

تقنيات كشف التزوير والتقليد

دراسة استقصائية في مجال الادلة الجنائية الرقمية- (*)

Forgery Detection Techniques: An Investigation of the Digital Forensics Field

باسم محمد محمود

كلية علوم الحاسوب والرياضيات
جامعة الموصل

خالد عوني خطاب

مديرية الأحوال المدنية والجوازات
والإقامة في محافظة نينوى

علاء أمجد صالح

كلية علوم الحاسوب والرياضيات
جامعة الموصل

Alaa Amjed Salih, Basim Mohammad Mahmood Khalid Awni Khatab
Department of Computer Science/
College of Computer Science and Mathematics/
University of Mosul

Ministry of Interior

Correspondence:

Alaa Amjed Salih

E-mail: alaa.csp.270@student.uomosul.edu.iq

المستخلص

يشهد عصرنا التكنولوجي الحالي ثورة واسعة في مجال تطوير التطبيقات البرمجية والتي تستخدم في شتى الأغراض وخصوصا معالجة الوثائق رقمياً. وهناك العديد من هذه التطبيقات متوفرة للاستخدام العام كونها تتيح تكوين وتعديل الوثائق بشكل الكتروني رقمي. وفي هذا السياق هناك الكثير من الجوانب غير القانونية عند استخدام هكذا تطبيقات والتي تتضمن التلاعب في الوثائق الرسمية بشكل غير مخول مما يجعلها جناية يعاقب عليها القانون. ان علم الجنائية الرقمية والذي يناغم بين تخصص الجنائية وتخصص علوم الحاسوب يوفر العديد من الطرق والأساليب والتي يمكن اتباعها لغرض الكشف عن التقليد او التحقق من الوثائق المزورة. في هذا البحث، قمنا بأجراء دراسة استقصائية لأحدث الطرق والأساليب المتبعة للكشف عن التزوير والتقليد والتي تفيد الى حد كبير المختصين في القضاء الجنائي بشكل عام وكذلك المختصين في مجال الجنائية الرقمية بشكل خاص.

(*) أستملم البحث في ٢٥/٥/٢٠٢١ *** قبل للنشر في ٢٨/٧/٢٠٢١.

(*) Received 25/5/2021 *Revised 30/6/2021* Accepted 28/7/2021.

Doi: 10.33899/alaw.2021.130300.1154

© Authors, 2022, College of Law, University of Mosul This is an open access article under the CC BY 4.0 license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

وسوف نقوم باستعراض أبرز المزايا التي تتمتع بها كل طريقة والتي من شأنها سوف تفيد الباحثين والعاملين في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية: الجنائية الرقمية، التزوير، التقليد، كشف التزوير والتقليد.

Abstract

The current technological age is witnessing a great revolution in the development of software applications. These applications are widely used for various purposes, especially digital documents processing. Several applications are available for general use as they allow creating and modifying documents digitally. In this context, there are many illegal aspects when using such applications. For instance, they can be used in unauthorized manipulation of official documents, which makes it a punishable crime by law. The science of digital forensics integrates the field of criminal and the computer science through providing several methods that can be followed for the purpose of detecting forgery or testing forged documents. This study conducted a survey of the latest methods used to detect forgery, which is of a great benefit to the investigators in the judiciary in general, as well as in the field of digital forensics in particular. This work reviews the most prominent advantages of each method that will be of benefit to researchers and workers in this field.

Keywords: Digital Forensic, Forgery, Imitation, Detecting forgery and counterfeiting.

القدمة

أولاً: التعريف بموضوع البحث: ان التزوير والتقليد هي من الجرائم التي تضر بالمصلحة العامة وتلحق الضرر بشريحة واسعة في المجتمع وتعتبر من الجرائم التي يعاقب عليها وفق القانون. الفرق الرئيسي بين التزوير والتقليد هو ان التزوير يعني العبث والتحريف بالوثيقة أو مستند بالإضافة أو الحذف أي هو تغيير الحقيقة مسبباً تغييراً من شأنه

احداث ضرر بالمصلحة العامة او بشخص من الاشخاص، اما التقليد هو إنشاء وثيقة أو مستند جديد واصطناعها بشكل يحاكي وثيقة أو مستند صحيحاً اي تقليد المستند الاصلي بشكل غير قانوني.

في السنوات الاخيرة تم تطوير العديد من تطبيقات البرامج التي تنشئ وتحرر المستندات الرقمية وانتشرت هذه التطبيقات بشكل واسع في المجتمع، وقد استغلت هذه التطبيقات في انشاء المستندات المزورة والمزيفة من قبل المزورين.

من الامور التي ساعدت على زيادة حالات التزوير والتقليد الرقمي هي زيادة استخدام النسخ الرقمية من المستندات في مجالات الادارة العامة والدوائر الرسمية والاعمال التجارية والبنوك، وتطور تطبيقات البرامج المختصة بإنشاء المستندات الرقمية.

مع زيادة عدد عمليات التزوير والتقليد، هناك حاجة لتطوير تقنيات يمكن ان تساعد في الكشف عن المستندات المزورة والمقلدة.

يعتبر كشف التزوير والتقليد والتزييف هو احد مجالات التحقيق الجنائي وهو واحد من العلوم الجنائية، وتعتبر اساليب وتقنيات كشف التزوير والتقليد وتطويرها امراً هاماً وضرورياً في مجال الادلة الجنائية.

تتمثل إحدى المشكلات الرئيسية في تطوير أنظمة الكشف التلقائي عن التزوير في الطيف الواسع الذي يكمن فيه التزوير. على سبيل المثال، وفقاً لعملية إنشاء مستند مزيف، هناك العديد من الأساليب التي تؤدي إلى سيناريوهات تزوير مختلفة. من ناحية أخرى، يمكن للمزور أن ينسخ من الصفر المستند الأصلي بالضبط مع إدخال التلاعب المطلوب. من ناحية أخرى، يمكن أيضاً إنتاج التزوير في وقت المسح عن طريق الماسح الضوئي. هنا قد يقوم المزور بوضع قطعة من الورق على النص المراد اخفائه أو لإضافة بعض المعلومات قبل مسح المستند ضوئياً. بالإضافة الى ذلك يوجد انواع اخرى من التزوير مثل التزوير الذي يحصل على الوسائط المتعددة كالصور الرقمية والفيديو. ومن التزوير الشائع الذي يحصل على الصور الرقمية هي عن طريق نسخ جزء من الصورة ولصقها في مكان اخر في نفس الصورة. ومن التزوير الذي يحصل على

الفديو هو حذف كائن من مقطع فيديو او اضافة كائن على مقطع فيديو او اضافة/حذف إطار من اطارات الفيديو. ينتج كل من هذه السيناريوهات أنواعاً مختلفة من عمليات التزوير ولهذا تستخدم تقنيات مختلفة في عمليات الكشف عن التزوير.

ثانياً: أهمية البحث: يمتاز هذا البحث بقدر كبير من الأهمية لما له من معلومات تفيد الباحثين المبتدئين، فاحص الوثائق الجنائية، المختصين في مجال الجنائية وخصوصاً في مجال الجنائية الرقمية. وكذلك يوفر هذا البحث المفاهيم الأساسية والاساليب والتقنيات المتبعة في مجال كشف التزوير. كما يزود القراء بالأعمال الحديثة في الأدبيات في كل ما يخص كشف التزوير في علم التحقيق الجنائي والتقنيات المناسبة المستخدمة في موضوع بحث معين (مثل المستندات أو ملفات الوسائط المتعددة). يمكن استخدام هذا البحث كدليل ومرجع للباحثين في مجال كشف التزوير لأنه يعرض الاساليب والتقنيات الرئيسية والاكثر فاعلية والمعتمدة في هذا المجال.

ثالثاً: اهداف البحث: يهدف البحث الى عرض التقنيات والاساليب المستخدمة في كشف التزوير والتقليد للوثائق الرقمية وكيفية عملها. كما يبين البحث الاجهزة والادوات المستخدمة في هذا المجال.

رابعاً: منهج البحث: نستعرض في هذا البحث الطرق المستخدمة في كشف التزوير والتقليد والتزييف والمعتمدة على معالجة الصور، معالجة الفيديو، التحليل الطيفي.

خامساً: نطاق البحث: يتم استعراض طرق كشف تزوير الوثائق الرقمية وتشمل هذه الوثائق (الصور الرقمية، الفيديو، المبالغ النقدية الورقية، الاختام، المستندات الصورية، المستندات المطبوعة بأحبار الطابعات الليزرية او النقطية او بأجهزة الاستنساخ، المستندات المكتوبة بخط اليد سواء بأقلام الحبر او الجاف، التوقيعات)، بالطرق والاساليب والتقنيات الحديثة التي تعتمد على (معالجة الصور، معالجة الفيديو، التحليل الطيفي).

سادساً: هيكلية البحث: يتكون البحث من اربعة مباحث، نخصص الاول لبحث فاحص الوثائق الجنائية والذي يتكون من مطلبين، نبين في الاول ماهية فاحص الوثائق الجنائية، والثاني تدريب فاحص الوثائق الجنائية. نتطرق في المبحث الثاني الى طرق

الكشف باستخدام معالجة الصور من خلال مطلبين، الاول يتناول طرق الكشف التي تعتمد على معاملة الوثائق بشكل صور رقمية، والثاني هو طرق كشف تزوير الصور الرقمية . اما المبحث الثالث فنبين به طرق كشف الفيديوها المتلاعب بها. اخيراً المبحث الرابع الذي سنخصصه لطرق الكشف التي تعتمد على التحليل الطيفي.

