



STUDY OF IDENTIFICATION CHARACTERISTICS OF PRINTED AND PHOTOCOPIED DOCUMENTS PRODUCED WITH MODERN INKJET AND TONER TECHNOLOGIES

Sanjeev KUMAR, B. P. MISHRA, Sandeep Kumar PATHAK

Central Forensic Science Laboratory, Kolkata, India

Abstract

Technological advances have made the documents easy to modify for malicious purposes. Modern reproduction devices using inkjet and toner technology have revolutionised the reproduction of documents with much improved quality. Easy availability of gadgets such as computer, scanner, digital camera, printers, photocopiers and multifunctional devices has exponentially increased the fraud and counterfeiting. There is no doubt that technology has made the examination of fraudulent documents much more complex, but by understanding the printing mechanism, the way modern digital output devices produce data on documents; and how these documents are forensically examined and what can be ascertained from their examination is discussed here in this paper.

Keywords

Reproduction devices; Inkjet printing technology; Toner printing technology; Multifunctional devices; Fraudulent documents; Counterfeit; Forensic examination.

Received 22 September 2020; accepted 19 March 2021

1. Introduction

Nowadays the digital format and print-outs of writings are frequently submitted in the forensic laboratories, the examination of these digitally prepared documents is a challenging task for the forensic document examiners.

Since Chester Carlson's discovery of xerography in 1937 there has been a phenomenal growth in the development of **non-impact** printing technologies. Printers no longer rely on physical print heads impacting on papers and therefore they can print in a very much more flexible and diverse way to produced pictures, graphs and texts in a variety of fonts, sizes and orientations in the same document. They configure images from a matrix of dots and pixels. They use digitally

controlled deposition of ink, toner or exposure to electromagnetic energy such as light to reproduce images. The colour is achieved by printing colour dots side by side so that the eye mixes the combination to form the colour required. Most printers contain the complimentary colours of cyan, magenta and yellow ink or toner cartridge so that the primary colours of red, green and blue can be reproduced. Although mixing all complementary colours do produced black but it is often unsatisfactory due to poor registration of the black and it use a lot of ink that is why almost all printers contain a separate black cartridge.

The most common classes of printers used today are inkjet printers and electrostatic printers (photocopiers and laser printers) generally termed as office printing. Quality of print is usually measured in pixel

size or dots per inch (dpi). Printers with higher dpi produce clearer and more detailed output. An inkjet printer sprays ink through tiny nozzles and is typically capable of producing 300–700 dpi. A laser printer applies toner through controlled electrostatic charge and may be in the range of 600–2400 dpi.

Photocopies and digitally printed documents are susceptible to text insertion, page substitution, cut and paste manipulation and the use of multiple genuine documents to form fraudulent new composite. With the help of scanner or digital camera, the whole document or any part of the text or signature can import into a digital mode which can be easily edited or modified further for manipulation of documents. Photocopiers can be used to create fabrications of non-existent original documents. Signatures can be placed on contracts and agreements, dates or amount altered or paragraphs added usually by cut and paste. The preparation of such composite is not difficult. Parts of type writings can be covered and replaced on a copy with another typed material completely changing the meaning. Recopying the prototype produces a copy that appears to be of single document. Some multifunctional devices using inkjet and toner technology can operate either in printing or copying mode at different resolutions and thus, various outputs from one machine may have significant differences among them.

While examining printed and photocopied documents some of the questions raised are: a) Whether the document is an original or a copy? b) Whether printing technology is to be identified? c) Has more than one technology been used to prepare the document? d) Is there any indication that text has been altered or added to the document? e) Are there any defects in printing that might lead to machine being individualized? There is no doubt that technology has made the examination of fraudulent documents much more complex but by understanding the printing mechanisms and the way a document is produced, significant finding can be brought to courtroom.

2. Office printing

2.1. Xerographic printing:

The xerographic or photocopying process involves six steps *viz* charging, exposing, development, transfer, fusing and cleaning.

Charging: The image carrier in xerography is a photoconductive surface. In the most system, photoconductor is a selenium coated drum. During charging

a charge of static electricity is placed on the photoconductor, while the photoconductor is in complete darkness. After charging the photo conducting surface is completely charged.

Exposure: During exposure the image to be copied is illuminated. The dark image areas on the original absorb light and they reflect no light to the charged photoconductive drum. The drum retains its charges in the image areas. Non-image areas of the original reflect light to the drum, causing it to lose the charge in these areas. Thus, after exposure there is a latent image on the drum consisting of electrical charges in the image areas.

Development: Toner is applied to the drum during development. The toner must be capable of receiving electrical charge, because it is the electrical attraction which transfers the toner to the photoconductor and to the final paper printing surface. The toner is given a charge opposite to the charge on the photoconductor, is attracted to the photoconductor and adheres to the drum only in the charged image areas. It falls free of the drum in the uncharged non-image areas. Thus, after development photoconductive drum is covered with toner only in the image areas.

Transfer: During transfer a piece of paper is passed closed to the drum. The paper is given a charged of the same type as the drum but the charge placed on the paper is stronger than the charged placed on the drum. The stronger charge on the paper attracts the toner from the drum to the paper, transferring the toner image to the paper.

Fixing: The toner must be fixed so that it will adhere permanently to the paper. The toners are fixed by passing the paper under the heat lamps or the heat rollers that cause the toner to melt and combine with the paper through absorption.

Cleaning: The last essential step in xerographic process is cleaning the photoconductor. If the photoconductor were not made perfectly clean between each image printed, smaller toner particles would remain on the photoconductor surface. These particles would be transferred to the next sheet printed, causing a ghost image of the previous image produced. Another reason for cleaning is the toner recovery.

Full colour copiers: Recent advantages in xerography technology have led to the development of colour copying. Full colour copier may have up to four (04) individual colour developing unit containing four different colour toners – cyan, magenta, yellow and black. The full colour copier may require up to four scans to read the original. The copier individually applies one or more colour toners to a photoconductor

drum or belt, which in turn deposited on paper. However, this technology cannot rival the colour produced by the process of colour printing.

2.2. Electrostatic printer: laser printer

Non-impact printing technique, that is similar to the technology used in xerography or office copier, in normal office copier the charged image (latent image) of the original document is formed on the photoconductor through exposure of the photoconductor to the reflected light from the document.

In laser printer the exposure step is accomplished by imaging the photoconductor with a laser light source, rather than through reflection from the original. The images formed by laser light source that erases or discharges a static charge on the photoconductor according to information being supplied through the input data stream. Each bit of data can be related to a character shape in the memory of the printing system and characters are formed by dot matrix method. The characters and their style are controlled by computer and no fixed typeface is employed.

2.3. Inkjet printing

Inkjet printer produces an image by firing droplets of ink from an orifice (opening) through a small air gap to a printing surface. Thus, inks are a vital component of printing mechanism in terms of droplet formation, aerodynamics and rapid drying. It is a non-impact printer as the print head does not need to contact the substrate. All inkjet processes rely on computer input to form dot matrix image made up of individual drops of ink. The major difference between the systems available is whether the ink sprays “continuous” or “drop-on demand”.

Continuous spray system: Inkjet technology where drops are generated at a regular unbroken rate. Images are then generated by deflections of ink droplets after they are charged so that they are either intercepted by catcher and not permitted to impact the substrate or deflected to intercept the substrate at specific locations.

Drop-on demand methods: A drop on demand or impulse printer produces a drop from the ink orifice only when drop is needed to form the matrix image. Most inkjet printers use one of two principal drop-on-demand methods to propel ink.

In thermal inkjet printers tiny resistors create heat, and this heat vaporizes ink to create a bubble. As the bubble expands, some of the inks pushed out of a nozzle onto the paper. When the bubble collapses,

a vacuum is created. This pulls more ink into the print head from the cartridge.

Piezoelectric printers use piezoelectric crystals. The crystal receives a tiny electric charge that causes it to vibrate. When crystals vibrate inward, it forces tiny amount of ink out of the nozzle. Drop on demand or impulse printer are economical and mostly used but much slower than the continuous spray system.

3. Procedure for identification of manipulated documents produced with office printing technologies:

A methodological approach is needed to discover the fabrications and manipulations in the computer printed and photocopied documents. It is important to identify the printing technology employed. Some of common printing technologies currently in use include dot matrix, inkjet, electrostatic, thermal etc. The printing methods exhibit individual characteristics; and identification can be achieved through microscopy with the aid of various light sources.

