

ABA Kodlu İmgeler İçin Eşit Olmayan Hata Koruması Unequal Error Protection for PCA Coded Images

Sabina Husic, Aykut Hocanın ve Hasan Demirel

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Doğu Akdeniz Üniversitesi,
Gazimağusa, K.K.T.C.

{sabina.husic, aykut.hocanın, hasan.demirel}@emu.edu.tr

Özetçe

İmge kodlama ve imge iletişim alanlarındaki gelişmeler, son zamanlarda yürütülmekte olan sinyal işleme ve iletişim alanlarındaki bilimsel araştırma konuları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu bildiriye, Ana Bileşenler Analizi (ABA) kullanılarak kodlanan imgeler toplam beyaz Gauss gürültü (TBGG) kanalı üzerinden iletilmektedirler. İkili evre kaydırmalı kiplenim (İEKK) kullanılarak yollanan kodlanmış imge vektörleri alıcı tarafında kod çözülüp oluşturulmaktadır. Alıcı tarafında önceden kodlanmış yüz imgeleri ABA kod çözücüsü aracılığı ile tanınmakta veya yeniden oluşturulmaktadır. Eşit Olmayan Hata Koruması (EOHK) kullanılarak sistemin toplam başarımı yüz tanıma ve imgenin yeniden oluşturulması uygulamalarında artırılmaktadır. Bu çalışmada kodlanmış ve TBGG kanalı üzerinden iletilen imgelerin doğru tanıma oranı %35'ten %95 kadar çıkabilmekte ve yeniden oluşturulan imgelerdeki görüntü kalitesi büyük oranda yükselmektedir.

Abstract

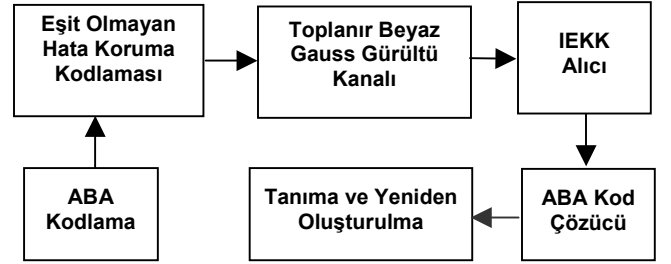
Image processing and communication is a subject of recent scientific research, involving improvement in image coding as well as in communication techniques. In this paper, Principal Component Analysis (PCA) is used for face image coding where coded images are transmitted over a channel with Additive White Gaussian Noise (AWGN). Binary Phase Shift Keying (BPSK) is used for modulation of digital (binarized) coded images (representation vectors) which are decoded at the receiver side. Received binarized coded images are PCA decoded which includes recognition or reconstruction of the face. Unequal error protection (UEP) is used to increase the overall performance of the system for face recognition and reconstruction. In this work recognition rate of transmitted coded face images increased from around 35% to 95% with UEP while performance in reconstruction of the face improved considerably.

1. Giriş

Telsiz iletişim ve sayısal sinyal işleme günümüzde kullanılan en gözde veri işleme yöntemleridir. İmge işleme, gezgin iletişim ve biyomedikal görüntüleme gibi birçok alanda kullanılmaktadır. İmge iletişim problemleri son zamanlarda yapılan birçok bilimsel araştırmanın ilgi odağında olup, etkin ve hatalara karşı dayanıklı, gelişmiş imge kodlama ve iletişim tekniklerinin kullanımı hedeflenmektedir.

Bu bildiriye özyüzler tekniği [4], imge kodlama amacıyla kullanılmıştır. Bu teknik ABA tabanlı olup yüksek boyutlu veriyi

alçak boyutlu uzaya dönüştüren, dolayısıyla bellek ihtiyacını azaltan ve daha az işlem zamanı gerektiren sıkca kullanılan bir yöntemdir [1]. ABA tabanlı kodlanmış imgeler sıkıştırma, tanıma ve iletim için kullanılmaktadırlar. İmgelere ait imge temsil vektörleri İEKK kullanılarak TBGG kanalı üzerinden iletilmektedirler. Kodlanmış imge vektörlerine ait katsayılar, herhangi bir imge pikselinin taşıdığı bilgiden daha fazlasını temsil ettiklerinden dolayı alıcı tarafında çok daha yüksek hata etkisine sahiptirler. Dolayısıyla, kanal gürültüsünün yarattığı hataların en aza indirilmesi çok önemlidir. İletilen katsayılar için belirli bitlerin EOHK yolu ile korunması toplam başarıyı arttırmaktadır. Şekil 1 tanımlanan sistemin blok çizeneğini göstermektedir.



