copy-move forgery in digital images. *Digit Forensic Res Work* 2003; 3:652–63, 2003
- [3] Meena KB, Tyagi V. Image forgery detection : survey and future directions, *Data, Engineering and Applications*, 2. Singapore: Springer; . p. 163–95, 2009
- [4] Cozzolino D , Poggi G , Verdoliva L . Efficient dense-field copy-move forgery detection. *IEEE Transaction on Information Forensics Security*;10(11):2284–97, 2015
- [5] Wang X-Y , Jiao L-X , Wang X-B , Yang H-Y , Niu P-P . Copy-move forgery detection based on compact color content descriptor and delaunay triangle matching. *Multimed Tools Appl* ;78(2):2311–44, 2018
- [6] Al-Qershi OM , Khoo BE . Enhanced block-based copy-move forgery detection using k-means clustering. *Multidimensional System Signal Process* ;30:1671–95, 2018
- [7] Chen B , Yu M , Su Q , Li L . Fractional quaternion cosine transform and its application in color image copy-move forgery detection. *Multimedia Tools Application* ;78:8057–73, 2018
- [8] Mahmood T , Irtaza A , Mehmood Z , Tariq Mahmood M . Copy-move forgery detection through stationary wavelets and local binary pattern variance for forensic analysis in digital images. *Forensic Sci Int Oct.*;279:8–21, 2017
- [9] Meena KB , Tyagi V . A copy-move image forgery detection technique based on Gaussian-Hermite moments. *Multimed Tools Application* ;78:33505–26, 2019
- [10] Pan X , Lyu S . Region duplication detection using image feature matching. *IEEE Transaction on Information Forensics Security* ;5:857–67, 2010 .
- [11] Pun C , Yuan X , Bi X . Image forgery detection using adaptive oversegmentation and feature point matching. *IEEE Transaction on Information Forensics Security*;10(8):1705–16, 2015.
- [12] Liu K , et al. Copy move forgery detection based on keypoint and patch match. *Multimed Tools Application*:82–4, 2019.
- [13] Heikkilä M., Pietikäinen M., Schmid C. Description of Interest Regions with Center-Symmetric Local Binary Patterns. In: Kalra P.K., Peleg S. (eds) *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 2006
- [14] Ojala, T., Pietikainen, M., Harwood, D., "A Comparative Study of Texture Measures with Classification Based on Feature Distributions," *Pattern Recognition* ,29:51-59, 1996.
- [15] Tralic, D., Zupancic, I., Grgic S., Grgic M., CoMoFoD - New Database for Copy-Move Forgery Detection, in *Proc. 55th International Symposium ELMAR-2013*, pp. 49-54, September 2013.