



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ
KULLANILARAK İKİ BOYUTLU GÖRÜNTÜ ÜZERİNDE
YAPILAN ÜÇ BOYUTLU MANİPÜLASYONUN ANALİZİ**

Metin ATILGAN

**DİSİPLİNLERARASI ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI
ADLİ BİLİŞİM
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Doç.Dr. Refik SAMET**

**ANKARA
2017**

Ankara Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Sayısal Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak İki Boyutlu Görüntü Üzerinde Yapılan Üç Boyutlu Manipülasyonun Analizi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Metin ATILGAN

Tarih: 15.07.2017

İmza:

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Disiplinlerarası Adli Bilimler Anabilim Dalı, Adli Bilişim Yüksek Lisans Programı** çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 22 / 06 / 2017

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ÇAKIR
Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi
Jüri Başkanı

Doç. Dr. Recep ERYİĞİT
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Refik SAMET
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
(Tez Danışmanı)

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul Ve Onay	iii
İçindekiler	iii
Önsöz	vii
Simgeler ve Kısaltmalar	viii
Şekiller	viii
Çizelgeler	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Dijital Görüntülerin Manipüle Edilmesinde Kullanılan Teknikler	4
1.2. Görüntüler Üzerinde Yapılan Dijital Manipülasyonların Tespit Metotları	7
1.2.1. Görüntüler Üzerinde Yapılan Dijital Manipülasyonlara Yönelik Aktif İnceleme Yöntemleri	9
1.2.2. Görüntüler Üzerinde Yapılan Dijital Manipülasyonlara Yönelik Pasif İnceleme Yöntemleri	11
1.2.2.1. Frekans Dönüşümleri ile İlgili Yaklaşımlar	16
1.2.2.2. Doku ve Yoğunluk ile İlgili Yaklaşımlar	18
1.2.2.3. LPT (Log Polar Transform) ile İlgili Yaklaşımlar	18
1.2.2.4. Boyut İndirgeme ile İlgili Yaklaşımlar	19
1.2.2.5. SIFT (Scale Invariant Feature Transform)	22
1.2.2.6. SURF (Speed Up Robust Features)	26
2. GEREÇ VE YÖNTEM	
2.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller	28
2.2. Test Materyalleri üzerinde Manipülasyon Varlığının İncelenmesi	29
2.3. Dosya Yapısına Yönelik İncelemeler	30

2.3.1. MAC (Modification-Access-Creation) Değerlerine Yönelik Yapılan Analizler	30
2.3.2. EXIF (Exchangeable Image File Format) Analizleri	31
2.3.3. Görüntü Dosyası HEX Kodu Analizi	32
2.4. Dijital Görüntü İçeriğine Yönelik İncelemeler	33
2.4.1. DCT Analizi	34
2.4.2. RGB Katmanları Analizi	37
2.4.3. CLA Analizi	40
2.4.4. CFA Analizi	42
2.4.5. ELA Analizi	45
3. BULGULAR	
3.1. Materyaller Üzerinde Üç Boyutlu Manipülasyon İşlemleri Gerçekleştirilerek Test Materyallerinin Hazırlanması	48
3.1.1. Nesne Modelleme	48
3.1.2. Nesne Yerleştirme, Post-process ve Çıkarım (Render)	51
3.2. Üç Boyutlu Manipülasyona Uğramış Test Materyallerinin Analiz Edilmesi	55
3.2.1. EXIF Analizi	55
3.2.2. HEX Analizi	57
3.2.3. DCT Analizi	58
3.2.4. RGB Analizi	64
3.2.5. CLA Analizi	64
3.2.6. CFA Analizi	65
3.2.7. ELA Analizi	65
4. TARTIŞMA	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	78
ÖZET	79

SUMMARY	81
KAYNAKLAR	83
EKLER	87
Ek-1: 3.2.1 EXIF Analizi Sonuçları	87
Ek-2: 3.2.3 DCT Analiz Sonuçları	100
Ek-3: 3.2.4 RGB Analiz Sonuçları	132
Ek-4: 3.2.5 CLA Analiz Sonuçları	147
Ek-5: 3.2.6 CFA Analiz Sonuçları	162
Ek-6: 3.2.7 ELA Analiz Sonuçları	177
ÖZGEÇMİŞ	207

ÖNSÖZ

Günümüzde dijital görüntüler hayatımızın her alanında kendilerine yer bulmayı başarmışlardır. Özellikle adli olayların aydınlatılmasında delil olarak karşımıza çıkan görüntülerin orijinallikleri üzerine çalışmalar yapılması gözden kaçırılmaması gereken bir konudur. Bu çalışmamızda, görüntüler üzerinde gerçekleştirilen üç boyutlu manipülasyonların geleneksel metotlar ile tespitlerinin başarılı olup olmadığı konusunda incelemeler gerçekleştirilmiştir.

Bilgisini ve azmini örnek aldığım danışman hocam, Doç. Dr. Refik SAMET'e,

Bu çalışmanın hazırlanması aşamasında her türlü desteğini benden esirgemeyen, hayatımdaki en büyük destekçim canım eşim Fatma FINDIK ATILGAN'a,

Teşekkür eder, bu alana yönelmeme sebep olan Ankara Kriminal Polis Laboratuvarı Müdürlüğü, Görüntü İnceleme Büro Amirliğine, bu tez çalışmasını atfederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

AC	Alternative Current (Alternatif Akım)
CFA	Color Filter Array
CLA	Compression Level Analysis (Sıkıştırma Seviyesi Analizi)
DC	Direct Current (Doğru Akım)
DCT	Discrete Cosine Transform (Ayrık kosinüs Dönüşümü)
DWT	Discrete Wavelet Transform (Ayrık Dalgacık Dönüşümü)
ELA	Error Level Analysis
EXIF	Exchangeable Image File Format (Değiştirilebilir Görüntü Dosyası)
FIAS	Forensic Image Analysis Software (Adli Görüntü İnceleme Yazılımı)
FMT	Fourier Mellin Transform
g2NN	2 Nearest Neighbour
HAC	Hierarchical Agglomerative Clustering
HH	High-High
HL	High-Low
ISO	International Organization for Standardization (Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu)
JPEG	Joint Photographic Experts Group (Birleşik Fotoğraf Uzmanları Grubu)
LH	Low-High
LL	Low-Low
LLE	Locally Linear Embedding
LPT	Log Polar Transform
MAC	Modification-Access-Creation
PCA	Principal Component Analysis (Temel Bileşen Analizi)
PHT	Polar Harmonic Transform
RGB	Red-Green-Blue
SIFT	Scale Invariant Feature Transform
SURF	Speed Up Robust Features
SVD	Singular Value Decomposition

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Manipüle edilmiş görüntü ve orijinal görüntü	4
Şekil 2.2. Bir helikopter görüntüsü üzerine köpek balığı görüntüsünün eklenilmesi	5
Şekil 2.3. Rotüş işlemi uygulanmış ve orijinal fotoğraflar	6
Şekil 2.4. İki boyutlu görüntü üzerine üç boyutlu ortamlarda modellenmiş nesnenin yerleştirme işlemi	7
Şekil 2.5. Dijital manipülasyon tespit yöntemlerinin sınıflandırılması	9
Şekil 2.6. Dijital filigran sisteminin genel yapısı	10
Şekil 2.7. Manipülasyonlara yönelik pasif incelemelerde kullanılan blok tabanlı yaklaşımların aşamaları	15
Şekil 2.8. DCT işlemine dayalı dijital filigran ekleme ve çıkarım işlemlerinin aşamaları	17
Şekil 2.9. Girdi görüntüsüne ait kod	22
Şekil 2.10. Girdi görüntüsü	22
Şekil 2.11. Girdi görüntüsü üzerinde uygulanan SIFT Matlab kodu	23
Şekil 2.12. Tespit edilen SIFT bölgeleri	23
Şekil 2.13. 4 x 4 blokların işaretlenmesi	23
Şekil 2.14. Tepe eşik değerine göre test görüntüsü	24
Şekil 2.15. Benzer bölgelerin işaretlenmesi için kullanılan Matlab kodu	24
Şekil 2.16. Aynı sahnenin bulunduğu görüntü çifti	25
Şekil 3.1. “Adobe Photoshop” yazılımı aracılığı ile manipülasyon işlemlerine maruz kalmış bir görüntünün “EXIF” bilgisinin bir parçası.	32
Şekil 3.2. DCT’ nin matematiksel ifadesi	34
Şekil 3.3. DCT akış diyagramı	35
Şekil 3.4. Manipüle edilmiş ve edilmemiş görüntülere ait DCT grafikleri	36
Şekil 3.5. MATLAB IPT yazılımında histogram grafiğinin elde edilmesi için kullanılan kod	37
Şekil 3.6. Manipüle edilmiş ve edilmemiş görüntülere ait RGB grafikleri	38
Şekil 3.7. Manipüle edilmiş ve edilmemiş görüntülere ait CLA grafikleri	40
Şekil 3.8. MATLAB IPT yazılımında histogram grafiğinin elde edilmesi için kullanılan kod.	42
Şekil 3.9. Manipüle edilmiş ve edilmemiş görüntülere ait CFA grafikleri	43
Şekil 3.10. Manipüle edilmiş ve edilmemiş görüntülere ait ELA grafikleri	45

Şekil 4.1. Kopyalama-taşıma tekniğini gösterir görüntü	48
Şekil 4.2. Adobe After Effects CC Element 3D v2.0 yazılımında yerleştirilecek olan yazının modellenmesi.	48
Şekil 4.3. Nesneye uygun gölgenin oluşturularak görüntü üzerine yerleştirilmesi	49
Şekil 4.4. Nesnenin görüntüye uygun olacak şekilde dokusunun ve renginin ayarlanması	50
Şekil 4.5. Perspektif kurallarına uygun şekilde yerleştirilmiş üç boyutlu nesnenin görüntüsü	51
Şekil 4.6. Manipüle edilen görüntünün render (çıkarm) sırasında JPEG sıkıştırmaya tabi tutulması.	52
Şekil 4.7. Üç boyutlu manipülasyon çalışmaları sonucunda elde edilen görüntüler	53
Şekil 4.8. Adobe Photoshop ve After Effects kullanılarak manipüle edilen görüntülere ait EXIF analizi	54
Şekil 4.9. MATLAB IPT yazılımı aracılığı ile yapılan EXIF analizi	55
Şekil 4.10. Orijinal ve manipüle edilmiş görüntülere ait HEX görüntüsü	57
Şekil 4.11. 30 adet görüntü üzerinde yapılan DCT-Map analiz sonuçları	58
Şekil 4.12. Manipülasyon tespit edilen görüntülerin analiz sonuçları	59
Şekil 4.13. Manipülasyon tespit edilen görüntülerin analiz sonuçları	60
Şekil 4.14. Manipülasyon tespitinin gerçekleştirildiği ELA Analiz sonucu	63
Şekil 4.15. Manipülasyon tespitinin gerçekleştirildiği ELA Analiz sonucu	64
Şekil 4.16. Manipülasyon tespitinin gerçekleştirildiği ELA Analiz sonucu	65
Şekil 4.17. Manipülasyon tespitinin gerçekleştirildiği ELA Analiz sonucu	66
Şekil 4.18. Manipülasyon tespitinin gerçekleştirildiği ELA Analiz sonucu	67

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. Test materyallerinin elde edildiği verisetlerine ait bilgiler	29
Çizelge 5.1. Görüntüler üzerinde gerçekleştirilen analizler ve sonuçları	70

1. GİRİŞ

Son yıllarda dijital medya dünyanın her yerine hâkim olmuş durumdadır. Dijital materyaller olan DVD'lerden televizyonlara, insanlar bu elektronik cihazlara adapte olmuşlardır. Günümüzde tüketicinin satın aldığı tüm kameralar dijital cihazlardır. Dijital kameralarla yapılan çekimlerin anlık olarak görüntülenebilmesi kolaylığı sebebiyle tüketici bu cihazları tercih etmektedir. Buna ek olarak, dijital kameralar yüzlerce ve binlerce basılı kopyasını saklamak yerine, bu görüntüleri bellek kartında saklayabilir. Bu tür kolaylığın, yasadışı faaliyetlerin dijital medya kullanılarak gerçekleştirilmesine yol açması da şaşırtıcı değildir. Bu durumdan aynı zamanda güvenlik birimleri de faydalanmıştır. Dijital görüntüler kullanılarak yalnızca olaylar aydınlatılmamış aynı zamanda dijital görüntüler suça konu olmuşlardır (Marrion, 2016).

Meydana gelen adli vakaların aydınlatılması sürecinde, olay yerinde bulguların toplanması, laboratuvar ortamında analiz edilmesi ve değerlendirilmesi gibi her aşamada adli bilimlerin kuralları ve yöntemleri geçerlidir. Bilimsel sonuçları kanıtlanmış olan bu yöntemler adli mercilerce de kabul görmekte, bu makamlara sunulan delillerin bilimsel olup olmadığı sorgulanmaktadır. Birçok dijital delilin analiz edilmesi aşamasında ise, adli bilimlerin alt dalı olan adli bilişimden faydalanılır.

Adli bilişim, bilişim sistemleri üzerinden genellikle veri olarak elde edilen delillerin toplanması, saklanması, derlenmesi ve analizi konusunda ilke ve standartlar oluşturan multi disiplinler yapıda yeni bir bilim dalıdır (Ahi, 2009).

Çakır ve Kılıç (2013), adli bilişimin tanımını, “bilgisayar medyaları üzerinde bulunan dijital verilerin toplanması, delilleştirilmesi ve raporlanması işlemlerini kapsayan bir bilim dalıdır” şeklinde ortaya koymuşlardır.

Bir başka deyişle adli bilişim, bilişim sistemleri ve üzerinde bulunan depolama ünitelerinin, herhangi bir suçu işlemede veya yasaklanmış bir faaliyette kullanılıp kullanılmadığını tespit etmek amacıyla yapılan çalışmaların tümüdür (Henkoğlu, 2014).

Günümüzde oldukça yaygınlaşan ve birçok önemli suçun aydınlatılmasında başrolü oynayan delillerden birisi de elektronik görüntüleme cihazlarından elde edilen görüntülerdir. Adli görüntü incelemeleri, adli bilişim yöntemlerine dayalı sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilir.

Gelişen teknoloji ile birlikte profesyonel iş istasyonları, görüntü düzenleme yazılım paketleri ve yüksek çözünürlüklü görüntü yakalama cihazları sayesinde dijital görüntülerin manipüle edilmesi kolaylaşmıştır (Birajdar ve Mankar, 2013). Ortaya çıkan profesyonel görüntü düzenleme yazılımları ile birlikte de yeni manipülasyon teknikleri ortaya çıkmış ve her dönem geliştirilmeye devam edilmiştir. Eğer bu teknikler özet olarak ana başlıklar altında toplanmak istenirse;

- 1- Kopyalama-Taşıma Tekniği,
 - 2- Görüntü Ekleme-Birleştirme Tekniği,
 - 3- Görüntü Üzerinde Yeniden Düzenleme (Rotüş Yapma),
 - 4- İki Boyutlu Görüntü İçerisine Üç Boyutlu Manipülasyon Teknikleri Kullanılarak Nesne Yerleştirme Tekniği,
- şeklinde sıralanabilir. Bahsedilen teknikler yaygın olarak kullanılmakta ve her geçen gün ortaya çıkan yeni yazılımlar ile de desteklenmektedir.

Bu tez çalışması, iki boyutlu görüntü içerisine üç boyutlu manipülasyon teknikleri kullanılarak nesne yerleştirme üzerine kurulu olup, bu teknikle elde edilen test materyallerinin günümüzde kullanılan teknikler ile tespit edilme durumuna yönelik analizleri içermektedir. Çalışmada, oluşturulan test materyallerinde yapılan manipüle işlemlerinin geleneksel manipülasyon tespit metotları ile tespit edilemeyeceğini, kullanılan yöntem sayesinde, analizlerde bozma alanlarının görsel olarak tespit edilemeyeceğini ve dolayısıyla manipülasyonun varlığı hususunda net bir kanaat beyanında bulunulamayacağını ortaya koymak planlanmıştır.

Tez çalışmasının bu bölümünde, mevcut literatürden manipülasyon tespit metotları hakkında bilgiler verilmiş ve bu yöntemler sınıflandırılmış, 2. bölümünde test materyallerinin üzerinde yapılan üç boyutlu manipülasyon çalışmaları sunulmuştur. Sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılarak test materyallerinin analiz sonuçları ile orijinal materyallerin analiz sonuçları birlikte verilerek 3. bölümde karşılaştırma yapılmasına imkân sağlanmıştır. Son olarak 4. ve 5. bölümde analiz sonuçları arasında karşılaştırma yapılarak, bahse konu manipülasyon işleminin başarılı bir şekilde tespit edilip edilmediği hususunda değerlendirmeler yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

Tez çalışmasının bu bölümünde manipülasyon teknikleri, yapılan manipülasyonların tespit metotları üzerinde durulacak ve literatürde bu hususlar ile ilgili olarak ortaya konulan değerlendirmelerden bahsedilecektir. Dolayısıyla bu bölüm manipülasyon teknikleri ve manipülasyon tespit metotları olarak ikiye ayrılmıştır.

1.1. Dijital Görüntülerin Manipüle Edilmesinde Kullanılan Teknikler

Dijital görüntülerin manipüle edilmesi ile ilgili genel literatüre bakıldığında en yaygın kullanılan tekniğin Kopyalama-Taşıma tekniği olduğu görülmektedir. Birçok uzman özellikle kopyalama-taşıma tekniğini çalışmalarına konu edinmiştir. Kopyalama-Taşıma, gerçekleştirilebilmesi kolay olması nedeniyle en popüler olan ve yaygın olarak kullanılan görüntü manipülasyon tekniğidir. Bir görüntüdeki bazı bölgelerin, kopyalanmasını ve görüntünün diğer bir bölümüne taşınmasını içerir. Kopyalanan bölge aynı görüntüye ait olduğundan, dinamik aralık ve renk, resmin geri kalan kısmı ile uyumlu kalır. Şekil 2.1' de solda görüntü içerisinde bazı bölgeler kopyalanarak iki bayan görüntüsünün üzerine yapıştırılmış ve bayanların olmadığı manipüle edilmiş bir görüntü elde edilmiştir. Aynı görüntü içerisinde kopyalama-yapıştırma tekniği uygulandığı için görüntüye ilk bakışta manipülasyon işlemi farkedilmemektedir.



Şekil 1.1. Solda bulunan orijinal görüntü üzerinde kopyalama-taşıma işlemi yapılması sonucunda sağda bulunan manipüle edilmiş görüntü elde edilmiştir (Mushtaq ve Mir, 2014).

Orijinal görüntü üzerinde yapılan kopyalama-taşıma işlemi sonrasında elde edilen görüntü üzerinde, bulanıklık filtresi uygulanarak manipülasyon izleri yok edilmiştir (Mushtaq ve Mir, 2014).

Kopyalama-Taşıma tekniğinden sonra gelen ve yaygın olarak kullanılan diğer bir teknik ise görüntü ekleme-birleştirme tekniğidir. Görüntü ekleme-birleştirme tekniği, iki veya daha fazla görüntünün kendi içlerinde düzenlenip birleştirilmesi ve

orijinal görüntünün değiştirilmesi işlemidir. Farklı arka plana sahip görüntülerin birleştirilmesi durumunda, nesnelerin sınırları ayırt edilemeyecek kadar düzenlenir.



Şekil 1.2. Bir helikopter görüntüsü üzerine köpek balığı görüntüsünün eklenilmesi

Şekil 1.2’ de manipüle edilmiş bir görüntü oluşturmak için kurtarma helikopteri görüntüsüne köpek balığının yerleştirilmesi gösterilmiştir (Hassan ve Sharma, 2016).

Görüntüler üzerinde direkt olarak kesme, kopyalama ve yapıştırma işlemleri manipülasyon işlemleri olarak değerlendirilse de, görüntünün estetik olarak görünümünün iyileştirilmesi de aslında manipülasyon olarak değerlendirilmesi gerekir. Bu sebeple, görüntüler üzerinde yeniden düzenleme yapma, mevcut dijital görüntü manipülasyon türlerinden daha az zararlı bir teknik olarak kabul edilir. Eğer bir görüntü üzerinde bu işlem yapılmış ise, görüntü üzerinde önemli değişiklikler bulunmaz ancak bazı özelliklerde değişim görülür. Bu teknik dergi ve fotoğraf editörleri tarafından sıkça kullanılır. Bu tür işlemler, görüntünün belirli özelliklerini daha cazip hale getirmek için neredeyse tüm dergi kapaklarında uygulanır. Aslında bu durum, görüntünün orijinalliği açısından etik olarak orijinal kabul edilmez (Mankar ve Gurjar,2015).

Görüntüler üzerinde rotüş işlemi özellikle günümüzde vesikalık fotoğraf çekimleri sonrasında uygulanmaktadır. Vesikalık fotoğraf çektiren kişilerin

yüzlerinde bulunan istenmeyen noktaların yok edilmesi bu teknikle gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.3’ te solda bulunan bayan fotoğrafında yüzde bulunan lekeler bu teknikle ortadan kaldırılmış ve sağdaki fotoğraf elde edilmiştir.



Şekil 1.3. Solda bulunan fotoğraf üzerinde rotüş işlemi yapılarak istenmeyen noktalar giderilmiş ve sağdaki fotoğraf elde edilmiştir.

Genel olarak incelenen literatürde, özellikle profesyonel olmayan kullanıcılar tarafından dahi kolayca gerçekleştirilebilmesi sebebiyle yukarıda bahsedilen tekniklere geniş yer verilmiştir. Bu tekniklerin popüler olması sebebiyle uzmanların yürütmüş olduğu çalışmalar da bu tür bozmalara yönelik olmuştur. Ancak bu tez çalışmasında, profesyonel görüntü düzenleme ve nesne modelleme yazılımlarına hâkim olan bir kullanıcının, görüntü üzerinde gerçekleştirebileceği üç boyutlu manipülasyonların analizi üzerinde durulmuştur.

Üç boyutlu manipülasyon tekniği, dijital cihazlar tarafından elde edilmiş iki boyutlu görüntüler üzerine üç boyutlu modelleme yazılımları aracılığı ile üretilen nesnelerin yerleştirilmesi işlemidir. Bu işlemde modellenen nesnenin ışık, gölge vb. özellikleri görüntüye uygun olarak düzenlenir ve yerleştirilir. Bu yöntem son zamanlarda film sahnelerinde özellikle kullanılmaktadır. Üç boyutlu modelleme ve tasarım yazılımları ile üretilen nesneler, ortamlar vb. yapılar sahneye uygun çekilen videolar üzerine yerleştirilerek görüntülenir. Bu sayede filmin maliyeti açısından da

tasarruf edilmiş olur. Şekil 2.4' te önceden çekilmiş olan bir görüntü içerisine zemin bulunarak, üç boyutlu ortamda modellenmiş bir nesnenin yerleştirildiği görülmektedir.



Şekil 1.4. İki boyutlu görüntü üzerine üç boyutlu ortamlarda modellenmiş nesnenin yerleştirme işlemi.

Şekil 1.4' de görüldüğü şekilde yerleştirilen nesnenin görüntüye uyum sağlaması için üzerinde ışık ve gölge yönlerinden çalışmalar yapılır. Orijinal görüntü içerisindeki nesnelere yansıyan ışığın hangi açıdan geldiği ve nesnelerin gölgelerinin yönü üç boyutlu nesnenin ışık ve gölgesinin ayarlanmasında referans olacaktır. Bu sayede istenilen görüntü için sahne oluşturmak yerine, bilgisayar ortamında birkaç manipülasyon işleminin gerçekleştirilmesi yeterli olacaktır.

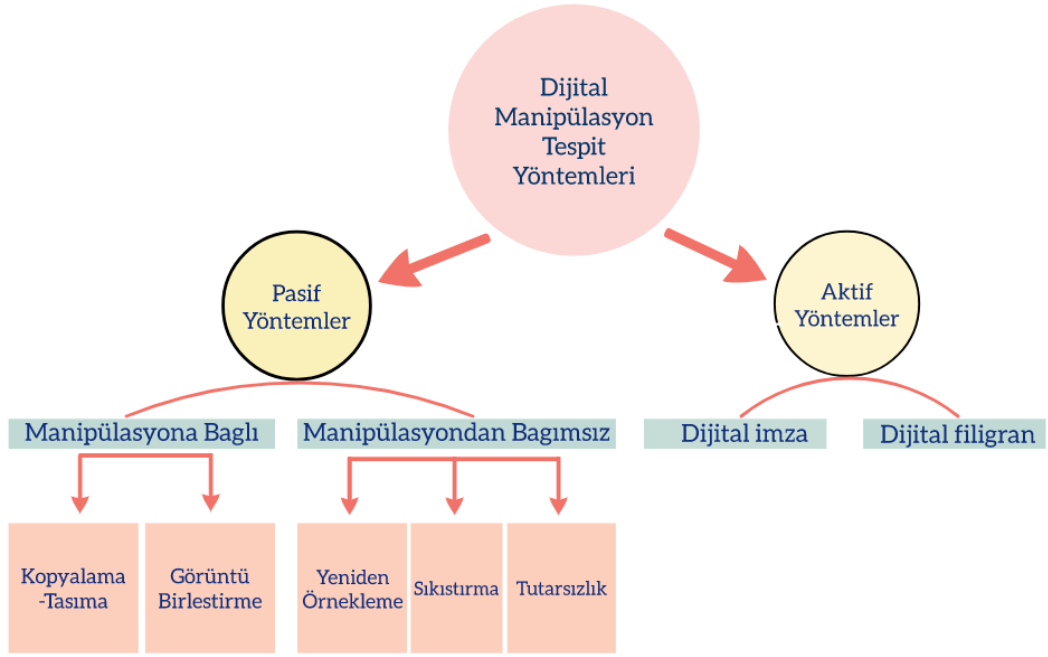
1.2. Görüntüler Üzerinde Yapılan Dijital Manipülasyonların Tespit Metotları

Genel olarak, görüntü manipülasyon tespiti, aktif teknik ve pasif teknik olarak ikiye ayrılır. Aktif tespit yöntemleri iki kategoriye ayrılır. Birinci kategori, kayıt

sonunda görüntüye bir filigran gizleyen dijital filigran üzerine kuruludur ve görüntünün değiştirilip değiştirilmediğinin incelenmesi ve kimlik doğrulaması sırasında ayıklanır. Filigranın ya özel olarak donatılmış bir kamera kullanarak yerleştirilmesi ya da daha sonrasında yetkili bir kişi tarafından çekim sırasında yerleştirilmesi bu yöntemin önemli dezavantajıdır. Buna ek olarak, orijinal görüntünün bu yöntem amacıyla sonradan işlenmesi görüntünün görsel kalitesini düşürebilmektedir (Al-Qershi ve Khoo, 2013).

Aktif yöntemlerin ikinci kategorisi dijital imza üzerine kuruludur. Bu yöntemler, görüntü kaydı sonunda bir imza ile görüntünün kendine has spesifik özelliklerini ayırt etmektir. Kimlik doğrulama sonunda, imza aynı yöntem kullanılarak yeniden oluşturulur ve görüntünün doğruluğunu karşılaştırma yoluyla tespit edilebilir. Dijital imzalar da filigran eklenmesi aşamasında aynı dezavantajlara sahiptir (Al-Qershi ve Khoo, 2013).

Adli dijital görüntü incelemeleri olarak da adlandırılan pasif yöntemlerle görüntü incelemeleri, fotoğrafların kendisinden başka bir ön bilgi kullanmadan dijital görüntülerin doğrulanması işlemidir. Pasif teknikler, iki kategoriye ayrılır: kaynak cihaz tespiti ve manipülasyon tespiti. Birinci kategorideki kaynak makine kimlik doğrulaması, fotoğraf edinme aşamaları ve depolama aşamaları sırasında bırakılan izler olan kamera parmak izlerini tespit etmeye dayanır. Bu kategorideki teknikler, kamera parmak izini, farklı kamera modelleri arasında veya hatta aynı fotoğraf makinesi modelinin farklı örnekleri arasında ayırabilmek için kullanılır. İkinci kategori olan manipülasyon tespitleri ise görüntü içerisinde bulunan karakteristik özelliklerden faydalanılarak istatistiksel olarak düzensiz bölgelerin ayırt edilmesi ve manipülasyon bölgelerinin ortaya çıkarılmasıdır. Literatürde dijital manipülasyon tespit yöntemleri Şekil 2.5' te görüldüğü şekilde sınıflandırılmıştır.



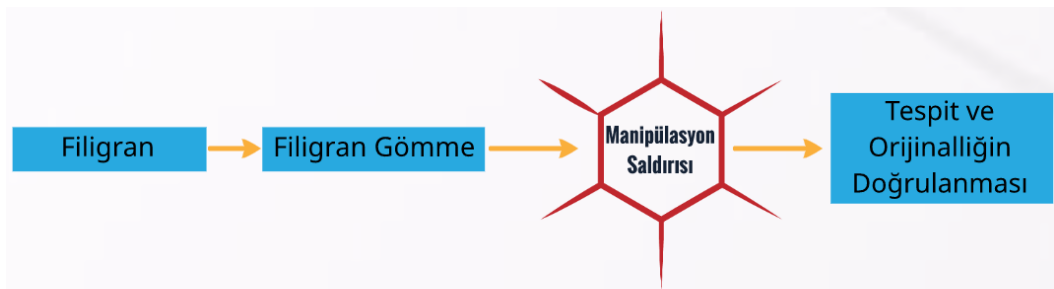
Şekil 1.5. Dijital manipülasyon tespit yöntemlerinin sınıflandırılması.

Çalışmanın bu bölümünde Şekil 2.5' te görülen sınıflandırmaya göre, dijital manipülasyon tespit yöntemleri aktif ve pasif yöntemler olarak iki kategoride incelenecek, aktif yöntemlerden bahsedildikten sonra detaylı bir şekilde pasif yöntemler incelenecektir.

1.2.1. Görüntüler Üzerinde Yapılan Dijital Manipülasyonlara Yönelik Aktif İnceleme Yöntemleri

Görüntü üzerinde yapılan manipülasyonların tespitine yönelik metotlar geliştirilir iken aynı zamanda manipülasyon yapılmasının önüne geçilmesi amacıyla aktif yöntemler geliştirilmiştir. Literatürde genellikle bu yöntemler dijital filigran ve dijital imza olarak ikiye ayrılmıştır.

Bilgi özgünlüğünün korunması sorunu ile başa çıkabilmek için bilgi gizleme veya filigran teknolojisi önerilmiştir. Bilgi gizleme, gizli mesajları, gönderen ve istenen alıcı dışında kimsenin mesajın varlığından şüphelenmeyecek şekilde kodlanmasını amaçlar. Profesyonel olarak hazırlanmış filigran gömme algoritmaları sayesinde gizli bilgi, akıl almaz ve oldukça ilginç şekilde gizlenebilir. Verilerin özgünlüğü, gömülü gizli bilgilere dayalı olarak alıcı tarafından doğrulanabilir. Bilgi gizleme, insan görsel sisteminin algıda tamamlama fonksiyonunu kullanır. Dijital bilgileri diğer genel verilerin görsel fazlalığına gizler ve bu bilgilerin varlığı istenmeyen alıcılara görünmezdir. Dijital filigran, alıcı tarafından çıkarılan, gizli bilgiler içeren, dijital verilerin kompleks olarak harmanlandığı bir tekniktir. Filigran oluşturma işlemi, alıcı tarafından çıkarıldığında tanınabilir olması için manipülasyon saldırılarına karşı dayanıklı olmalıdır. Sağlamlık ve özgünlük gibi özellikler filigran sisteminin temel özelliklerinden biridir. Bununla birlikte, boyut arttıkça veriler manipülasyona daha açık olduğundan gömülü bilgilerin boyutu da dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla, bir filigran şeması geliştirirken bu özelliklerin arasında bir dengeleme düşünülmelidir. Dijital filigran sistemi filigran oluşturma, filigranın gömülmesi ve filigran çıkarımı şeklinde üç aşamadan oluşmaktadır (Ling ve Ur-Rehman, 2015). Şekil 2.6' da dijital filigranın yerleştirilmesi ve sonrasında kontrol edilmesi aşması gösterilmektedir. Dijital filigranın gömülmesi sonrasında gerçekleştirilecek olan manipülasyon saldırısı, orijinalliğin sorgulanması aşamasında ortaya çıkacaktır.



Şekil 1.6. Dijital filigran sisteminin genel yapısı.

Dijital imza veya dijital imza düzeni ise, dijital bir mesajın veya belgenin özgünlüğünü göstermek için kullanılan matematiksel bir düzendir. Geçerli bir dijital imza, iletinin bilinen bir gönderen tarafından oluşturulduğuna ve iletildiğinde değiştirilmediğine inanmak için alıcıya bir kanıt verir. Dijital imza, yazılım dağıtımı, finansal işlemler ve sahteciliği veya manipülasyonu tespit etmenin önemli olduğu diğer durumlarda sıklıkla kullanılır. Dijital imzalar bir tür asimetrik şifreleme uygular. Güvenli olmayan bir kanal aracılığıyla gönderilen iletiler için, düzgün bir şekilde uygulanmış bir dijital imza, alıcının mesajın talep edilen gönderen tarafından gönderildiğine inanmasını sağlar. Dijital imzalar birçok açıdan geleneksel el yazısı imzalara eşdeğerdir, ancak düzgün uygulanmış sayısal imzalar el yazısı türüne göre daha zordur. Burada kullanılan dijital imzalar, şifreleme temelli olup, etkili olması için doğru bir şekilde uygulanmalıdır (Lanjewar, Khaire ve Meshram, 2014).

1.2.2. Görüntüler Üzerinde Yapılan Dijital Manipülasyonlara Yönelik Pasif İnceleme Yöntemleri

Dijital görüntü işleme tekniklerinde pasif manipülasyon inceleme yöntemleri, genellikle zor olan yöntemlerdir. Bütün bu manipülasyonları tespit edebilen belirli bir yöntem yoktur, ancak birçok yöntemin her biri özel bir manipülasyonu kendi yollarıyla tespit edebilir. Pasif manipülasyon tespit incelemeleri, görüntü sahteciliğinin belirlenmesi için içeriğinin çeşitli istatistiklerine ve semantiklerine dayanan ham görüntü analizi ile ilgilidir. Aktif incelemeler gibi, görüntü, filigran sayesinde güvenlik altına alınmamıştır ve dolayısıyla bu yöntem ham görüntü analizi olarak da bilinir. Müdahalenin lokalizasyonu yalnızca görüntü özelliklerinin istatistiklerine dayanmaktadır. Bu nedenle, pasif yöntemlere dayalı manipülasyon tespiti, lokalizasyonu için kullanılan algoritmalar ve yöntemler, kullanılan algoritma yapısının türüne bağlı olarak değişir. Bununla birlikte, pasif manipülasyon tespiti, tipik olarak şüpheli görüntü üzerinde sahtecilik yapılan bölgenin lokalize edilmesi amacını taşır (Sharma, Jha ve Bharti, 2016).

Görüntünün yeniden örnekleme durumu kullanılarak tespit yöntemleri, manipülasyondan bağımsız olarak kullanılan tespit yöntemleridir. Manipülasyonların ortaya çıkarılması için görüntünün yeniden örnekleme, sıkıştırılmamış görüntüler için çok uygundur. Genellikle, görüntü birleştirilmesi gerçekleştirildiğinde, yapıştırılan bölgelerden biri arka plan sahnesiyle geometrik olarak adapte edilmelidir. Uygulanan mekânsal dönüşüm (örneğin, yeniden boyutlandırma, döndürme vb.), orijinal bir görüntüde bulunmayan ve komşu pikseller arasında kaçınılmaz olarak karakteristik bağımlılıklar bırakacak bir yeniden örnekleme işleminden yararlanacaktır. Literatürde, bu tür karakteristik olan yeniden örnekleme izleri üzerinde tutarsızlıkları tespit eden ve manipülasyonları ortaya çıkaran çeşitli teknikler bulunmaktadır (Vazquez-Padin, Comesana ve Perez-Gonzalez, 2015). Görüntülerde JPEG formatı yaygın olarak kullanılan bir formattır. Genellikle sayısal görüntüler ham hallerinde depolanmadan JPEG sıkıştırmasına uğratılarak yeniden örnekleme ve bu sayede depolama birimlerinde tasarrufa gidilmiş olur. JPEG sıkıştırması sonrasında yeniden örnekleme görüntüde görüntünün 8x8 piksel bloklarına ayrılarak her bir blok üzerine DC katsayısına sahip bir algoritma uygulanır ve kodlanır. Yeniden görüntülenmek istendiğinde bu DC katsayısı sayesinde dekode edilir. Bu şekilde JPEG sıkıştırmasına uğramış olan görüntü üzerinde yeniden örneklemeyle ilgili karakteristik izler bulunur. Pasif inceleme yöntemleri ise görüntüler üzerinde bu karakteristik izler ile ilgilenirler.

Görüntüler üzerinde gerçekleştirilen manipülasyon işlemleri sonrasında izlerin ortadan kaldırılması amacıyla uygulanan işlem sıkıştırma değildir. Dijital görüntüleme, JPEG en popüler kayıplı sıkıştırma standardıdır ve JPEG görüntüleri her yerde bulunmaktadır. Günümüzün dijital teknikleri, görünür herhangi bir ipucu bırakmadan JPEG resimlerini değiştirmeyi kolaylaştırmaktadır. Dahası, çoğu görüntü manipülasyonu çift JPEG sıkıştırma içerir, adli görüntü incelemeleri, çift JPEG sıkıştırmanın doğru bir şekilde analiz edilmesi için çalışır (Liu ve ark., 2013).

Aygıt bilgisini almanın en basit yolu, bu bilgileri bir resim dosyasının üstbilgi bölümünden çıkarmaktır. Çoğu aygıt üreticisi, cihaz üreticisi, kamera modeli, pozlama, resim çekilen tarih ve saat, piksel boyutu, vb. gibi başlıkta spesifik bilgiler yazmak için standart EXIF (Değiştirilebilir Görüntü Dosyası Biçimi) standardını kullanır. EXIF, ses ve video kayıtlarında da kullanılır. Dijital kamera, tarayıcı, video makinesi ve diğer dijital cihazlarda da kullanılmaktadır. Görüntüleri kaydetmek için JPEG biçimi kullanılıyorsa, nicemleme (sayısal hesaplama) tablosu JPEG görüntülerinin başlığından elde edilebilir. Üreticilerin çoğu, farklı nicemleme tablolarını kullanır ve bazıları kendi nicemleme tablolarını tanımlayabilir. Nicemleme tablosunu inceleyerek, test görüntüsünün başlangıç cihazı basitçe gösterilebilir. Ancak, adli görüntü inceleme delilini tartışırken bu yaklaşım daha az güvenilirdir, çünkü başlık bilgisinin sahte olması çok kolaydır. Ayrıca, görüntü yeniden kaydedilir ve yeniden sıkıştırılırsa, bu özellikler kullanılamaz (Liu ve ark., 2013).

JPEG kuantizasyon aşamalarını tahmin etmek, adli görüntü incelemeleri gibi özel durumlar için önemlidir. Uzamsal tamsayı yuvarlama, farklı frekans modlarının DCT katsayıları arasında küçük bir korelasyon oluşturabilir. Buna rağmen, her frekans modunun DCT katsayıları üzerindeki nicemleme etkisi, birbirini takip eden yuvarlak JPEG sıkıştırması arasında herhangi bir JPEG bloğunun hizalanmadığı varsayılarak yaklaşık olarak bağımsız olarak düşünülebilir. Bu nedenle, JPEG nicemleme basamağının tahmini, her ilgili DCT modu için bağımsız olarak ele alınabilir. Genel olarak, daha önce JPEG sıkıştırılmış bir görüntü üzerinde blok DCT dönüşümü yapıldığında, bir frekans modu için DCT katsayılarının dağılımı periyodiktir. DCT katsayı dağılımının periyodikliği önceki JPEG sıkıştırmasının nicemleme adımının büyüklüğüne karşılık gelir. Bu özellik birçok çalışma tarafından JPEG olarak sıkıştırılmış bir bitmap görüntüsünün JPEG nicemleme adımını tahmin etmek için kullanılmıştır. Çift JPEG sıkıştırması söz konusu olduğunda, ilk JPEG sıkıştırmasına yönelik olarak nicemleme tablosunu tahmin etmek için bazı yöntemler sunulmuştur. Lukas ve Fridrich (2003), JPEG katsayı dağılımlarını simüle olanlarla eşleştirerek veya bu dağılımların özelliklerini öğrenerek AC modunun düşük frekanslı DCT katsayıları için nicemleme adımlarını tahmin etmişlerdir. Pevny ve

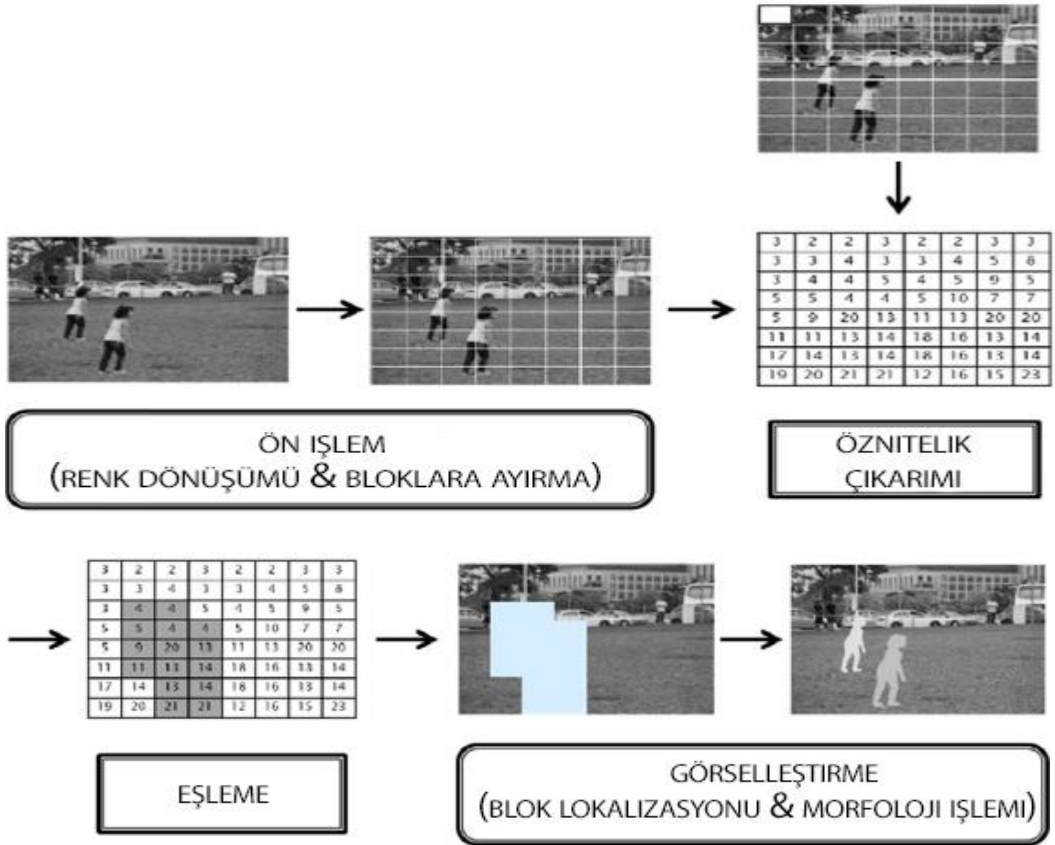
Fridrich (2008), AC modunda küçük bir DCT katsayısı nicemleme adımları tahmin edildikten sonra, en yakın standart nicemleme matrisini bularak ilerlemeye devam etmişlerdir (Zhang ve Wang, 2015).

Kaynak cihaz tarafından her bir orijinal görüntünün öznelikleri arasında belirli bir tutarlılık vardır. Özellikle görüntü üzerinde bulunan gürültü, bu tutarlılığın doğrulanması amacıyla kullanılan en etkili özneliktir. Gürültünün bozulması, mevcut tüm kör sahtecilik tespit yöntemlerinin başarısız olmasının başlıca nedenidir. Bu yöntemler yalnızca mevcut gürültü miktarı küçük olduğunda düzgün çalışabilir. Örneğin, kopyalama-taşıma manipülasyonunda (bu tür sahteciliklerde, resmin bir kısmı kopyalanır ve bir nesnenin veya resmin bir bölgesini gizlemek amacıyla aynı görüntünün başka bir bölümüne yapıştırılır) ilave gürültü, çoğaltılan bölgelerde tutarsızlıklara sebep olur ve tam olarak eşleşmez. Bu, kopya hareket sahteciliği algılama yöntemleri performansında önemli bir düşüşe neden olur. Yeniden örnekleme tespit yöntemlerinde de aynı olabilir (yeniden örnekleme iki ya da daha fazla resim bir araya getirilerek neredeyse kaliteli ve tutarlı manipülasyon görüntüsü oluşturulur her zaman). Burada, gürültünün bozulması, komşu pikseller arasında saptanabilir, korelasyonun kaybolmasına neden olur. Bu korelasyon, enterpolasyon adımıyla sinyal haline getirilir. Ayrıca, farklı kaynaklardan iki veya daha fazla resim bir araya getirildiğinde, manipülasyon görüntüsü o zaman çeşitli gürültü seviyelerine sahip birkaç bölge içerir (Mahdian ve Saic, 2009).

Kopyalama taşıma manipülasyonu için kullanılan tespit metotları manipülasyona bağlı metotlardır. Kopyalama-taşıma manipülasyonu önceki bölümlerde belirtildiği üzere, dijital görüntüler için en yaygın bozma yöntemlerinden biridir. Algılama yöntemleri genel olarak, görüntüyü örtüşen bloklara böler ve benzer olanları bulmak maksadı ile özellikleri ayıklamak ve karşılaştırmak için blok eşleştirme yaklaşımları kullanır. Buna ek olarak benzer alanlar bulmak için ilgili anahtar noktaların ayıklanıp birbirlerine uyanların ortaya çıkarıldığı nokta tabanlı yaklaşımlar uygulanır (Ardizzone ve ark., 2015).

Kopyalama-taşıma teknikleri ile yapılan manipülasyonların tespiti için ortaya koyulan manipülasyona bağlı pasif tespit yaklaşımlarını blok tabanlı ve nokta tabanlı yaklaşımlar olmak üzere iki ana kategoride değerlendirilebilir.

Görüntüler üzerinde yapılan manipülasyon incelemelerinde blok tabanlı yaklaşımlar, genellikle Şekil 1.7’ de gösterilen adımları gerçekleştirmektedirler.



Şekil 1.7. Manipülasyonlara yönelik pasif incelemelerde kullanılan blok tabanlı yaklaşımların aşamaları.

Görüntü gri seviyeye dönüştürüldükten sonra bloklara ayrılır ve sonrasında öznitelik elde edilir. Elde edilen özniteliklere göre bloklar birbirleri ile karşılaştırılarak aynı veya benzer özniteliklere sahip olan bloklar eşleştirilir ve algoritma sayesinde işaretlenerek gösterilir.

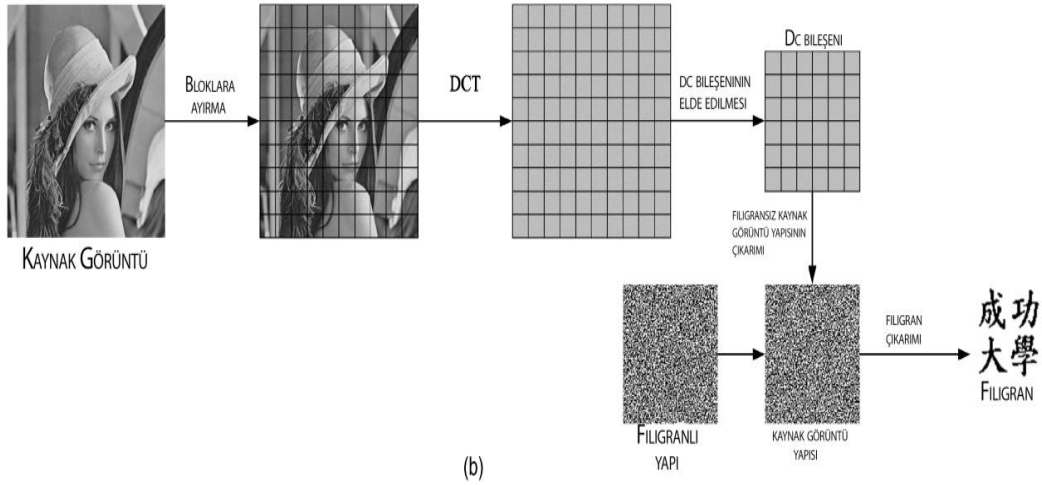
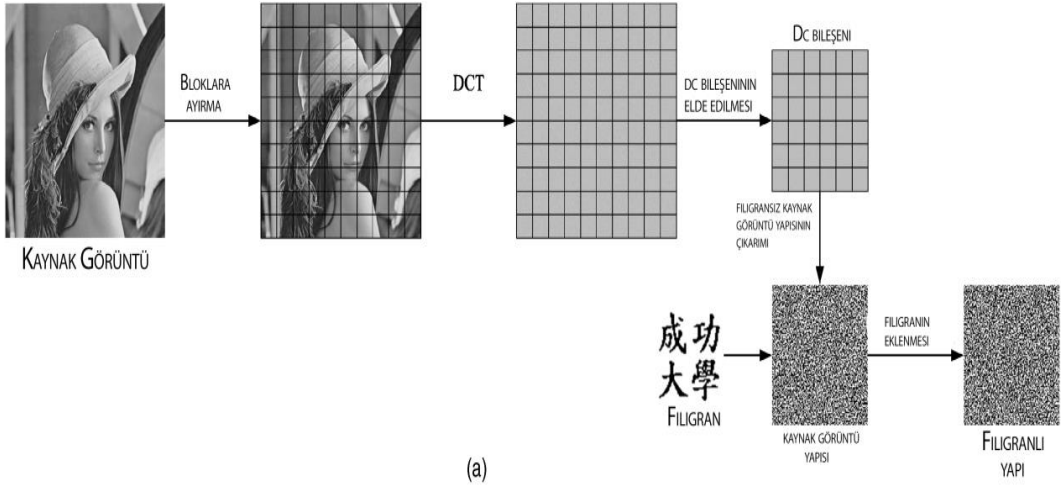
Blok tabanlı yaklaşımlar genellikle şu şekilde sınıflandırılırlar:

1.2.2.1. Frekans Dönüşümleri ile İlgili Yaklaşımlar

Blok tabanlı yaklaşımlarda frekans dönüşümleri, görüntünün özelliklerinin çıkarımı için en popüler kullanılan tekniklerdir. Bu teknikler için kullanılan DCT (Discrete Cosine Transform), Fourier Dönüşümü, DWT (Discrete Wavelet Transform) gibi birçok dönüşümler bulunmaktadır.

DCT dönüşümleri en fazla kullanılan fonksiyonlar içerisinde yer almaktadır. DCT, görüntü işlemede insan gözünün daha az hassas olduğu düşük frekans aralıklarında, sinyalin enerjisinin yoğunlaştırılması bakımından Fourier Dönüşümü ile yakından ilgilidir. Bu nedenle ISO komitesi, görüntü sıkıştırma bloke edici etkiyi azaltmak için DCT'yi 8x8 blok boyutlu JPEG standardını uyarlamıştır. Temel bir JPEG görüntü kodlaması üç prosedürden oluşmaktadır: görüntü dönüştürme, niceleme ve kodlama (Tsai ve Yang, 2017).

DCT fonksiyonları, görüntüler içerisine filigran eklenmesi ve bu filigranların alıcı tarafından doğruluğunun teyidi sırasında da kullanılmaktadır. Görüntü içerisine filigran yerleştirme işlemleri için dijital görüntü bloklara ayrılır. Bloklara ayrılan görüntü üzerinde DCT işlemi uygulanır. Bu adımdan sonra DC bileşeni elde edilir. Elde edilen DC bileşeni ile filigran birleştirilerek filigran görüntü içerisine yerleştirilir. Görüntü alıcı ile paylaşıldığında bu işlemler sırası ile Şekil 2.8 'de görüldüğü şekilde uygulanarak görüntü içerisindeki filigranın bütünlüğü kontrol edilir ve manipülasyon varlığının olup olmadığı teyit edilmiş olur.



Şekil 1.8. DCT işlemine dayalı dijital filigran ekleme ve çıkarım işlemlerinin aşamaları.

JPEG sıkıştırılmaları ve gürültü eklenmesinin uygulandığı görüntülerde DCT'nin etkili olduğu bilinmektedir. Genel olarak, frekans dönüşüm fonksiyonlarının geliştirilmesi, analizlerde hesaplama karmaşıklığına neden olan özelliklerin azaltılmasına faydalı olmaktadır. Fourier dönüşümü, bilgisayarlar vasıtasıyla spektrum analizi ve filtre simülasyonu gibi sinyal analizini kolaylaştıran bir hesaplama aracıdır. Hızlı Fourier dönüşümü, veri örneklerinden oluşan bir kesimin ayrık Fourier dönüşümünü etkili bir şekilde hesaplamak için bir yöntemdir (Cochran ve ark., 1967).

DWT, temelde görüntüde her bir katmanın boyutunu azaltmak için kullanılır. $2^i \times 2^i$ piksele sahip olan bir görüntünün boyutu bir sonraki katmanda $2^{i/2} \times 2^{i/2}$ olacak şekilde azaltılır. Bu yöntem sonrasında görüntü dört adet alt görüntüye dönüştürülür ve alt görüntüler LL, LH, HL ve HH olarak adlandırılır. Bu işlem sonrasında BxB bloğa sahip sonuç görüntüsü elde edilir ve görüntü sol üst köşeden başlanarak sağ alt köşeye kadar taranır ve DWT hesaplanır. Her bir blok için DWT tutarsızlıkları A matrisinde bir satırda sıralanır. Dolayısıyla bu matris $(M-B+1) \times (N-B+1)$ satırdan ve BxB sütundan oluşacaktır. M ve N girdi görüntüsünün satır ve sütun sayısını belirtmektedir. A matrisinin satırları üzerinde bir sıralama işlemi gerçekleştirilir. DWT tutarsızlıklarına göre elde edilen her bir blok birbirleri arasında karşılaştırılır. Birbirleri ile benzer olan piksel bölgeleri işaretlenerek yazılım tarafından gösterilir (Yadav ve Rathore, 2012).

1.2.2.2. Doku ve Yoğunluk ile İlgili Yaklaşımlar

Doku ve yoğunluk, çim, bulut, ağaç ve zemin gibi doğal sahnelerde bulunur ve pürüzlülük, pürüzsüzlük veya düzenlilik gibi görüntü özellikleri doku içeriğini temsil eder. Dolayısıyla doku ve yoğunluk, manipülasyon bölgelerini bulmak için kullanılabilir. Kopyalama-taşıma manipülasyonunda, doku ve yoğunluk ölçülür, ardından yoğunluk, desen veya renk bilgisi vasıtasıyla karakterize edilir.

Dokuya bağlı olarak gerçekleştirilen manipülasyon tespit yöntemleri, tespit oranını artırmada oldukça önemlidir. Doku özelliklerinin çıkarılması için DWT fonksiyonu kullanılır. Blokların oluşturulması için sınıflandırma tekniği kullanılır. Sınıflandırma teknikleri orijinal ve manipüle edilmiş görüntülere ait piksel bloklarını üretir. Görüntü manipülasyon tespit yöntemleri, temelde dijital görüntünün en az içerik özelliğine dayanmaktadır. Dijital görüntü temelde üç özellik tipi içerir; renk özelliği, doku özelliği ve şekil boyutu özelliği. Doku özelliği, görüntü manipülasyon

tespitinin analizi için en önemli özelliktir. Doku özelliklerinin çıkarımı için özellik çıkarıcı algoritmalar kullanılır. Özellik çıkarıcı olarak kullanılan algoritma genelde DWT' yi kullanmaktadır. DWT, iyi bilinen doku özelliği çıkarıcısıdır. DWT, temel olarak düşük frekans ve yüksek frekansın birleşimi haline gelir (Ujjainiya ve Chugh, 2016).

1.2.2.3. LPT ile İlgili Yaklaşımlar

LPT, öznitelik çıkarımda kullanılan, rotasyon, interpolasyon ve öteleme işlemlerinden etkilenmeyen bir tekniktir. Bu teknik, Kartezyen düzleminde bulunan noktalardan, logaritmik kutuplarına kadar harita çıkarılması amacıyla kullanılır. İlk olarak logaritmik kutup dönüşümleri kopyalama taşıma manipülasyonları alanında FMT' de kullanılmıştır. Ancak bu teknik en fazla 10 dereceye kadar rotasyona uğramış görüntülerde başarılıdır. Bu limit FMT ile vektör kayma filtresi kombine edildiğinde artırılabilir. Logaritmik kutup dönüşümünün kullanımının artışı, PHT özellikleri ile kombine edilmesi sonucu olmuştur. Alışlagelmişin aksine PHT tekniği, kare bloklar yerine dairesel blokları analiz etmiştir (Warif ve ark., 2016).

1.2.2.4. Boyut İndirgeme ile İlgili Yaklaşımlar

Boyut indirgeme teknikleri, genellikle manipülasyona uğramış bölgenin özelliklerine göre kullanılır ve görüntünün boyutu indirgenerek karmaşıklığı artırır. Bu teknikler SVD ve LLE' dir.

SVD, hesaplama karmaşıklığını azaltır ve özellikle dönme, ölçekleme, Gauss gürültüsü, filtreleme gibi çeşitli işlemlere dayanıklıdır. Dolayısıyla görüntüler

üzerinde manipülasyon sırasında veya sonrasında yapılan işlemler, SVD' nin çalışmasını olumsuz yönde etkilemediği için manipülasyonun tespiti açısından verimli bir tekniktir. Yüksek boyutlu görüntülerin boyutlarının indirgenerek incelenmesi durumlarında ise LLE' ye başvurulur. LLE, görüntüler içerisindeki ilişkileri analiz ederek yüksek boyutlu görüntülerin boyutlarının indirgenmesini sağlar ve görüntüler içerisinde bulunan ilişkilerin bu işlem sırasında zarar görmesini engeller. PCA ile karşılaştırıldığında LLE, manipülasyona uğramış görüntülerde birleştirilmiş olan nesne sınırlarının izlerini bulmada daha başarılıdır ancak, PCA hesaplama zamanı yönünden LLE' ye göre daha verimlidir. Bu iki teknik ise SVD' nin performansına yenik düşmüştür. SVD, hem hesaplama yönünden hem de manipülasyon sonrası yapılan işlemlere dayanıklılığı yönünden en verimli tekniktir (Warif ve ark., 2016).

Bloklara ayrılan görüntünün, bloklarının birbirleri ile eşleştirilmesi işleminde, blok tabanlı eşleştirme teknikleri kullanılır. Eşleştirme teknikleri görüntünün bloklara ayrılması sonrasında kullanılan birbirine benzer özelliklere sahip blokların ortaya konulmasını sağlayan tekniklerdir. Bu teknikler, görüntünün her bir özelliğinin hesaplanmasını ve manipülasyona uğramış bölgelerin tam olarak tanımlanması için kullanılır. 2007 ve 2014 yılları arasındaki literatürde blok tabanlı eşleştirme teknikleri, sıralama, hash değerleri ve öklit uzaklıklarına bağlı olarak gruplandırılır.

Sıralama tekniği, blok tabanlı tekniklerde görüntünün özelliklerine göre belirli bir düzende blokların sıralanmasıdır. Bu durumda birbirine benzer özelliklerin tespitinde hesaplama karmaşıklığı ortaya çıkar. Dolayısıyla kullanılan algoritmaların kısa sürede hesaplama yaparak birbirine benzer özelliklere sahip blokları ayırt etmesi beklenir. Sıralama teknikleri, sözlüksel, KD-tree ve radix olarak adlandırılan teknikleri içerir. Sözlüksel sıralama teknikleri, genellikle komşu blok çiftlerinin birbirleri arasında karşılaştırması yaparak benzer özelliklere sahip blokları ortaya çıkarmayı ve bu sayede manipülasyonu tespit etmeyi amaçlar. Ancak, uzmanlara göre bu tür bir sıralamanın hesaplama karmaşıklığı görüntünün özelliklerine ve

manipüle edilen bölgenin büyüklüğüne göre değiştiğinden uygulanması uzmanlar arasında değişiklik göstermiştir (Warif ve ark., 2016).

Hash tekniğinde, görüntü blokları dizilere ayrılır ve her dizi içerisinde her bir özelliğe hash değeri verilir ve bu sebeple aynı özelliğe sahip bloklar aynı hash değerlerine sahip olacaklardır. Ancak her bir blok sahip olduğu özellikler bakımından farklı hash değerlerini artıracaktır. Bu işlem uygulandığında aynı hash değerlerini artıran bloklar klonlanmış blok çiftleri olarak adlandırılır ve manipülasyon bölgesi tespit edilmiş olur. Bu teknik sıralama tekniğine göre manipülasyon sonrası yapılan işlemlere daha dayanıklıdır (Shao ve ark., 2012).

Korelasyon, değişim seviyesini belirtmek için iki veya daha fazla değişkenin istatistiksel bir ölçümüdür. Korelasyon katsayısı genellikle, sıralama işlemi gerçekleştirildikten sonra çoğaltılan bölgeleri tanımlamak için kullanılır (Gan ve Zhong, 2014). Bununla birlikte, korelasyon, görüntüdeki benzerlik kriterini bulmak için sıralama yapmadan bağımsız olarak gerçekleştirilebilir. Manipülasyon tespitinde en sık kullanılan korelasyon tekniği faz korelasyonudur. Normalde, faz bağıntısı, iki benzer resimdeki şablon eşleşmesini tanımlar. Bu benzerlik, 0 ile 1 arasında değişen önemli bir aralıkta temsil edilir (Shao ve ark., 2012). Daha sonra, bir görüntüde eşleştirmeyi bulmak için faz korelasyonu kullanılır. Görüntünün taranması sırasında korelasyon tepe değeri önceden belirlenmiş eşiği aşarsa, bölge potansiyel olarak bozulmuş olarak tanımlanır.

Öklid uzaklığı, öklid uzayındaki iki vektör arasındaki mesafelerin bir ölçümüdür. Korelasyona benzer şekilde, öklid mesafesi, sıralama işleminden sonra manipüle edilmiş alanda daha sık görüntülenir (Le ve Xu, 2013). Görüntüde manipülasyona uğramış bölgelerdeki blokların sıralanmasından sonra benzer bloklar arasındaki mesafeyi hesaplamada kullanılır. Eğer iki blok benzer bölgelerde

birbirlerine daha yakın değerlere sahip olursa görüntü manipülasyona uğramış olarak kabul edilir.

Nokta tabanlı yaklaşımlarda, blok tabanlı yaklaşımlardan farklı olarak, ön işleme aşamasında bloklara ayırma işlemi uygulanmaz. Nokta tabanlı yaklaşımlar görüntüden köşe, nesne bölgesi ve kenar hatları gibi belirgin özelliklerin çıkarımını yaparlar. Her bir özellik, tanımlayıcıların oluşturduğu diziler halinde bölgesel olarak ortaya çıkarılır. Tanımlayıcılar znelikler arasındaki ilişkinin artırılmasını sağlarlar (Warif ve ark., 2016). Bu işlem sonrasında tanımlayıcılar ve bloklar birbirleri arasında eşlenerek benzer olanları ayırt edilir ve bu sayede manipüle edilen bölgeler tespit edilmiş olur. Nokta tabanlı öznelik çıkarım teknikleri iki kategoride sınıflandırılır:

1.2.2.5. SIFT

David Lowe, dijital görüntü tanıma ve eşlemede kullanılması amacıyla dijital görüntü tanımlayıcısı olan SIFT tekniğini ortaya koymuştur. SIFT tanımlayıcıları, bilgisayarın görme işleminde nesne tanımlama ve üç boyutlu sahnelerin farklı açıları arasında genellikle nokta eşlemede kullanılan 128 tanımlayıcı vektörden oluşmaktadır. Bu tanımlayıcılar, rotasyon, büyütme ve aydınlatma değişkenlerine karşı dayanıklıdırlar. Bu sebeple SIFT, görüntü eşleme ve nesne tanımada kullanışlı bir tekniktir (Rajkumar ve Singh, 2015).

Kopyalama-taşıma manipülasyonu, orijinal görüntü bölgesi ve manipülasyon bölgesi arasında bir ilişki oluşturması sebebiyle, karakteristik görüntü bölgelerinden ve aynı zamanda bu ilişkiden faydalanılarak başarılı bir manipülasyon tespiti yapmak mümkündür. Bu amaçla, manipüle edilmiş görüntülerin bozulmuş bölgelerinin tespiti

amacıyla verimli bir öznitelik eşleme teknolojisi kullanılmak istenir (Huang ve ark., 2008). Dolayısıyla SIFT, kopyalama-taşıma manipülasyonunun tespitine karar vermek için kullanılan en verimli tekniktir.

İki görüntü arasındaki benzer blokların tespit edilmesi amacıyla MATLAB Digital Image Processin Toolbox yazılımı kullanılarak uygulanan SIFT algoritması ve sonuçları detaylı gösterilmek istenirse;

Şekil 1.9’ da verilen Matlab kodu ile Şekil 10’ da görülen görüntü kaydedilir.

```
I = vl_impattern('roofs1') ;  
image(I) ;
```

Şekil 1.9. Girdi görüntüsüne ait Matlab kodu.



Şekil 1.10. Girdi görüntüsü.

Şekil 2.11’ deki Matlab kodu ile Şekil 1.12’ deki SIFT bölgeleri tespit edilir.

```
I = single(rgb2gray(I)) ;  
[f,d] = vl_sift(I) ;  
  
perm = randperm(size(f,2)) ;  
sel = perm(1:50) ;  
h1 = vl_plotframe(f(:,sel)) ;  
h2 = vl_plotframe(f(:,sel)) ;  
set(h1,'color','k','linewidth',3) ;  
set(h2,'color','y','linewidth',2) ;
```

Şekil 1.11. Girdi görüntüsü üzerinde uygulanan SIFT Matlab kodu.



Şekil 1.12. Tespit edilen SIFT bölgeleri.

Şekil 1.13' te gösterilen kod ile tepe eşik değerine göre Şekil 1.14' te gösterildiği gibi her bir noktanın çevresindeki pikseller 4 x 4 bloklar halinde işaretlenir.

```
h3 = vl_plotsiftdescriptor(d(:,sel),f(:,sel)) ;  
set(h3,'color','g') ;
```

Şekil 1.13. 4 x 4 blokların işaretlenmesi



Şekil 1.14. Tepe eşik değerine göre test görüntüsü.

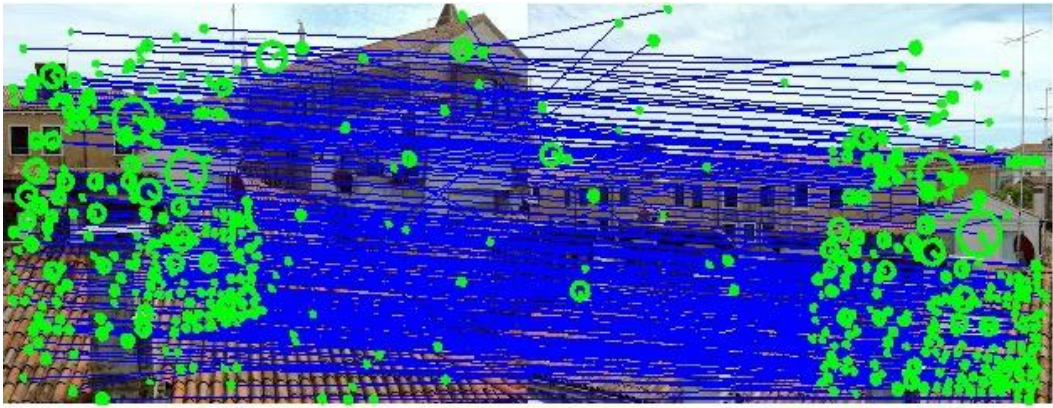
Şekil 1.15' te gösterilen kod ile iki görüntü içerisindeki benzer bölgeler 1.16' da görüldüğü gibi işaretlenerek aynı sahne içerisinde bulunan bölgeler ortaya çıkarılır.

```
[fa, da] = vl_sift(Ia) ;  
[fb, db] = vl_sift(Ib) ;  
[matches, scores] = vl_ubcmatch(da, db) ;
```

Şekil 1.15. Benzer bölgelerin işaretlenmesi için kullanılan Matlab kodu.



(a)



(b)

Şekil 1.16. (a) Aynı sahnenin bulunduğu görüntü çifti; (b) SIFT tanımlayıcılarının benzer bölgeleri eşleştirdiğini gösterir görüntü.

1.2.2.6. SURF

SURF ilk olarak Herbert Bay tarafından, görüntü üzerinde bulunan rotasyon ve büyütme işlemlerinin tespiti için özellik detektörü olarak kullanılmıştır. SURF, öncesinde kullanılan metotlara göre tekrarlanabilirlik, ayırt edicilik ve sağlamlık yönlerinden daha verimlidir. Hesaplama zamanının diğer metotlara göre daha hızlı olması, SURF tekniğinin yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. SURF genellikle ilgili nokta ve ilgili nokta tanımlayıcılarının tespiti için kullanılır. İlgili nokta tespiti, ölçekleme işlemlerinin tespiti, öznitelik eşleme, rotasyon vb. manipülasyon sonrası uygulanan işlemlerin tespitinde verimlidir (Hashmi ve ark., 2014).

Nokta tabanlı eşleştirme tekniklerine bakılacak olursa, görüntü içerisindeki öznitelik noktaları arasındaki benzerlik en yakın komşu tekniği kullanılarak ölçülebilmektedir. Ancak, hesaplama karmaşıklığının fazla olması sebebiyle görüntü üzerinde yapılan manipülasyon işlemlerinin tespiti de zorlaşmaktadır. Bu sebeple en yakın komşu tekniği, genellikle aktif tespit metotlarında tercih edilmektedir.

En yakın komşu tekniği, vektör uzayındaki her bir noktanın birbirine uzaklığının hesaplayarak noktalar arasındaki benzerliği analiz eder. Eğer uzaklıklar belirlenen eşik değerini geçerse noktalar birbirine benzer olarak kabul edilir (Warif ve ark., 2016). En yakın komşu tekniği Best Bin First, 2NN, g2NN olarak adlandırılan üç farklı yöntemle uygulanmaktadır ve her bir yöntem performansın artırılması için birbiri ile kombine edilmektedir.

Best Bin First yöntemi, her bir nokta arasındaki uzaklık değerini önceden belirlenmiş olan eşik değeri ile yanlış eşleşmeleri ortadan kaldırmak için karşılaştırır. Ancak bu yöntemde yanlış eşleşmeler tamamen ortadan kalkmamaktadır (Jaberi ve ark., 2013). g2NN yönteminde, görüntü içerisinde yapılan birden fazla manipülasyon işlemi için en yüksek benzerlikler esas alınmaktadır. Noktaların birbirleri arasındaki

farklılıklar ise hiyerarşik aglomeratif sınıflandırma (HAC) algoritması kullanılarak sınıflandırılır (Amerini ve ark., 2013).

Sınıflandırma tekniği, birbirine benzer bölgelerin belirli bir değere göre gruplandırılması işlemidir ve kopyalama-taşıma manipülasyonunda genellikle HAC algoritması bu işlem için kullanılır. Ancak bağlantı metodu bir çok araştırmacı tarafından sınıflandırma hesaplaması için kullanılmıştır. Örneğin, Ardizzone ve ark., (2010) sınıflandırma tekniğini kullanarak noktaların eşleştirilmesi yerine görüntüdeki nesnelerin eşleştirilmesini uygulamışlardır. Her bir vektör, kütle uzaklıklarının ağırlık merkezleri bağlantısı ile nesne bölgesini açığa çıkarır ve eşik değeri ile karşılaştırarak sınıflandırma yapar. Bu sayede, şekli ve dokusu birbirine benzer olan nesneler kopya olarak nitelendirilir (Warif ve ark., 2016).

Dijital görüntüler üzerinde yapılan iki boyutlu manipülasyonların tespiti ile ilgili çalışmalar literatürde genellikle bu bölümde bahsedilen şekilde sınıflandırılmıştır. Bu yöntemler iki boyutlu manipülasyonları tespitinde genel itibari ile başarılıdırlar. Bahsedilen yöntemlerin aralarında bulunan tek fark ise uygulanma şekilleri ve başarı oranlarıdır. Bu bölümde bahsedilen tespit yöntemleri, üç boyutlu manipülasyon işlemlerinin tespiti için kullanılmamıştır. Bir sonraki bölümde, üç boyutlu manipülasyonların yapılışı ve elde edilen manipüle görüntüler üzerinde bu bölümde bahsedilen yöntemlerin uygulanması ile ilgili incelemeler yer alacaktır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Adli görüntü incelemelerinde, meydana gelen bir suç sonrasında delil olarak kabul edilen dijital görüntüler üzerinde manipülasyonun varlığı konusunda pasif metotlar kullanılarak gerekli analizler yapılmaktadır. Genellikle analizlerin kısa sürede gerçekleştirilmesi ve mahkemelerde kabul görmesi amacıyla bilimselliği ve doğruluğu adli bilimler camiası tarafından kabul görmüş sertifikalı paket yazılımlar tercih edilir. Lisans eğitimleri bilgisayar bilimleri üzerine olmayan ancak sonradan lisansüstü veya doktora eğitimleri ile bu alanlara yönelen uzmanlar bu tür analizlerde paket yazılımlardan faydalanır. Bu alanda yapılan Ar-Ge çalışmalarında ise genellikle MATLAB yazılımı kullanılmaktadır.

Paket yazılımlar ile gerçekleştirilen veya MATLAB aracılığı ile hazır veya özgün algoritmalar kullanılarak yapılan pasif analizlere bu bölümde değinilecektir.

2.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Bu çalışmada manipülasyon analizlerinde kullanılmak amacı ile orijinalliği tespit edilmiş ve doğruluğu kabul edilmiş veri setlerinden faydalanılarak 30 adet görüntü kullanılmıştır. Kullanılan materyallerin elde edildiği veri setleri ve bu veri setlerinin sunulduğu erişim adresleri Çizelge 2.1’ de belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Test materyallerinin elde edildiği veri setlerine ait bilgiler.