Şekil 1. Sistemin blok çizeneği.

ABA yöntemi ardındaki ana düşünce yüz uzayını “özyüzler” diye adlandırılan küçük bir öznelik imgeleri (özvektör) kümesine dönüştürerek, bu özimgeleri doğrusal olarak katsayılarla birleştirerek herhangi bir yüz imgesini temsil edebilmektir [3]. Her bir özvektör (özyüz) farklı bir özdeğere sahip olup bu özdeğer ilgili özvektörün yüz imgesinin gösterimine yaptığı katkının boyutunu belirler. En yüksek özdeğere sahip olan özvektörlerin bir yüz imgesinin gösterimine yaptığı katkı en yüksek olup, geriye kalan özvektörlerin katkısı özellikle özyüzlerin sayılarının çok olduğu durumlarda önemsiz bir seviyededir [2]. Büyük bir veri kümesindeki imgelerin tanınması sürecinin gerçekleştirilebilmesi için verilerin sıkıştırılmaları gerekmektedir. Bu bildiriye, 2. bölümde özyüzler yaklaşımı tanımlanmakta, 3. bölümde ise kodlanmış olan vektörlerin iletimi ve vektör katsayılarına uygulanan eşit olmayan hata koruma yöntemi anlatılmaktadır. Her bir katsayının en önemli bitleri daha üst bir seviyeden kiplenerek kanal üzerinden gönderilmektedirler. Bu yolla yüz tanıma ve yeniden oluşturma için gereken katsayıların en önemli bilgi içeren kısımları yüksek derecede korunmaktadır. Alıcı tarafında kodlanmış ikilileştirilmiş imgeler ABA tabanlı bir kod çözücünden geçirilerek yüzün tanıma veya yeniden oluşturulma süreci gerçekleştirilmektedir. Bir sonraki bölümde benzetim sonuçları verilmekte, 5. ve son bölümde vargılar özetlenmektedir.

2. Ana Bileşenler Analizi.

Özyüzler yöntemi doğrusal ana bileşenler analizi (ABA) tabanlı olup, bir yüz imgesini bir bütün olarak alçak boyutlu bir vektöre kodlamaktadır. Buradaki ana düşünce yüz imgelerinin yüz uzayını özyüzler diye adlandırılan küçük bir öznelik imgeleri kümesine dönüştürmektir. Herhangi bir yüz imgesi anlamlı özyüzlerin (özdeğeri sıfır olmayanlar) temsil ettiği alt-uzaydaki yüz uzayında temsil edilebilmektedir. Bu yolla elde edilen temsil vektöründeki katsayı ağırlıkları her bir yüzü tanımlamaktadır. Yeni bir yüzün tanınması o yüzün özyüzlerin oluşturduğu alt-uzaya aktarılarak oluşturulan katsayı ağırlık vektörünün veritabanındaki yüzlere ait katsayı ağırlık vektörleri ile karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilmektedir.

2.1 Özyüzlerin Hesaplanması

Veritabanındaki yüz imgelerinin $w \times h$ boyutunda olduğunu farzedelim. Özyüzler veri noktalarının oluşturduğu ortak değişinti matrisinden elde edilen özvektörlerdir.

Γ_i , M sayıda imgenin bulunduğu bir veritabanında bir imge olsun. Yüz imgesi 2-boyutlu $w \times h$ büyüklüğünde bir dizilim olup w imgenin genişliğini, h ise yüksekliğini belirtmektedir. Herhangi bir imge wh boyutunda bir vektör olarak temsil edilebilir. Ortalama imge, Ψ , aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (\Gamma_i) \quad (1)$$

Her imge ortalama imgeden Φ_i kadar farklılık göstermektedir.

