



## PHYSICAL EXAMINATION OF PHOTOCOPIED DOCUMENTS

Jagjeet Singh SAROA<sup>1</sup>, Komal SAINI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *State Forensic Science Laboratory (H. P.), Junga, Himachal Pradesh, India*

<sup>2</sup> *Department of Forensic Science, Punjabi University, Patiala, Punjab, India*

### Abstract

The widespread use of photocopiers has made it necessary for documents examiners to find some method of linking questioned documents to an individual photocopier. The examination of photocopied documents for the determination of their nature and source includes physical and chemical analyses of the photocopies. The physical analysis includes examination of toner type, toner fusion, the splattering effect of toner and defect marks on black photocopy samples. In the present study, photocopied samples from sixty two photocopiers were examined for their physical characteristics under a stereomicroscope and were classified into fifty two groups. So, the examinations on the basis of physical characteristics proved to be very significant and useful as they helped to achieve the aforementioned aim.

### Key words

Questioned documents; Photocopied documents; Toner type; Toner fusion; Splattering effect of the toner; Defect marks; Stereomicroscope.

*Received 11 September 2012; accepted 10 April 2013*

### 1. Introduction

The use of photocopiers due to their speed, simplicity, accessibility and low cost has made them very convenient not only for legitimate but also for illegal purposes. The most common crimes associated with photocopied documents include fraud, terrorism, passing on secrets or confidential materials etc., which provide a great advantage to criminals. Criminals prefer to use photocopies because of the misconception that photocopies are less prone to identification than original documents. Therefore, Forensic Document Examiners (FDEs) should be aware of the characteristics of the photocopying process, in order to carry out examinations of photocopied documents to determine their source.

Photocopied documents are examined by comparing class characteristics followed by careful evaluation of identifying features. The classification of the

photocopied document is based on physical characteristics such as paper type, toner type, toner application, and fusion methods, followed by an examination of the trash/defect marks, which develop over a period of time due to use and abuse of the copier and serve as the basis for identification [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13].

In India, very little research work has been done on the examination of photocopied documents, so this study was carried out with the aim of determining the source of black photocopied documents on the basis of their physical characteristics. The physical analysis included examination of toner type, toner fusion, the splattering effect of the toner and defect marks on black photocopy samples. The study encompassed examination of sixty two black photocopies under a stereomicroscope for their physical characteristics.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Collection of black photocopied samples

Photocopied documents were collected from sixty two photocopiers of twenty five different makes and models (Table I). Photocopies were again collected from the same photocopiers after a gap of one month to check the consistency of results.

TABLE I. DESCRIPTION OF BLACK PHOTOCOPIED SAMPLES

Sample code no.	Make and model of photocopiers	Type of toner used
1	Canon NP3050	Xerox
2	Canon NP2020	Recon
3	Canon NP2120	Toner technology
4	Canon NP2020	Omni type
5	Canon NP2120	Wrap red
6	Canon NP3050	Toner technology
7	Canon NP2120	Recon
8	Canon NP6085	Silver foil
9	Alpha 6650	LG toner
10	Modi Xerox 1025	Toner supreme
11	Canon NP6085	Canon
12	Canon NP2120	Canon
13	Canon 6220	Ranck
14	Canon NP2120	Ranck
15	Ricoh DT 5200	Wet toner
16	Canon NP2120	Defamat
17	Canon MP 780	Wet toner
18	Ricoh 5350	Wet toner
19	Xerox 5837	Xerox
20	Canon NP2120	Defamat
21	Canon 3020	Z- Plus
22	Canon 3020	Z- Plus
23	Canon NP2120	Speed
24	Canon NP2020	Speed
25	Canon 3020	Ikon
26	Canon NP 125	Recon
27	Canon NP2020	Toner technology
28	Canon NP2120	LG toner
29	Canon NP3050	ITDL
30	Canon 6050	Silver foil
31	Canon NP3050	Silver foil
32	Canon NP3050	LG toner
33	Modi Xerox 1025	Toner supreme
34	Canon NP2120	Star toner
35	Ricoh 9215	Al wrapper
36	Canon NP2120	Toner XX