<u>Verisetinin İsmi</u>	<u>İçerik Sayısı</u>	<u>Yayımlayan Kurum</u>	<u>Yayınlandığı Web Adresi</u>	<u>Bovut</u>	<u>Çalışmada Kullanılan Görüntü Sayısı</u>
CoMoFoD	260	Zagreb Üniversitesi/Video Communications Laboratory	www.vcl.fer.hr/comofod/	2.99 GB	13
Casia v2.0	7491		forensic.idealtest.org	3.27 GB	4
Orig	96	Pattern Recognition Lab	https://www5.cs.fau.de/	466 MB	1
General100	100	The Chinese University of Hong Kong	mmlab.ie.cuhk.edu.hk/projects/FSRCNN.html	52 MB	7
MICC-F2000	2000	Simon Fraser University	www2.ensc.sfu.ca	3.74 GB	1
PASCAL2	16135	Pattern Analysis, Statistical Modelling and Computational Learning	http://host.robots.ox.ac.uk/pascal/VOC/	1.70 GB	1
Salicon	20000	Large-Scale Scene Understanding Challenge	http://sun.cs.princeton.edu/2016/	2.12 GB	2
nirscene1	954	Image and Visual Representation Group	www.ivrlwww.epfl.ch	1.20 GB	1

2.2. Test Materyalleri Üzerinde Manipülasyon Varlığının İncelenmesi

Üzerinde üç boyutlu ortamlarda manipülasyon işlemleri gerçekleştirilen test materyallerine yönelik öncelikle EXIF analizi yapılmış ve sonrasında her bir test materyali, MATLAB Digital Image Processing Toolbox tabanlı FIAS yazılımında DCT, RGB, CLA, CFA ve ELA analizlerine tabi tutulmuştur.

FIAS yazılımı, MATLAB Digital Image Processing Toolbox ile üretilmiş olup bu yazılım ile yapılan analizlerin algoritmalarını MATLAB' da çalıştırmak mümkündür. FIAS yazılımı içerisinde birçok sayısal görüntü işleme dayalı analizler yürütülebilmekte olup, bu tezde çalışmanın amacına uygun olarak EXIF, Hex, DCT, DCT-Map, RGB, CLA, CFA ve ELA analizleri uygulanmıştır.

2.3. Dosya Yapısına Yönelik İncelemeler

Dosya yapısına yönelik incelemeler, MAC tarihleri, EXIF ve HEX kodu analizlerinden oluşmaktadır. Bu analizler, görüntünün özelliklerine yönelik değil, görüntünün dosya verisine yönelik analizlerdir. Dosya yapısına yönelik incelemelerde, dosyanın oluşturma, erişim ve değiştirme tarihleri, kaynak cihaz bilgileri, yazılım bilgileri, format/kodek bilgisi ve hexadecimal olarak bilinen bilgisayar dilinde dosyanın yapısına yönelik bilgiler incelenir. Özellikle bu analizlerde yapılabilecek olan manipülasyonların izleri aranır.

2.3.1. MAC (Modification-Access-Creation) Değerlerine Yönelik Yapılan Analizler

Görüntülere yönelik manipülasyon işlemleri ilk olarak, üstveri ve dosya içeriğinin var olan yazılımlar ile değiştirilmesi ile başlar ve her zaman kullanılan ortak bir yazılım yoktur. Bir sonraki işlem ise dijital görüntünün değiştirme, erişim ve oluşturma tarihlerinin manipüle edilmesidir. Bu sayede, görüntü üzerinde yapılan manipülasyonlar sonrasında dijital görüntü ilk defa orijinal olarak istenilen tarihte üretilmiş olarak gösterilebilir. Bu şekilde yapılan manipülasyonlar ise gerçekleştirilen soruşturmalarda uzmanın elde edeceği delillere de nispeten engel

olmaktadır. MAC değerleri, bir dijital görüntü oluşturulduğunda veya sonradan başka bir ortama taşındığında kullanıcıya temel bilgiler veren önemli etkenlerdir. Ayrıca bu tür temel bilgiler, soruşturmacı uzmanlar için önemli deliller içeriyor olabilir. Bu sebeple orijinal MAC değerleri, bilişim suları alanında, görüntünün zaman bilgisi hakkında adli süreçte kullanılabilir, suçla ilişkilendirilebilecek önemli deliller olabilirler. Elektronik dokümanlar, ulusal ve uluslararası alanlarda temel delilleri destekleyici kaynaklar olarak kabul edilirler. Mahkemede delil olarak kullanılan dijital materyallerin, MAC değerleri üzerinde şüphe bulunması durumunda, mahkeme heyeti tarafından yalnızca bu değerlerin şüphesi dikkate alınarak delil olma sıfatından çıkarılmaları olasıdır. Dolayısıyla adli bilişim suları alanında yapılan soruşturmalar sırasında bu tür destekleyici delillerin MAC değerleri açısından özgün olup olmadıklarını tespit etmek büyük önem arz etmektedir (BARIK ve ark., 2007).

2.3.2. EXIF (Exchangeable Image File Format) Analizleri

EXIF, dijital kameralar tarafından JPEG ve TIFF resim dosyaları için kullanılan önemli bir özelliktir. Kamera ayarları, çekim bilgileri, resim bilgileri, resmin çekildiği zaman ve tarih bilgisi, kamera üreticisi, resmi elde eden kameranın modeli, resmin yatay ve dikey çözünürlükleri, enstantane hızı, ISO bilgisi, kameranın diyafram ayarları, beyaz dengesi, nesne uzaklığı gibi bilgileri içerir. Görüntü doğrulama ile ilgili olan bilgileri de içerebilmektedir. Maalesef, EXIF farklı durumlarda çekilen her görüntüde tamamıyla bu bilgileri içermeyebilir ve ayrıca önceki kamera modelleri böyle bir özelliği desteklemiyor olabilir (Huang ve ark., 2008).

EXIF analizlerinde, görüntü dosyasına ait bilgilerin yanı sıra, olası bir manipülasyon işleminin gerçekleştirildiği yazılımlara ait bilgilere de ulaşılabilir. şekil 2.1' de görüldüğü üzere görüntünün sonradan Adobe Photoshop yazılımında

işlem gördüğünü gösteren “Adobe Photoshop CS6” ibaresi EXIF analizinde görülmüştür.

```
Sharpness : Normal
Lens Info : 24-70mm f/2.8
Lens Model : 24-70mm F2.8
Compression : JPEG (old-style)
Thumbnail Offset : 1242
Thumbnail Length : 7663
Current IPTC Digest : 7314a64da098f0ee89579ee08201b1d6
Coded Character Set : UTF8
Application Record Version : 0
Time Created : 15:04:29+00:00
IPTC Digest : 7314a64da098f0ee89579ee08201b1d6
Displayed Units X : inches
Displayed Units Y : inches
Print Style : Centered
Print Position : 0 0
Print Scale : 1
Global Angle : 30
Global Altitude : 30
URL List :
Slices Group Name : DSC02022-
Num Slices : 1
Pixel Aspect Ratio : 1
Photoshop Thumbnail : <Binary data 7663 bytes, use -b option to extr
act>
Has Real Merged Data : Yes
Writer Name : Adobe Photoshop
Reader Name : Adobe Photoshop CS6
Photoshop Quality : 3
Photoshop Format : Progressive
Progressive Scans : 3 Scans
XMP Toolkit : Adobe XMP Core 5.3-c011 66.145661, 2012/02/06-
14:56:27
Creator Tool : SLT-A99U v1.02
Metadata Date : 2016:11:24 05:39+02:00
Lens : 24-70mm F2.8
Date Created : 2014:12:18 15:04:29
Color Mode : RGB
ICC Profile Name : sRGB IEC61966-2.1
Document ID : 95BD575309E0256439A16C488B2E1A7C
Instance ID : xmp.iid:091A09F0F5B1E611A94BED1831D2E43A
Original Document ID : 95BD575309E0256439A16C488B2E1A7C
Format : image/jpeg
Description :
History Action : saved, saved
History Instance ID : xmp.iid:071A09F0F5B1E611A94BED1831D2E43A, xmp.
iid:091A09F0F5B1E611A94BED1831D2E43A
History When : 2016:11:24 05:27:33+02:00, 2016:11:24 05:39+02
:00
History Software Agent : Adobe Photoshop CS6 (Windows), Adobe Photoshop
CS6 (Windows)
```

Şekil 2.1. “Adobe Photoshop” yazılımı aracılığı ile manipülasyon işlemlerine maruz kalmış bir görüntünün “EXIF” bilgisinin bir parçası.

2.3.3. Görüntü Dosyası HEX Kodu Analizi

Görüntü dosyalarının sahip oldukları HEX kodları aracılığı ile “header” ve “footer” bilgileri incelenebilir ve bu sayede görüntü dosyasının kodek/formatı hakkında bilgi sahibi olunabilir. Görüntü dosyalarının HEX kodu genellikle “HEX Editor” yazılımı ile görüntülenir.

Hex Editor, adli bilişim alanında dijital dosyaların doğruluğunun belirlenmesi, dosya tipi, kodek/format tipi gibi bilgilerin elde edilmesinde kullanılan bir yazılımdır. Hex Editor yazılımı, ismini dosya verisinin hexadecimal formatta gösterimini sağlayarak istenen düzenlemelerin yapılmasına izin vermesinden almaktadır. Bu yazılım bilişim uzmanları tarafından dosya yapısının analizinin yapılması aşamasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Bahadur ve Yadav, 2015).

Görüntünün HEX kodu analizinde, kodek ve format bilgisinin yanı sıra, manipülasyon işlemine ait yazılım bilgileri de ayrıca görülebilir. Ancak, manipülasyon izlerine ait yazılım bilgilerinin HEX kodu içerisinde tam olarak nerede görüleceği konusunda kesin bir bilgi vermek mümkün değildir. Görüntü içerisinde yapılan manipülasyonun yeri, bu manipülasyonun HEX kodu içerisindeki yerini belirler. EXIF analizinde görülemeyen manipülasyon izlerini HEX kodu içerisinde görmek mümkündür. Dolayısıyla manipülasyon tespit incelemelerinde, yalnızca bir yöntemle bağlı kalınmamalıdır.

2.4. Dijital Görüntü İçeriğine Yönelik İncelemeler

Bu bölüme kadar bahsedilen dosya yapısına yönelik incelemeler, dosyanın fiziksel yapısı ile ilgili olmasına karşın, içerik incelemeleri görüntü dosyasının içerdiği sahne görüntüsünün renk, ışık, gölge, doku vb. etmenlere bağlıdır. Bu bölümde, görüntü içeriğine yönelik özneliklere ve sıkıştırma bilgilerine yönelik incelemeler hakkında bilgi verilecektir.

2.4.1. DCT Analizi

DCT görüntü manipülasyonu incelemelerine yönelik bir yaklaşımdır. Manipülasyon tespit sürecinde, görüntünün sol üst köşesinden sağ alt köşesine kadar olan piksellerin B x B bloklara ayrılıp taranma işlemi uygulanır. Son olarak, her blok için DCT işlemi gerçekleştirilir ve katsayılar hesaplanır. Güçlü görüntü düzenleme yazılımlarının kullanımının artması ile birlikte amatör kişilerin bile görüntü manipülasyonunu kolay bir şekilde gerçekleştirmesi mümkün hale gelmiştir. Bu sebeple günümüzde dijital dünyada bulunan birçok görüntü orijinalliğini yitirmiştir. Sonuç olarak, orijinal görüntüler ile manipüle edilmiş görüntülerin birbirleri arasındaki farkların insanlar tarafından ortaya konulması da zorlaşmıştır (Alkawaz ve ark., 2016).

DCT işleminde B x B bloklara ayırma aşamasından sonra B² kadar DCT katsayısı hesaplanır. DCT' nin karakteristikleri manipüle edilmiş bölgeleri yüksek doğruluk oranı ile tespit eder. Ancak, DCT' nin eksikliklerinden birisi ise, çok fazla sayıda blok bulunması durumunda, öznelilik çıkarım vektörlerinin boyutu da çok büyük olacaktır. Daha küçük bloklar, DCT katsayılarında küçük değişimlere sebep olacaktır ve dolayısıyla yanlış tespitlerin sayısını artıracaktır (Alkawaz ve ark., 2016).

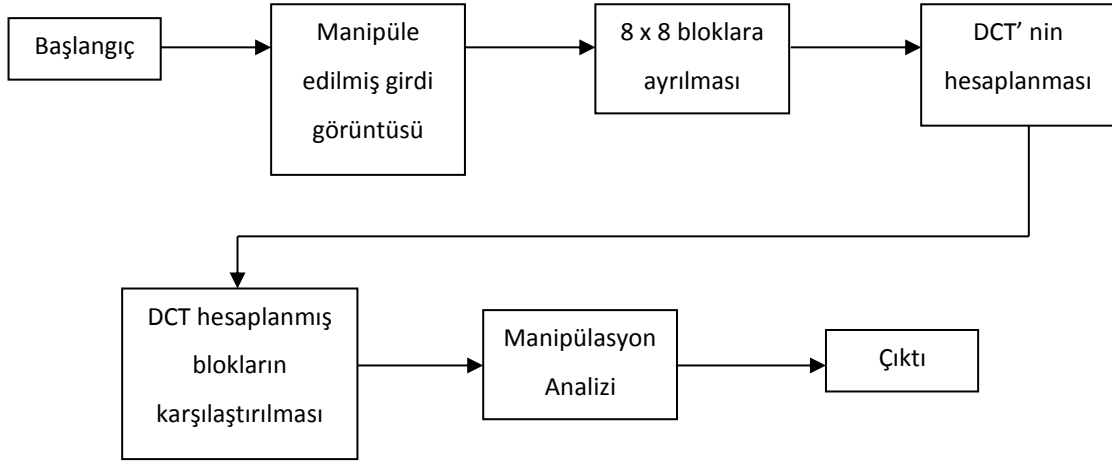
Bir görüntünün I,J değerleri için DCT hesaplanmak istenirse;

$$DCT(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} pixel(x, y) \cos \left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)j\pi}{2N} \right]$$

$$C(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ if } x \text{ is } 0, \text{ else } 1 \text{ if } x > 0$$

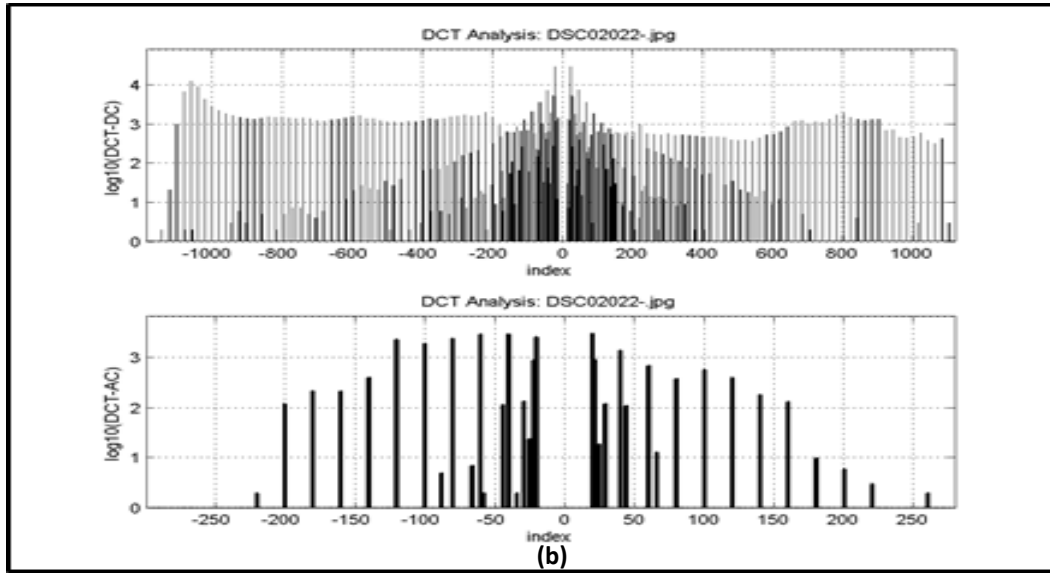
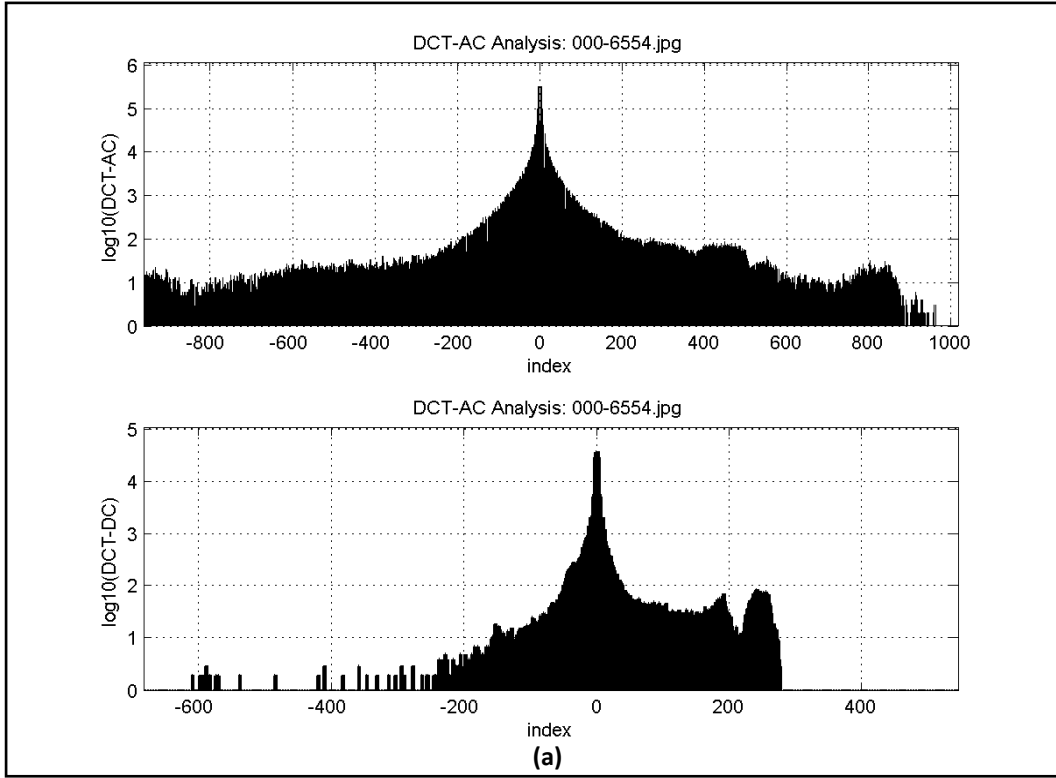
(2.2)

eşitliğinden faydalanılır. Bir görüntü üzerinde gerçekleştirilen DCT işleminin akış diyagramı Şekil 2.3' te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. DCT akış diyagramı.

DCT dönüşümleri sonrasında elde edilen grafiklerin yorumlanması sonucunda, görüntü üzerinde manipülasyon varlığının bulunup bulunmadığı hususunda verilecek karar için destekleyici bir bulgu elde edilmesi mümkündür. Görüntüler üzerinde manipülasyon işlemleri uygulandıktan hemen sonra gerçekleştirilecek olan sıkıştırma işlemleri, DCT grafiklerinde bozulmaya sebep olmakta, bu bozulmalar görüntü sinyallerindeki düzensizliğe işaret etmektedir.



Şekil 3.4. (a) Manipüle edilmemiş ve sıkıştırılmamış bir görüntüye ait DCT grafiği. (b) Manipülasyon işlemi sonrasında sıkıştırılmamış olan görüntüye ait DCT grafiği.

Şekil 2.4' de sunulan grafikler arasında görülen görsel farklılıklara dikkat edildiğinde, görüntüler arasında yüksek oranda sıkıştırma bulunduğu ve bu sebeple görüntü kalite farklılıklarının bulunduğu söylenebilir. Şekil 2.4a' da sunulan grafik, görüntünün doğal sinyal dağılımına sahip olduğunu göstermekte iken, Şekil 2.4b' de sunulan grafik, görüntü sinyallerinde ani değişimlere bağlı tutarsızlıkların bulunduğunu, görüntünün sıkıştırmaya bağlı yüksek oranda kalite kaybına uğradığını göstermektedir.

2.4.2. RGB Katmanları Analizi

En fazla kullanılan renk uzaylarından birisi RGB' dir. Kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere üç adet renk katmanı bulunmaktadır. RGB uzayında oluşturulan her bir renk, bu üç katmanın birbiri ile kombine edilmesi ile meydana gelmektedir. Bu katmanların birbiri ile kombinasyonu, ışığın durumuna göre değişmektedir. Karanlık yüzeyden başlayarak ışığın değişimine göre bu renk kombinasyonu oluşmaya başlar. Örnek olarak, eğer siyah bir yüzey üzerine kırmızı ve yeşil ışıkları aynı parlaklık oranında yansıtırsanız elde edeceğiniz renk sarı olacaktır.

Dijital RGB görüntü alanında, her bir piksel kırmızı, yeşil ve mavi (r, g, b) renk değerleri ile tanımlanır. Her bir renk kanalının değeri 0' dan başlar ve mümkün olan değerlerin bir eksiğine kadar gider. Yani, eğer renk değeri 24 bit ise, her bir kanalın renk derinliği 8 bittir ve bundan dolayı her bir kanalın renk değeri 0 ile 255 değerleri arasındadır. Bu sayede 256 adet renk değeri elde edilmiş olur. Bu duruma göre, kırmızı renk (255, 0, 0) şeklinde ifade edilir, çünkü tam bir kırmızı renk içerisinde yeşil ve mavi renk bulunmaz ve bu sebeple yeşil ve mavi renk değerleri 0 değerini alır. Aynı şekilde tam bir sarı renk ise (255, 255, 0) olarak ifade edilir, çünkü sarı rengin oluşması için en yüksek değerde kırmızı ve yeşil renklerin bulunması gerekir.

Bütün renkler ve farklı tonlar, bu üç rengin birbiri ile farklı kombinasyonları sonucunda temsil edilir (Montabone, 2010).

RGB analizi, hedef görüntü piksellerinin sahip oldukları renk değerlerinin analizidir. Dolayısıyla JPEG sıkıştırmasına uğramış bir görüntü ile orijinal görüntünün renk değerleri arasında farklılıklar olacaktır. Herhangi bir görüntü için histogram eşitleme öncesi ve sonrasındaki farkların görülmesi için analiz yapılmak istenirse, MATLAB IPT üzerinde Şekil 2.5’de verilen kodu kullanılarak histogram grafikleri elde edilebilmektedir.

```
%ORIJİNAL VE HISTOGRAMI İLE OYNANMIŞ GÖRÜNTÜNÜN RENK DEĞERLERİNİN GÖSTERİLMESİ

HIST_IN = zeros([256 3]);
HIST_OUT = zeros([256 3]);

%KIRMIZI, YEŞİL VE MAVİ KANAL İÇERİKLERİNİN HISTOGRAM DEĞERLERİ

HIST_IN(:,1) = imhist(I(:, :, 1), 256); %KIRMIZI
HIST_IN(:,2) = imhist(I(:, :, 2), 256); %YEŞİL
HIST_IN(:,3) = imhist(I(:, :, 3), 256); %MAVİ

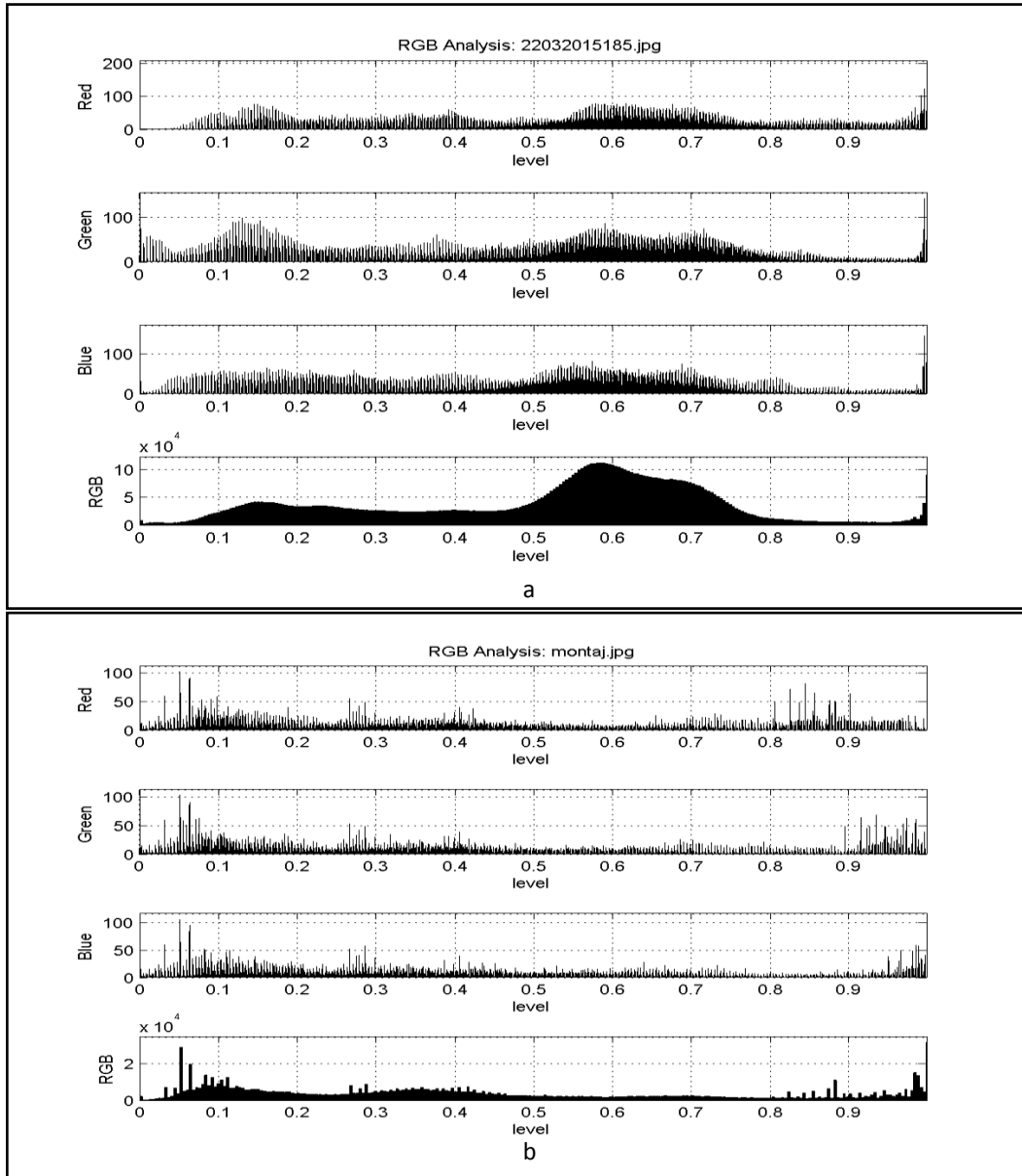
HIST_OUT(:,1) = imhist(RGB(:, :, 1), 256); %KIRMIZI
HIST_OUT(:,2) = imhist(RGB(:, :, 2), 256); %YEŞİL
HIST_OUT(:,3) = imhist(RGB(:, :, 3), 256); %MAVİ

mymap=[1 0 0; 0.2 1 0; 0 0.2 1];

figure, subplot(1,2,1), bar(HIST_IN); colormap(mymap); legend('RED CHANNEL', 'GREEN
CHANNEL', 'BLUE CHANNEL'); title('Histogram eşitlemeden önce');
subplot(1,2,2), bar(HIST_OUT); colormap(mymap); legend('RED CHANNEL', 'GREEN
CHANNEL', 'BLUE CHANNEL'); title('Histogram eşitlendikten sonra');
```

Şekil 2.5. MATLAB IPT yazılımında histogram grafiğinin elde edilmesi için kullanılan kod.

Kaynağından elde edilen orijinal bir görüntünün her bir pikseli, sahip olduğu renk değerleri açısından birbiri ile ilişkilidir. Görüntü içerisinde bir alanı temsil eden piksel grubunda ani değişimlerin görülmesi çokta mümkün değildir. Dolayısıyla bir görüntü üzerinde gerçekleştirilen manipüle işlemleri sonrasında manipülasyonun yapılmış olduğu bölgelerdeki piksel gruplarının birbirleri arasındaki bu ilişki bozulmaya uğrar. RGB katmanlarına ait yapılan analizlerin amacı da, bozulan bu ilişkilerin analiz sonuçlarında elde edilen grafikler vasıtasıyla ortaya çıkarılması, yorumlanması ve manipüle edilen bölgenin tespitinin sağlanmasıdır.



Şekil 2.6. (a)Manipüle edilmemiş ve sıkıştırmaya uğramamış bir görüntüye ait RGB grafiği (Üstte). (b) Manipülasyon işlemi uygulanmış veya sonrasında sıkıştırmaya uğramış olan görüntüye ait RGB grafiği (Altta).

Şekil 2.6' da sunulan grafikler incelendiğinde, ilk bakışta her üç renk kanallarının birbirleri arasında net bir farklılıkların görülmediği ancak alfa kanalında görsel olarak net bir farklılığın görüldüğü söylenebilir. Bunun sebebine bakılacak olursa, ayrı ayrı görüntü kanalları üzerinde gerçekleşen sıkıştırma işlemi görüntünün tamamının sahip olduğu değere göre düşük oranda olmasına rağmen üç renk kanalının da birlikte değerlendirildiği alfa kanalında yüksek bir orana ulaşmaktadır. Bu

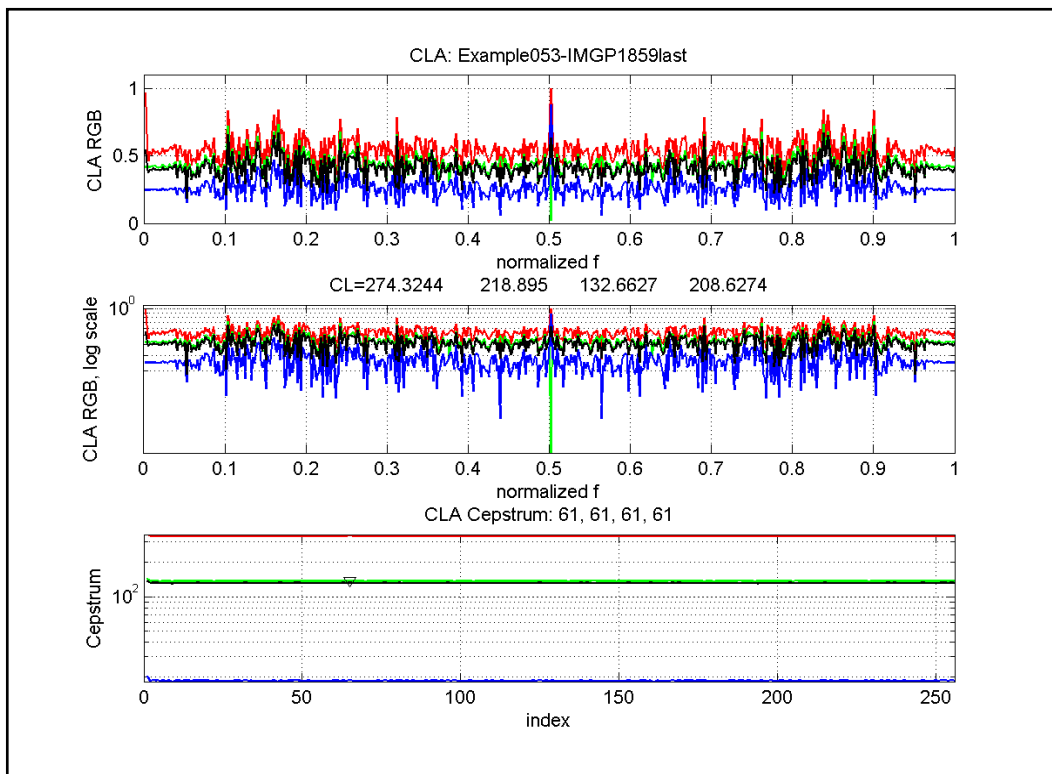
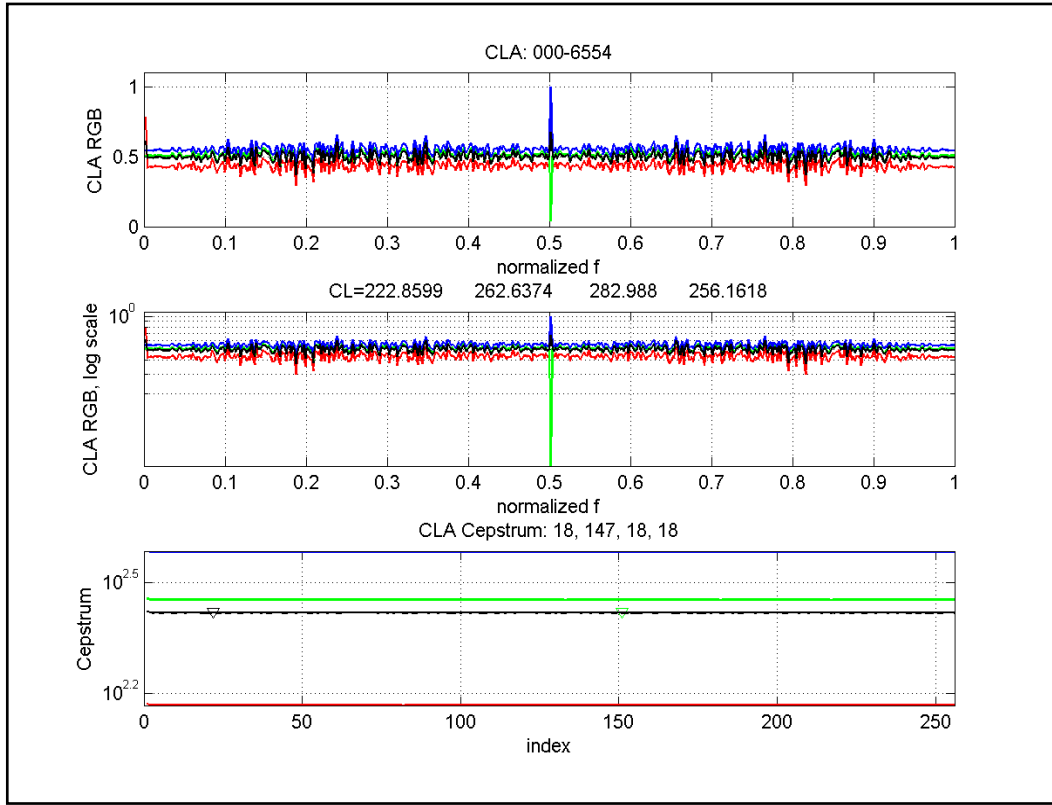
sebeple orijinal görüntüde muntazam bir eğri bulunmakta iken, manipüle edilmiş ve görüntü kalitesi azaltılmış görüntülerde dağınık bir eğrinin bulunduğu söylenebilir.

2.4.3. CLA Analizi

Bir görüntü, kaynağından elde edildiği şekilde orijinal ise, CLA analizlerinde elde edilecek grafiklerde sinyal üzerinde sıkıştırmaya bağlı bozulmaların görülmesi de olası değildir. Bir görüntü, görüntü düzenleme programları vasıtasıyla işleme maruz kalırsa çıkarım yapılması sırasında yeniden sıkıştırma uğrayacaktır. Sıkıştırma işlemi ise, CLA analizlerinde görülebilen, sinyaller üzerinde bozulmalara sebep olan izler bırakacaktır.

Görüntü, sayısallaştırma değerlerine bakılarak elde edilen DCT katsayıları ile analiz edilir. Çünkü sıkıştırma işlemi, DCT analizinde de kendini gösterecektir. CLA analizleri DCT katsayısının ikinci türevidir. Genellikle sıkıştırma uğramış görüntülerin CLA grafiklerinde, merkezde büyük bir sivri uç, sağında ve solunda küçük sivri uçların bulunduğu görülür. Görüntü üzerinde yapılan her sıkıştırma işlemi sonrasında, yanlarda bulunan küçük sivri uçların sayısı artar (Badgley, 2013).

CLA analizleri sonucunda, manipülasyon işlemlerinin hangi bölgelerde uygulandığı görülmesi de, görüntünün elde edildikten sonra uğramış olduğu işlemler hakkında fikir sahibi olunabilir. Bu durum, bir görüntünün ilk elde edildiği şekilde orijinal olup olmadığı sorusuna cevap vermesi ve sıkıştırma işleminin hangi yazılım tarafından gerçekleştirdiğinin tespit edilmesi yönünden oldukça önemlidir.



Şekil 2.7. (a) Manipüle edilmemiş ve sıkıştırmaya uğramamış bir görüntüye ait CLA grafiği (Üstte).
 (b) Manipülasyon işlemi uygulanmış veya sonrasında sıkıştırmaya uğramış olan görüntüye ait CLA grafiği (Altta).

Görüntü üzerinde gerçekleşen kaliteyi azaltmaya yönelik sıkıştırma işleminin, renk kanallarının birbirlerinden uzaklaştırdığını ve doğallığı ortadan kaldırdığını, Şekil 3.7’ de sunulan grafiklerde göstermiştir. Her iki grafikte birbirleri arasında karşılaştırılırsa, görüntü üzerinde gerçekleştirilen kaliteyi azaltmaya yönelik sıkıştırma işlemi, renk kanallarındaki doğal homojen dağılımı bozmakta ve en çok değere sahip renk kanalında en çok tahribatı gerçekleştirmektedir. Dolayısıyla buradan şu yoruma gitmek yanlış olmayacaktır; sıkıştırma işlemi sonrasında, görüntüler içerisinde en fazla değere sahip olan renk kanallarında en fazla kalite kaybı yaşanmaktadır.

2.4.4. CFA Analizi

Birçok dijital kamera, renkli görüntüleri, renk filtre dizisi ile tümleşik olan tek bir sensörü kullanarak yakalar. Sonuç olarak renkli görüntülerde üç katmandan yalnızca bir tanesi kamera tarafından yakalanır ve diğer iki katman çoğaltılır. Bu çoğaltma işlemi, renkli görüntülerde örneklemeler arasında spesifik ilişkiler oluşturur. Bir bozma/manipülasyon işlemi gerçekleştirildiğinde bu ilişkilerinde bozulması söz konusudur (Farid, Erişim tarihi: 03.04.2017).

Mevcut birçok CFA, genellikle uzamsal bölgede tasarlanır ve farklı durumlar göz önüne alınarak oluşturulurlar. Bayer CFA en fazla kullanılan CFA türüdür ve bundan dolayı mozaik önleyici algoritmalar Bayer CFA’ ya göre tasarlanırlar. Bayer CFA, insan görme sistemine dayalı olduğu için yeşil ışığa hassasiyeti daha fazladır (Bai ve ark., 2016).

Matlab IPT yazılımında CFA analizi yapılmak istenildiğinde Şekil 3.8’ de verilen kod kullanılır:

```

clear;

N = 128;
f = rand(1,N);
f = f - min(f);
f = f / max(f);
g = f;

for k = 2 : 4 : N
g(k) = 0.5*f(k-1) + 0.5*f(k+1);
end

alpha = rand(2,1);
sigma = 0.005;
delta = 10;
while(1)

for k = 2 : N-1
r(k) = g(k) - (alpha(1)*g(k-1) + alpha(2)*g(k+1));
w(k) = exp(-r(k)^2/sigma) / (exp(-r(k)^2/sigma) + 1/delta);
end

subplot(211);
stem( w );
set( gca, 'Xtick', [2:4:N], 'Ytick', [0 0.5 1] );
title( sprintf( ' [%.2f %.2f]', alpha(1), alpha(2) ) );
axis( [0 N 0 1.1] );
grid on;
subplot(212);
plot(fftshift(abs(fft(w))));
axis( [0 N 0 50] );
drawnow; pause(0.25);

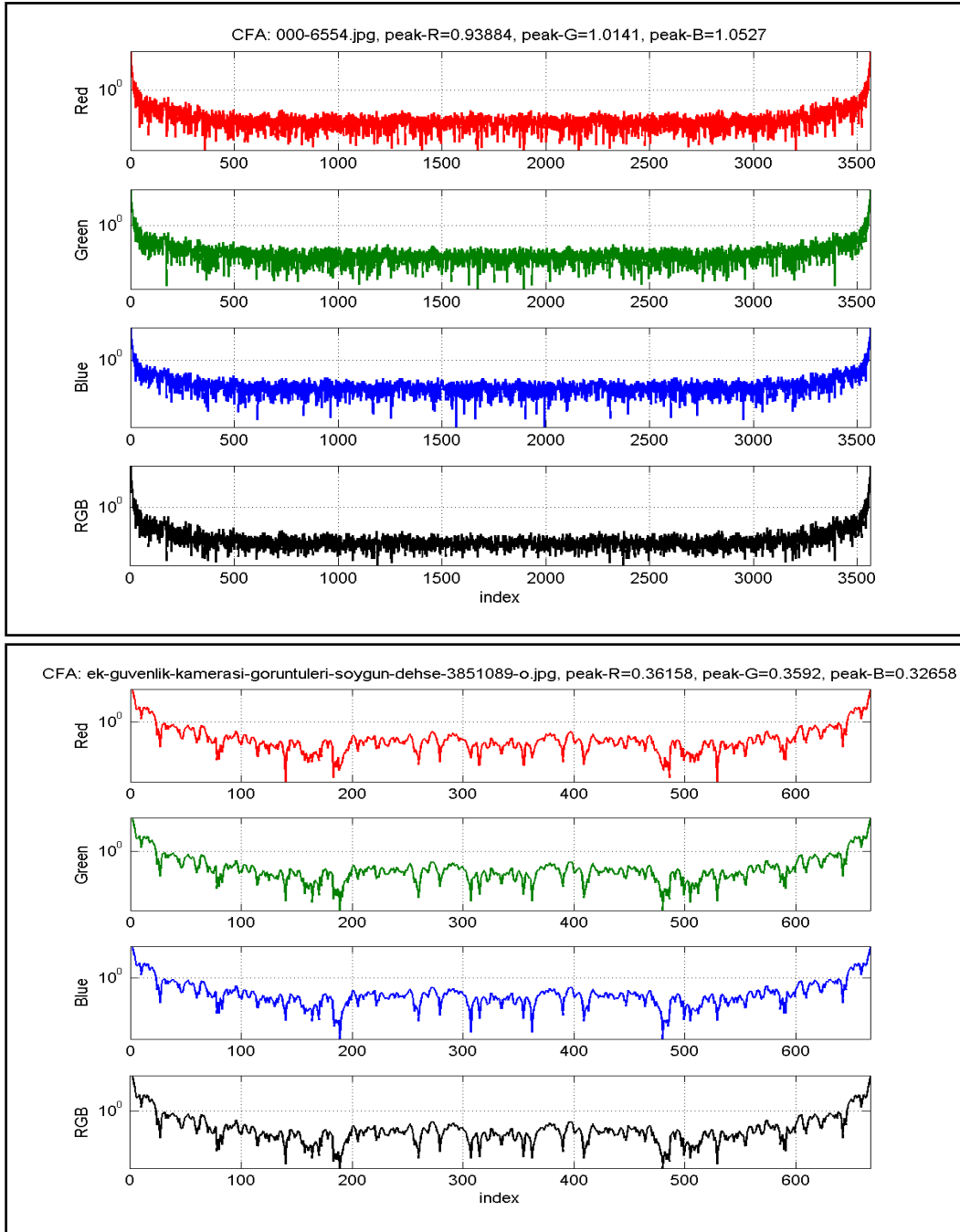
M = [g(1:N-2)' g(3:N)'];
b = g(2:N-1)';
r = r(2:end);
w = w(2:end);
W = diag(w);
alpha_new = inv(M'*W*M)*M'*W*b; % WLS
if( norm( alpha - alpha_new ) < 0.01 )
break;
end
alpha = alpha_new;

sigma = sum(w.*(r.^2)) /sum(w);
end

```

Şekil 2.8. MATLAB IPT yazılımında histogram grafiğinin elde edilmesi için kullanılan kod.

Manipülasyon tespiti aşamalarından birisi olan CFA analizinde, sonuçta elde edilen grafiklerden faydalanılarak bozma eyleminin ve sıkıştırma işleminin gerçekleşip gerçekleşmediği hususunda bilgi sahibi olunur.



Şekil 2.9. (a) Manipüle edilmemiş ve sıkıştırmaya uğramamış bir görüntüye ait CFA grafiği (Üstte). (b) Manipülasyon işlemi uygulanmış veya sonrasında sıkıştırmaya uğramış olan görüntüye ait CFA grafiği (Altta).

Kaynak cihaz üzerinde bulunan renk filtresinin, görüntünün oluşturulması aşamasındaki işlevi, Şekil 2.9a' da sunulan orijinal görüntüye ait grafikte görülmektedir. Dijital görüntü oluşturmaya yetkin olan cihaz, ışık kaynağından gelen

ışınların görüntülenen cisimlere çarpması ve cisimden yansıması sonrasında renk filtresi sayesinde yansıyan bu ışını renklere ayırır. Ancak orijinalliğini kalite kaybına uğraması sonucu kaybeden görüntüde renk filtresine ait herhangi bir karakteristik bilgi bulunmaz. Renk filtresinin oluşturduğu renk çeşitliliği, kalite kaybından sonra ortadan kalkar ve Şekil 2.9b' de sunulan grafik elde edilir.

2.4.5. ELA Analizi

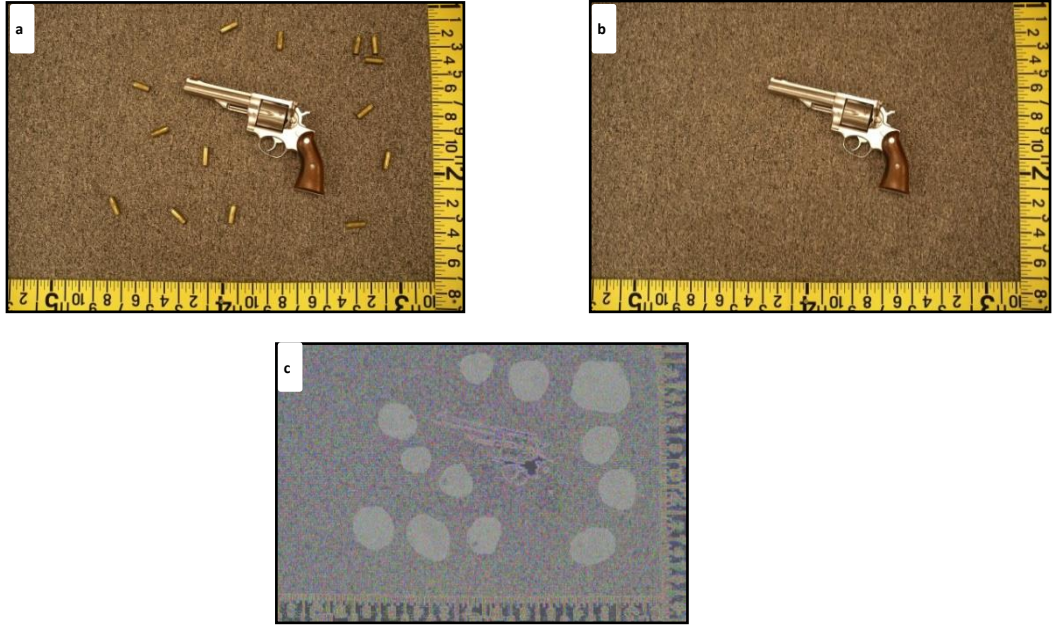
ELA, görüntüde yapılan manipülasyonu tespit etme amacı ile kullanılan bir diğer tekniktir. ELA, görüntünün tamamında farklı sıkıştırma seviyelerini ortaya koyar. Orijinal bir JPEG görüntüsü, sıkıştırma seviyeleri aynı olan, birbiri ile tutarlı kenar hatları, doku ve yüzeyler içerir. Bir JPEG görüntüsü herhangi bir değişikliğe uğratılmadığı sürece yaklaşık 64 defa tekrar kaydedildiğinde meydana gelen bozulmalar görsel olarak ayırt edilemez. Eğer görüntüde bir alanda farklı bir seviye görülüyor ise, o halde bölge üzerinde manipülasyon işlemi olduğunun göstergesidir. Düşük kalitede olan veya yeniden renklendirme yapılmış olan JPEG görüntülerinde ELA analizleri hatalı sonuçlar verebilir (Marrion, 2016).

ELA, görüntü üzerindeki sıkıştırma oranının %95 olduğu durumlara kadar sağlıklı sonuçlar verir. Görüntü içerisinde manipüle edilmiş bölgelerin karakteristik görünüşleri, ELA sonuçlarında görsel olarak sunulur. ELA, görüntüler içerisinde kare şeklinde olan ızgaraların kalite seviyesini ve sıkıştırmaya bağlı ortaya çıkan hataları değerlendirir. Ardışık yeniden kaydedilme işlemleri sırasında, artan bir hata derecesi sunar. Görüntüler belirli bir kamera kalite seviyesi için optimize edilmemiş olursa, bu sonuçlar belirgindir. Daha sonraki yeniden kaydedilmeler hata seviyesi potansiyelini azaltır ve daha koyu bir ELA üretir. Bir dizi yeniden kaydedilme işleminden sonra, ızgaralı kare minimum hata seviyesine ulaşır. Buradan da anlaşıldığı üzere sıkıştırma işlemi arttıkça ELA sonuçlarında belirginlik artar ancak,

bu durum belli bir seviyeye kadar ilerler. Çünkü sıkıştırma oranı arttıkça, ELA için gerekli olan sıkıştırma karakteristikleri de kaybolmaya başlar ve ELA sonuçları gittikçe koyu ve detaysız bir hal alır. Bu sebeple ELA' nın sağlıklı sonuçlar verdiği eşik değerleri sonuçlara göre belirlenmelidir.

Bir görüntü üzerinde herhangi bir manipülasyon işlemi yapılmadan yalnızca tamamının aynı oranlarda sıkıştırmaya uğratılması yada basit bir manipülasyon işlemi yapılması durumunda, ELA sıkıştırmalara bağlı olan farklı hataları farklı renklerde görsel olarak sunar. ELA analizleri sırasında, bazı sınırlılıklar ortaya çıkabilir. Bu analiz, JPEG görüntüler üzerinde ızgaralara şeklinde ayrılmış piksel gruplara uygulanır. Izgaranın yalnızca bir parçasının üzerinde yapılacak olan değişiklik bütün ızgarayı etkiler ve bu durumda manipüle edilmiş pikseller tespit edilemez. ELA piksel değişikliklerini ve küçük oranda renk değişimlerini tespit edemez.

ELA analizlerinde ilginç olan bir diğer durum ise, görüntünün PNG formatından JPEG formatına dönüştürülmesi sonucunda, ELA analizinin, kenar hatlarında ve dokuda yüksek seviyelerde hatalar tespit etmesidir. Bu durum siyah ve beyaz renklerin gösterilmesine sebep olur. Sonuç olarak, JPEG formatından PNG formatına dönüştürmek kayıplı bir işlemdir ve geride JPEG izleri bırakacaktır.



Şekil 2.10. (a) Manipüle edilmemiş ve sıkıştırmaya uğramamış bir görüntü (Solda). (b) Manipülasyon işlemi uygulanmış bir görüntü (Sağda). (c) Manipüle edilmiş görüntünün ELA analizi sonucu (altta).

Şekil 2.10’ da görüldüğü üzere orijinal bir görüntü üzerinde bazı silme işlemleri uygulanmıştır. Bu işlemler “Adobe Photoshop CS6” yazılımında “Content Aware” fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Seçilen bölgelerin silinmesi amacıyla, komşu pikseller kopyalama-taşıma yöntemiyle yerleştirilmiştir. ELA analizinde bu işlem açık ve net bir şekilde tespit edilmiştir. Bunun sebebi, kopyalama-taşıma işleminde, görüntünün genelinde var olan sıkıştırma karakteristiklerinin bütünlüklerinin bozulması ve tutarsızlığın ortaya çıkmasıdır. ELA analizi, diğer analizlere göre daha güçlü bulgular tespit etmektedir. Bu sebeple ELA analizlerinin yanlış tespit yapma imkânı yok denecek kadar azdır.

Çalışmanın bu bölümünde, hazırlanan test materyalleri ve kullanılan tespit metotları sunulmuştur. Çalışmanın 4. Bölümünde yapılan analizler ve sonuçlarından bahsedilecektir.

3. BULGULAR

3.1. Materyaller Üzerinde Üç Boyutlu Manipülasyon İşlemleri Gerçekleştirilerek Test Materyallerinin Hazırlanması

Veri setlerinden elde edilen görüntülerin üzerine üç boyutlu yazılımlar kullanılarak üç boyutlu nesnelere yerleştirilmiş ve manipüle edilmiş test materyalleri elde edilmiştir. Manipülasyon işlemleri iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada iki boyutlu görüntü üzerine yerleştirilecek olan üç boyutlu nesnelere, Cinema 4D yazılımı kullanılarak modellenmiş, diğer aşamada ise modellenen bu nesnelere Adobe After Effect Creative Cloud 2017 yazılımı kullanılarak iki boyutlu görüntülere yerleştirilmiş ve ışık, doku vb. özellikleri üzerinde düzenlemeler yapılarak en sonunda test materyalleri elde edilmiştir.

3.1.1. Nesne Modelleme

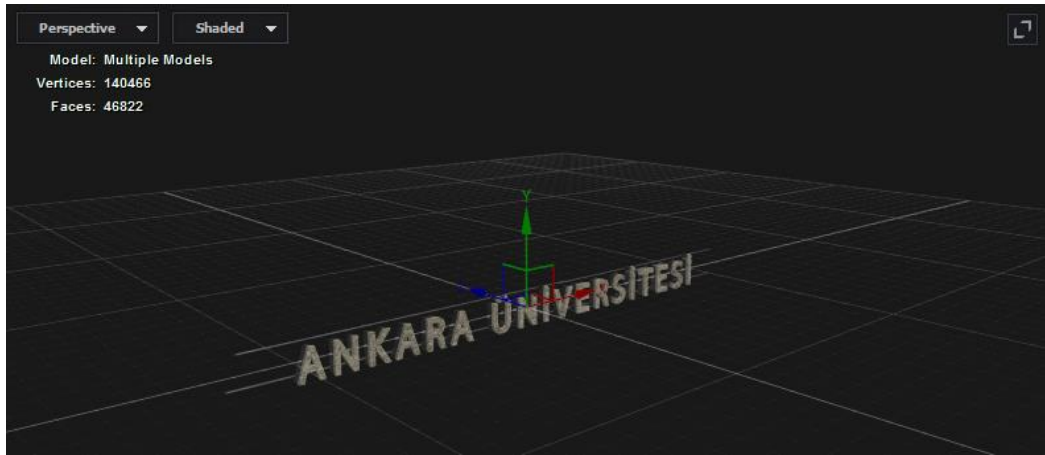
Tez çalışmasında, manipülasyon işlemini gerçekleştirmek amacıyla nesne modellemeleri yapılmış ve bu modellemelerde Cinema 4D R18 ve Adobe After Effects CC Element 3D v2.0 yazılımlarından faydalanılmıştır.

Veri setleri içerisinde seçilen görüntü üzerinde, manipüle edilecek bölgeler belirlendikten sonra yerleştirilecek nesnenin çevresinde manipülasyon izi bırakmamak için görüntüler üzerinde istenmeyen bölgelerde kopyalama-taşıma tekniği ile silme işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1’de görüntüdeki bina üzerinden yazının kopyalama-taşıma işlemi ile silindiği görülmektedir.



Şekil 3.1. (a) CoMoFoD verisetinden elde edilen orijinal görüntü (solda). (b) Kopyalama-taşıma tekniği ile yapılan silme işleminden sonra elde edilen manipülasyon görüntüsü (sağda).

Kopyalama-taşıma işlemine gerek duyulan görüntülerde, bu işlem uygulandıktan sonra ise yerleştirilecek olan üç boyutlu nesnenin modelleme işlemine geçilmiştir. Modelleme sırasında, görüntüye uygun şekilde doku ve renk seçilmiş bu şekilde manipülasyon tespitinin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Şekil 4.2’ de görüntü içerisine yerleştirilecek olan üç boyutlu yazının yazılımda hazır haldeki görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.2. Adobe After Effects CC Element 3D v2.0 yazılımında yerleştirilecek olan yazının modellenmesi.

Modelleme işleminin tamamlanmasından sonra nesnenin yerleştirildiği bölgede gölgelendirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Gölgeleme çalışmaları ışık yönüne uygun olarak seçilmiş ve bu şekilde görüntü ile üç boyutlu nesne arasında bir bütünlük oluşturulmuştur. Şekil 3.3’ de görüldüğü üzere, yerleştirilecek olan yazının ışık yönüne göre hazırlanmış ve perspektif durumuna göre yerleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Nesneye uygun gölgenin oluşturularak görüntü üzerine yerleştirilmesi.

Görüntüye yerleştirilecek olan üç boyutlu nesnenin, doku ve renk özelliklerinin ayarlanması sırasında birçok etmen rol oynayacaktır. Şekil 3.4 incelendiğinde üç boyutlu bir nesnenin üç boyutlu yazılımlarda oluşturulması sırasında, yansıma, yüzey dağılımı, kırılma gibi birçok nitelik üzerinde işlem yapıldığı görülmektedir. Bu niteliklerin her biri birbirleri ile ilişkilidir ve hatasız bir görünüm elde etmek için optimum seviyede ayarlanmaları gerekir.



Şekil 3.4. Nesnenin görüntüye uygun olacak şekilde dokusunun ve renginin ayarlanması.

3.1.2. Nesne Yerleştirme, Post-process ve Çıkarım (Render)

Gölgelendirme işlemi tamamlandıktan sonra ise, perspektif kurallarına uygun olacak şekilde nesnenin yerleştirilme işlemine geçilmiştir. Bu işlemin doğru bir şekilde yapılması amacıyla, görüntünün elde edildiği kaynağın açısı ve pozisyonu tahmin edilerek sanal bir kamera yerleştirilmiş ve bu sanal sahne içerisine nesne yerleştirilmiştir.

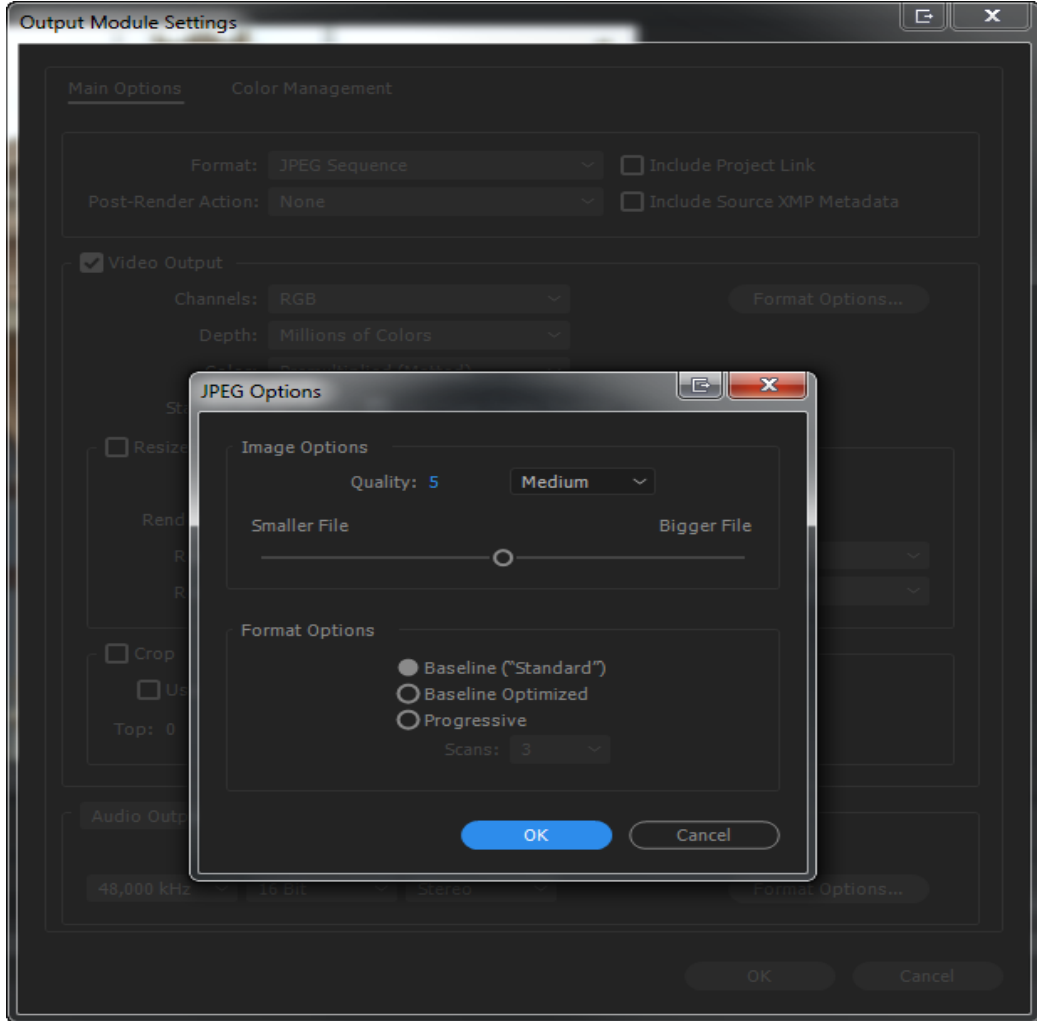


Şekil 3.5. Perspektif kurallarına uygun şekilde yerleştirilmiş üç boyutlu nesnenin görüntüsü.

Şekil 3.5 incelendiğinde, üç boyutlu yazılımlarda oluşturulan yazının, görüntüye eklenmiş olan gölgesi üzerine yerleştirildiği ve perspektif durumuna göre gölge ve yazının konumlandırıldığı görülebilir. Aynı zamanda görüntü içerisinde bulunan binanın dokusuna göre oluşturulan yazının renginin bina ile uyumlu olması sağlanmıştır. Bu sayede, görüntüye bakacak olan bir kişi, yazının sonradan eklendiğini farketmeyecektir.

Görüntü üzerinde yapılan manipülasyon işlemi sırasında, sonradan yerleştirilecek olan üç boyutlu nesnenin boyutu, kopyalama-taşıma işlemi yapılan bölgeden daha büyük seçilerek, manipülasyon izlerinin kapatılması sağlanmış ve bu şekilde kopyalama-taşıma tekniklerine yönelik çalışan tespit metotlarının, silme yapılan bölgelerde gerçekleşen bozmaları tespit etmesinin önüne geçilmiştir.

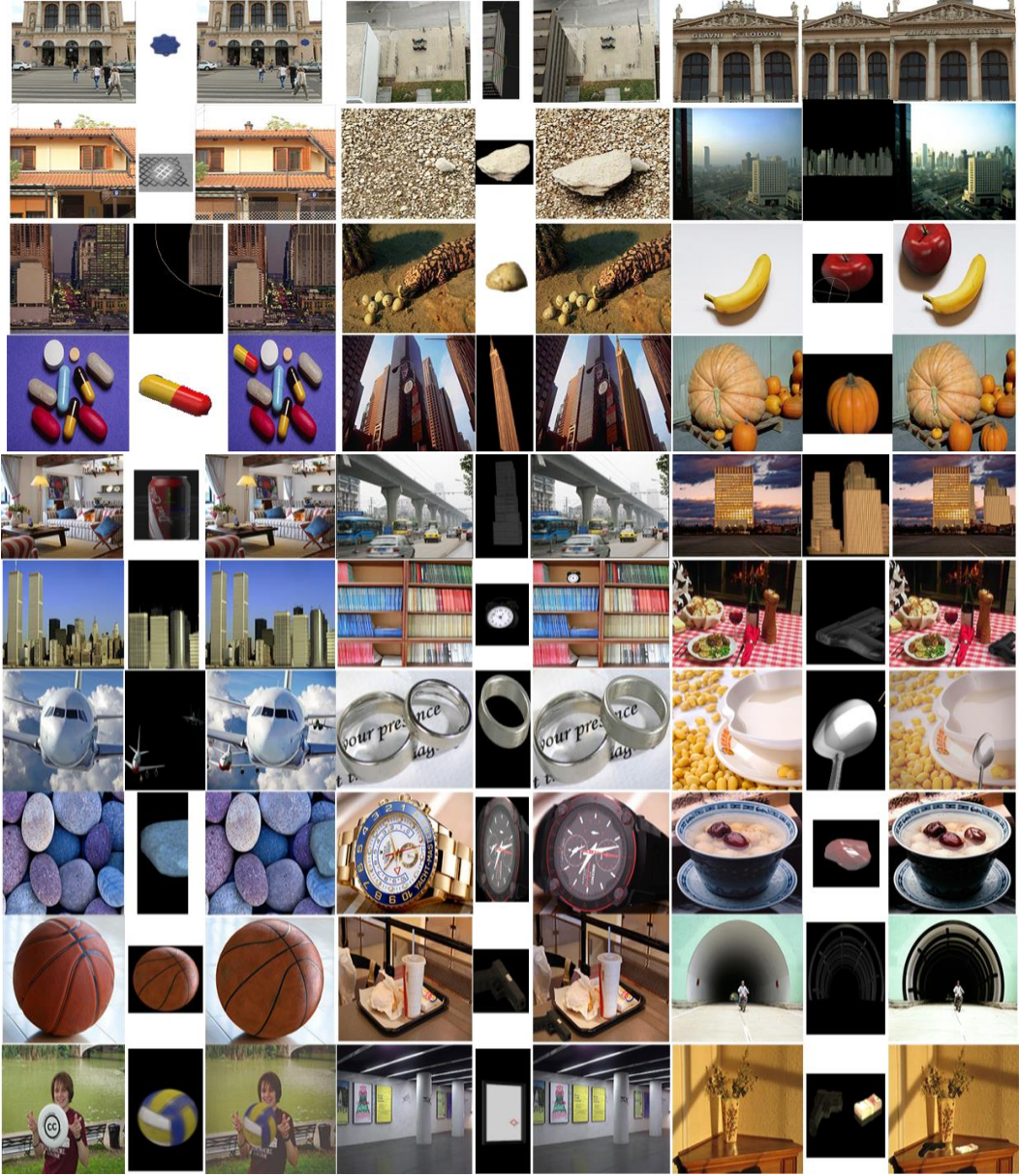
Görüntü üzerinde manipülasyon işlemleri tamamlandıktan sonra ise post-process olarak adlandırılan renklendirme ve sıkıştırma işlemleri gerçekleştirilmiş, bu aşamada, görüntülerin kalitesi yarıya düşürülerek JPEG sıkıştırmasına uğraması sağlanmıştır. Görüntünün JPEG sıkıştırmasına maruz kalması için “Adobe After Effects” yazılımında, JPEG seçeneklerinde “Baseline (‘Standard’)” kalite “5” seçilmiş, Şekil 3.6’da bu konfigürasyon gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Manipüle edilen görüntünün render (çıkarm) sırasında JPEG sıkıştırmaya tabi tutulması.

Manipülasyon işlemleri sırasında gerçekleştirilen üç boyutlu modelleme, ışık, gölge, doku vb. düzenleme adımları, veri setlerinden edinilen otuz adet görüntünün her birine uygulanmış ve üzerinde manipülasyon tespit analizi yapılacak olan test materyalleri elde edilmiştir. Şekil 3.7’ de elde edilen bu test materyallerinin orijinal

ve manipüle edilmiş halleri sunulmuş, ayrıca manipülasyon işleminde kullanılan modellenmiş üç boyutlu nesnelere gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Üç boyutlu manipülasyon çalışmaları sonucunda elde edilen görüntüler.

Şekil 3.7’ de görüldüğü üzere, orijinal görüntü içerisinde hemen yanlarında bulunan üç boyutlu modellenmiş nesnelere yerleştirilerek test materyalleri oluşturulmuştur. Bu nesnelere seçilmesi aşamasında, hayatın normal akışına uygun olması dikkate alınmış ve gerçeğe en yakın test materyallerinin elde edilmesi için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Üç boyutlu modellenmiş nesnelere yerleştirilmesi

aşamasında uygulanan konfigürasyonlar, her görüntü için farklılık göstermiş, ancak manipülasyon sonrasındaki JPEG sıkıştırması her bir görüntüde aynı seviyede uygulanmıştır.

3.2. Üç boyutlu Manipülasyona Uğramış Test Materyallerinin Analiz Edilmesi

Üzerinde üç boyutlu ortamlarda manipülasyon yapılan görüntülerde, dosya yapısına yönelik olarak EXIF analizleri ve sonrasında görüntü içeriklerine yönelik olarak da DCT, RGB, CLA, CFA ve ELA analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. EXIF Analizi

Görüntüler üzerinde EXIF analizi, FIAS yazılımından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3.8’de verilmiştir.

<pre>-----Structure Analysis----- Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start [0] Offset: 2 -> FFE1 = APP Offset: 114 -> Adobe Offset: 11A -> Photoshop Offset: 12A -> Windows Offset: 41A -> FFD8 = JPEG Start [41A] Offset: 420 -> Adobe Offset: 42E -> Adobe Offset: 43A -> FFDB = Quantization Table Offset: 4C0 -> FFC0 = Baseline DCT Offset: 4D9 -> FFC4 = Huffman Table Offset: 61A -> FFDA = Start of Scan (SOS) Offset: 2255 -> FFD9 = JPEG End [2256] Offset: 225B -> Photoshop Offset: 2A3B -> FFD8 = JPEG Start [2A3B] Offset: 2A41 -> Adobe Offset: 2A4F -> Adobe Offset: 2A5B -> FFDB = Quantization Table Offset: 2AE1 -> FFC0 = Baseline DCT Offset: 2AFA -> FFC4 = Huffman Table Offset: 2C3B -> FFDA = Start of Scan (SOS) Offset: 4876 -> FFD9 = JPEG End [4877] Offset: 48F3 -> FFE1 = APP Offset: 48F7 -> http://ns.adobe.com Offset: 4901 -> adobe Offset: 495E -> adobe</pre>	<pre>Offset: 4977 -> Adobe Offset: 49CC -> http://www.w3.org Offset: 4A23 -> http://ns.adobe.com Offset: 4A2D -> adobe Offset: 4A47 -> photoshop Offset: 4A52 -> http://ns.adobe.com Offset: 4A5C -> adobe Offset: 4A66 -> photoshop Offset: 4A83 -> http://ns.adobe.com Offset: 4A8D -> adobe Offset: 4AB1 -> http://ns.adobe.com Offset: 4ABB -> adobe Offset: 4AED -> http://purl.org Offset: 4B99 -> photoshop Offset: 4BC5 -> photoshop Offset: 4BDD -> photoshop Offset: 4D74 -> Adobe Offset: 4D7A -> Photoshop Offset: 4D8A -> Windows Offset: 4E37 -> Adobe Offset: 4E3D -> Photoshop Offset: 4E4D -> Windows Offset: 593A -> http://www.iec.ch Offset: 595B -> http://www.iec.ch Offset: 6322 -> Adobe ...</pre>	<pre>FIAS Report -----Evidence----- Date & Time: 07-Feb-2017, 9:16:13 Evidence file: m1_00000.jpg SHA1: e197ea23cb3f0f6e0094f2053a5e432a1fbddf75 working copy: m1_00000.jpg SHA1: e197ea23cb3f0f6e0094f2053a5e432a1fbddf75 Evidence and working copy have same SHA1. -----Structure Analysis----- Date & Time: 07-Feb-2017, 9:16:13 Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start Offset: 18 -> Adobe Offset: 18 -> Adobe Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS) Offset: 10AF9 -> FFD9 = JPEG End -----EXIF Analysis----- Date & Time: 07-Feb-2017, 9:17:34 Filename: m1_00000.jpg FileModdate: 16-May-2016 15:41:26 FileSize: 68368 Format: jpg FormatVersion: width: 512 Height: 512 BitDepth: 24 ColorType: truecolor FormatSignature: NumberOfSamples: 3 CodingMethod: Huffman CodingProcess: Sequential Comment:</pre>
--	---	--

Şekil 3.8. (a) Adobe Photoshop yazılım kullanılarak manipüle edilen görüntüye ait EXIF analizi (solda). (b) Adobe After Effects yazılımı kullanılarak manipüle edilen görüntüye ait EXIF analizi (sağda).

EXIF analizlerinde dikkat edilmesi gereken husus, analiz sonucunda elde edilen “Adobe” ibaresinin, manipülasyon işlemine ait bir bulgu mu, yoksa kaynak cihaz üzerinde yüklü bulunan Adobe yazılımına ait olduğu konusunun netleştirilmesidir. Bazı DSLR cihaz firmaları kullanıcı hatalarının düzeltilmesi amacıyla anlaşmış olduğu Adobe firmasının yazılımını cihaza fabrika üretimi sırasında yükleyebilmektedir. Dolayısıyla karşılaşılan “Adobe” ibaresi, cihazda yüklü olan Adobe yazılımından dolayı bulunabilmektedir.

30 adet görüntü üzerinde yapılan EXIF analizinin, 26 adedinde ortak olarak “Adobe” ibaresinin bulunduğu görülmüştür. Söz konusu ibare, Adobe After Effects yazılımının kullanılmasından dolayı görülmektedir. Adobe Photoshop yazılımı ile yapılan düzenlemelerde ise Photoshop ibaresi açıkça görülmektedir.

Görüntülerin EXIF analizleri, MATLAB Image Processing Toolbox yazılımında “imfinfo” fonksiyonu kullanılarak da elde edilebilmektedir. MATLAB IPT yazılımı içerisine girdi olarak alınan görüntüye “imfinfo” fonksiyonu uygulandığında Şekil 3.9’ da verilen sonuç elde edilecektir.

```
>> imfinfo('m1_00000.jpg')
ans =
    Filename: 'C:\Users\Gor-Workstation\Documents\MATLAB\m1_00000.jpg'
    FileModDate: '10-May-2017 17:09:42'
    FileSize: 68368
    Format: 'jpg'
    FormatVersion: ''
    Width: 512
    Height: 512
    BitDepth: 24
    ColorType: 'truecolor'
    FormatSignature: ''
    NumberOfSamples: 3
    CodingMethod: 'Huffman'
    CodingProcess: 'Sequential'
    Comment: {}
```

Şekil 3.9. MATLAB IPT yazılımı aracılığı ile yapılan EXIF analizi.

Yapılan EXIF analizlerinde, sonuçların detaylı olmadığı, görüntüye ait kaynak cihaz bilgisi gibi birçok detaylı bilginin görülmediği tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise, manipülasyon işlemi sonrasında gerçekleştirilen post-process işlemlerinde görüntünün, JPEG sıkıştırmasına uğraması ve sıkıştırma sırasında bu bilgilerin JPEG algoritması tarafından gereksiz olarak görülüp, boyutun küçültülmesi amacıyla silinmesidir. Dolayısıyla manipülasyon işlemleri gerçekleştirildikten sonra sıkıştırmaya uğrayan görüntülerin EXIF yönünden incelemeleri sınırlı bilgilerle olacaktır.