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi \quad (2)$$

Fark vektörleri birlikte kullanılarak ortak değişinti matrisi, C , oluşturulmaktadır [4].

$$C = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (\Phi_i \Phi_i^T) = \Lambda \Lambda^T \quad (3)$$

$$\Lambda = [\Phi_1 \Phi_2 \Phi_3 \dots \Phi_M] \quad (4)$$

Veritabanında M imge bulunduğuna göre ortak değişinti matrisi, C , sadece $M-1$ anlamlı özvektörlere (özdeğeri sıfır olmayanlar) sahiptir. Özyüzler diye bilinen özvektörler, u_i , $M \times M$ boyutlarındaki $L = \Lambda^T \Lambda$ matrisinden elde edilen özvektörlerin, v_i , fark vektörler matrisi Λ ile çarpılmasından elde edilir [4].

$$u_i = \sum_{k=1}^M v_{ik} \Phi_k \quad (5)$$

Yüksek özdeğere sahip özyüzler herhangi bir yüz imgesinin gösterimine daha fazla katkı koyar. Dolayısıyla, bu özvektörler yüz tanıma ve sınıflandırmada herhangi bir imgenin izdüşüm vektörünün yüz alt-uzayının oluşturulmasında kullanılmaktadır. Her bir imgeye ait izdüşüm (gösterim) vektörü, Ω , aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\Omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M] \quad (6)$$

ω_k fark imgesinin (Φ) yüz alt-uzayındaki k 'inci koordinatı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır [4].

$$\omega_k = u_k^T (\Gamma_k - \Psi) \quad , k=1, \dots, M \quad (7)$$

İzdüşüm (gösterim) vektörleri özgün yapılarından dolayı yüz tanıma yanında yüz imgesinin yeniden oluşturulması uygulamalarında da vazgeçilmezdirler.

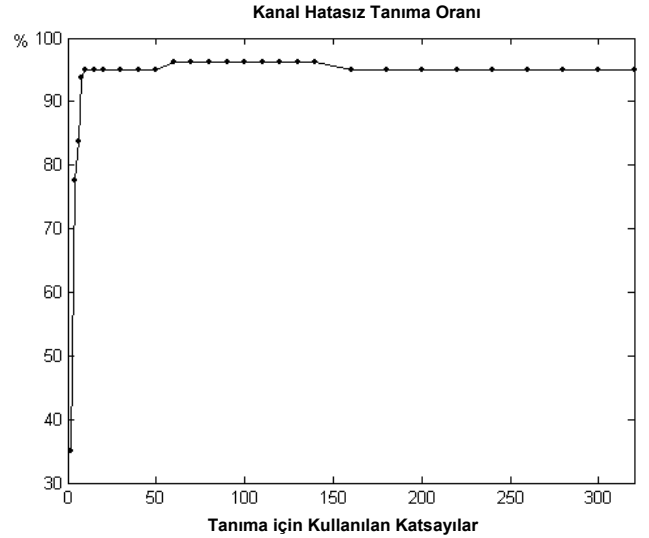
2.2 Yüz Tanıma

Yukarıda belirtildiği gibi izdüşüm vektörü Ω bir imgenin tanınması ve yeniden oluşturulması süreçlerinde gereklidir. İki farklı imge izdüşüm vektörleri (Ω_1 ve Ω_2) arasındaki Euclidian uzaklığı kullanılarak bir imgenin veritabanındaki başka bir imgeye olan uzaklığı tespit edilerek bu ölçü yüz tanıma kullanılabılır.

$$E = \sqrt{\sum_i (\omega_{1i} - \omega_{2i})^2} \quad , \quad i=1, \dots, M \quad (9)$$