المبحث الأول

فاحص الوثائق الجنائية

نقسم هذا المبحث الى مطلبين، المطلب الاول ماهية فاحص الوثائق الجنائية و المطلب الثاني تدريب فاحص الوثائق الجنائية.

المطلب الأول

ماهية فاحص الوثائق الجنائية

نشأت مهنة فاحص الوثائق الجنائية أو فاحص المستندات المشكوك فيها من منطلق حاجة المحاكم للمساعدة في تفسير وتحليل الأدلة الخاصة بإعداد المستندات ومعالجتها لاحقاً. وان هذه المهنة في الحقيقة هي علم جنائي خالص من حيث أنه تطور داخل النظام القانوني وليس كامتداد لمهن أخرى، مثل الطب أو الكيمياء أو الهندسة.

على مدار عدة عقود تخصص فاحصي الوثائق الجنائية في دراسة وفحص الوثائق لمعرفة الحقائق حول تحضيرها وتاريخها. تتضمن العديد من الفحوصات للوثائق على خط اليد، وبالتالي غالباً ما يشار إلى أولئك الذين تمت استشارتهم على أنهم خبراء في اختبار الكتابة اليدوية. بعد تطور انتاج المستندات باستخدام الطابعات، وفقاً لذلك كان من الضروري تطوير مهارات هؤلاء الخبراء على تحليل المستندات المطبوعة باستخدام مختلف الطابعات بالإضافة الى فحص وتحليل المستندات المكتوبة بخط اليد.

فاحص الوثائق الجنائية يجب أن يكون أكثر من مجرد فني، يجب أن يكون عالماً، لأن الأساليب الموجودة تحت تصرفه هي تلك الخاصة بالعلوم التطبيقية. يجب أن يكون الفحص للوثائق شاملاً ودقيقاً وموضوعياً تماماً. لا تتمثل المهمة في التحقق من الأفكار المسبقة لأولئك الذين قدموا القضية، ولكن تحديد الحقائق المتعلقة بإعداد المستند

وتاريخه من خلال دراسة تفاصيل التعريف الخاصة به ومقارنة عناصره بالعينات المعروفة^(١).

المطلب الثاني

تدريب فاحص الوثائق الجنائية

في العقد الماضي خضعت معايير التدريب لجميع علوم التحقيق الجنائي للمزيد من التدقيق. عززت القرارات القانونية الأخيرة الوعي بالتحقيق الجنائي وشجعت المحاكم على استكشاف مؤهلات الخبراء في التحقيق الجنائي بشكل كبير. وبالتالي أصبح تدريب خبير في التحقيق الجنائي مصدر اهتمام، لا سيما لفاحص الوثائق الجنائية.

يتضمن برنامج التدريب الذي يحتاج اليه فاحص الوثائق الجنائية في فحص الوثائق الجنائية دراسة مجالات مثل الكتابة اليدوية (الخط) / الطباعة، ومقارنة التوقيع، فحص الاحبار والورق، الكشف عن المستندات المحورة والملفقة، كشف الوثائق المزيفة. يجب أن يصبح المتدرب على دراية كافية في تشغيل المجاهر المختصة، وأنظمة التصوير بالأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية، وأجهزة التصوير والمسح الضوئي.

تحتوي العديد من البرامج التدريبية على منهج شامل ومتكامل من الكتب والعروض التقديمية والمقالات المنشورة التي تتطلب القراءة. تعد المقالات والاختبارات العملية وجولات مرافق التصنيع (على سبيل المثال، الأقلام والأوراق والطابعات المختصة) والمحاكمات الصورية جزءاً مهماً من التدريب المهني بشكل عام، خلال فترة التدريب.

كما هو الحال مع معظم المساعي المهنية، يلعب التعليم المستمر دوراً مهماً في التدريب المستمر لفاحصي الوثائق الجنائية، كانت التغييرات المستمرة في التقنيات الطباعية المكتبية، مثل طابعات الكمبيوتر وآلات الفاكس، ومكونات الاحبار والورق، الدافع لتطوير وعمل العديد من ورش العمل التدريبية التي استضافتها جمعيات التحقيق الجنائي والكلية المهنية والمعاهد الأكاديمية ومصنعي المنتجات. يتم اكتساب معرفة إضافية ومعلومات حديثة من خلال الحضور المنتظم في مؤتمرات التحقيق الجنائي ومراجعة

(1) Michael S Bisesi, Scientific Examination of Questioned Documents (CRC press, 2006).

الأدبيات والمقالات الحديثة المنشورة في الميدان. من الواضح أن فحص وثائق التحقيق الجنائي ليس خبرة ثابتة، والتراكم المستمر للمعلومات الجديدة والحديثة ضروري لضمان احتفاظ فاحص الوثائق الجنائية بالكفاءة والخبرة.

إن فاحص الوثائق الجنائية غير القادر على تقديم أدلة التحقيق الجنائي سيكون غير فعال كشاهد خبير بغض النظر عن مدى تدريبه وتعليمه وخبرته. يجب أن يتعلم فاحص الوثائق كيفية تقديم النتائج الفنية والعملية بوضوح ودقة إلى الأشخاص العاديين وكيفية الإجابة بشكل موضوعي على الأسئلة التي يطرحها المحامون. إن تعلم إعداد المخططات التوضيحية والأشكال الأخرى من الأدلة التوضيحية يسير جنباً إلى جنب مع الشهادة الفعالة كما أن الوقت والجهد مطلوبان للتعرف على أنظمة المحاكم ذات الصلة.

أصبحت معايير التدريب عاملاً حاسماً ومهماً، ليس فقط لفحص وثائق التحقيق الجنائي، ولكن لجميع علوم التحقيق الجنائي. برنامج التدريب الشامل والفعال في فحص وثائق التحقيق الجنائي يجب أن يتكون من برنامج معد جيداً للدراسة والتحليل للعديد من الحالات الفعلية والمحاكاة في بيئة معملية خاضعة للرقابة، مدعومة بحضور اجتماعات التحقيق الجنائي والوصول إلى المجالات الجنائية.

المبحث الثاني

طرق الكشف باستخدام معالجة الصور

نقسم هذا المبحث الى مطلبين نوضح في المطلب الاول طرق الكشف التي تعتمد على معاملة الوثائق بشكل صور رقمية، وفي المطلب الثاني نوضح طرق كشف تزوير الصور الرقمية.

المطلب الأول

طرق الكشف التي تعتمد على معاملة الوثائق بشكل صور رقمية

تحتوي شبكة الانترنت على كمية كبيرة جداً من ملفات الوسائط المتعددة مثل الصور ومقاطع الفيديو، حيث تم التلاعب بالعديد من هذه الملفات من قبل المزورين (انظر الشكل ١). يوجد العديد من التقنيات والأساليب في الأدبيات التي تعمل على كشف المستندات المزورة باستخدام تقنيات معالجة الصور. ومن هذه التقنيات التي تعمل بشكل

أساسي على الكشف عن الحواف واستخراج الميزات من المستند المشكوك به (على سبيل المثال، المستند في شكل صورة)^(١) علاوة على ذلك، تعد معلومات الحواف في الصورة واحدة من أهم البيانات التي يمكن أن تصف حدود الهدف وموقعه النسبي داخل المنطقة المستهدفة. يعد اكتشاف الحواف أحد أهم العمليات في معالجة الصور ويمكن اعتبارها أداة للكشف عن التزوير/التقليد. في هذا السياق تطورت اساليب الكشف بشكل مستمر من خلال تقنيات وخوارزميات مختلفة تعمل على الآلات والأجهزة.



(أ) صورة اصلية



(ب) صورة مزورة

(1) R Muthukrishnan and Miyilsamy Radha, "Edge Detection Techniques for Image Segmentation," International Journal of Computer Science & Information Technology 3, no. 6 (2011): 259.

شكل ١: توضيح الفرق بين الصورة الاصلية والمزورة.

اعتماداً على دراسة باراد وجوسوامي^(١)، يمكن تقسيم طرق كشف تزوير الصور إلى نوعين^(٢)، النهج الفعال والخالل. يمكن أن يشمل الأول تقنيات العلامات المائية الرقمية والتوقيع الرقمي. في حين الآخر يمكن أن يعتمد على أساليب مثل نقل-نسخ أو ربط الصورة، أو بشكل مستقل مثل تنقيح الصورة أو أساليب حالة الإضاءة. علاوة على ذلك، يمكن إجراء عملية التزوير باستخدام أوراق الطباعة، الأحبار، الأوراق النقدية، العملة وما إلى ذلك.

بادلو وآخرون^(٣) اقترحوا طريقة تعمل على كشف تزيف الأوراق النقدية الفلبينية من خلال معالجة الصور باستخدام تقنية حافة كاني (CET) Canny Edge Technology. تعتمد حافة كاني على ميزات أمان مميزة تُعرف باسم تصحيح الأجهزة المتغيرة بصرياً (Optically Variable Device(OVD)). تعتبر تقنية حافة كاني تحسناً للكشف التقليدي ثلاثي الاتجاهات للعملات الورقية (على سبيل المثال، خيوط الامان، العلامة المائية، العلامات الشفافة). وقد أثبتت خوارزمية تقنية حافة كاني أنها طريقة دقيقة وقوية لاكتشاف الأوراق النقدية المزيفة من خلال ميزات أمان الأجهزة المتغيرة بصرياً. ابرز محددات هذه الطريقة لها تعقيد حسابي كبير وتستغرق وقت طويل.