Veri setlerinden elde edilen 30 adet görüntü üzerinde yapılan EXIF analizleri, görüntüler üzerinde gerçekleştirilen manipülasyonların varlığı ve bölgeleri hakkında bilgi vermemiş olup, 26 adetinde “Adobe” yazılımında bir işleme uğradığına dair bilgi vermiştir. Elde edilen sonuçlar EK-1’ de sunulmuştur. Dolayısıyla bu işlemin yalnızca aydınlık ve kontrast gibi değerler üzerinde gerçekleştirildiğini düşünmekte mümkündür.

3.2.2. HEX Analizi

30 adet görüntünün her biri üzerinde yapılan HEX analizinde ortak olarak görülen bulgu, “Adobe” ibaresinin bulunmasıdır. Buradan yola çıkılarak görüntüler üzerinde yeniden düzenleme (retouch) işlemleri yapılmış olabileceği değerlendirilmesi yapılabilir.

Kaynak cihazlardan elde edilen orijinal görüntülerin EXIF ve HEX analizlerinde de “Adobe Image Ready” ibaresi görülebilir. Böyle bir ibare görüldüğünde manipülasyon bulgusu olarak değerlendirilmemelidir. Bazı dijital fotoğraf makinesi üreticileri, kullanıcının fotoğraf çekmesinden hemen sonra görüntü

üzerinde basit düzenlemeler yapması için yazılım firmaları ile anlaşılabilir. Dolayısıyla görüntü elde edilme aşamasında, basit hataların giderilmesi amacı ile yazılımlar tarafından düzenlendiği için EXIF ve HEX analizlerinde “Adobe Image Ready” ibaresi görülür. Manipüle edilmiş görüntüler üzerinde bozma izlerinin yok edilmesi amacıyla sıkıştırma yapılacağı için EXIF ve HEX analizlerinde çok fazla bilgiye ulaşılamaz. Orijinal görüntüler ise EXIF ve HEX bilgileri yönüyle oldukça zengindir. Bu sebeple görülen ibarelerin birbirleri ile karıştırılmaması önemlidir. Şekil 3.10’da görüldüğü üzere, orijinal görüntünün hEX kodları içerisinde “Aodbe Image Ready” ibaresi görülür iken, manipülasyona uğramış görüntüye ait HEX kodu içerisinde “Adobe” ibaresi bulunmaktadır.

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F	00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F
00000000 89 50 4E 47 0D 0A 1A 0A 00 00 00 0D 49 48 44 52 .PNG.....IHDR	00000000 FF D8 FF E0 00 10 4A 46 49 46 00 01 02 01 00 48JFIF.....H
00000010 00 00 02 00 00 00 02 00 08 02 00 00 00 7B 1A 43{.C	00000010 00 48 00 00 FF EE 00 0E 41 64 6F 62 65 00 64 C0 H.....Adobe.d
00000020 AD 00 00 00 19 74 45 58 74 53 6F 66 74 77 61 72tEXtSoftware	00000020 00 00 00 01 FF DB 00 84 00 06 04 04 04 05 04 06
00000030 65 00 41 64 6F 62 65 20 49 6D 61 67 65 52 65 61 e.Adobe ImageRea	00000030 05 05 06 09 06 05 06 09 08 08 06 06 08 08 0A
00000040 64 79 71 C9 65 3C 00 00 03 E0 69 54 58 74 58 40 dyq.ec....iTXtX	00000040 0A 0B 0A 0A 0C 10 0C 0C 0C 0C 0C 10 0C 0E 0F
00000050 4C 3A 63 6F 6D 2E 61 64 6F 62 65 2E 78 6D 70 00 L:com.adobe.xmp.	00000050 10 0F 0E 0C 13 13 14 14 13 13 1C 1B 1B 1B 1C 1F
00000060 00 00 00 00 3C 3F 78 70 61 63 68 65 74 20 62 65<?xpacket be	00000060 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 01 07 07 07 0D 0C 0D
00000070 67 69 6E 3D 22 EF BB BF 22 20 69 64 3D 22 57 35 gin="..." id="WS	00000070 18 10 10 18 14 15 11 15 14 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
00000080 4D 30 4D 70 43 65 68 69 48 7A 72 65 53 7A 4E 54 M0pCehiHzreSzNT	00000080 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
00000090 63 7A 6B 63 39 64 22 3F 3E 20 3C 78 3A 78 6D 70 czkc9d"?> <x:xmp	00000090 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
000000A0 6D 65 74 61 20 78 6D 6C 6E 73 3A 78 3D 22 61 64 meta xmlns:x="ad	000000A0 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F FF C0 00 11 08 02
000000B0 6F 62 65 3A 6E 73 3A 6D 65 74 61 2F 22 20 78 3A obe:meta/" x:	000000B0 00 02 00 03 01 11 00 02 11 01 03 11 01 FF C4 01
000000C0 78 6D 70 74 6B 3D 22 41 64 6F 62 65 20 58 4D 50 xmptk="Adobe XMP	000000C0 A2 00 00 00 07 01 01 01 01 01 00 00 00 00 00
000000D0 20 43 6F 72 65 20 35 2E 30 2D 63 30 36 30 20 36 Core 5.0-c060 6	000000D0 00 00 04 05 03 02 06 01 00 07 08 09 0A 0B 01 00
000000E0 31 2E 31 33 34 37 37 37 2C 20 32 30 31 30 2F 30 1.134777, 2010/0	000000E0 02 02 03 01 01 01 01 01 00 00 00 00 00 00 01
000000F0 32 2F 31 32 2D 31 37 3A 33 32 3A 30 30 20 20 20 2/12-17:32:00	000000F0 00 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 10 00 02 01 03

(a)

(b)

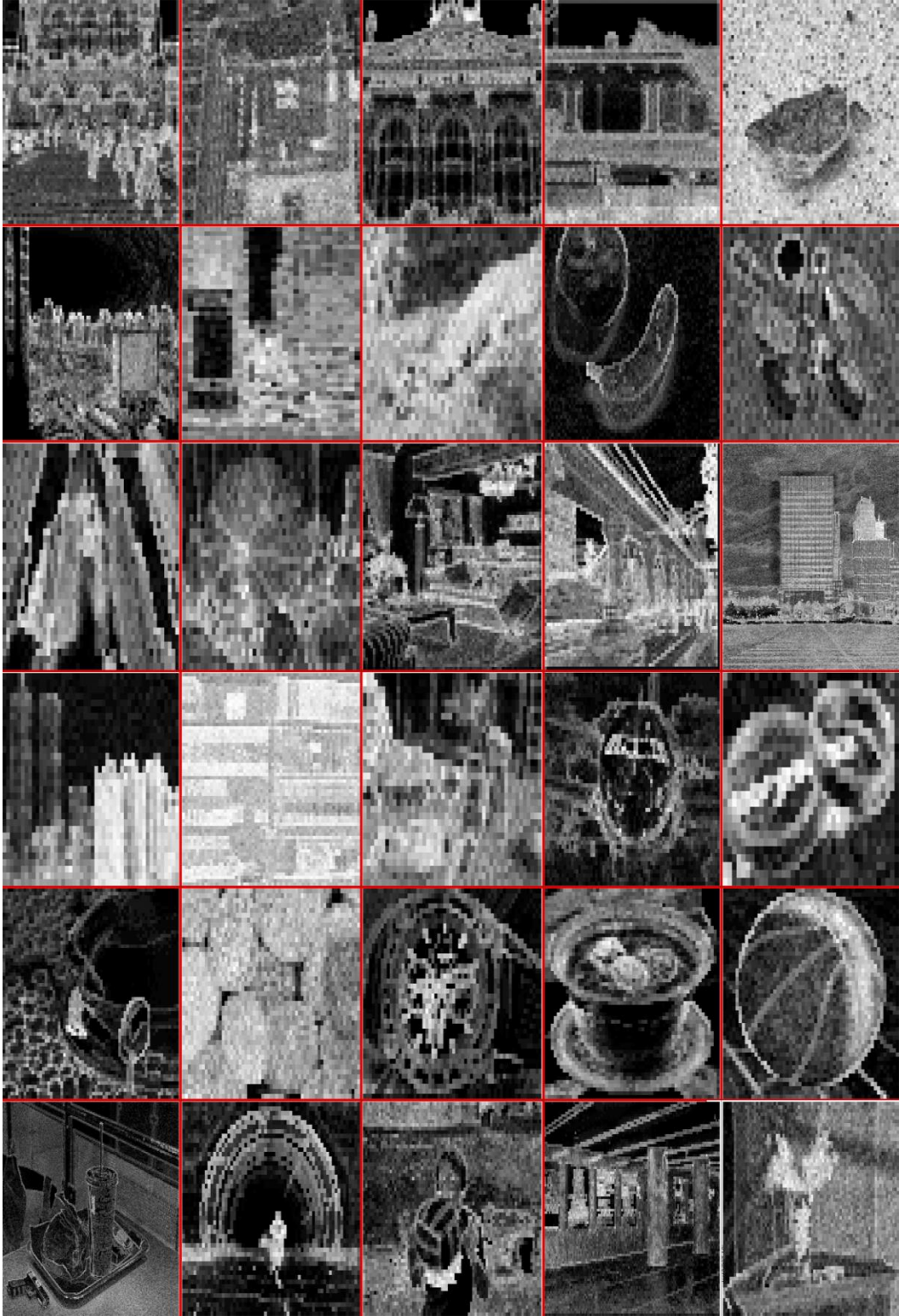
Şekil 3.10. (a) Orijinal görüntüye ait HEX görüntüsü (solda). (b) Adobe After Effects yazılımı kullanılarak manipüle edilen görüntüye ait HEX görüntüsü (sağda).

3.2.3. DCT Analizi

Bölüm 2’de bahsedilen DCT yaklaşımlarından faydalanılarak 30 adet görüntü üzerinde DCT analizleri uygulanmıştır. DCT grafikleri incelendiğinde, grafiklerin bölgesel olarak manipülasyonun yapıldığı konum hakkında bilgi vermediği ancak,

görüntülerin sıkıştırma sebebiyle kalite kaybına uğradığı sonucuna varılabilir. 30 adet görüntüye ait DCT grafikleri EK-2' de sunulmuştur.

DCT analizlerinin görsel sonuçları, DCT-Map analizlerinde gösterilmiş ve bu sonuçlarda 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. 30 adet görüntü üzerinde yapılan DCT-Map analiz sonuçları.

Görüntüler üzerinde gerçekleştirilen DCT analizlerinde post-process sürecinde JPEG sıkıştırma izlerine rastlanılmıştır. JPEG sıkıştırmasına uğrayan görüntülerin

DCT grafiklerinde dalgalanmaların artış gösterdiği ve tutarsızlıkların ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

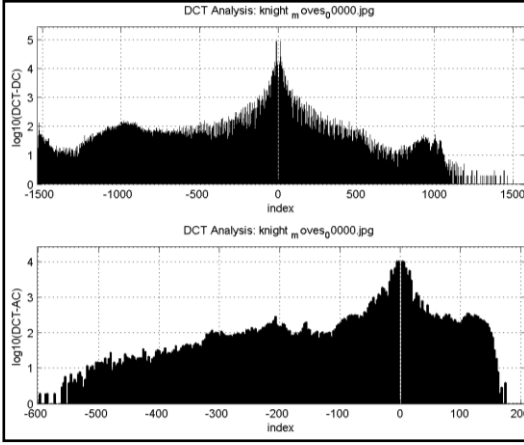
DCT-Map analiz sonuçlarında ise manipüle edilen bölgelerle ilgili olarak 28 adet görüntüde net bir bulgu elde edilememiştir. Bunun sebebi ise, manipülasyon işleminin üç boyutlu ortamlarda yapılması sebebiyle ışık ve gölge ayarlarının istenen şekilde ayarlanabilmesidir. Ancak, DCT-Map analizi iki görüntüde manipülasyon varlığını tespit etmiştir. Bunun sebebi ise, bahse konu görüntülerin çözünürlüklerinin diğer görüntülere göre yüksek olması, JPEG sıkıştırmasına uğramalarına rağmen bozma izlerinin yok olmaması ve manipülasyon sonrası post-process işlemlerinde ışık ve gölgelendirmenin yetersiz kalmasıdır. Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'te DCT ve DCT-Map analizleri sonucunda manipülasyon bölgesinin işaretlendiği görülmektedir. Bu sonuçlar, görsel olarak manipülasyon bölgesinin yerini ve yerleştirilen nesneyi gösteren en belirgin bulgulardır.



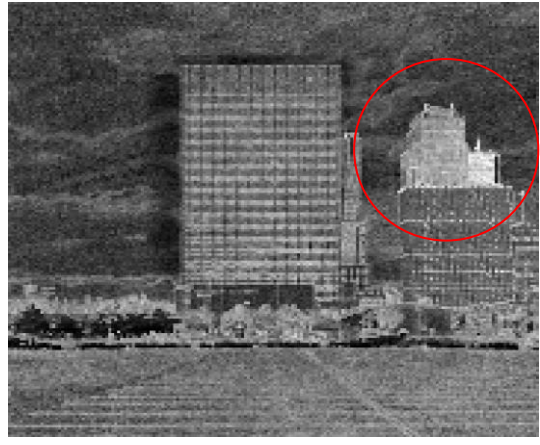
(a)



(b)

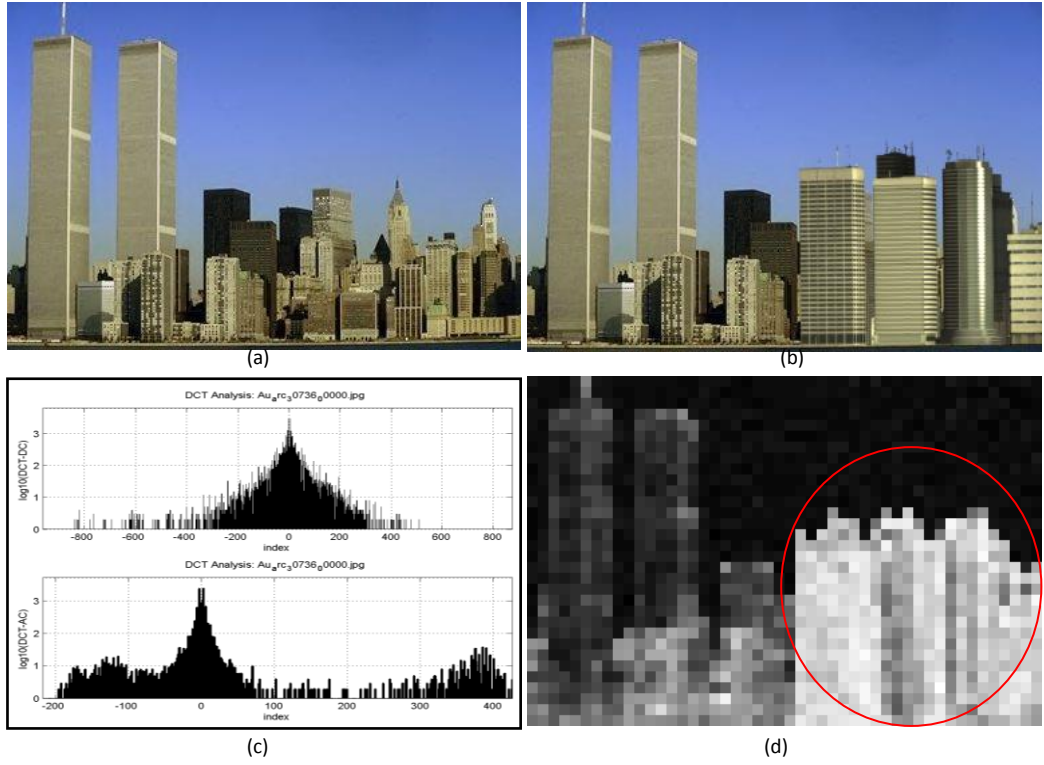


(c)



(d)

Şekil 3.12. (a) Orijinal görüntü. (b) Manipüle edilen görüntü. (c) Manipüle edilen görüntünün DCT-AC/DC bileşen analizi. (d) Manipüle edilen görüntünün DCT-Map analizi.



Şekil 3.13. (a) Orijinal görüntü. (b) Manipüle edilen görüntü. (c) Manipüle edilen görüntünün DCT-AC/DC bileşen analizi. (d) Manipüle edilen görüntünün DCT-Map analizi.

Şekil 3.12 ve 3.13 incelendiğinde görüntüye manipülasyon işlemleri uygulanarak yerleştirilen üç boyutlu modellerin DCT-Map analizi ile tespit edildiği ve işaretlendiği görülmektedir. Böyle bir tespiti neden olan durum hakkında bilgi verilmek istenirse, üç boyutlu modellemenin gerçekleştirilmesi ve görüntüye yerleştirilmesi sonrasında uygulanan JPEG sıkıştırmasının model ile görüntü arasında uyumlu olmaması söylenebilir. Kaynak cihaz tarafından oluşturulan görüntülerde, kaynak cihaz tarafından oluşturulan ve bir parmak izi gibi karakteristik olan sıkıştırmaya bağlı gürültü efekti bulunur. Yazılım aracılığı ile oluşturulan model görüntüsüne ait gürültü modeli ile görüntüye ait gürültü modeli arasında bulunan tutarsızlık manipülasyonun tespitine sebep olacaktır.

3.2.4. RGB Analizi

Görüntüler üzerinde yapılan RGB analizinde, DCT analizlerinde olduğu gibi sıkıştırma izlerine rastlanılmıştır. Görüntüler üzerinde yapılmış olan JPEG sıkıştırması, grafikte piklerde dağılmaya sebep olmuş ve tutarsızlıkları ortaya çıkarmıştır. Görüntüler üzerinde gerçekleştirilen RGB analizi sonuçları Ek-3' de sunulmuştur.

Ek-3' te sunulan analiz sonuçları incelendiğinde, büyük çoğunluğun sıkıştırma işleminden önemli derecede etkilendiği görülebilir. Ancak bu sonuçlara bakarak manipülasyonun gerçekleştirildiği bölge hakkında kesin bir beyanda bulunulması mümkün olamamıştır. Analiz sonuçları içerisinde tutarsızlık görülmeyen görüntülerde, manipülasyon bölgesinin görüntü çerçevesine göre küçük olduğunu ve ışık/gölgeleme işlemlerinin görüntüye uygun ayarlandığını söylemek mümkündür.

3.2.5. CLA Analizi

CLA analizleri, test materyallerinin sıkıştırmaya uğradıklarına dair belirgin bulgular vermiştir. CLA analizlerinde, çözünürlüklerin yüksek olduğu resimlerin grafiklerinde dalgalanmaların, çözünürlükleri düşük olanlara göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Görüntüler üzerinde yapılan CLA analizleri Ek-4'te sunulmuştur.

CLA analiz sonuçları, manipülasyon işlemleri sonrasında, görüntünün genelinde sıkıştırma işlemi uygulandığını ve görüntü kalitesinde kayıp olduğunu göstermektedir. CLA grafiklerinde görülen tutarsızlık bölgesel değil, sinyal boyunca

devam etmektedir. Bu sebeple, her üç renk kanalında sıkıştırmaya bağlı olarak devam eden bir tutarsızlık görölmektedir. Ancak, yine de, manipölasyonun bölgesel olarak tespit edildiğini söylemek mümkün olamamıştır. Dolayısıyla görsel olarak manipölasyon tespitini yapmak ve kesin beyanda bulunmak mümkün değildir.

3.2.6. CFA Analizi

Görüntüler üzerinde gerçekleştirilen CFA analizlerinde, sıkıştırmaya bağlı bozulmaların nispeten göröldüğü söylenebilir. Ancak, CFA analizinde elde edilen bulguların diğer analizlerde elde edilen bulgulardan daha zayıf olduğu söylenebilir. CFA analizleri sonuçları Ek-5'te sunulmuştur.

Görüntü üzerinde meydana gelen JPEG sıkıştırmasının üç renk kanalına ait dağılımları olumsuz yönde etkilediği Ek-5' te CFA grafiklerinde görölmektedir. CFA analizleri JPEG sıkıştırmasının görüntüler üzerinde kalite kaybının olduğunu göstermesine rağmen, bölgesel olarak bir manipölasyonun varlığı hakkında kesin bir beyanda bulunulması için yeterli delili sağlayamamıştır.

3.2.7. ELA Analizi

Görüntüler üzerinde yapılan analizler içerisinde en belirgin bulgular ELA analizlerinde elde edilmiştir. Bunun sebebi ise, diğer analizlerin, grafik üzerinden yorumlanmaya ihtiyaç duyması iken, ELA analizlerinde sonuçların kullanıcıya görsel olarak sunulmasıdır. Elde bulunan 30 adet görüntü üzerinde yapılan ELA analizlerinde, 5 adet görüntü üzerinde yapılan manipölasyonu, ELA analizi, belirgin

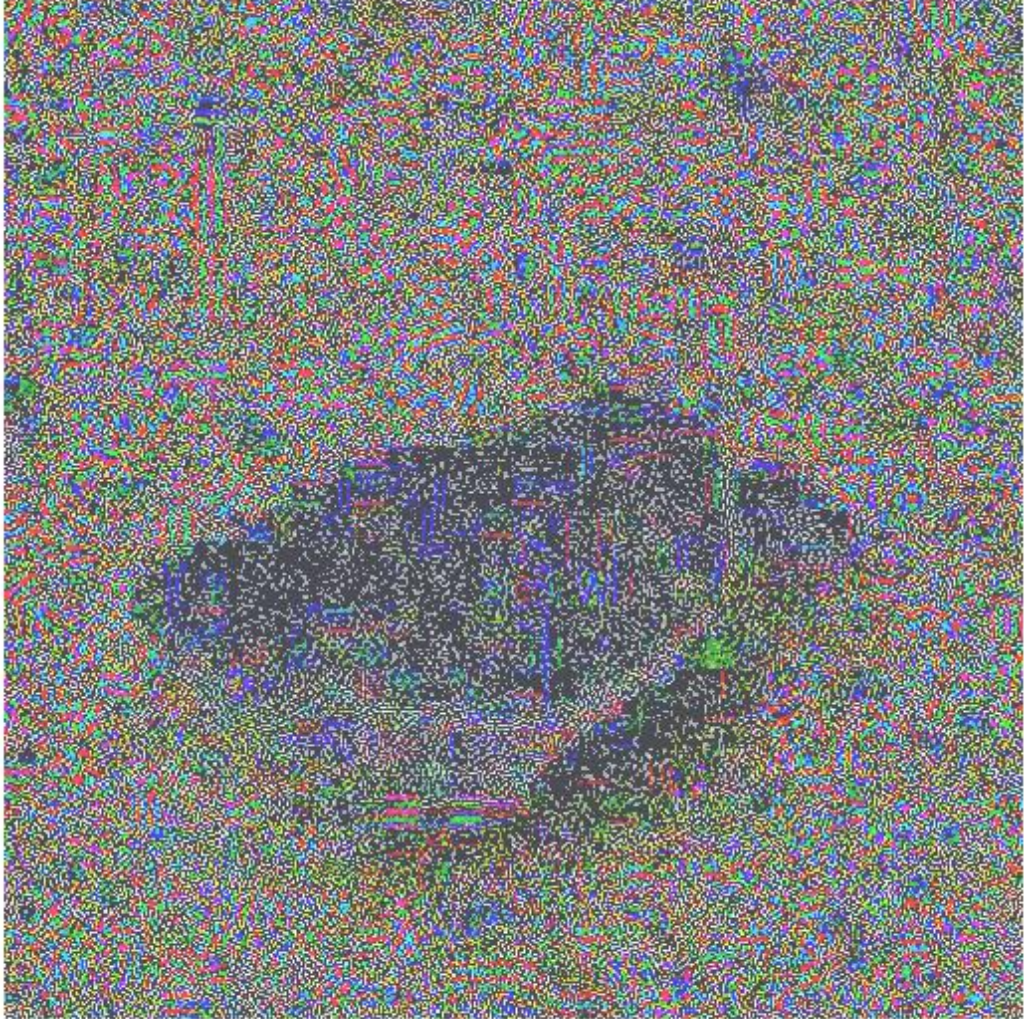
olarak tespit etmiştir. Tespit edilen görüntüler kırmızı daire içerisinde gösterilmiştir. Ancak, diğer manipülasyonların tespit edilememesinin nedeni ise, üç boyutlu manipülasyonlarda birçok özelliğin (ışık, doku, gölge vb.) istenilen şekilde ayarlanabilmesidir.



a



b



c

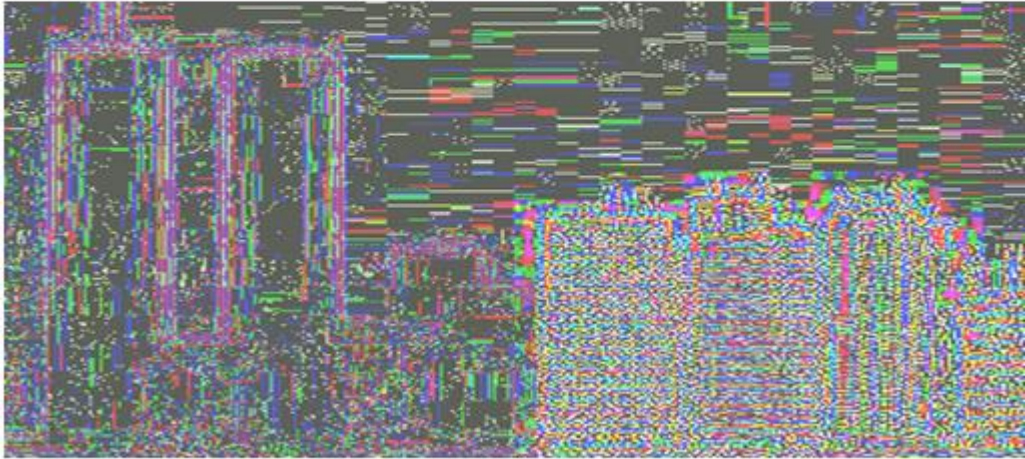
Şekil 3.14.(a) Orijinal görüntü. (b) Manipüle edilmiş görüntü. (c) Manipüle edilmiş görüntüye ait ELA analizi sonucu.



a



b



c

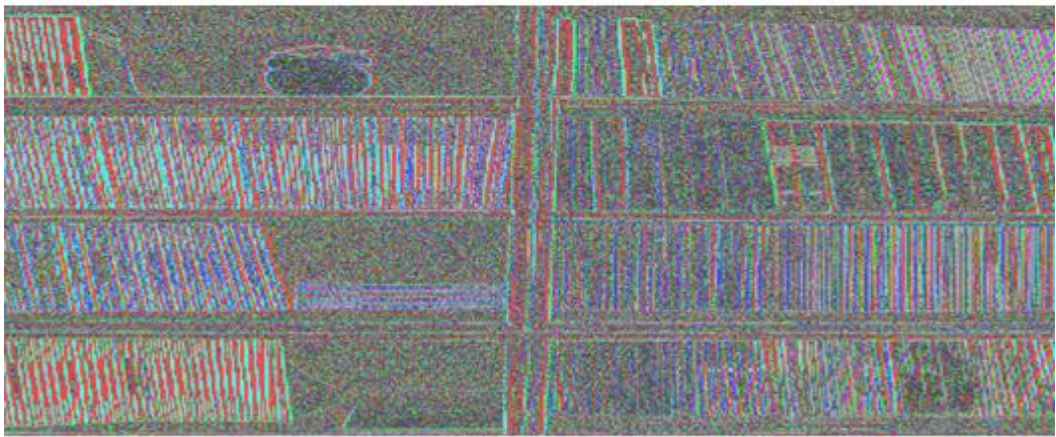
Şekil 3.15.(a) Orijinal görüntü. (b) Manipüle edilmiş görüntü. (c) Manipüle edilmiş görüntüye ait ELA analizi sonucu.



a



b



c

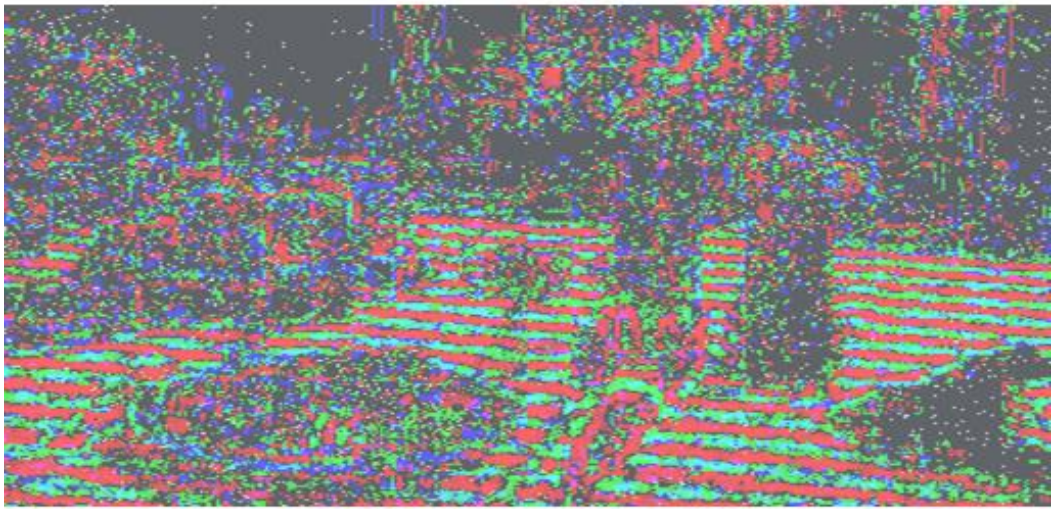
Şekil 3.16.(a) Orijinal görüntü. (b) Manipüle edilmiş görüntü. (c) Manipüle edilmiş görüntüye ait ELA analizi sonucu.



a



b



c

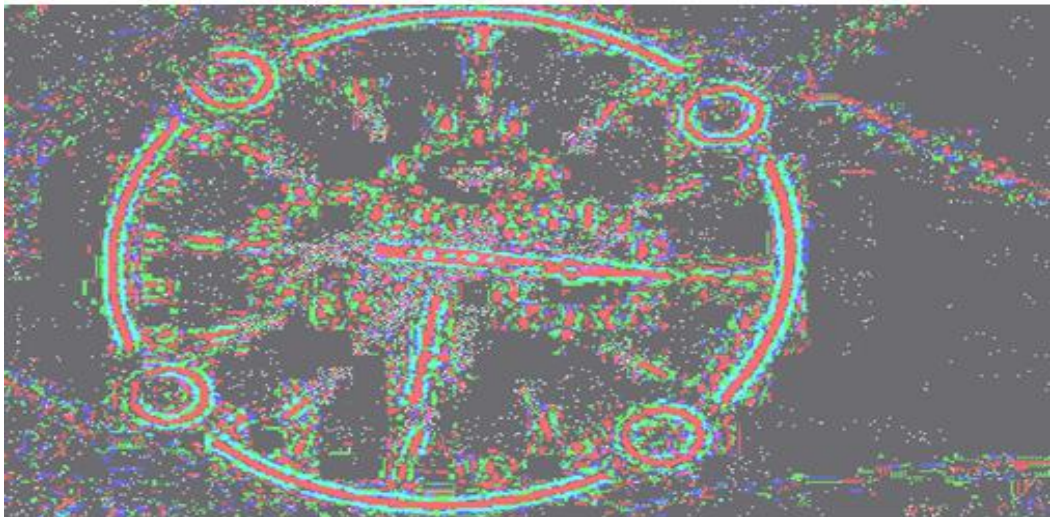
Şekil 3.17.(a) Orijinal görüntü. (b) Manipüle edilmiş görüntü. (c) Manipüle edilmiş görüntüye ait ELA analizi sonucu.



a



b



c

Şekil 3.18.(a) Orijinal görüntü. (b) Manipüle edilmiş görüntü. (c) Manipüle edilmiş görüntüye ait ELA analizi sonucu.

ELA analizlerinde önemli kriter, sıkıştırma seviyesidir. ELA analizleri her bir sıkıştırma seviyesi için ayrı bir detay sunarlar. Dolayısıyla görüntü içerisine yerleştirilen nesnenin sıkıştırma seviyesi ile görüntünün kendisine ait sıkıştırma seviyelerinde bulunan net farklılıklar ELA analizlerinde kendisini gösterecektir. Şekil 3.14, 3.15, 3.16, 3.17 ve 3.18’de görüldüğü üzere 5, 16,17,18 ve 23 numaralı görüntülerde manipülasyon işlemlerinin bölgesel olarak tespit edildiği görülmektedir. Bu görüntüler dikkatli incelendiğinde yerleştirilen üç boyutlu modellerin renk derinlikleri ile görüntünün renk derinlikleri arasında fark olduğu belirlenebilir. Bu renk derinliği farklılığı ise üzerlerinde bulunan sıkıştırma seviyelerinin farklı olmasıdır. Bir görüntü üzerinde sıkıştırma işlemi uygulandığında detaylar ve renk zenginliği kaybolmaya başlar. ELA analizlerinin tespitleri ise bu kriterler aracılığı ile gerçekleşmektedir. Diğer görüntülere ait ELA analiz sonuçları Ek-6’ da sunulmuştur.

Görüntünün içeriğine yönelik gerçekleştirilen analiz işlemleri tamamlandıktan sonra, en önemli aşama olan değerlendirme safhasına geçilir. Yapılan DCT, DCT-Map, CLA, RGB, CFA ve ELA analizleri hep birlikte değerlendirildiğinde manipülasyonun varlığı ile ilgili değerlendirmeler yapılabilir. Ancak, önemli olan manipülasyon tespitinin görsel ve bölgesel olarak yapılabilmesidir. Uzman için zor olan, manipülasyonun varlığı değil yokluğuna karar vermektir. Manipülasyonun varlığında görsel ve net sonuçlar şüpheyi ortadan kaldırır ancak, analiz sonuçlarında manipülasyon tespit edilememiş ise, tespit edilemeyen bir manipülasyonun varlığı konusunda şüphe kalmaktadır. Bu bölümde gerçekleştirilen analiz sonuçlarına bakıldığında da, net olarak yalnızca 5 adet görüntüde manipülasyon tespit edilmiştir. 25 adet görüntü için manipülasyon tespiti yapılamamıştır. Dolayısıyla 25 adet görüntü için orijinal oldukları kanaatine varmak yanlış bir değerlendirme olacaktır.

Görüntünün içeriğine yönelik yapılan analizleri destekleyici olan bulgular ayrıca dosya yapısına yönelik analizlerden elde edilebilir. Manipülasyonun bölgesel olarak tespitinin yanı sıra bu işlemin hangi tarihte ve hangi yazılımda gerçekleştiği dosya yapısı analizlerinde tespit edilebilir. Manipülasyonun bölgesel olarak tespit

edilemediği durumlarda ise, dosya yapısı analizlerine ait sonuçlardan yola çıkılarak işlemin saati ve yazılım bilgisi hakkında bilgiler verilebilir. Bu sayede, en azından görüntünün orijinal olmadığı değerlendirilmesi yapılabilir.

4. TARTIŞMA

Görüntüler üzerinde gerçekleştirilen dosya yapısı ve içerik analizleri sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir. Yapılan bütün analizlerin sonuçları bu çizelgeye bakılarak değerlendirilir ve manipülasyonun varlığı hakkında bir karara varılır. Ancak, bu çalışmada 30 adet manipüle edilmiş görüntülerden yalnızca beş adet görüntü için manipülasyon tespiti yapılmıştır. Dolayısıyla 25 adet görüntü için manipülasyonun bölgesel olarak tespiti yapılamamış, yalnızca varlığı konusunda emarelere ulaşılmıştır.

Çizelge 4.1. Görüntüler üzerinde gerçekleştirilen analizler ve sonuçları.

	İsim	Veriseti	Çözünürlük	EXIF	DCT/DCT Map	RGB	CLA	CFA	ELA
1	001_O.png	CoMoFoD	512 x 512	Adobe	1	1	1	1	0
2	002_O.png	CoMoFoD	512 x 512	Adobe	1	0	1	1	0
3	010_O.png	CoMoFoD	512 x 512	-	1	1	1	0	0
4	003_O.png	CoMoFoD	512 x 512	-	1	1	1	1	0
5	104_O.png	CoMoFoD	512 x 512	-	1	0	1	1	2
6	Au_arc_10124.bmp	CoMoFoD	640 x 480	Adobe	1	1	1	0	0
7	Au_arc_30762.bmp	CoMoFoD	256 x 384	Adobe	1	1	1	0	0
8	Au_ani_30608.jpg	CoMoFoD	384 x 256	Adobe	1	1	1	0	0
9	Au_art_10018.jpg	CoMoFoD	640 x 480	Adobe	1	1	0	0	0
10	Au_art_00018.jpg	CoMoFoD	384 x 256	Adobe	1	1	0	0	0
11	Au_arc_30798.jpg	CoMoFoD	384 x 256	Adobe	1	0	1	0	0
12	Au_pla_30610.jpg	CoMoFoD	384 x 256	Adobe	1	1	1	0	0
13	Au_ind_20030.jpg	CASIA2	571 x 579	Adobe	1	1	1	1	0
14	Au_sec_10002.jpg	CASIA2	708 x 533	Adobe	0	1	1	1	0
15	Knight_moves.png	ORIG	1440 x 1440	Adobe	2	0	1	1	0
16	Au_arc_30736.jpg	CASIA2	384 x 256	Adobe	2	0	1	0	2
17	024_O.png	CoMoFoD	512 x 512	-	0	0	1	0	2
18	Au_art_30250.jpg	CASIA2	384 x 256	Adobe	1	1	1	1	2
19	im_2.bmp	General100	582 x 413	Adobe	1	0	1	1	0
20	im_45.bmp	General100	305 x 216	Adobe	1	1	1	1	0
21	im_38.bmp	General100	536 x 476	Adobe	1	1	0	1	0
22	im_87.bmp	General100	503 x 343	Adobe	1	0	0	1	0
23	im_24.bmp	General100	480 x 329	Adobe	1	1	1	0	2
24	im_75.bmp	General100	458 x 446	Adobe	1	1	1	1	0

25	im_100.bmp	General100	446 x 398	Adobe	1	1	1	1	0
26	DSC_0198_scale.jpg	MICC-F200	2048 x 1536	Adobe	1	1	0	0	0
27	2011_004070.jpg	PASCAL2	500 x 375	Adobe	1	1	1	0	0
28	COCO_val2014_000000575719	Salicon	640 x 480	Adobe	1	1	1	0	0
29	0001_rgb.tiff	Nirscene1	1024 x 682	-	1	0	1	0	0
30	COCO_test2014_000000136243.jpg	Salicon	640 x 480	Adobe	1	1	1	0	0

Çizelge 4.1 incelendiğinde, “Adobe” ibaresi EXIF analizinde “Adobe” yazılımında işlem yapıldığını, “0” değeri manipülasyon bölgesinin veya sıkıştırmanın tespit edilmediğini, “1” değeri JPEG sıkıştırması varlığını, “2” değeri ise manipülasyon bölgesinin net olarak tespit edildiğini göstermektedir.

Gerçekleştirilen analizlerde, manipülasyon işlemleri sonrasında uygulanan JPEG sıkıştırmasının DCT analizinde 28 adet görüntüde, CLA analizinde 25 adet görüntüde, CFA analizinde 14 adet görüntüde ve RGB analizinde 21 adet görüntüde tespit edildiği görülmektedir. Yapılan JPEG sıkıştırmasının görüntünün ışık, renk vb. özelliklerini etkilediğini ve tutarsızlıklar ortaya çıkardığı belirtilebilir. Ancak, adli görüntü incelemelerinde manipülasyon varlığının veya yokluğunun ortaya konulması için sıkıştırma analizleri yetersiz kalmaktadır. Bir görüntü üzerinde renk, ışık vb. özellikleri yönünden ayarlamalar yapılabilir ve sonrasında JPEG sıkıştırması uygulanabilir. Bu durum görüntü üzerinde aldatmaya yönelik suç teşkil eden manipülasyonun yapıldığını göstermez. Dolayısıyla adli makamlara manipülasyon varlığını sunulması için manipüle edilen bölgenin gösterilmesi, eklenen veya çıkarılan bölgenin açık bir şekilde ortaya konulması gereklidir. Bu çalışmada, manipülasyon bölgesini ve manipüle edilen nesneyi gösteren en belirgin bulgular, ELA analizlerinde tespit edilmiştir. ELA analizleri ise yalnızca 5 adet görüntüde belirgin bulgular ortaya koymuştur.

ELA analizlerine ait sonuçlar incelendiğinde, manipüle edilen bölge üzerinde gerçekleştirilen post-process işlemlerinin yoğun olması, tespiti kolaylaştırmıştır. Ancak, diğer 25 adet görüntüye ait ELA analiz sonuçlarında, manipüle edilen bölgeler görülemediği görülmüştür. Bunun sebebi ise, görüntüler üzerinde yapılan

manipülasyon işleminde ışık kaynağının açısı ve parlaklığı ve aynı zamanda gölge yönünün ayarlanması hususlarının görüntüye uygun şekilde gerçekleştirilmesidir. Tespit edilen beş görüntüde ise bu tür özelliklerin, görüntüye uygun olarak ayarlanmasında meydana gelen tutarsızlıklar, tespit yazılımı için geçerli bulgular olmuştur.

Yapılan tüm analizler birlikte ele alındığında, aşağıda belirtilen değerlendirmeler yapılabilir:

- EXIF analizleri, bu çalışmada manipülasyon işlemlerinde kullandığımız Adobe After Effects yazılımının tespit etmede başarılı olamamıştır. EXIF analizinde elde edilen “Adobe” ibaresinin, çalışmada kullanılan “Adobe After Effects” yazılımından dolayı mı yoksa görüntünün elde edildiği kaynak cihazda kullanılan Adobe yazılımından mı elde edildiği hususunda kesin bir beyan belirtmek mümkün olamamıştır.
- EXIF analizlerinde bazı görüntülerin Adobe After Effects yazılımında manipüle edilmesine rağmen “Adobe” ibaresinin elde edilemediği görülmüştür.
- Üç boyutlu ortamda modelleme sırasında nesnelere üzerinde gerçekleştirdiğimiz doku ve renk düzenlemeleri, gerçekleştirdiğimiz analizlerde tespit edilememiştir.
- Modellenen üç boyutlu nesnelere görüntü içerisine yerleştirilmesi aşamasında kenar hatları üzerinde gerçekleştirilen yumuşatma çalışmaları, görüntü bloklarının birbiri ile korelasyonunun olumsuz yönde etkilemesinin önüne geçmiş ve bloklar arasındaki sınımları ortadan kaldırmıştır.
- Görüntüye yerleştirilen nesne üzerinde gerçekleştirilen ışık ve gölgelendirme çalışmaları, ana görüntüdeki temaya göre yapılmış olması manipülasyon

izlerini ve tutarsızlıkları ortadan kaldırmış ve gerçekleştirilen analizlerde tespit edilememiştir.

- Manipülasyon sonrasında gerçekleştirilen işlemlerde (post-process) spesifik olarak üç boyutlu nesne üzerinde uygulanan çalışmaların sonrasında ana görüntü üzerinde de uygulanması manipüle izlerinin ortadan kaldırılması için faydalı olmuştur.
- Her ne kadar DCT, CLA ve RGB analizlerinde sıkıştırma işlemlerine yönelik bulgular elde edilmiş ise de, manipülasyon bölgesinin tespiti 28 adet görüntüde yapılamamıştır. Bu durum, nesnenin görüntüye yerleştirilmesi sırasında oluşan manipülasyon izlerinin JPEG sıkıştırması sayesinde kaldırıldığını göstermektedir.
- DCT Map ile tespit edilen iki adet görüntü üzerindeki manipülasyon işlemlerine bakıldığında, JPEG sıkıştırmasının sebep olduğu bozulmadan görüntü ve nesnelerin ayrı ayrı etkilendiğini söylemek mümkündür. Post-process aşamasında uygulanan JPEG sıkıştırmasının manipülasyon izlerini ortadan kaldırmak için yetersiz olduğu söylenebilir.
- ELA analizlerinde tespit edilen beş adet görüntü üzerindeki manipülasyon işlemlerine bakıldığında, nesnelere ait renk derinlikleri ile görüntüye ait renk derinliğinin birbirinden farklı olması tespiti kolaylaştırdığı söylenebilir.
- Kopyalama-taşıma veya başka bir görüntüden faydalanılarak gerçekleştirilen manipülasyon tekniklerinin tespitinde başarılı olan metotlar, üç boyutlu manipülasyon tekniklerinde başarılı olamamıştır. Bunun sebebi, iki boyutlu manipülasyonlarda metotların piksel bloklarını birbirleri ile karşılaştırarak aynı özniteliklere sahip olan blokları ayırmak suretiyle tespit etmeleridir. Ancak, üç boyutlu manipülasyonlarda modellenen üç boyutlu nesnelerin her birisi için öznitelikleri üzerinde istenildiği şekilde yeniden düzenleme yapılabilmektedir ve manipülasyonu gerçekleştiren kişi yapacağı yeniden düzenlemelerle bu benzerlikleri ortadan kaldırabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, bilimsel olarak orijinalliği kabul görmüş veri setlerinden elde edilen test materyalleri üzerinde üç boyutlu manipülasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, üç boyutlu manipülasyon tekniklerinin tespiti için kullanılan geleneksel metotların güvenilirliği test edilmiştir. Bu çalışma, 30 adet manipüle edilmiş görüntü içerisinde yalnızca 5 adet görüntüde manipülasyon olduğunu göstermiş, dolayısıyla geleneksel metotların güvenilir olmadığını ortaya koymuştur. Günümüzde dış ortamlar kullanılmadan stüdyoda çekilen bilim kurgu filmlerinin yaygınlaştığı düşünüldüğünde, manipülasyon tekniklerinin de hızlı bir şekilde gelişeceği açıkça görülmektedir. Yalnızca becerilerin değil, hayal gücünün de gerekli olduğu üç boyutlu manipülasyon tekniklerinin her türlü amaç için kullanılabileceği teknoloji çağında, mevcut olan tespit metotlarının da geliştirilmesi gerektiği kaçınılmaz bir gerçektir. Sonuç olarak, bu tür manipülasyonların adli olaylara konu olması kuvvetle muhtemeldir. Dolayısıyla, adli mekanizmalarda kullanılan görüntü delillerinin doğruluğunun eksiksiz bir şekilde tespit edilmesinin, bu alanda çalışmalar gerçekleştiren uzmanlar, suça konu olan şüpheli ve mağdurlar için hayati önem arz ettiği unutulmaması gereken bir ilkedir.

ÖZET

Sayısal Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak İki Boyutlu Görüntü Üzerinde Yapılan Üç Boyutlu Manipülasyonun Analizi

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte profesyonel video düzenleme programları artık başlangıç seviyesindeki bir kullanıcı tarafından da rahatlıkla kullanılabilen araçlar haline gelmişlerdir. Bu sebeple bilişim suçlarına fotomontaj olarak tabir edilen suçlar eklenmiş, hatta devletler arasında yapılan soğuk savaşlarda dahi bu tür manipülasyon eylemleri kendini göstermiştir. En yaygın olarak kullanılan teknik kopyala-yapıştır yöntemidir. Kopyala-yapıştır yöntemi basit ve kolay bir yöntemdir. İlk önce görüntü üzerinde bir bölge seçilir ve kopyalama fonksiyonu ile kopyalanır. Sonrasında, aynı veya farklı bir görüntü üzerinde başka bir bölgeye yapıştırılır. Ancak bu yöntemde şartlar görüntülerin sahip olduğu imkanlar kadar olacak dolayısıyla manipüle edilmek istenen görüntüye uygun başka bir görüntünün bulunma imkanı da düşük olacaktır. Böyle bir sınırlılıktan hareketle, profesyonel kullanıcılar üç boyutlu animasyon yöntemleri kullanarak üç boyutlu ortamlarda modellemiş oldukları nesnelere iki boyutlu görüntüye yerleştirip, uygun ışık ve gölgeleme teknikleri kullanmak suretiyle tespiti zor manipüle edilmiş görüntü elde edebilmektedirler. Günümüzde görüntü üzerinde yapılan manipülasyonların tespiti görüntü özelliklerinin (sinyal, renk, ışık, gölge, çözünürlük vb.) görüntü işleme teknikleri ile analizi sonucunda ortaya konulmaktadır. Bu tekniklerin başında histogram analizleri, Fourier dönüşümleri, bölütleme yöntemleri, DCT (Discrete Cosine Transform) analizleri, RGB (Red-Green-Blue) katmanlarının analizleri gibi yöntemler gelmektedir. Bu yöntemlerin her birinin başarısı ise görüntünün içerdiği görüntü özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Bu yöntemlerin çalışma şekilleri, görüntü üzerine sonradan eklenmiş olan parçaların ihtiva ettiği görüntü özellikleri ile görüntünün genelini ihtiva ettiği özelliklerin karşılaştırılması şeklinde olmaktadır. Görüntü üzerine sonradan eklenen parçaların renk, ışık vb. değerlerin

görüntünün genel değerlerinden farklı olması durumunda bu yöntemler farkları ortaya koyarak manipülasyonu tespit etmektedirler. İki boyutlu görüntü üzerine üç boyutlu ortamlarda modellenmiş nesnelere yerleştirilmesi suretiyle yapılan manipülasyonlarda, ışık, gölgeleme, doku vb. özelliklerin orijinal görüntüye uygun hale getirilebilir olması, bu yöntemlerin sağlıklı çalışmasını zorlaştırmakta ve başarı oranını düşürmektedir. Bu tez çalışmasının amacı bu şekilde hazırlanmış manipülasyonların tespitinin ne derece mümkün olduğu konusunda bir durum analizi yapılarak bu tür manipülasyonların incelenmesi esnasında dikkat edilecek hususların ortaya konmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü, Görüntü İşleme Teknikleri, Manipülasyon, Görüntü Analizi, Görüntü Özellikleri.

SUMMARY

The Analysis of Three Dimensional Manipulation on Two Dimensional Image using Digital Image Processing Techniques

With the growing technology, professional video editing software packets have become widespread tools are using easily by beginner users. Therefore, new crimes as known “photomontage” have existed and as a matter of fact many manipulation acts showed us their face in The Cold War. Most common manipulation technique is “copy-move”. Copy-move technique is very simple and easy. First, choose the region on image and take it by copy function. Then, paste it to another region on the same or different image. However, in this method, the conditions will be limited with image’s content; thus, finding suitable material to source image for manipulation will be hardly. Considering this fact, professional 3D designers placed the 3D materials that have modeled in 3D software on the 2D image thereby using suitable light and shadow techniques, and after all these steps they create new manipulated image which is very hard to detect manipulation traces on it. Nowadays, manipulation of images is detect thereby analysis extracted features (signal process, colour, light, shadow, resolution etc.) using digital image processing techniques. The most important methods of these techniques are histogram analysis, Fourier transforms, segmentation, DCT (Discrete Cosine Transform) analysis, RGB (Red-Green-Blue) layers analysis and so on. Each of these technique’s access is related with source image features. These techniques are comparison extracted features of manipulated parts which are placed on source image with hole image’ s extracted features. If values of extracted features of manipulated and placed parts different from hole image’ s features values, these analysis are refer to these differences and then detect manipulations traces on image. Tailoring light effects, shodows, texture etc. of 3D materials which are modeled with 3D software on manipulated 2D images, makes difficult the process of these techniques and reduce to achieve of processes.

Purposes of this thesis are reveal important steps of these techniques, the success rate of detection of manipulation and stimulate to experts about important matters during analysis steps.

Keywords: Image, Image Processing Techniques, Manipulation, Image Analysis, Image Features.

KAYNAKLAR

- AHİ G (2009). Adli Bilişim Nedir? *Güncel Hukuk Dergisi*. İnternet: [http://www.bilisimhukuk.com/2009/07/adli-bilisim-nedir/]. Erişim tarihi: 09.05.2017.
- AL-QERSHİ OM, KHOO BE (2013). Passive detection of copy-move forgery in digital images: State-of-the-art. *Elsevier Forensic Science International*, **231**: 284-295.
- AMERINI I, BALLAN L, CALDELLI R, DEL BIMBO A, DEL TONGO L, SERRA G (2013). Copy-move forgery detection and localization by means of robust clustering with j-linkage. *Signal Process, Image Communication*, **28**: 659-669.
- ARDIZZONE E, BRUNO A, MAZZOLA G (2015). Copy-Move Forgery Detection by Matching Triangles of Keypoints. *IEEE Transactions On Information Forensics and Security*, **10**: 2084-2094.
- ARDIZZONE E, MAZZOLA G, INFORMATICA I, UNIVERSITÀ D (2009). Detection of Duplicated Regions in Tampered Digital Images by Bit-Plane Analysis. *15th International Conference Vietri Sul Mare ,Italy*, 893–901.
- BADGLEY PM (2013). Compressin level analysis: examing video recompression levels for forensic examination. *Yüksek Lisans Tezi, University of Colorado Denver*.
- BAI C, LI J, LIN Z (2016). Automatic design of color filter arrays in the frequency domain. *IEEE Transactions on Image Processing*. **25**: 1793-1807.
- BARİK MS, GUPTA G, SINHA S, MISHRA A (2007). An efficient technique for enhancing forensic capabilities of Ext2 file system. *Elsevier Science Direct Digital Investigation*, **4**: 55-61.
- BIRAJDAR GK, MANKAR VH (2013). Digital image forgery detection using passive techniques: A survey. *Elsevier Digital Investigation*, **10**: 226-245.
- COCHRAN WT, COOLEY JW, FAVIN DL, HELMS HD, KAENEL RA, LANG WW, MALING GC, NELSON DE, RADER CM, WELCH PD (1967). What is the fst fourier transform. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics*, **AU-15**: 45-55.
- ÇAKIR H, KILIÇ MS (2014). Adli Bilişim ve Elektronik Deliller. Bölüm:3, s:139. *Seçkin Yayıncılık, Ankara*, 2014.

- FARID H. Digital Image Forensics. Erişim Adresi: [\[http://www.cs.dartmouth.edu/farid/downloads/tutorials/digitalimageforensics.pdf\]](http://www.cs.dartmouth.edu/farid/downloads/tutorials/digitalimageforensics.pdf). Erişim Tarihi: 03.04.2017.
- GAN Y, ZHONG J (2014). Image copy-move tamper blind detection algorithm based on integrated feature vectors. *J.Chem. Pharm.*, **6**: 1584-1590.
- HASHMI MF, ANAND V, KESKAR AG (2014). A copy-move image forgery detection based on speed up robust feature transform and wavelet transforms. *5th International Conference on Computer and Communication Technology*.
- HASSAN A, SHARMA VK (2016). Passive forgery detection and analysis: A survey. *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research*, **03**: 124-129.
- HENKOĞLU T (2014). Adli Bilişim: Dijital Delillerin Elde Edilmesi ve Analizi. 2. Baskı, Bölüm:1, s:1. *Pusula Yayıncılık, İstanbul*, 2014.
- HUANG HC, CHEN YH VE CHEN SC (2008). Copyright Protection for Images with EXIF Metadata. *International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*.
- HUANG H, GUO W, ZHANG Y (2008). Detection of copy-move forgery in digital images using SIFT algorithm. *IEEE Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application*.
- JABERI M, BEBIS G, HUSSAIN G, MUHAMMED G (2013). Improving the detection and localization of duplicated regions in copy-move image forgery. *18th International Conference on Digital Signal Processing (DSP), IEEE*, 1-6.
- LANJEWAR SB, KHAIRE PA, MESHARAM R (2014). An approach towards image forgery detection. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, **5**: 205-208.
- LE Z, XU W (2013). A robust image copy move forgery detection based on mixed moments. *IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science, ICSESS*, 381-384, Erişim adresi: [\[http://dx.doi.org/10.1109/ICSESS.2013.6615329\]](http://dx.doi.org/10.1109/ICSESS.2013.6615329), Erişim Tarihi: 19.04.2017.
- LING C, UR-REHMAN O (2015). Watermarking for image authentication. *Robust Image Authentication in the Presence of Noise*, **02**: 43-52.
- LIU Q, COOPER PA, CHEN L, CHO H, CHEN Z, QIAO M, SU Y, WEI M, SUNG AH (2013). Detection of JPEG double compression and identification of smartphone image source and post-capture manipulation. *Springer Science+Business Media New York, Appl Intell*, **39**: 705-726.
- LUKAS J, FRIDRICH J (2003). Estimation of primary quantization matrix in double compressed JPEG images. In: *Proceedings digital forensic research workshop*, pp 5-8.

- MAHDIAN B, SAIC S (2009). Using noise inconsistencies for blind image forensic. *Elsevier Image and Vision Computing*, **27**: 1497-1503.
- MANKAR SK, GURJAR AA (2015). Image forgery types and their detection: A review. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, **05**: 174-178.
- MARRION CG (2016). Digital image manipulation detection on facebook images. *Yüksek Lisans Tezi, University of Alabama at Birmingham, USA*.
- MONTABONE S (2010). Beginning Digital Image Processing: Using Free Tools for Photographers. *New York: Apress*.
- MUSHTAQ S, MIR AH (2014). Digital image forgeries and Passive Image Authentication Techniques: A survey. *International Journal of Advanced Science and Technology*, **73**: 15-32.
- PEVNY T, FRIDRICH J (2008). Estimation of primary quantization matrix for steganalysis of double compressed jpeg images. *In: Proceedings SPIE electronic imaging, security, forensics, steganography and watermarking of multimedia contents X*, 6819:11.
- RAJKUMAR R, SINGH M (2015). Digital Image forgery detection using SIFT feature. *International Symposium on Advanced Computing and Communication (ISACC)*.
- SHAO H, ZHU Y, LV Y, CHEN H (2013). Image region duplication detection based on circular window expansion and phase correlation. *Elsevier Forensic Science International*, **222**: 71-82.
- SHARMA V, JHA S, BHARTI RK (2016). Image forgery and it's detection technique: A review. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, **03**: 756-762.
- TSAI SE, YANG SM (2017). A fast DCT algorithm for watermarking in digital signal processor. *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering*, **Vol.2017**. Erişim Adresi: [https://doi.org/10.1155/2017/7401845]. Erişim Tarihi: 12/4/2017.
- UJJAINIYA U, CHUGH S (2016). Digital image forgery detection based on texture feature and clustering technique. *International Journal of Computer Applications*, **147**: 21-24.
- VAZQUEZ-PADIN D, COMESANA P, PEREZ-GONZALEZ F (2015). An SVD approach to forensic image resampling detection. *23rd European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, 2112-2116.
- WARIF NBA, WAHAB AWA, IDRIS MYI, RAMLI R, SALLEH R, SHAMSHIRBAND S, CHOO KKR (2016). Copy-move forgery detection:

Survey, challenges and future directions. *Elsevier Journal of Network and Computer Applications*, **75**:259-278.

YADAV P, RATHORE Y (2012). Detection of copy-move forgery of images using discrete wavelet transform. *International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE)*, **4**: 565-570.

ZHANG R, WANG RD (2015). In-camera JPEG compression detection for doubly compressed images. *Springer Science+Business Media New York, Multimed Tools Appl*, **74**: 5557-5575.

EKLER

(Bu bölümde sunulan analiz sonuçlarının sıralaması 54. sayfada sunulan materyallerin sıralaması dikkate alınarak düzenlenmiştir.)

Ek-1: 3.2.1. EXIF Analizi Sonuçları

```
FIAS Report 1
-----Evidence-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 9:16:13
Evidence file: m1_00000.jpg
SHA1: e197ea23cb3f0f6e0094f2053a5e432a1fbddf75
Working copy: m1_00000.jpg
SHA1: e197ea23cb3f0f6e0094f2053a5e432a1fbddf75
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 9:16:13
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 10AF9 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 9:17:34
Filename: m1_00000.jpg
FileModDate: 16-May-2016 15:41:26
FileSize: 68368
Format: jpg
FormatVersion:
Width: 512
Height: 512
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential
```

```
FIAS Report 2
-----Evidence-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 9:19:5
Evidence file: m2_00000.jpg
SHA1: cf8930920827c5ece80933ca6caee3f18d995ee9
Working copy: m2_00000.jpg
SHA1: cf8930920827c5ece80933ca6caee3f18d995ee9
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 9:19:5
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: FCBF -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 9:20:23
Filename: m2_00000.jpg
FileModDate: 16-May-2016 16:29:43
FileSize: 64726
Format: jpg
FormatVersion:
Width: 512
Height: 512
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential
```

FIAS Report 3

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:7:18
Evidence file: 010-M1_00000.jpg
SHA1: bd6e8fab9b41f162000be1daf9d9f1c9a225376e
working copy: 010-M1_00000.jpg
SHA1: bd6e8fab9b41f162000be1daf9d9f1c9a225376e
Evidence and working copy have same SHA1.

-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:7:18
Filename: 010-M1_00000.jpg
FileModDate: 02-Haz-2016 15:22:57
FileSize: 35305
Format: jpg
FormatVersion:
width: 512
Height: 512
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 4

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:7:17
Evidence file: 003_o_00000.jpg
SHA1: 78e4dafdb4a28a978c75ef587d774ce32bc13805
working copy: 003_o_00000.jpg
SHA1: 78e4dafdb4a28a978c75ef587d774ce32bc13805
Evidence and working copy have same SHA1.

-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:7:17
Filename: 003_o_00000.jpg
FileModDate: 10-Haz-2016 14:15:44
FileSize: 39700
Format: jpg
FormatVersion:
width: 512
Height: 512
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 5

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:7:22
Evidence file: 104_o_00000_00000.jpg
SHA1: 24ec477914550ef56e88ed0042851c77838ced8f
working copy: 104_o_00000_00000.jpg
SHA1: 24ec477914550ef56e88ed0042851c77838ced8f
Evidence and working copy have same SHA1.

-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:7:22
Filename: 104_o_00000_00000.jpg
FileModDate: 10-Haz-2016 15:30:18
FileSize: 96595
Format: jpg
FormatVersion:
width: 512
Height: 512
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report

6

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:25:13
Evidence file: Au_arc_10124_1_00000.jpg
SHA1: e052242861b4b2e7c5efbd8b0e58cfafc79461ae
Working copy: Au_arc_10124_1_00000.jpg
SHA1: e052242861b4b2e7c5efbd8b0e58cfafc79461ae
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:25:13
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 1FE -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 71B3 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:25:51
Filename: Au_arc_10124_1_00000.jpg
FileModDate: 17-Haz-2016 16:15:57
FileSize: 29130
Format: jpg
FormatVersion:
width: 640
Height: 480
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report

7

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:32:16
Evidence file: Au_arc_30762_00000.jpg
SHA1: 390325cd66fd02d0130ad5a8b3ca86a2f314b8b8
Working copy: Au_arc_30762_00000.jpg
SHA1: 390325cd66fd02d0130ad5a8b3ca86a2f314b8b8
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:32:16
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 1FE -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 6127 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:32:52
Filename: Au_arc_30762_00000.jpg
FileModDate: 17-Haz-2016 16:33:05
FileSize: 24894
Format: jpg
FormatVersion:
width: 256
Height: 384
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 8

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:23:50
Evidence file: Au_ani_30608_00000.jpg
SHA1: 523bc4c4cbea4a936448cf9fe5888eeae1e2e17ac
Working copy: Au_ani_30608_00000.jpg
SHA1: 523bc4c4cbea4a936448cf9fe5888eeae1e2e17ac
Evidence and working copy have same SHA1.

-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:23:50
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 1FE -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 6221 -> FFD9 = JPEG End

-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:24:21
Filename: Au_ani_30608_00000.jpg
FileModDate: 22-Haz-2016 13:12:16
FileSize: 25144
Format: jpg
FormatVersion:
Width: 384
Height: 256
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 9

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:40:52
Evidence file: Au_art_10018_00000_00000.jpg
SHA1: e6c7134ffccff1de0fbd289f3855941457f8861e
Working copy: Au_art_10018_00000_00000.jpg
SHA1: e6c7134ffccff1de0fbd289f3855941457f8861e
Evidence and working copy have same SHA1.

-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:40:52
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 1FE -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 4816 -> FFD9 = JPEG End

-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:41:19
Filename: Au_art_10018_00000_00000.jpg
FileModDate: 22-Haz-2016 14:01:00
FileSize: 18477
Format: jpg
FormatVersion:
Width: 640
Height: 480
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report

10

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:37:57
Evidence file: Au_art_00018_00000.jpg
SHA1: cbd4c14d929906cfff60d2b773170924f19f9c194
Working copy: Au_art_00018_00000.jpg
SHA1: cbd4c14d929906cfff60d2b773170924f19f9c194
Evidence and Working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:37:57
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 1FE -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 38AC -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:38:18
Filename: Au_art_00018_00000.jpg
FileModDate: 24-Haz-2016 15:00:18
FileSize: 14531
Format: jpg
FormatVersion:
Width: 384
Height: 256
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report

11

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:35:11
Evidence file: Au_arc_30798_00000.jpg
SHA1: 07fe6316f3ecfe8b3e302ad0c3a0aa363ed25de2
Working copy: Au_arc_30798_00000.jpg
SHA1: 07fe6316f3ecfe8b3e302ad0c3a0aa363ed25de2
Evidence and Working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:35:11
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 1FE -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 4B13 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:35:35
Filename: Au_arc_30798_00000.jpg
FileModDate: 28-Haz-2016 13:25:13
FileSize: 19242
Format: jpg
FormatVersion:
Width: 384
Height: 256
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report

12

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:46:53
Evidence file: Au_pla_30610_00000.jpg
SHA1: 980d5cdcdbc31a4338ffba58920c8867bfd34bf
Working copy: Au_pla_30610_00000.jpg
SHA1: 980d5cdcdbc31a4338ffba58920c8867bfd34bf
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:46:53
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 1FE -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 3E29 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:47:16
Filename: Au_pla_30610_00000.jpg
FileModDate: 28-Haz-2016 14:47:12
FileSize: 15936
Format: jpg
FormatVersion:
Width: 384
Height: 256
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report

13

-----Evidence-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:35:57
Evidence file: Tp_S_NRN_S_N_ind20030_ind20030_01771_00000.jpg
SHA1: 84d5ac78e38075c48660c03d2751ff4cd252be44
Working copy: Tp_S_NRN_S_N_ind20030_ind20030_01771_00000.jpg
SHA1: 84d5ac78e38075c48660c03d2751ff4cd252be44
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:35:57
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: F003 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:37:21
Filename: Tp_S_NRN_S_N_ind20030_ind20030_01771_00000.jpg
FileModDate: 07-Eki-2016 00:25:00
FileSize: 61466
Format: jpg
FormatVersion:
Width: 571
Height: 579
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 14
-----Evidence-----

Date & Time: 06-Feb-2017, 17:0:32
Evidence file: Au_sec_10002_1_00000.jpg
SHA1: 22af9cc01e54197da13d74193da711ba7e275220
working copy: Au_sec_10002_1_00000.jpg
SHA1: 22af9cc01e54197da13d74193da711ba7e275220
Evidence and working copy have same SHA1.

-----Structure Analysis-----

Date & Time: 06-Feb-2017, 17:0:32
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 26813 -> FFD9 = JPEG End

-----EXIF Analysis-----

Date & Time: 06-Feb-2017, 17:3:47
Filename: Au_sec_10002_1_00000.jpg
FileModDate: 08-Eki-2016 05:32:09
FileSize: 157738
Format: jpg
FormatVersion:
width: 708
Height: 533
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 15
-----Evidence-----

Date & Time: 07-Feb-2017, 8:51:25
Evidence file: knight_moves_00000.jpg
SHA1: e4d50dfb93ffe52b9207bfb464b25771fc381277
working copy: knight_moves_00000.jpg
SHA1: e4d50dfb93ffe52b9207bfb464b25771fc381277
Evidence and working copy have same SHA1.

-----Structure Analysis-----

Date & Time: 07-Feb-2017, 8:51:25
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: BD6A0 -> FFD9 = JPEG End

-----EXIF Analysis-----

Date & Time: 07-Feb-2017, 9:7:12
Filename: knight_moves_00000.jpg
FileModDate: 08-Eki-2016 07:42:10
FileSize: 775863
Format: jpg
FormatVersion:
width: 1440
Height: 1440
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 16

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:28:32
Evidence file: Au_arc_30736_00000.jpg
SHA1: 4aa7a891b103f589af421b94897990f5ab4ce3d0
Working copy: Au_arc_30736_00000.jpg
SHA1: 4aa7a891b103f589af421b94897990f5ab4ce3d0
Evidence and Working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:28:32
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: EAB4 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:29:53
Filename: Au_arc_30736_00000.jpg
FileModDate: 13-Eki-2016 00:25:57
FileSize: 60107
Format: jpg
FormatVersion:
width: 384
Height: 256
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 17

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:7:20
Evidence file: 024_o_00000.jpg
SHA1: 65dc7775a87467e5ffffba062e4451deefb828811
Working copy: 024_o_00000.jpg
SHA1: 65dc7775a87467e5ffffba062e4451deefb828811
Evidence and Working copy have same SHA1.
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:7:20
Filename: 024_o_00000.jpg
FileModDate: 18-Eki-2016 01:43:54
FileSize: 332513
Format: jpg
FormatVersion:
width: 512
Height: 512
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:44:9
Evidence file: Au_art_30250_00000.jpg
SHA1: 89c64d2f4e1e2013e1b02c302f6849a89b5c53c8
working copy: Au_art_30250_00000.jpg
SHA1: 89c64d2f4e1e2013e1b02c302f6849a89b5c53c8
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:44:9
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 5BFF -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:44:38
Filename: Au_art_30250_00000.jpg
FileModDate: 27-Ara-2016 11:57:35
FileSize: 23574
Format: jpg
FormatVersion:
width: 384
Height: 256
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

-----Evidence-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:42:20
Evidence file: im_2_1_00000.jpg
SHA1: e47e44f93e49aba09b7e425bd0f92c4dc5ca3bd3
working copy: im_2_1_00000.jpg
SHA1: e47e44f93e49aba09b7e425bd0f92c4dc5ca3bd3
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:42:20
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 6AC5 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:42:59
Filename: im_2_1_00000.jpg
FileModDate: 27-Ara-2016 15:01:20
FileSize: 27356
Format: jpg
FormatVersion:
width: 582
Height: 413
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

-----Evidence-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:46:17
Evidence file: im_45_00000.jpg
SHA1: 7b37174dce6b60120891fd92b361a042c8252e1d
Working copy: im_45_00000.jpg
SHA1: 7b37174dce6b60120891fd92b361a042c8252e1d
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:46:17
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 2979 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:46:31
Filename: im_45_00000.jpg
FileModDate: 27-Ara-2016 18:07:02
FileSize: 10640
Format: jpg
FormatVersion:
width: 305
Height: 216
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

-----Evidence-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:44:23
Evidence file: im_38_00000.jpg
SHA1: 3c2b6db0ceaa0ec6b87c39f9c67fb03057a33603
Working copy: im_38_00000.jpg
SHA1: 3c2b6db0ceaa0ec6b87c39f9c67fb03057a33603
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:44:23
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 5EBA -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:44:53
Filename: im_38_00000.jpg
FileModDate: 27-Ara-2016 18:39:54
FileSize: 24273
Format: jpg
FormatVersion:
width: 536
Height: 476
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

-----Evidence-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:49:15
Evidence file: im_87_1_00000.jpg
SHA1: c695033082a7ad96134efb3ca5c120ddc1103e4f
working copy: im_87_1_00000.jpg
SHA1: c695033082a7ad96134efb3ca5c120ddc1103e4f
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:49:15
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: B812 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:50:12
Filename: im_87_1_00000.jpg
FileModDate: 29-Ara-2016 02:25:26
FileSize: 47145
Format: jpg
FormatVersion:
width: 503
Height: 343
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

-----Evidence-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:40:52
Evidence file: im_24_00000.jpg
SHA1: b4921908828aeda06b3cf3c5afb3befdf688cf57
working copy: im_24_00000.jpg
SHA1: b4921908828aeda06b3cf3c5afb3befdf688cf57
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:40:52
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 4B39 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:41:16
Filename: im_24_00000.jpg
FileModDate: 29-Ara-2016 03:14:35
FileSize: 19280
Format: jpg
FormatVersion:
width: 480
Height: 329
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 24
-----Evidence-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:47:14
Evidence file: im_75_00000.jpg
SHA1: 7816b6dfef3eb55a1c0b40cf7ee24bc81e5f03be
Working copy: im_75_00000.jpg
SHA1: 7816b6dfef3eb55a1c0b40cf7ee24bc81e5f03be
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:47:14
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 9732 -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:48:1
Filename: im_75_00000.jpg
FileModDate: 29-Ara-2016 11:52:17
FileSize: 38729
Format: jpg
FormatVersion:
Width: 458
Height: 446
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 25
-----Evidence-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:39:7
Evidence file: im_100_00000.jpg
SHA1: f09066c9b4c9974660a8fb9a9777685aed2bb10e
Working copy: im_100_00000.jpg
SHA1: f09066c9b4c9974660a8fb9a9777685aed2bb10e
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:39:7
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 676F -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 07-Feb-2017, 8:39:44
Filename: im_100_00000.jpg
FileModDate: 02-Oca-2017 17:29:01
FileSize: 26502
Format: jpg
FormatVersion:
Width: 446
Height: 398
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report

26

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 18:13:40
Evidence file: DSC_0198_scale_00000.jpg
SHA1: 8f1bef81db4d0d0fabf46abd635bb2b32da113e2
working copy: DSC_0198_scale_00000.jpg
SHA1: 8f1bef81db4d0d0fabf46abd635bb2b32da113e2
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 18:13:40
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 4D2AB -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 18:19:51
Filename: DSC_0198_scale_00000.jpg
FileModDate: 03-Oca-2017 02:09:58
FileSize: 316098
Format: jpg
FormatVersion:
width: 2048
Height: 1536
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report

27

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:20:35
Evidence file: 2011_004070_00000.jpg
SHA1: 527074f9e0204af33f14ad8d7c4a227c0622db59
working copy: 2011_004070_00000.jpg
SHA1: 527074f9e0204af33f14ad8d7c4a227c0622db59
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:20:35
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 5F7B -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:21:12
Filename: 2011_004070_00000.jpg
FileModDate: 10-Oca-2017 15:08:27
FileSize: 24466
Format: jpg
FormatVersion:
width: 500
Height: 375
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 28

-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 17:18:20
Evidence file: COCO_val2014_000000575719_00000.jpg
SHA1: 5f8ce76b8c69a6985f2d0129c0dca496ea26c1ff
working copy: COCO_val2014_000000575719_00000.jpg
SHA1: 5f8ce76b8c69a6985f2d0129c0dca496ea26c1ff
Evidence and working copy have same SHA1.