Bir yüz imgesinin yeniden oluşturulmasında bütün izdüşüm vektör katsayılarına ihtiyaç duyduğumuz halde, tanıma uygulamalarında sadece en önemli olan katsayılar en önemli rolü üstlenmektedirler. Belirli katsayıların (daha önemli olanlar) varlığı ve bunların özellikleri yüz tanıma veri sıkıştırması imkanını sağlamaktadır. Şekil 2'de farklı sayıda izdüşüm vektörü katsayıları kullanıldığında elde edilen doğru tanıma oranları gösterilmektedir. Bu tanıma sisteminde 320 eğitim imgesi (her kişiden 8 poz) ve 80 test imgesi (her kişiden 2 poz) kullanılmaktadır. Bu sistemde doğru tanıma oranının 10 katsayıdan sonra doygunluğa ulaştığı ve %95 seviyesinde kaldığı görülmektedir. 10 katsayılı bir vektör yerine 320 katsayılı bir vektör bile kullanılsa %95'lik aynı başarı oranı elde edilecektir. En yüksek tanıma oranına ulaşmak için en önemli katsayıların (en yüksek özdeğere sahip özvektörlerden elde edilenler) kullanılması yeterlidir.

Başarılı bir tanıma sisteminde gerekli olan en az sayıda katsayının miktarı özvektörlerin hesaplanmasında kullanılan eğitim setindeki imgelerin kendi aralarındaki ilintiye bağlıdır.



Şekil 2. Kullanılan katsayıların yüz tanıma oranına etkisi.

2.3 Yüz İmgelerinin Yeniden Oluşturulması

Her bir yüz imgesi özyüzlerin doğrusal birleşiminden ilgili katsayılar oranında oluşmaktadır. Dolayısıyla, bir imge izdüşüm vektörü Ω kullanılarak aşağıdaki gibi yeniden oluşturulabilir.

$$\hat{\Gamma}_n = \sum_{i=1}^M (\omega_i u_i) + \Psi \quad (8)$$

Yeniden oluşturulan bir imgede mükemmel bir imge kalitesi başarabilmek için izdüşüm vektöründeki bütün katsayılar ve ilgili özvektörlerin kullanılması gerekmektedir. Daha düşük özdeğere sahip özyüzlerden elde edilmiş olan katsayılar imgenin gösterimine daha az katkıda bulunsalar bile, yine de bu katsayılar

ve ilgili özvektörlerin yeniden oluşturulan imgenin görüntü kalitesi açısından gerekmektedir.

3. ABA Kodlu İmgeler İçin Eşit Olmayan Hata Koruması (EOHK)

İmgeleri ardışık pikseller halinde göndermek fazla band genişliği kullanımına yolaçmakta ve bu pratikte tercih edilmemektedir. Bu yüzden, imgeler bir iletişim kanalından gönderilmeden önce sıkıştırılmaktadır. Sıkıştırılmış imgede, veri bitleri kanal hatalarına daha duyarlı olduğu için kanal hata olasılığı daha etkin bir şekilde azaltılmalıdır. Bu çalışmada, imge kodlama için ABA kullanılmıştır. Her bir imge için bir izdüşüm vektörü hesaplanmıştır. İzdüşüm vektörlerinin kanal üzerinden yollanması sırasında korunması sistem başarımı açısından önemlidir. Herhangi bir vektörde oluşabilecek bit hataları çok büyük hatalara yolaçabilecektir.

3.1 İzdüşüm Katsayıları İçin Eşit Olmayan Hata Koruması

Kodlanmış imgelerde bütün katsayıların eşit şekilde korunması ve kanal hatalarını etkin bir biçimde engelleyebilmek için çok yüksek işaret-gürültü oranlarına (E_b/N_0) ihtiyaç duyulmaktadır. Bu oranı azaltabilmek ve toplam sistem başarımını artırabilmek için kodlanmış imge katsayılarının önemli kısmı daha fazla, daha az önemli kısmı ise daha az korunmalıdır. Kıyaslanmanın adil olabilmesi için kullanılan ortalama işaret gürültü oranı ise sabit tutulmalıdır. Katsayılar bit dizilerine dönüştürüldükten sonra, tam sayı ve işaret kısımlarının kiplenme seviyesi yükseltilmekte, geriye kalan katsayının kesir kısmını belirleyen bitleri ise düşük seviyelerde kiplenmektedir (sabit ortalama E_b/N_0).