- (1) Zankhana J Barad and Mukesh M Goswami, "Image Forgery Detection Using Deep Learning: A Survey," in 2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 2020, 571–76.
- (2) Mian Zou et al., "Statistical Analysis of Signal-Dependent Noise: Application in Blind Localization of Image Splicing Forgery," ArXiv Preprint ArXiv:2010.16211, 2020.
- (3) A H Ballado et al., "Philippine Currency Paper Bill Counterfeit Detection through Image Processing Using Canny Edge Technology," in 2015 International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), 2015, 1–4.

دراسة أخرى قام بها الشايجي وآخرون^(١) اقترحوا طريقة لكشف العملات المزيفة بناءً على تقنية (Bit-Plane Slicing (BPST). وتعتبر طريقة جديدة تستخدم لاستخراج أهم البيانات من صور الأوراق النقدية المزيفة باستخدام خوارزمية كشف الحافة. وتتكون الطريقة المقترحة من تحليل الصور الأصلية لـ ٢٥٦ مستوى رمادي إلى ٨ صور ثنائية (Binary images) مكافئة لها. هذا النهج مفيد في تحليل الأهمية النسبية التي يساهم بها كل جزء من الصورة الأصلية. حيث يتم تقييم مستويات الجزء ذات الترتيب الأعلى لصور الأوراق النقدية ذات التدرج الرمادي باستخدام خوارزمية تقنية حافة كاني. كانت النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام تقنية كشف الحافة أكثر دقة ويمكن اكتشافها بشكل أسرع من الحصول عليها دون تقطيعها من الصورة الأصلية. من مميزات هذه الطريقة انها قوية ودقيقة.

يمكن أيضاً استخدام تقنيات أخرى مثل تجزئة الصورة (image) segmentation واستخراج الميزات (features extraction) وميزات النسيج (texture properties) للكشف عن المستندات المزيفة (مثل العملات).

جوراي وآخرون^(٢) اقترحوا طريقة فعالة لكشف المستندات المزورة. ركزت طريقتهم على ميزات النسيج مثل مرشحات غابور (Gabor filters) والأنماط الثنائية المحلية (local binary patterns). بعد ذلك، نفذت الطريقة مطابقة الرسم البياني (histogram matching) لتحليل المستند. تم استخراج ميزات النسيج ومعلومات الالوان (RGB) Red Green Blue من كل كلمة في المستند. بعد ذلك تمت مقارنة الرسوم البيانية العادية لصورتين مختلفتين من المستند لتوليد نتيجة مطابقة لاتخاذ قرار

-
- (1) Mohammad H Alshayegi, Mohammad Al-Rousan, and Dunya T Hassoun, "Detection Method for Counterfeit Currency Based on Bit-Plane Slicing Technique," International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering 10, no. 11 (2015): 225–42.
 - (2) Apurba Gorai, Rajarshi Pal, and Phalguni Gupta, "Document Fraud Detection by Ink Analysis Using Texture Features and Histogram Matching," in 2016 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2016, 4512–17.

بشأن هذا المستند. من نقاط القوة للطريقة المقترحة انها لم تتطلب أي معرفة مسبقة واستهلكت وقتاً أقل للتنفيذ.

وهناك دراسات اخرى اعتمدت على ميزات النسيج (texture feature) كدراسة لمسال وشاكيا^(١). قدموا طريقة لتحديد وتصنيف الاوراق النقدية المزيفة والاصلية بناءً على ميزات اللون والنسيج (Features color and texture). وتميزت طريقتهم لتحديد العملة المزيفة بالبساطة وقلة التعقيد. كانت ميزات اللون والنسيج للعملة متضمنة بشكل أساسي في عملية تحديد الهوية. تم استخدام الانتروبيا (Entropy) والارتباط (correlation) لتحليل ميزات النسيج في المستند، وتم حساب الانحراف لتحليل ميزات اللون في المستند. يتم استخدام المعلمات الانحراف والانحراف المعياري التي تم حسابها جنباً إلى جنب مع الانتروبيا والارتباط كمعلمات للنسيج في تصنيف صورة العملة المزيفة.

دراسة أخرى بواسطة كروز واخرون^(٢). قدموا طريقة لكشف التزوير باستخدام أنماط ثنائية محلية (local binary patterns). تهدف طريقتهم إلى الكشف عن عمليات التزوير التي يتم إجراؤها عن طريق المعالجة المباشرة لصورة المستند. كانت الفكرة الرئيسية وراء هذا الطريقة هي ايجاد التناقضات في السمات الجوهرية لصورة المستند وتحليلها. لالتقاط معلومات النسيج الدقيقة من التناقضات المتبقية في الصورة عند تزوير منطقة معينة، يتم استخدام أنماط ثنائية محلية موحدة. بالإضافة الى ذلك، يتم حساب عامل أنماط ثنائية محلية موحدة على بقع الصور التي تم استخلاصها حول المكونات المتصلة وتصنيفها باستخدام مصنف ثنائي آلات المتجهات (binary Support Vector Machines) كمناطق مزورة أو أصلية. من محاسن هذه الطريقة هي انها قادرة على اكتشاف عدة أنواع من عمليات التزوير في مجموعة كبيرة من أنواع المستندات، إلا أن الأداء العام لهذه الطريقة منخفض.

- (1) Shaurav Lamsal and Aman Shakya, "Counterfeit Paper Banknote Identification Based on Color and Texture," in Proceedings of the IOE Graduate Conference, 2015, 160–68.
- (2) Francisco Cruz et al., "Local Binary Patterns for Document Forgery Detection," in 2017 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), vol. 1, 2017, 1223–28.

المطلب الثاني

طرق كشف تزوير الصور الرقمية

في العالم الرقمي اليوم تعد الصورة الرقمية الوسيلة الأكثر شيوعاً المستخدمة على نطاق واسع في مجتمعنا. نظراً لأنه يمكن الوصول بسهولة إلى برامج تحرير الصور المتطورة مثل Photoshop، فإنه يسهل تعديل الصورة الرقمية ومعالجتها دون ترك أي أدلة ملحوظة. لذلك فإن الحاجة الماسة إلى ابتكار تقنيات للتحقق من صحة وسلامة الصورة الرقمية أصبحت أساسية، خاصة الصور المقدمة كأدلة في مجال الصحافة والتحقيق الجنائي وفي الأمور المالية والطبية وغيرها^(١). تم تقديم أحدث الأبحاث حول الكشف عن الصور المزورة.

قدم الظاهر وحمام^(٢) خوارزمية لكشف تزوير نقل-نسخ (في هذا النوع من التزوير يقوم المزور بنسخ منطقة معينة في صورة ونقلها في مكان آخر بنفس الصورة كما في الشكل ١، وتعمل خوارزمية كشف التزوير هذه على استخدام طرق الكشف العمياء لتحديد أوجه التشابه والاختلاف بين المنطقة المشتبه بها والمناطق الأخرى في الصورة المزورة. تعتمد

-
- (1) Osamah M Al-Qershi and Bee Ee Khoo, "Passive Detection of Copy-Move Forgery in Digital Images: State-of-the-Art," Forensic Science International 231, no. 1–3 (2013): 284–95; Nickson M Karie and Hein S Venter, "Toward a General Ontology for Digital Forensic Disciplines," Journal of Forensic Sciences 59, no. 5 (2014): 1231–41; Z F Muhsin et al., "Improved Quadtree Image Segmentation Approach to Region Information," The Imaging Science Journal 62, no. 1 (2014): 56–62; Vijay Anand, Mohammad Farukh Hashmi, and Avinash G Keskar, "A Copy Move Forgery Detection to Overcome Sustained Attacks Using Dyadic Wavelet Transform and SIFT Methods," in Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, 2014, 530–42; Amjad Rehman and Tanzila Saba, "Off-Line Cursive Script Recognition: Current Advances, Comparisons and Remaining Problems," Artificial Intelligence Review 37, no. 4 (2012): 261–88.
 - (2) Radwa Hammad and others, "Image Forgery Detection Using Image Similarity," Multimedia Tools and Applications 79, no. 39 (2020): 28643–59.

الخوارزمية المقترحة على استخدام وظيفة المعلومات المتبادلة القائمة على Gaussian Copula لقياس التشابه بين منطقتين مختلفتين في الصورة المشتبه بها، جنباً إلى جنب مع استخدام تقنية التحلل الهرمي القابل للتوجيه الذي يحلل الصورة إلى أحجام كتل أصغر وهي ١٦ بكسل. وقد أثبتت الطريقة المقترحة أنها تتفوق بأداء عالي، نظراً لدقتها العالية في الكشف عن التزوير، مما يجعلها أفضل طريقة مستخدمة حالياً في الكشف عن المستندات الأمنية والطبية والتأمينية المزورة.

دراسة اخرى قام بها أسلم وآخرون^(١) قدموا طريقة لاكتشاف تزوير الصور باستخدام الشبكة العصبية التلافيفية (Convolutional Neural Network). ركزت طريقتهم على التحقق من أصالة الصورة. تبدأ المنهجية المقترحة بتحويل الصورة الواردة إلى التدرج الرمادي، ثم تنفذ العمليات التالية: تنفيذ تحويل جيب التمام المنفصل (Discrete Cosine Transform)، والمسح المتعرج، والكمية، والإقليدية لتحديد التشابه بين المتجهات وجيرانهم، ثم تحديد اتجاه كل متجه، ثم تحديد الدقة وأخيراً تنفيذ الشبكة العصبية التلافيفية (CNN) لاكتشاف التزوير. أظهرت النتائج تحسناً في معدل ووقت الاكتشاف. أثبتت هذه الطريقة فعاليتها في الكشف عن التزوير من خلال DCT أكثر من PCA للصور عالية التركيب. يستخدم شبكة عصبية تلافيفية في اكتشاف الصور المزيفة المحتملة والتي من المعروف أنها تتطلب الكثير من التدريب حتى يتمكن من الحصول على أفضل أوزان لأدائها.