Following steps are required to follow in the examinations of documents produced using office printing technologies:

Step I: To determine whether document is an original or copy

One of the first examinations that should be undertaken is an assessment of any signature or other handwritten material on the document to establish whether the writings submitted are originals or reproductions. Many times document examiners have been presented with a document that is purported to be original but on further thorough examination shows characteristics consistent with color copying or printing comprising of dots of different colors. In some instances simply proving that the signature and handwritten are color copies or prints resolve the matter. The figure below shows difference between original ink stroke and the reproduction process.

Step II: Identification of printing technology employed

During an initial screening of the document, it is important to determine whether the document been printed in monochrome or color; using an impact or non-impact process; with toner, wet ink or other medium. Further, the microscopic examination of

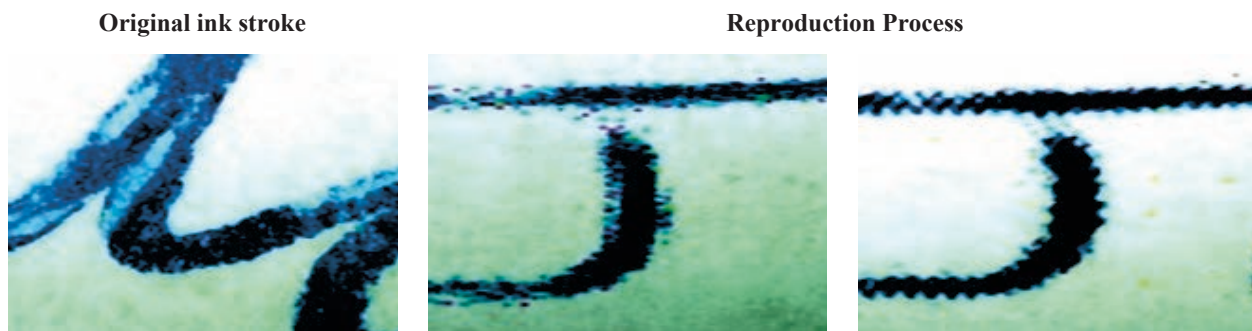


Fig. 1. Uniform colour in full tone, three-dimensional appearance, directness of the strokes and reverse side indentations are indications of original ink strokes.

Fig. 1a. Appearance of separate “dots” of different colors (magenta, yellow, cyan) under magnification is indication of reproduction.

Fig. 1b. Appearance of geometrical pattern of printed characters under magnification is also indication of reproduction.

characters, its periphery and the background are to be carefully studied for the characteristic features for the identification of types of printers or photocopiers used for printing or any other alteration in the document.

In some instances, more than one technology has been used to prepare document. If the disputed text is printed with a different printer than the surrounding text, it can be considered evidence that the document was modified by addition of disputed text. In this situation a document is placed back into a printer after the parties have agreed to the terms and conditions in the document. Further, any discrepancies in the text alignment, line spacing, printer technology, fonts or layout in the disputed text may be evidence that it was added by reinsertion of document.

Step III: Comparing the inkjet printing technologies

Even if only one technology was used to create a document there may be chances that text was created on different printers. When a single printing method is determined, it may be possible to even differentiate the printer through the use of more sophisticated examination techniques.

In some instances inkjet inks can be distinguished from one another through the use of non-destructive methods, i.e., examination under infrared or ultraviolet examination. In other instances differences in ink dispersion along with location of satellite droplets (extraneous or undesirable ink droplets) around the letters also serve as discriminating characteristics between two inkjet outputs. Text printed using inkjet printer at normal and fine setting can also be differentiated.

Step IV: Comparing the toner printing technologies

The laser printed or photocopied documents are not produced by liquid inks drying or absorbing on the paper but by resinous particles fusing or fixing on the surface. Ordinary, low power magnification can detect differences in the morphology of the fused toner but a greater distinction can be made by using a scanning electron microscope.

Step V: Individualization of machine on the basis of defects in printing

Gross printer defects are rare but they do occur. These appear as small marks and can be discovered by careful observation. These defects are due to faults found in imaging drum, ink cartridge, toner cartridge or another component. The characters and their style are controlled by computer and no fixed typeface is employed. Because of this the methods of identifying an individual typewriter cannot be used but faults that are often found on the drum can be reproduced on the page. They are reproduced more than once because the circumference of the drum is less than the length of the page and their regular repetition indicates that they originate from drum. A defect or set of defects may occur on a machine for some period and then disappear when the component is cleaned or replaced. It is also possible for a defect such as clogged inkjet nozzle to clear itself during operation. Because of this samples of printer's output must be contemporary to the disputed document.

4. Identification of characteristics in documents produced with inkjet and toner technologies

4.1. Characteristics of laser printed documents

The main feature of laser printer in relation to xerography is that the laser beam can be controlled by digitized information sent from a computer. The signal is transferred most accurately in the process of laser printing and the toner is affixed on the paper with high concentration:

- as a result the printed characters have a glossy appearance;
- edges of characters are sharp and clear;
- presence of toner particles in characters;
- toner is fused onto the surface with high concentration;
- the toner particles are arranged in a symmetric fashion.

4.2. Characteristic features of photocopied documents

An electrostatic copier utilizes the same electro-photographic process as a laser printer but, in normal office copier the charged image (latent image) of the original document is formed on the photoconductor simply through exposure of the photoconductor to the reflected light from the document. The information passes through the lens system to photoconductive drum which results into a distortion of images and their quality is not as good as that of directly printed documents. The dust and scratches on the scanner platen may also degrade the quality. When a copier is used for preparation of documents, following characteristics are found:

- presence of toner particles in characters;
- toner is fused onto the surface;
- edges of characters are distorted;
- the quality of characters is not as good as directly printed documents;
- in case of black and white xerography the toner particles are only monochrome, i.e., black colour.

4.3. Features of coloured xerography:

- presence of coloured toner particles, i.e., cyan, magenta, yellow and black colour;
- the toner particles are deposited onto the surface of the paper;
- images are in half-toned mode;
- the edges of the characters are distorted;

- the quality of characters is not as good as directly printed documents.

4.4. Characteristic features of inkjet printed documents

The primary difference between inkjet and laser printers lies in the process. An inkjet printer works by firing drops of ink onto paper when the print head is moving. As a result, tails or satellites of the ink drops are formed on the document. The result of these satellite drops (extraneous or undesirable ink droplets) severely affects the printing quality. In addition the ink is a fluid and absorption speed of the ink is quicker than that of the fused toner on the paper; thus inkjet-printed characters have a wider movement of ink on their edges than the laser-printed characters.

- as a result, the inkjet printed characters are less glossy;
- characters are formed by the spray of the ink droplets resulting irregular edges of the characters and hence the edges are not clear and sharp;
- droplets of the liquid ink ejected from an orifice of the printer falls on the paper resulting into distortion in the droplets in the form of irregular shapes;
- the presence of non-symmetric ink droplets around the printed character and on the background of images;
- ink particles are absorbed into the paper fibre;
- the quality of inkjet printing is lower than that of laser printing.

5. Case studies

Some of actual case samples received in laboratory were examined on the basis of characteristic features discussed above.

Case 1: Case of different laser printers

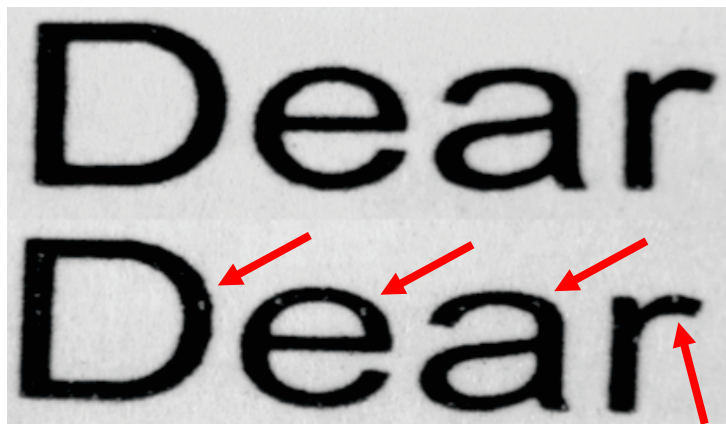


Fig. 2. Under magnification, both upper and lower images show sharp and clear edges of the printed characters. But the lower image shows low density of toner particles in the characters reveals different matrix of characters or morphology of toner and hence, indicative of use of different laser printer in its production.