3.2 Benzetim Çalışması

İzdüşüm vektörleri 64 bitlik düzgün nicemleyici ile bitlere dönüştürülmüştür. İlk 5 bit, katsayının işaret ve tam sayı kısmını, geriye kalan 59 bit ise kesir kısmını belirlemektedir. İletimde ikili evre kaydırmalı kiplenim (İEKK) kullanılmıştır. EOHK çerçevesinde ilk 5 bit (daha iyi koruma sağlamak için 7 bit) daha yüksek kiplenim genlik değerleri ve geriye kalan 59 bit (57 bit) ise sabit ortalama E_b/N_0 sağlanacak şekilde düşük genlik seviyeleri ile kiplenmektedir. İletişim kanalı, toplanır beyaz Gauss gürültü (TBGG) kanalı olarak modellenmiştir. Yollanan bitler alındıktan sonra katsayılar belirlenmekte ve yüz imgelerinin tanınması veya oluşturulması için kullanılmaktadır.

4. Sonuçlar

ORL yüz veri tabanından 400 tane yüz imgesi kullanılmıştır. Bu imgeler 40 farklı kişinin 10 farklı pozundan oluşmaktadır. 400 imgenin 320 tanesi (her kişi için 8 imge) eğitim için, geriye kalan 80 tanesi (her kişi için 2 tane) de test için kullanılmıştır. Eğitim imgeleri öz altuzayı oluşturulmasında, test imgeleri ise yalnızca tanıma oranını hesaplanmasında kullanılmıştır.

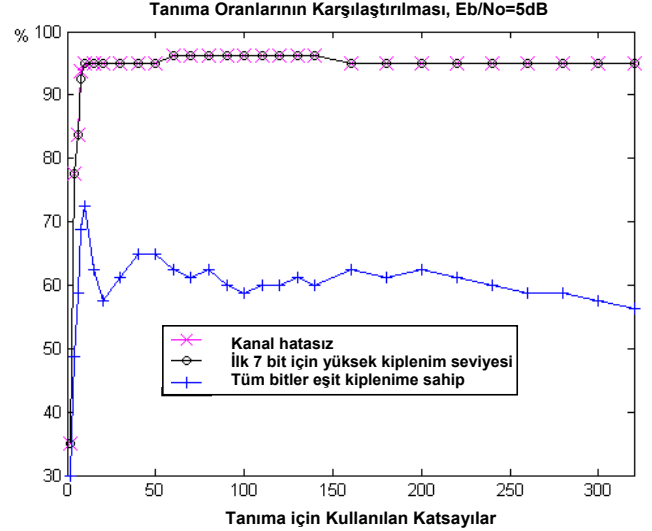
Başarım ölçütü olarak imgelere dayalı yüz tanıma oranı ve ayrıca iletilen imgenin tepe işaret-gürültü oranı (TİGO) kullanılmıştır.

4.1 Kodlanmış İmgelerle Yüz Tanıma

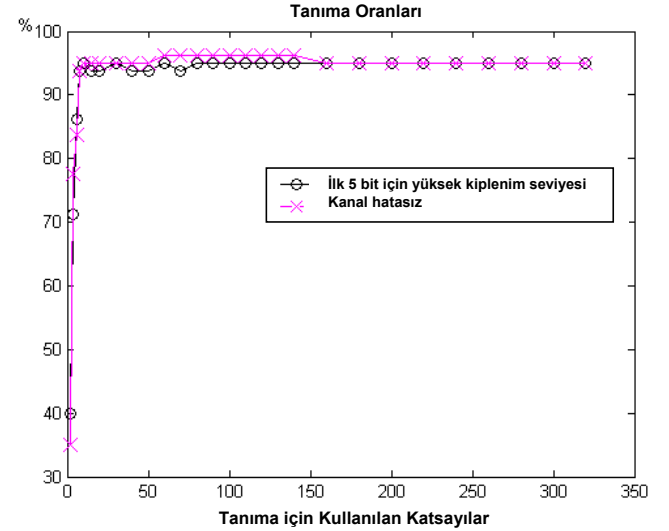
TBGG kanaldan yollanmış izdüşüm vektörlerinde hatalar oluşmakta ve yüz tanıma oranını belirgin bir şekilde azaltmaktadır. Önerilen EOHK algoritması ise her katsayının 7 bitine daha etkin koruma sağlayarak sistem başarımını kanal hatalarının bulunmadığı durumdakine yaklaştırmakta ve büyük bir katkı sağlamaktadır. Ortalama işaret-gürültü oranının sabit tutulmasının önemi tekrar vurgulanmalıdır: İlk 7 bit daha fazla