دراسة اخرى قام بها وانغ وآخرون^(٢) اقترحوا خوارزمية لكشف تزوير الصور من نوع نسخ-نقل بناءً على النمط الثنائي المحلي (Local Binary Pattern (LBP) وتقسيم القيمة الفردية (Singular Value Decomposition (SVD)). يعمل نهج اكتشاف تزوير صورة نقل النسخ على النحو التالي: أولاً قاموا بتقسيم صورة الإدخال إلى كتل متداخلة واستخدموا النمط الثنائي المحلي (LBP) لتسمية كل كتلة. في الخطوة

(1) Alvina Aslam et al., "Image Forgery Detection Using Convolutional Neural Network," 2020.

(2) Yuan Wang, Lihua Tian, and Chen Li, "LBP-SVD Based Copy Move Forgery Detection Algorithm," in 2017 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM), 2017, 553–56.

التالية يتم استخراج أكبر قيمة من قيم (SVD) في الكتل ذات التسميات. تشكل قيم (SVD) بالإضافة إلى قيم المعدل للمعلمات (Cr، Cb، y) متجه الميزة لكل كتلة. أخيراً يتم فرز معجمي لنواقل الميزة ويستخدم قياس التشابه عنصراً تلو الآخر لاكتشاف الكتل المزورة. تكتشف الطريقة المناطق التي تم نسخها ولصقها بدقة ولها أداء جيد في اكتشاف عملية تزوير نقل النسخ المنتظم أو غير المنتظم. تمتاز هذه الطريقة بان التعقيد الحسابي لها قليل.

من الطرق الأخرى لكشف تزوير الصور هو دراسة ديكسيت وآخرون^(١) اقترحوا دراسة لاكتشاف تزوير الصور بناءً على استغلال ميزات الصورة الإحصائية. الهدف العام من هذه الدراسة هو تقديم تقنية للعثور على مناطق مكررة في صورة ما عن طريق استغلال ميزات الصورة الإحصائية مثل المتوسط (Mean) والتباين (Variance). في البداية قاموا بتقسيم الصورة المزورة إلى أربع نطاقات فرعية. ثم تقسيم كل نطاق فرعي إلى كتل متداخلة ذات حجم ثابت. تم قياس متوسط كل كتلة وتخزينه في مصفوفة، وبالتالي حساب التشابه بين الكتل بناءً على متوسطاتهم (mean) باستخدام المسافة الإقليدية. بعد ذلك يتم استخدام أزواج الكتل الأكثر تشابهاً، والتي تم تحديدها باستخدام عتبة محددة تجريبياً، لاكتشاف مناطق الصور المكررة. وقد حقق النهج المقترح المعدل الأمثل لاكتشاف التزوير، من خلال استغلال تباين أزواج كتل الصور المكررة. وأظهرت النتائج أن التقنية المقترحة تفوق التقنيات الموجودة من حيث دقة الكشف.

المبحث الثالث

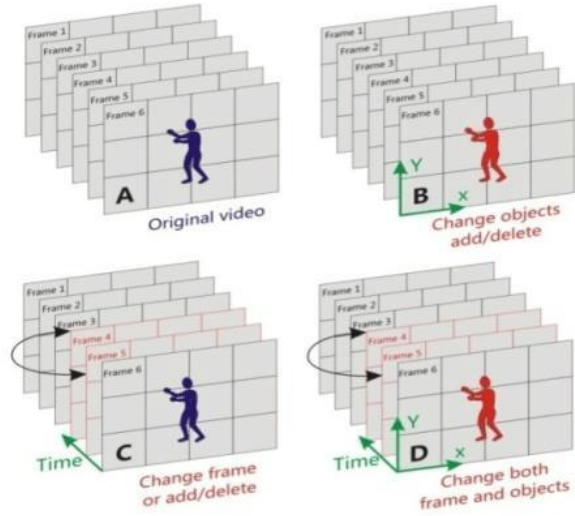
طرق كشف الفيديوهات المتلاعب بها

في السنوات الأخيرة أصبحت مقاطع الفيديو الرقمية جانباً مهماً من جوانب حياتنا، من مقاطع الفيديو الشخصية إلى مقاطع الفيديو المستخدمة في المراقبة التي يمكن تقديمها في المحكمة كدليل قانوني، يمكن أن يكون دليل الفيديو هذا المقدم للمحكمة والمحققين مهماً جداً لفهم الأحداث كما حدثت. مع ظهور وانتشار تطبيقات

(1) Rahul Dixit, Ruchira Naskar, and Aditi Sahoo, "Copy-Move Forgery Detection Exploiting Statistical Image Features," in 2017 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET), 2017, 2277–81.

تحرير الوسائط القوية وسهلة الاستخدام، أصبح التلاعب بالفيديو متاحاً للمزورين. يمكن إجراء تزوير الفيديو على إطارات الفيديو بعدة طرق مختلفة، (انظر الشكل ٢). وقد أصبح اكتشاف تزوير الفيديو مطلباً مهماً وضروري لضمان سلامة بيانات الفيديو خاصةً مقاطع الفيديو المتعلقة بالأمن العام أو الأدلة القانونية. وهذا هو التحدي الرئيسي، في هذه الحالة، هو تحديد ما إذا كان الفيديو أصلياً عند استخدامه كدليل حاسم للحكم في المحكمة^(١). وفقاً للدراسات^(٢)، تزوير الفيديو يمكن أن يكون مكانيًا، عندما يتم التزوير في وحدات البكسل على مصدر الفيديو، أو زمنيًا، عندما يتم التزوير على سلسلة من الإطارات في الفيديو، أو ممكن أن يكون مكاني-زمني وهو مزيج من كلا النوعين المذكورين أعلاه من التزوير (انظر الشكل ٢). استناداً إلى دراسة شيلكي وكاسانا^(٣)، يمكن أن تكون أساليب تزوير الفيديو إما بين الإطارات (على سبيل المثال، إدراج الإطار، حذف الإطار، تكرار الإطار، أو خلط الإطارات) أو داخل الإطار (على سبيل المثال، نسخ-نقل أو الربط). يتكون الفيديو من مجموعة من الإطارات التي تعرض بشكل سريع ومتتابع، حيث أن هذه الإطارات ليست سوى صور تعرض بمعدلات عالية (٢٤ أو ٣٠ مرة في الثانية) لتشكل وهم الحركة لدى المشاهد.

- (1) Matthew C Stamm, Min Wu, and K J Ray Liu, "Information Forensics: An Overview of the First Decade," IEEE Access 1 (2013): 167–200.
- (2) Saurabh Upadhyay and Sanjay Kumar Singh, "Video Authentication: Issues and Challenges," International Journal of Computer Science Issues (IJCSI) 9, no. 1 (2012): 409; Aldrina Christian and Ravi Sheth, "Digital Video Forgery Detection and Authentication Technique-a Review," International Journal of Scientific Research in Science and Technology (IJSRST) 2, no. 6 (2016): 138–43.
- (3) Nitin Arvind Shelke and Singara Singh Kasana, "A Comprehensive Survey on Passive Techniques for Digital Video Forgery Detection," Multimedia Tools and Applications, 2020, 1–64.



الشكل ٢: التلاعب في مقطع فيديو. (A) هو الفيديو الأصلي، (B) فيديو مزور مكانياً، (C) فيديو مزور زمنياً، (D) مقطع فيديو مزيف مكاني-زمني^(١).

أفشار وآخرون^(٢) اقترح طريقة للكشف تلقائياً عن التلاعب بالوجوه في مقاطع الفيديو. ركز عملهم على تقنيتين شديديتي الواقعية تستخدمان في تزوير الفيديو، وهما التزييف العميق (Deepfake) ووجه الى وجه اخر (Face2Face). استخدموا نهج التعلم العميق (deep learning) منخفض التكلفة الحاسوبية، مع الخصائص الوسيطة للإطارات في اكتشاف التزوير في مقاطع الفيديو. النهج المقترح يحتوي على العديد من القيود، على سبيل المثال، تظهر إطارات الإخراج ضبابية بسبب مساحة التشفير المحدودة.

فاياز وآخرون^(٣) اقترح تقنية للكشف عن التزوير بالفيديو التي تعتمد على ارتباط بقايا الضوضاء مع ضوضاء نمط الاستشعار (sensor pattern noise)

- (1) Omar Ismael Al-Sanjary and Ghazali Sulong, "Detection of Video Forgery: A Review of Literature," Journal of Theoretical & Applied Information Technology 74, no. 2 (2015).
- (2) Darius Afchar et al., "Mesonet: A Compact Facial Video Forgery Detection Network," in 2018 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security (WIFS), 2018, 1–7.
- (3) Muhammad Aizad Fayyaz et al., "An Improved Surveillance Video Forgery Detection Technique Using Sensor Pattern Noise and=

وبقايا الضوضاء من الإطارات السابقة في الفيديو. صمم نهجهم ليكون مناسباً لمقاطع الفيديو التي هاجمت الإطارات. ومع ذلك كان نهجهم معقداً ويحتاج إلى الكثير من المراحل والحسابات لإجراء الكشف عن التزوير.