-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 17:18:20
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: 9EE2 -> FFD9 = JPEG End

-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 17:19:18
Filename: COCO_val2014_000000575719_00000.jpg
FileModDate: 12-Oca-2017 11:19:59
FileSize: 40697
Format: jpg
FormatVersion:
width: 640
Height: 480
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

FIAS Report 29

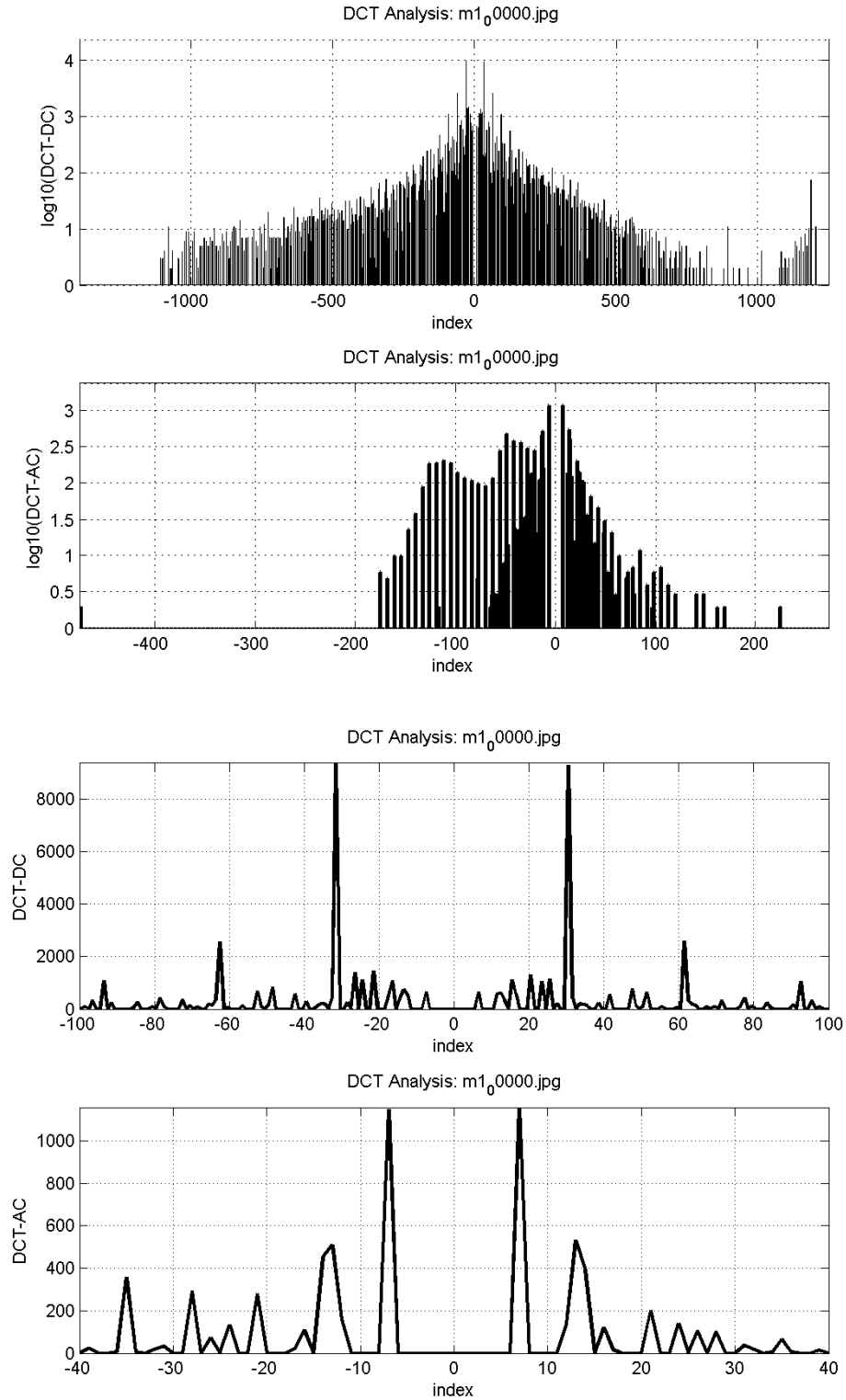
-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:7:14
Evidence file: 0001_rgb_00000.jpg
SHA1: e4efe2b5ef673a848b72973787686ac391b949e7
working copy: 0001_rgb_00000.jpg
SHA1: e4efe2b5ef673a848b72973787686ac391b949e7
Evidence and working copy have same SHA1.

-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 16:7:15
Filename: 0001_rgb_00000.jpg
FileModDate: 17-Oca-2017 12:07:12
FileSize: 90145
Format: jpg
FormatVersion:
width: 1024
Height: 682
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential

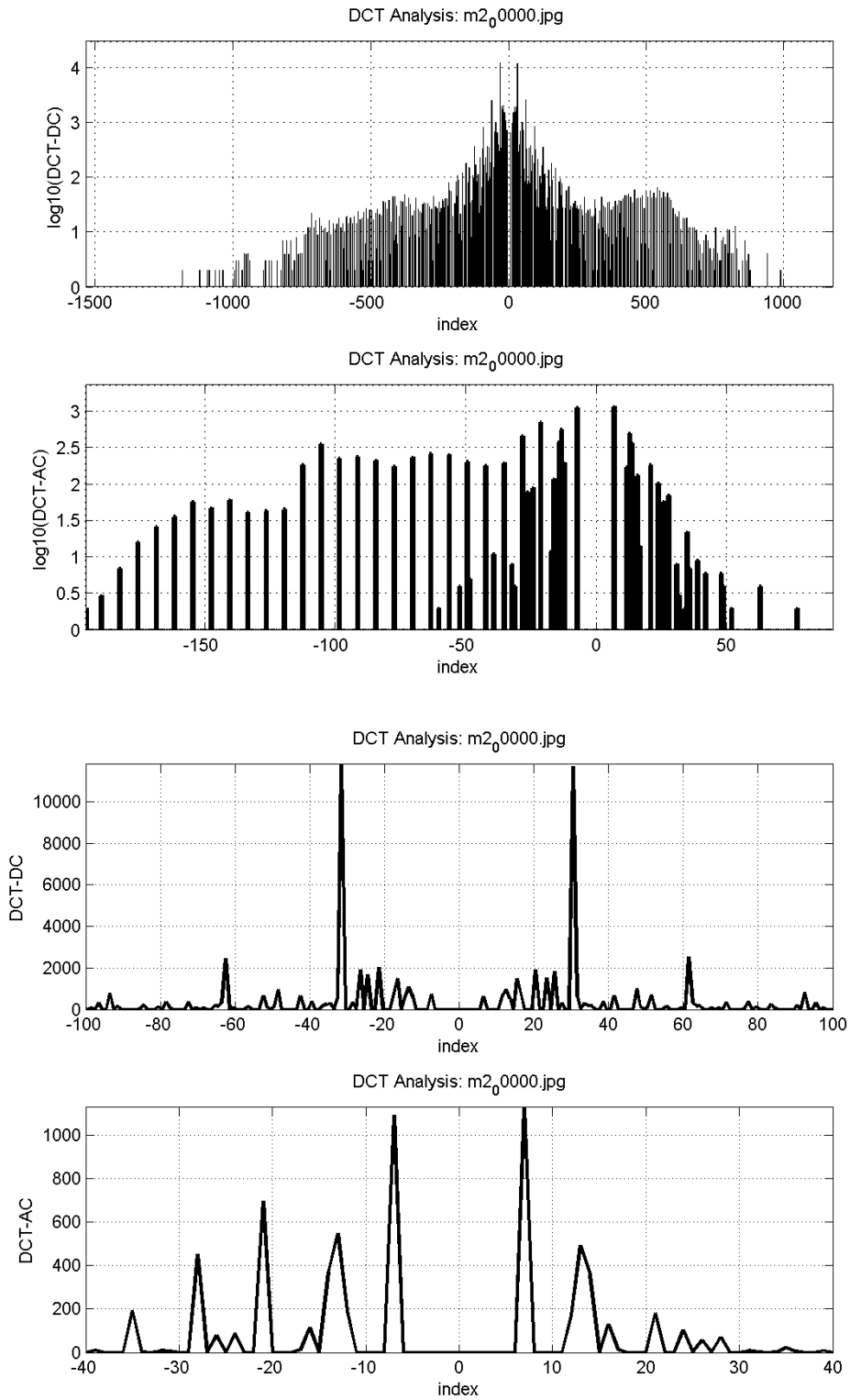
```
-----Evidence-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 17:10:51
Evidence file: COCO_test2014_000000136243_00000.jpg
SHA1: cfff759da7e09ba5765b98e64958c1bab7a3b73f
Working copy: COCO_test2014_000000136243_00000.jpg
SHA1: cfff759da7e09ba5765b98e64958c1bab7a3b73f
Evidence and working copy have same SHA1.
-----Structure Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 17:10:51
Offset: 0 -> FFD8 = JPEG Start
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 18 -> Adobe
Offset: 24 -> FFDB = Quantization Table
Offset: AA -> FFC0 = Baseline DCT
Offset: BD -> FFC4 = Huffman Table
Offset: 261 -> FFDA = Start of Scan (SOS)
Offset: F83A -> FFD9 = JPEG End
-----EXIF Analysis-----
Date & Time: 06-Feb-2017, 17:12:9
Filename: COCO_test2014_000000136243_00000.jpg
FileModDate: 17-Oca-2017 21:53:45
FileSize: 63569
Format: jpg
FormatVersion:
width: 640
Height: 480
BitDepth: 24
ColorType: truecolor
FormatSignature:
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: Huffman
CodingProcess: Sequential
```

Ek-2: 3.2.3. DCT Analiz Sonuçları

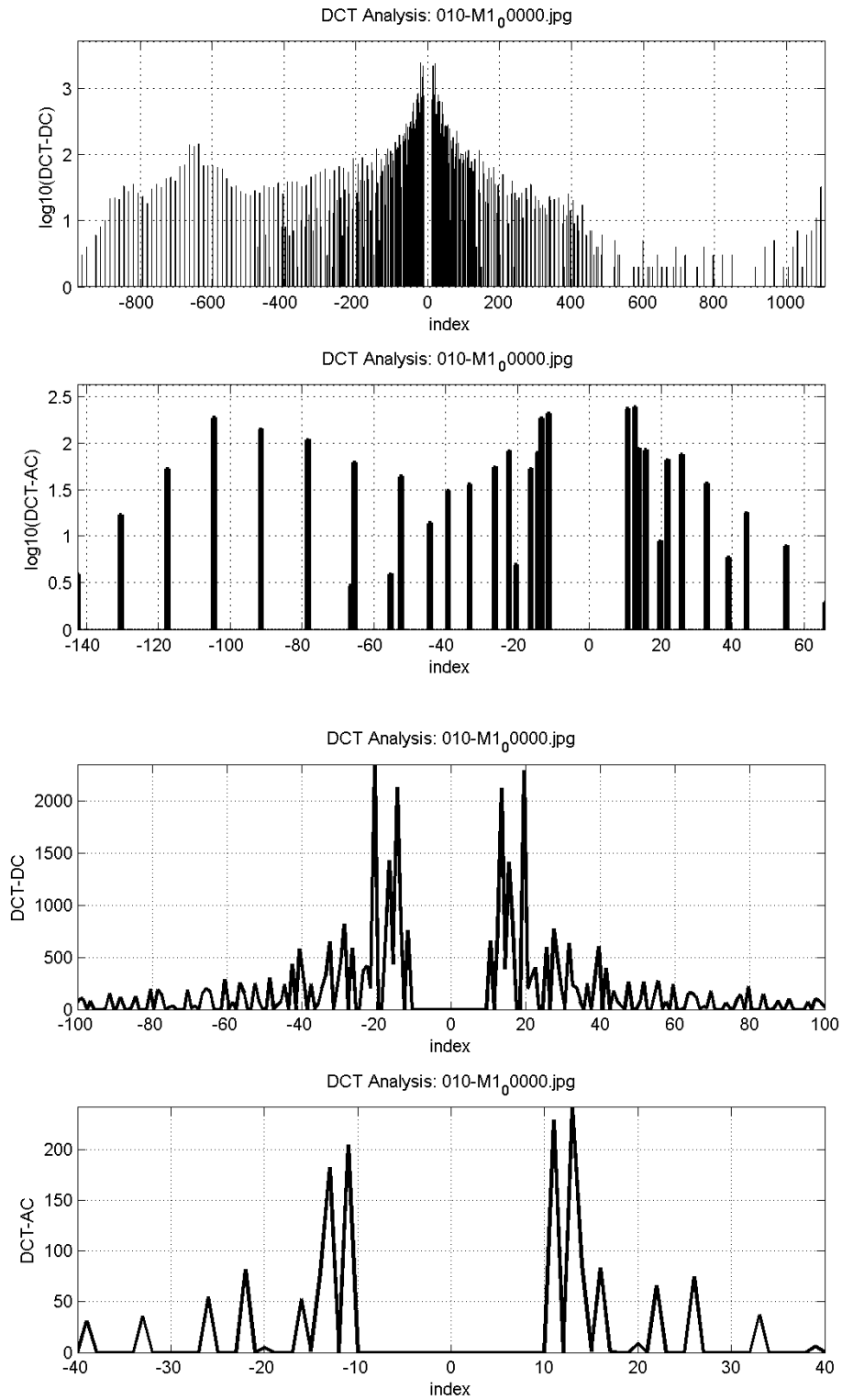
1)



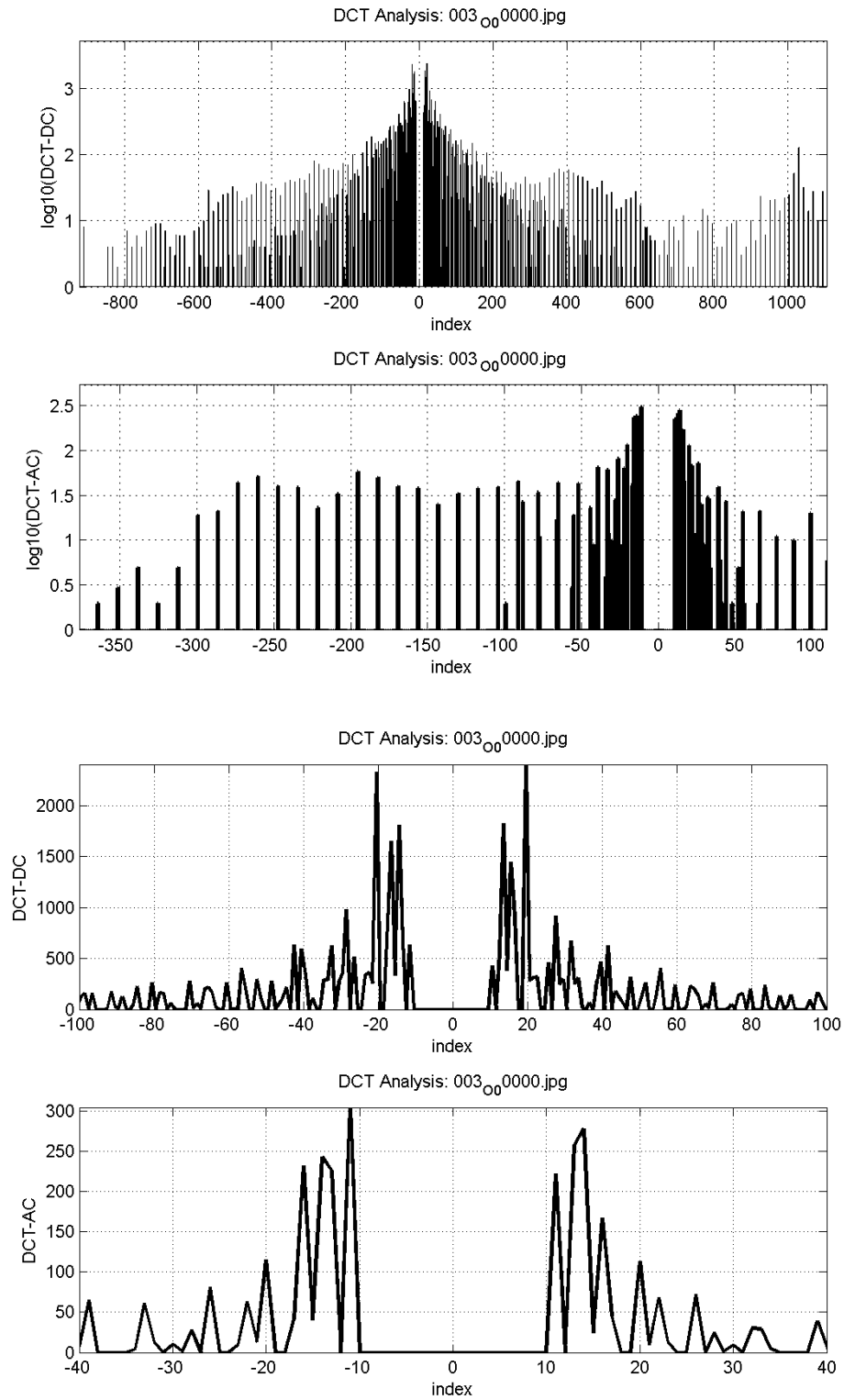
2)



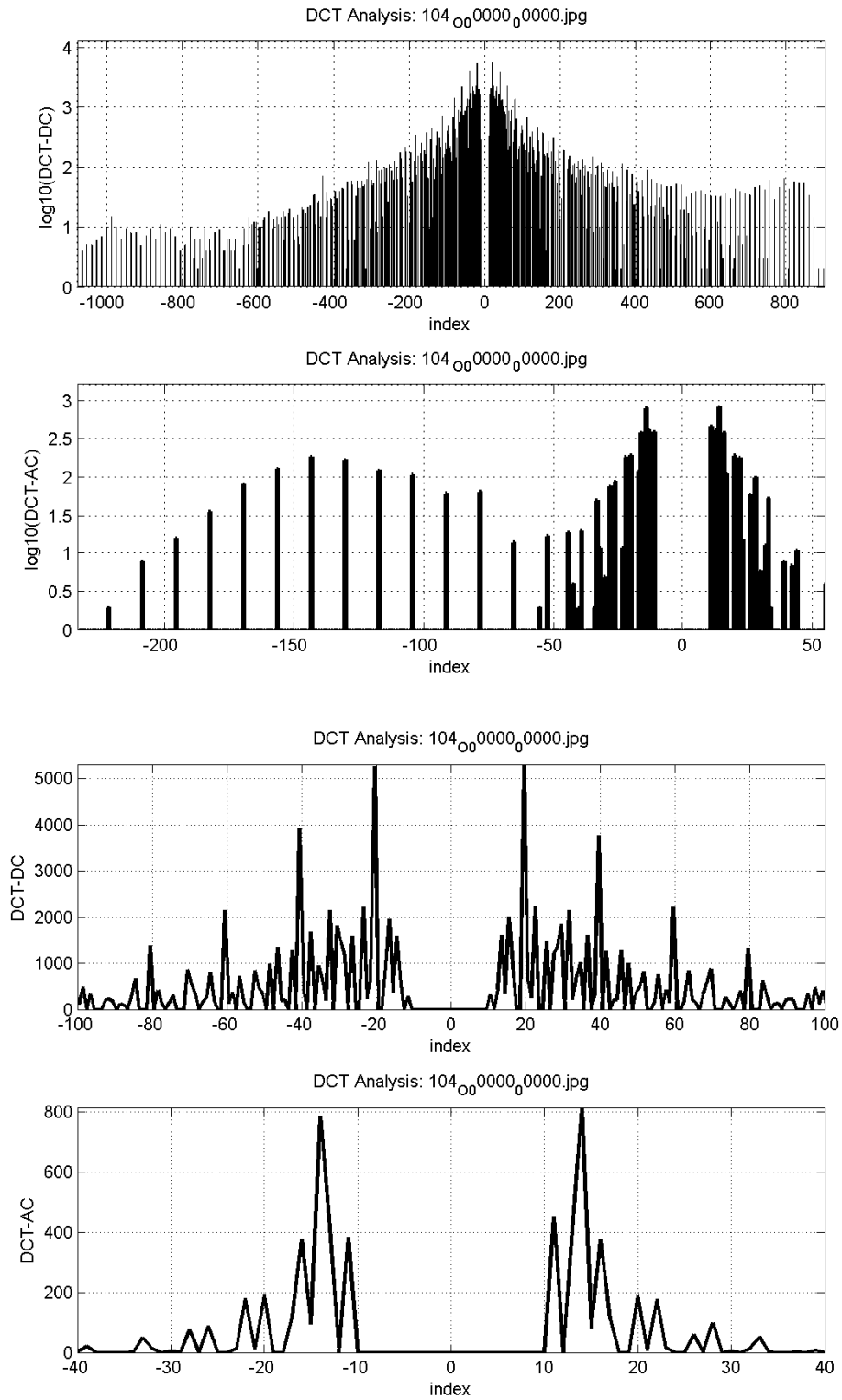
3)



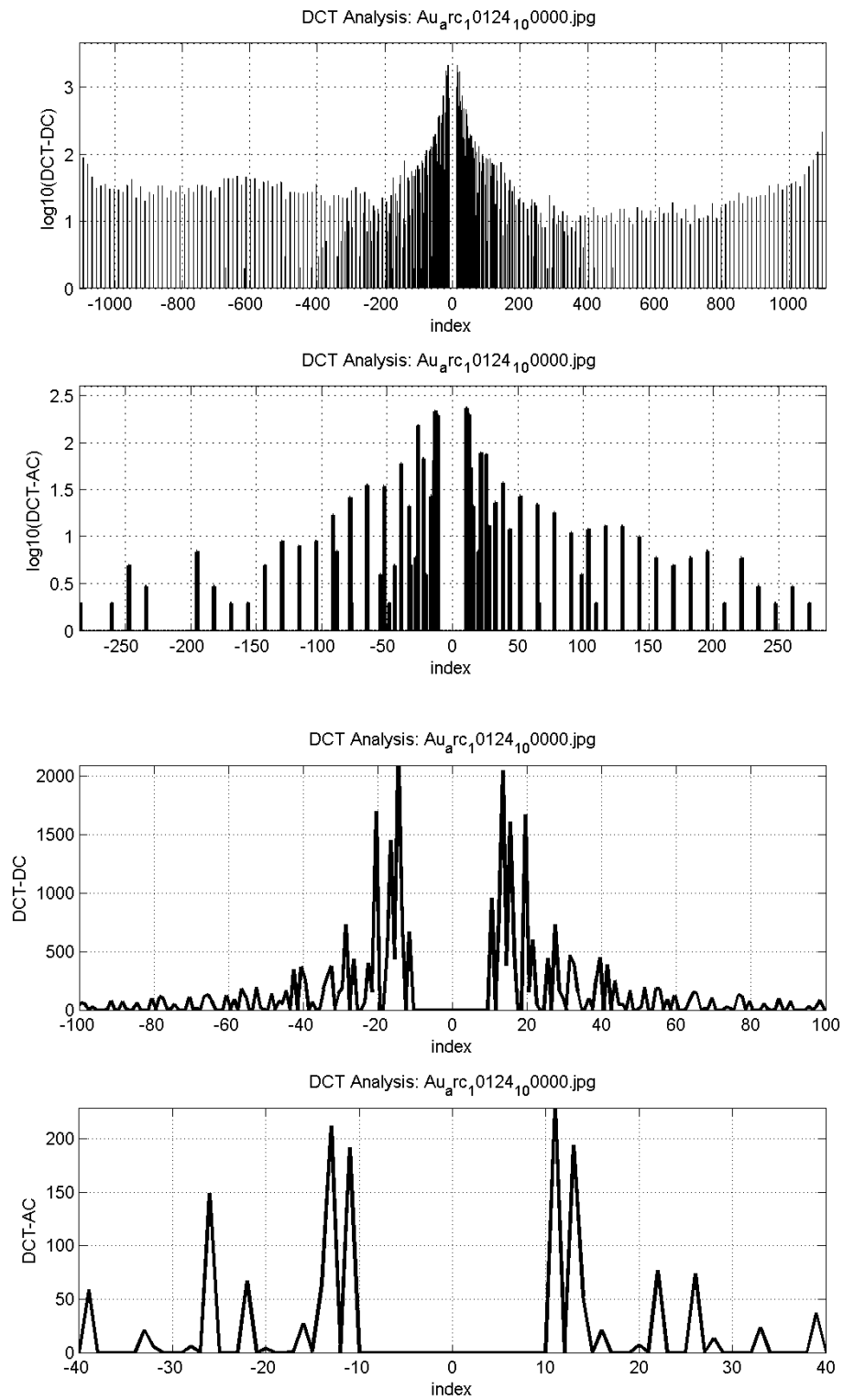
4)



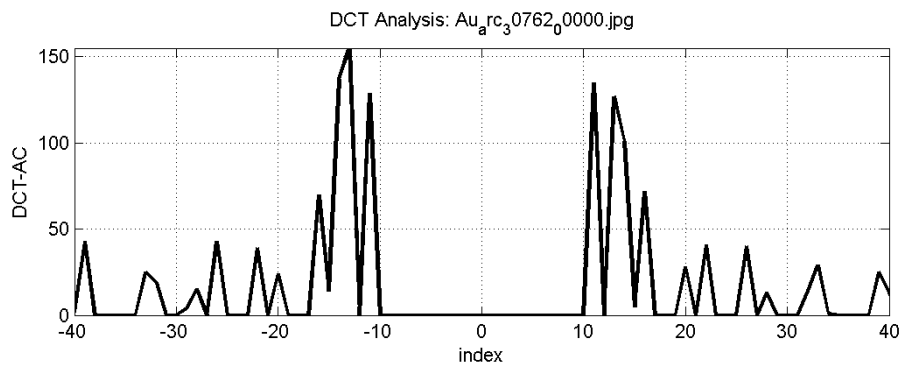
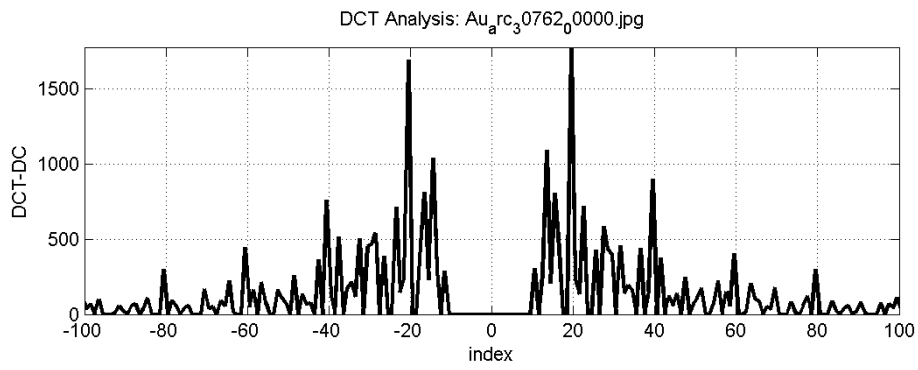
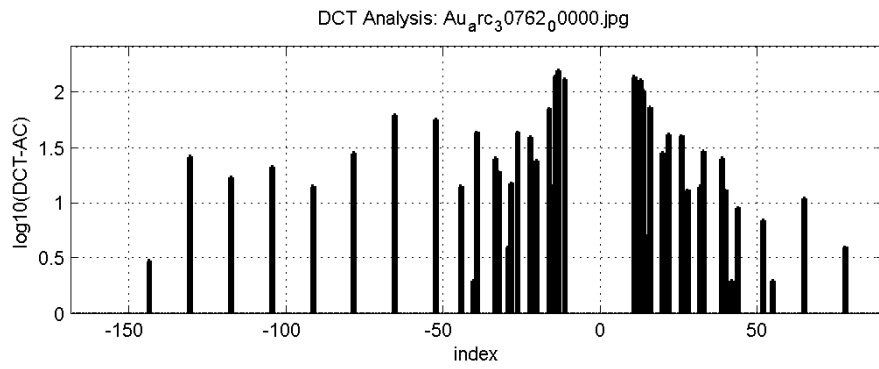
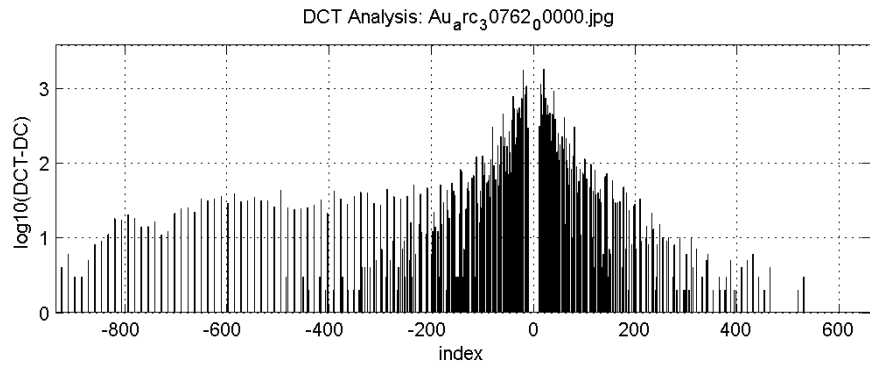
5)



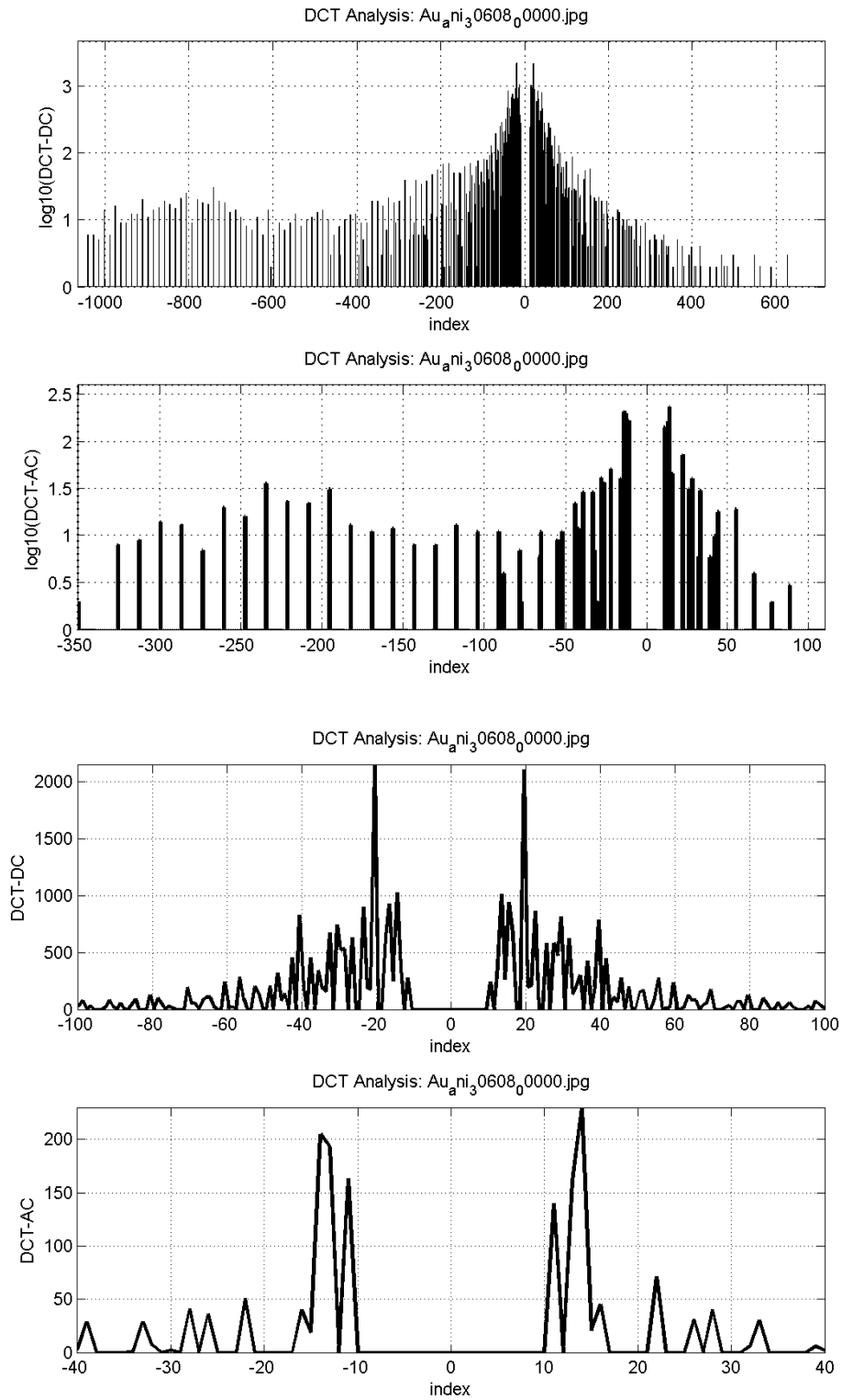
6)



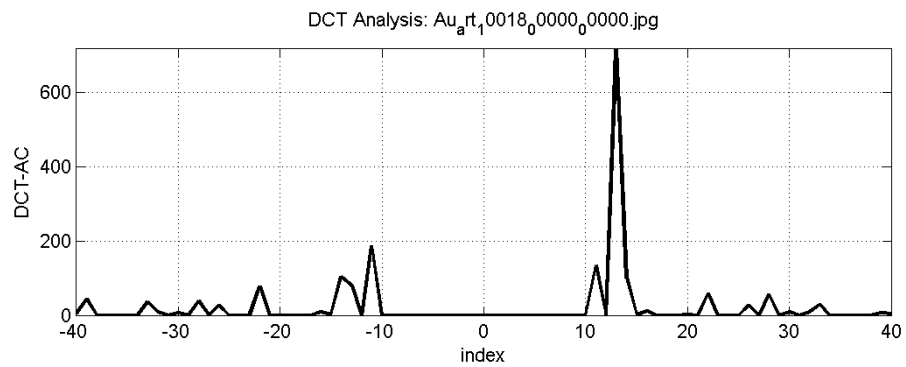
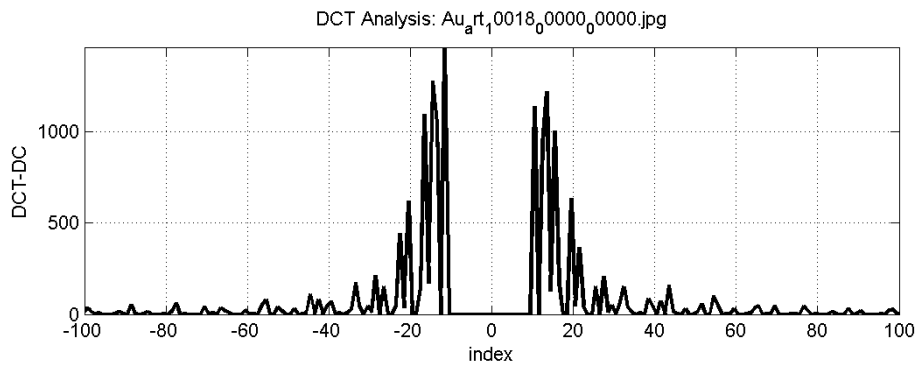
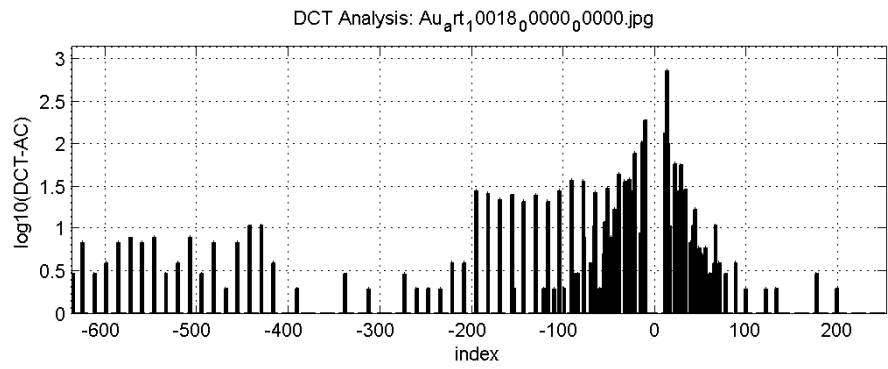
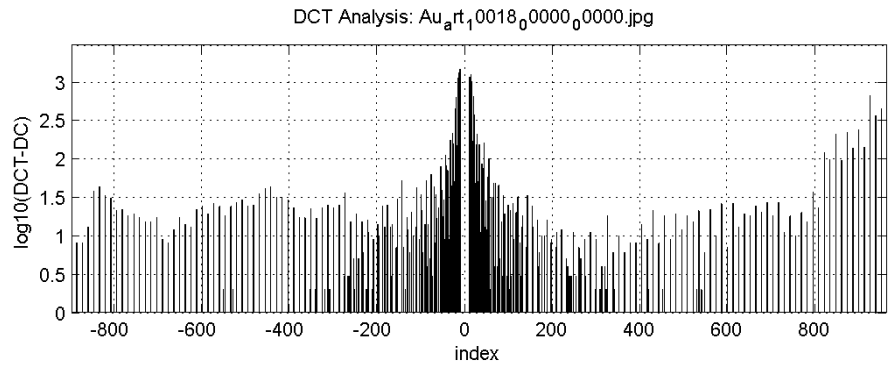
7)



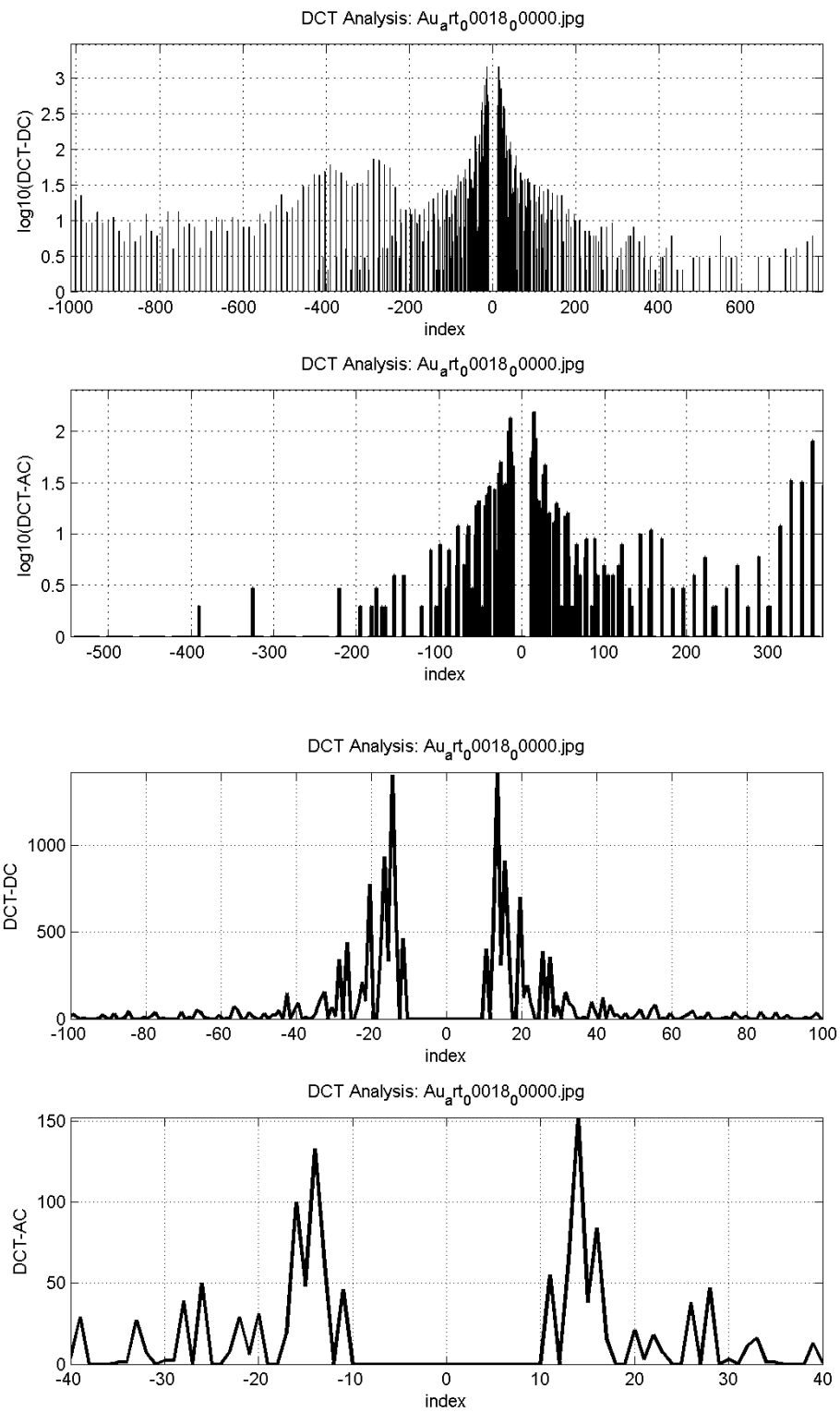
8)



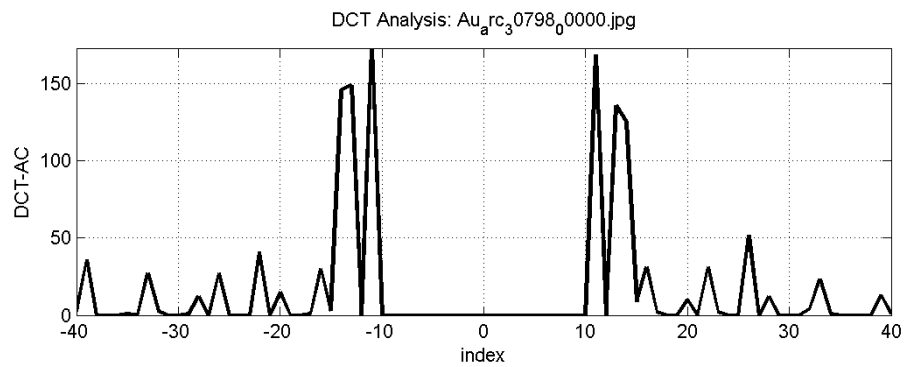
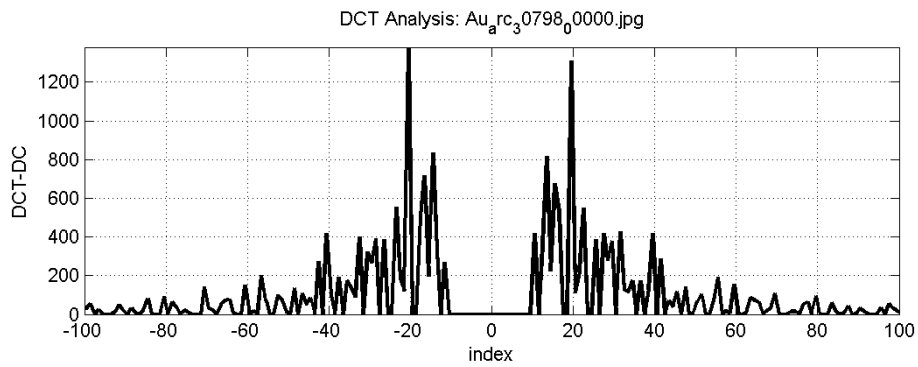
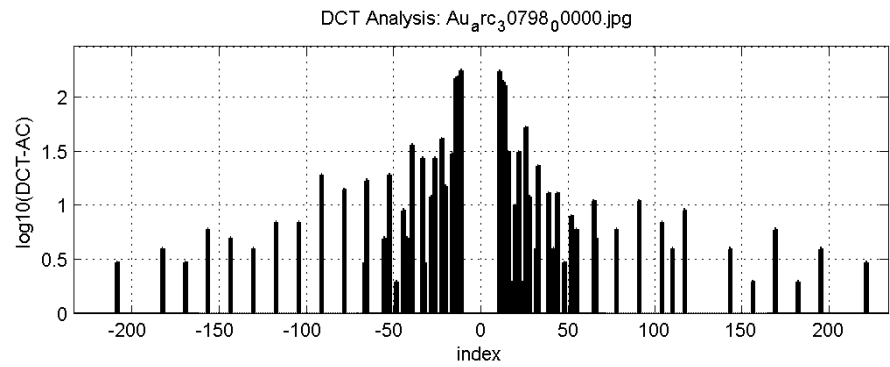
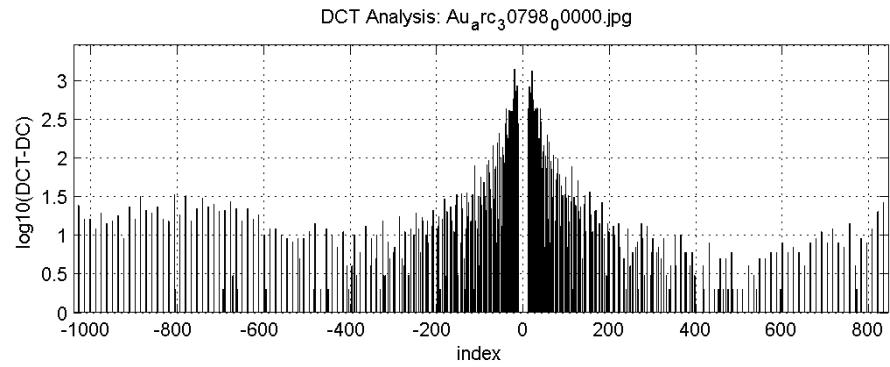
9)



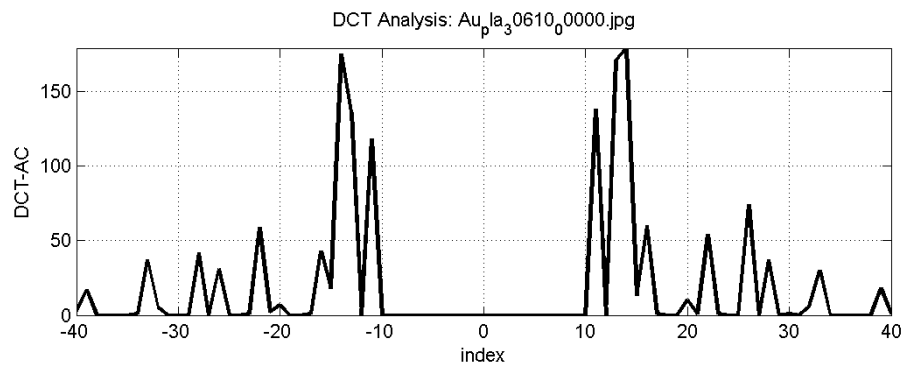
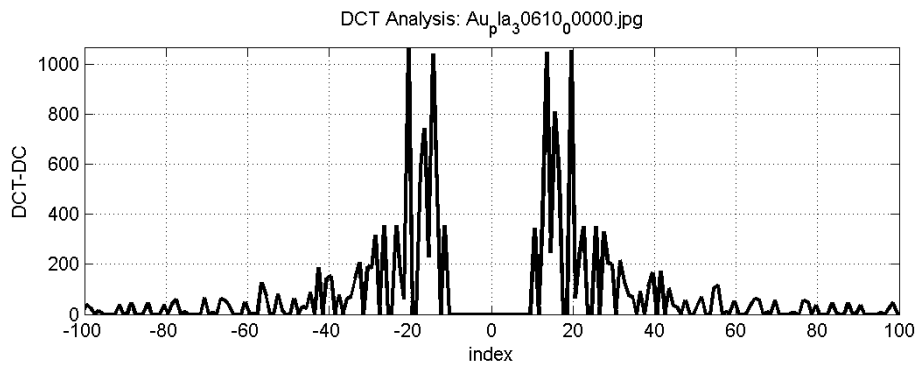
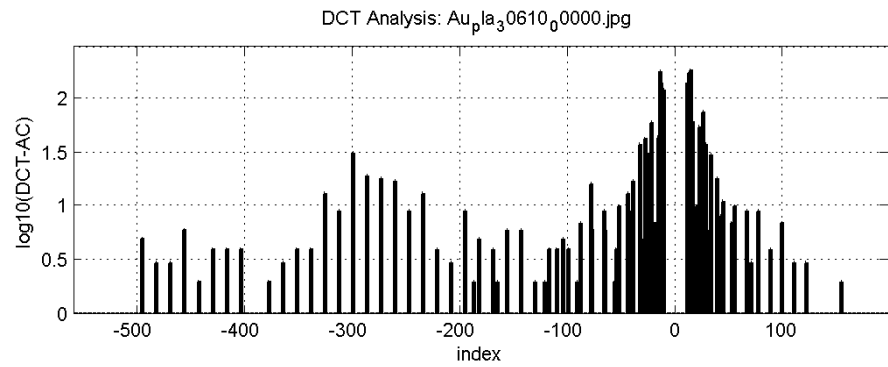
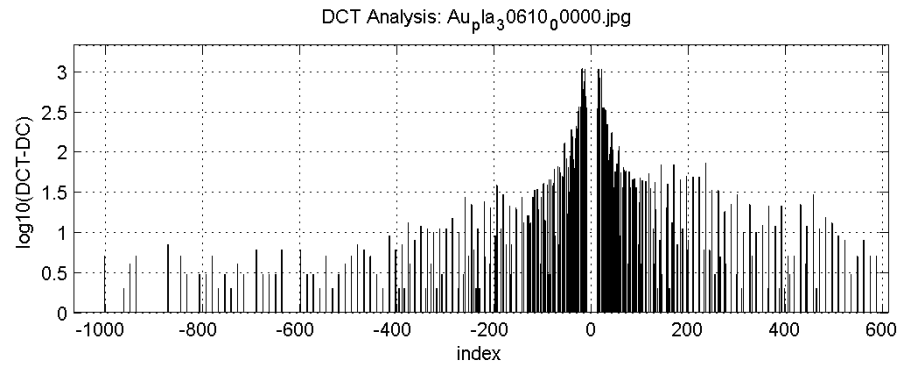
10)



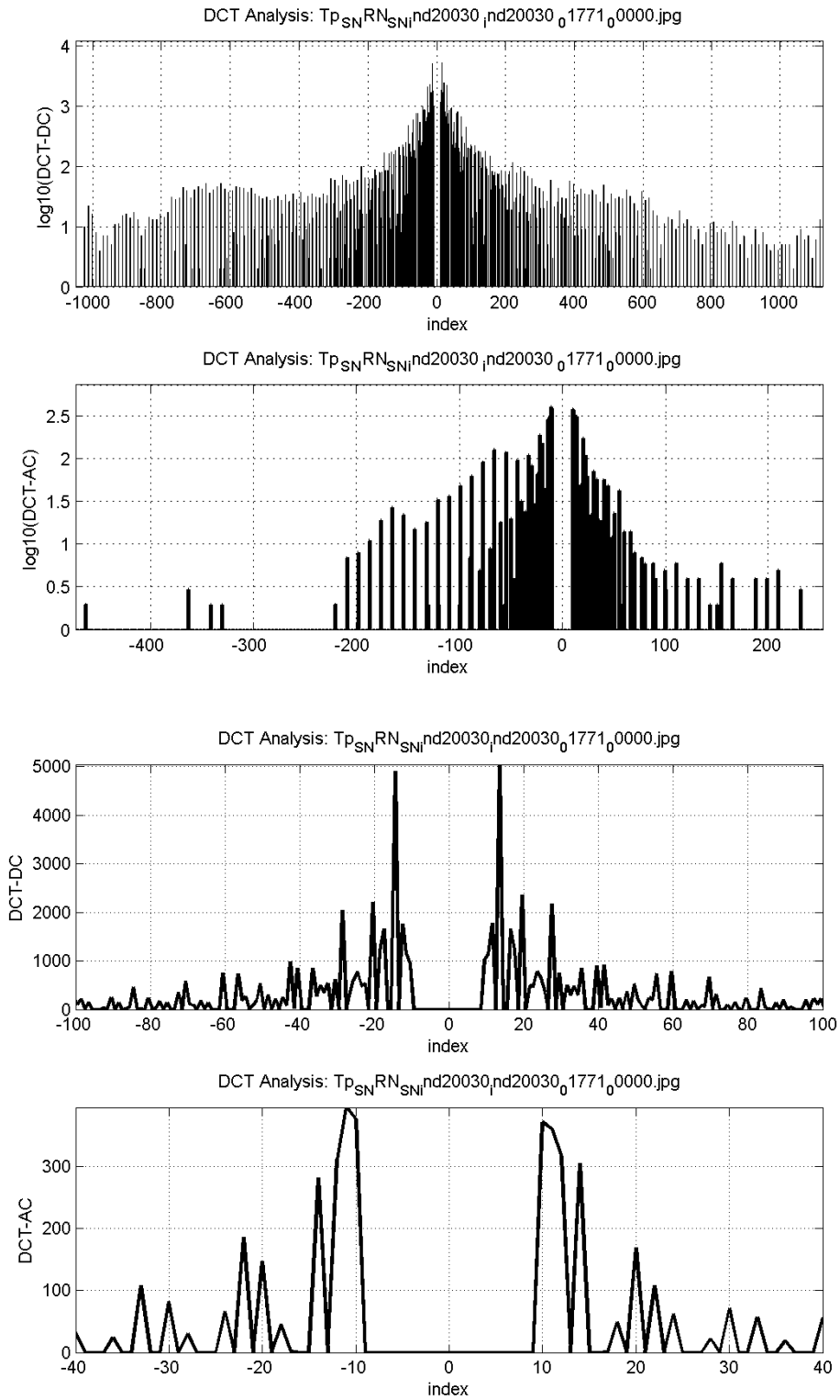
11)



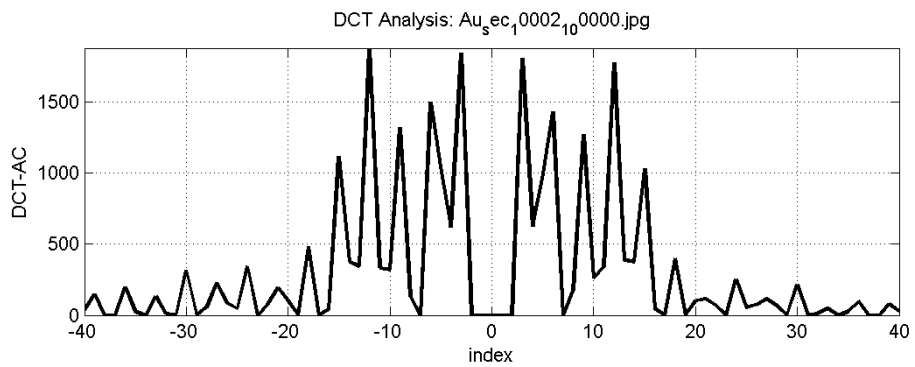
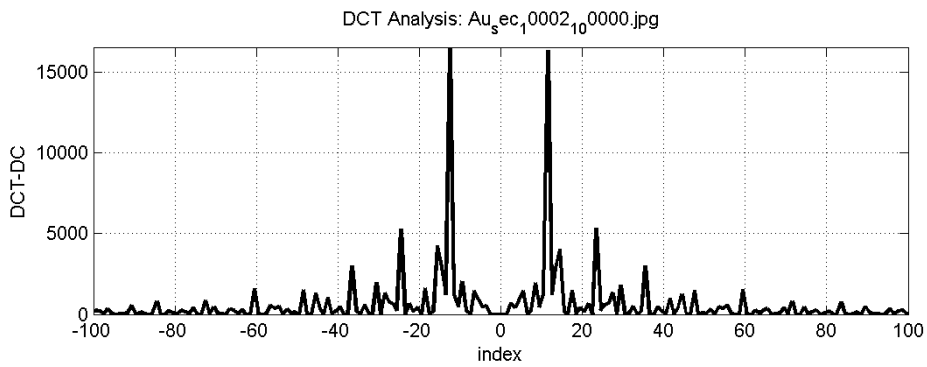
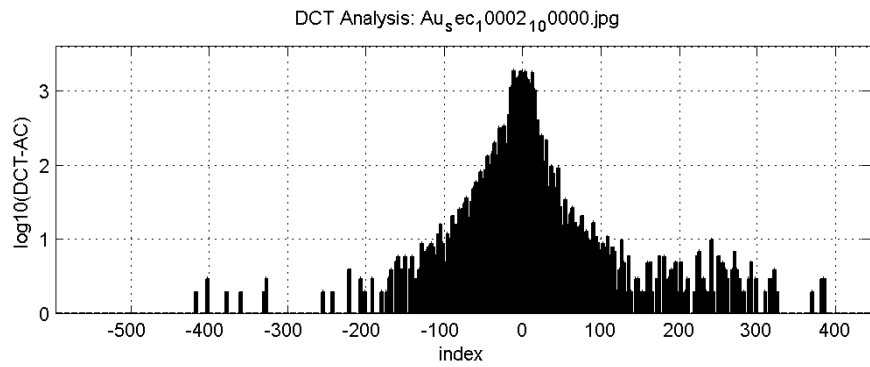
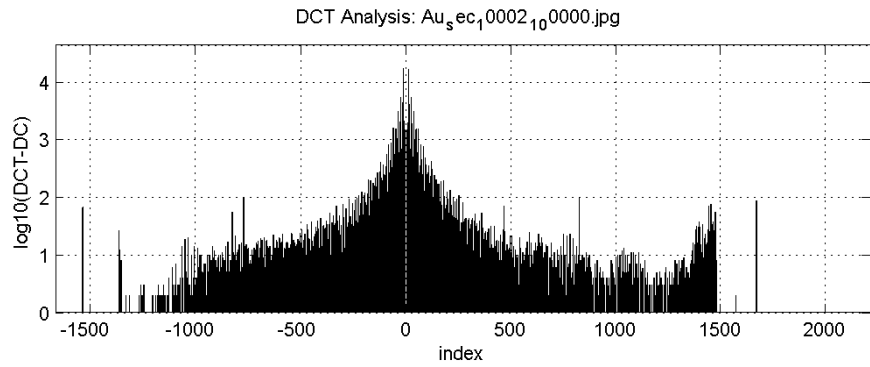
12)



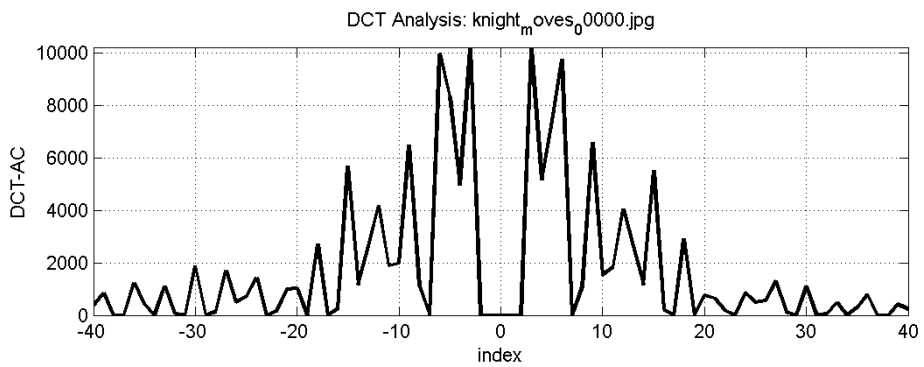
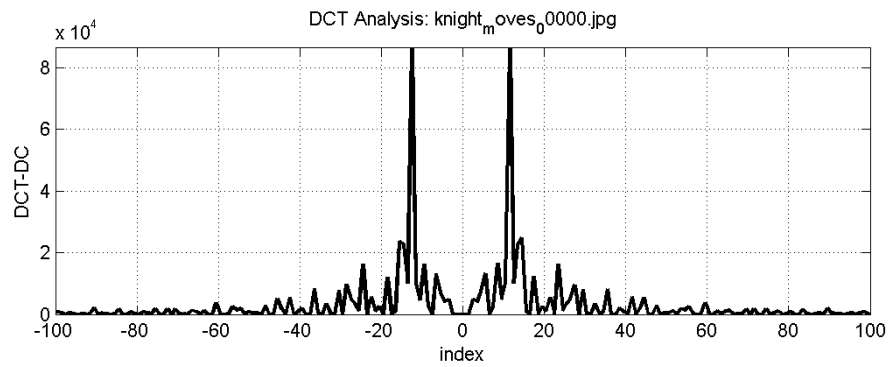
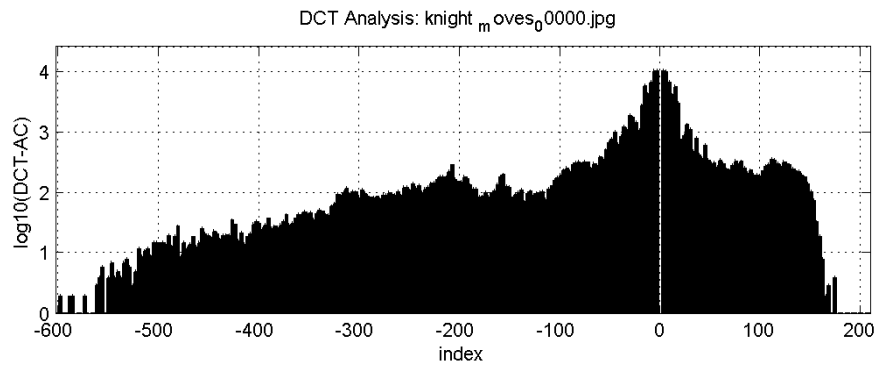
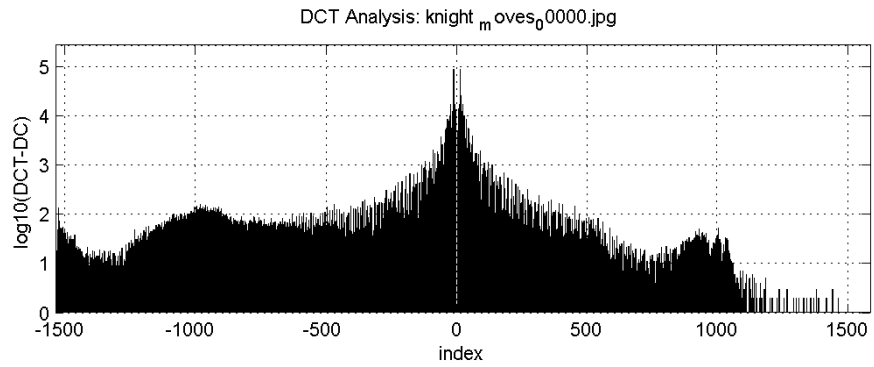
13)



14)

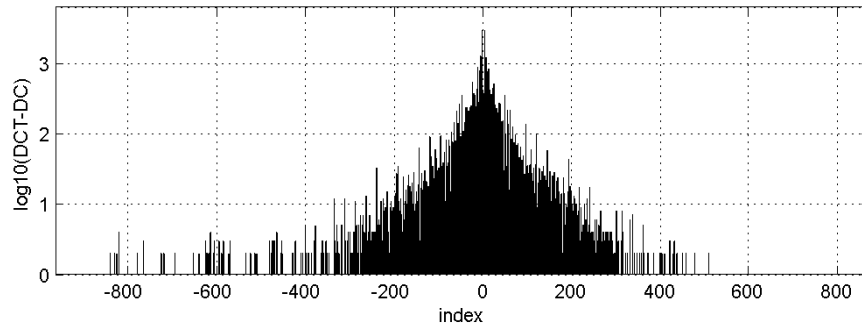


15)

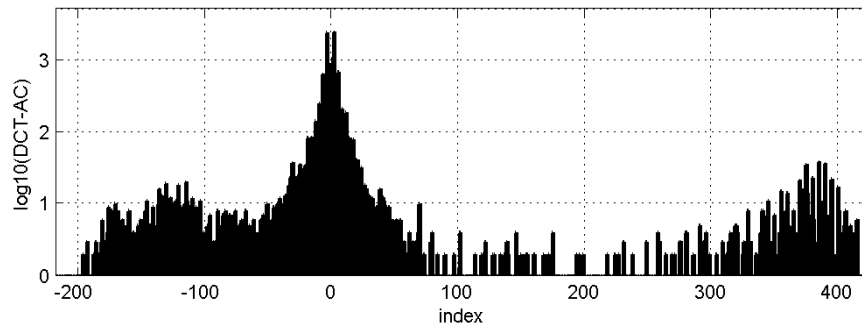


16)

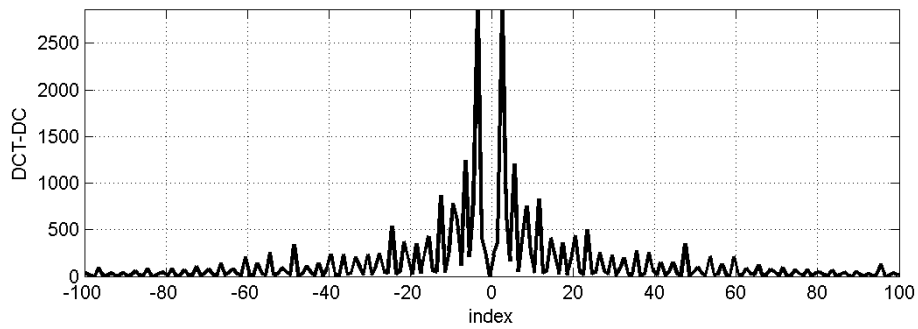
DCT Analysis: Au_arc₃0736₀0000.jpg



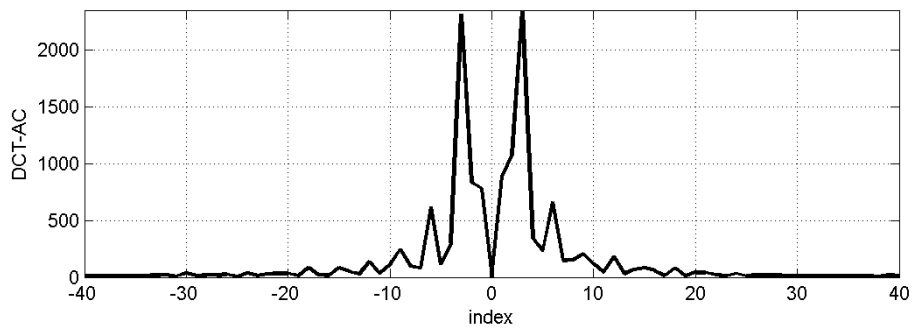
DCT Analysis: Au_arc₃0736₀0000.jpg



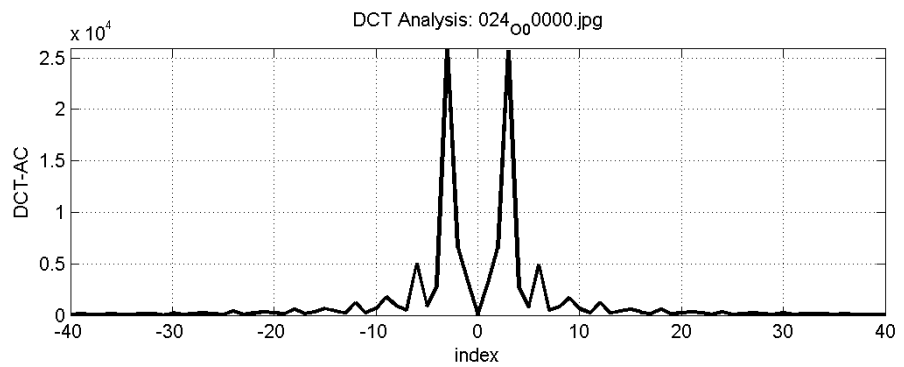
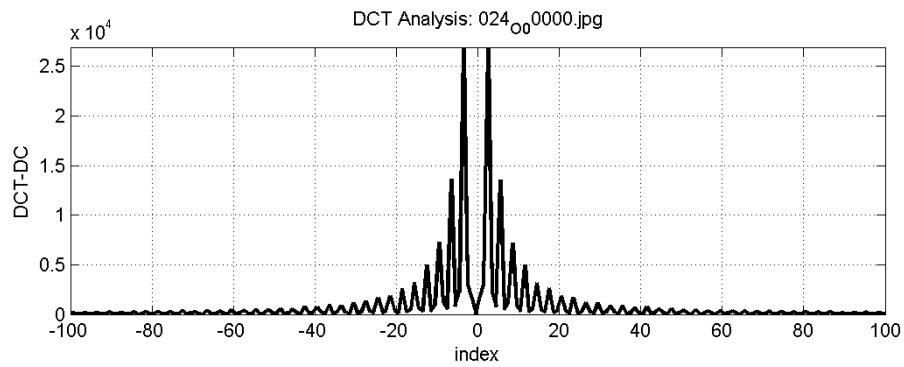
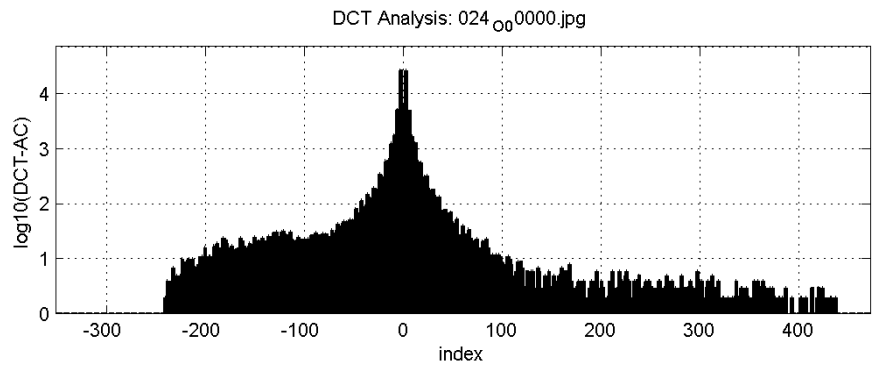
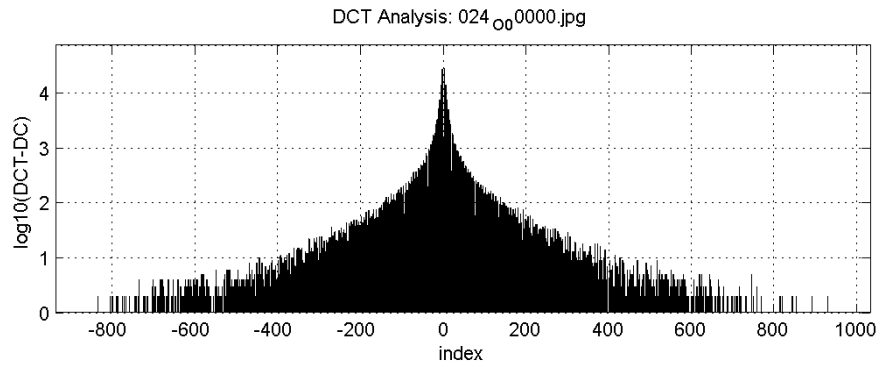
DCT Analysis: Au_arc₃0736₀0000.jpg



DCT Analysis: Au_arc₃0736₀0000.jpg

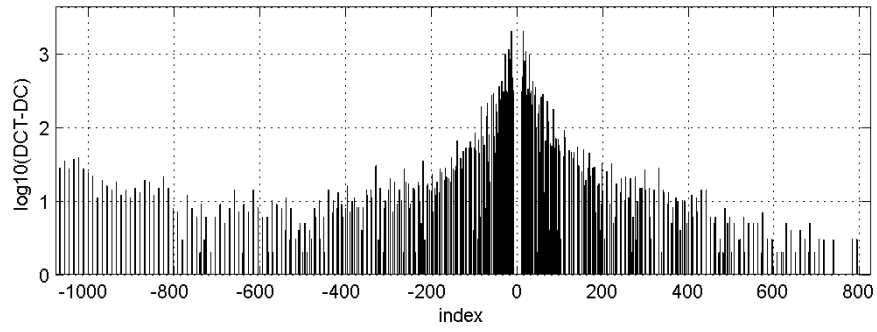


17)

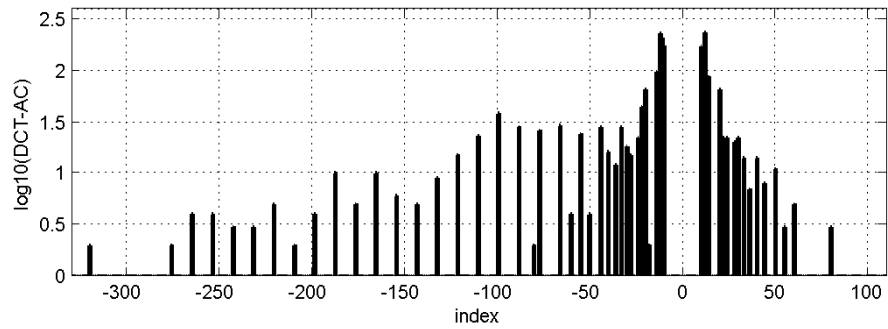


18)