Sample code no.	Make and model of photocopiers	Type of toner used
37	Canon 6060	ITDL
38	Canon 6060	ITDL
39	Canon 6060	ITDL
40	Canon 6060	ITDL
41	Canon 6060	ITDL
42	Canon 6060	ITDL
43	Canon NP4050	Canon
44	Canon NP 3825	Canon
45	Canon NP3050	Ikon
46	Toshiba 2030	Toshiba
47	Canon NP 6020	Geetanjali
48	Canon NP 3825	Odyssey
49	Canon NP 3030	Bharat toner
50	Canon NP 6020	ITDL
51	Canon NP2120	Bharat
52	Canon NP2120	Bharat
53	Canon NP 6020	Geetanjali
54	Canon NP 6020	Ganpati
55	Canon NP4050	Preet
56	Ricoh Aficio 1035	Ricoh
57	Kodak Image Source 50	ENCRE
58	Ricoh FT 5632	Ricoh
59	Konica 1015	Ricoh
60	Canon NP2120	Preet
61	Canon NP3050	Taneja
62	Canon NP4050	Taneja

### 2.2. Analysis of samples (physical examination of black photocopies)

The sixty two collected samples were examined  $4 \times 40\times$ , and photographs were taken with an Olympus Camedia-8080 (8 Mpx) digital camera. The photocopies were differentiated from each other on the basis of physical characteristics produced on them during their passage through the machine and the results were tabulated (Table II–VII).

### 2.3. Toner type

Photocopied documents were categorized on the basis of the type of toners used, that is, dry and wet toners. Dry toners were characterized by the presence of discrete particles and the glossy appearance of the toners on the surface of paper (Figure 1a), while liquid toners appeared to have dyed individual paper fibres (Figure 1b) and were visible as a thin even coating, through which paper fibres were observed.

TABLE II. CLASSIFICATION OF BLACK PHOTOCOPIED DOCUMENTS ON THE BASIS OF PHYSICAL CHARACTERISTICS

Physical characteristics		Number of samples	Percentage of samples	Sample code no.
Toner type	Wet toner	3	4.8%	15, 17, 18
	Dry toner	59	95.2%	1–14, 16, 19–62
Toner fusion	Radiant heat Method	50	80.6%	1–10, 12,13, 16, 19–25, 28, 31–49, 51–53, 55–57, 59–62
	Heat and pressure	8	13%	11, 14, 27, 29, 30, 50, 54, 58
	Cold pressure	1	1.6%	26
	Blotter and air dry	3	4.8%	15, 17, 18
Splattering effect of the toner	All over the stroke	18	28.9%	3, 4, 5, 16, 27, 34 to 36, 40, 43, 45–51, 53,
	Bottom of stroke	17	27.4%	2, 7,12, 13, 14, 20, 21–24, 28, 30, 31, 32, 54, 61, 62
	Bottom and top of stroke	14	22.8%	6, 10, 26, 33, 37–39, 41, 42, 44, 52, 55, 59, 60
	Left side of stroke	6	9.7%	1, 8, 11, 19, 57, 58
	Top of the stroke	2	3.2%	9, 25
	Left and right of stroke	1	1.6%	29
	Left and bottom of stroke	1	1.6%	56
	No splattering effect	3	4.8%	15, 17, 18

TABLE III. CLASSIFICATION OF BLACK PHOTOCOPIED DOCUMENTS ON THE BASIS OF DEFECT MARKS

Trash marks		Number of samples	Percentage of samples	Sample code no.
Trash marks	Glass platen marks	5	8.1%	6, 44–46, 57
	Drum defect marks	4	6.5%	48, 56, 58, 61
	Roller defect marks	9	14.6%	18, 19, 32, 34, 38, 39, 42, 50, 54
	Both glass and drum defect marks	20	32.3%	3, 4, 7, 9, 11–14, 16, 20, 22–24, 26, 27, 28, 35, 36, 59, 60
	Both drum and roller defect marks	2	3.2%	41, 49
	Both glass and roller defect marks	2	3.2%	37, 40
	All types of defect marks	7	11.2%	10, 21, 33, 47, 51–53
Without trash marks	13	21.9%	1, 2, 5, 8, 15, 17, 25, 29–31, 43, 55, 62	