العريني وآخرون^(١) اقترح طريقة لكشف تزوير الفيديو المستند إلى الكائن وتقدير حركة الكائنات المزالة بناءً على التحلل المكاني (spatial decomposition) والتصفية الزمنية (temporal filtering) والتحليل المتسلسل (sequential analysis). اهتم عملهم على اكتشاف الأجسام المتحركة (كأشخاص مثلاً) التي تمت إزالتها من مشهد فيديو مأخوذ من كاميرا ثابتة. اول خطوة من النهجية المقترحة هي تطبيق التحلل المكاني على إطارات الفيديو باستخدام هرم لابلاسيان (Laplacian Pyramid). بعد ذلك عملوا على تطبيق مرشح تمرير عالي مؤقت لاكتشاف الحواف مكانياً وإبراز الاختلافات مؤقتاً. بعد ذلك يتم اكتشاف تغيرات البكسل التي تحدث غالباً بالقرب من حدود الكائن الذي تمت إزالته. لذلك تم تنفيذ تحليل تسلسلي مؤقتاً لاكتشاف التغيرات في البكسل. تم إثبات تزييف الفيديو في حالة وجود وحدات بكسل تم تغييرها من مناطق مكانية كبيرة واستمرت لفترة قصيرة. أظهرت النتائج التجريبية أن أداء كشف التزوير بالفيديو المعتمد على الكائنات باستخدام هذه الطريقة يتفوق على الطرق الأخرى مثل عمل^(٢) المتعلق بالدقة. أيضاً يمكن لهذا الطريقة تقدير حركة الأحجام المختلفة للأجسام التي تمت إزالتها بشكل فعال باستخدام التحلل المكاني. كانت محددات هذه الطريقة هي أن مرحلة التحليل التسلسلي كانت باهظة الثمن من الناحية الحسابية، والتي تحتاج إلى مزيد من التطوير لتقليل التكلفة الحسابية.

=Correlation of Noise Residues,” Multimedia Tools and Applications 79, no. 9 (2020): 5767–88.

(1) Mohammed Aloraini et al., “Statistical Sequential Analysis for Object-Based Video Forgery Detection,” Electronic Imaging 2019, no. 5 (2019): 541–43.

(2) Chen Richao, Yang Gaobo, and Zhu Ningbo, “Detection of Object-Based Manipulation by the Statistical Features of Object Contour,” Forensic Science International 236 (2014): 164–69.

دراسة اخرى قام بها ماثاي وآخرون^(١) اقترح طريقة تستخدم ميزات اللحظة الإحصائية (statistical moment features) وعامل الارتباط التبادلي الموحد (normalized cross-correlation factor) لاكتشاف التزوير بالفيديو وتحديد موقعه. اهتمت طريقتهم على التكرار الذي تم إنشائه في مقطع فيديو بحيث تم استبدال منطقة صغيرة من الفيديو بمنطقة أخرى في نفس الفيديو. يعد اكتشاف المحتوى المكرر في تسلسل فيديو هو الفكرة الرئيسية لهذه الطريقة لكشف تزوير الفيديو. وكانت هذه الطريقة دقيقة في كشف التزوير (المحتوى المكرر) ولكن هذه الطريقة بها تعقيد حسابي كبير.

استخدم وانج وزملاؤه^(٢) معامل تحويل جيب تمام المنفصل (DCT) للتنبؤ بالإطارات. وكانت طريقتهم فعالة في اكتشاف أي تغيير في الإطارات (الإطارات المدرجة والمحدوفة). ومع ذلك يعتبر نهج DCT حساساً عندما يكون الفيديو الذي تم فحصه به ضوضاء.

طريقة اخرى اقترحها نجوين وآخرون^(٣) تستخدم لكشف تزوير الفيديو في مجال التزييف العميق (Deepfake). كانت الطريقة فعالة عندما يحدث تبديل في الوجوه داخل إطارات الفيديو. على الرغم من أن هذه الطريقة أنتجت مستوى عالٍ من الاكتشاف، إلا أنها تحتوي على قيود عندما يضيف مهاجم الفيديو بعض الضوضاء إلى الفيديو.

- (1) M Mathai, D Rajan, and Sabu Emmanuel, "Video Forgery Detection and Localization Using Normalized Cross-Correlation of Moment Features," in 2016 IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation (SSIAI), 2016, 149–52.
- (2) Weihong Wang and Hany Farid, "Exposing Digital Forgeries in Video by Detecting Double MPEG Compression," in Proceedings of the 8th Workshop on Multimedia and Security, 2006, 37–47.
- (3) Huy H Nguyen, Junichi Yamagishi, and Isao Echizen, "Capsule-Forensics: Using Capsule Networks to Detect Forged Images and Videos," in ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2019, 2307–11.

مناهج أخرى في الأدبيات استخدمت السمات الإحصائية لمقاطع الفيديو عند الكشف عن عمليات التزوير. دراسة العريني وآخرون^(١) عملوا على استخدام الميزات الإحصائية (على سبيل المثال، المتوسط والتباين) لاكتشاف إزالة الكائن من مقاطع الفيديو. كان هذا الأسلوب فعالاً مع خلفية الفيديو الثابتة، لكنه واجه مشكلة مع خلفية الفيديو الديناميكية.

خراط وآخرون^(٢) استخدم ميزات Scale-invariant feature transform لاكتشاف تكرار الإطارات في الفيديو. تتميز دقة هذه الطريقة بالقوة حيث تصل دقتها إلى ٩٩٪. ولكن لا تزال هناك مشكلة الخلفيات الديناميكية. نعتقد أن استخدام الميزات الإحصائية لمقاطع الفيديو يحتاج إلى مزيد من التحقيقات التي تهدف إلى إيجاد حلول عند التعامل مع خلفيات الفيديو المتحركة. أيضاً قد يكون لهذا النوع من الطرق عبء حسابي مرتفع بسبب الحسابات المعقدة للارتباطات.

المبحث الرابع

طرق الكشف التي تعتمد على التحليل الطيفي

اعتمدت العديد من الدراسات على التحليل الطيفي للوثائق للكشف عن التزوير. يمكن الحصول على التحليل الطيفي لوثيقة ما من أنواع مختلفة من الأساليب والتقنيات والأجهزة^(٣). واحدة من أكثر التقنيات شيوعاً المستخدمة في استخراج التحليل الطيفي للوثائق هي مطيافية الانهيار الناجم عن الليزر:

(Laser-induced breakdown spectroscopy) وتسمى LIBS.

- (1) Mohammed Aloraini, Mehdi Sharifzadeh, and Dan Schonfeld, "Sequential and Patch Analyses for Object Removal Video Forgery Detection and Localization," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2020.
- (2) Jayashree Kharat and Sangeeta Chougule, "A Passive Blind Forgery Detection Technique to Identify Frame Duplication Attack," Multimedia Tools and Applications, 2020, 1–17.
- (3) Kamila Kucharska-Ambrożej and Joanna Karpinska, "The Application of Spectroscopic Techniques in Combination with Chemometrics for Detection Adulteration of Some Herbs and Spices," Microchemical Journal 153 (2020): 104278.

عمل لينارد وآخرون^(١). دراسة عملوا فيها على تطبيقات LIBS في التحقيق في الوثائق المشكوك فيها. استخدمت الدراسة الأنواع الأكثر شيوعاً من المواد المتاحة في الأسواق مثل أوراق المكتب وأحبار نفث الحبر وأحبار طابعات الليزر وأحبار الكتابة. اختبر المؤلفون النتائج التي تم الحصول عليها من LIBS مقابل طرق واساليب أخرى مثل الاجتثاث بالليزر المقترن بالحث مطياف كتلة البلازما (LA-ICP-MS). أكدت النتائج أن LIBS يعكس فروقاً ذات دلالة إحصائية (من ٩٩.٨ إلى ١٠٠ ٪ مقارنة بـ (LA-ICP-MS) بين دفعات مختلفة من نفس ومختلف العلامات التجارية للمواد في العينات المستخدمة.

من ناحية أخرى، قام الشربيني وناصف^(٢) بدراسة تقوم بالتحقيق في اعتماد الطول الموجي لـ LIBS لعينة من المستندات المشكوك فيها. قاموا بفحص ثلاثين قلم حبر جل أسود من عشر علامات تجارية من أجل التعرف على تنوع التركيب الكيميائي للأحبار. علاوة على ذلك كانوا يهدفون إلى التمييز بين هذه الأنواع من الأحبار مع الحد الأدنى من الضرر للمستند. بينت النتائج أن LIBS كان قادراً على تمييز أنواع الأحبار مقارنة بـ IR LIBS بنفس طاقة نبضة الليزر. فضلاً عن ذلك دعمت هذه النتائج التجريبية قدرة LIBS باستخدام كل من الليزر المرئي والأشعة تحت الحمراء ل يتم تطويرها والاستفادة منها في مصلحة علم التحقيق الجنائي.

دراسة أخرى بواسطة هوي وآخرون^(٣) قاموا بتحليل حبر الطباعة عن طريق تحليل عناصر عينات حبر الطباعة بواسطة تقنية LIBS. في التحليل استخدموا تقنية

- (1) Chris Lennard, Moteaa M El-Deftar, and James Robertson, "Forensic Application of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy for the Discrimination of Questioned Documents," Forensic Science International 254 (2015): 68–79.
- (2) Nany Elsherbiny and O Aied Nassef, "Wavelength Dependence of Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) on Questioned Document Investigation," Science & Justice 55, no. 4 (2015): 254–63.
- (3) Yew Wan Hui et al., "Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) for Printing Ink Analysis Coupled with Principle Component Analysis (PCA)," in AIP Conference Proceedings, vol. 2155, 2019, 20010.