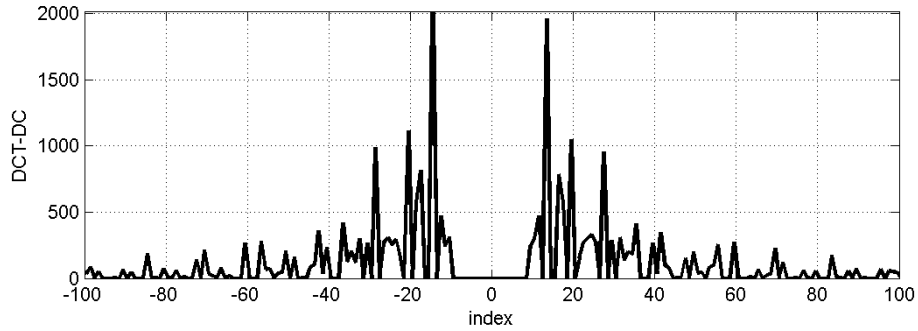
DCT Analysis: Au_art₃0250₀0000.jpg



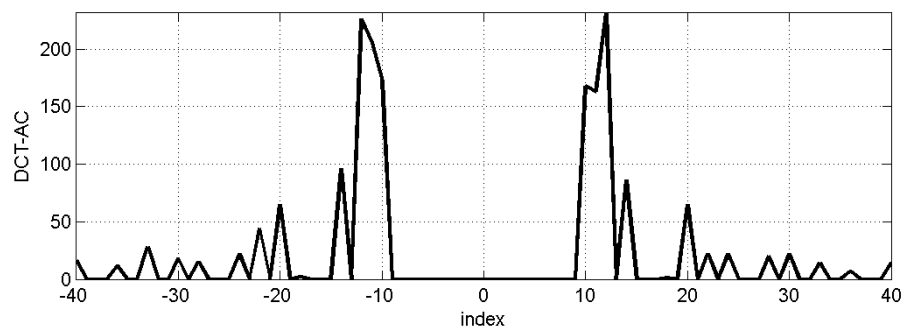
DCT Analysis: Au_art₃0250₀0000.jpg



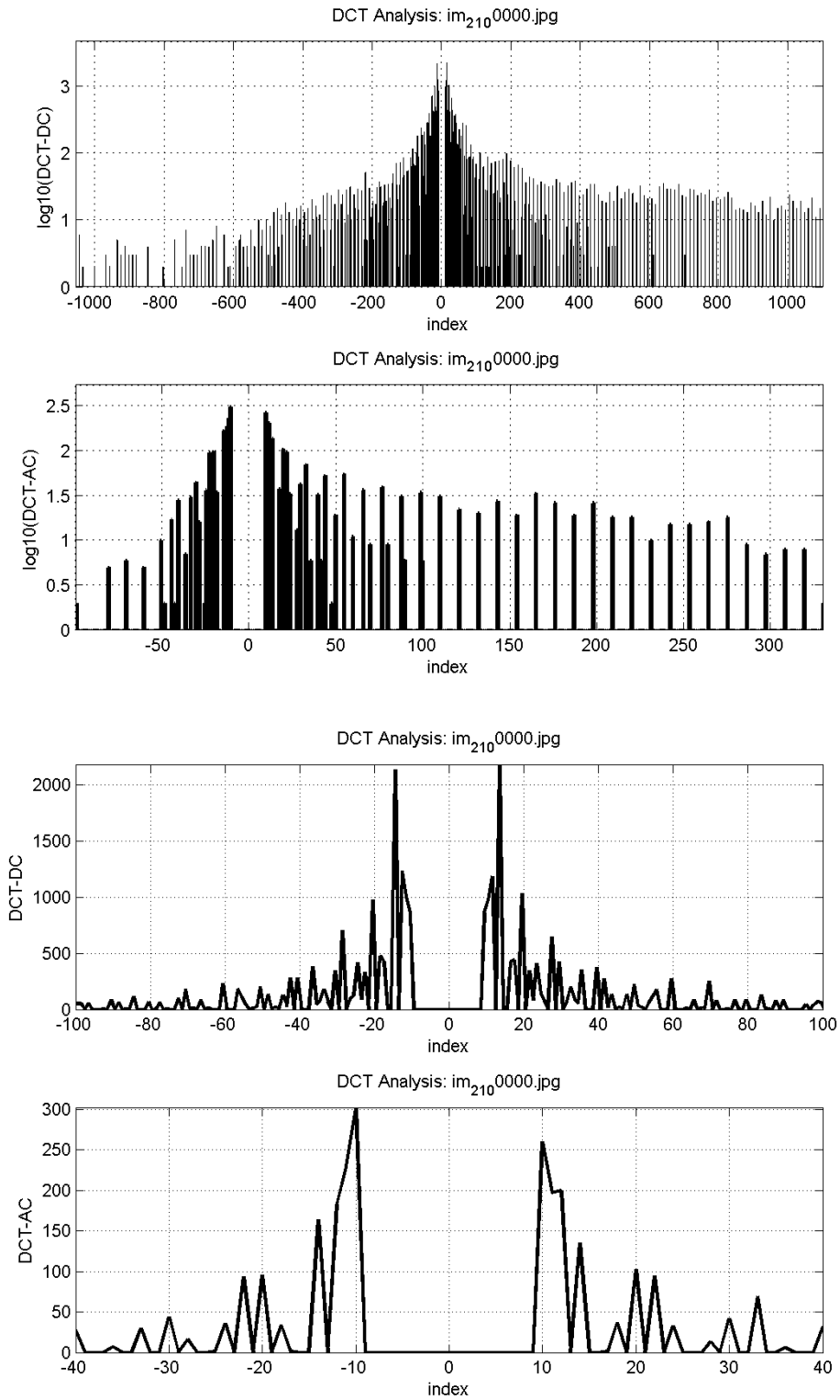
DCT Analysis: Au_art₃0250₀0000.jpg



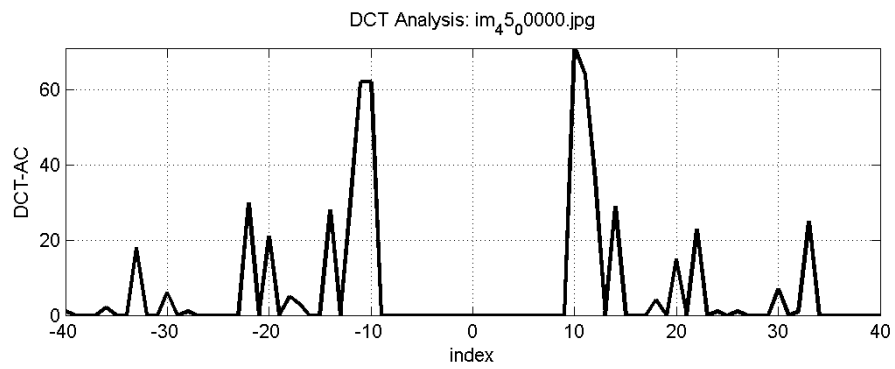
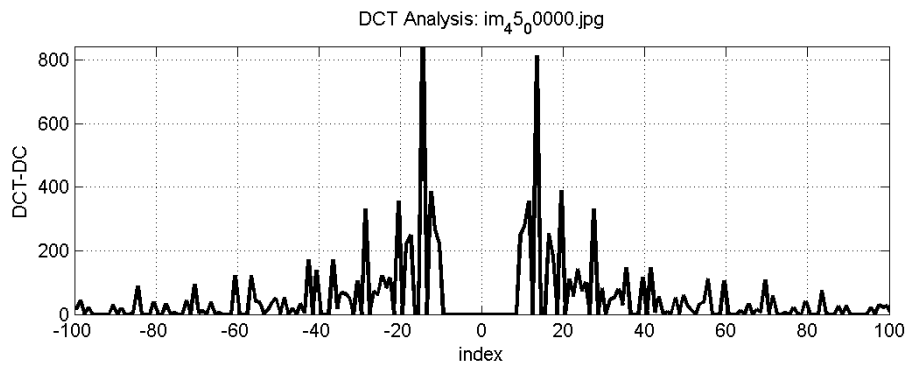
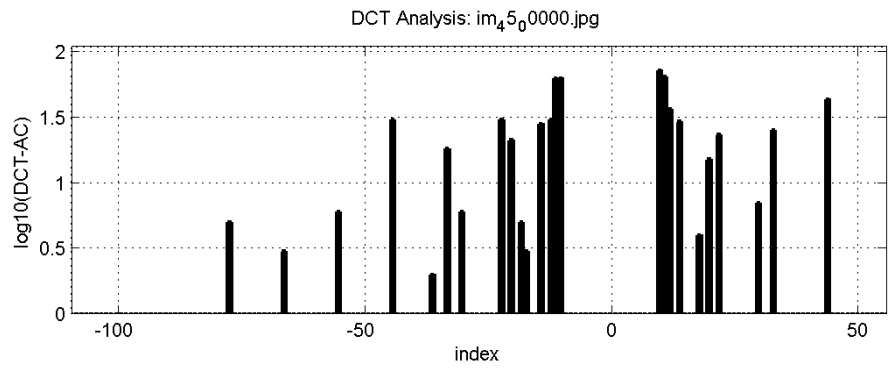
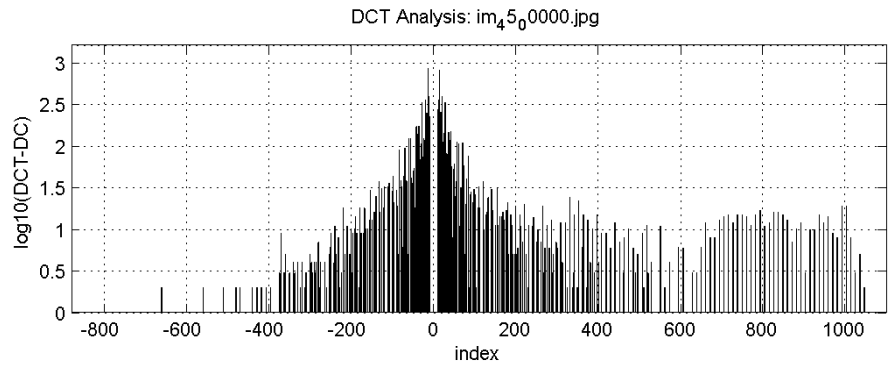
DCT Analysis: Au_art₃0250₀0000.jpg



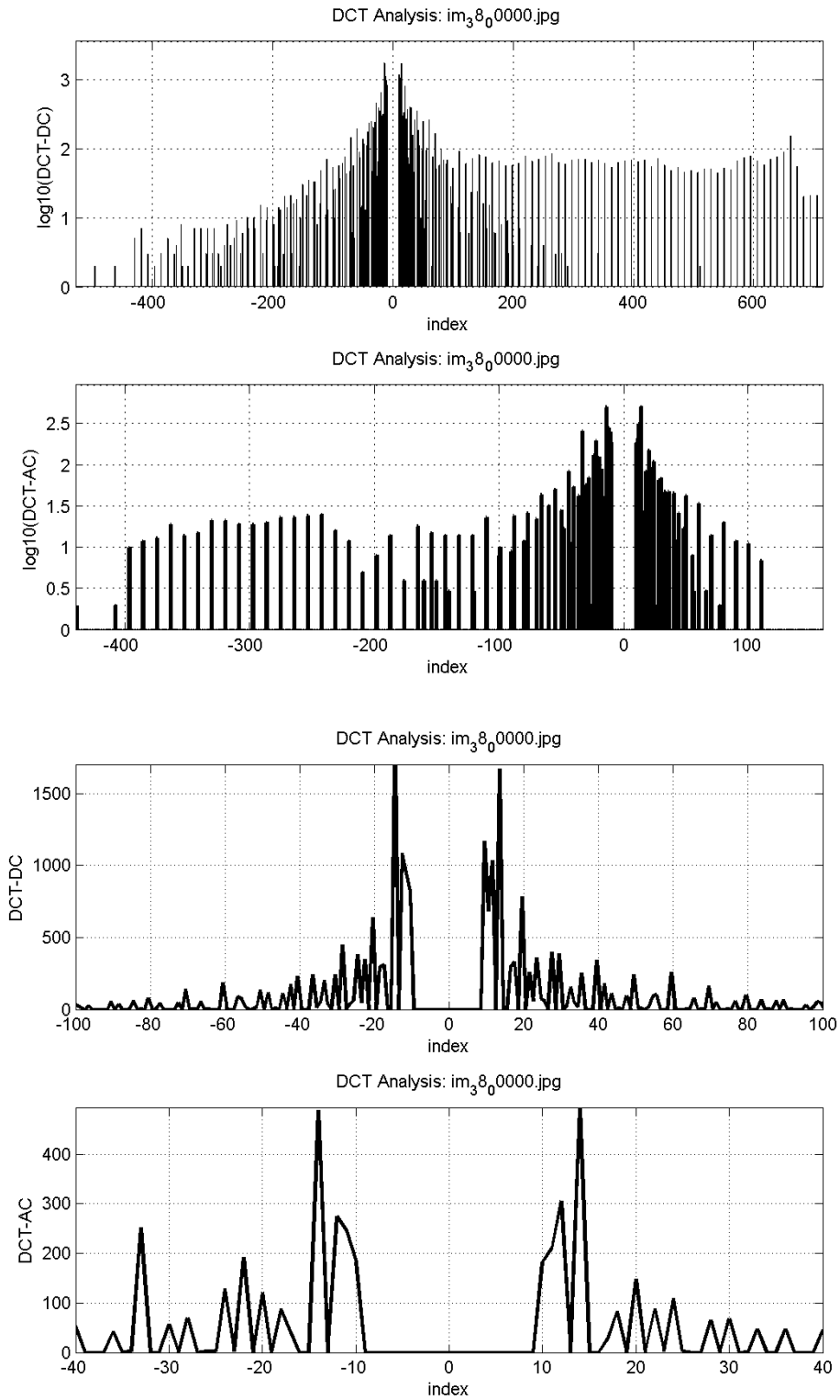
19)



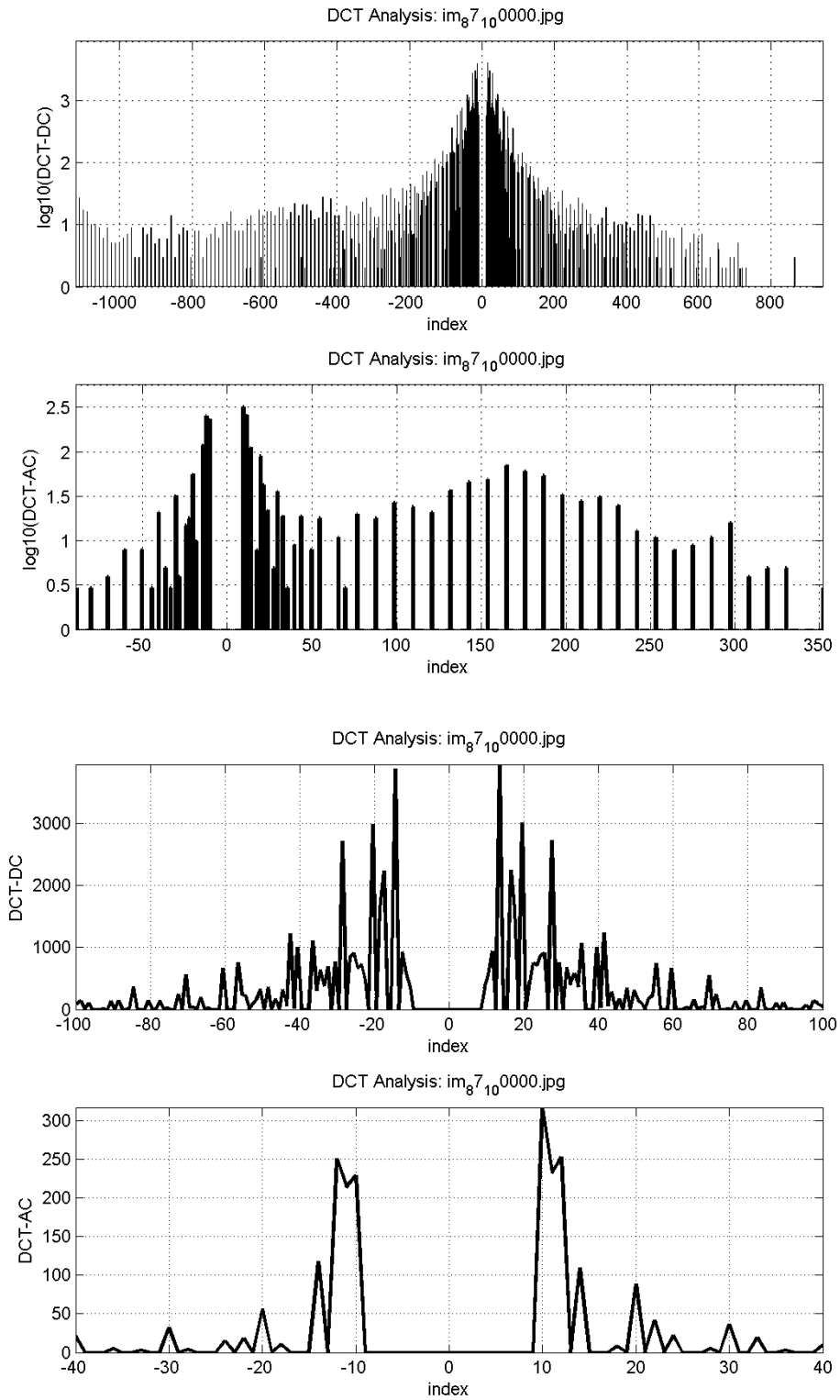
20)



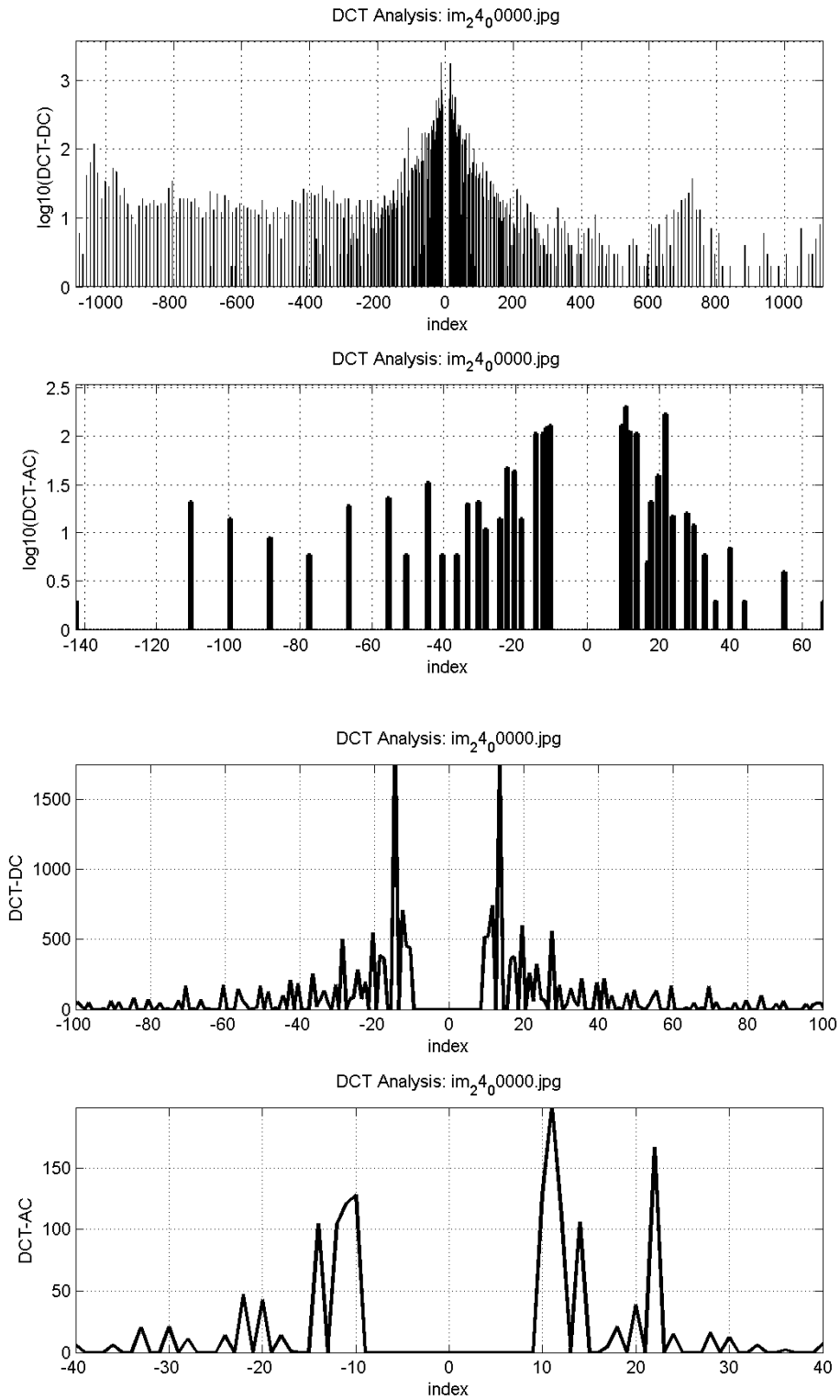
21)



22)

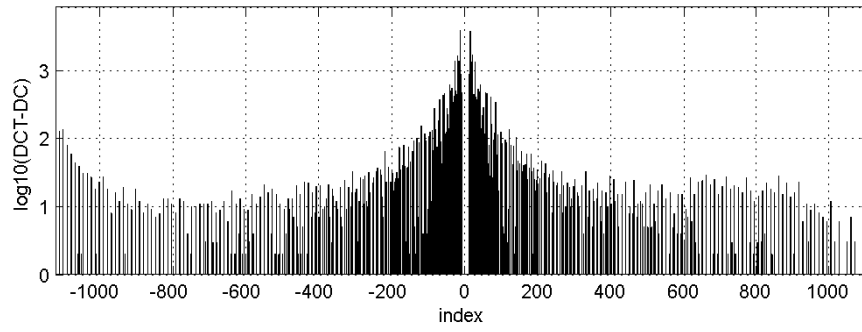


23)

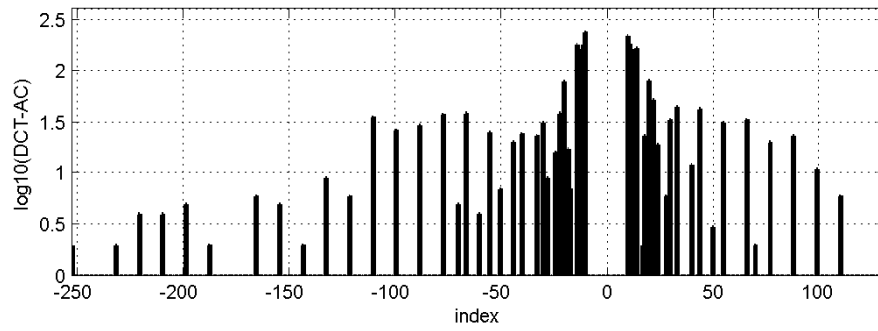


24)

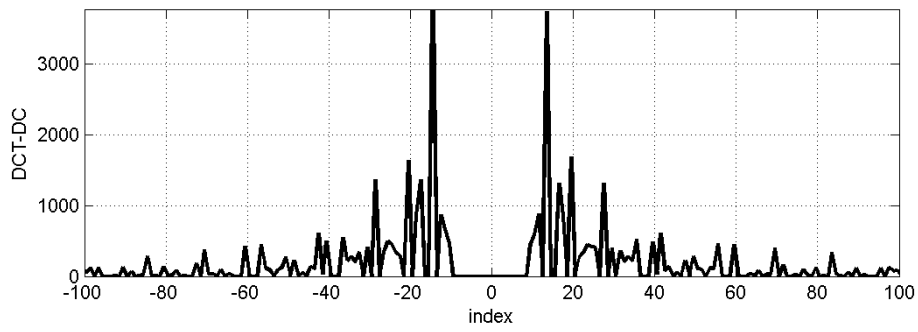
DCT Analysis: im₇5₀0000.jpg



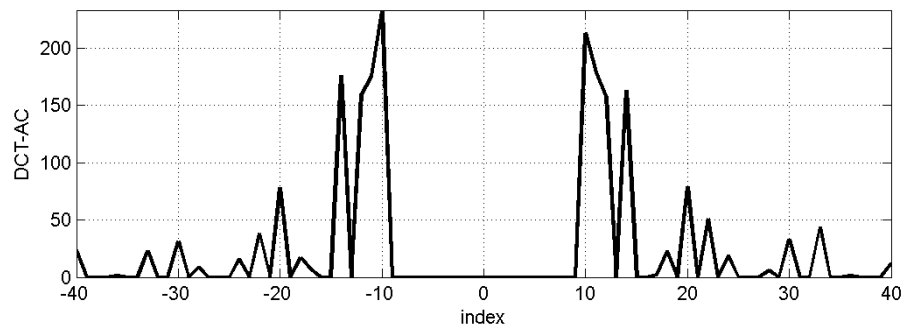
DCT Analysis: im₇5₀0000.jpg



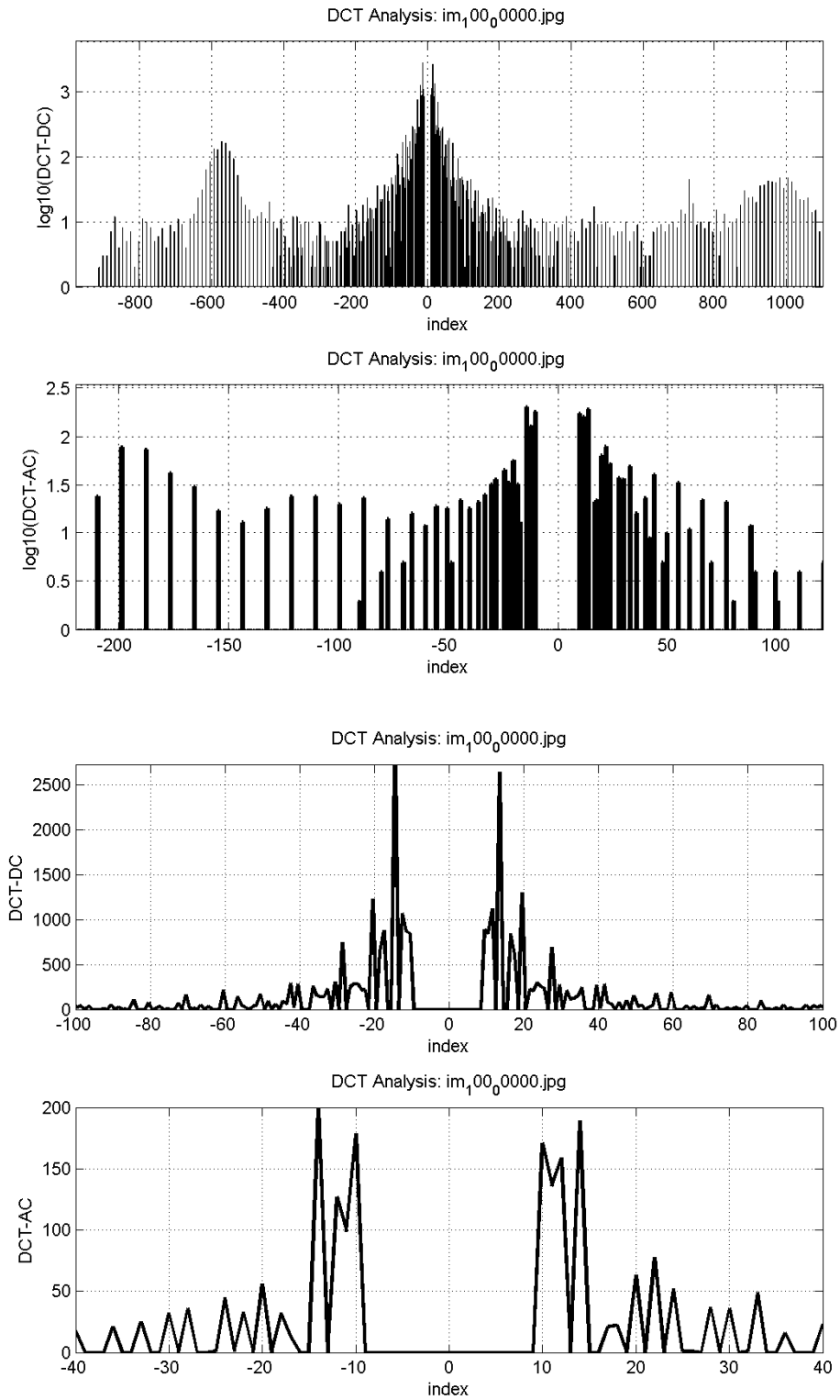
DCT Analysis: im₇5₀0000.jpg



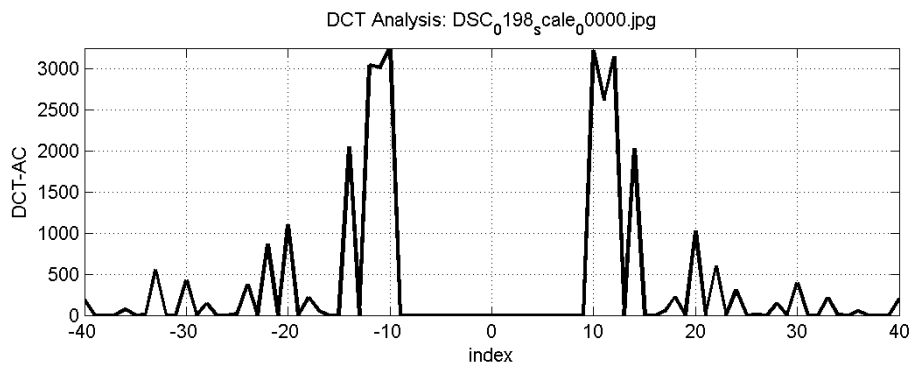
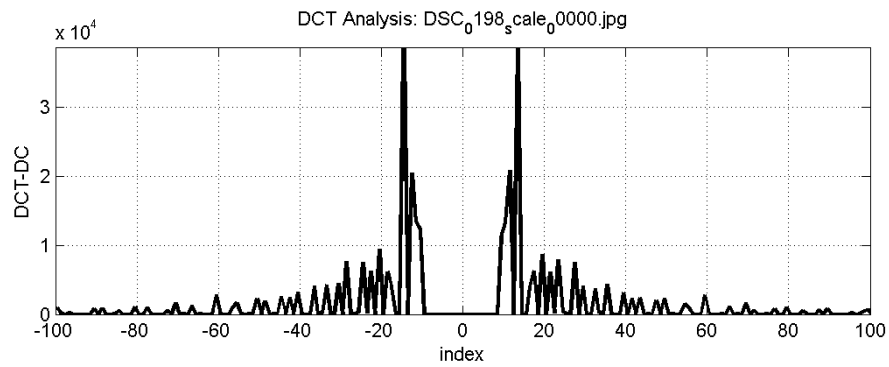
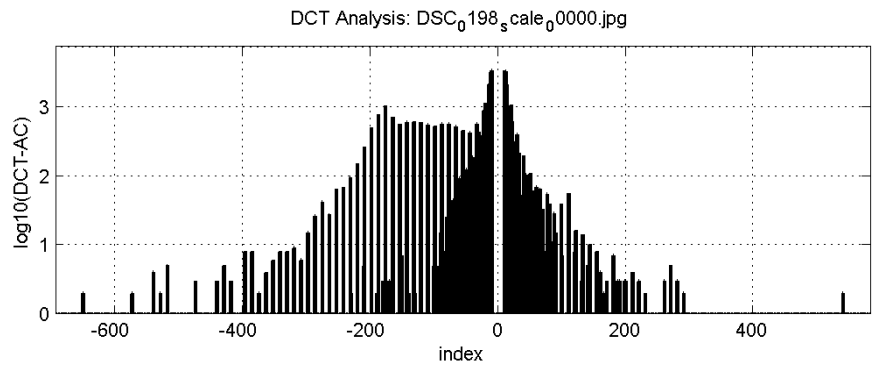
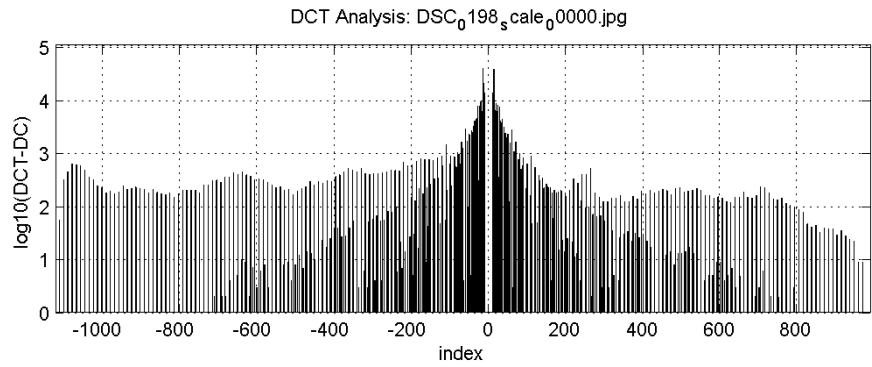
DCT Analysis: im₇5₀0000.jpg



25)

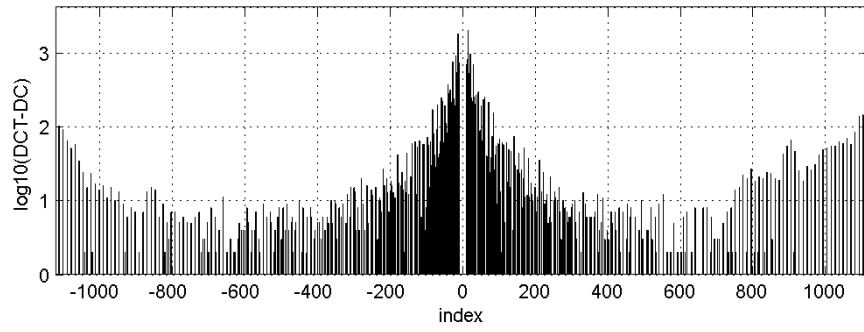


26)

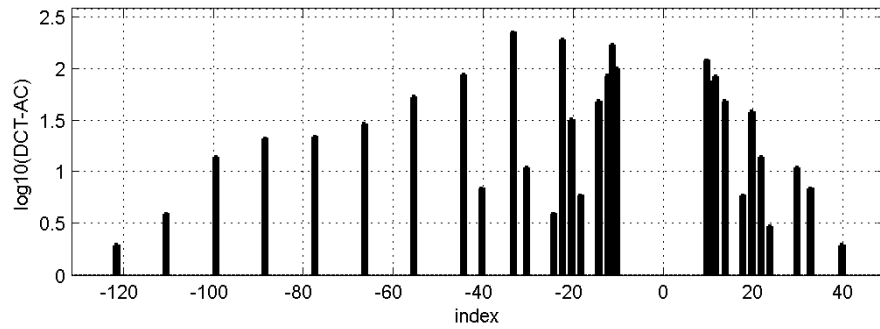


27)

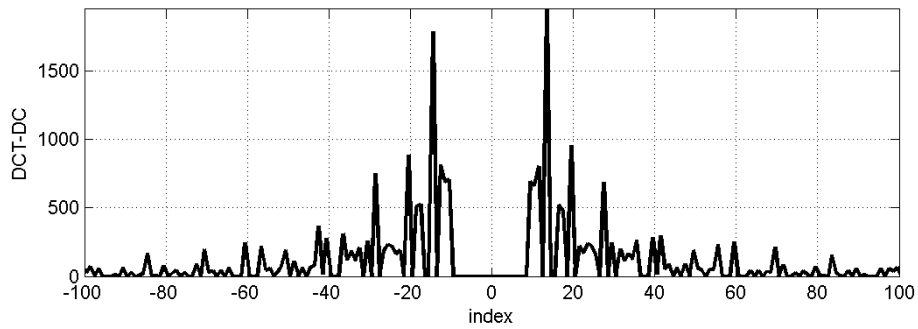
DCT Analysis: 2011_04070_0000.jpg



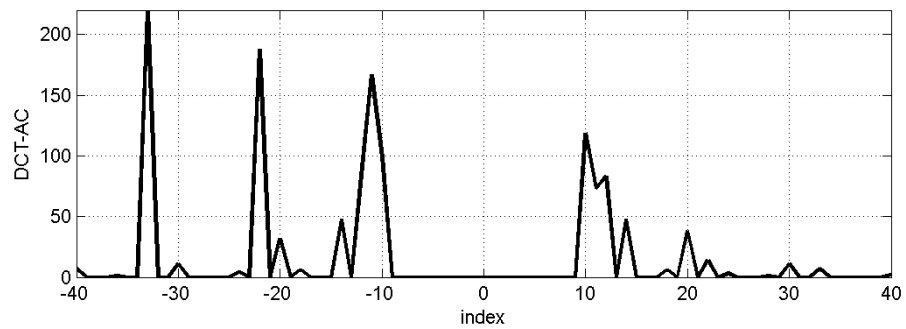
DCT Analysis: 2011_04070_0000.jpg



DCT Analysis: 2011_04070_0000.jpg

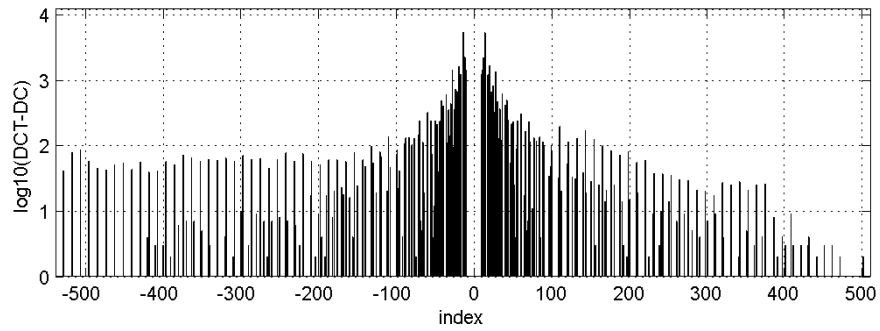


DCT Analysis: 2011_04070_0000.jpg

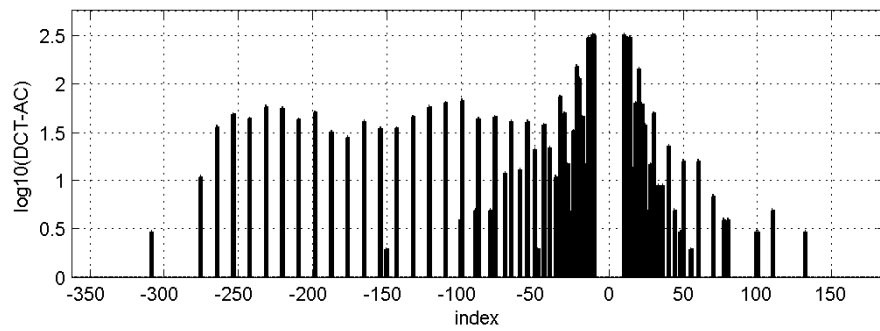


28)

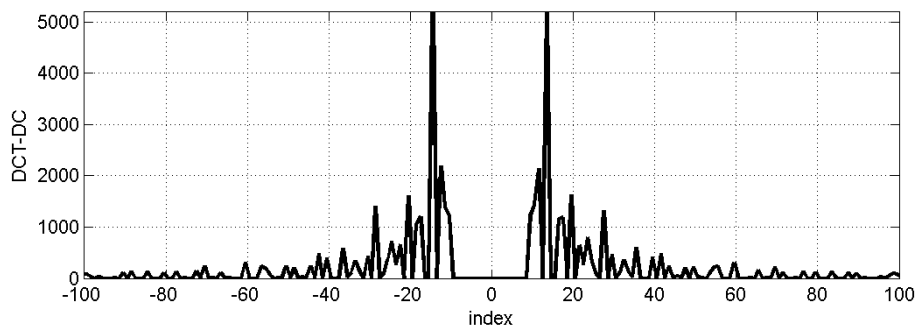
DCT Analysis: COCO_val2014_00000575719_0000.jpg



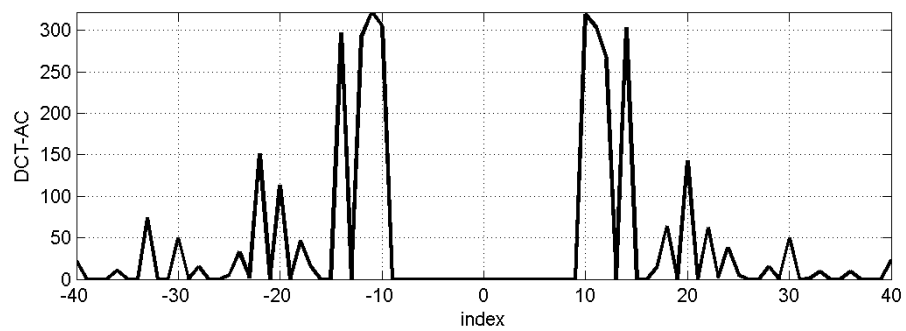
DCT Analysis: COCO_val2014_00000575719_0000.jpg



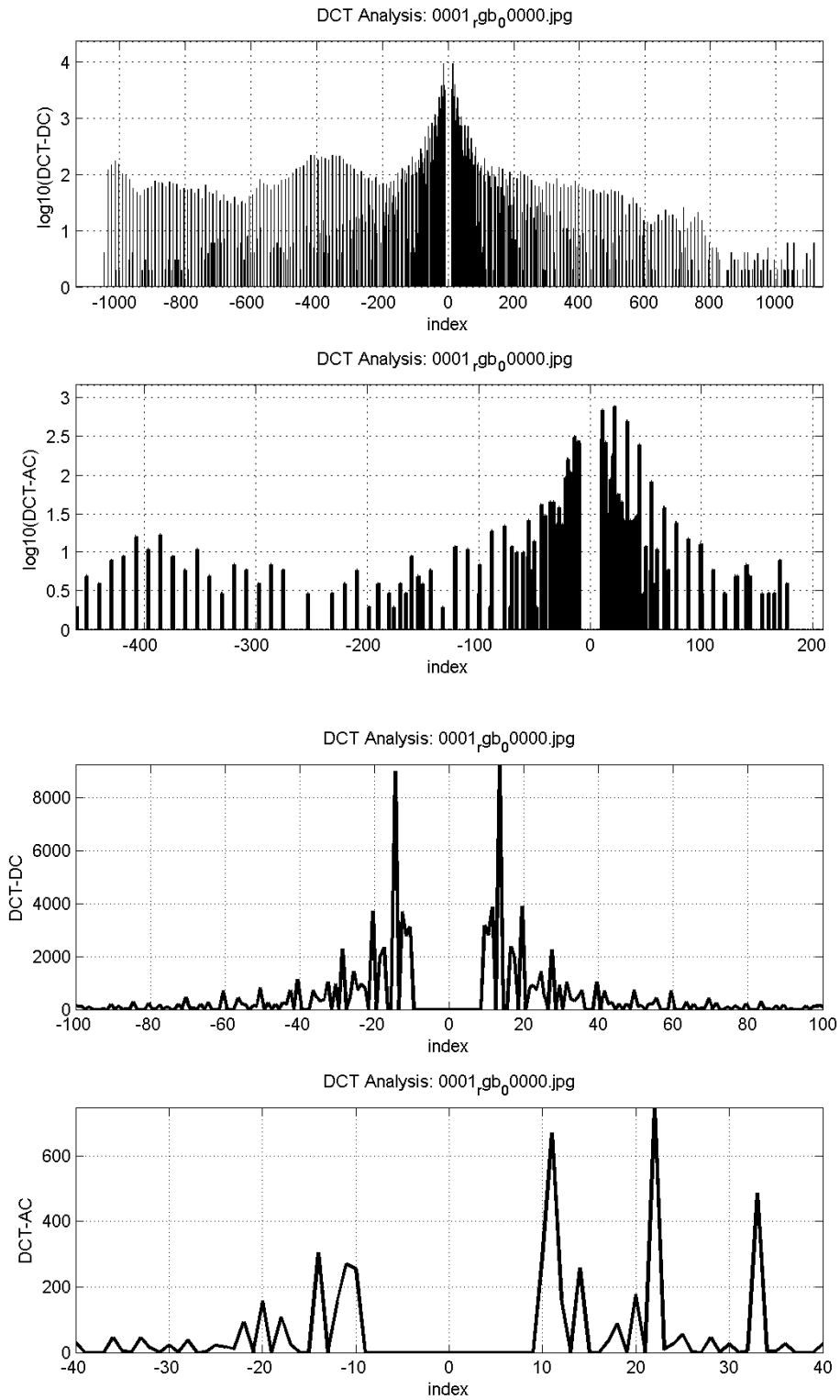
DCT Analysis: COCO_val2014_00000575719_0000.jpg



DCT Analysis: COCO_val2014_00000575719_0000.jpg

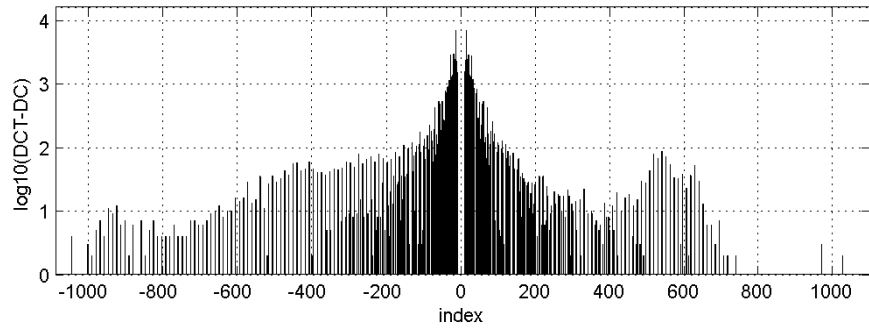


29)

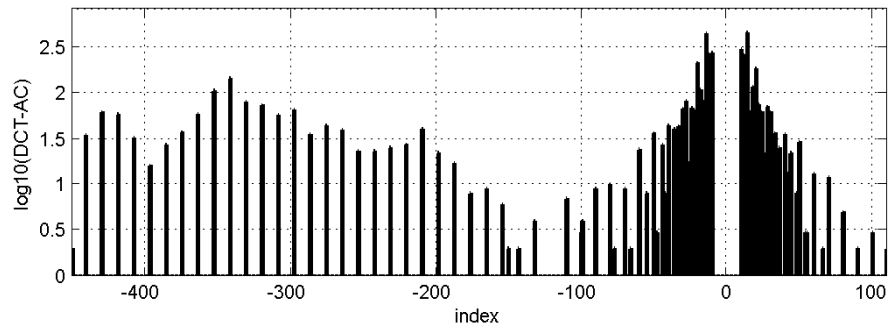


30)

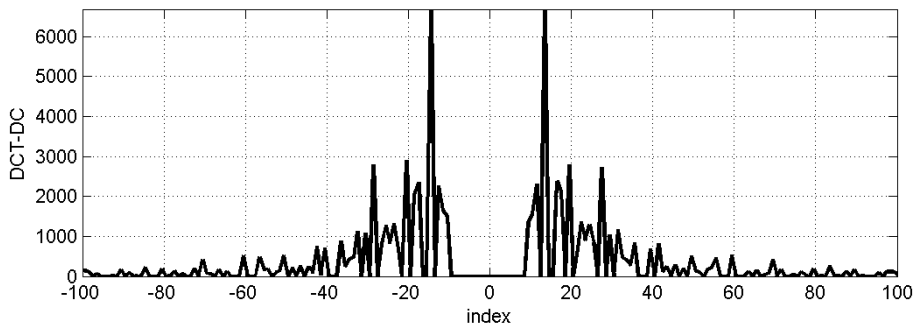
DCT Analysis: COCO_{est}2014_00000136243_00000.jpg



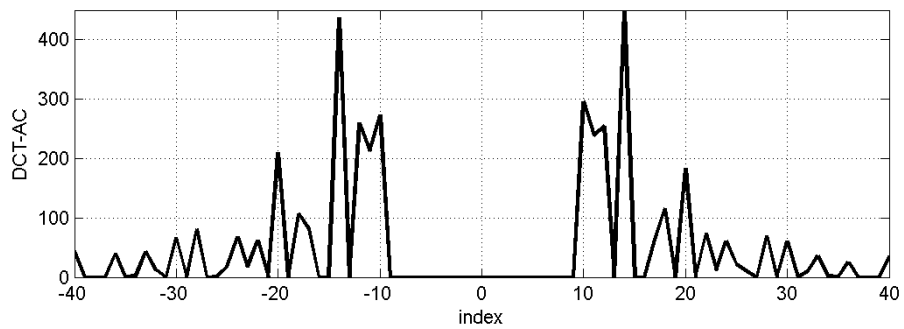
DCT Analysis: COCO_{est}2014_00000136243_00000.jpg



DCT Analysis: COCO_{est}2014_00000136243_00000.jpg

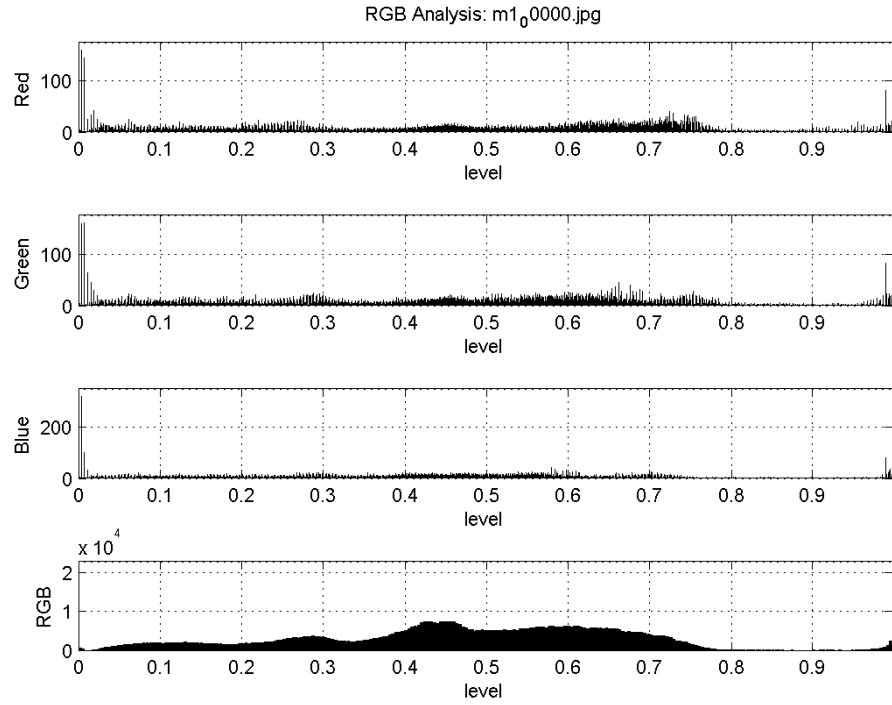


DCT Analysis: COCO_{est}2014_00000136243_00000.jpg

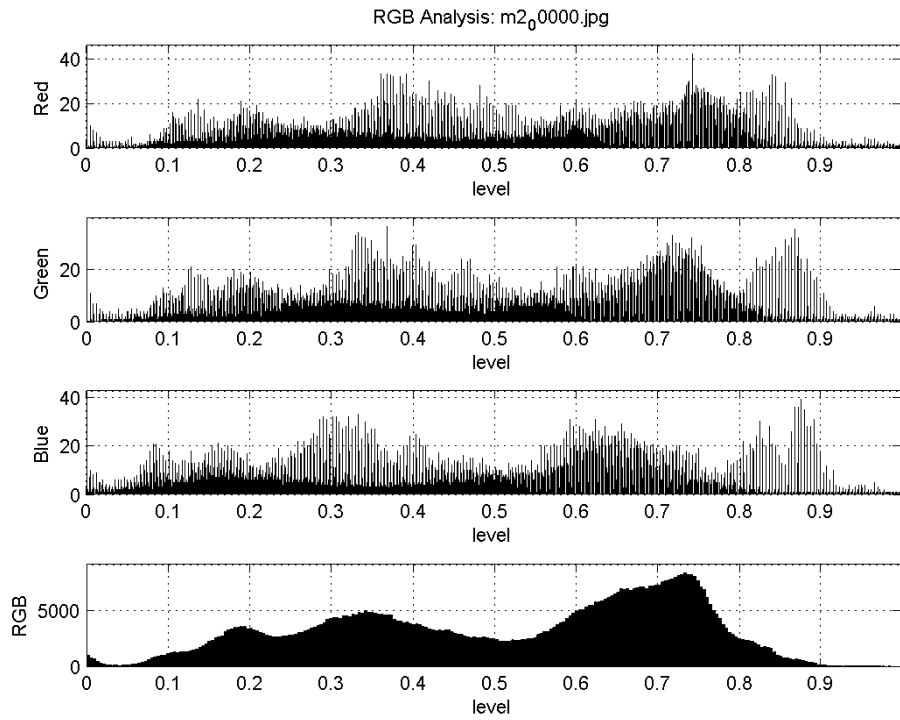


Ek-3: 3.2.4. RGB Analizi Sonuçları

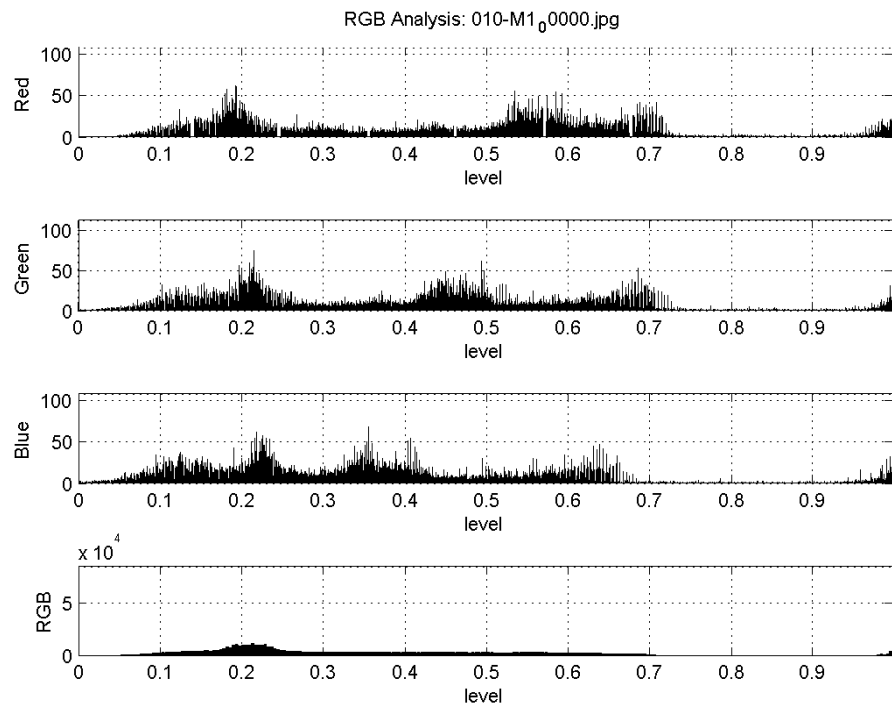
1)



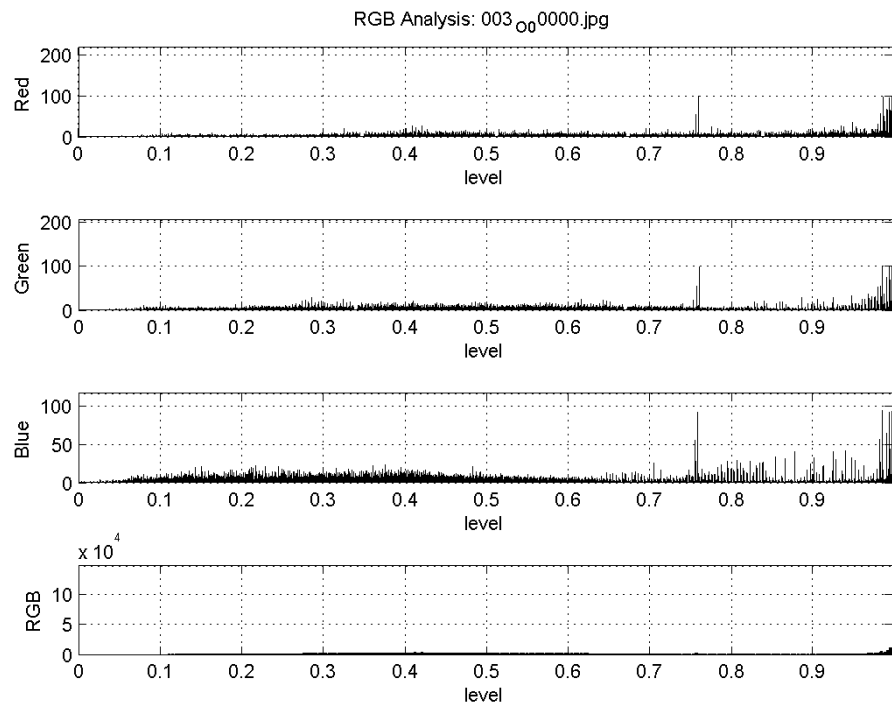
2)



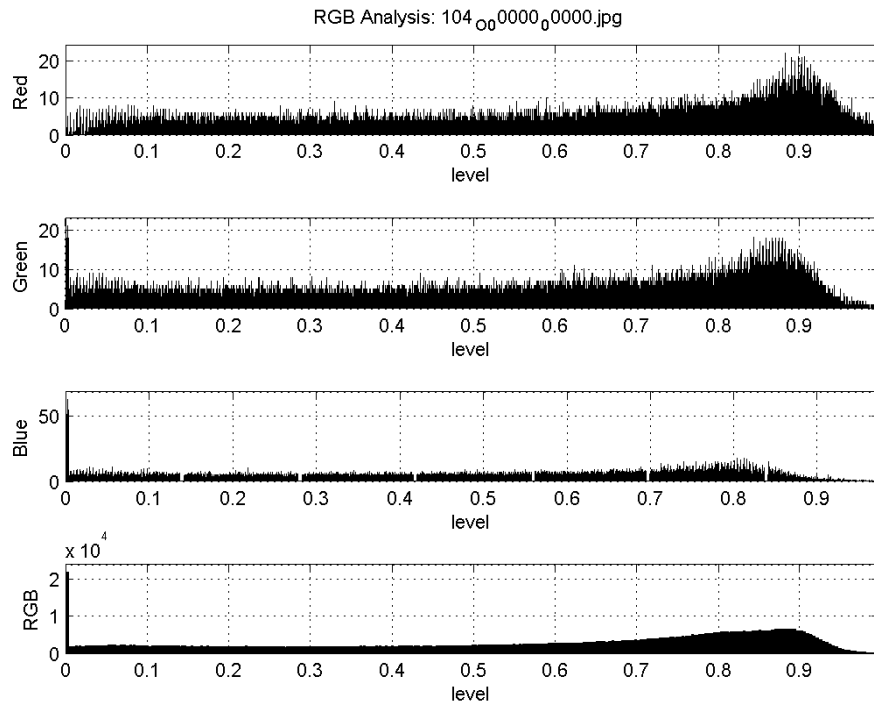
3)



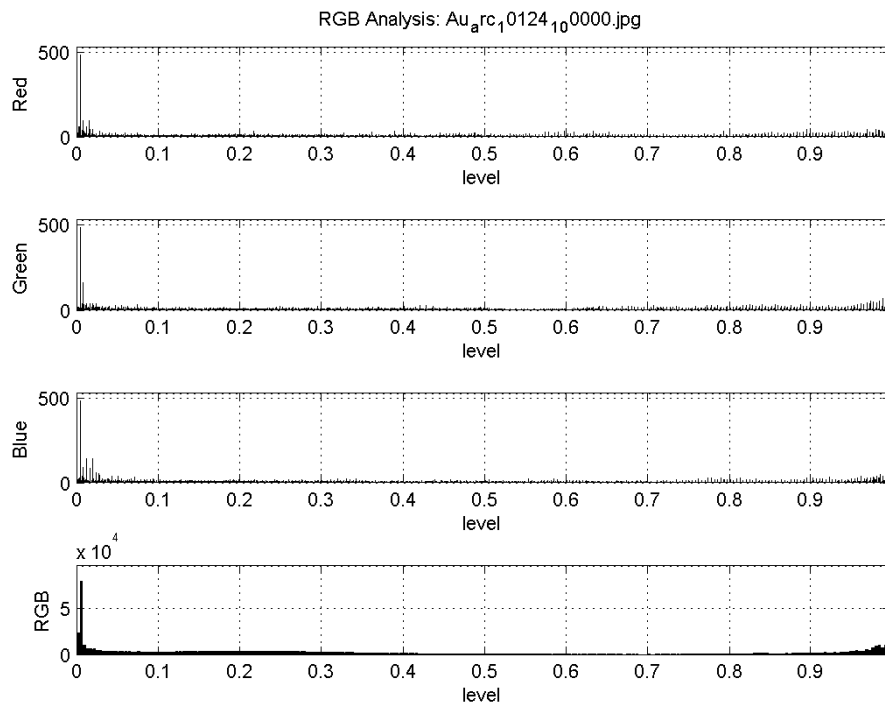
4)



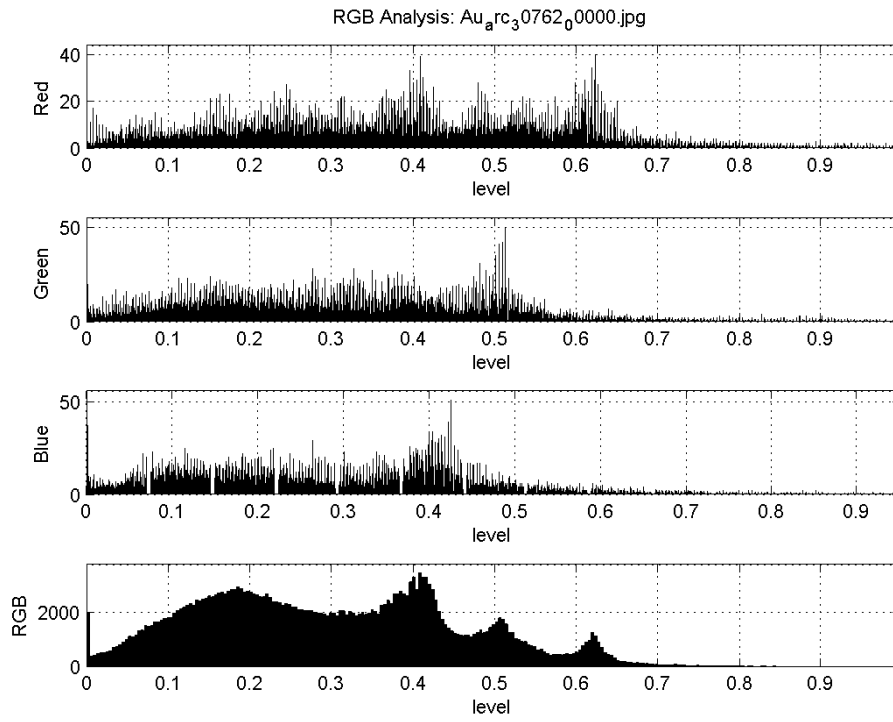
5)



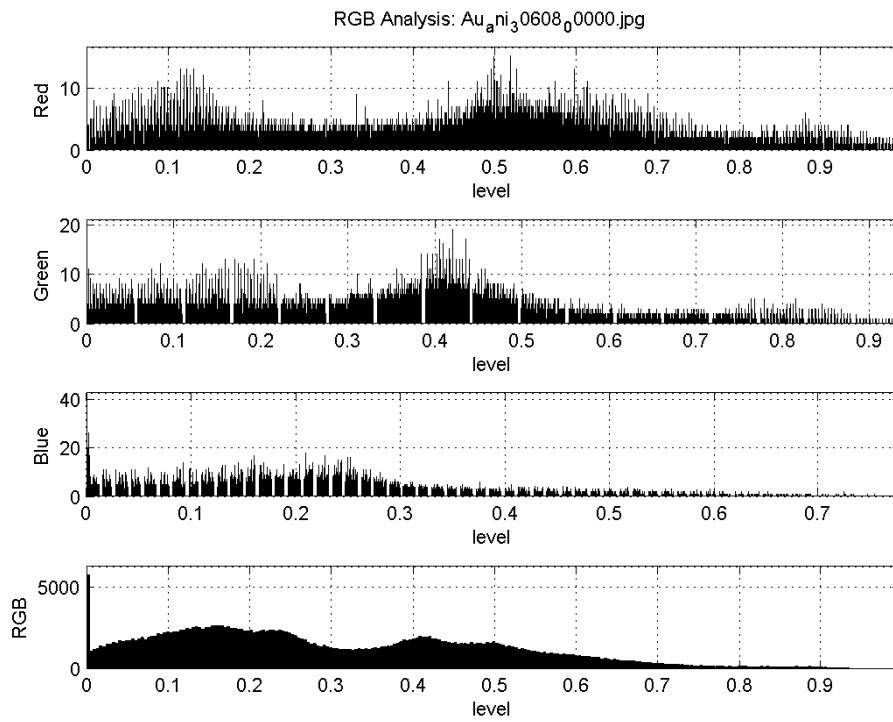
6)



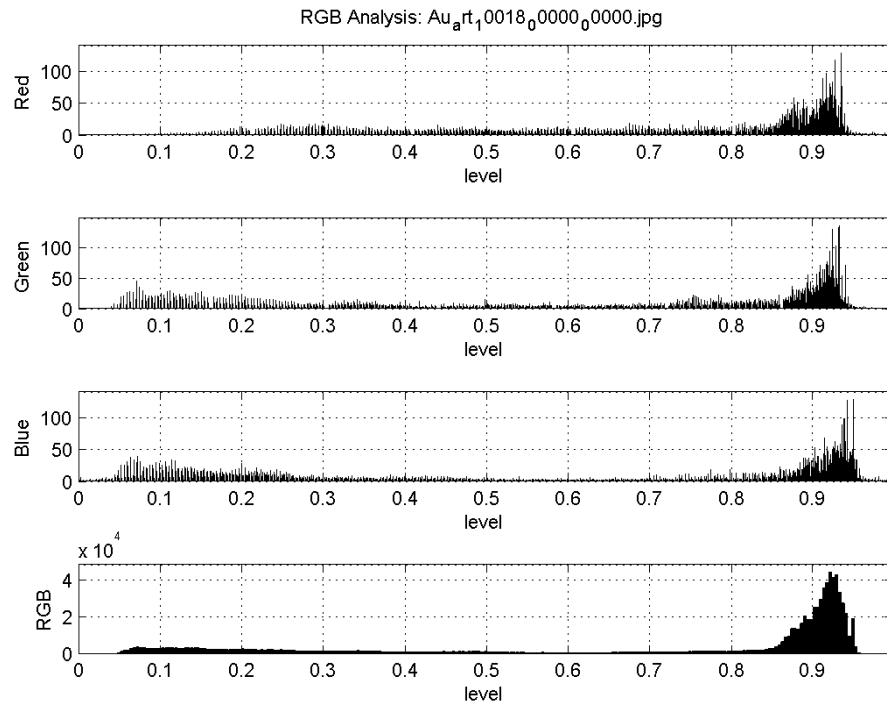
7)



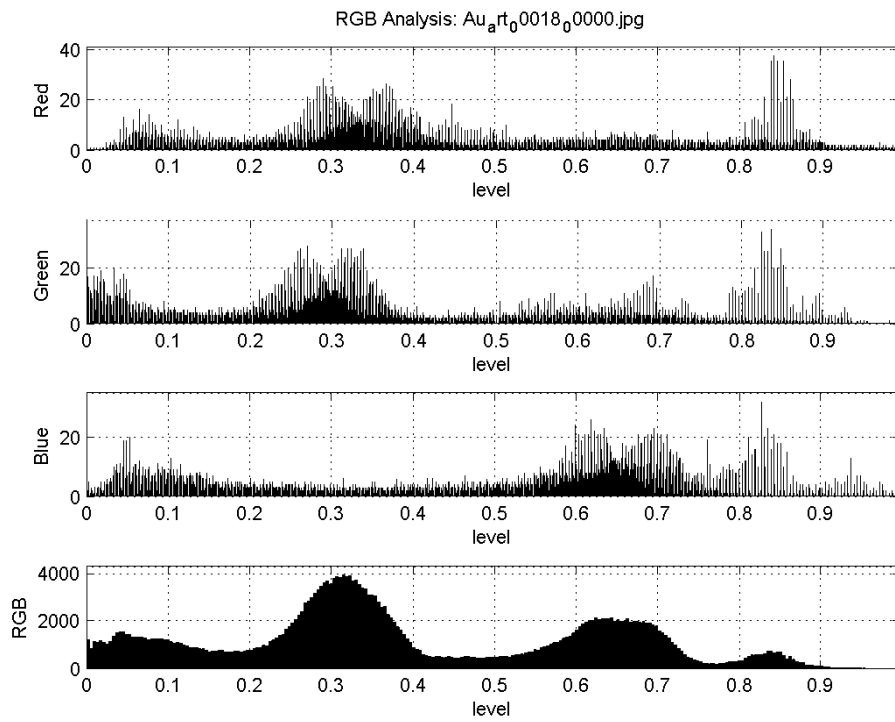
8)



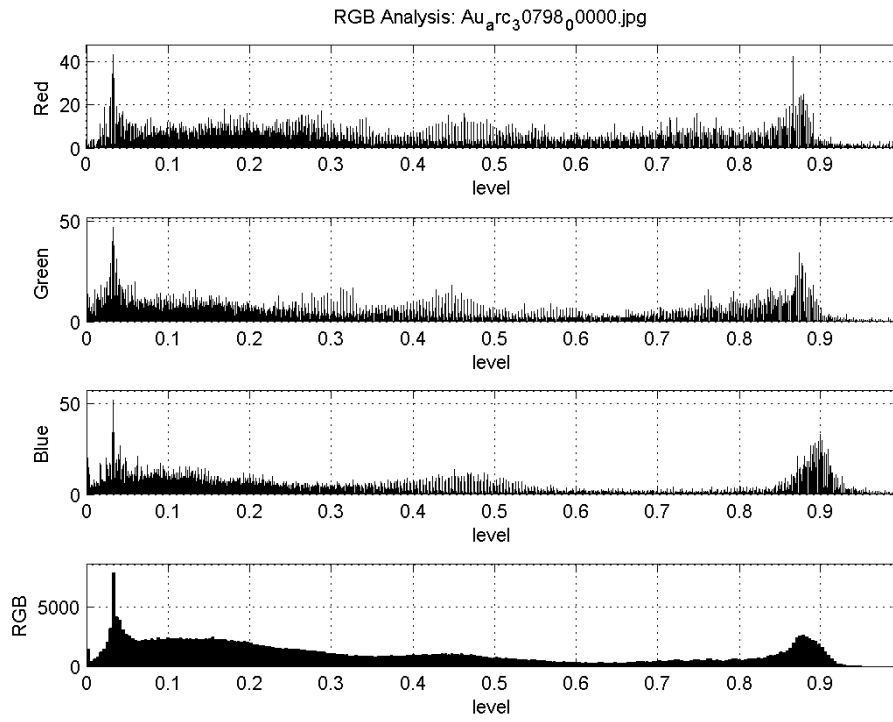
9)



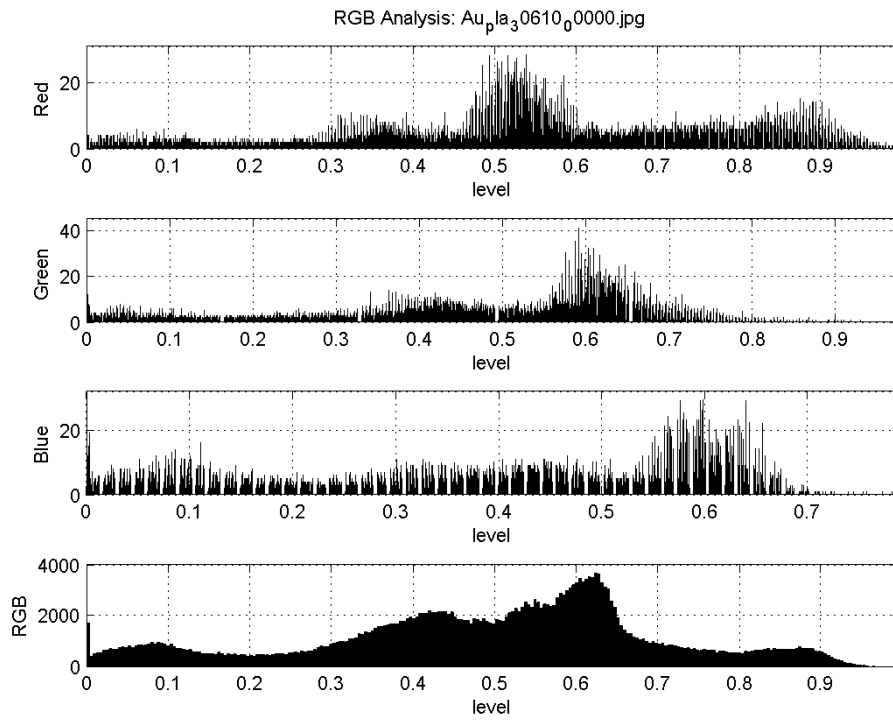
10)



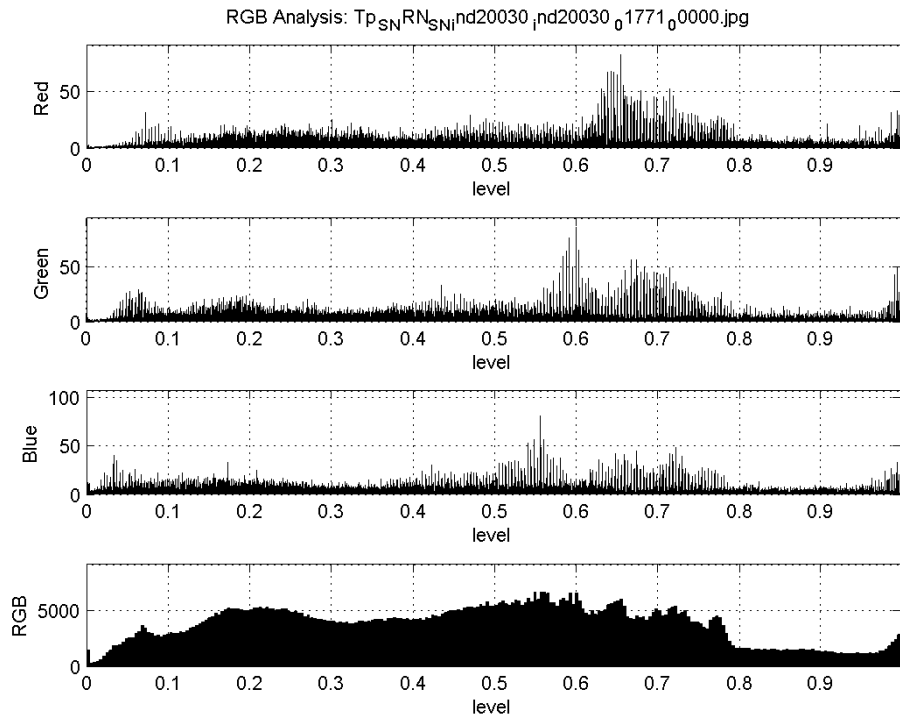
11)



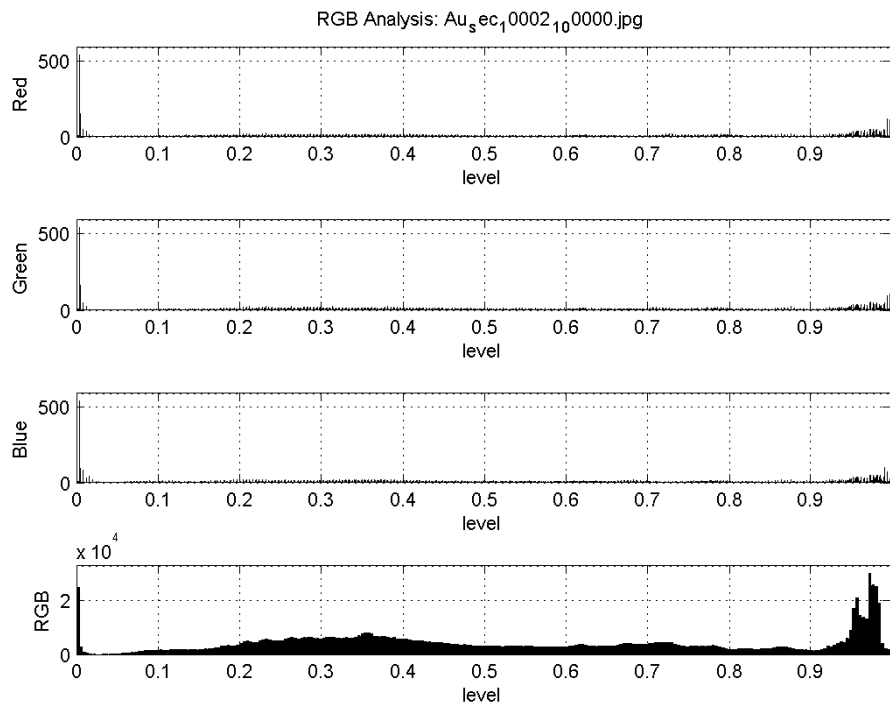
12)