TABLE IV. DIFFERENTIATION OF BLACK PHOTOCOPIED SAMPLES ON THE BASIS OF GLASS PLATEN MARKS

Sample code no.	No. of defects	Distance from the top	Location on the page	Shape	Size
3	One	18.2 cm	Left side	Semicircle	0.05 cm
4	Three	27.7 cm	Right side	Wavy	0.4 cm
		27.6 cm	Right side	V shaped	0.15 cm
		27.6 cm	Right side	Semicircle	0.2 cm
6	One	11.7 cm	Left side	Rounded Dot Shaped	Can't be calculated
7	Two	1.6 cm	Right side	Rounded Dot	Can't be calculated
		2.2 cm	Right side		
9	Three	5.2 cm	Right side	Elliptical dot	0.1 cm
		12 cm	Right side	Oval dot	0.05 cm
		15.8 cm	Right side	Round dot	

Sample code no.	No. of defects	Distance from the top	Location on the page	Shape	Size
10	Two	20.9 cm	Right side	Comma shaped	0.1 cm
		27.2 cm	Right side	Comma shaped	0.1 cm
11	One	11.4 cm	Right side	Oval dot	Can't be calculated
12	One	25.8 cm	Right side	Rounded dot	Can't be calculated
13	One	25.1 cm	Left side	Rounded dot	Can't be calculated
14	One	6.8 cm	Right side	Comma shaped	0.2 cm
16	One	8.2 cm	Left side	Oval dot	Can't be calculated
20	Three	5 cm	Left side	Oval dot	0.05 cm
		5.3 cm	Right side	Triangle dot	0.05 cm
		19.5 cm	Right side	Triangle dot	0.05 cm
21	Two	5.3 cm	Top	Rounded dot	0.1 cm
		28.6 cm	Centre	Oval dot	0.1 cm
22	One	1.5 cm	Right side	Arrow Head	0.1 cm
23	One	16.6 cm	Right side	Tetragonal	0.1 cm
24	One	12.5 cm	Right side	Small line	0.05 cm
26	One	14.1 cm	Centre	Oval dot	0.1 cm
27	One	4 cm	Right side	Curved line	0.2 cm
28	One	12.3 cm	Right side	Oblique lines	0.2 cm
33	Two	3.9 cm	Right side	Oval dot	0.05 cm
		3.5 cm	Centre	Oblique line	0.5 cm
35	One	2.9 cm	Left side	Oval dot	0.15 cm
36	One	8.7 cm	Right side	Oval dot	0.05 cm
37	One	14.7 cm	Left side	Curved line	0.6 cm
40	One	11.9 cm	Centre	Three irregular dots	0.35 cm
44	One	20 cm	Left side	Tetragonal dot	0.05 cm
45	Two	25.4 cm	Centre	Oval dot	0.05 cm
		8.1 cm	Right side	Elongated dot	0.15 cm
46	One	8 cm	Right side	Small dot	Can't be calculated
47	One	6.1 cm	Right side	Two irregular dots	0.35 cm
51	Two	3.9 cm	Left side	Oblique line	0.4 cm
		10.9 cm	Right side	Oblique line	0.11 cm
52	One	0.05 cm	Centre	$\Sigma$ shaped	0.3 cm
53	One	16.2 cm	Centre	Semicircle	0.15 cm
57	Two	9.8 cm	Right side	Oval dot	0.05 cm
		13.7 cm		Rounded dot	Can't be calculated
59	One	1.6 cm	Centre	Vertical line	0.3 cm
60	One	22.9 cm	Left side	Small dot	0.05 cm

TABLE V. DIFFERENTIATION OF BLACK PHOTOCOPIED DOCUMENTS ON THE BASIS OF DRUM DEFECT MARKS

Sample code no.	Location on the page	Shape of the defect	Size of the defects	Circumference of drum
3	Left side	Horizontal line	3 cm	9.4 cm
4	Right side	Horizontal line	0.45 cm	9.4 cm
7	Left and right side	Patch of vertical lines	0.9 cm	9.4 cm
9	Left side	Triangle	0.15 cm	18.3 cm
10	Right side	Horizontal lines	2 cm	Can't be calculated
11	Right side	Rounded dot	Can't be calculated	9.6 cm
12	Right side	Three oval dots	0.2 cm	9.4 cm