korunurken diğer bitler eşit korumanın sağlandığı durumdan da daha az korunmaktadır.

Şekil 3'te TBGG kanalı için EOHK algoritmasının başarımı gösterilmektedir. EOHK kullanılmadığı durumda bütün bitler eşit kiplenim genliğine sahiptir. Ortalama E_b/N_0 seviyesinin düşmesi tanıma oranını fazla etkilemezken korunan bit sayısı (7 veya 5) başarımı etkilemektedir.



Şekil 3. EOHK kullanılarak TBGG kanalı için tanıma oranı. $E_b/N_0=5$ dB. İlk 7 bit korunmuştur.



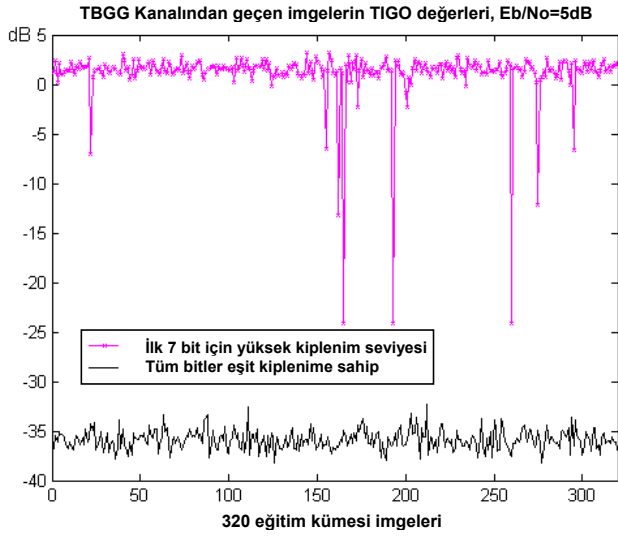
Şekil 4. EOHK kullanılarak TBGG kanalı için tanıma oranı. $E_b/N_0 = 2$ dB. İlk 5 bit korunmuştur.

4.2 İletilen Yüz İmgelerinin Oluşturulması

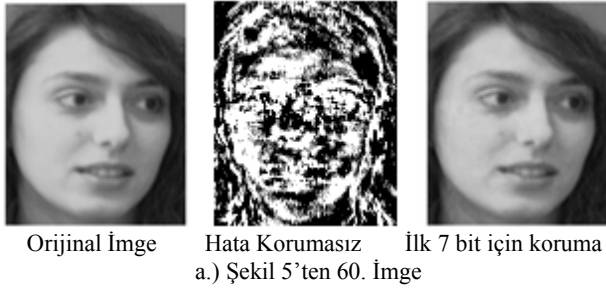
Daha önce belirtildiği üzere, yüz tanımanın aksine, yüz imgelerinin oluşturulması için 320 katsayının tamamına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden eğitim kümesinden kullanılan 320 katsayının tümü de kanal üzerinden yollanmaktadır.