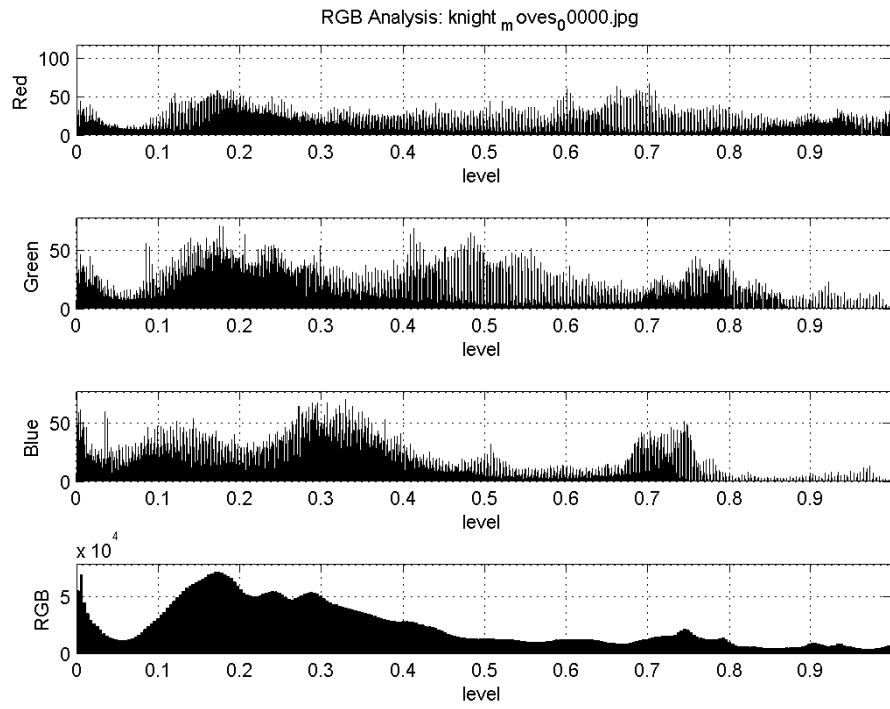
13)



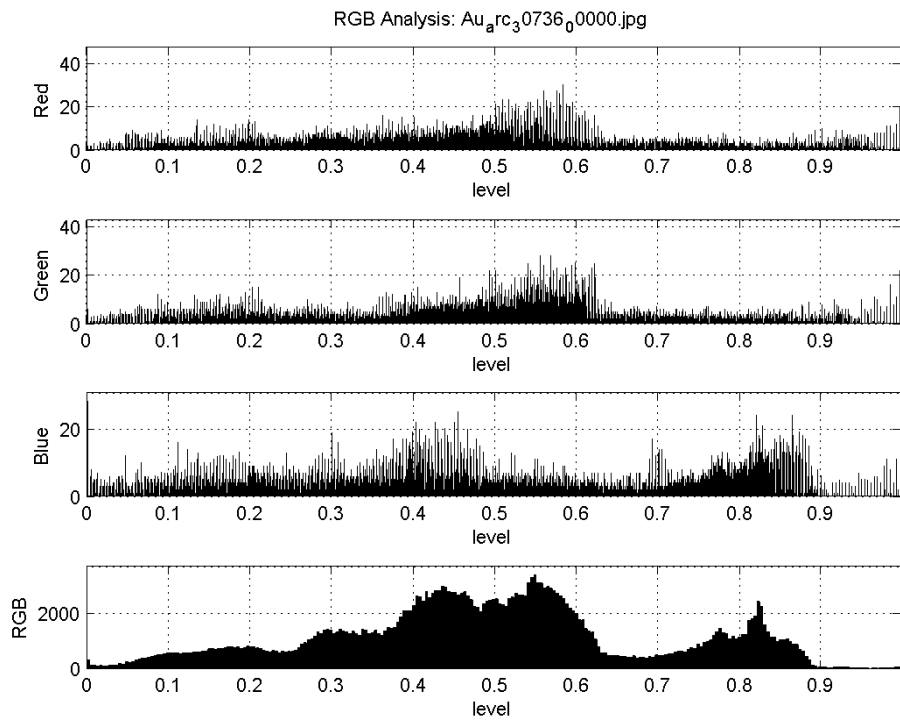
14)



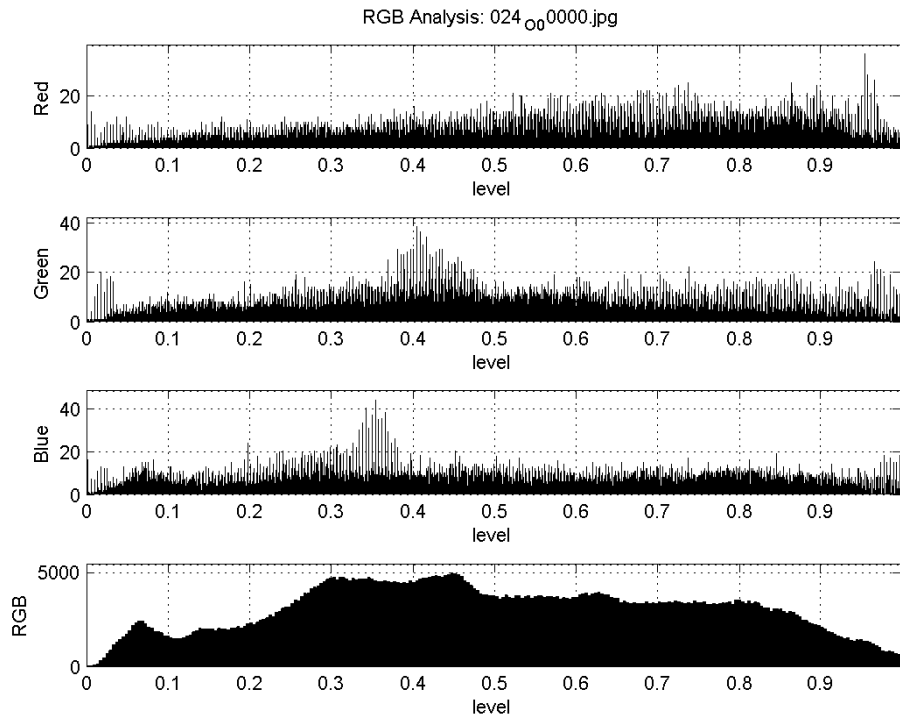
15)



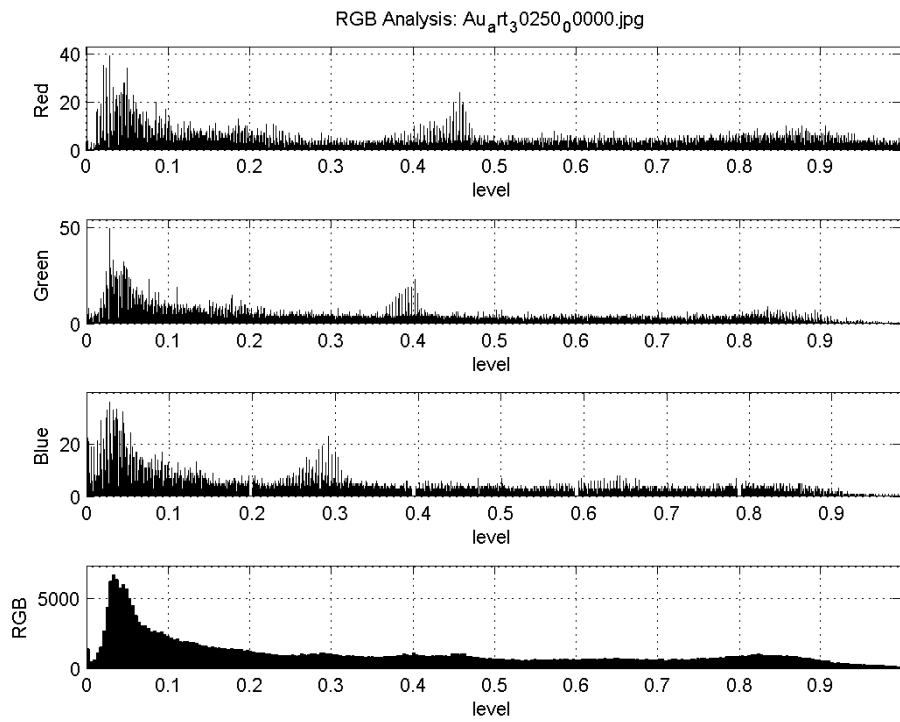
16)



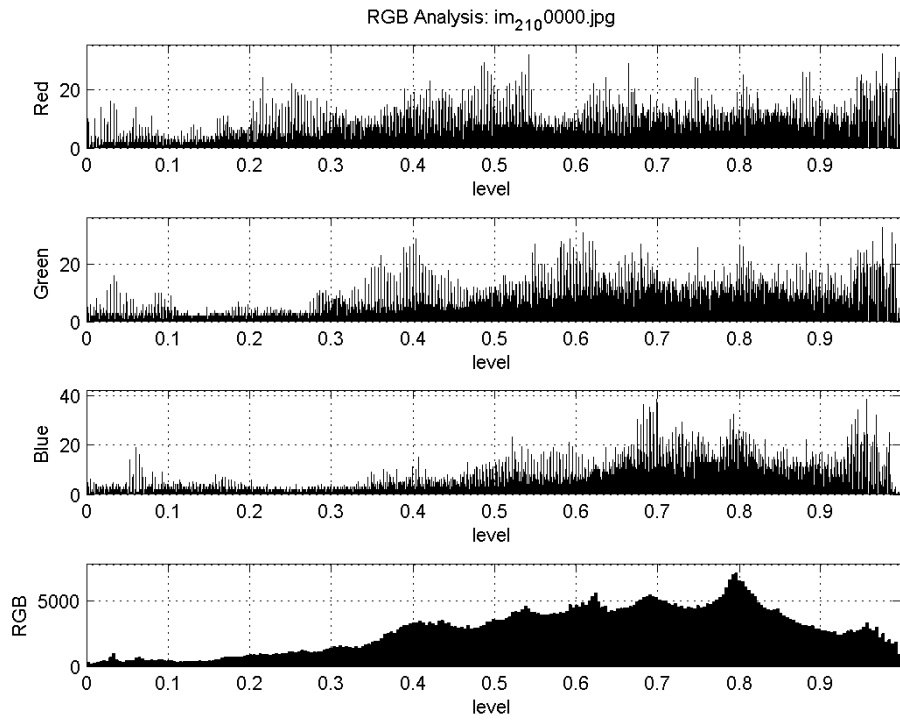
17)



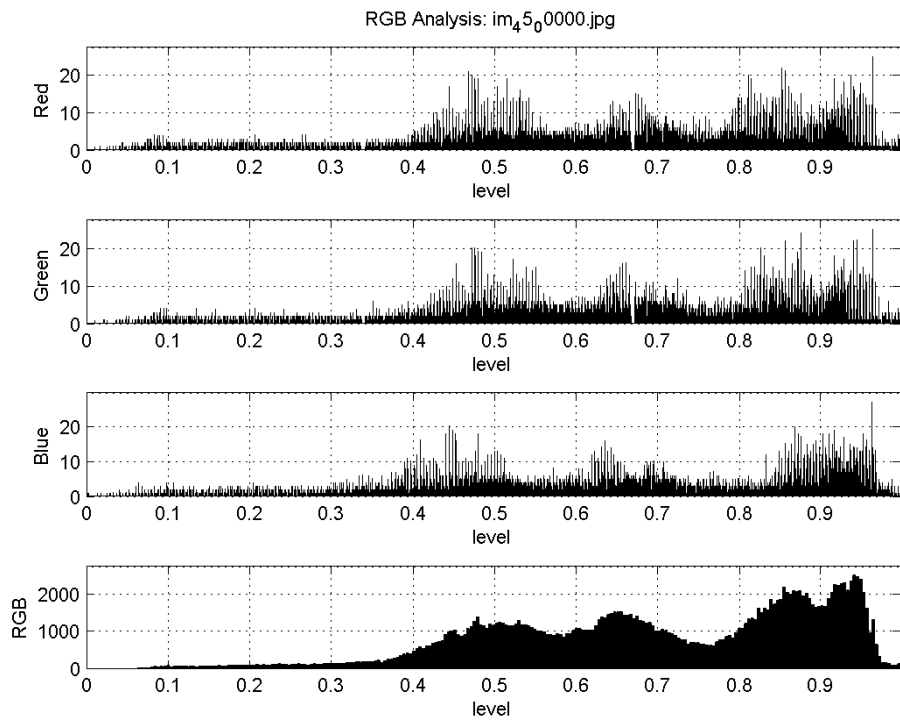
18)



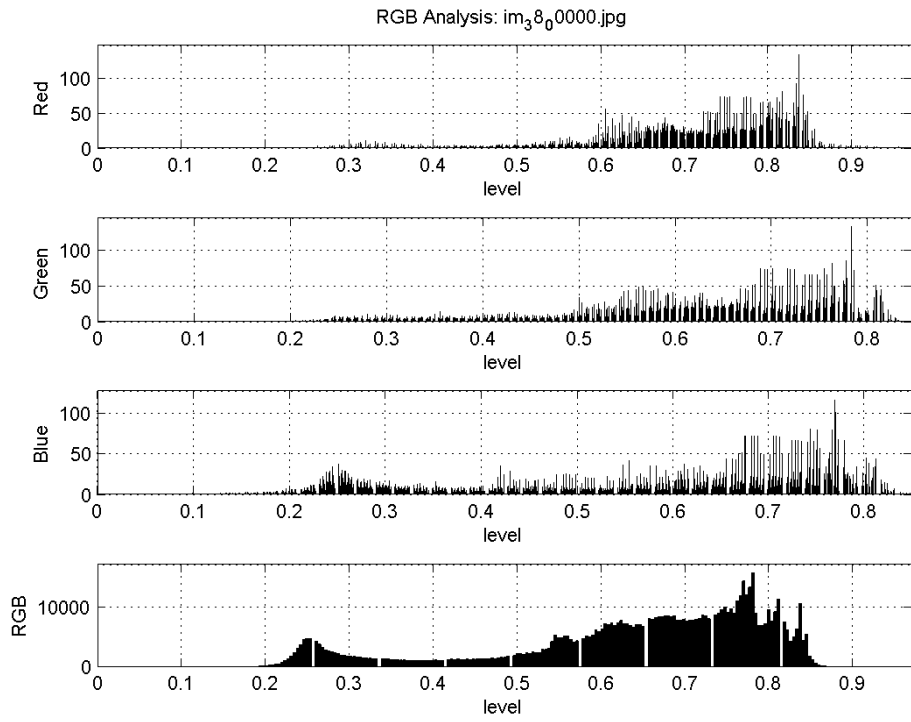
19)



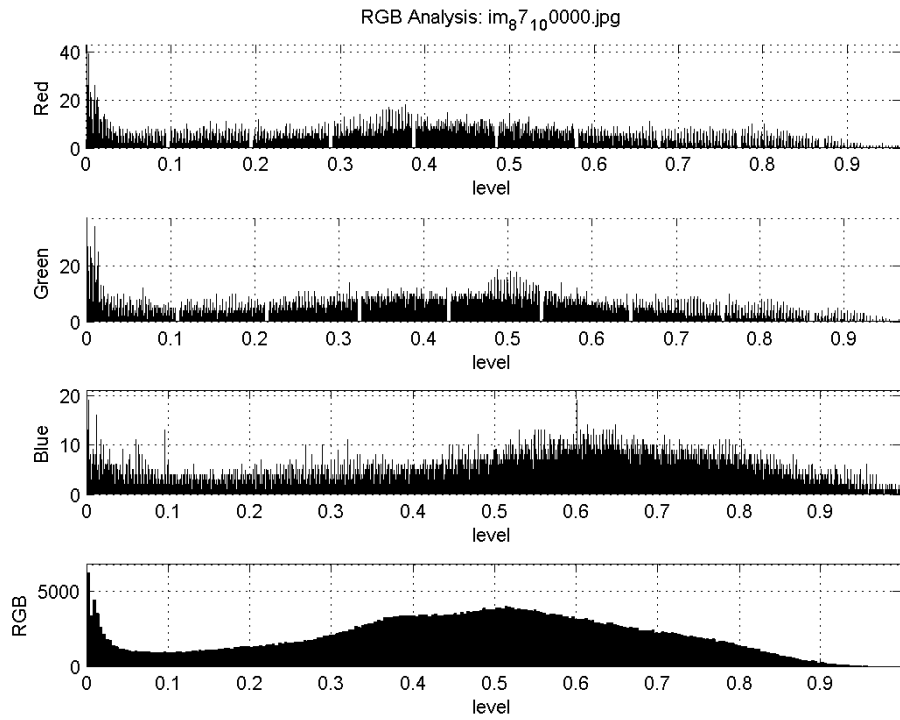
20)



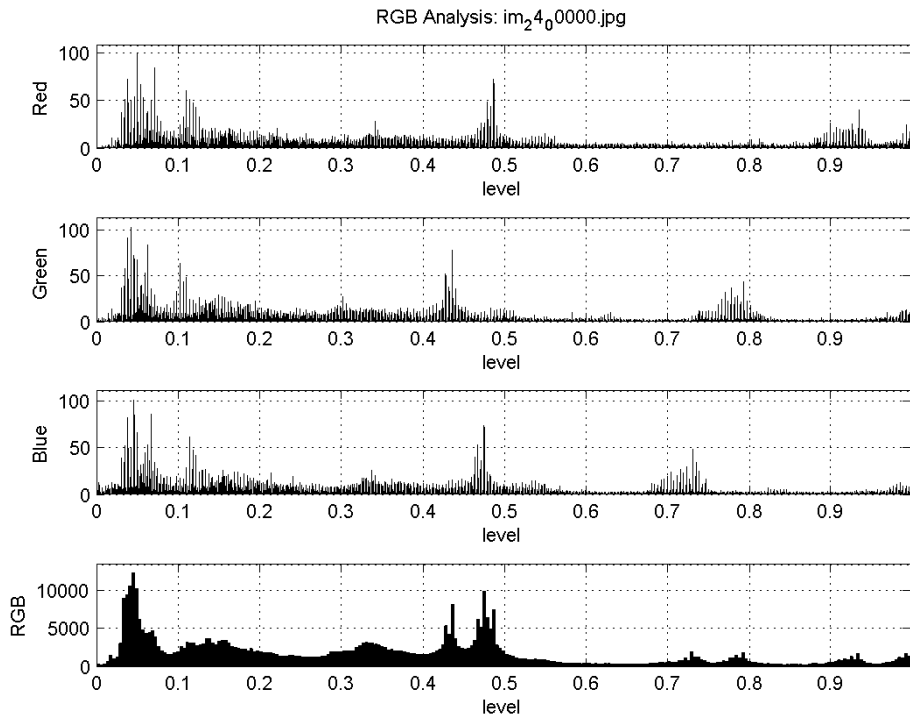
21)



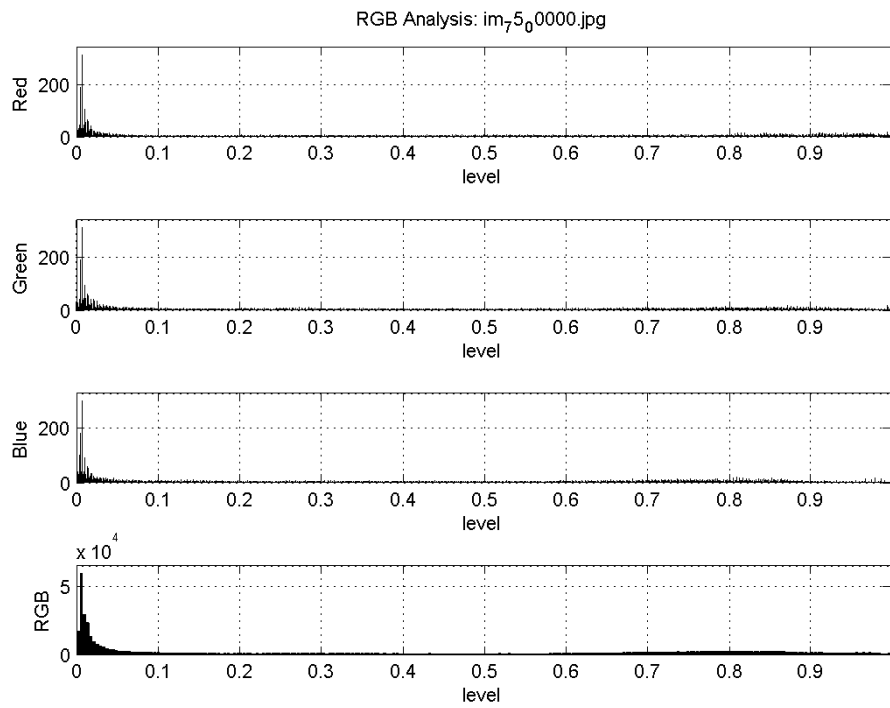
22)



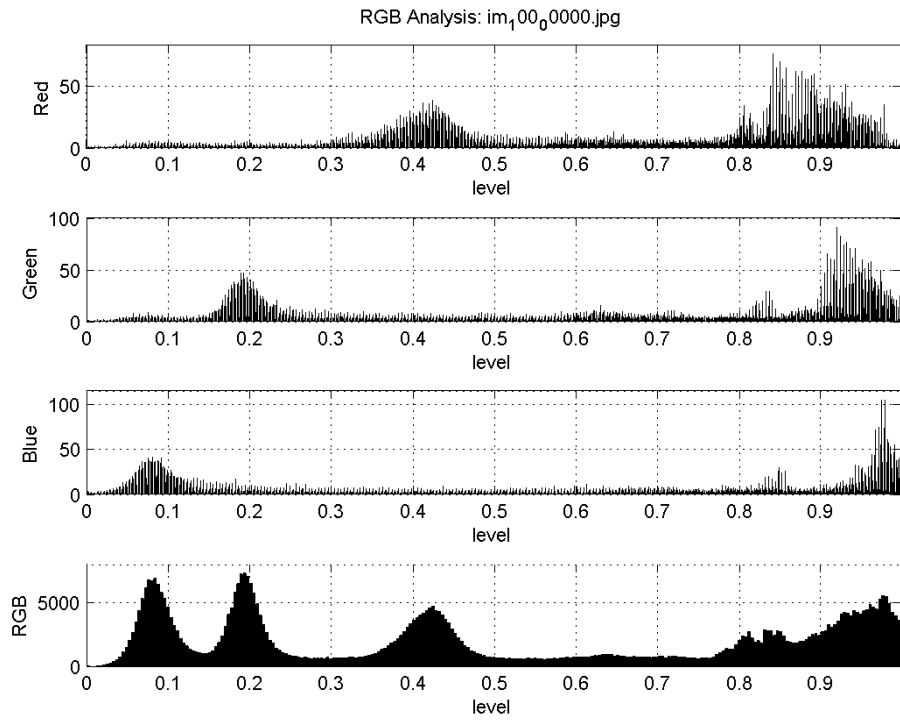
23)



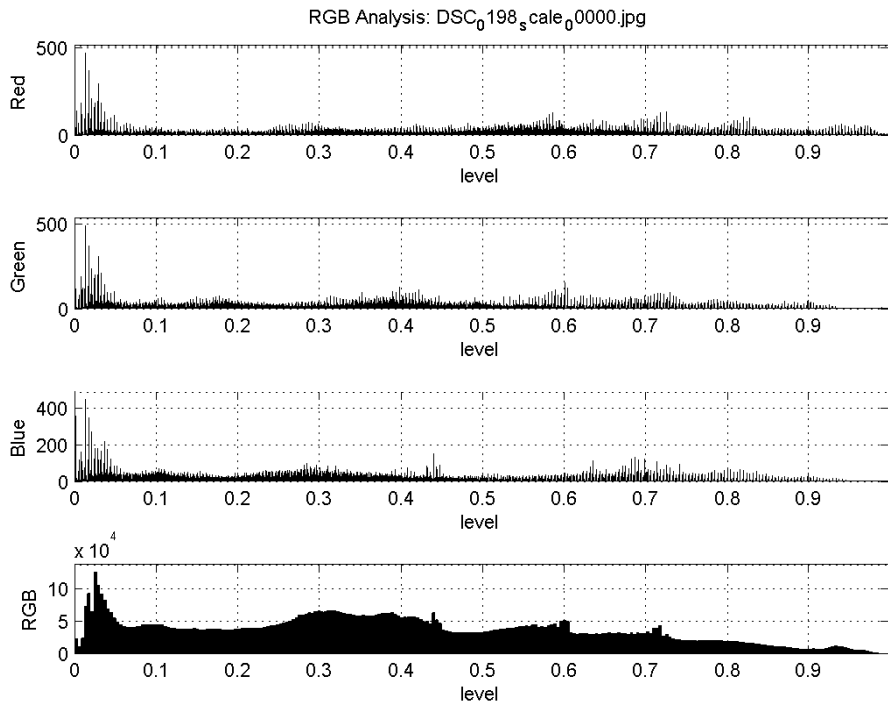
24)



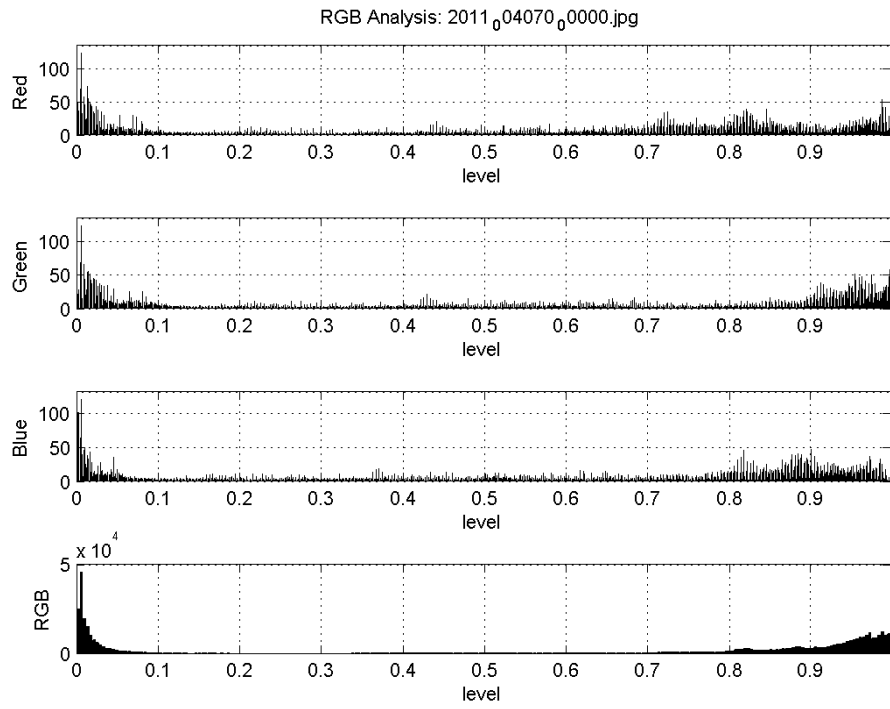
25)



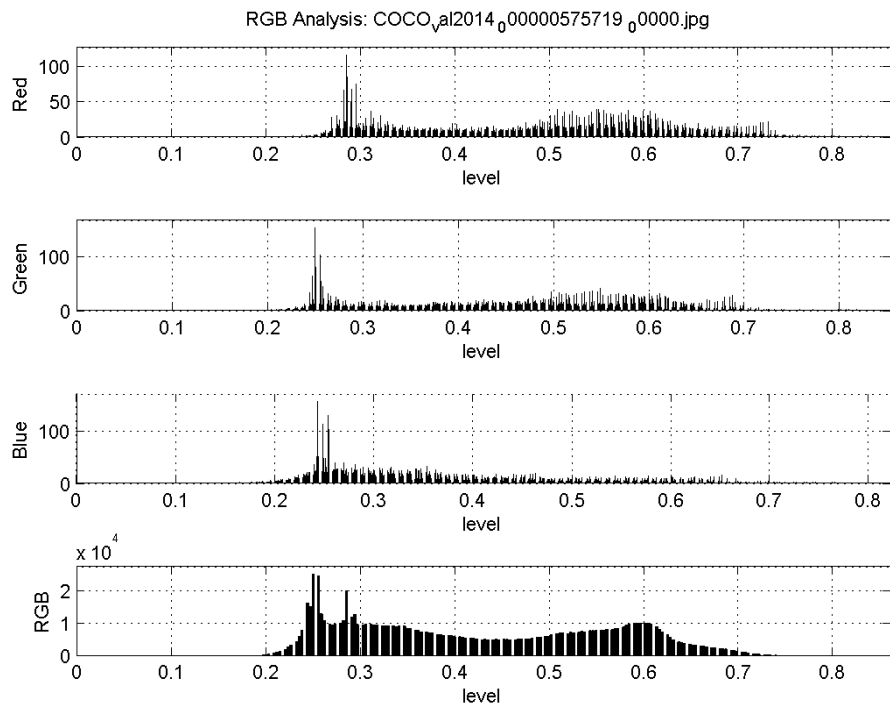
26)



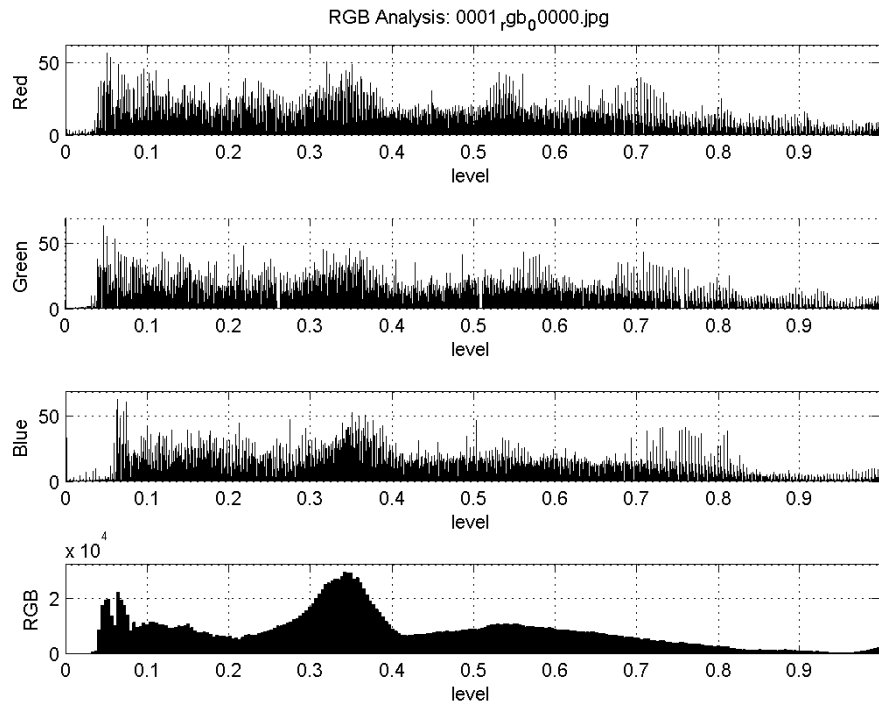
27)



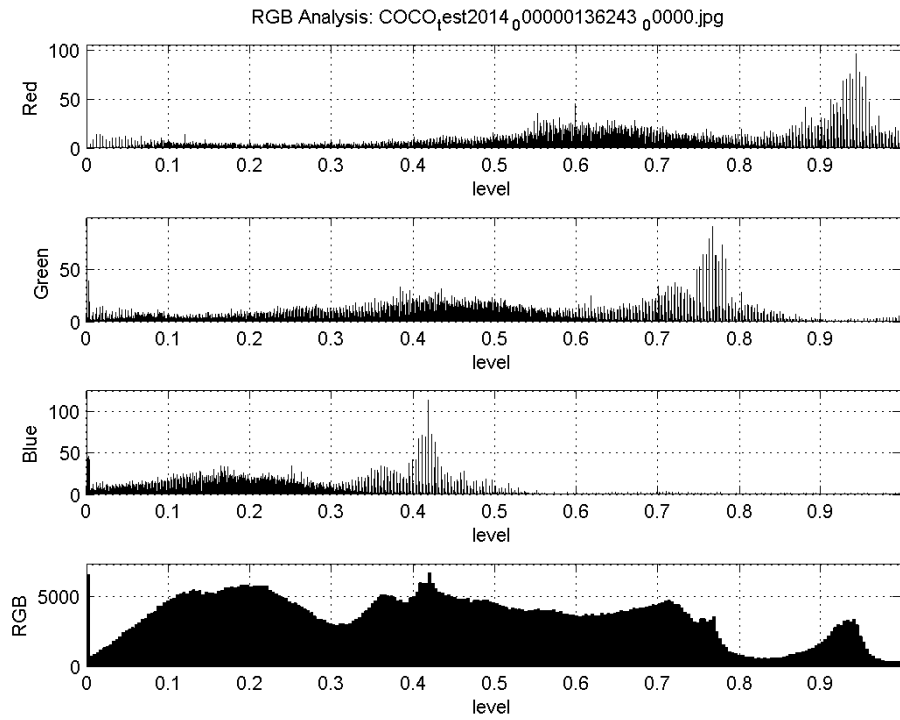
28)



29)

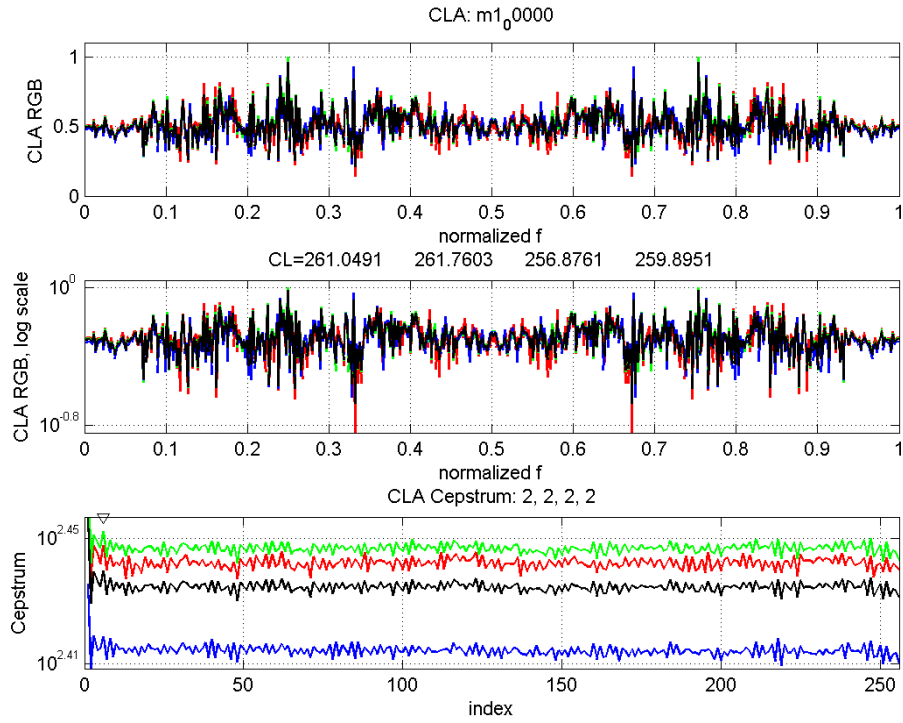


30)

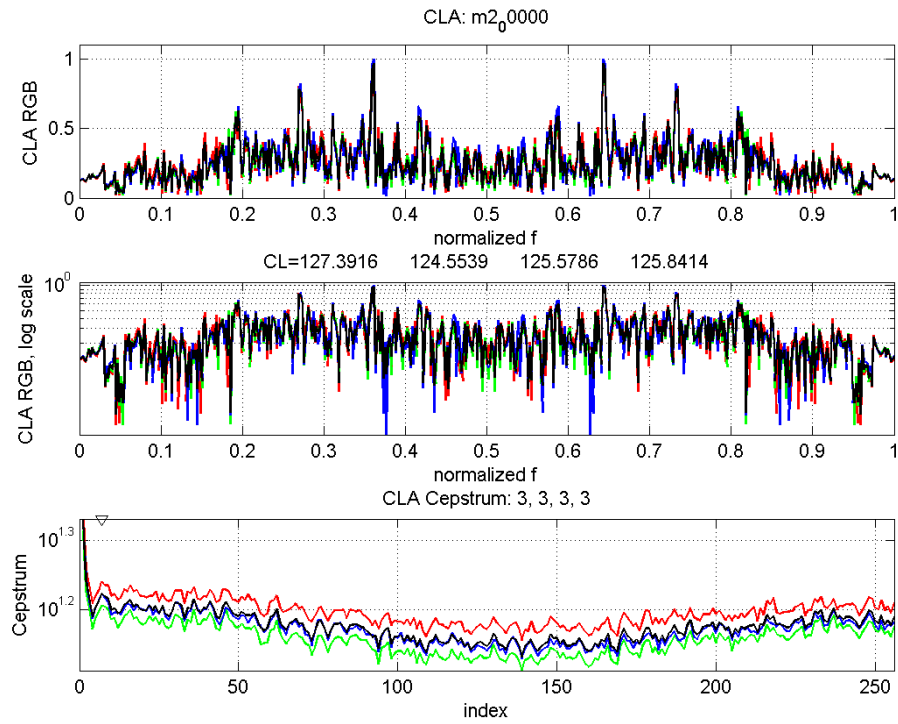


Ek-4: 3.2.5. CLA Analizi Sonuçları

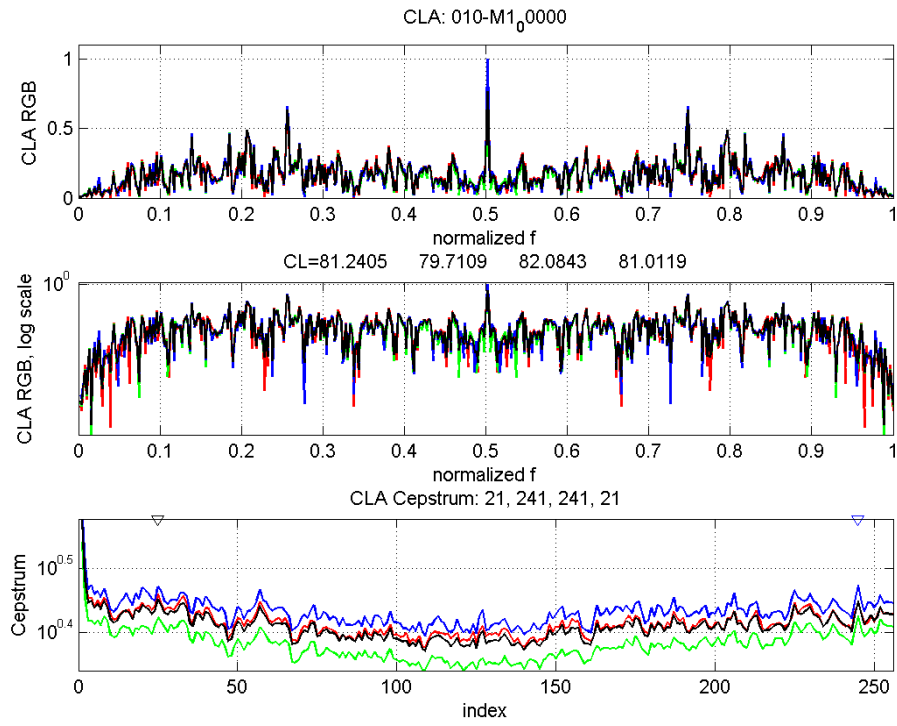
1)



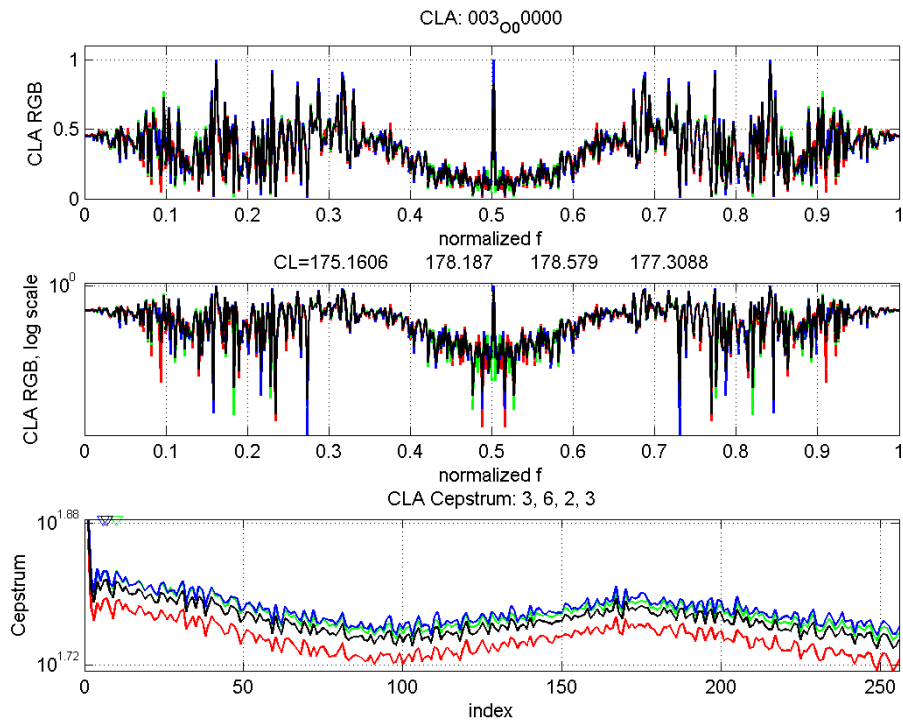
2)



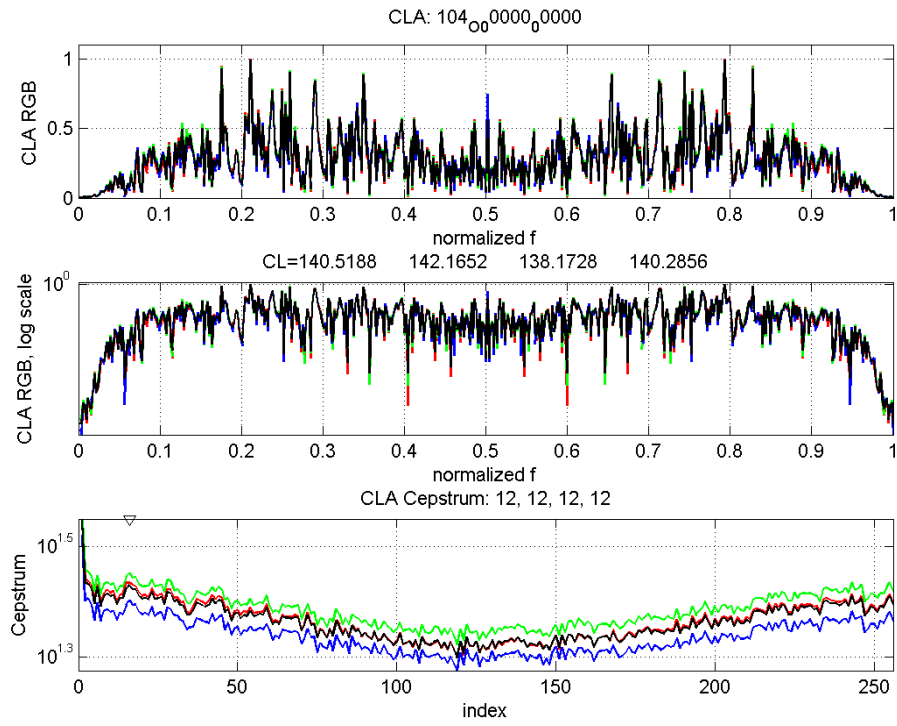
3)



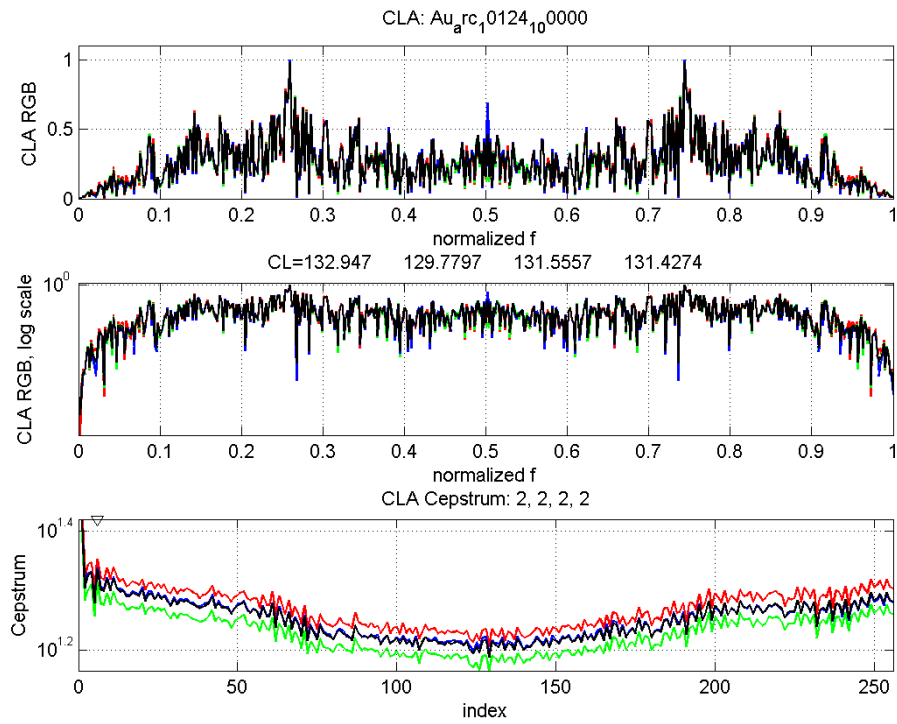
4)



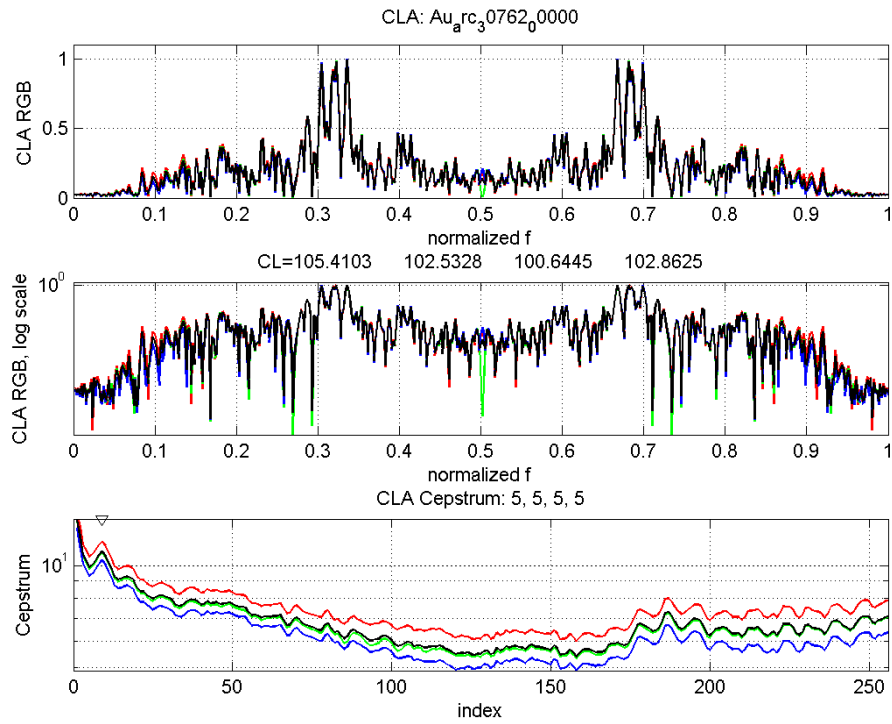
5)



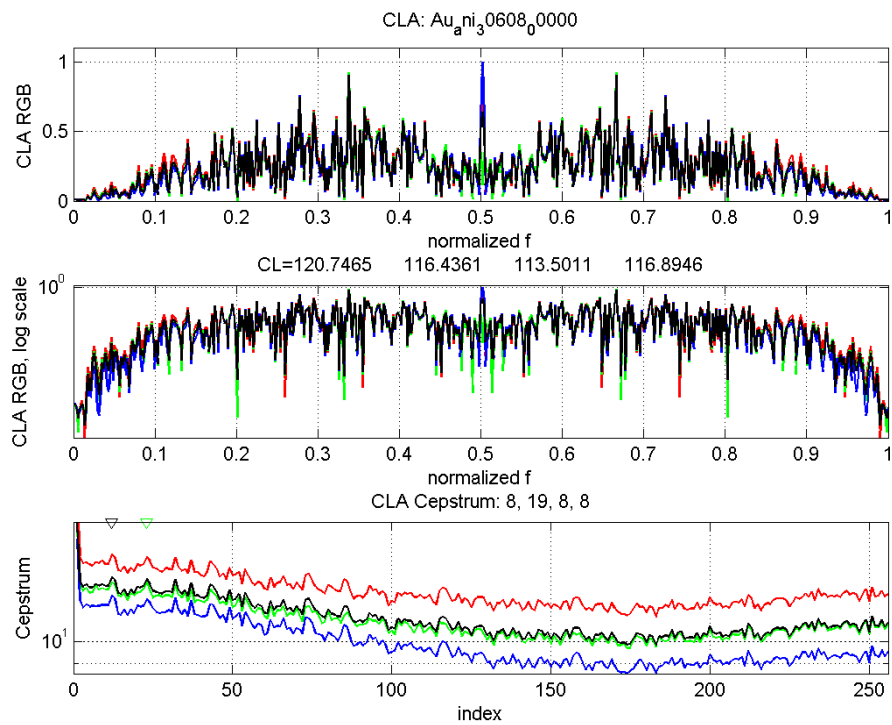
6)



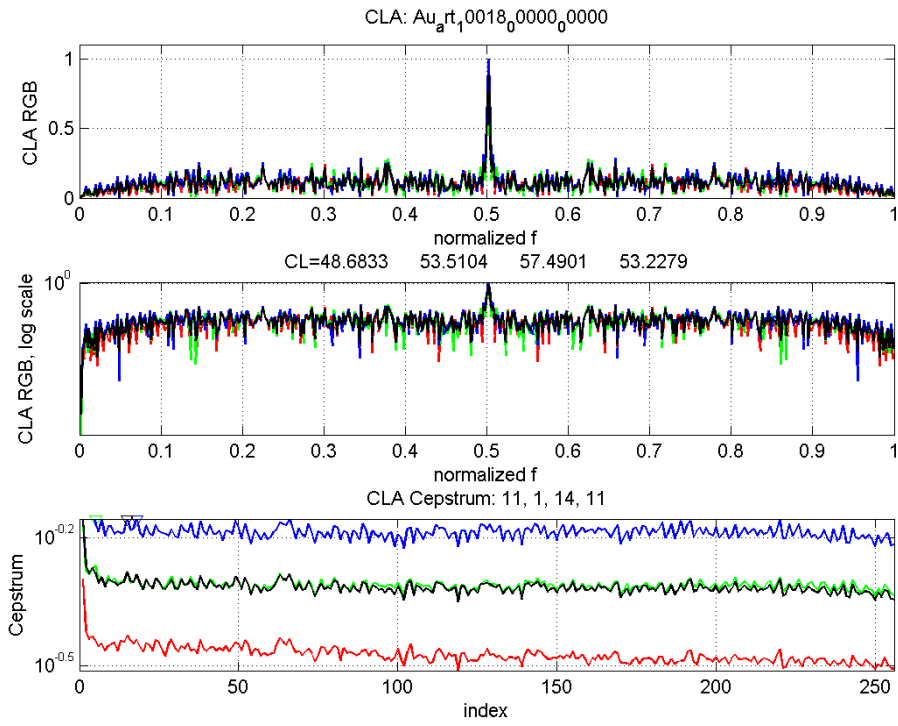
7)



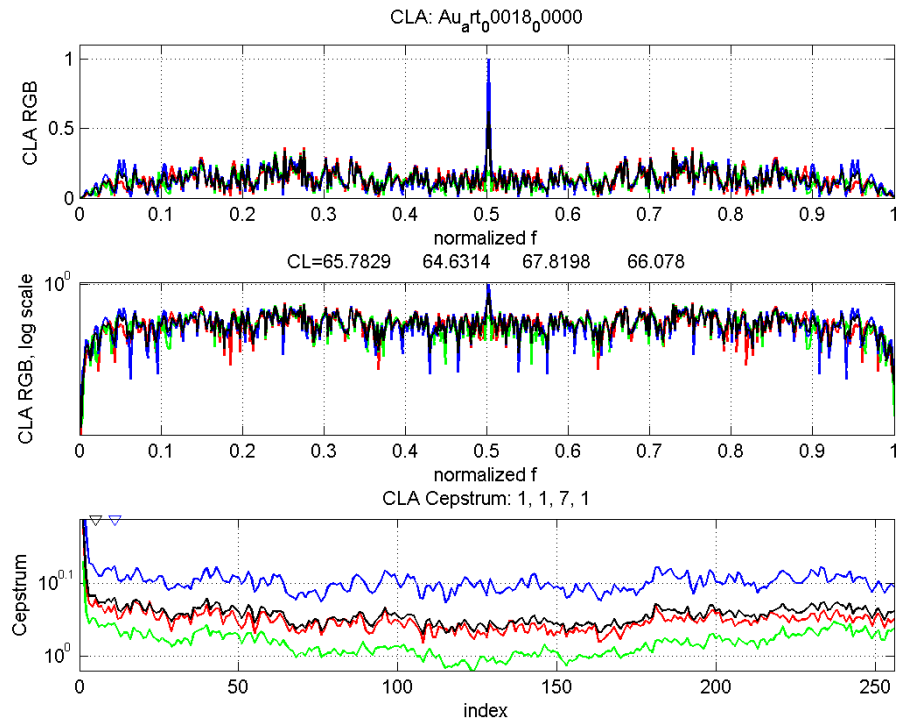
8)



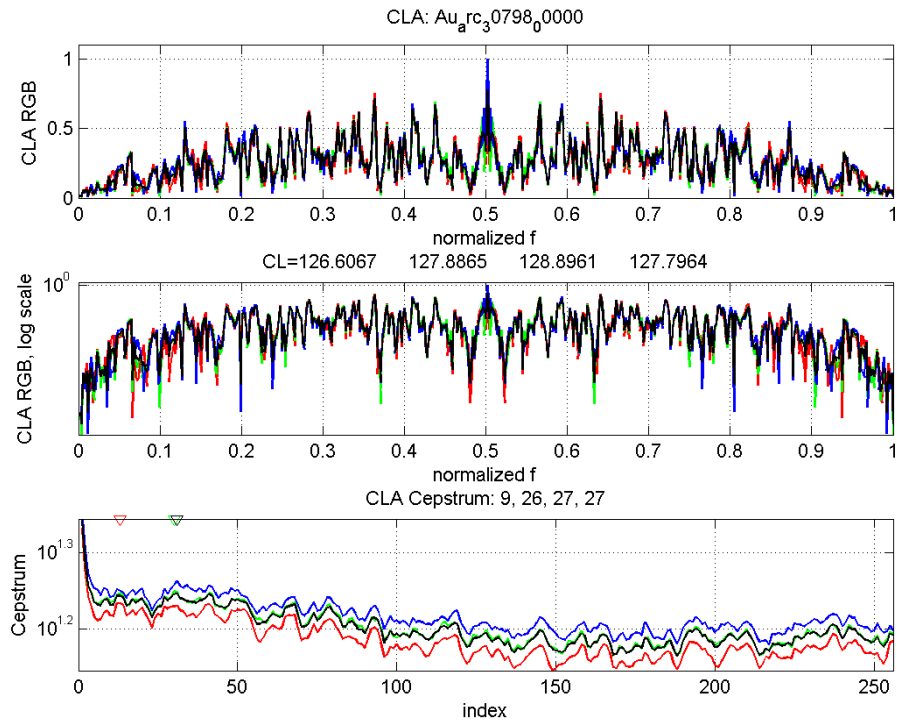
9)



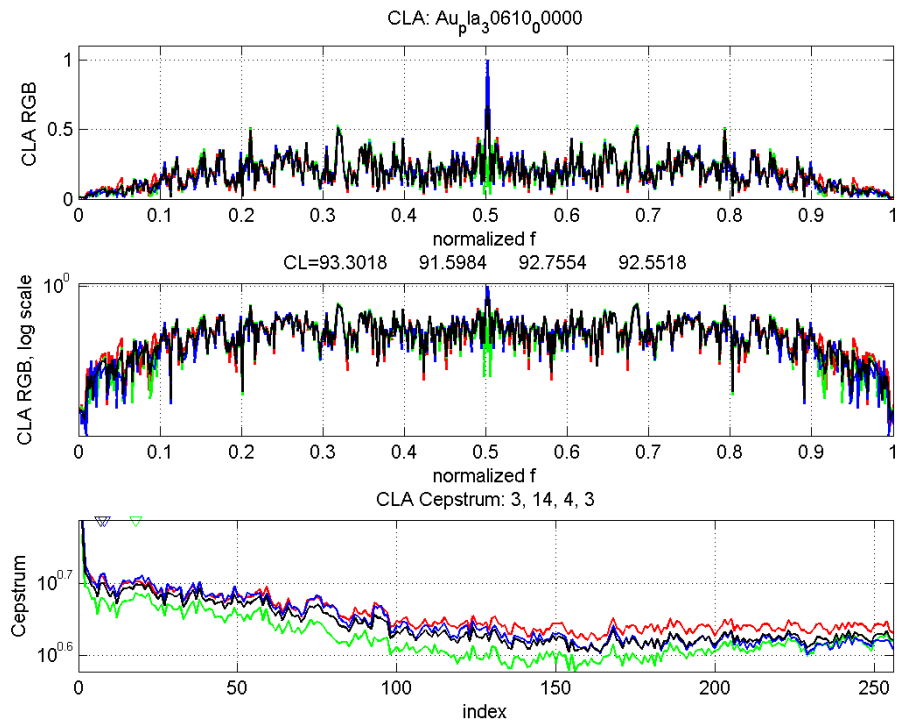
10)



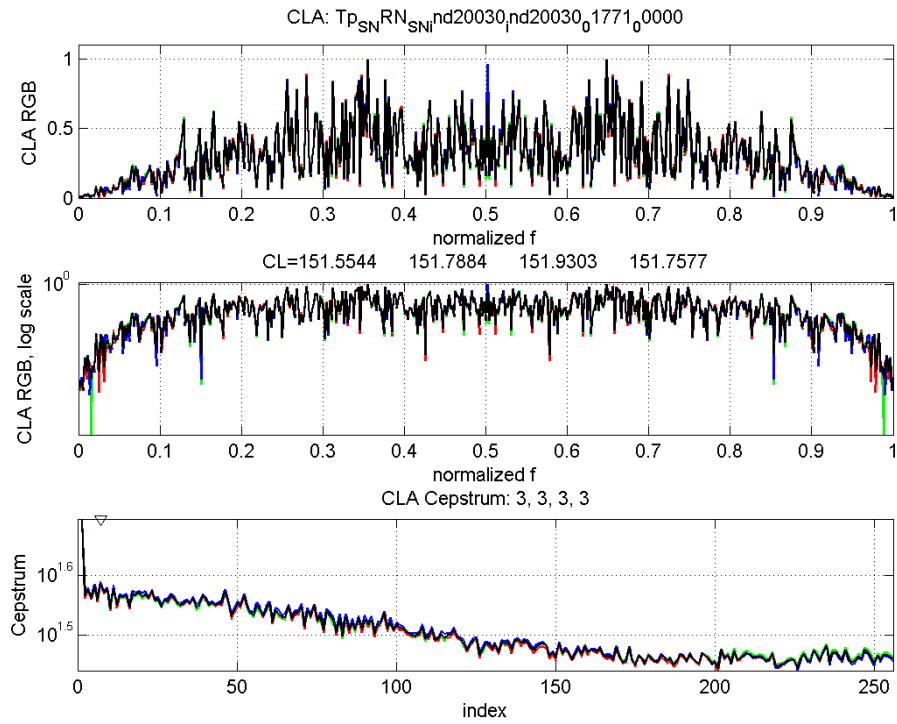
11)



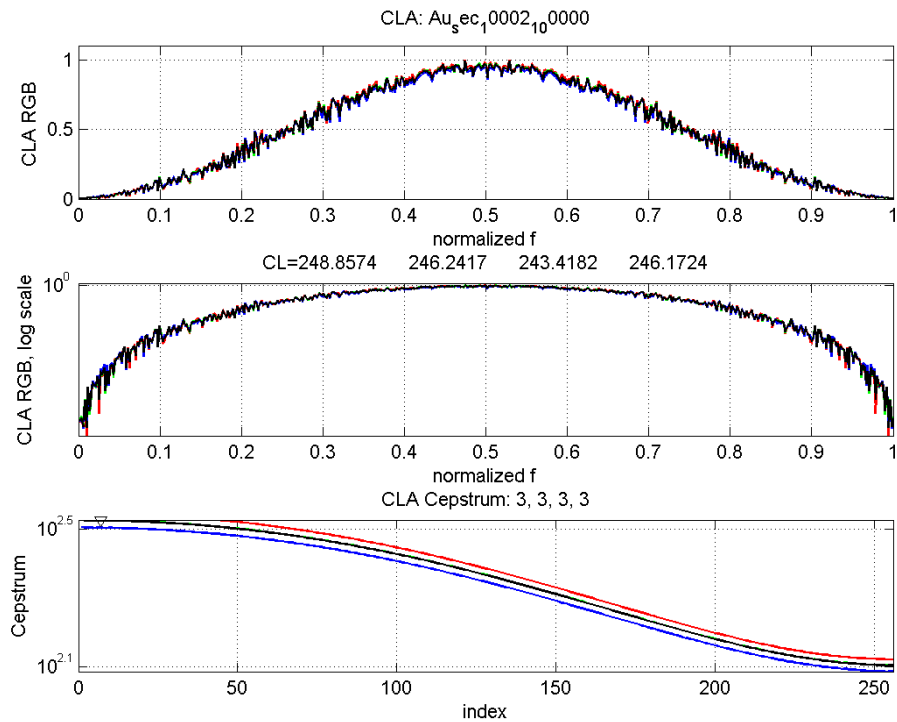
12)



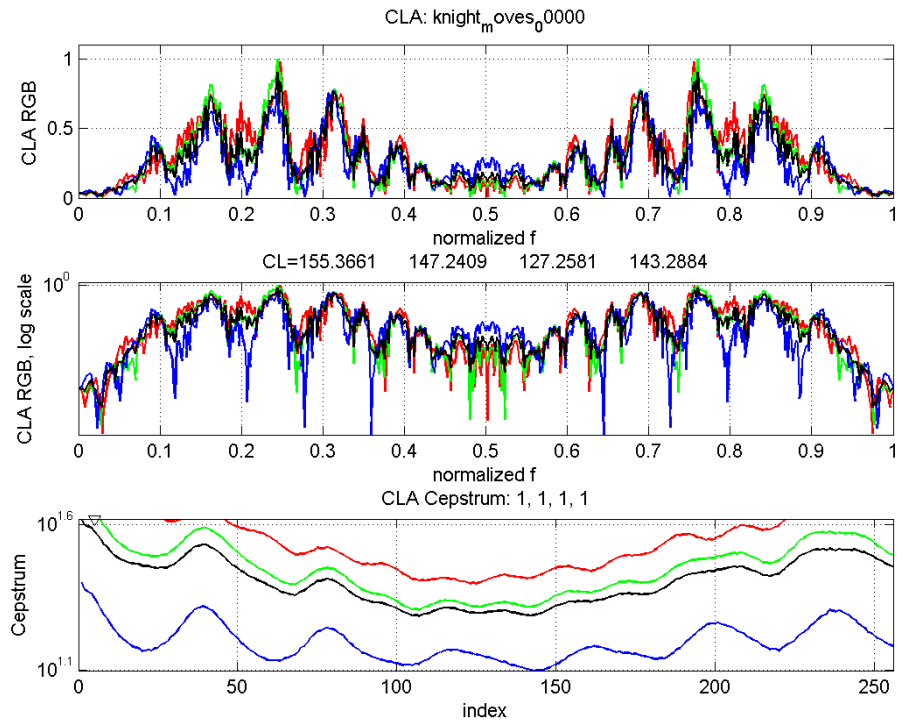
13)



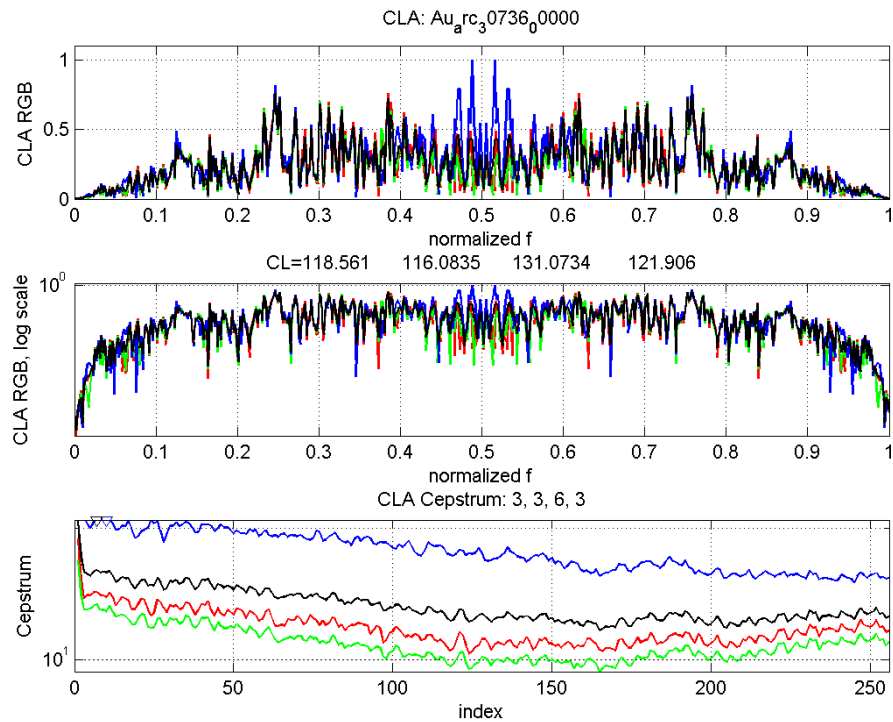
14)



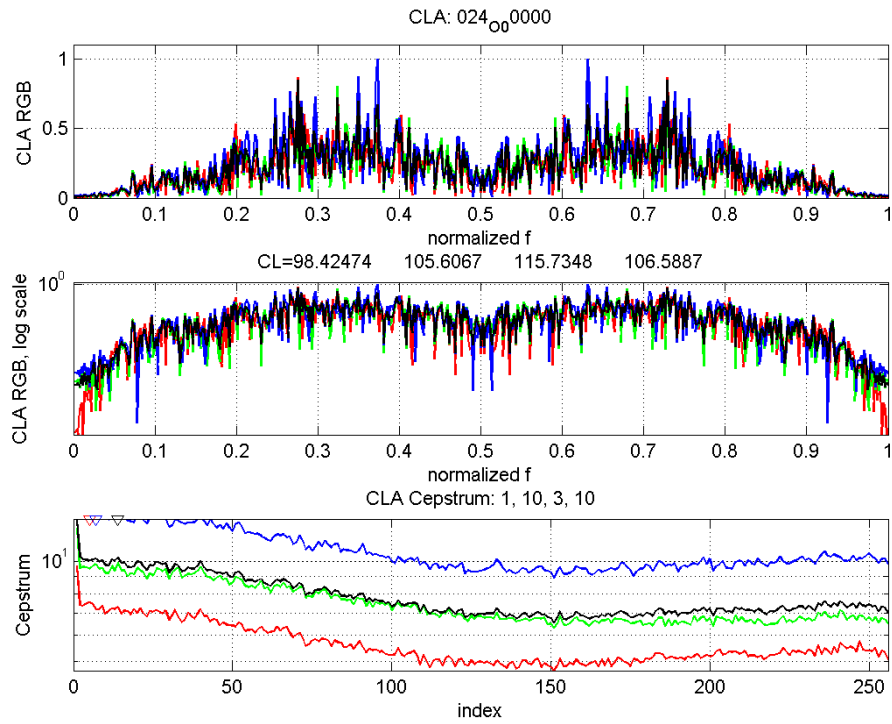
15)



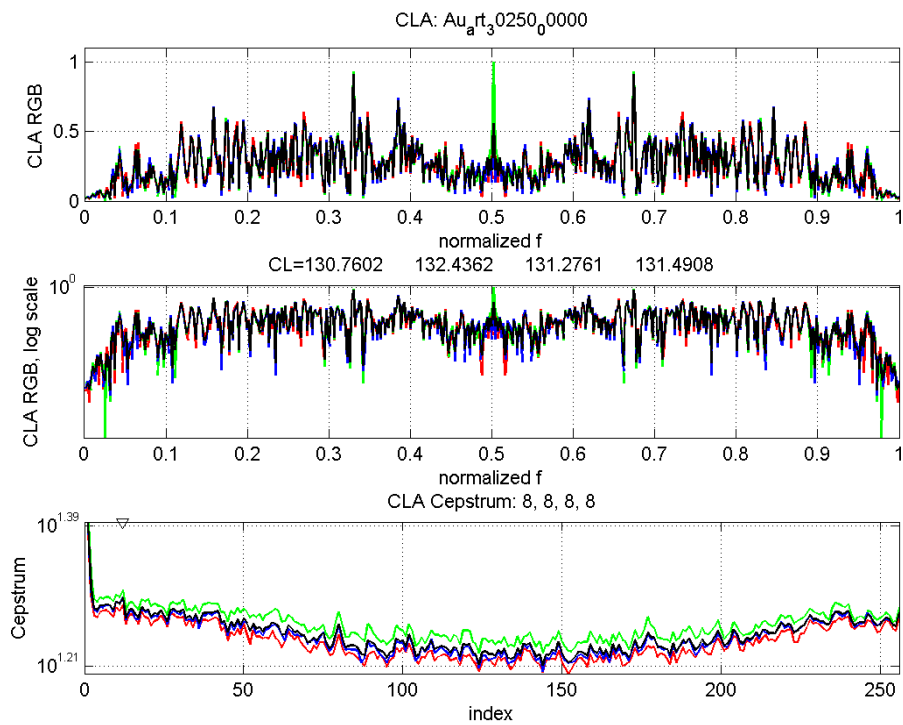
16)



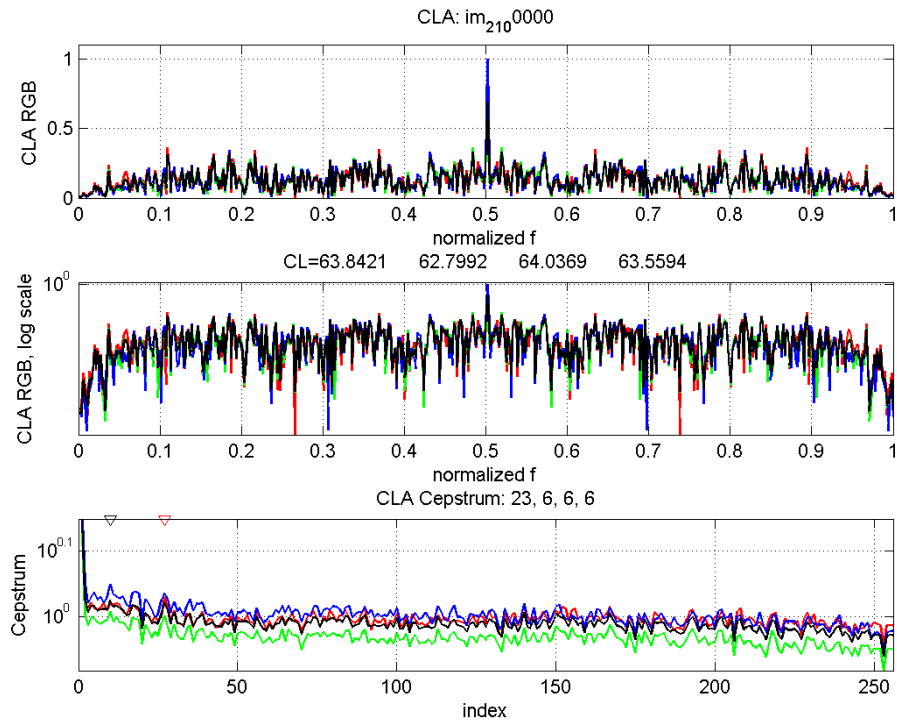
17)



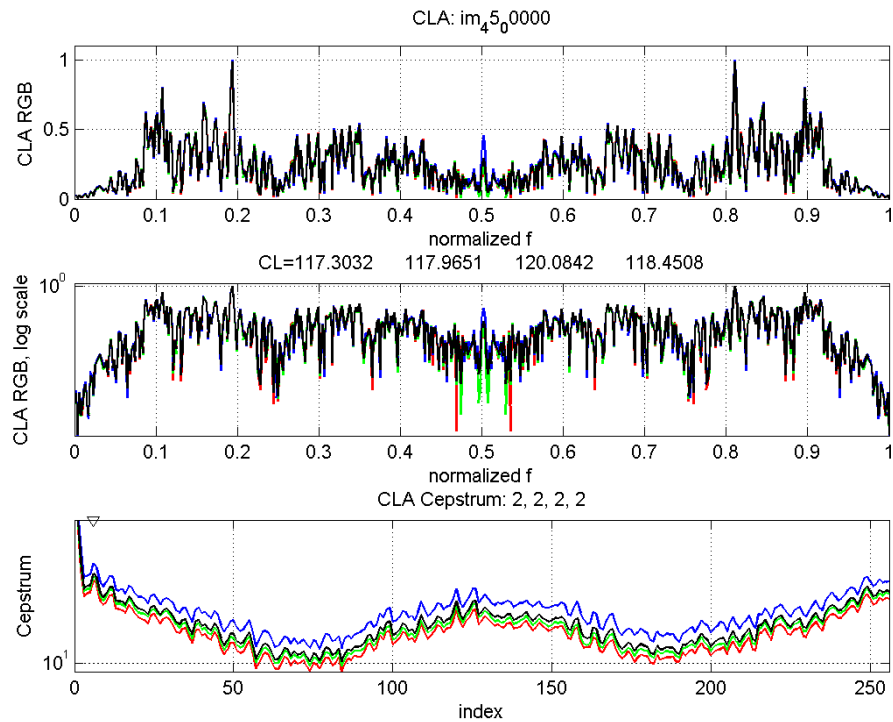
18)