تحليل المكونات الرئيسية (PCA) لفحص قوة تمييز تقنية LIBS للعينات. وكانت العينات المستخدمة في التحليل هي أحبار طباعة سوداء من ثلاثة أنواع من الطابعات، وهي الطابعات النافثة للحبر، الطابعات الليزرية، وأجهزة الاستنساخ من مختلف الماركات كما استخدموا أيضاً عينة تحكم واحدة (ورق A4 أبيض/ فارغة). في هذا النهج يتم الحصول على ٢٠٠ أطياف LIBS من كل عينة وتم احتساب كل طيف في العينات على جزء في العينة. يتألف النهج المقترح لتحديد العنصر من الخطوات التالية:

أولاً: إجراء التطبيع على الأطياف بين التكرارات.

ثانياً: تقسيم الطيف إلى مناطق أصغر ذات صلة لأداء تراكب الأطياف.

ثالثاً: تحديد عناصر الاهتمامات باستخدام قاعدة بيانات الأطياف الذرية NIST مع ذروة من ٠.١٢ نانومتر إلى ٠.٥١ نانومتر.

أظهرت النتائج التجريبية أنه عند استخدام طريقة LIBS مع تقنية PCA تمكن من تقديم أدلة تمييزية على اختلافات العناصر بين جميع أحبار الطباعة المختلفة. كما أظهروا أن هذا النهج فعال من حيث الوقت والتكلفة. بالإضافة الى ذلك لا يحتاج نهجهم إلى خطوات معالجة مسبقة ويمكن اعتباره نهجاً مفيداً وفعال في فحص المستندات الجنائية المشكوك بها.

دراسة اخرى قام بها سيكوني وآخرون^(١) استخدموا LIBS لاختبار العينات المتعلقة بالأحبار التجارية. ومن اهداف عملهم هو دراسة تصنيف أحبار الاقلام على نوع ورق واحد وأنواع مختلفة من الورق، وتحديد ترتيب ترسيب الأحبار ذات الطبقات لحالات تقاطع الاحبار في المستند. كما قاموا بتحليل الأحبار والتواقيع على مستند واحد مشكوك فيه. وقد تمكنوا من تحديد ما يقارب سبعة معادن مميزة للأحبار التي تم فحصها، مما سمح بالتمييز الكامل لجميع الأحبار السوداء الثمانية على نوع واحد من ورق الطباعة. وعندما تم فحص الأحبار على عشر أوراق مختلفة في الماركات، تم تخفيض معدلات التصنيف الصحيحة لبعض منها وذلك لعدة اسباب. كان أحد الأسباب

(1) Flavio Cicconi et al., "Forensic Analysis of Commercial Inks by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)," Sensors 20, no. 13 (2020): 3744.

هو وجود نفس العناصر في كل من الحبر والورق الذي تم تجفيفه في وقت واحد مع الحبر. وسبب اخر هو الاختراق المختلف للأحبار في الورق. تم تكرار التجارب عند ثلاث نقاط تقاطع للأحبار، كل منها يحتوي على زوجاً من الأحبار الزرقاء أو السوداء، وقد نجحت التجارب في خمس حالات من أصل ست حالات. ووجدوا أن نظام LIBS كان قادراً على التعرف بشكل صحيح وفعال على الاختلافات في ثلاثة أحبار مستخدمة للتوقيعات على إحدى الصفحات الثلاث واستخدام أحبار الطباعة المختلفة في كل صفحة من المستند.

بالإضافة الى ذلك، هناك دراسات اخرى تظهر أنواعاً مختلفة من التقنيات عند التعامل مع المستندات المشكوك فيها. كما عمل أميه وأوزوفي^(١) على فحص الاحبار المستخرجة من المستندات المطبوعة باستخدام مطياف فورييه لتحويل الأشعة تحت الحمراء (FT-IR). وقارنوا الأحبار المستخرجة من المستندات باستخدام علامتين تجاريتين مختلفتين لخراطيش الطابعة (printer cartridges). وقد أظهرت النتائج التجريبية أنه يمكن استخدام FT-IR لفحص الأحبار على المستندات التي تأخذ مناطق صغيرة للغاية من مناطق غير مهمة في المستند. ومن المميزات الايجابية لهذه الطريقة ان FT-IR كانت طريقة مفيدة وبسيطة ومباشرة لتمييز أحبار الطباعة.

وفي السياق ذاته قام اديرستوي وآخرون^(٢) بإجراء دراسة على التعامل مع تطبيق تقنية Micro-Raman و FT-IR Spectroscopy لتمييز المستندات المشكوك فيها. وعينات دراستهم هي ستة أنواع مختلفة من الورق. اختبرت طريقتهم المقترحة خصائص أنواع الورق المختلفة باستخدام Raman و IR. مكنت هذه الطريقة الفاحصين من التمييز بين أنواع مختلفة من المستندات. وايضاً سمحت هذه الطريقة بتصنيف تقريبي للمواد الورقية عن طريق فحص نطاقات الأشعة تحت الحمراء

- (1) Paul Ocheje Ameh and Musa Suud Ozovehe, "Forensic Examination of Inks Extracted from Printed Documents Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy," Edelweiss Applied Science and Technology 2, no. 1 (2018): 10–17.
- (2) Y Aboul-Enein et al., "Application of Micro-Raman and FT-IR Spectroscopy in Forensic Analysis of Questioned Documents," Gazi University Journal of Science 25, no. 2 (2012): 371–75.

غير المحجوبة بالمكونات السللوزية. وقد أظهرت هذه الطريقة أن أطيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء ليست نهائية وأن مطياف رامان لديه القدرة على توفير معلومات تكميلية يمكن أن تؤدي إلى تحليل فعال وسريع للوثائق المشكوك فيها في مجال التحقيق الجنائي. تم استخدام تقنية Raman على نطاق واسع في تحليل الوثائق المشكوك فيها بأنواع الحبر المختلفة وأنواع الورق المستخدم وأحبار الاختام.

حل رضا وساه^(١) أحبار الاختام التي تم جمعها من قبل ماركات مختلفة. عملوا على تحليل ٩ أحبار اختام مختلفة باستخدام طرق Raman الطيفية و HPTLC. عكست النتائج التجريبية كفاءة الطريقة المقترحة في تصنيف أحبار الاختام. وأثبتوا في نتائجهم أن البنفسج الكريستالي كان عامل التلوين الرئيسي الموجود في حبر الختم.

من الدراسات الأخرى دراسة زيوبا وآخرون^(٢) عملوا على فحص الأوراق المتدهورة باستخدام الأشعة تحت الحمراء ومطياف رامان. وكان هدف دراستهم هو التحقيق في عمر الوثائق وأنواعها. واستخدموا ثلاثة أنواع من الورق في تجربتهم ثم اختاروا أماكن مختلفة على كل نوع ورق. وقد حققت طريقتهم إمكانية التمييز بين أعمار العينات. وأظهرت النتائج التجريبية أن نموذج الخرائط ثنائية الأبعاد (pattern of 2D maps) أعطى نظرة ثاقبة لآلية تدهور العينات، الأمر الذي يهم العديد من الباحثين والمختصين في مجال التحقيق الجنائي.

بيوزني وآخرون^(٣) عملوا على التحقق في معايير تمييز أحبار الطابعة النافثة للحبر بواسطة التحليل الطيفي الدقيق لرامان (micro-Raman spectroscopy). تنتج

- (1) Ali Raza and Basudeb Saha, "Application of Raman Spectroscopy in Forensic Investigation of Questioned Documents Involving Stamp Inks," Science & Justice 53, no. 3 (2013): 332–38.
- (2) Janina Ziłkeba-Palus et al., "Analysis of Degraded Papers by Infrared and Raman Spectroscopy for Forensic Purposes," Journal of Molecular Structure 1140 (2017): 154–62.
- (3) Patrick Buzzini, Carrie Polston, and Madison Schackmuth, "On the Criteria for the Discrimination of Inkjet Printer Inks Using Micro-Raman Spectroscopy," Journal of Raman Spectroscopy 49, no. 11 (2018): 1791–1801.

المستندات المطبوعة بطابعات نفث الحبر نقاطاً ملونة مجهرية ويمكن اكتشافها باستخدام نهج مجهري مقترن بمطياف رامان. وكان الهدف العام من دراستهم هو التحقق مما إذا كانت بيانات رامان التي تم جمعها من ثلاث نقاط ملونة مجهرية السمائي والاحمر والأصفر تشكل معاً توقيماً كيميائياً بجودة تمييزية. كانت المعايير ضرورية لتحقيق التمييز بين أحبار الطابعة النافثة للحبر من مختلف العلامات التجارية او نفس العلامات التجارية. كان النظر المشترك للمكونات الملونة الثلاثة فعالاً أيضاً في التمييز بين عينات حبر الطابعة النافثة للحبر، خاصة من نفس العلامة التجارية وفي بعض الحالات من نفس النموذج. وقد أظهرت النتائج التجريبية من هذه الدراسة أنه يوجد اختلافات طيفية حيث تختلف أطيف رامان من عينات مختلفة اختلافاً تاماً فيما يتعلق بالموقع والعدد والشدة النسبية لنطاقات رامان. كما اظهرت النتائج الاختلافات بشكل شائع في الحالات التي أسفرت فيها أنماط رامان من عينات مختلفة عن نطاقات رامان متشابهة إلى جانب عدد متغير من النطاقات المختلفة.