Case 2: Addition of text by using different laser printers

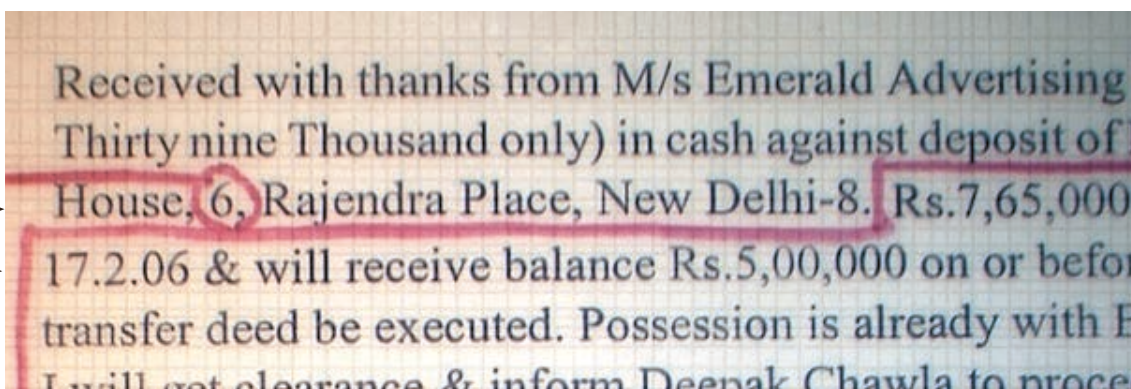


Fig. 3. Showing disputed cash receipt of a sale deed. The red enclosed portion of text from Rs.7,65,000 was subsequently added using different laser printer. In this situation, a document is placed back into a different printer after the parties have agreed to the terms and conditions in the document. On the basis of difference in text alignment, line spacing, shining and matrix of printed characters it was proved that the disputed cash receipt was not executed in single printing operation.



Fig. 3a. Under microscopic examination of the disputed cash receipt as shown in above Fig. 3, it is observed that there are changes in the appearance (shining) of the printed characters. On careful observation of matrix of the characters, deposition of toner particles in the periphery of the figures “17.2.” observed whereas there is no such deposition of toner in the periphery of upper word “Hou” indicating that the disputed texts in the lower line was carefully interpolated using different printer.

Case 3: Preparation of signature guideline using monochrome LaserJet printer

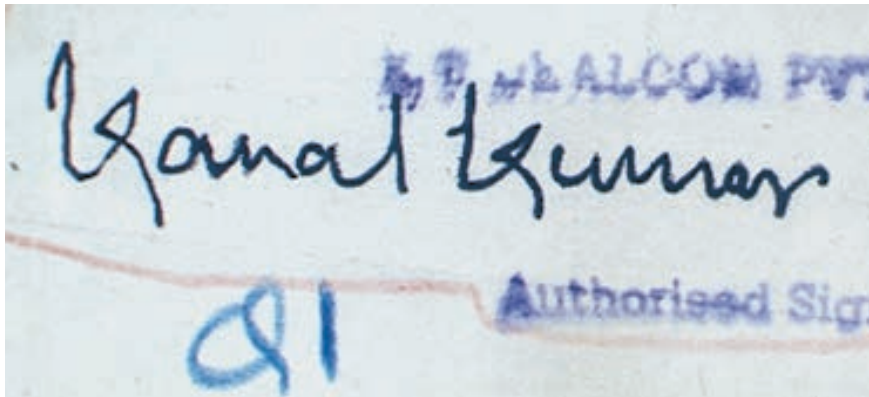


Fig. 4. Showing the signature executed by black pen on the alleged fake deed was in dispute.

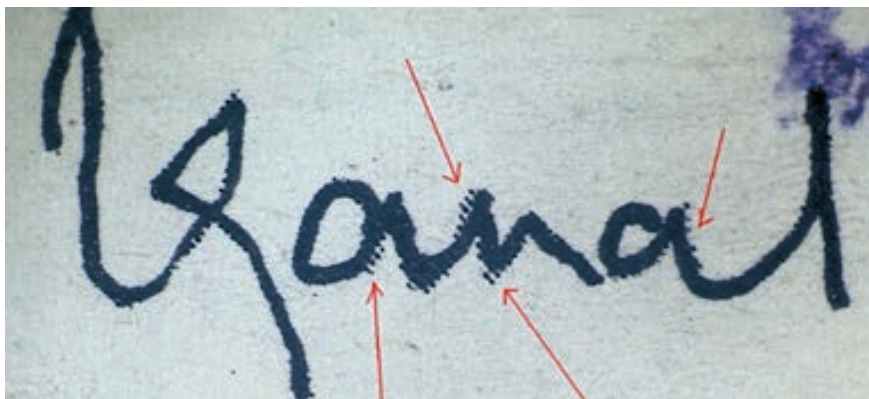


Fig. 4a. On microscopic examination of above signature as shown in Fig. 4 some black toner dots in symmetrical nature were found near the outline of the signature. The matrix of the toner particles indicate that the guideline of the signature was produced by the method of scanning and printing by using monochrome laser printer. Thereafter, printed toner guideline was carefully inked over by the application of normal black ink pen.

Case 4: Preparation of signature using coloured LaserJet printer

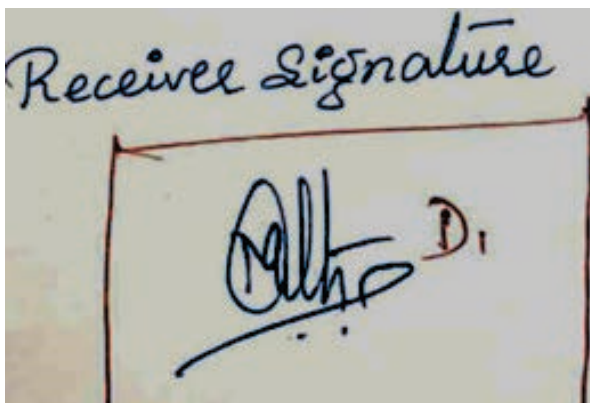


Fig. 5. A view of disputed signature in the red enclosed portion marked D1 on a money receipt.



Fig. 5a. The stereo-microscopic image of signature as shown in the Fig. 5, reveals that the strokes of signature are comprised of different coloured (cyan, magenta, yellow) array of dots of toner particles indicating that the signature is not a manuscript but reproduce mechanically using colour laser printer.

Case 5: Case of LaserJet xerography (black and white)

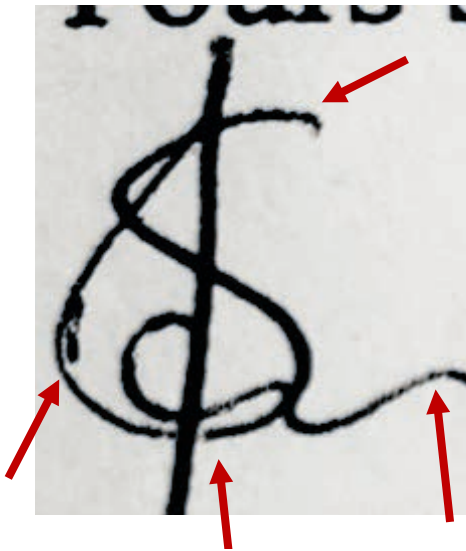


Fig. 6. Magnified laser copier image shows distorted line edges of signature strokes because in normal office copier the charged image (latent image) of the original document is formed on the photoconductor simply through exposure of the photoconductor to the reflected light from the documents. The information of the characters passes through the lens system to photoconductive drum in the form of electrical charges which results into distortion of images and their quality is not as good as that of directly printed documents. In case of black and white xerography the toner particles seen are only monochrome.

Case 6: Case of colored LaserJet xerography



Fig. 7. Microscopic examination of colored xerographic documents shows the presence of colored toner particles, i.e., cyan, magenta and yellow, and black colour. The characters are in half-toned mode and the toner particles are deposited on the surface of the paper and the edges of the characters are distorted.