Sample code no.	Location on the page	Shape of the defect	Size of the defects	Circumference of drum
13	Right side	Rounded dot	Can't be calculated	9.4 cm
14	Right side	Rounded dot	Can't be calculated	9.4 cm
16	Right side	Oval dot	0.05 cm	9.4 cm
20	Right side	Rounded dot	Can't be calculated	9.4 cm
21	Right side	Curved line	0.2 cm	9.4 cm
22	Right side	Oval dot	0.1 cm	9.4 cm
23	Left side	Rectangular	1.1 cm	9.4 cm
24	Left side	Two irregular dots	0.15 cm	9.4 cm
26	Left side	Oval dot	0.05 cm	9.4 cm
27	Right side	Oblique line	0.2 cm	9.5 cm
28	Centre	Irregular dot	0.1 cm	9.5 cm
33	Right side	Horizontal line	0.5 cm	15.2 cm
35	Right side	Rounded circle	0.3 cm	24.2 cm
36	Left side	Horizontal line	6.2 cm	10.1 cm
41	Left side	Two dots	0.6 cm	Can't be calculated
47	Left side	Horizontal line	0.7 cm	9.8 cm
48	Left side	8-shaped oblique line	0.7 cm 0.25 cm	25 cm
49	Right side	Two dots	0.15 cm	25.2 cm
51	Right side	Rounded dot	Can't be calculated	9.4 cm
52	Right side	Horizontal line	2.1 cm	9.4 cm
53	Left side	Three pairs of oval dots making a triangle.	0.8 cm	9.3 cm
	Right side	Five vertical lines	0.35 cm	
56	Right side	Horizontal line	5 cm	Can't be calculated
	Left side	Horizontal line	9.6 cm	
58	Centre	Oblique line with dot	0.7 cm	18.9 cm
59	Right side	Two vertical lines	0.2 cm	18.7 cm
60	Left side	Oblique line	0.8 cm	9.4 cm
61	Left side	Thick vertical line	0.5 cm	Can't be calculated

TABLE VI. DIFFERENTIATION OF BLACK PHOTOCOPIED DOCUMENTS ON THE BASIS OF FUSION ROLLER DEFECT MARKS

Sample code no.	No of vertical defects	Name of vertical defects	Distance between defects
10	Two	RV1, RV2	8.8 cm
18	Three	RV1, RV2 RV2, RV3	2 cm 9 cm
19	Two	RV1, RV2	6.4 cm
21	Three	RV1, RV2 RV2, RV3	5.4 cm 2.9 cm
32	Two	RV1, RV2	12.6 cm
33	Two	RV1, RV2	0.5 cm
34	Four	RV1, RV2 RV2, RV3 RV3, RV4	8.5 cm 2.9 cm 4.1 cm

Sample code no.	No of vertical defects	Name of vertical defects	Distance between defects
37	Three	RV1, RV2	3.8 cm
		RV2, RV3	7.1 cm
38	Three	RV1, RV2	5.9 cm
		RV2, RV3	8.3 cm
39	Two	RV1, RV2	13.6 cm
40	One	RV1	From left side – 14.4 cm
			From right side – 6.6 cm
41	One	RV1	From left side – 13 cm
			From right side – 8 cm
42	Two	RV1, RV2	5.7 cm
47	One	RV1	From left side – 16.7 cm
			From right side – 4.4 cm
49	One	RV1	From left side – 2.1 cm
			From right side – 19.8 cm
50	Two	RV1, RV2	18.9 cm
51	One	RV1	From left side – 12.1 cm
			From right side – 9 cm
52	One	RV1	From left side – 1.4 cm
			From right side – 20.2 cm
53	One	RV1	From left side – 6.4 cm
			From right side – 14.3 cm
54	Two	RV1, RV2	1.2 cm

RV1 – First roller vertical line from left side; RV2 – second roller vertical line from left side; RV3 – third roller vertical line from left side; RV4 – Fourth roller vertical line from left side.

TABLE VII. DESCRIPTION OF RESIDUAL TONER IMPRESSIONS PRESENT ON BLACK PHOTOCOPIED DOCUMENTS

Residual toner impressions	Number of samples	Percentage of samples	Sample code no. / location of residual toner	
Not visible with naked eye	10	16.1%	1,2, 20, 22, 25, 38, 42, 45, 55, 62	
Visible with naked eye	Impression of letters	2	3.3%	15/B, 47/between two lines
	Impression of lines	27	43.5%	4/T, 10/B, 13/All over, 14/L, 17/R, 18/R, 19/T, 21/B, 23/L, 24R, 26/L, 28/C, 29/L, 31/L, 32/L, 33 / all over the page, 34/R, 35, 36/T, 44/C, 48 / blackening, 49 / blackening at left side, 51/L, 52/R, 54/L, 60/L, 61
	Impression of spots	23	37.1%	3, 5–9, 11, 12, 16, 27/B, 30, 37, 39, 40–41 / all over the page, 43, 46, 50, 53, 56–59

L – left side; R – right side; C – centre; T – top; B – bottom.