من الدراسات الاخرى دراسة فيرما وآخرون^(١) اقترح نهج لتحليل أحبار طابعات الليزر وآلات التصوير عن طريق الخصائص الطيفية والقياسات الكيميائية. تهدف الدراسة إلى توفير طريقة لتمييز وثائق التحقيق الجنائي والتي يمكن اعتبارها بمثابة التحليل الروتيني لفحص الوثائق المشكوك بها في مختبرات العلوم الجنائية. تم استخدام تحليل المكونات الرئيسية (PCA)، والتي تضمنت بناء مجموعة من PCs المتعامدة، حيث يمثل كل PC مجموعة من ميزات البيانات التي تصف تباين البيانات ككل. تم تسجيل حوالي ٩٩.٥٩٪ قوة تمييز لأحبار طابعات الليزر و٩٩.٨٤٪ قوة تمييز لأحبار آلات التصوير، بناءً على مقارنة التحليل الكمي والنوعي. كانت الطريقة فعالة وقوية وموثوقة في عملية التمييز دون الحاجة إلى تدمير العينات.

بوربا وآخرون^(٢) اقترحوا نهج لتمييز أحبار قلم الحبر الأزرق بالاعتماد على استخدام مطياف رامان والقياسات الكيميائية. وهذه الدراسة تهدف إلى تقييم ما إذا كان

(1) Neha Verma, Raj Kumar, and Vishal Sharma, "Analysis of Laser Printer and Photocopier Toners by Spectral Properties and Chemometrics," Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 196 (2018): 40–48.

(2) Flávia de Souza Lins Borba, Ricardo Saldanha Honorato, and Anna de Juan, "Use of Raman Spectroscopy and Chemometrics to=

الجمع بين أدوات Raman الطيفية وأدوات القياس الكيميائي جيداً بما يكفي لاستخدامه في التمييز بين أحبار قلم الحبر الأزرق. وتضمنت المنهجية المقترحة مرحلتين: أولاً مرحلة المعالجة المسبقة التي تضمنت اختيار المشتق المناسب الذي يحظر مساهمات خط الأساس والفلورة (الاصدار الضوئي للمادة)، وتطبيع الإشارة لتسهيل المقارنة بين أطيف أحبار قلم الحبر الأزرق، وبناء جدول مجموعة البيانات، والقنوات الطيفية القياس التلقائي. ثانياً تحليل البيانات التي تضمنت التحليل الاستكشافي باستخدام تحليل المكونات الرئيسية (PCA) وتحليل المكونات الهرمية (HCA). بالإضافة إلى ذلك، تحليل تصنيف الحبر باستخدام المربعات الصغرى الجزئية - التحليل التمييزي (PLS-DA). تمكنت النماذج المشتقة من PLS-DA من تحقيق معدل تصنيف عالي يصل إلى ٩٧٪. كانت خطوة المعالجة المسبقة ضرورية لمنع تأثيرات مساهمة خط الأساس والفلورة لأنها تؤثر على جودة الأطياف وشكل النطاق الطيفي.

اقترح زيبا-بالوس وكونيكي^(١) نهج لدمج التحليل الطيفي الدقيق FTIR

ومطياف رامان وطريقة XRF لفحص أحبار المستندات. الهدف العام من البحث هو دراسة القدرة على التمييز بين عينات الحبر عن طريق المزج بين طرق القياس الطيفي المدمر وغير المدمر، ويتم تنفيذ هذا التكامل على النحو التالي: أولاً استخراج أطيف الأشعة تحت الحمراء لأحبار العينات والمقارنة مع تلك المستخرجة من الأصباغ القياسية من منتجي الحبر البولنديين، وأظهرت المقارنة تشابه نوعي. ثانياً تم إجراء أطيف رامان على أحبار العينات، تم إجراء عشر قياسات لعدة نقاط (٥-٧) على خط مكون من الحبر. ثالثاً إجراء ثلاث قياسات مضان للأشعة السينية لكل عينة من الحبر الذي تم فحصه للحصول على معلومات تركيب العناصر لكل عينة. أظهرت النتائج التجريبية ما يصل إلى ٩٥٪ من أحبار الأزرق والأسود تميزت على أساس IR و Raman Spectra، بينما تم تحقيق تمييز لعينات أحبار الهلام بنسبة ٩٠٪.

=Distinguish Blue Ballpoint Pen Inks,” Forensic Science International 249 (2015): 73–82.

- (1) Janina Ziłkeba-Palus and Marcin Kunicki, “Application of the Micro-FTIR Spectroscopy, Raman Spectroscopy and XRF Method Examination of Inks,” Forensic Science International 158, no. 2–3 (2006): 164–72.

باستخدام طرق IR و Raman فقط. جمعت المنهجية المقترحة بين طرق القياس الكيميائي والطيفي. يمكن أن تؤدي الطريقة المقترحة إلى إتلاف المستند الذي تم فحصه.

الخاتمة

بعد ان انتهينا من بحثنا، لا بد من ان نسجل أهم ما توصلنا اليه من استنتاجات وتوصيات وكما يلي:

أولاً: الاستنتاجات

- ١- ان التزوير والتقليد هي من الجرائم التي تضر بالمصلحة العامة وتلحق الضرر بشريحة واسعة في المجتمع.
- ٢- انتشار تطبيقات البرامج التي تنشئ وتحرر المستندات الرقمية وكذلك تطبيقات تحرير الوسائط القوية وسهولة الاستخدام وانتشار هذه التطبيقات بشكل واسع بين المجتمع، كان السبب باستغلال هذه التطبيقات في انشاء (المستندات المزورة والمزيفة، الصور المزورة، الفيديو المزور) من قبل المزورين. وكذلك توافر الطابعات التجارية ورخص اسعارها سبب اخر في انشاء الكثير من المستندات المزورة والمقلدة.
- ٣- التزوير ممكن يحصل على عدة انواع من الوثائق (الصور الرقمية، الفيديو، المبالغ النقدية الورقية، المستندات الصورية، المستندات المطبوعة بأحبار الطابعات الليزرية او النقطية او بأجهزة الاستنساخ، المستندات المكتوبة بخط اليد سواء بأقلام الحبر او الجاف).
- ٤- مع زيادة عدد عمليات التزوير والتقليد، هناك حاجة لتطوير طرق واساليب يمكن ان تساعد في الكشف عن المستندات المزورة والمزيفة. وتعتبر دراسة اساليب وتقنيات كشف التزوير والتقليد امراً هاماً وضروري في مجال الادلة الجنائية.
- ٥- يعتمد اختيار تقنية لاستخدامها في إجراء كشف التزوير على العديد من العوامل ومنها نوع المستند المشكوك به (على سبيل المثال، العملات أو الشهادات الرسمية أو

الصور أو حتى ملفات الفيديو) وكذلك الأدوات المتاحة (على سبيل المثال البرمجيات والأجهزة).

٦- يمكن أن تلعب خبرة الباحثين دوراً مهماً في اختيار التقنية المناسبة لكشف التزوير. تُظهر الأدبيات الكثير من الطرق والأساليب التي يمكن اعتمادها ولكل منها مزايا وعيوب. في العديد من الحالات، هناك مفاضلة بين دقة النهج المعتمد والتعقيد. لذلك من المهم فهم النهج قبل استخدامه وتطبيقه.

٧- المعلومات الموجودة في هذا البحث تفيد الى حد كبير المختصين في التحقيق الجنائي بشكل عام وكذلك المختصين في مجال كشف التزوير والتقليد بشكل خاص. وكذلك يوفر هذا البحث المفاهيم الأساسية والأساليب والتقنيات المتبعة في مجال كشف التزوير.

٨- يمكن اعتبار هذه الدراسة الاستقصائية كدليل للباحثين في مجال كشف التزوير والتقليد لأنها ابرزت اهم الاساليب والتقنيات الأكثر فاعلية المعتمدة في هذا المجال.

ثانياً: التوصيات

١- على الباحثون ان يكونوا على دراية بتكلفة الأدوات والبرامج والأجهزة التي سيتم استخدامها عند محاولة تصميم نهج اكتشاف التزوير ومعرفة كافية عن علوم التحقيق الجنائي والاطلاع على اخر الدراسات بهذا الخصوص.

٢- على المختصين في مجال التحقيق الجنائي والعاملين في مختبرات الادلة الجنائية معرفة الاساليب الحديثة في عمليات التزوير والتقليد وكيفية اكتشافها. واكتساب معرفة إضافية ومعلومات حديثة من خلال الحضور المنتظم في مؤتمرات التحقيق الجنائي ومراجعة الأدبيات والمقالات الحديثة المنشورة. وذلك بسبب التطور والتغيرات المستمرة في التقنيات المستخدمة في عمليات التزوير وطرق اكتشافها.

٣- على وزارة الداخلية إقامة مؤتمرات وورش عمل حول الاساليب الحديثة في عمليات التزوير وسبل مكافحتها وكشفها واشراك جميع العاملين في مجال الادلة الجنائية لزيادة مهاراتهم الفنية.

٤- السيطرة على حركة اجهزة الاستنساخ من حيث استيرادها وبيعها واقتنائها والعمل عليها من خلال اجازة ممارسة المهنة.

٥- توصية الدوائر الحكومية ومؤسسات القطاع الخاص بتوثيق المعلومات الخاصة بطباعة مستنداتهم وكتبهم الرسمية مثل انواع الأحبار وتواريخ اعتمادها بالإضافة الى انواع الورق المستخدم وانواع الطابعات المستخدمة. حيث يمكن ان هذه المعلومات سوف تسهل كثيراً عملية كشف التزوير إذا ما حصلت.