Case 7: Preparation of signature guideline using inkjet printer

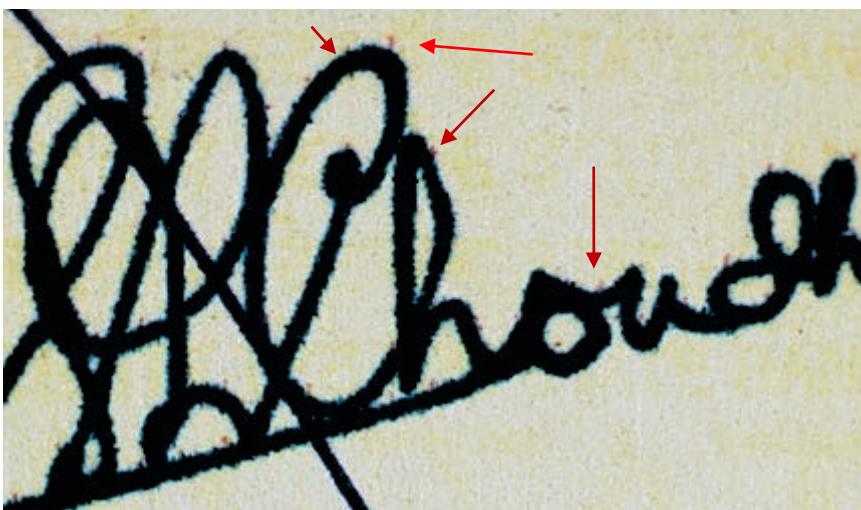


Fig. 8. Microscopic examination of disputed signature on a cheque shows the presence of multicolour dots of ink (i.e., cyan, magenta and yellow) underneath and surrounding the strokes of signature, which are non-symmetric in nature. These non-symmetric coloured dots are marks of inkjet printer indicating that the outline of the signature (i.e., colour dots) was produced by the method of scanning and printing by inkjet printer, and then carefully inked over with the application of normal blue ink pen.

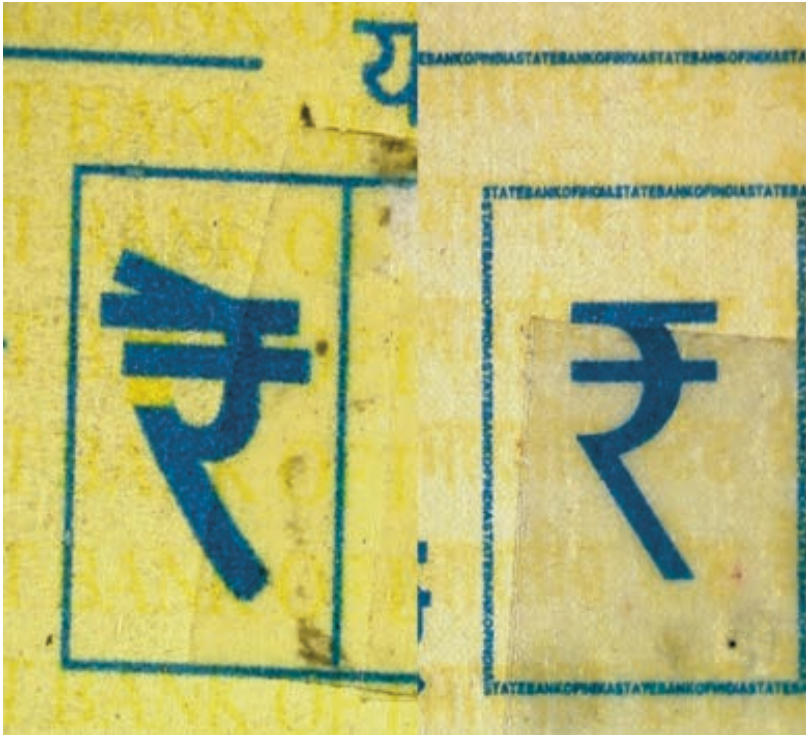
Case 8: Case of inkjet vs offset printing

Fig. 9. Right side sample image is printed by offset printer as shown by clear and sharp edges of the image, ink is impregnated into the paper fibres, characters and paper are on the same plane. Left side disputed image is printed by inkjet printer as microscopic image shows the presence of irregular shape of coloured ink dots, and edges are not sharp as well as the entire background is made up of coloured ink dots in a scattered fashion.

Case 9: Case of offset printing vs colour laser printer

Fig. 10. Magnified upper sample image is offset lithography as indicated by clear lines and even printing while lower disputed image is scanned copy of upper offset image and printed by laser printer as shown by the presence of symmetrical arranged coloured toner particles in the characters and the background.

Case 10: Case of colored laser printer vs letter press

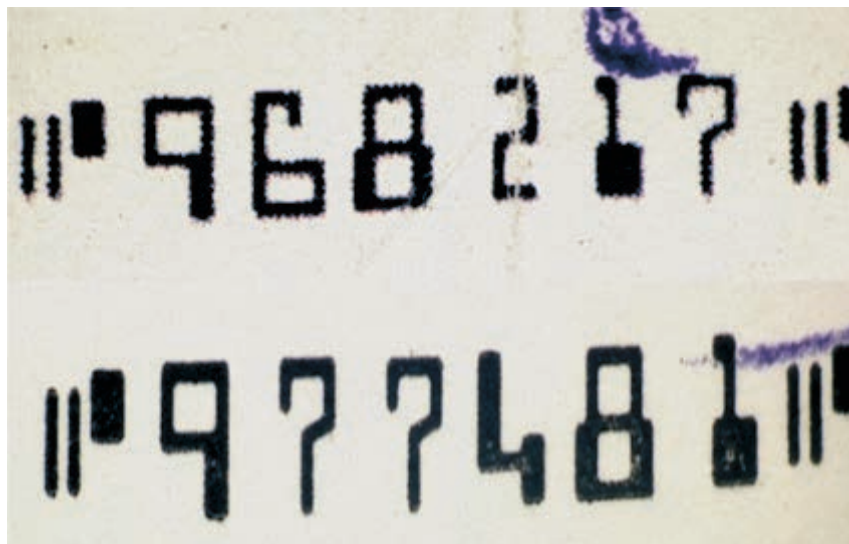


Fig. 11. Magnified upper disputed image shows that the figures are comprised of symmetrically arranged colored toner particles an indication of laser printer; whereas lower sample image shows the presence of embossed nature of figures in black liquid ink absorbed into the paper surface an indication of letter press printing.

6. Results and discussion

- A systematic study must be taken to reveal the fabrications and manipulations in digitally printed and photocopied documents. The data on a single sheet of paper should be intercompared as well as against the text on other pages of the same document and where suitable, with sample outputs from the machine involved.
- Microscopic examination of characters, its periphery and the background are to be careful studied for the characteristic features for the identification of types of printers or photocopiers used for printing or for detecting any alteration in the document.
- Consideration must be given to the printing technology involved, alignment, spacing characteristics, imaging and printing defects.
- During examination of reproduction documents, consideration should be given to the possibility that various forms of manipulation and duplication of inkjet and toner produced items can be generated by computer, scanner, digital camera or other means.
- Some multifunctional devices using toner and inkjet technology can operate either in printing or copying mode at different resolutions and can produce both multicolour (CMYK) and monochrome (one black color). These various outputs from one machine may have significant differences among them.
- Some toner/ink supply units are interchangeable between different brand and models of machines.

- Consultations with qualified printing technician may be advantageous for understanding the intricacies of printing technologies.
- There is no substitute for original samples. Efforts must be made to acquire original known samples of the printer technology trying to identify.

7. Conclusion

The identifying characteristics discussed in this article are very helpful in detecting the fabrications and manipulations of documents produced with liquid inkjet and toner technologies. The scientific examination of document provides adequate evidence when the observations are interpreted correctly. The microscopic examination of characters, its periphery and the background are to be careful studied for the characteristic features for the identification of printing technology and the type of printer or photocopier used for printing or for detecting alteration in the document. The permanent and temporary defects of the machine, which are reflected on the printed document, may also be helpful in the identification of a particular machine. However, the technological methods used to create modern documents continue to change, so forensic examination of electronically prepared documents will continue to evolve.