#### 2.4. Fusion methods

The final stage of the copying process includes fusion of the toner to the paper surface to form a permanent copy. Different photocopiers use different toner fusion methods which have a marked effect on the final appearance of the toner on the paper surface. This characteristic was utilized to further classify the photocopied samples. In the cold pressure method, dry toner is fused to the document by creating pressure by a roller on it. The surface of the photocopies is characterised by a fully matte appearance and by the fact that the toner (appearing on the surface of photocopies) can easily be removed from the paper by scraping (Figure 2a). In the case of application of the heat

and pressure method, the melted toner particles have an overall compact appearance due to application of a roller (Figure 2b); the radiant heat method is characterised by a glossy, bubbly appearance of the melted toner (Figure 2c). Blotter or air dry methods (Figure 2d) are used for liquid toners [4, 7, 8, 11, 12].

#### 2.5. Splattering effect of the toner

Application of toners on the latent image present on the drum also causes a splattering effect of the toner particles on the edges of the strokes. This feature was used in the present study for further classification of the photocopies (Figure 3a–3h). The first group comprises samples which show splattering of the toner all

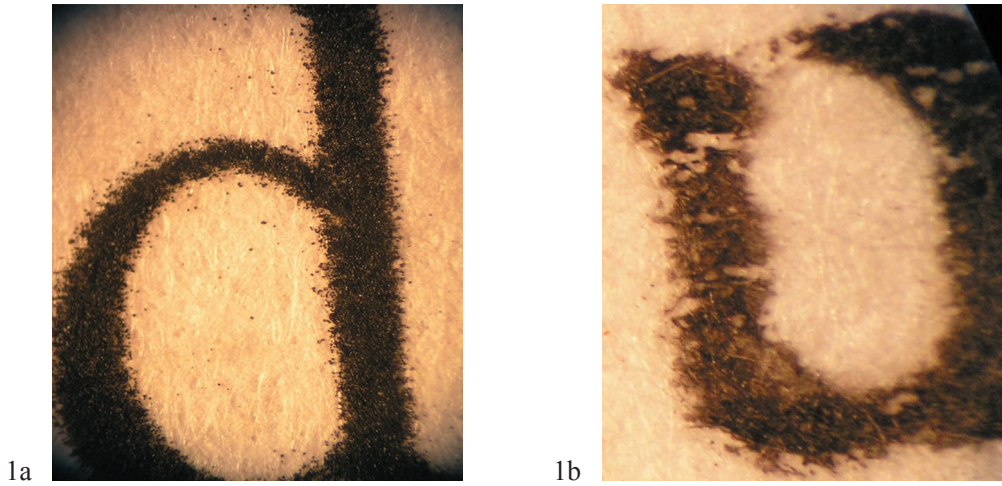


Fig. 1a – dry toner (4 × 40×); Fig. 1b – wet toner (4 × 40×).