Şekil 5'te, EOHK algoritması kullanıldığı zaman ve her katsayının ilk 7 biti korunduğu zaman elde edilen başarımın daha kararlı ve yüksek olduğu gösterilmektedir. Bütün bitlerin eşit şekilde korunduğu durumda TİGO yaklaşık -35dB seviyesindeyken ilk 7 bit daha fazla korunduğu zaman 2dB seviyesine çıkmaktadır. Burada da ortalama E_b/N_0 sabit

tutulmaktadır. Alınan imgelerin kaliteleri arasındaki oluşan farklar görsel olarak Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 5. kullanarak TBGG kanalı için Oluşturulan imgelerin tepe işaret gürültü oranları. $E_b/N_0 = 2$ dB. İlk 7 bit korunmuştur.



a.) Şekil 5'ten 60. İmge



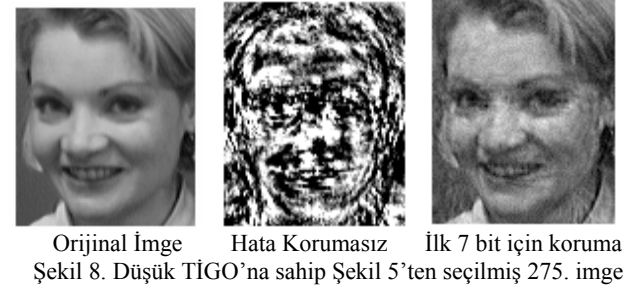
a.) Şekil 5'ten 320. İmge

Şekil 6. EOHK sonucunda elde edilen imgeler

EOHK algoritması kullanıldıktan sonra elde edilen imgeler orijinal imgeye görsel olarak çok benzemektedir. Şekil 7, aradaki farkı ortaya koymaktadır. Aradaki fark görsel olarak az olmasına rağmen Şekil 5'te görüldüğü üzere TİGO'ya etkisi belirgin olmaktadır. İletilen imgelerin büyük çoğunluğu EOHK algoritması kullanıldığı zaman başarılı bir şekilde oluşturulmakla birlikte, bazı imgeler kanal hatalarından etkilenmektedir. Şekil 8, görsel olarak da hatalı iletilen bir imgeyi göstermektedir. Buradaki imge, Şekil 5'te, düşük TİGO'ya sahip olanlar arasından seçilmiştir.



Şekil 7. EOHK sonucunda elde edilen 60. imge için fark imgesi



Şekil 8. Düşük TİGO'na sahip Şekil 5'ten seçilmiş 275. imge

5. Vargılar

Bu çalışmada ABA ile kodlanmış imgelerin iletimi sırasında doğabilecek hataları azaltmak için bir EOHK sistemi önerilmiştir. İmgelerin ABA kodlanması ile oluşturulan katsayılar önemli bilgi taşımaktadır. Alıcıda imgelerin en yüksek kalitede oluşturulabilmesi için bütün katsayılar gereksinim vardır ve bu katsayıların iletimi sırasında herbirinin tam sayı ve işaret bitleri daha fazla korunmuştur. Yüz tanıma için bütün katsayıların gönderilmesine gerek yoktur. Yalnızca 10 katsayının ilk bitlerinin daha fazla korunması tanıma için yeterli olmaktadır. Her iki amaç için de ortalama işaret gürültü oranı sabit tutulmuş ve toplam sistem başarımı artırılmıştır.

6. Kaynakça

- [1] Carl G. Looney, *Pattern Recognition Using Neural Networks: Theory and Algorithms for engineers and Scientists*, 1st ed., Oxford: University Press, 1997.
- [2] Gonzalez, J.G. (Jun 4, 1997). Face Recognition and Detection Using Eigenfaces. Retrieved March 14, 2003 from: World Wide Web: http://www.cc.gatech.edu/classes/cs7322_97_spring/participants/Gonzalez/final/node1.html
- [3] Pecanovic, Z., ve Crivelli, R. (January 13, 2000). Signal Processing Mini-project: Face recognition using eigenimages. Retrieved April 5, 2003 from the World Wide Web: <http://lcavwww.epfl.ch/~zpecenov/DPMP/eigenfaces/>
- [4] Turk, M., ve Pentland, A., "Eigenfaces for Recognition", *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 3, no.1, pp 72-86, 1991.
- [5] O.R.L. Face Database, Retrieved May 12, 2003 from: <http://mambo.ucsc.edu/psl/olivetti.html>.
- [6] Sherwood, P. G., "Source and Channel Coding of Images for Noisy Channels", Ph.D. diss., University of Illinois, 2000.