References

1. ASTM standard guide for examination of documents produced with liquid inkjet and toner technology; Designation: E 2389 and E 2390.
2. Adams, J. M., Faux, D. D., Rieber, L. J. (1988). *Printing technology*. Delmar Publishers Inc.
3. Ellen, D., Day, S., Davies, C. (2019). *Scientific examination of documents: Methods and techniques*. Boca Raton: CRC Press.
4. Kelly, J. S., Lindblom, B. S. (2006). *Scientific examination of questioned documents*. Boca Raton: CRC Press.
5. Shang, S., Memon, N., Kong, X. (2014). Detecting documents forged by printing and copying. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 140.

Corresponding author

Sanjeev Kumar
Central Forensic Science Laboratory
30, Gorachand Road, Kolkata, India
PIN-700014
e-mail: livelysnjv@gmail.com

BADANIE CECH IDENTYFIKACYJNYCH DRUKOWANYCH I KSEROWANYCH DOKUMENTÓW WYKONANYCH PRZY POMOCY NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII DRUKU ATRAMENTOWEGO I TONEROWEGO

1. Wprowadzenie

Współczesne laboratoria kryminalistyczne często zajmują się badaniem wydruków pism i dokumentów. Stanowi to trudne zadanie dla biegłych w zakresie badania dokumentów i pisma ręcznego.

Odkrycie kserografii przez Chestera Carlsona w 1937 roku zapoczątkowało błyskawiczny rozwój technologii druku **bezuderzeniowego**. Współczesne drukarki nie opierają się już na fizycznych głowicach drukujących uderzających o papier, umożliwiając tym samym zwiększenie elastyczności oraz różnorodności drukowanych elementów – wydruki mogą obecnie obejmować obrazy, wykresy i teksty wykorzystujące różne czcionki, rozmiary i orientacje w ramach pojedynczego dokumentu, układając obrazy z matrycy punktów i pikseli. W tym celu wykorzystują technologię kontrolowanego cyfrowo osadzania tuszu bądź tonera, a także ekspozycji na energię elektromagnetyczną – między innymi światło. Druk kolorowy uzyskuje się poprzez drukowanie kolorowych kropek w bliskiej odległości, dzięki czemu ludzkie oko jest w stanie samodzielnie łączyć kolory w celu uzyskania zadanej barwy. Większość drukarek wykorzystuje pojemniki z tuszami lub tonerem w kolorze barw dopełniających – cyjanu, magenty oraz żółci, które pozwalają na uzyskanie barw podstawowych – czerwonej, zielonej i niebieskiej. Pomimo tego, że zmieszanie wszystkich kolorów uzupełniających skutkuje uzyskaniem barwy czarnej, ze względu na duże zużycie tuszu oraz niedostateczną jakość czerni rozwiązanie to jest w większości przypadków niezadowolające, dlatego niemal wszystkie dostępne na rynku drukarki są wyposażone w oddzielny pojemnik z czarnym tuszem lub tonerem.

Najpowszechniej występującymi na rynku kategoriami drukarek są drukarki atramentowe i drukarki elektrostatyczne (kserokopiarki i drukarki laserowe) określane ogólnie mianem drukarek biurowych. Jakość wydruku jest zwykle mierzona w rozmiarze pikseli lub w rozdzielczości wyrażanej w punktach na cal (dpi) – drukarki oferujące wyższą rozdzielczość są w stanie wytwarzać wyraźniejsze i bardziej szczegółowe wydruki. Drukarka atramentowa działa na zasadzie rozpylania tuszu przez mikroskopijne dysze, które pozwalają jej na uzyskanie rozdzielczości dochodzącej do 300–700 dpi. Drukarka laserowa działa na zasadzie nakładania tonera przy pomocy kontrolowanego ładunku elektrostatycznego i osiąga rozdzielczość w zakresie 600–2400 dpi.

Kserokopie oraz dokumenty drukowane cyfrowo są podatne na dopisywanie tekstu, zamiany stron, manipulacje treścią w postaci wycinania i wklejania, a także wykorzystywanie wielu autentycznych dokumentów w celu uzyskania nowego, podrobionego wariantu. Z pomocą skanera lub aparatu cyfrowego cały dokument lub dowolna część tekstu lub podpisu może zostać zdigitalizowana, co umożliwia łatwą edycję lub modyfikację w celu fałszowania dokumentów. Także kserokopiarki mogą zostać wykorzystane do tworzenia podrabianych kopii nieistniejących oryginalnych dokumentów. Rozwiązania tego rodzaju pozwalają między innymi na umieszczenie podpisów na umowach i kontraktach, zmiany dat lub kwot, a także zmiany w treści metodą wycinania i wklejania, a przygotowanie tego rodzaju fałszerstwa nie nastręcza zbyt wielu trudności – fragmenty tekstu mogą zostać na przykład zakryte i zastąpione na kopii innym tekstem zmieniającym całkowicie sens i znaczenie oryginału. Następnie ponowne skopiowanie sfałszowanej wersji powoduje uzyskanie kopii, która sprawia wrażenie jednolitego dokumentu. Niektóre urządzenia wielofunkcyjne wykorzystujące technologię druku atramentowego i tonerowego mogą charakteryzować się różnymi rozdzielczościami pracy w trybie drukowania lub kopiowania, w wyniku czego dokumenty wyjściowe uzyskane przy pomocy jednego urządzenia mogą się między sobą znacząco różnić.

Podczas badania dokumentów drukowanych i kserowanych biegłym mogą nasuwać się następujące pytania: a) czy dokument jest oryginałem czy kopią? b) czy należy zidentyfikować technologię druku? c) czy do przygotowania dokumentu użyto więcej niż jednej technologii? d) czy istnieją przesłanki wskazujące na to, że tekst został zmieniony lub dodany do dokumentu? e) czy istnieją wady w druku, które mogą doprowadzić do identyfikacji maszyny? Nie ma wątpliwości, że technologia znacząco skomplikowała proces badania sfałszowanych dokumentów, jednak zrozumienie mechanizmów druku oraz sposobów powstawania dokumentów pozwala na uzyskanie dowodów, które trafią następnie na salę sądową.

2. Druk biurowy

2.1. Druk kserograficzny

Proces kserograficzny, nazywany także procesem fotokopiowania, obejmuje sześć etapów: elektryzowanie, naświetlanie, wywoływanie, transfer, utrwalanie i czyszczenie.

Elektryzowanie: nośnikiem obrazu w kserografii jest powierzchnia fotoprzewodząca. Większość systemów wykorzystuje w tej roli bębny pokryte selenem. W procesie elektryzowania na bęben światłoczuły, który znajduje się w całkowitej ciemności, trafia ładunek statyczny. Po zakończeniu procesu powierzchnia fotoprzewodząca jest całkowicie naelektryzowana.

Naświetlanie: podczas naświetlania kopiowany obraz jest naświetlany. Ciemne obszary obrazu na oryginale pochłaniają światło i nie odbijają go na powierzchnię naelektryzowanego bębna, na którym pozostają ładunki w miejscach, w których znajdował się obraz. Pozostałe obszary odbijają światło do bębna, co powoduje rozproszenie ładunku w tych miejscach. W rezultacie po naświetlaniu na bębnie znajduje się obraz utajony składający się z ładunków elektrycznych w miejscach, w których znajdował się kopiowany obraz.

Wywoływanie: toner jest наносzony na bęben podczas procesu wywoływania. Aby umożliwić prawidłowy przebieg tego procesu, toner musi mieć możliwość przyjmowania ładunków elektrostatycznych, gdyż to właśnie dzięki zjawisku przyciągania elektrostatycznego możliwe jest jego przenoszenie na bęben, a następnie na papier. Toner jest naładowany ładunkiem przeciwnym do występującego na bębnie, dzięki temu jest on przyciągany i przylega do niego wyłącznie w naelektryzowanych obszarach obrazu, natomiast w przypadku miejsc, które nie są naelektryzowane, toner swobodnie spada z powierzchni bębna. Dzięki temu po procesie wywoływania bęben jest pokryty tonerem tylko w miejscach, w których znajdował się obraz.

Transfer: w czasie procesu transferu w pobliżu bębna trafia kartka naelektryzowana takim samym ładunkiem jak bęben, jednak ładunek kartki jest znacznie silniejszy niż w przypadku bębna. W wyniku tej różnicy papier przyciąga toner, co powoduje przeniesienie obrazu na kartkę.

Utrwalanie: w następnym kroku toner musi zostać utrwalony w taki sposób, by trwale przylegać do papieru. W praktyce toner jest utrwalany na papierze przy pomocy lamp lub rolek grzewczych, które podnoszą temperaturę tonera do poziomu topnienia, czego skutkiem jest jego połączenie z papierem poprzez absorpcję.