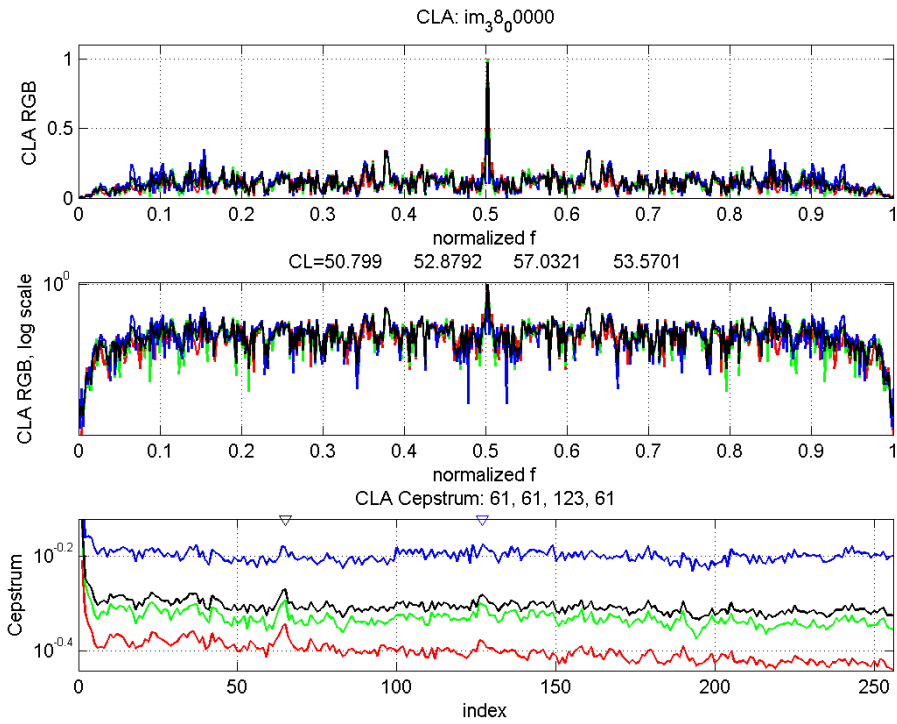
19)



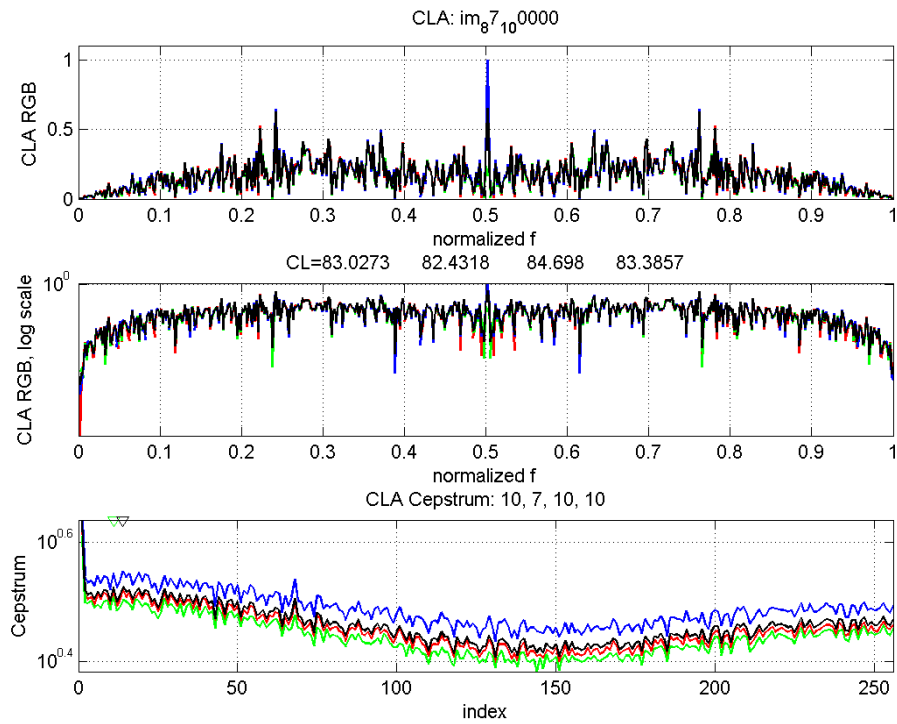
20)



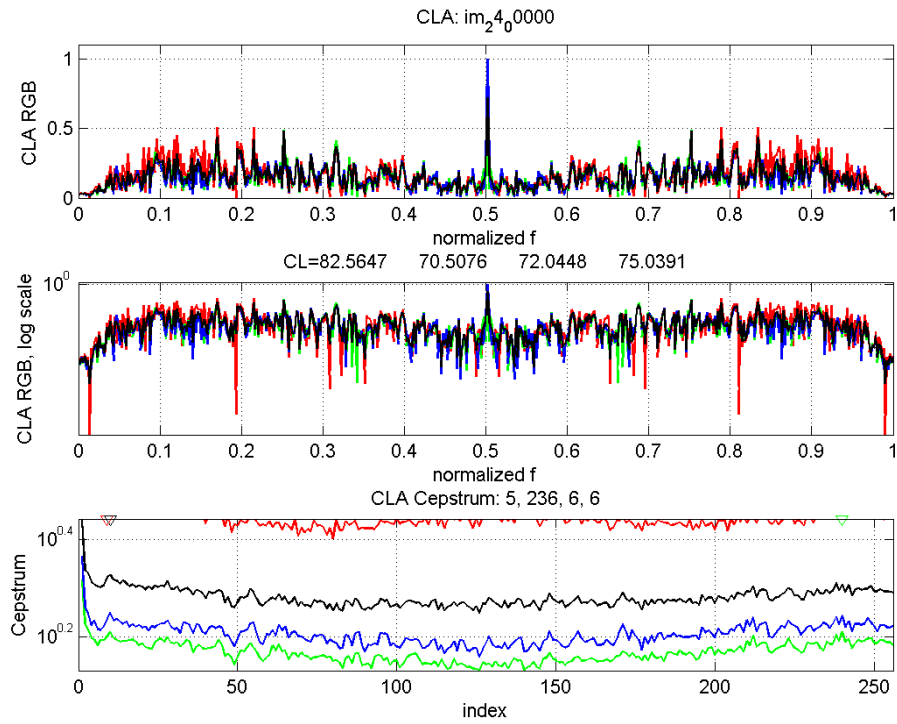
21)



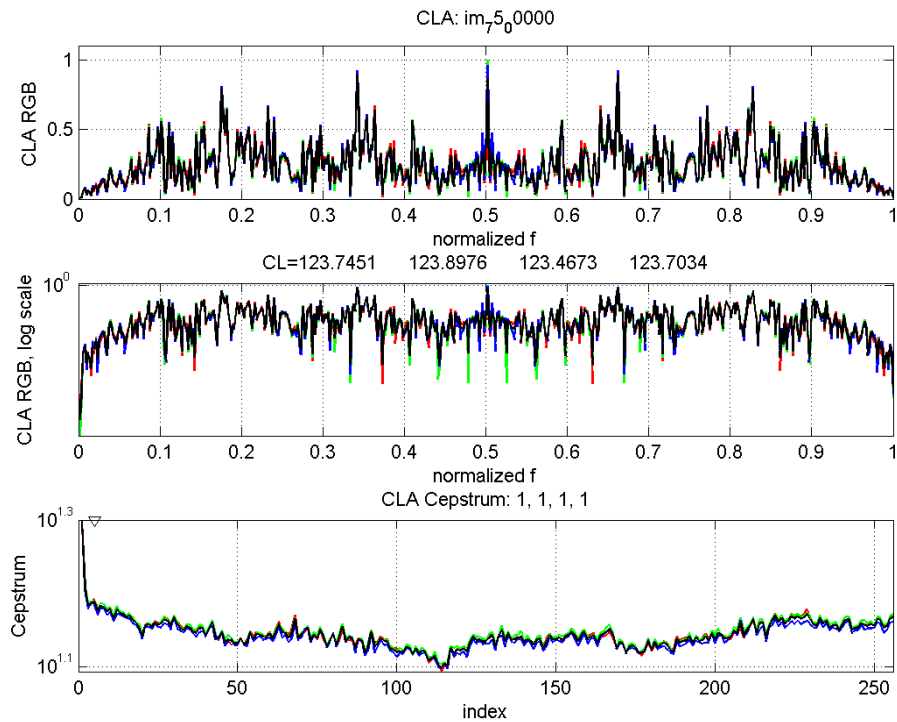
22)



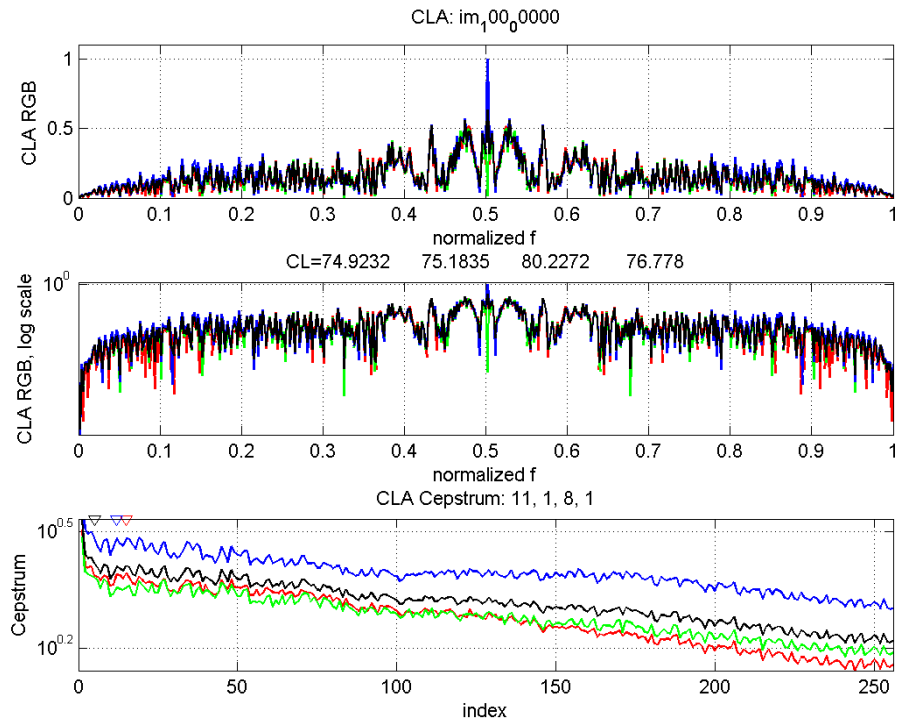
23)



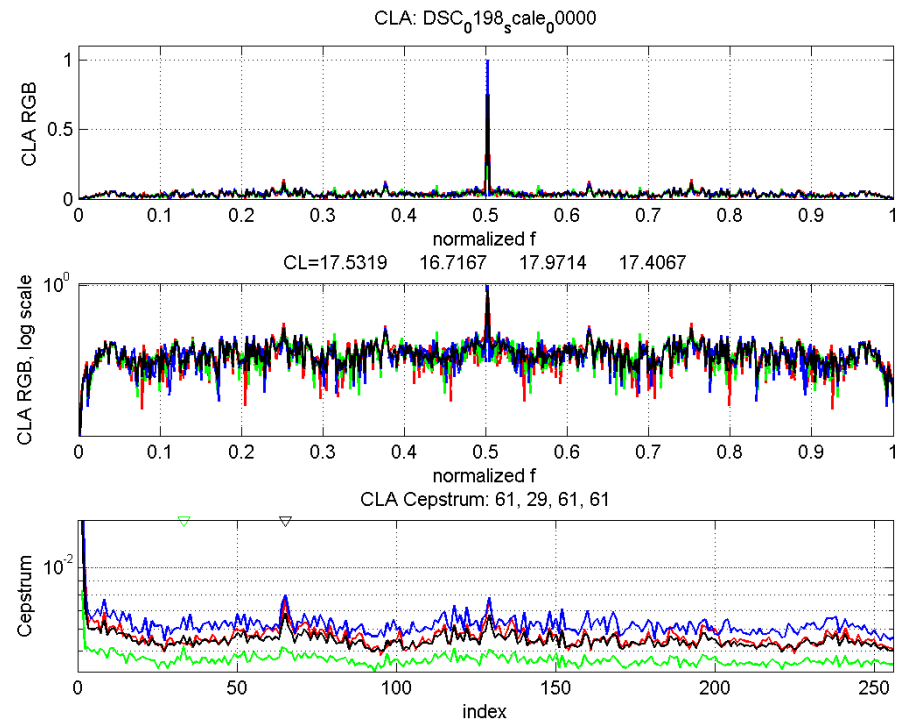
24)



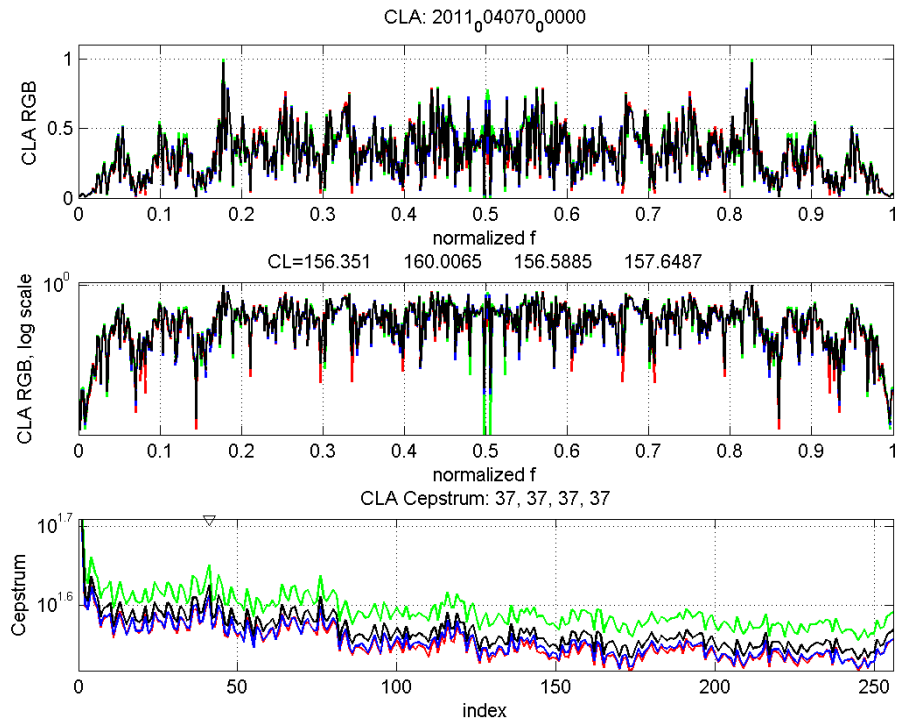
25)



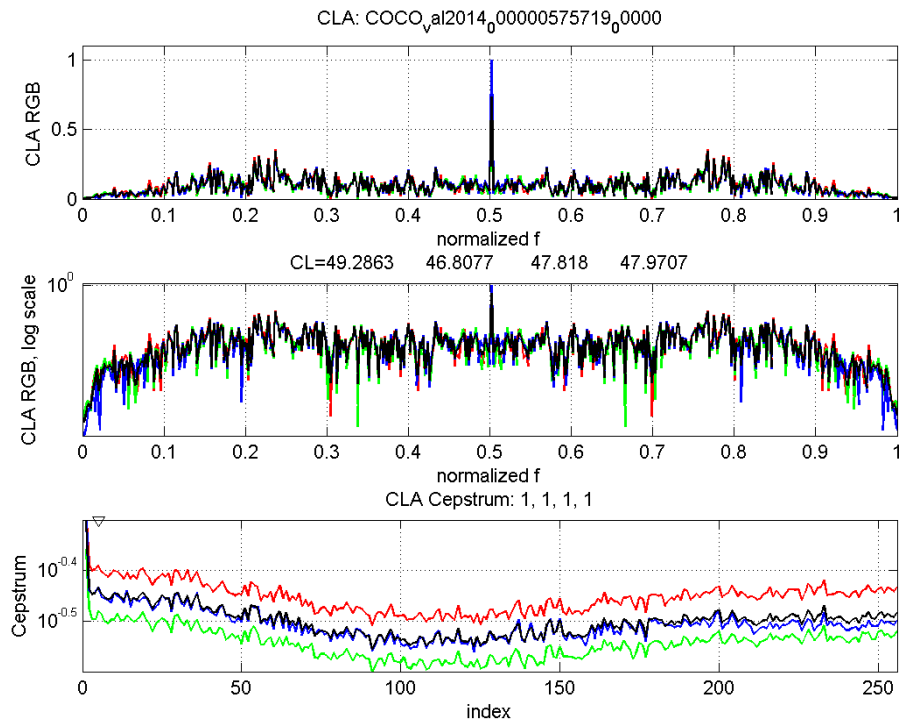
26)



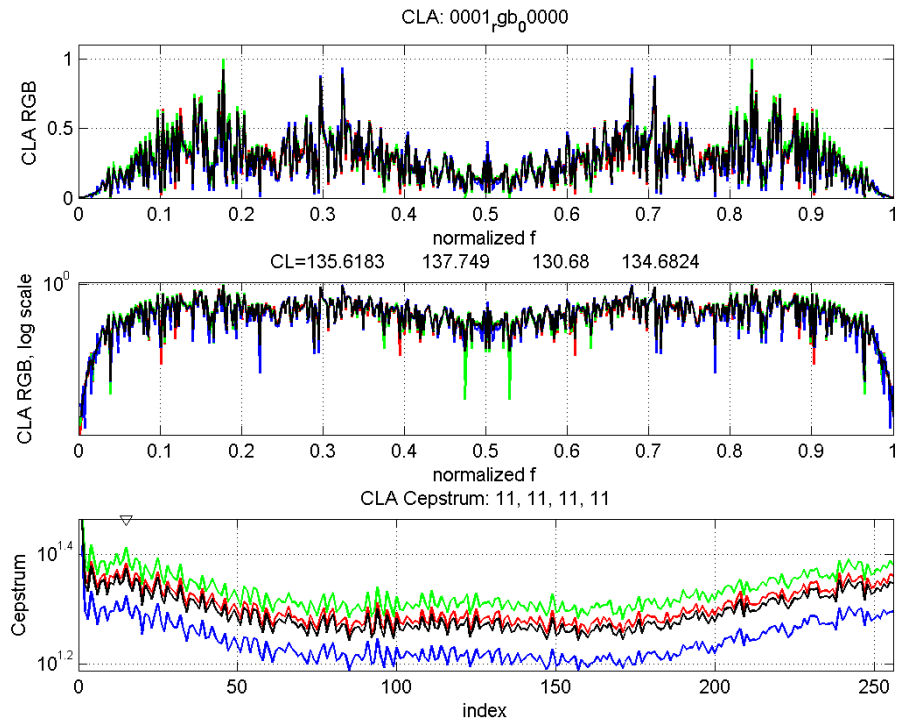
27)



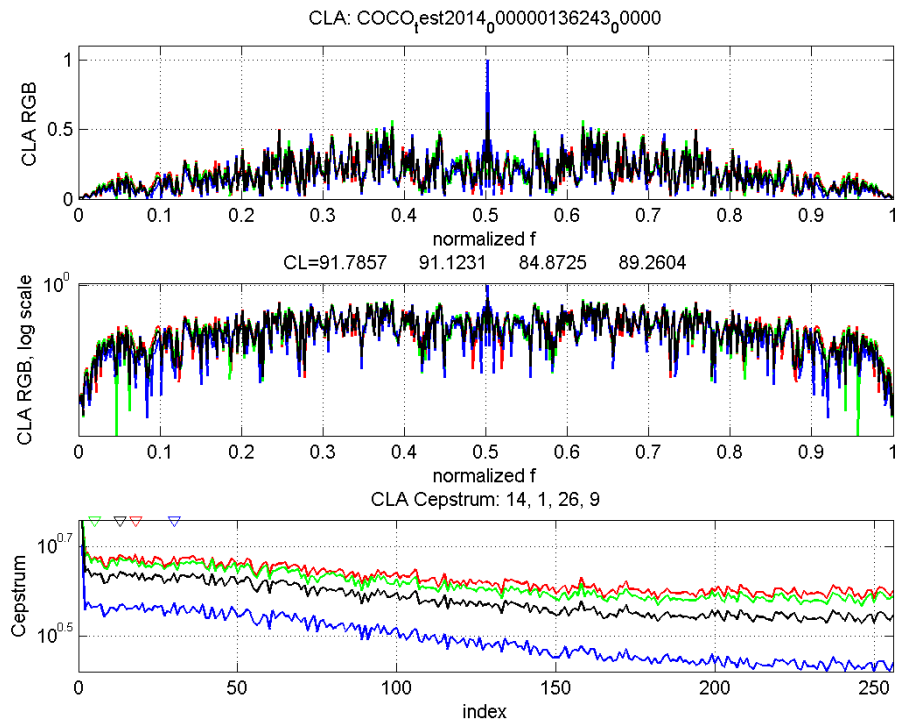
28)



29)

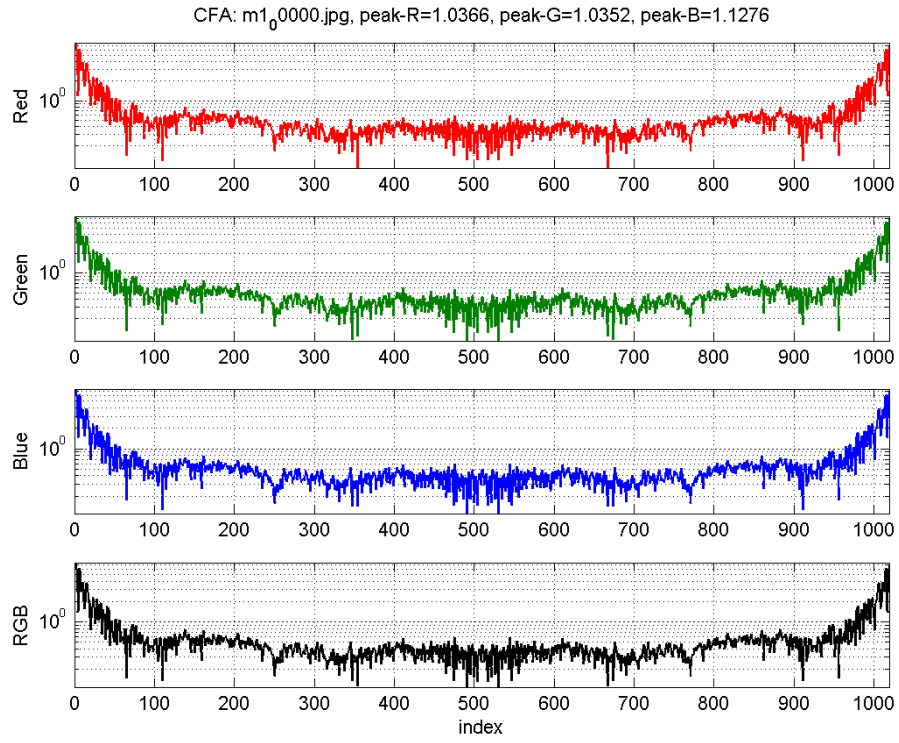


30)

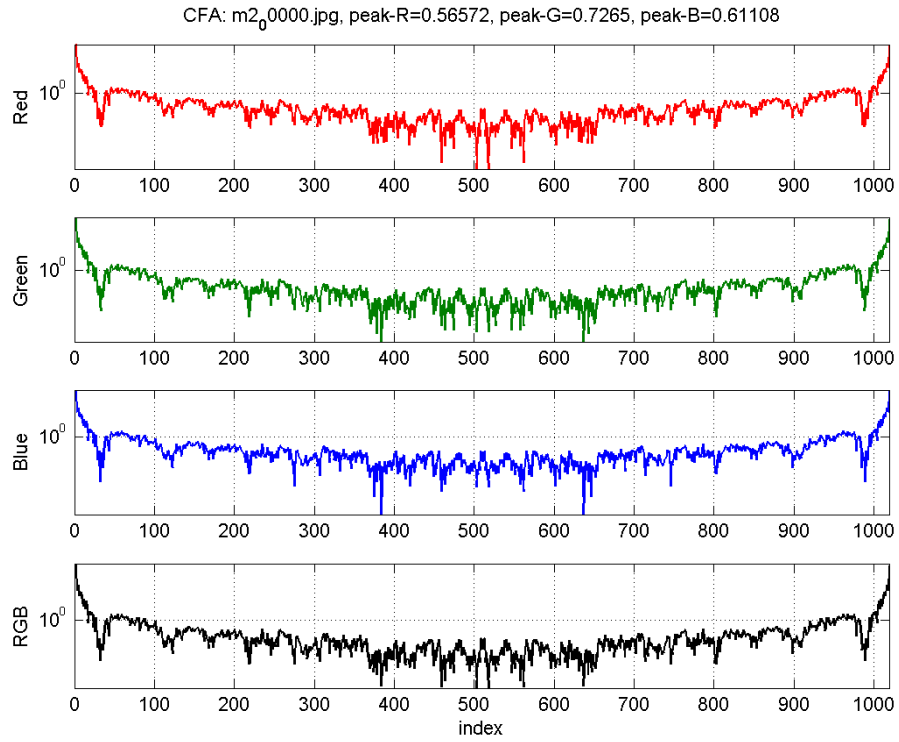


Ek-5: 3.2.6. CFA Analizi Sonuçları

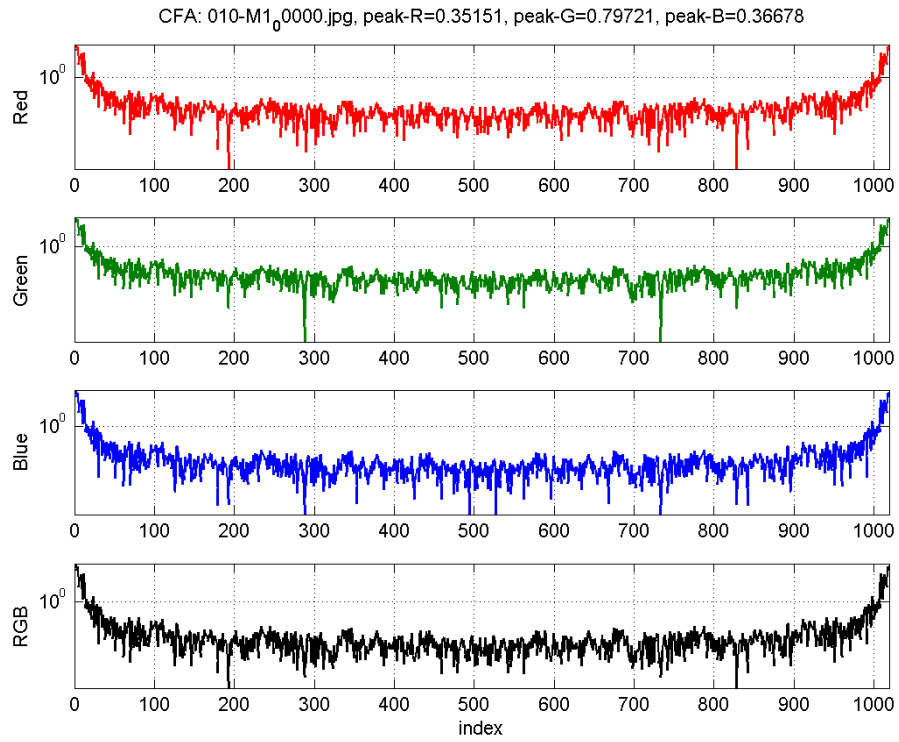
1)



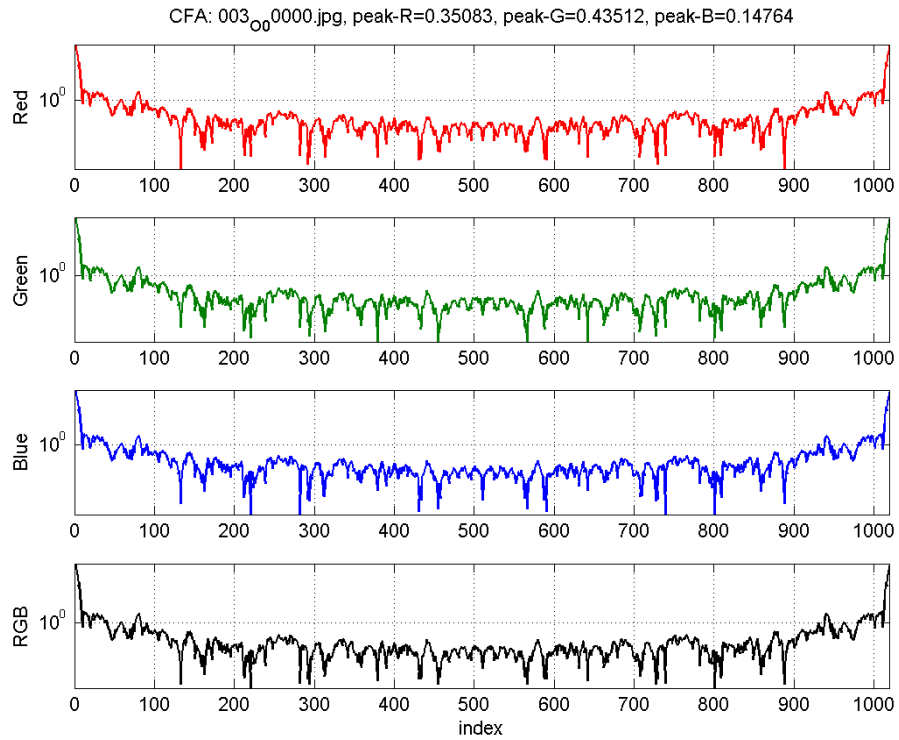
2)



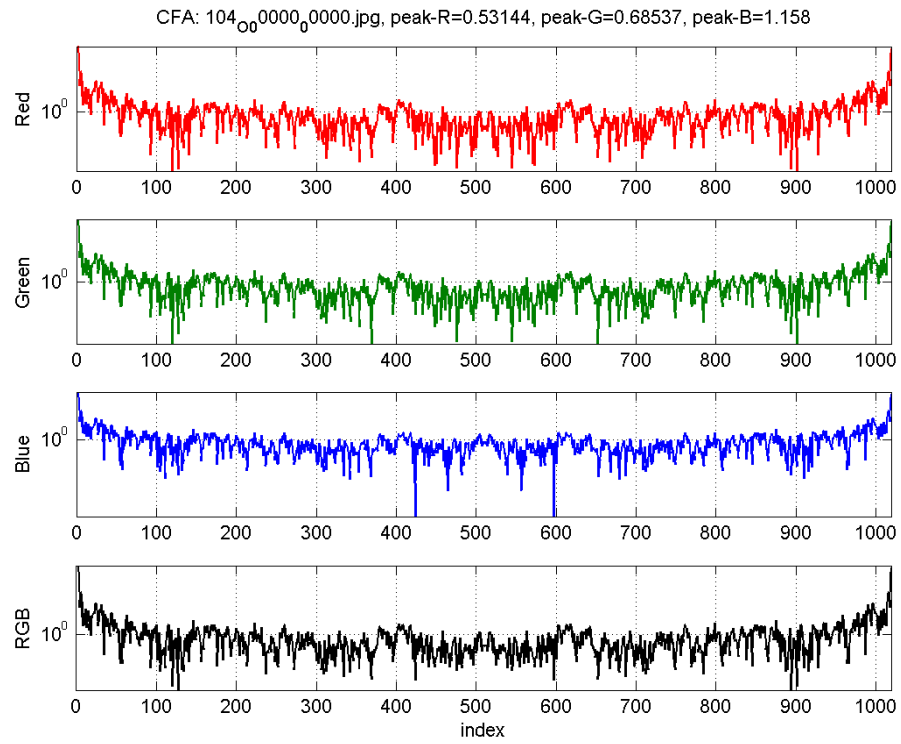
3)



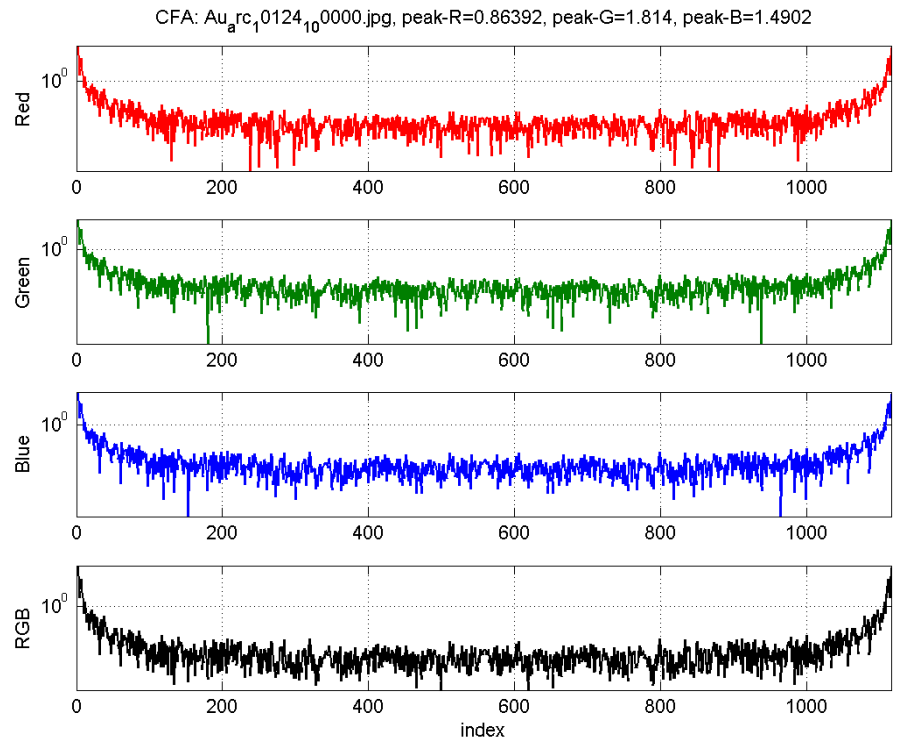
4)



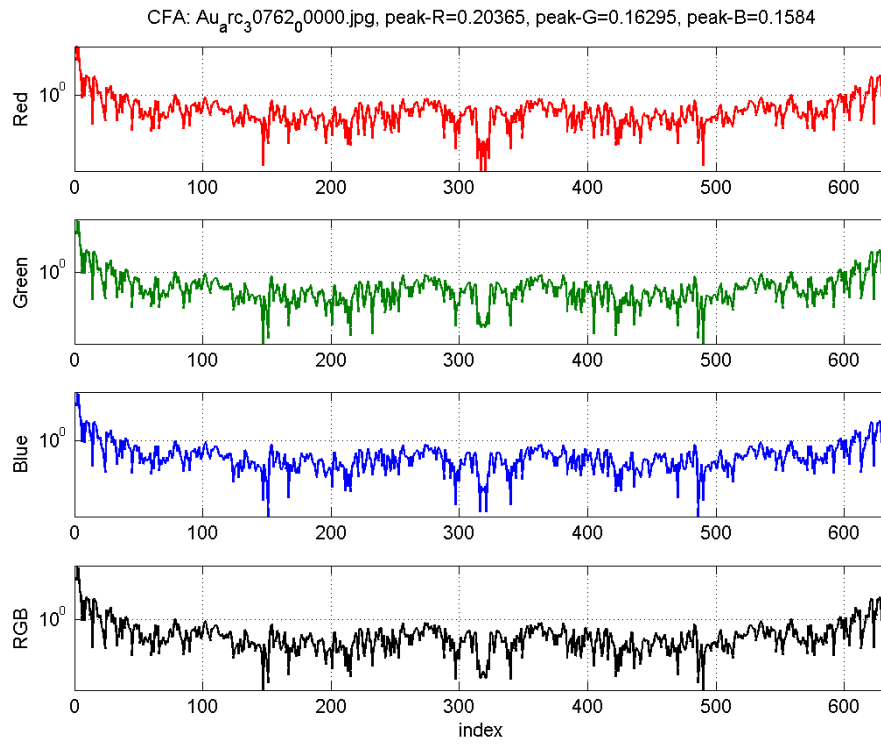
5)



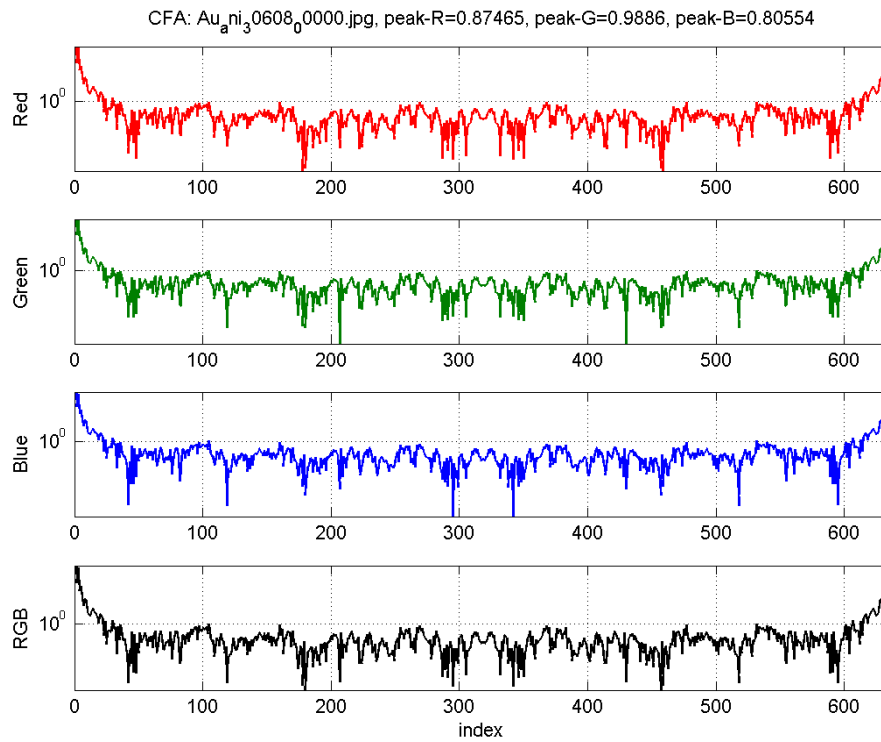
6)



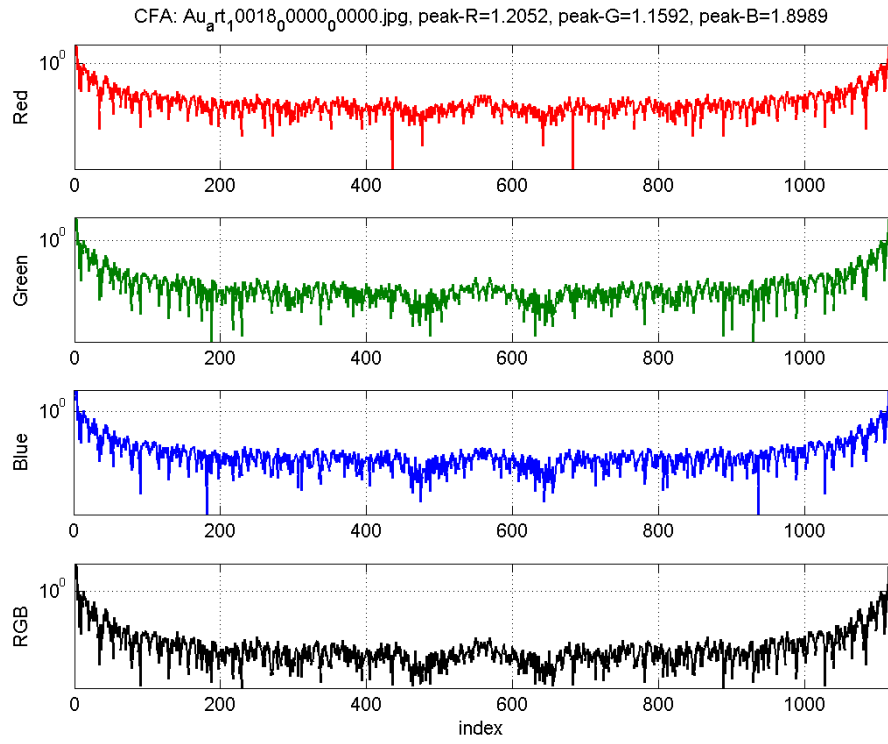
7)



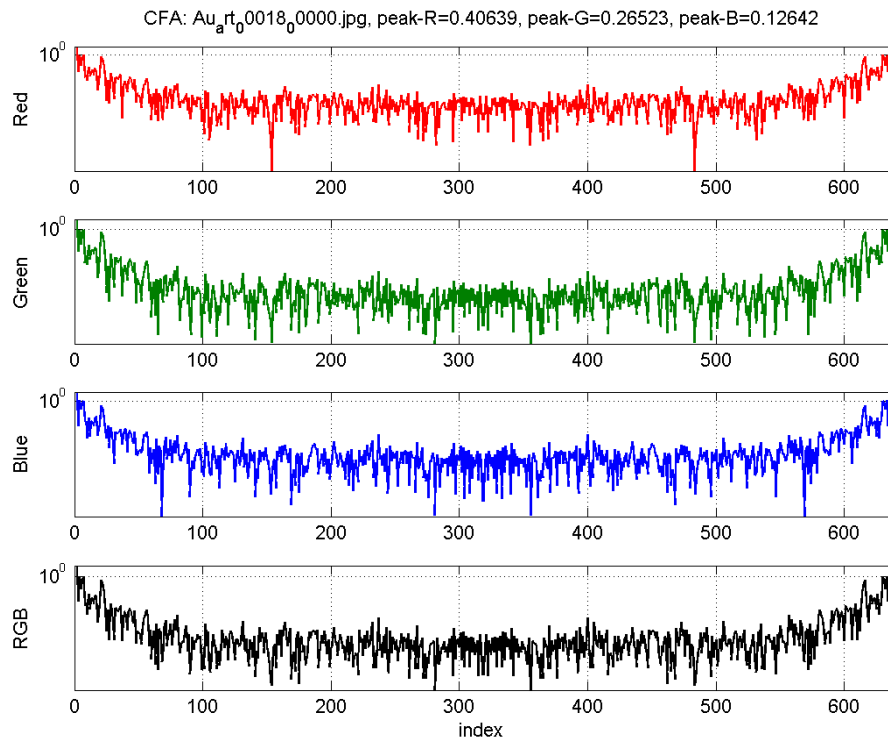
8)



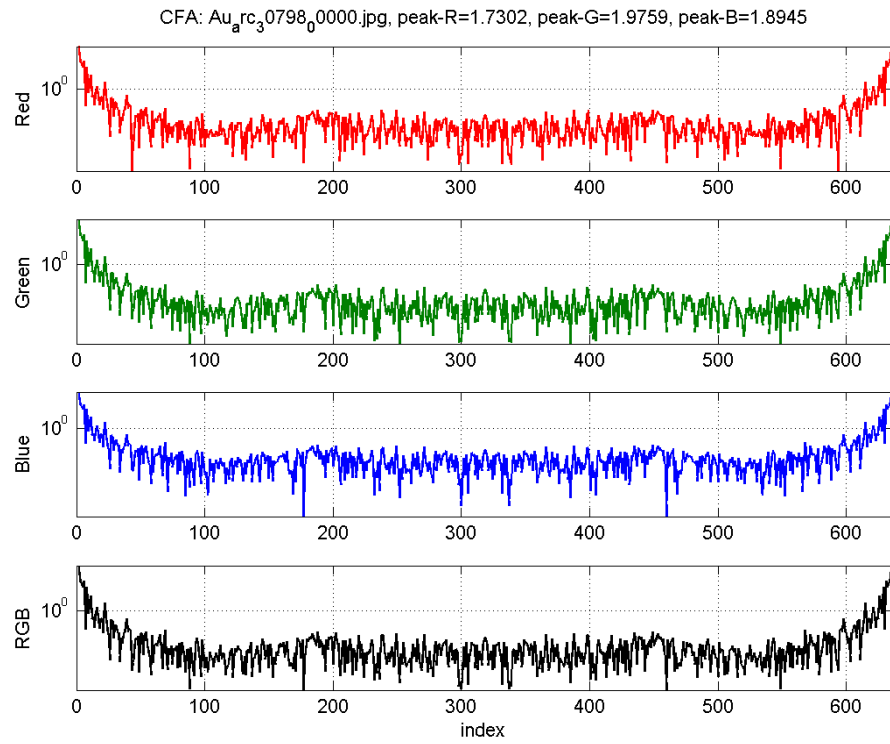
9)



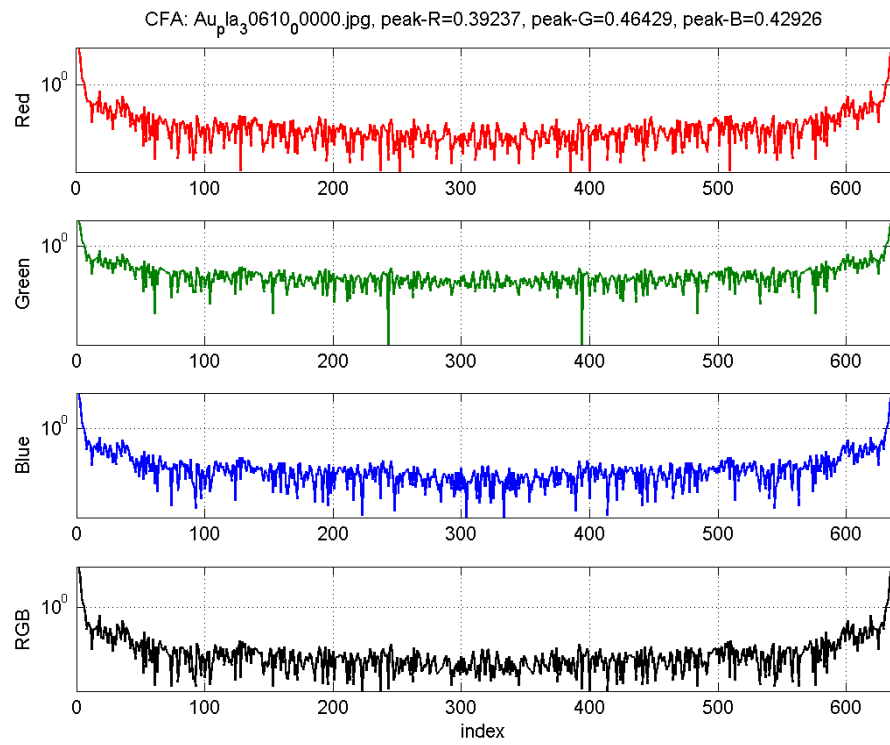
10)



11)

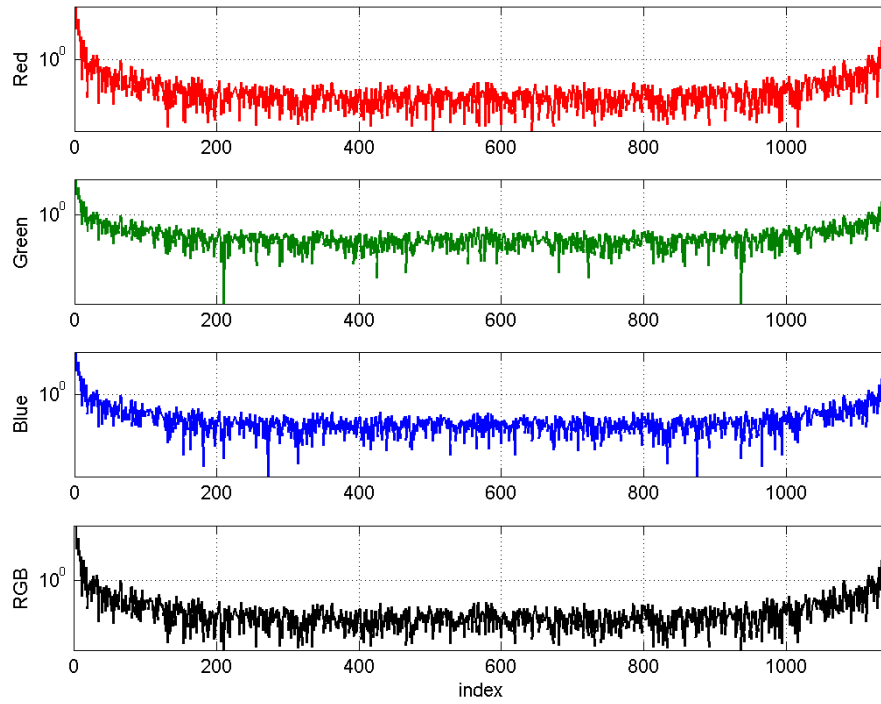


12)



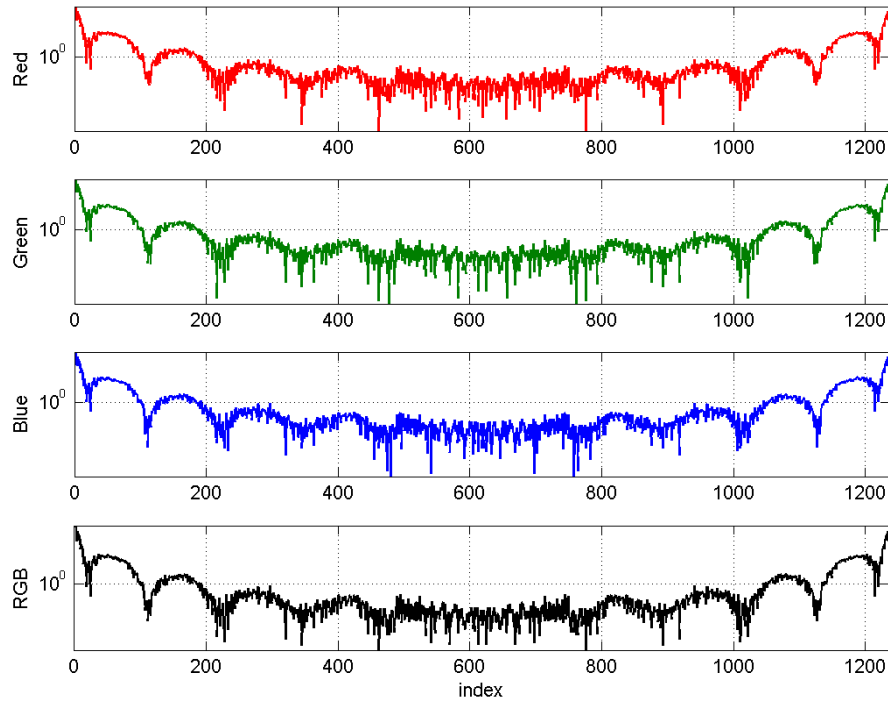
13)

CFA: TP_{SN}RN_{SNi}nd20030,nd20030₀1771₀0000.jpg, peak-R=1.2043, peak-G=1.3236, peak-B=1.2305

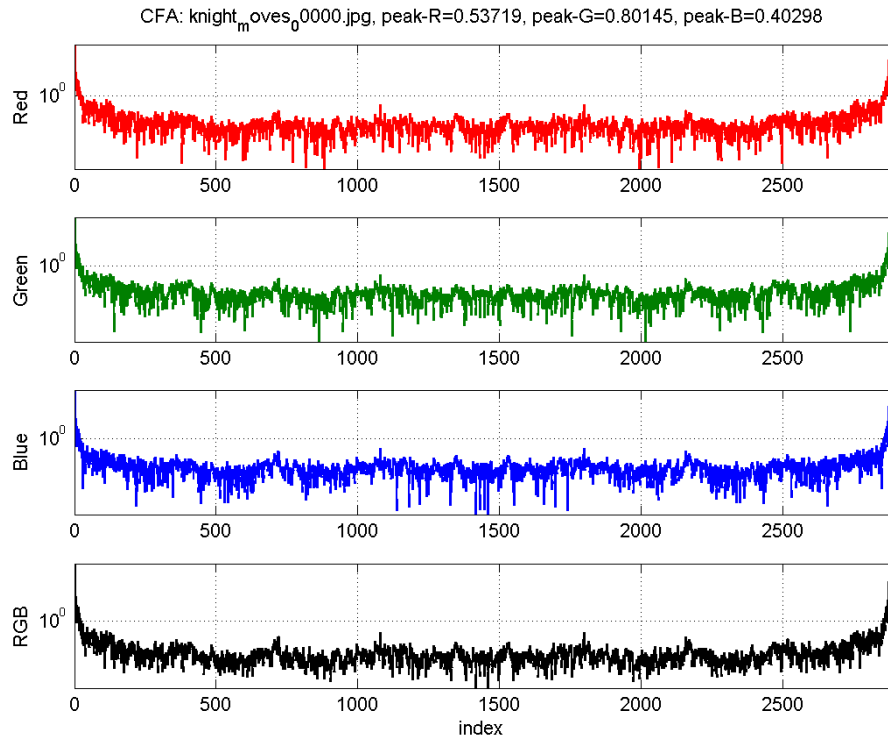


14)

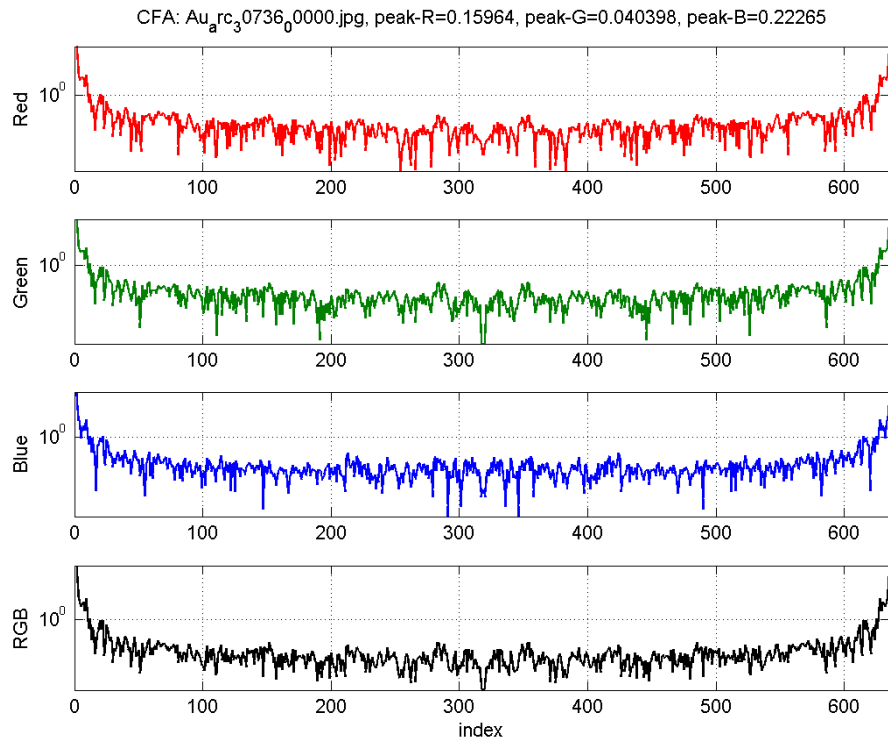
CFA: Au_sec₁0002₁₀0000.jpg, peak-R=0.051185, peak-G=0.4921, peak-B=0.4226



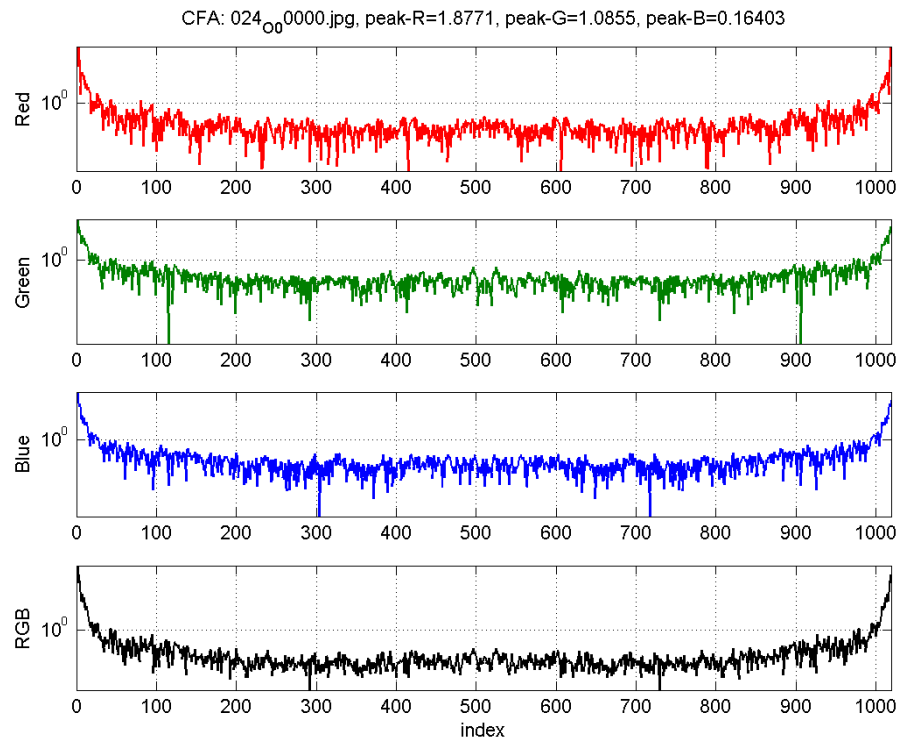
15)



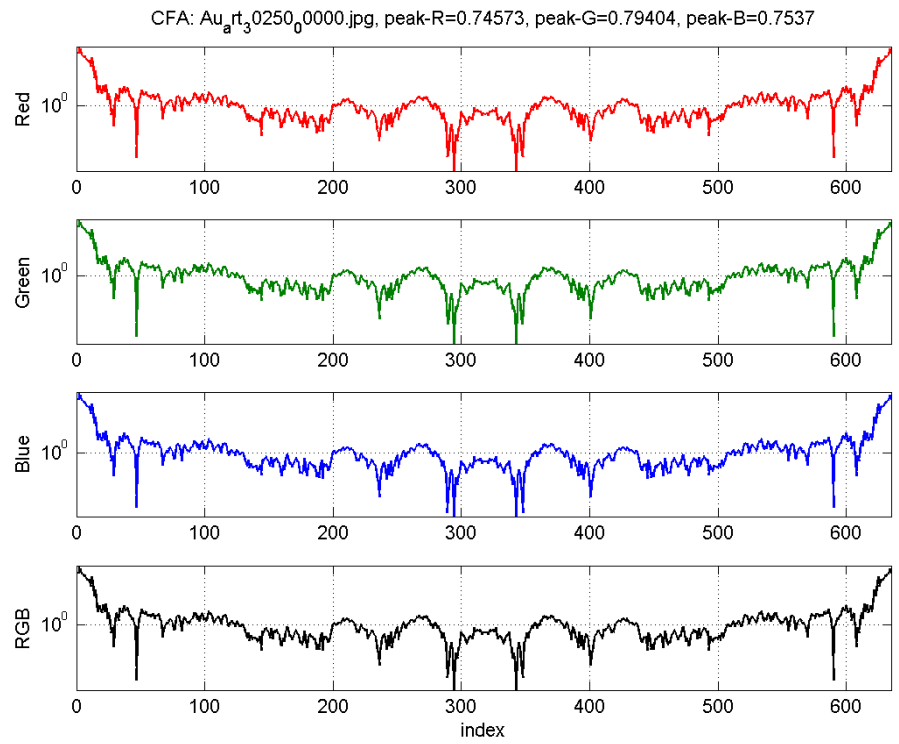
16)



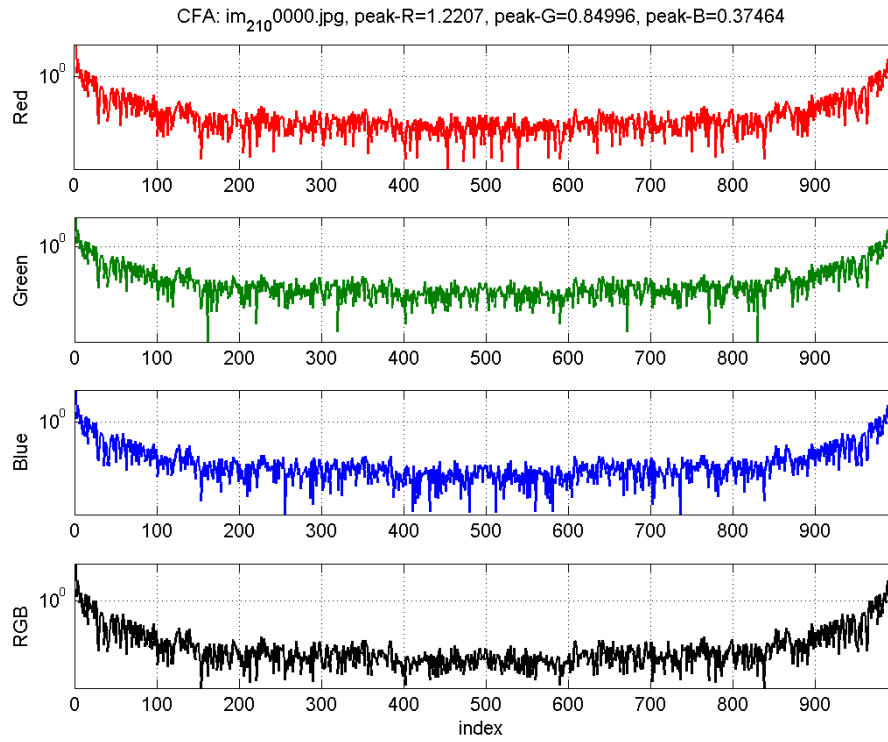
17)



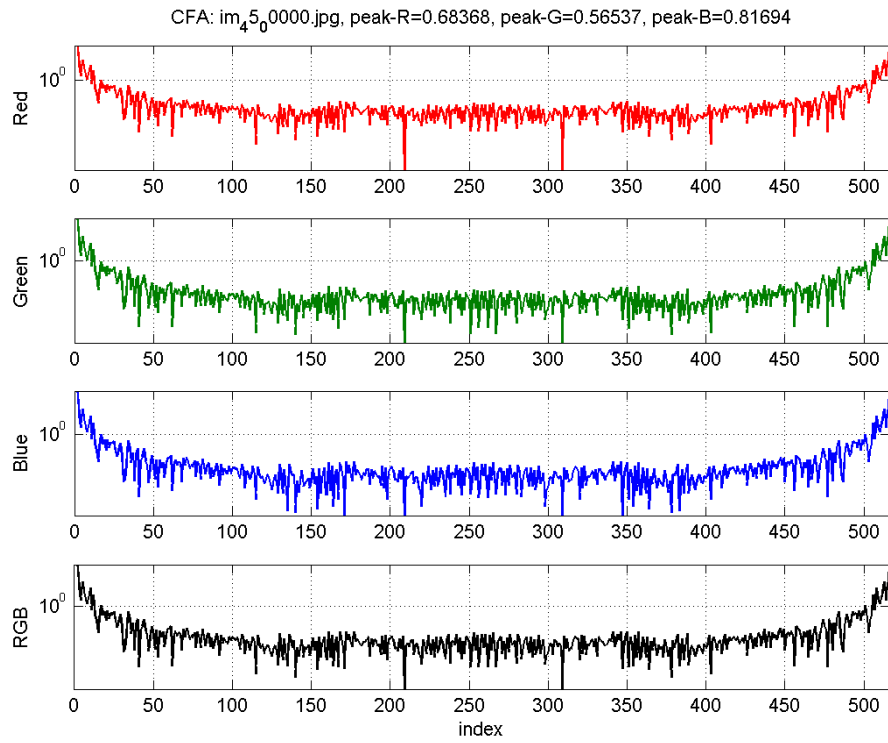
18)



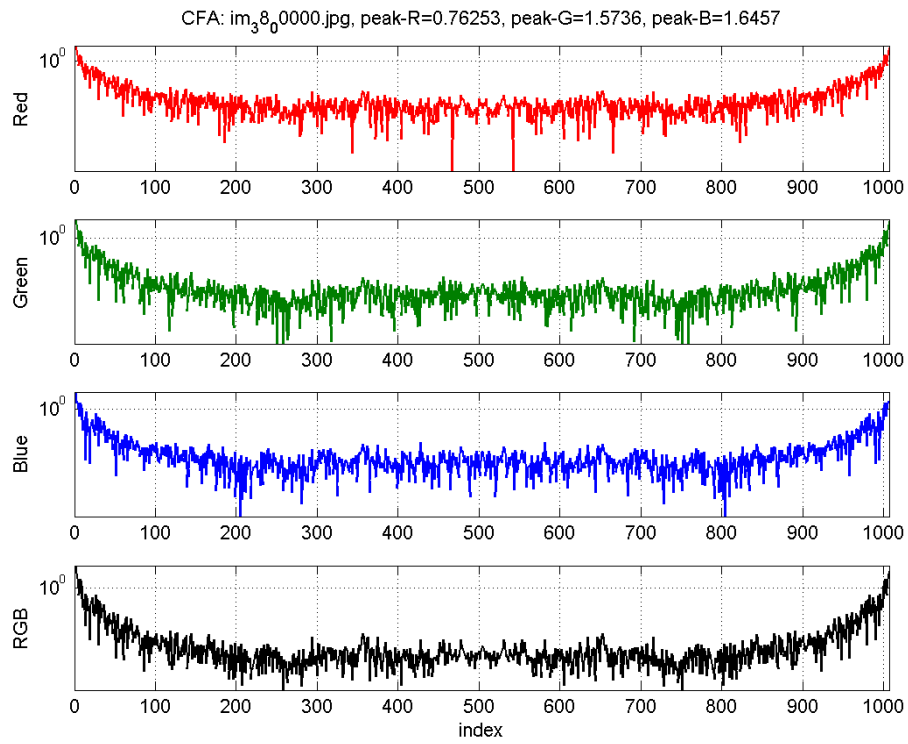
19)



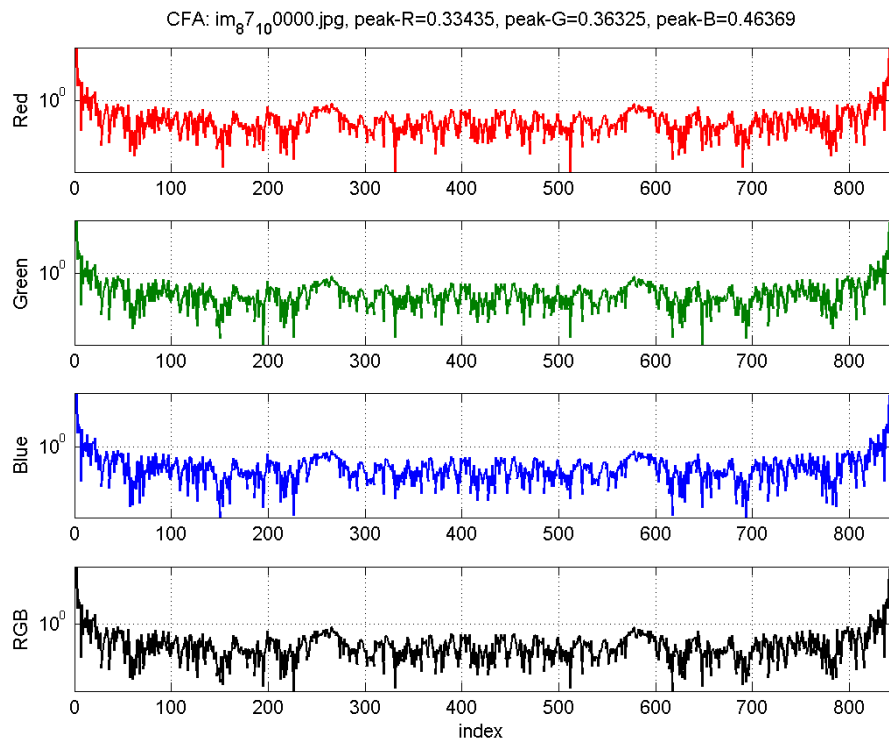
20)



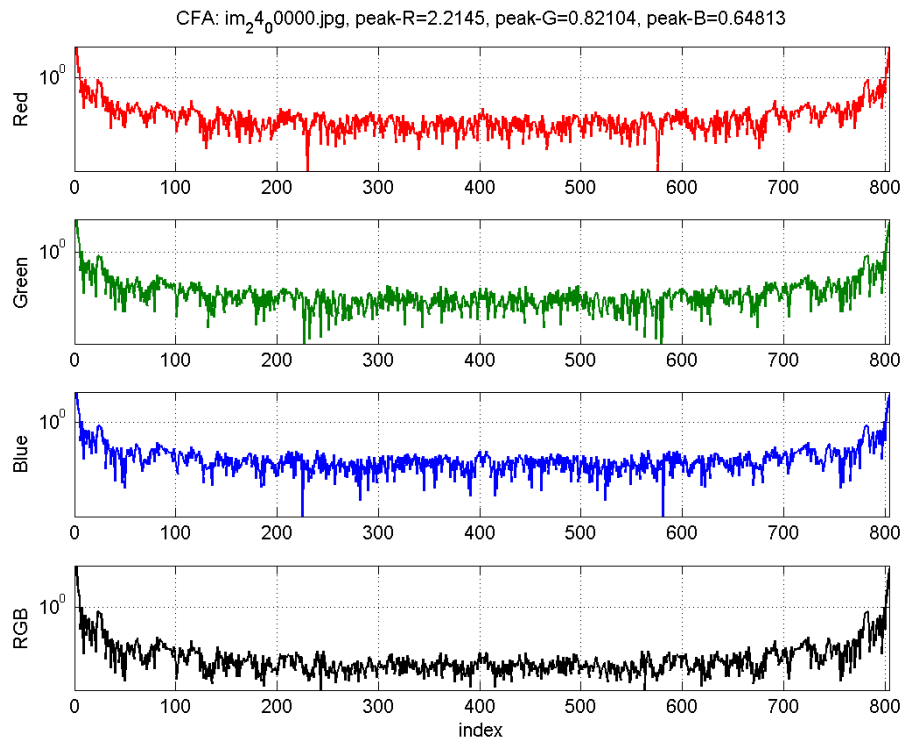
21)



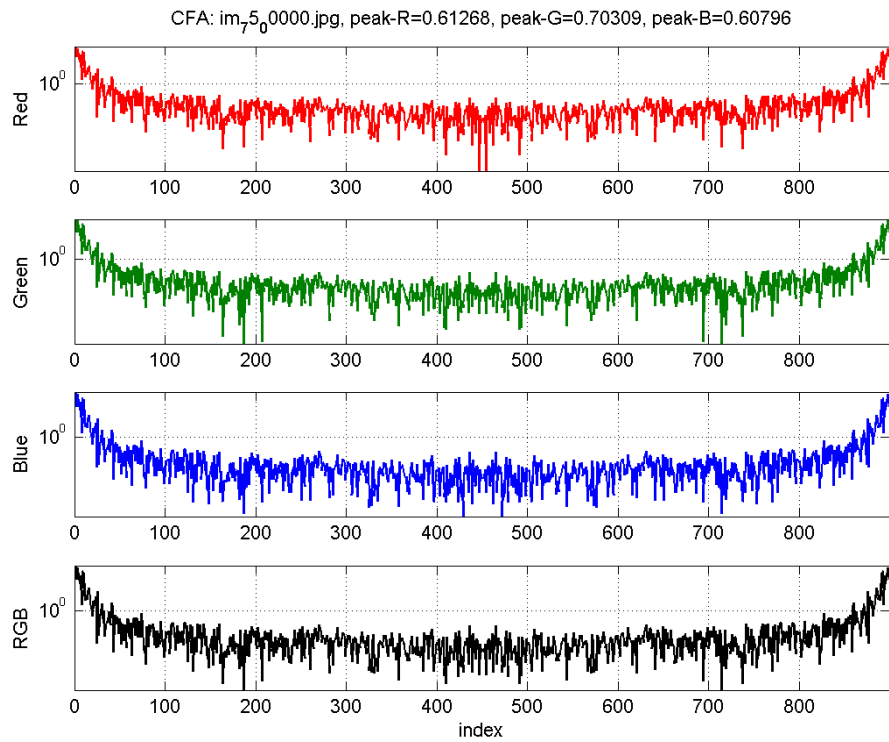
22)



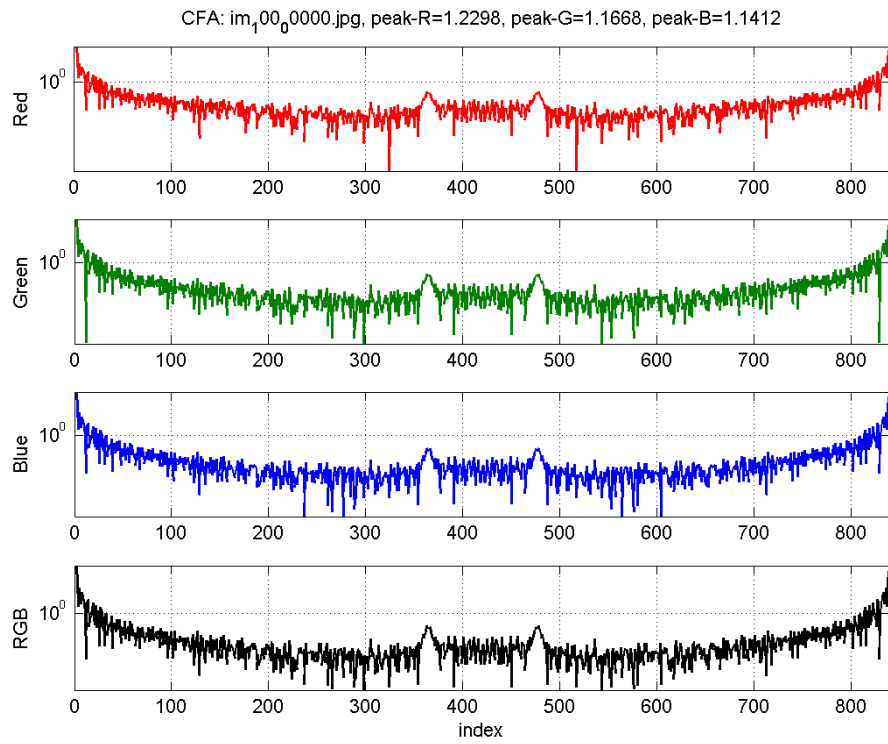
23)