The Authors declar. e That there is no conflict of interest

References

1. Aboul-Enein.Y, \.I Gh TANASE, Andrei A BUNACIU, and Florin Mihai UDRI\cSTIOIU. "Application of Micro-Raman and FT-IR Spectroscopy in Forensic Analysis of Questioned Documents." (Gazi University Journal of Science 25, no. 2 |2012).
2. Afchar. Darius, Vincent Nozick, Junichi Yamagishi, and Isao Echizen. "Mesonet: A Compact Facial Video Forgery Detection Network." (In 2018 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security (WIFS), 1–7| 2018).
3. Al-Qershi. O, & Khoo. B, "Passive Detection of Copy-Move Forgery in Digital Images: State-of-the-Art." (Forensic Science International 231, no. 1–3 |2013).
4. Al-Sanjary. O, & Sulong. Gh, "Detection of Video Forgery: A Review of Literature." (Journal of Theoretical \& Applied Information Technology 74, no. 2 |2015).
5. Aloraini. M, & Sharifzadeh. M, & Agarwal. Ch, & Schonfeld. D, "Statistical Sequential Analysis for Object-Based Video Forgery Detection." (Electronic Imaging 2019, no. 5 |2019).
6. Aloraini. M, & Sharifzadeh. M, & Schonfeld. D, "Sequential and Patch Analyses for Object Removal Video Forgery Detection and Localization." (IEEE

- Transactions on Circuits and Systems for Video Technology|2020).
7. Alshayegi, M, & Al-Rousan. M, & Hassoun. D, “Detection Method for Counterfeit Currency Based on Bit-Plane Slicing Technique.” (International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering 10, no. 11 |2015: 225–42).
 8. Ameh. P, & Ozovehe. M, “Forensic Examination of Inks Extracted from Printed Documents Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy.” (Edelweiss Applied Science and Technology 2, no. 1 |2018: 10–17).
 9. Anand. V, & Hashmi. M, & Keskar. A, “A Copy Move Forgery Detection to Overcome Sustained Attacks Using Dyadic Wavelet Transform and SIFT Methods.” (In Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, 530 – 42|2014).
 10. Aslam. A, Saxena. A, & Saxena. S, & Dwivedi .V, & Gupta. M, & Goel. P, “(Image Forgery Detection Using Convolutional Neural Network,” |2020).
 11. Ballado. A H & Cruz. G O. & Echano. N, & Ella. M, & Medina. M & Paquiz. B, “Philippine Currency Paper Bill Counterfeit Detection through Image Processing Using Canny Edge Technology.” In 2015 International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, (Environment and Management (HNICEM), 1–4|2015).
 12. Barad. Z, & Goswami. M, “Image Forgery Detection Using Deep Learning: A Survey.” In 2020 6th (International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 571–76|2020).
 13. Bisesi. M, Scientific Examination of Questioned Documents. (CRC press|2006).
 14. Borba. F, Honorato. R, & de Juan. A, “Use of Raman

- Spectroscopy and Chemometrics to Distinguish Blue Ballpoint Pen Inks.” (Forensic Science International 249 |2015).
15. Buzzini. P, & Polston. C, & Schackmuth. M, “On the Criteria for the Discrimination of Inkjet Printer Inks Using Micro-Raman Spectroscopy.” (Journal of Raman Spectroscopy 49, no. 11 |2018).
 16. Christian. A, & Sheth. R, “Digital Video Forgery Detection and Authentication Technique-a Review.” (International Journal of Scientific Research in Science and Technology (IJSRST) 2, no. 6 |2016).
 17. Cicconi. F, & Lazic. V, & Palucci. A, & Assis. A, & Romolo. F, “Forensic Analysis of Commercial Inks by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS).” (Sensors 20, no. 13 |2020).
 18. Cruz. F, & Sidere. N, & Coustaty. M, & Poulain. V, & d’Andecy. & Ogier. J, “Local Binary Patterns for Document Forgery Detection.” In 2017 14th IAPR International Conference on (Document Analysis and Recognition (ICDAR), 1:1223–28|2017).
 19. Dixit. R, & Naskar. R, & Sahoo. A, “Copy-Move Forgery Detection Exploiting Statistical Image Features.” In 2017 International Conference on Wireless Communications, (Signal Processing and Networking (WiSPNET), 2277–81|2017).
 20. Elsherbiny. N, & Nassef. A, “Wavelength Dependence of Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) on Questioned Document Investigation.”(Science \& Justice 55, no. 4 |2015: 254–63).
 21. Fayyaz. M, & Anjum. A, & Ziauddin. SH, & Khan. A, & Sarfaraz. A, “An Improved Surveillance Video Forgery Detection Technique Using Sensor Pattern Noise and Correlation of Noise Residues.”(Multimedia Tools and

- Applications 79, no. 9|2020: 5767–88).
- 22.Gorai. A, Rajarshi Pal, and Phalguni Gupta. “Document Fraud Detection by Ink Analysis Using Texture Features and Histogram Matching.” In 2016 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 4512–1792016).
- 23.Hammad. R, & others. “Image Forgery Detection Using Image Similarity.” (Multimedia Tools and Applications 79, no. 39|2020: 28643–59).
- 24.Hui. Y, & Mahat. N & Ismail. D, & Ibrahim. R. “Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) for Printing Ink Analysis Coupled with Principle Component Analysis (PCA).” (In AIP Conference Proceedings, 2155:20010| 2019).
- 25.Karie. N, & Venter. H, “Toward a General Ontology for Digital Forensic Disciplines.” (Journal of Forensic Sciences 59, no. 5 |2014: 1231–41).
- 26.Kharat. J, & Chougule. S, “A Passive Blind Forgery Detection Technique to Identify Frame Duplication Attack.” (Multimedia Tools and Applications|2020, 1–17).
- 27.Kucharska-Ambrożej. K, & Karpinska. J, “The Application of Spectroscopic Techniques in Combination with Chemometrics for Detection Adulteration of Some Herbs and Spices.” (Microchemical Journal 153 |2020: 104278).
- 28.Lamsal. Sh, & Shakya. A, “Counterfeit Paper Banknote Identification Based on Color and Texture.” (In Proceedings of the IOE Graduate Conference, 160–68, |2015).
- 29.Lennard. Ch, & El-Deftar. M, & Robertson. J, “Forensic Application of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy for the Discrimination of Questioned Documents.”

- (Forensic Science International 254 |2015: 68–79).
30. Mathai. M, & Emmanuel. S, “Video Forgery Detection and Localization Using Normalized Cross-Correlation of Moment Features.” In 2016 IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation (SSIAI), 149–52, (2016).
 31. Muhsin. Z, & Rehman. A. & Altameem. A. & Saba .T, & Uddin. M. “Improved Quadtree Image Segmentation Approach to Region Information.” (The Imaging Science Journal 62, no. 1 |2014): 56–62).
 32. Muthukrishnan. R, & Radha. M, “Edge Detection Techniques for Image Segmentation.” (International Journal of Computer Science \& Information Technology 3, no. 6 |2011: 259).
 33. Nguyen. H, & Yamagishi. J, & Echizen. I, “Capsule-Forensics: Using Capsule Networks to Detect Forged Images and Videos.” In ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, (Speech and Signal Processing (ICASSP), 2307–11| 2019).
 34. Raza. A, & Saha. B, “Application of Raman Spectroscopy in Forensic Investigation of Questioned Documents Involving Stamp Inks.” (Science \& Justice 53, no. 3 |2013: 332–38).
 35. Rehman. A, & Saba. T, “Off-Line Cursive Script Recognition: Current Advances, Comparisons and Remaining Problems.” (Artificial Intelligence Review 37, no. 4 |2012): 261–88).
 36. Richao. Ch, & Gaobo. Y, & Ningbo. Z, “Detection of Object-Based Manipulation by the Statistical Features of Object Contour.” (Forensic Science International 236 |2014): 164–69).
 37. Shelke. N, & Kasana. S, “A Comprehensive Survey on Passive Techniques for Digital Video Forgery

- Detection.” (Multimedia Tools and Applications|2020, 1–64).
- 38.Stamm. M & Wu. M, & Liu. K J, “Information Forensics: An Overview of the First Decade.” (IEEE Access 1 |2013: 167–200).
 - 39.Upadhyay. S, & Singh. S, “Video Authentication: Issues and Challenges.” (International Journal of Computer Science Issues (IJCSI) 9, no. 1 |2012: 409).
 - 40.Verma. N, & Kumar. R, & Sharma. V, “Analysis of Laser Printer and Photocopier Toners by Spectral Properties and Chemometrics.” Spectrochimica Acta Part A: (Molecular and Biomolecular Spectroscopy 196 |2018: 40–48).
 - 41.Wang. W, & Farid. H, “Exposing Digital Forgeries in Video by Detecting Double MPEG Compression.” In Proceedings of the 8th Workshop on (Multimedia and Security, 37–47|2006).
 - 42.Wang. Y, & Tian. L, & Li. Ch, “LBP-SVD Based Copy Move Forgery Detection Algorithm.” In 2017 IEEE International Symposium on (Multimedia (ISM), 553–56 |2017).
 - 43.Zi\keba-Palus. J, & Kunicki. M, “Application of the Micro-FTIR Spectroscopy, Raman Spectroscopy and XRF Method Examination of Inks.” (Forensic Science International 158, no. 2–3|2006: 164–72).
 - 44.Zi\keba-Palus. J, & Wesełucha-Birczyńska. A, & Trzcińska. B, & Moskal. P, “Analysis of Degraded Papers by Infrared and Raman Spectroscopy for Forensic Purposes.” (Journal of Molecular Structure 1140 |2017: 154–62).
 - 45.Zou. M, & Yao. H, & Qin. CH, & Zhang. X, “Statistical Analysis of Signal-Dependent Noise: Application in Blind Localization of Image Splicing Forgery.” (ArXiv

Preprint ArXiv:2010.16211| 2020).