Czyszczenie: ostatnim istotnym etapem procesu kserograficznego jest czyszczenie bębna światłoczułego. Jeśli bęben światłoczuły nie zostanie idealnie oczyszczony pomiędzy każdym wydrukowanym obrazem, na jego

powierzchni pozostaną niewielkie cząsteczki tonera, które zostaną przeniesione na kolejne drukowane arkusze – rezultatem będzie widmowy obraz poprzedniej strony widoczny na papierze. Drugim ważnym powodem, który uzasadnia czyszczenie bębna jest odzyskiwanie tonera.

Kserokopiarki kolorowe: najnowsze osiągnięcia w dziedzinie technologii kserograficznej przyczyniły się do popularyzacji kserokopii w kolorze. Kolorowa kserokopiarka może być wyposażona nawet w cztery pojedyncze elementy wywołujące, zawierające cztery różne tonery kolorowe w kolorach cyjan, magenta, żółty i czarny. Kolorowa kserokopiarka może wymagać nawet do czterech skanów oryginału, po których nastąpi naniesienie jednego lub kilku kolorowych tonerów na bęben lub taśmę, które następnie zostaną przeniesione na papier. Technologia ta nie może jednak konkurować jakością z kolorem uzyskiwanym w procesie druku kolorowego.

2.2. Drukarka elektrostatyczna – drukarka laserowa

Technika druku bezuderzeniowego działa na zasadach podobnych do technologii stosowanej w kserografii lub kopiarce biurowej. W przypadku standardowej kopiarki naelektryzowany obraz utajony oryginalnego dokumentu powstaje na powierzchni światłoczułej poprzez naświetlanie fotoprzewodnika światłem odbitym od dokumentu.

W drukarce laserowej etap naświetlania jest realizowany w procesie obrazowania fotoprzewodnika przy pomocy laserowego źródła światła, nie zaś przez uzyskanie odbicia oryginału. Obrazy formowane przez laserowe źródło światła usuwają lub rozładują ładunek statyczny na bębnie światłoczułym zgodnie z informacjami dostarczonymi wraz ze strumieniem danych wejściowych. Każdy bit danych może być powiązany z kształtem znaku w pamięci drukarki – znaki są formowane metodą matrycy punktowej, a ich forma i styl są kontrolowane przez komputer – nie stosuje się stałego i niezmiennego kroju pisma.

2.3. Druk atramentowy

Drukarka atramentowa wytwarza obraz poprzez wystrzeliwanie kropeł atramentu przez niewielki otwór – szczelinę – na powierzchnię drukowanego dokumentu. W związku z tym tusze stanowią kluczowy element mechanizmu druku, który jest uzależniony od powstawania kropeł, aerodynamiki i szybkiego schnięcia. Drukarki atramentowe to drukarki bezuderzeniowe – głowica drukująca nie musi stykać się z podłożem, aby uzyskać obraz. Wszystkie procesy druku atramentowego opierają się na strumieniach danych przekazywanych przez komputer, na podstawie których powstaje obraz w formie matrycy punktowej składającej się z pojedynczych kropli atramentu. Główną różnicą pomiędzy dostępnymi na

rynku systemami druku jest to, czy atrament jest rozpylany w sposób ciągły, czy raczej metodą *drop-on-demand* – „na żądanie”.

System ciągły to technologia druku atramentowego, w której krople generowane są w regularnym, nieprzerwanym tempie. Obrazy są następnie generowane przez odchylenie kropeł tuszu po ich naładowaniu w taki sposób, że są one albo przechwytywane przez mechanizm wychytujący i nie trafiają na podłoże, albo są odchylane w taki sposób, by trafić na podłoże w określonych miejscach.

Metody *drop-on-demand*: drukarka impulsowa wykorzystująca metodę *drop-on-demand* wypuszcza drobiny tuszu tylko wtedy, gdy są one potrzebne do uzyskania obrazu. Większość drukarek atramentowych wykorzystuje jedną z dwóch podstawowych metod *drop-on-demand* w celu dozowania tuszu.

W termicznych drukarkach atramentowych maleńkie oporniki wytwarzają ciepło, które powoduje odparowywanie tuszu i powstawanie pęcherzyków. Rozszerzanie pęcherzyków powoduje wypchnięcie części tuszu z dyszy na papier. Z chwilą zapadnięcia się pęcherzyka powstaje próżnia, co powoduje pobranie dodatkowego atramentu z pojemnika do głowicy drukującej.

Drukarki piezoelektryczne wykorzystują kryształy piezoelektryczne, które otrzymują niewielki ładunek elektryczny, który wprawia je w drgania. Kiedy kryształy drgają do wewnątrz, wypychają z dyszy niewielką ilość tuszu. Drukarki wykorzystujące tę metodę są oszczędne i cieszą się olbrzymią popularnością, jednak są także znacznie wolniejsze niż drukarki wykorzystujące systemy ciągłe.

3. Procedura identyfikacji zmanipulowanych dokumentów wyprodukowanych przy użyciu biurowych technologii druku

Obecnie stajemy przed koniecznością opracowania podejścia metodologicznego pozwalającego na wykrywanie manipulacji komputerowo drukowanych i kserowanych dokumentów. Z tego punktu widzenia ważne jest, by zidentyfikować zastosowaną technologię druku. Niektóre z powszechnie stosowanych technologii obejmują druk igłowy, druk atramentowy, elektrostatyczny, termiczny itp. Co więcej, każda z metod drukowania posiada indywidualne cechy charakterystyczne, a ich identyfikacja jest możliwa dzięki mikroskopii przy użyciu różnych źródeł światła.

Podczas badania dokumentów wytworzonych przy użyciu biurowych technologii druku należy postępować zgodnie z poniższymi krokami:

Krok 1: ustalenie, czy dany dokument jest oryginałem bądź kopią

Jednym z pierwszych badań, które należy przeprowadzić, jest ocena podpisu lub innych próbek pisma ręcznego występujących na dokumencie w celu ustalenia, czy stanowią one oryginały, czy kopie bądź reprodukcje. Biegli w zakresie analizy dokumentów wielokrotnie otrzymywali dokumenty będące rzekomo oryginałami, które po dokładniejszym zbadaniu wykazywały cechy zbliżone z tymi, które wykonano, stosując technologie kopiowania lub druku – składały się bowiem z różnokolorowych kropek. W niektórych przypadkach samo udowodnienie, że dany podpis oraz próbki pisma odręcznego stanowią kolorowe kopie lub wydruki stanowi odpowiedź. Rycina 1 przedstawia przykład różnicy pomiędzy oryginalnym śladem tuszu a drukiem będącym efektem procesu reprodukcji.

Krok 2: określenie zastosowanej technologii druku

Podczas wstępnej analizy dokumentu kluczowe jest ustalenie, czy dany dokument został wydrukowany w wersji monochromatycznej czy kolorowej; przy użyciu procesu uderzeniowego czy bezuderzeniowego, tonera, mokrego tuszu lub innego środka. Konieczne jest także przeprowadzenie mikroskopowego badania znaków, ich obrzeży i tła pod kątem cech charakterystycznych pozwalających na określenie typu drukarki lub fotokopiarki wykorzystanej do wydrukowania dokumentu lub wprowadzenia w nim jakichkolwiek innych zmian.

W niektórych przypadkach do przygotowania dokumentu wykorzystuje się więcej niż jedną technologię. Jeżeli sporny tekst jest wydrukowany przy pomocy drukarki innego typu niż otaczający go tekst, można uznać to za dowód tego, że dokument został zmodyfikowany poprzez dodanie spornego tekstu. W przypadku takich zmian dokument jest ponownie umieszczany w drukarce po tym, jak strony uzgodnią warunki w nim opisane. Co więcej, wszelkie rozbieżności dotyczące wyrównania tekstu, odstępów między wierszami, technologii druku, czeionek lub układu spornego tekstu mogą świadczyć o tym, że został on dodany do dokumentu.

Krok 3: porównanie technologii druku atramentowego

Nawet jeśli dokument został stworzony z użyciem wyłącznie jednej technologii, może wystąpić sytuacja, w której powstał on przy pomocy wielu różnych drukarek. W przypadku ustalenia, że do stworzenia dokumentu została wykorzystana wyłącznie jedna metoda drukowania, w dalszym ciągu może być możliwe nawet rozróżnienie drukarek dzięki wykorzystaniu bardziej zaawansowanych technik badawczych.