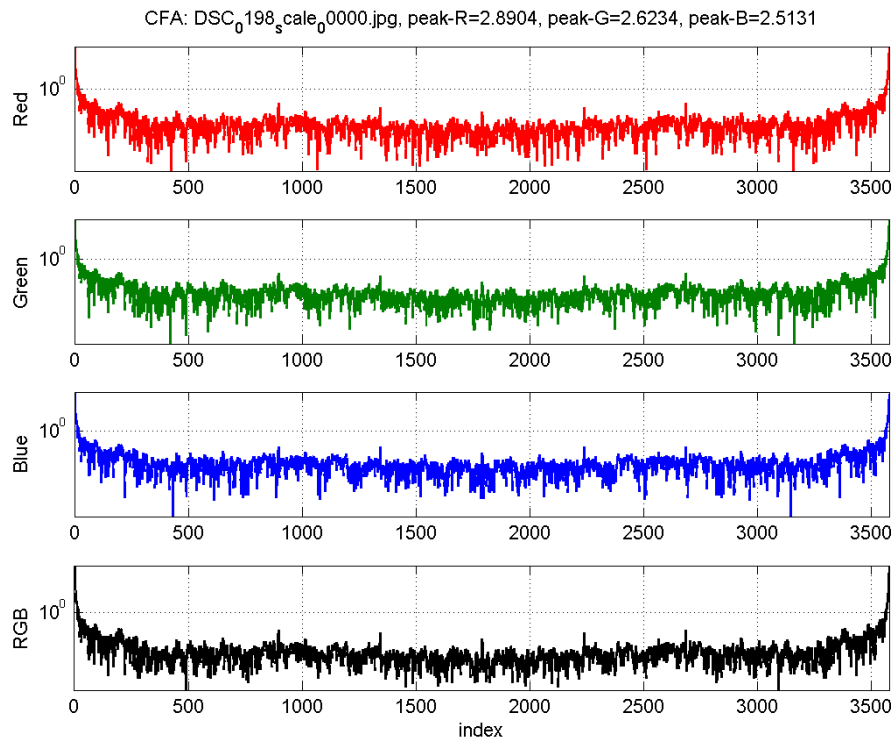
24)



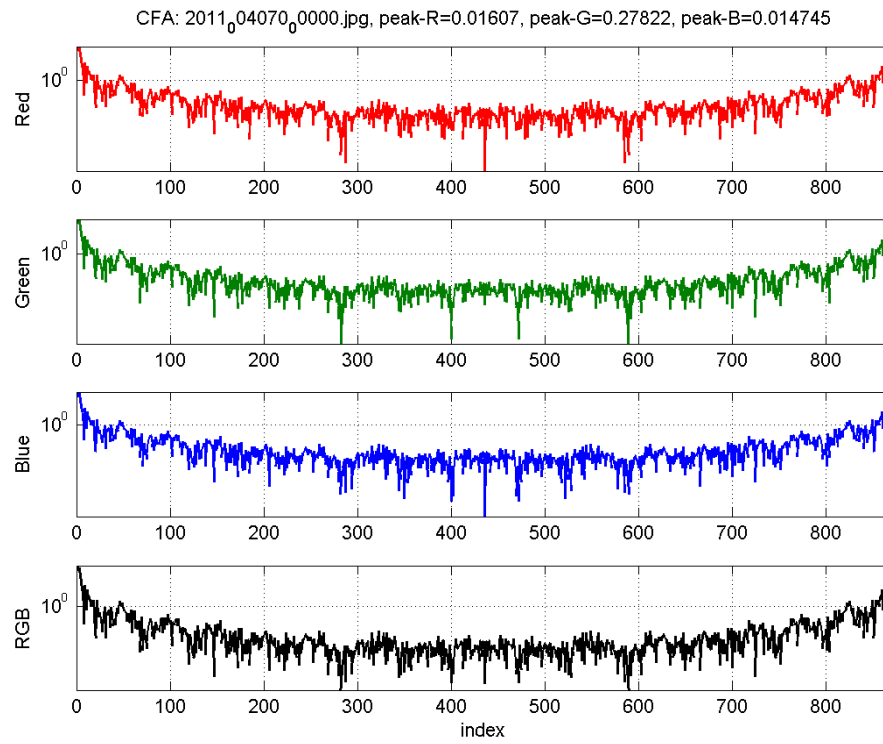
25)



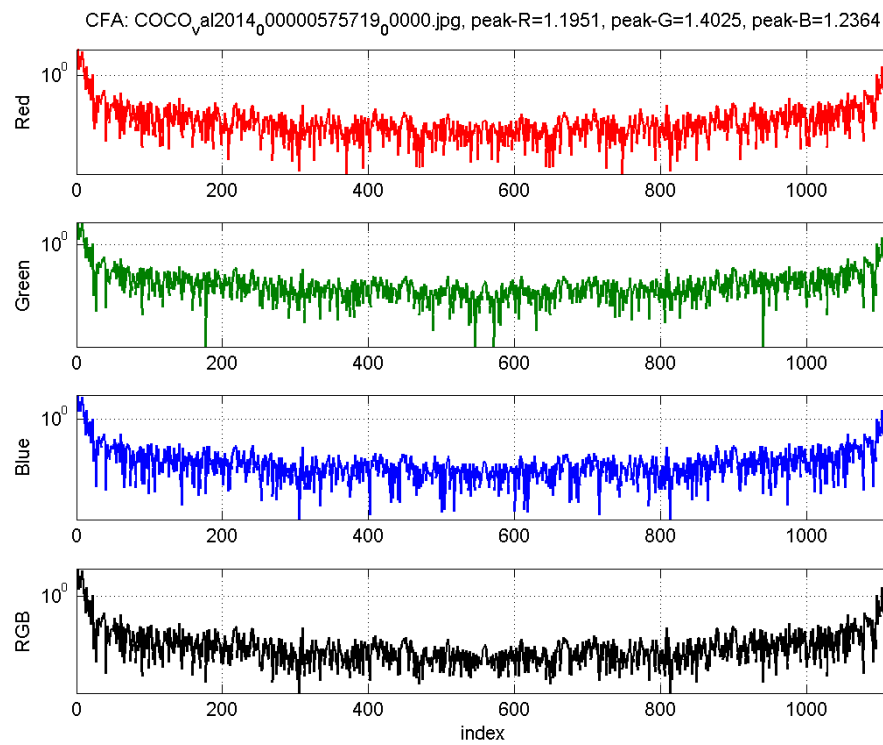
26)



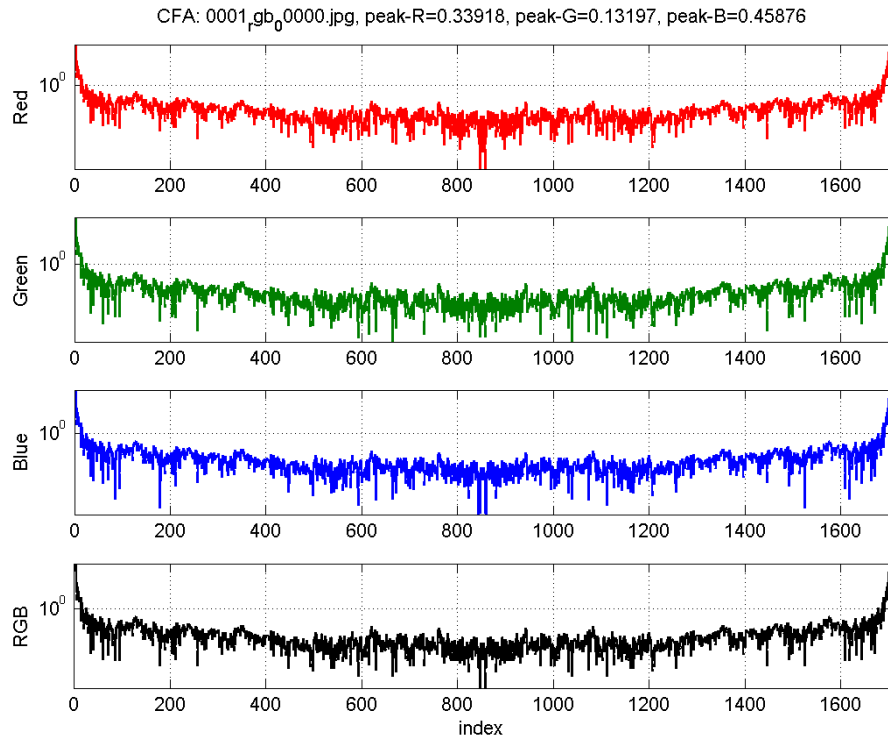
27)



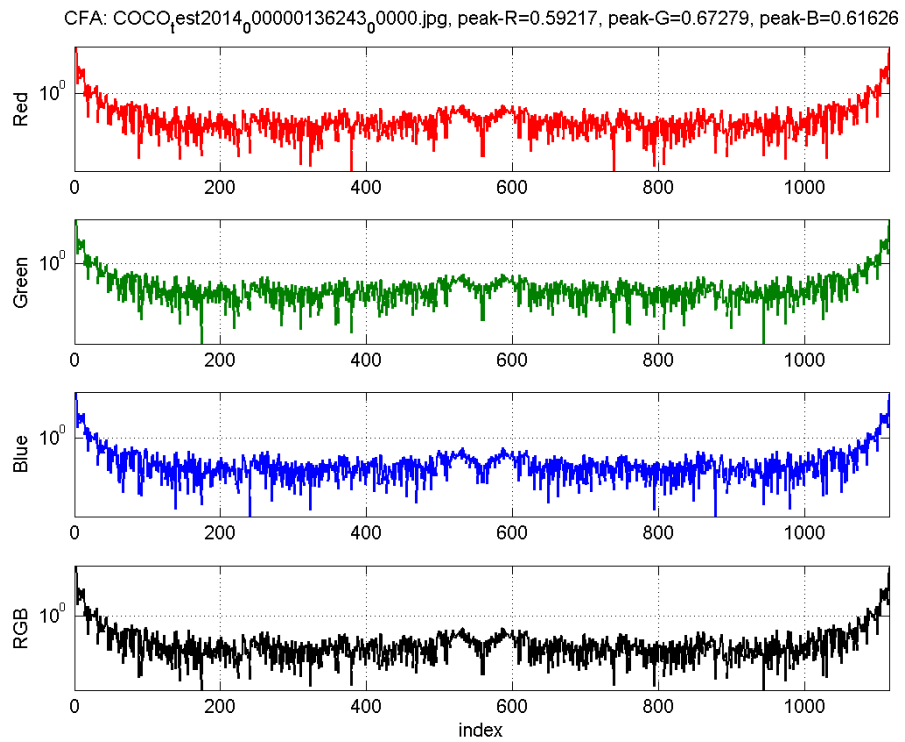
28)



29)

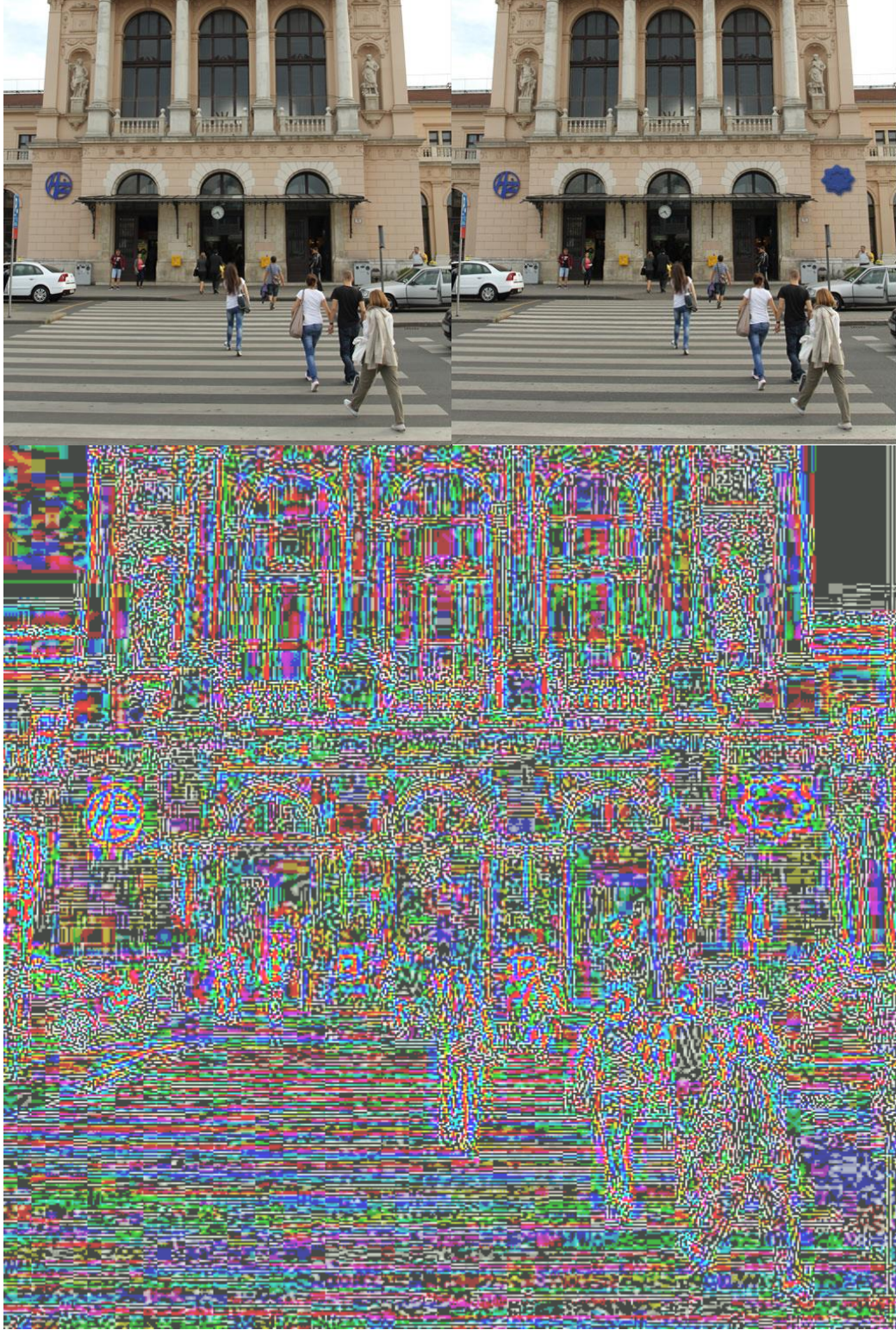


30)

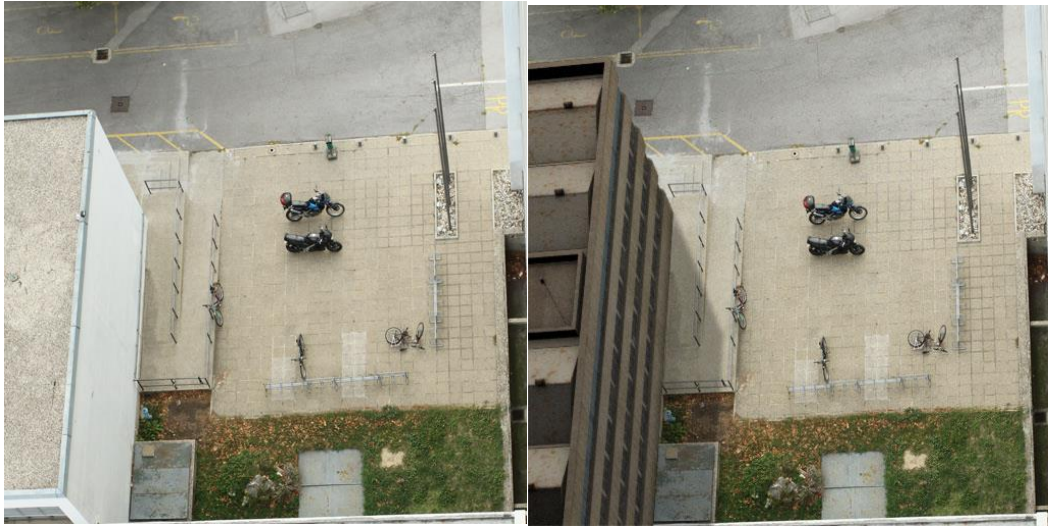


Ek-6: 3.2.7. ELA Analizi Sonuçları

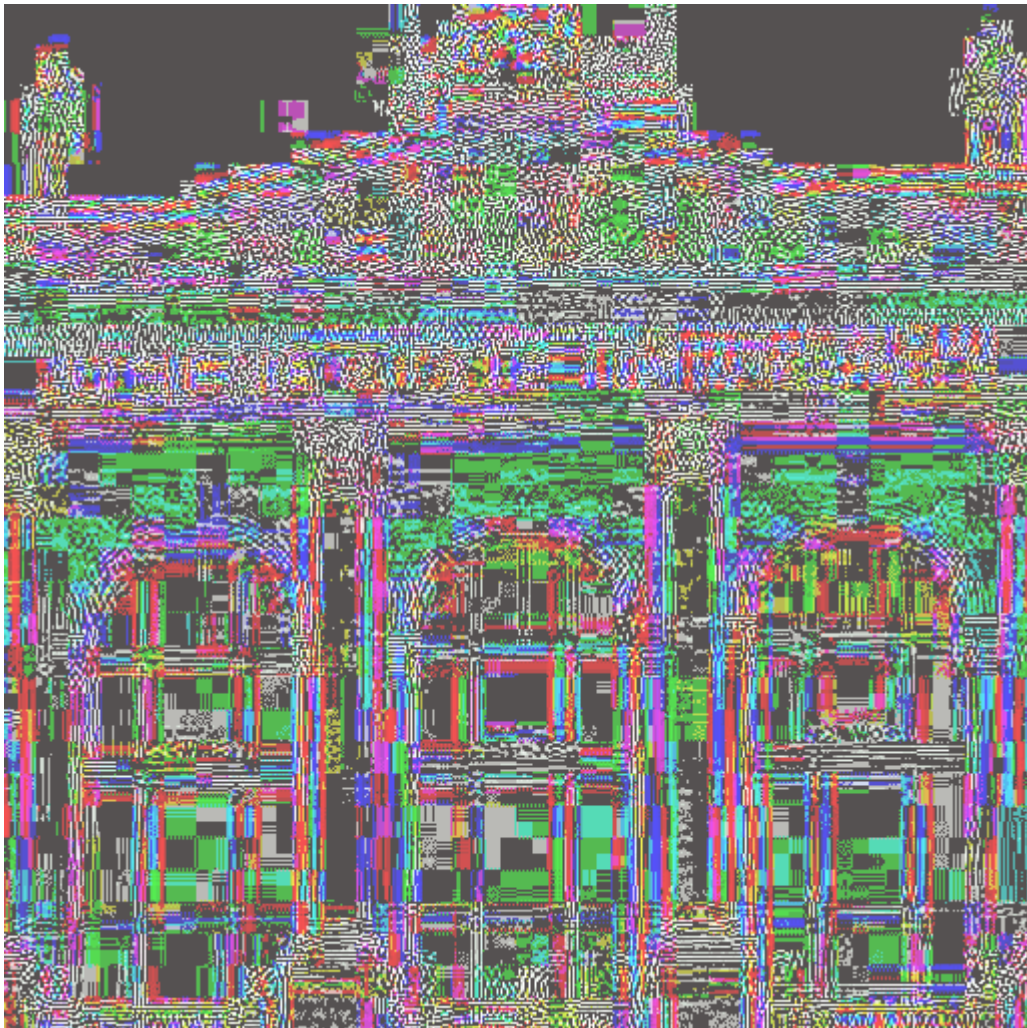
1)



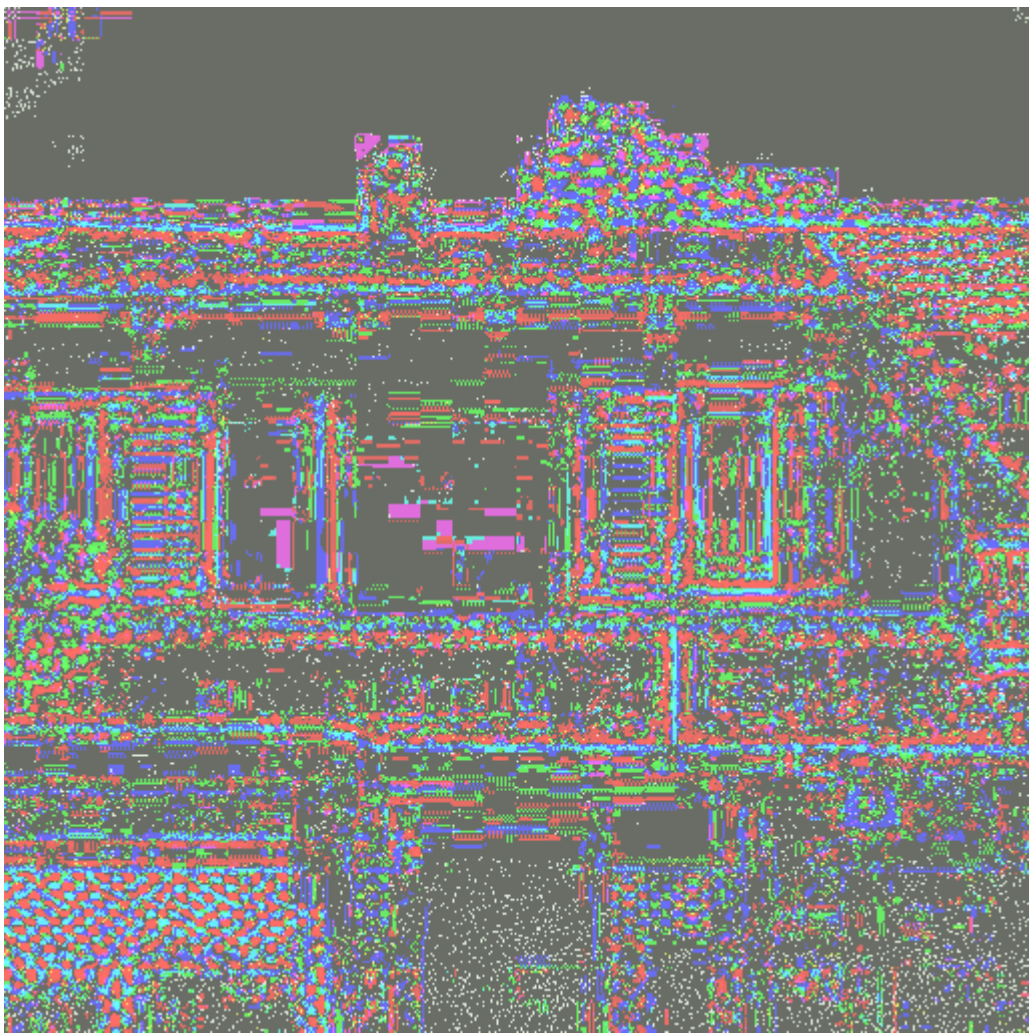
2)



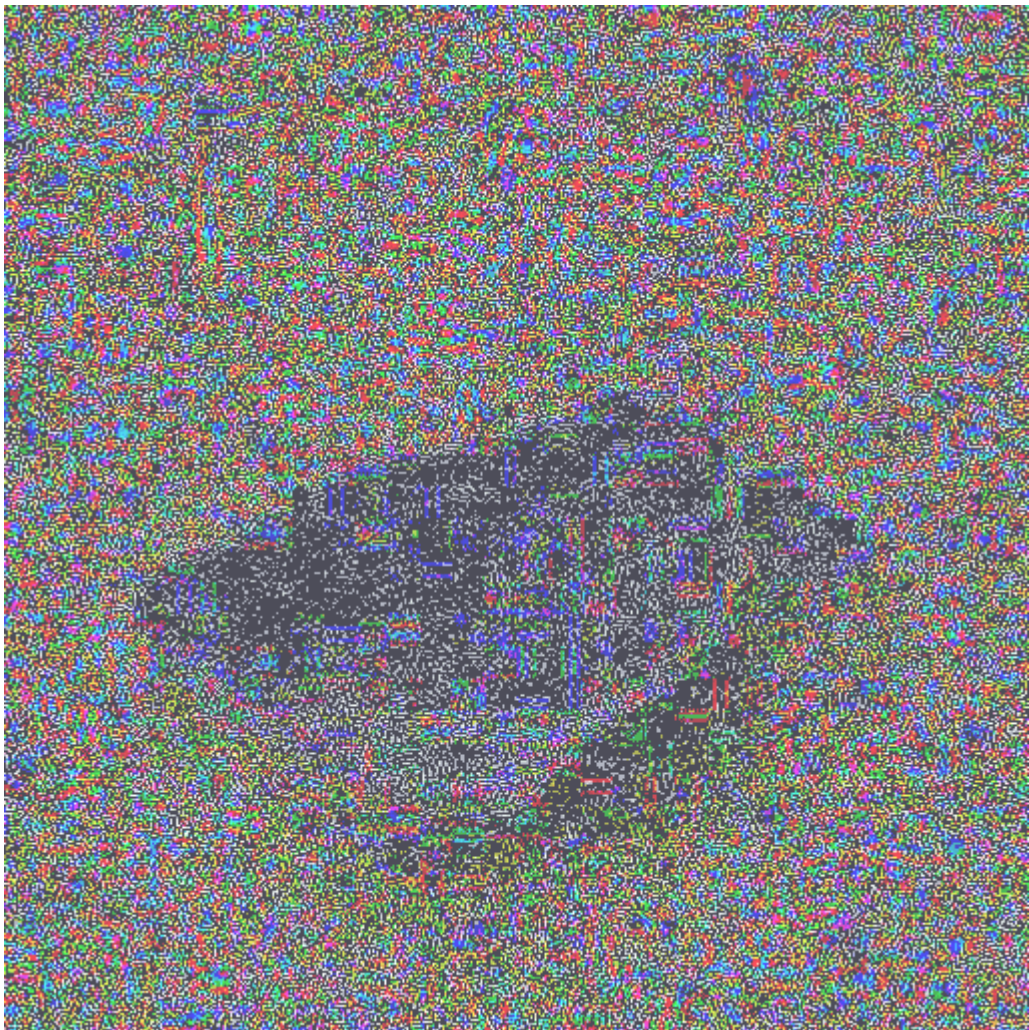
3)



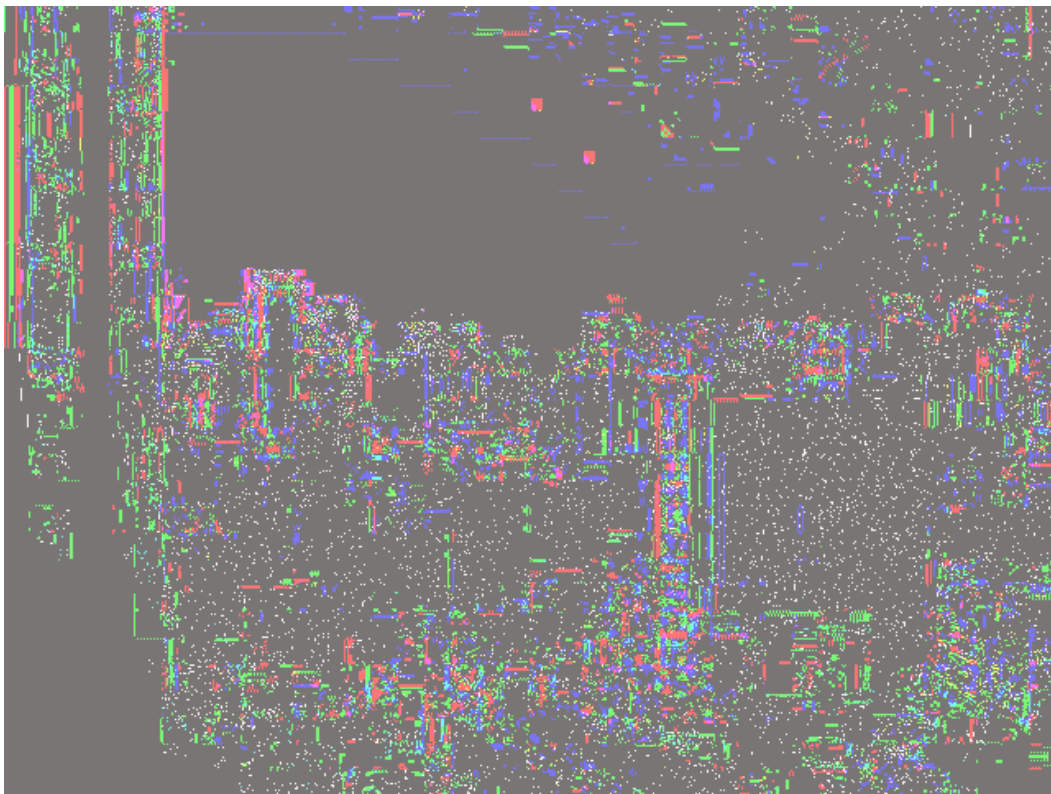
4)



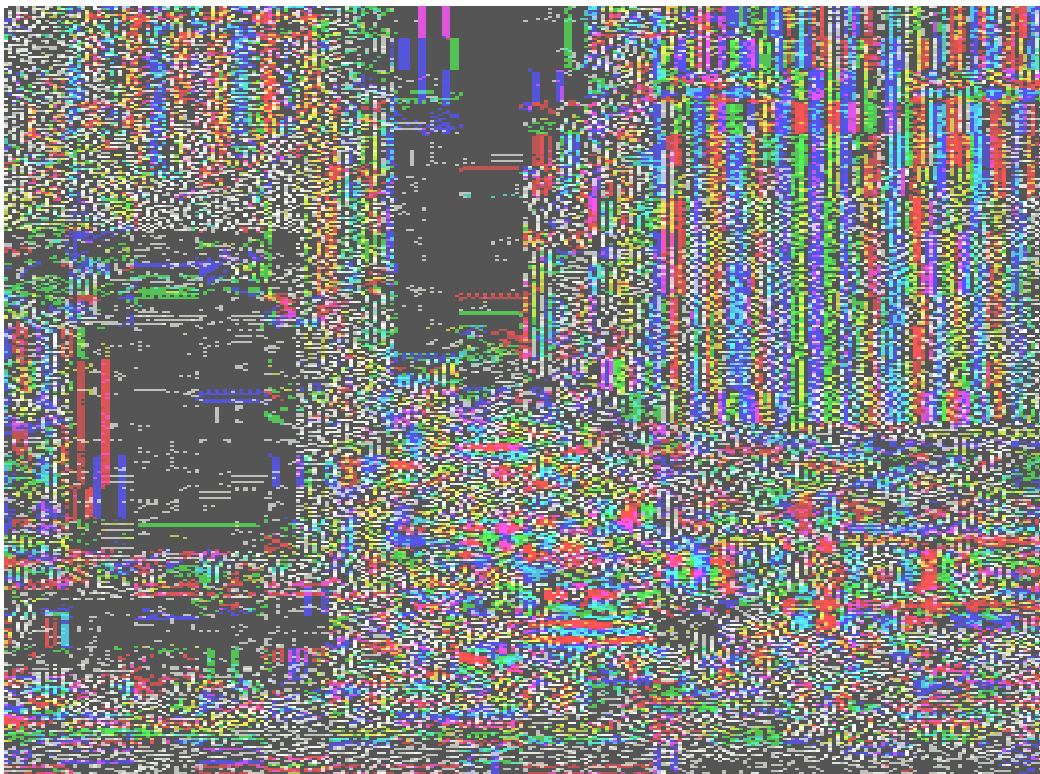
5)



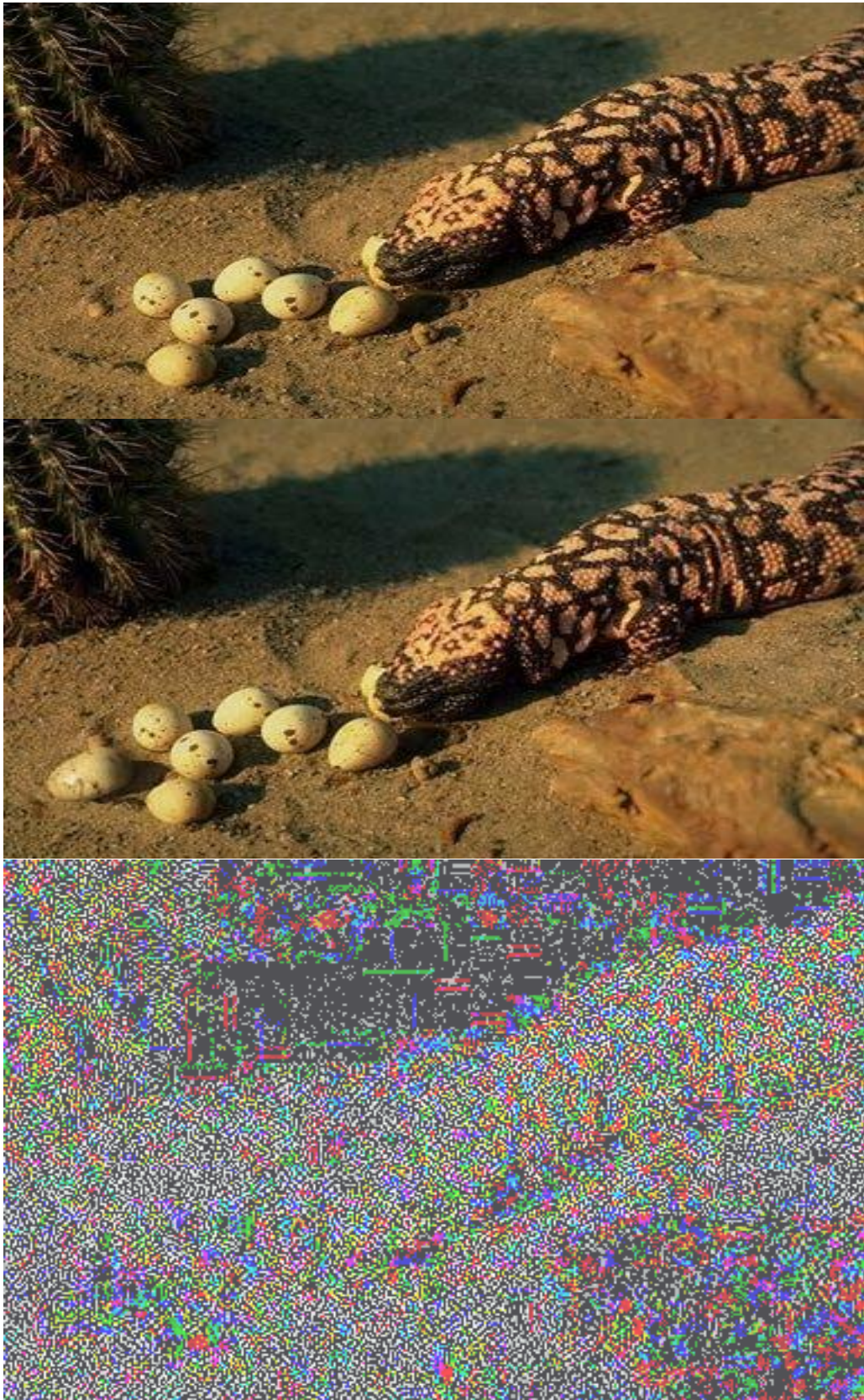
6)



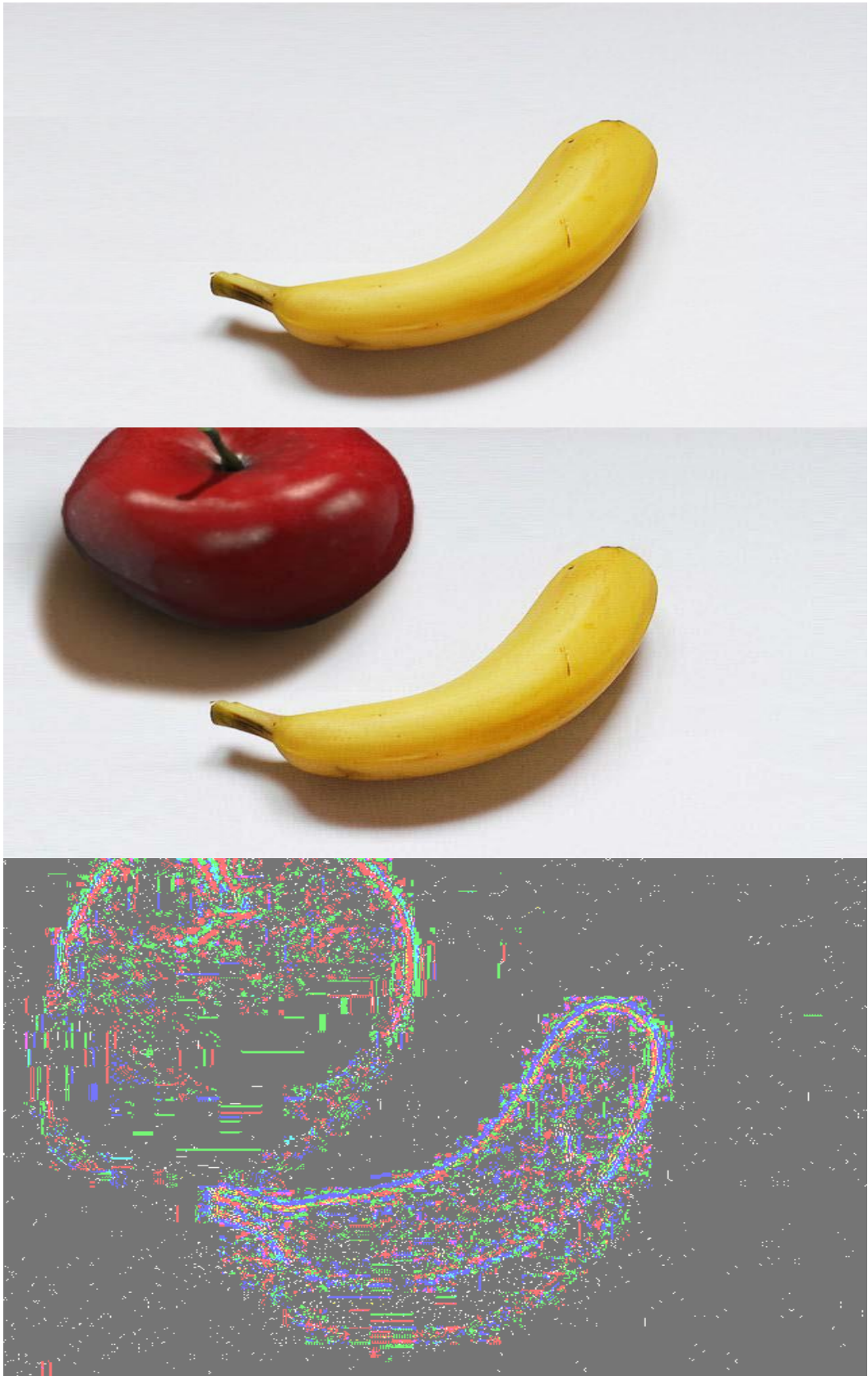
7)



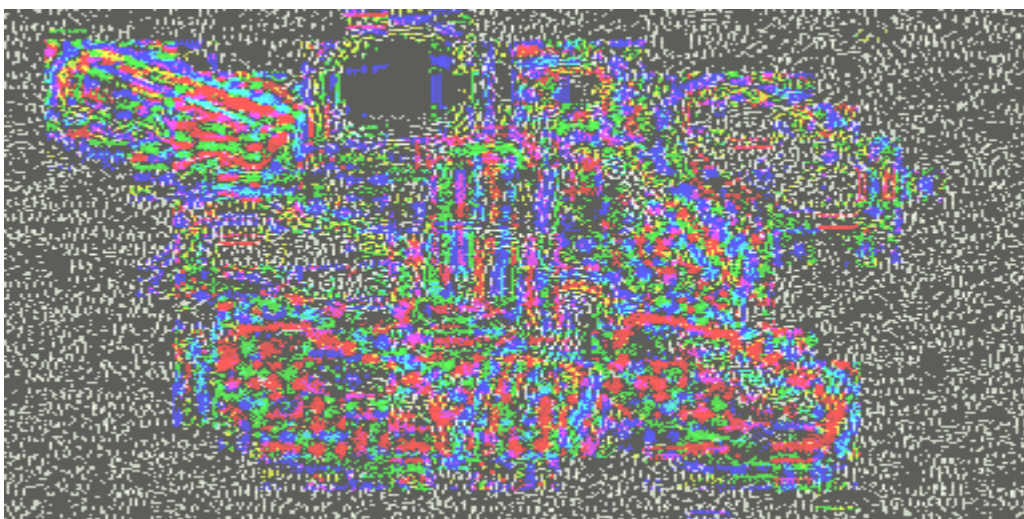
8)



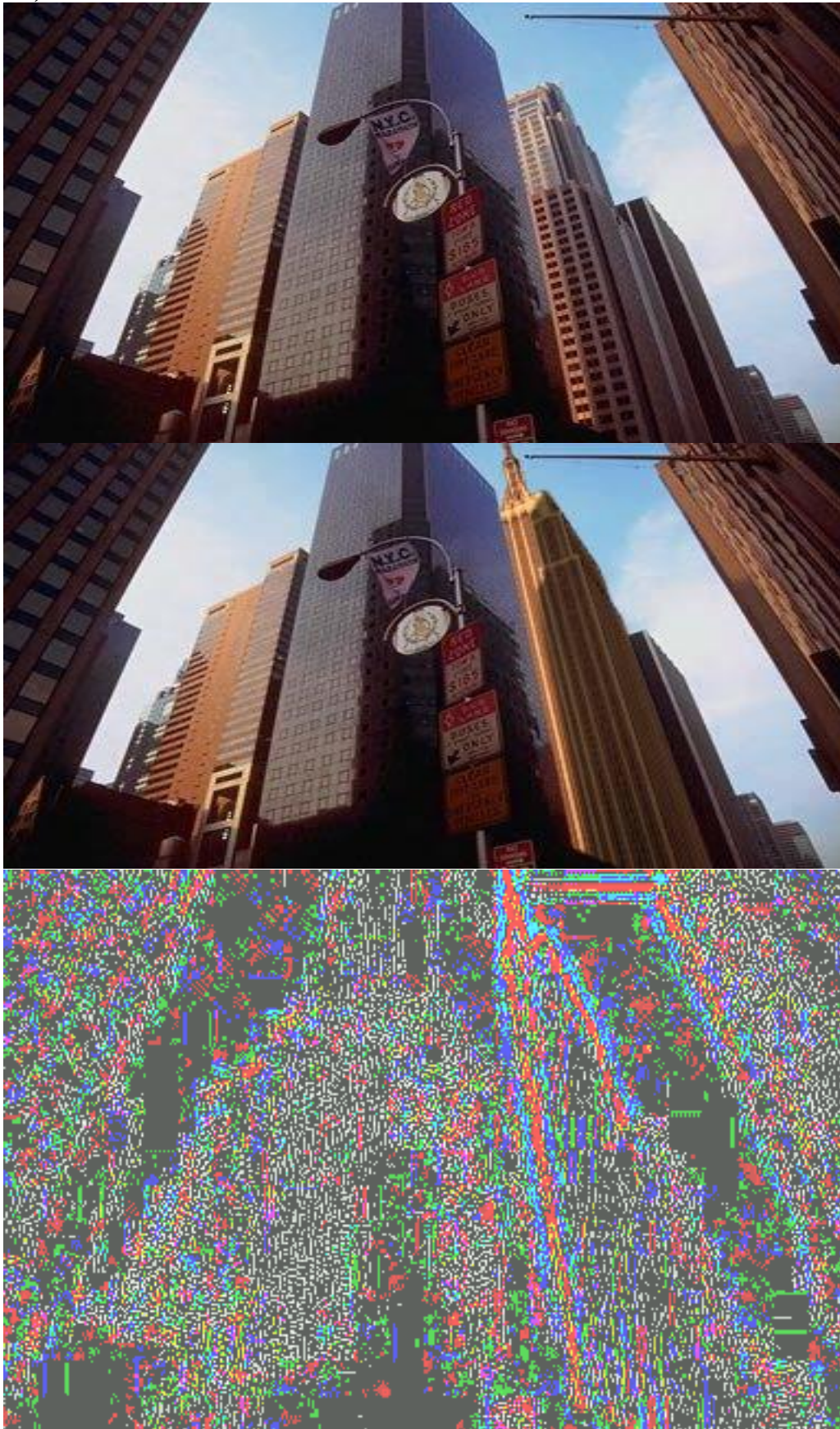
9)



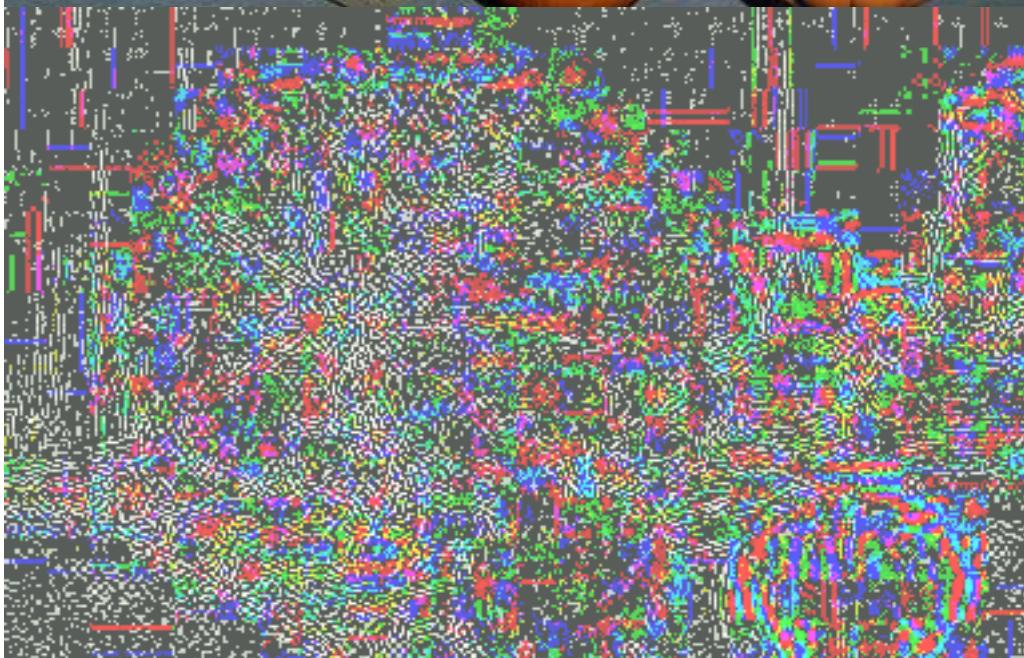
10)



11)



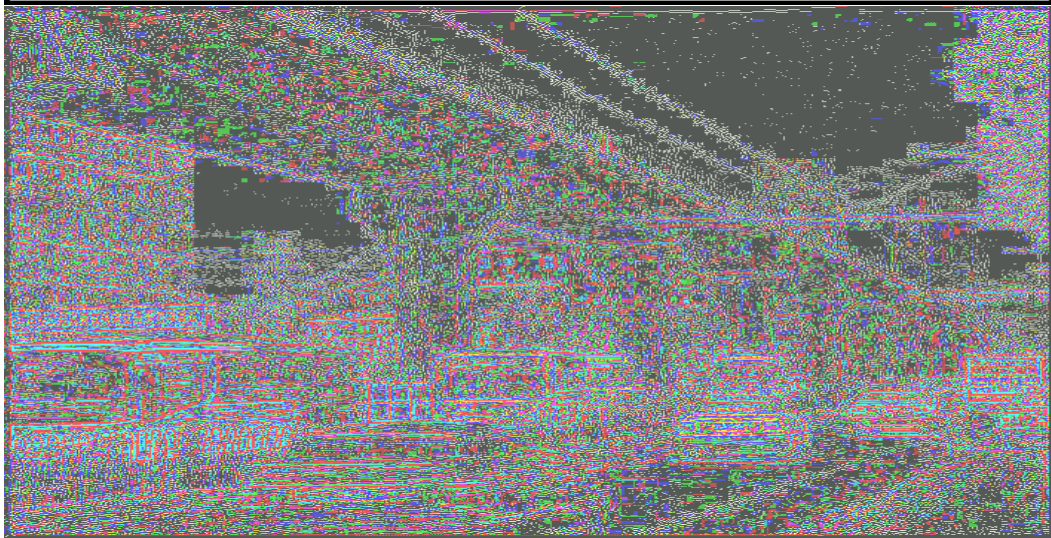
12)



13)



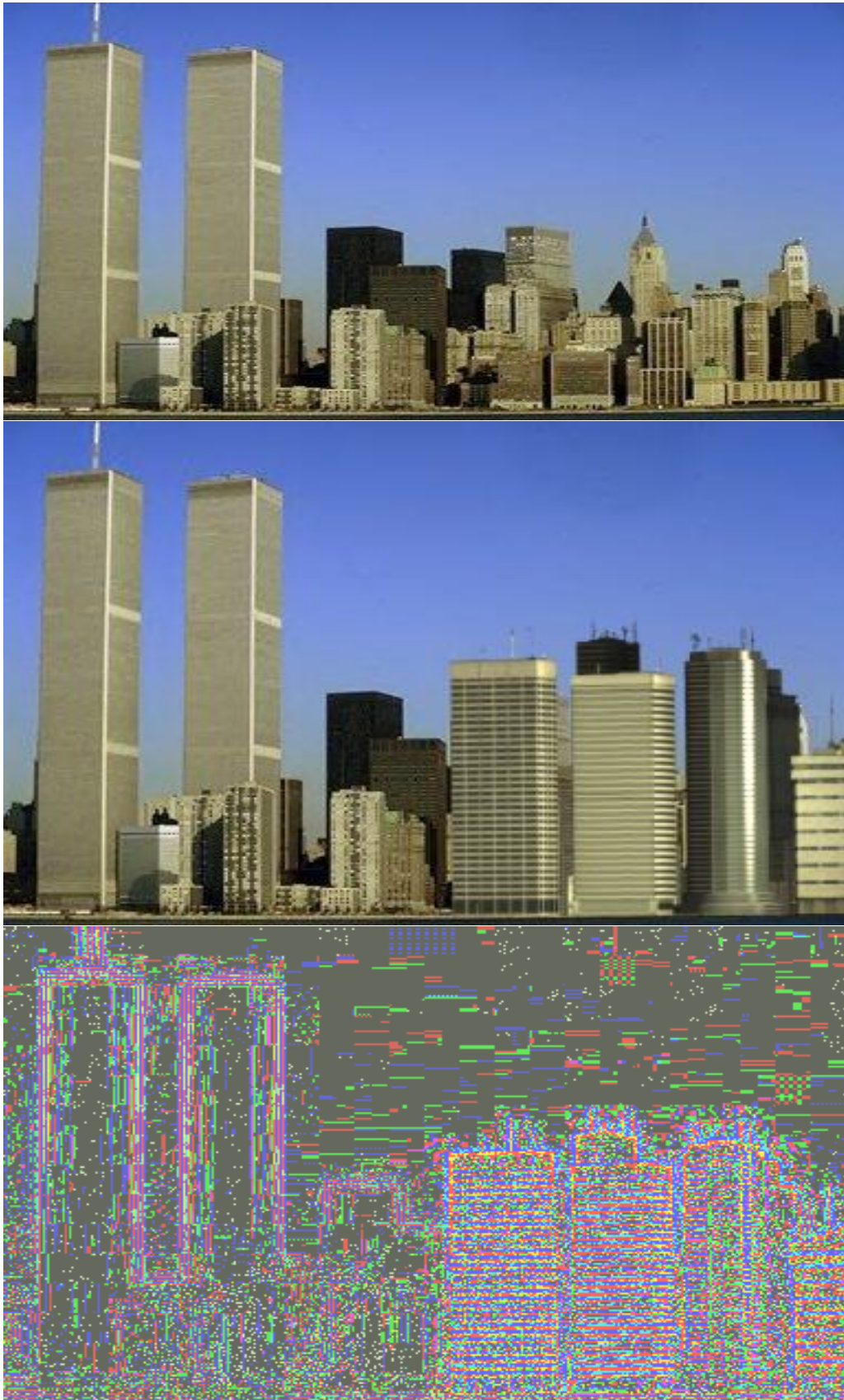
14)



15)



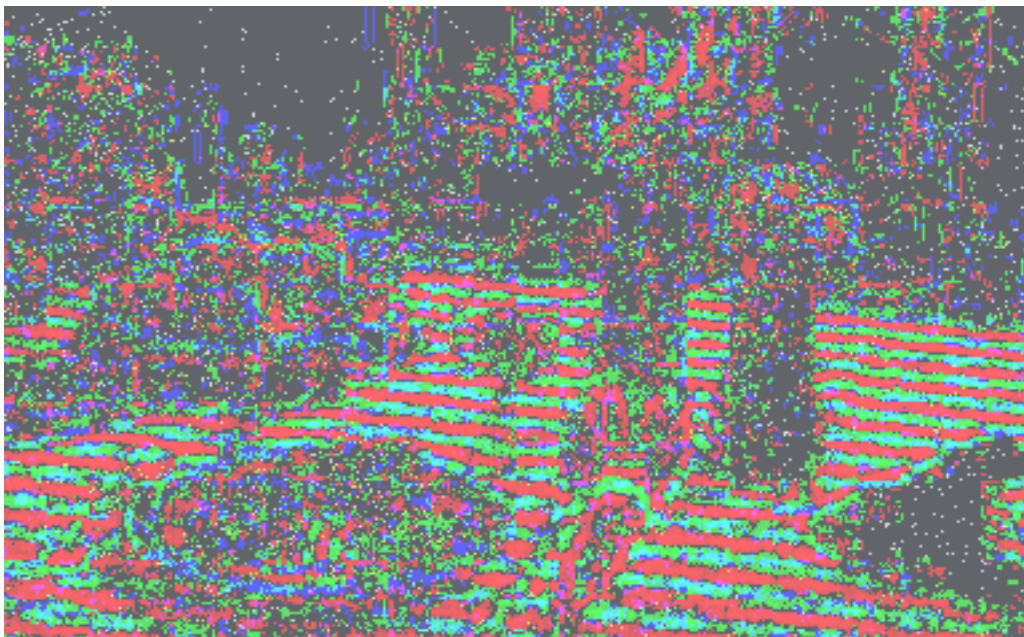
16)



17)



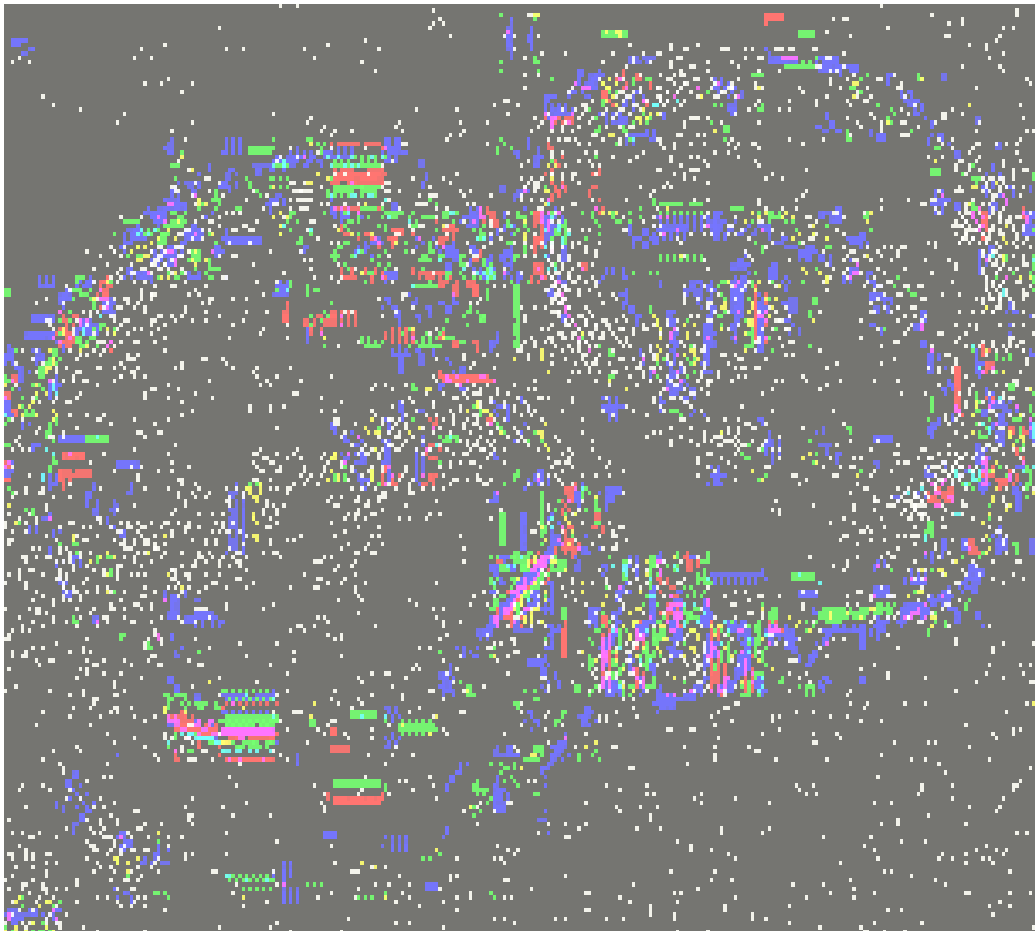
18)



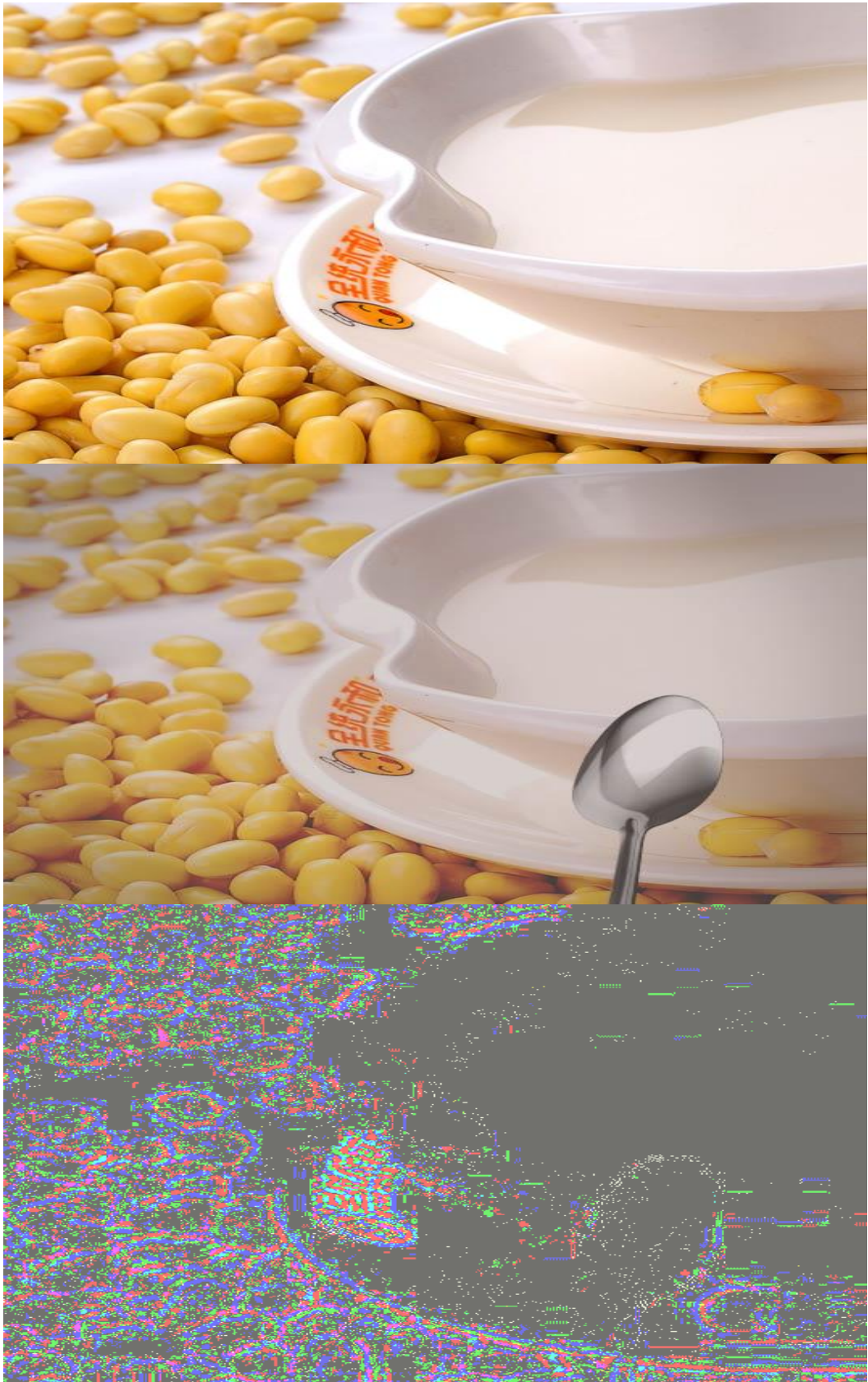
19)



20)



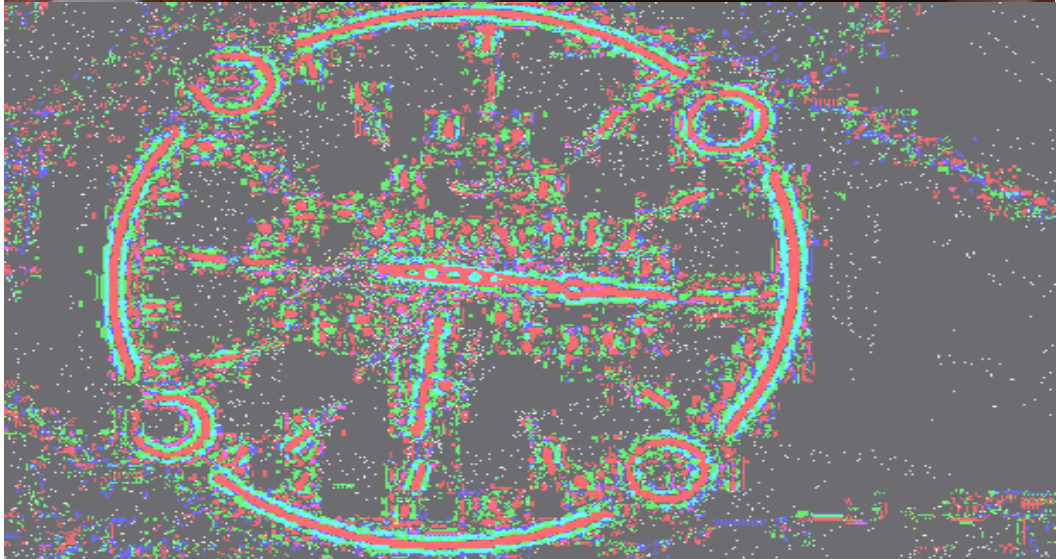
21)



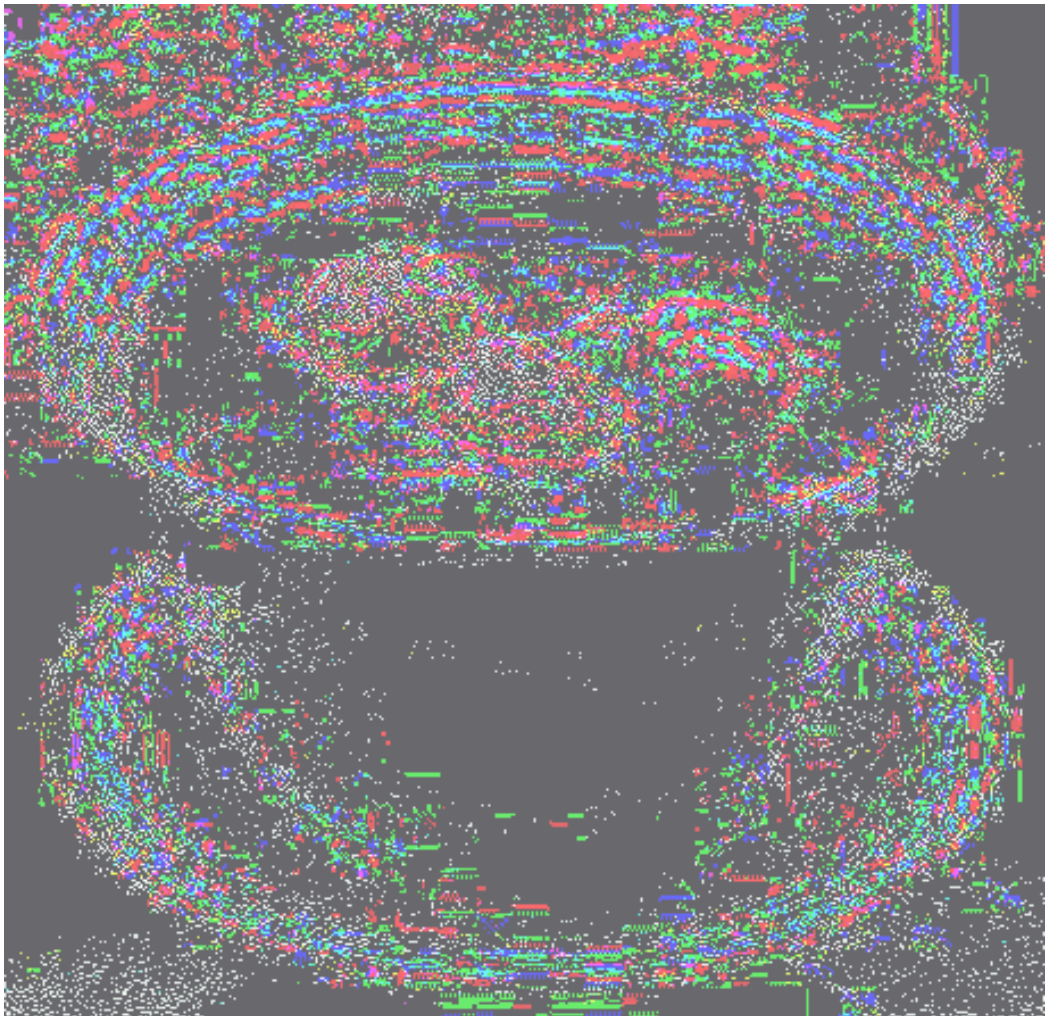
22)



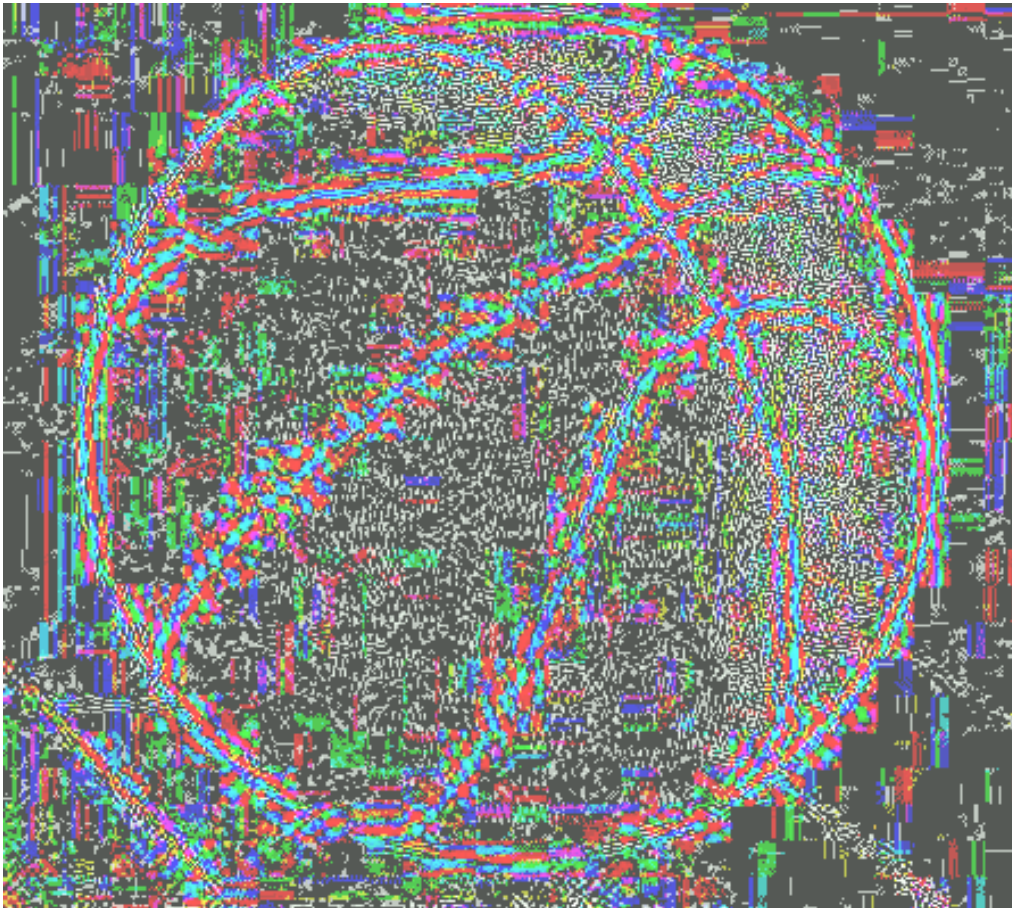
23)



24)



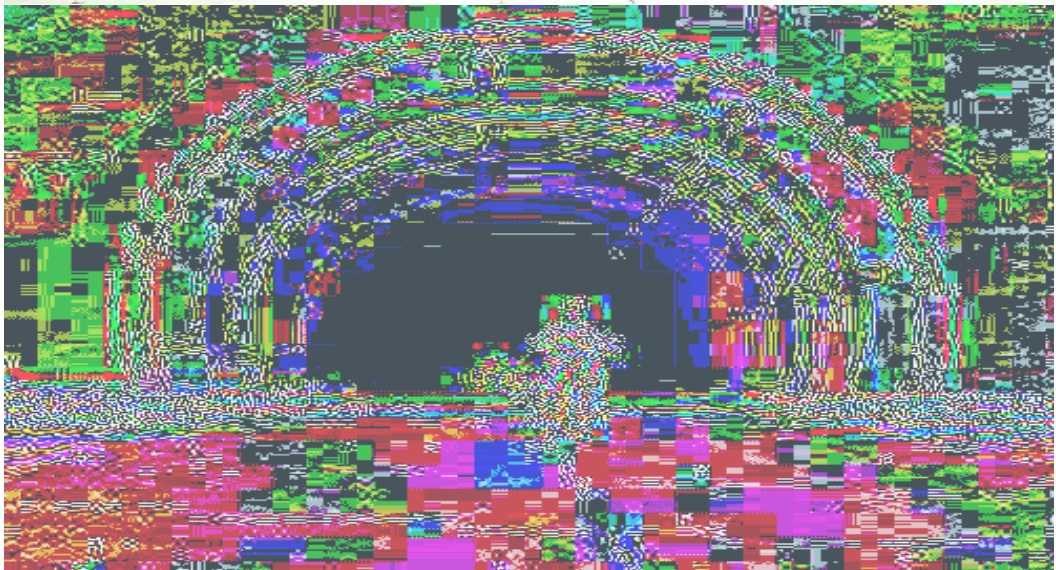
25)



26)



27)



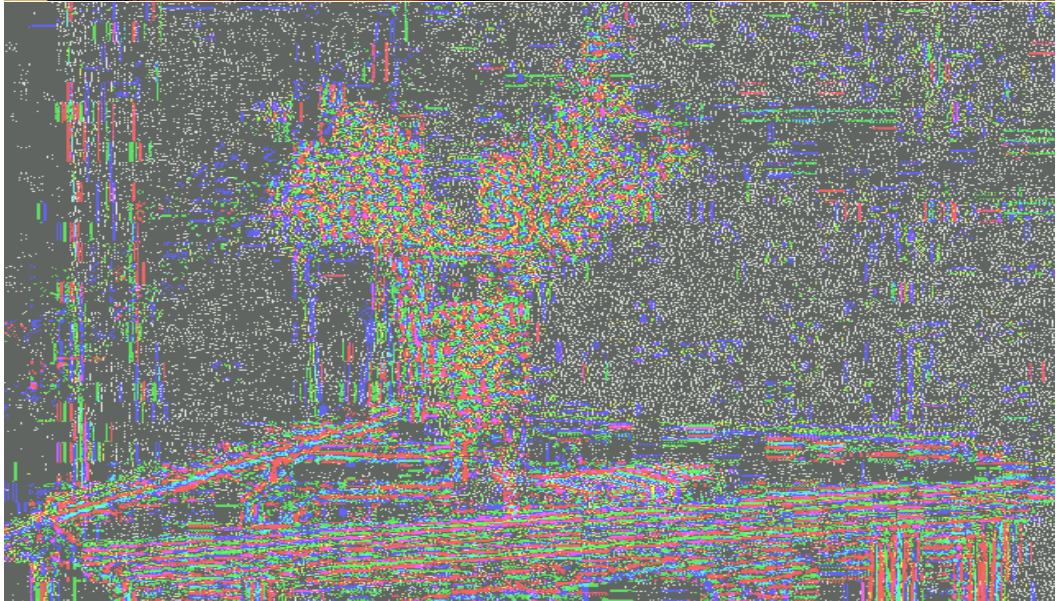
28)



29)



30)



ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı : Metin
Soyadı : ATILGAN
Doğum Yeri ve Tarihi : İZMİR, 1980
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Medeni durumu : Evli
İletişim adresi : Ankara Kriminal Polis
Laboratuvarı Müdürlüğü
E-Posta : metinatilgan@gmail.com

II- Eğitimi (tarih sırasına göre yeniden eskiye doğru)

2015 -2017 : Ankara Üniversitesi Adli Bilimler Enstitüsü
Adli Bilişim A.D
1998 -2002 : Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi
Fen Bilgisi Öğretmenliği Bölümü
: Ankara Hasan Ali Yücel Anadolu Öğretmen
1993- 1997 Lisesi
Yabancı dili : İngilizce

III- Mesleki Deneyimi

- 2012- Devam ediyor** : Ankara Kriminal Polis Laboratuvarı
Müdürlüğü/Ses-Görüntü ve Data
İncelemeleri Şube Müdürlüğü/Görüntü
İncelemeleri Büro Amirliği/Görüntü
İnceleme Asistanı
- 2011- 2012** : Emniyet Genel Müdürlüğü Koruma Dairesi
Başkanlığı

IV- Bilimsel İlgi Alanları

Adli Bilişim, fotoğraf/video düzenleme, animasyon, görsel efekt.

Sunum ve Poster Bildirileri

- 1 Özgür BULUT, Metin ATILGAN “Fotoğraftan Yaş Tayini”
ARA 2015, Ankara, TÜRKİYE (Sunum)
- 2 Metin ATILGAN, Özgür BULUT “Güvenlik Kamera
Görüntüleri üzerinde Tarih ve Zaman Sayacının Görüntü
İncelemeleri Açısından Güvenilirliği”, 13. Anadolu Adli Bilimler
Kongresi, Aydın, 2016 (Sunum)
- 3 Metin ATILGAN, Özgür BULUT “Yüz Tanıma Sistemleri:
Yeterlilik Perspektifinde Bir Değerlendirme”, 13. Anadolu Adli
Bilimler Kongresi, Aydın, 2016 (Poster)
- 4 Metin ATILGAN, Özgür BULUT “Görüntüler Üzerinde Dijital
Manipülasyon İncelemeleri”, 13. Anadolu Adli Bilimler Kongresi,
Aydın, 2016 (Poster)