W niektórych przypadkach tusze do drukarek atramentowych można odróżnić od siebie przy pomocy nieniszczących metod badawczych, na przykład badań w podczerwieni lub ultrafiolecie. W innych przypadkach różnice dotyczące sposobu rozproszenia atramentu oraz lokalizacji dodatkowych i niepożądanych kropli tuszu wokół liter mogą również posłużyć jako cechy pozwalające na rozróżnienie wydruków z dwóch różnych drukarek atramentowych. Ekspertyza pozwala również na rozróżnienie tekstu wydrukowanego przy pomocy drukarki atramentowej w zależności od ustawienia – przy normalnej i wysokiej jakości wydruku.

Krok 4: porównanie technologii druku tonerowego

Dokumenty drukowane laserowo lub fotokopie nie powstają w wyniku wysychania płynnego tuszu lub wchłaniania go przez papier, lecz dzięki cząsteczkom utrwalanym na jego powierzchni. Proste niewielkie powiększenie pozwala na dostrzeżenie różnic w morfologii stopionego tonera, jednak dużo lepszą dokładność można uzyskać przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego.

Krok 5: określenie drukarki na podstawie wad w druku

Wady i problemy z drukiem są rzadkie, jednak zdarza się, że występują. Zwykle są to niewielkie ślady, które można dostrzec dzięki uważnej obserwacji. Problemy te wynikają z wad bębna obrazującego, kasety z atramentem, kasety z tonerem lub innego elementu. Forma i styl znaków są kontrolowane przez komputer – nie stosuje się stałego i niezmiennego kroju pisma. Z tego powodu metody wykorzystywane do identyfikacji maszyn do pisania nie mogą zostać zastosowane do identyfikacji drukarki; z drugiej zaś strony usterki występujące na bębnie mogą zostać odtworzone na wydruku. Często są one powielane więcej niż raz – dzieje się tak dlatego, że obwód bębna jest mniejszy niż długość strony, a ich regularne powtarzanie wskazuje, że ich źródłem jest bęben światłoczuły. Wada lub zbiór wad może występować w maszynie przez pewien czas, a następnie zniknąć po wyczyszczeniu lub wymianie podzespołu. Możliwe jest również, że usterka, taka jak zatkana dysza atramentowa, ulegnie samoczynnemu usunięciu w czasie pracy urządzenia. Z tego powodu próbki wydruków muszą pochodzić z tego samego okresu co analizowany dokument.

4. Identyfikacja cech charakterystycznych w dokumentach wykonanych w technologii atramentowej i tonerowej

4.1. Charakterystyka dokumentów drukowanych laserowo

Główną cechą drukarki laserowej, która odróżnia ją od kserokopiarki jest to, że wiązka lasera może być sterowana cyfrowo dzięki danym przekazywanym przez komputer. W procesie druku laserowego sygnał jest przenoszony z możliwie największą dokładnością, a toner jest nanoszony na papier z dużą koncentracją, a dzięki temu:

- drukowane znaki są połyskliwe;
- krawędzie znaków są ostre i wyraźne;
- w znakach można dostrzec występowanie cząstek tonera;
- toner jest wtapiany w powierzchnię z dużą koncentracją;
- Cząsteczki tonera są rozmieszczone symetrycznie.

4.2. Cechy charakterystyczne dokumentów przygotowanych przy pomocy fotokopiarki

Kopiarka elektrostatyczna wykorzystuje proces podobny do tego wykorzystywanego przez drukarki laserowe, jednak w przypadku standardowej kopiarki biurowej naelektryzowany obraz utajony oryginalnego dokumentu powstaje na powierzchni światłoczułej poprzez naświetlenie fotoprzewodnika światłem odbitym od dokumentu. Informacja przechodzi przez system soczewek, trafia na bęben światłoczuły, co powoduje zniekształcenie obrazów, a ich jakość nie jest tak dobra jak w przypadku dokumentów drukowanych bezpośrednio. Kurz i zadrapania na szybie skanera mogą również doprowadzić do pogorszenia jakości wydruku. Kiedy kopiarka jest używana do przygotowywania dokumentów, występują następujące cechy:

- w znakach można dostrzec występowanie cząstek tonera;
- toner jest wtapiany w powierzchnię papieru;
- krawędzie znaków są zniekształcone;
- jakość znaków nie jest tak dobra, jak w przypadku dokumentów drukowanych bezpośrednio;
- w przypadku kserografii czarno-białej cząsteczki tonera są wyłącznie monochromatyczne – występują wyłącznie w kolorze czarnym.

4.3. Cechy kserografii barwnej:

- obecność kolorowych cząstek tonera w kolorach cyan, magenta, żółty i czarny;
- cząsteczki tonera są osadzane na powierzchni papieru;
- w obrazach występują półtony;
- krawędzie znaków są zniekształcone;

- jakość znaków nie jest tak dobra, jak w przypadku dokumentów drukowanych bezpośrednio.

4.4. Cechy charakterystyczne dokumentów drukowanych techniką atramentową

Podstawowa różnica między drukarkami atramentowymi i laserowymi opiera się na procesie. Drukarka atramentowa działa poprzez wystrzeliwanie kropli atramentu na papier, podczas gdy głowica drukująca pozostaje w ruchu. W wyniku tego na dokumencie powstają ogony lub trafiają nań niepożądane krople tuszu, a skutkiem tego zjawiska jest poważne obniżenie jakości druku. Co więcej, tusz jest płynem i szybkość wchłaniania tuszu jest znacznie szybsza niż w przypadku tonera na papierze. Efektem tego jest widoczne szersze rozproszenie tuszu na brzegach w porównaniu ze znakami drukowanymi przy pomocy drukarki laserowej. W rezultacie znaki drukowane przy pomocy drukarki atramentowej są mniej błyszczące. Ponadto:

- znaki są formowane przez rozpylenie kropli tuszu, czego efektem są nieregularne krawędzie znaków, innymi słowy – nie są wyraźne i ostre;
- kropelki ciepłego tuszu wyrzucane z otworu drukarki spadają na papier, powodując zniekształcenia w postaci nieregularnych kształtów;
- wokół drukowanych znaków oraz w tłach obrazów występują niesymetryczne krople tuszu;
- cząsteczki tuszu zostają wchłonięte przez włókna papieru;
- jakość druku atramentowego jest niższa niż w przypadku druku laserowego.

5. Studia przypadków

Część próbek, które trafiły do laboratorium, została przebadana na podstawie omówionych powyżej cech charakterystycznych.

Przypadek nr 1: Przypadek różnych drukarek laserowych (Ryc. 2)

Pod powiększeniem widać, że zarówno w przypadku górnego, jak i dolnego obrazu widoczne są ostre i wyraźne krawędzie drukowanych znaków. Widoczna jest jednak niższa gęstość cząstek tonera, która ujawnia różne matryce znaków lub morfologię tonera, co wskazuje na wykorzystanie innej drukarki laserowej do przygotowania wydruku.

Przypadek nr 2: Dodawanie tekstu przy użyciu różnych drukarek laserowych (Ryc. 3, 3a)

Rycina 3 przedstawia sporne pokwitowanie odbioru gotówki za sprzedaż. Zaznaczona na czerwono część tekstu rozpoczynająca się od „Rs. 7,65,000” została dodana przy pomocy innej drukarki laserowej. W przypadku takich zmian dokument jest ponownie umieszczany w drukarce po tym, jak strony uzgodnią warunki w nim opisane. Na podstawie różnic w wyrównaniu tekstu, odstępów między wierszami, połysku i matrycy drukowanych znaków udało się udowodnić, że sporne pokwitowanie nie zostało wydrukowane w ramach jednej operacji druku. W badaniu mikroskopowym spornego pokwitowania dostrzeżono zmiany w wyglądzie (jasności i połysku) wydrukowanych znaków. Po dokładnym zbadaniu matrycy znaków zaobserwowano cząstki tonera osadzone na obrzeżach cyfr „17.2.”, natomiast tego rodzaju zjawisko nie wystąpiło na obrzeżach słowa „Hou” powyżej, co wskazuje na to, że sporny tekst w dolnym wierszu został starannie dodany przy użyciu innej drukarki (Ryc. 3a).

Przypadek nr 3: Przygotowanie linii podpisu przy pomocy monochromatycznej drukarki laserowej (Ryc. 4, 4a)

W badaniu mikroskopowym spornego podpisu wykonanego czarnym długopisem na rzekomo podrobionym akcie notarialnym na dokumencie odkryto kilka czarnych kropek tonera o symetrycznym charakterze w pobliżu konturu podpisu. Matryca cząsteczek tonera wskazuje, że linia przewodnia podpisu została wytworzona metodą skanowania i drukowania przy użyciu monochromatycznej drukarki laserowej. Następnie wydrukowana linia podpisu została starannie pokryta tuszem za pomocą zwykłego długopisu z czarnym tuszem.

Przypadek nr 4: Przygotowanie podpisu przy użyciu kolorowej drukarki laserowej (Ryc. 5, 5a)

Badanie stereomikroskopowe zakwestionowanego podpisu (w zakreślonej na czerwono części dokumentu oznaczonej D1 na pokwitowaniu odbioru gotówki) wykazało, że linie podpisu składają się z różnokolorowych (cyjan, magenta, żółty) macierzy kropek cząsteczek tonera, co wskazuje na fakt, że podpis nie został wykonany ręcznie, lecz mechanicznie – przy pomocy kolorowej drukarki laserowej.

Przypadek nr 5: Monochromatyczna kserografia laserowa

Ryc. 6 przedstawia powiększony obraz z kserokopiarki laserowej, na którym widoczne są zniekształcone linie podpisu – w przypadku standardowej kopiarki biurowej naelektryzowany obraz utajony oryginalnego dokumentu powstaje na powierzchni światłoczułej poprzez naświetlanie fotoprzewodnika światłem odbitym od dokumentu. Informacje dotyczące znaków przechodzą przez system soczewek, a następnie trafiają na bęben światłoczuły, co powoduje zniekształcenie obrazów – w rezultacie ich jakość nie jest tak dobra, jak w przypadku dokumentów drukowanych bezpośrednio. W przypadku kserografii czarno-białej cząsteczki tonera są wyłącznie monochromatyczne.

Przypadek nr 6: Kolorowa kserografia laserowa (Ryc. 7)

Badanie mikroskopowe kolorowych kserokopii pozwoliło na stwierdzenie występowania cząsteczek kolorowego tonera w kolorach cyjanu, magenty, żółtym i czarnym. W przedstawionym przypadku badanie uwiarydociło półtony, na powierzchni papieru dostrzeżono osadzone cząsteczki tonera oraz zniekształcone krawędzie znaków.

Przypadek nr 7: Przygotowanie wzoru podpisu przy pomocy drukarki atramentowej (Ryc. 8)

Badanie mikroskopowe zakwestionowanego podpisu na czeku pozwoliło na stwierdzenie występowania wielokolorowych niesymetrycznych kropek tuszu (w kolorze cyjanu, magenty i żółtym) pod podpisem oraz wokół niego. Te niesymetryczne kolorowe kropki stanowią dowód zastosowania drukarki atramentowej, wskazujący na to, że kontury podpisu (tj. kolorowe kropki) zostały wykonane metodą skanowania, a następnie wydruku przy pomocy drukarki atramentowej, a później starannie uzupełnione zwykłym niebieskim długopisem.

Przypadek nr 8: Porównanie druku atramentowego i offsetowego (Ryc. 9)

Przedstawiony obraz po prawej stronie został wydrukowany przy pomocy drukarki offsetowej, o czym świadczą wyraźne i ostre krawędzie obrazu – tusz jest zaimpregnowany we włóknach papieru, natomiast znaki i papier znajdują się na jednej płaszczyźnie. Obraz po lewej stronie został wydrukowany przy pomocy drukarki atramentowej. W powiększeniu mikroskopowym uwiarydociło się występowanie kolorowych kropek tuszu

o nieregularnym kształcie, nieostrych krawędzi, a także tła, które jest złożone z rozproszonych kolorowych kropek tuszu.

Przypadek nr 9: Porównanie druku offsetowego i wydruku z kolorowej drukarki laserowej (Ryc. 10)

Górna część przedstawionego obrazu została wykonana w technice litografii offsetowej, o czym świadczą wyraźne linie i równomierny druk, natomiast obraz na dole stanowi zeskanowaną kopię obrazu offsetowego wydrukowaną przy pomocy drukarki laserowej, na co wskazuje obecność symetrycznie rozmieszczonych kolorowych cząstek tonera w znakach i tle.

Przypadek nr 10: Porównanie wydruku z kolorowej drukarki laserowej oraz prasy drukarskiej (Ryc. 11)

Widoczne u góry powiększenie analizowanego obrazu pozwoliło na stwierdzenie, że znaki składają się z symetrycznie ułożonych kolorowych cząstek tonera, co wskazuje na pochodzenie wydruku z drukarki laserowej, natomiast na dolnym przykładowym obrazie widoczne są wytłoczone znaki wykonane przy pomocy ciekłej farby drukarskiej wchłoniętej przez powierzchnię papieru, co wskazuje na wydruk z prasy drukarskiej.

6. Wyniki i omówienie

- W celu odkrycia manipulacji oraz zmian w dokumentach drukowanych cyfrowo i fotokopiach konieczne jest podjęcie systematycznych badań i przeprowadzenie stosownych analiz. W tym celu należy porównać dane i informacje występujące w obrębie pojedynczej kartki papieru, a także tekst na innych stronach tego samego dokumentu oraz – w stosownych przypadkach – także z przykładowymi wydrukami z danej maszyny.
- Konieczne jest także przeprowadzenie mikroskopowego badania znaków, ich obrzeży i tła pod kątem cech charakterystycznych pozwalających na określenie typu drukarki lub fotokopiarki wykorzystanej do wydrukowania dokumentu lub wykrycia jakichkolwiek innych zmian.
- Należy wziąć pod uwagę zastosowaną technologię druku, wyrównanie, charakterystykę odstępów, obrazowanie i wady druku.
- Podczas badania kopii należy uwzględnić możliwość, że różne formy manipulacji i powielania elementów wytworzonych przy pomocy technik druku atramentowego oraz tonerowego mogą być generowane przez komputer, skaner, aparat cyfrowy lub inne urządzenia.

- Niektóre urządzenia wielofunkcyjne wykorzystujące toner i technologię atramentową mogą pracować w trybie drukowania lub kopiowania w różnych rozdzielczościach i mogą produkować zarówno druki wielokolorowe (CMYK), jak i monochromatyczne (czarno-białe). W tego rodzaju dokumentach uzyskanych z jednej maszyny mogą występować znaczące różnice.
- Niektóre tonery bądź pojemniki z atramentem mogą być wykorzystywane w wielu modelach urządzeń różnych marek.
- Konsultacje z wykwalifikowanym specjalistą zajmującym się drukiem mogą pomóc w zrozumieniu zawłości technologii drukarskich.
- Nic nie jest w stanie zastąpić oryginalnych próbek. Należy dołożyć starań, aby do zidentyfikowania zdobyć oryginalne, znane próbki technologii druku.

7. Podsumowanie

Omówione w niniejszym artykule cechy identyfikacyjne mogą okazać się bardzo pomocne w procesie wykrywania manipulacji oraz fałszerstw dokumentów wydrukowanych w technologii druku atramentowego i tonerowego. Przeprowadzenie naukowych badań dokumentu stanowi źródło dopuszczalnych dowodów pod warunkiem prawidłowej interpretacji obserwacji. Konieczne jest przeprowadzenie mikroskopowego badania znaków, ich obrzeży i tła pod kątem cech charakterystycznych pozwalających na określenie typu drukarki lub fotokopiarki wykorzystanej do wydrukowania dokumentu lub wprowadzenia w nim jakichkolwiek innych zmian. W identyfikacji konkretnej maszyny mogą również pomóc stałe i przejściowe wady maszyny odzwierciedlone na wydrukowanym dokumencie. Należy jednak pamiętać o tym, że metody technologiczne wykorzystywane do tworzenia współczesnych dokumentów ulegają ciągłym zmianom, zatem badania kryminalistyczne i analiza dokumentów sporządzonych elektronicznie będą zmieniać się wraz z nimi.