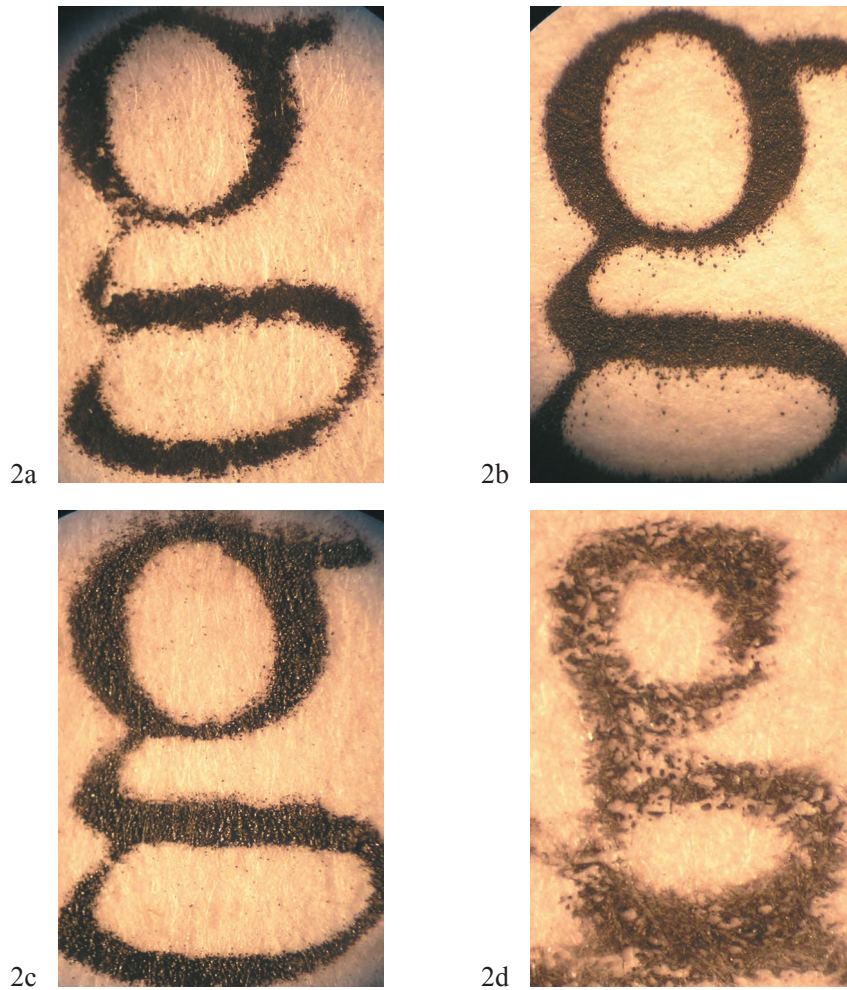


Fig. 2a – cold pressure toner fusion method (4 × 40×); Fig. 2b: heat and pressure toner fusion method (4 × 40×); Fig. 2c – radiant heat toner fusion method (4 × 40×); Fig. 2d: blotter or air dry toner fusion method (4 × 40×).

around the stroke (Figure 3a); the second group includes samples where the splattering effect of the toner has been observed at the bottom of the stroke (Figure 3b); the third group is characterised by a splattering effect of the toner at the bottom and top of the edge of the stroke (Figure 3c). The 4–7<sup>th</sup> groups include samples exhibiting a splattering effect of the toner on the left side of the stroke (Figure 3d), top of the stroke (Figure 3e), left and right of the stroke (Figure 3f), and left and bottom of the stroke (Figure 3g) respectively. Group eight includes samples which do not show any splattering effect of the toner (Figure 3h).

### 2.6. Trash marks

The photocopied documents were examined for the presence of trash marks, which originate either from scratches present on glass platen, photosensitive drum and fusing rollers or due to the impressions of residual toners. Permanent trash marks are generated consistently on produced copies until the defective component of the machine is replaced and therefore have good evidential value. Glass platen marks are permanent and reproduce on the page in the same position. Drum defect marks are either repeated on a single copy at different positions or these marks are reproduced, with their position migrating from one copy to another depending on the circumference of the drum. From the repetition of the drum defect marks, the sequence of the pages was also determined. Fusion roller defect marks appeared on the surface of the paper in the form of indentations of the roller. Impressions of residual toner appeared in the form of impressions of letters, lines and spots if excessive toner on the drum was not removed fully by brush before re-use [1, 2, 3, 5, 9, 10, 12, 13].

## 3. Results and discussions

The classification of a photocopied document is based on physical characteristics such as paper type, toner type, toner application, magnetic properties, marks and fusion methods [4, 5, 7, 8, 13]. The trash/defect marks, which develop over a period of time by use and abuse of the copier are very useful and serve as a basis for identification. These include glass platen marks, drum defect marks, fusing roller marks, residual toner impressions etc. [1, 2, 5, 8, 11, 13]. Therefore, black photocopied documents were classified on the basis of their physical characteristics to achieve the objective.

### 3.1. Toner type

Sixty two samples were categorised into two classes on the basis of the type of toners used. Only three (4.8%) samples used liquid toners for the production of photocopies, whereas the remaining 59 (95.2%) samples showed characteristics of a dry toner (Table II).

### 3.2. Fusion methods

On the basis of the above characteristics, sixty two samples were categorized into four classes (Table II), out of which the largest number of photocopiers used the radiant heat method (80.6%) to fuse the toner particles to the paper surface. The results are in accordance with earlier studies [4, 7, 8, 11].

### 3.3. Splattering effect of the toner

The photocopies were further classified into 8 classes (Table II) on the basis of the splattering effect of the toner. The first group comprises the largest number of samples (i.e. 28.9%), which show splattering of the toner all over the stroke (Figure 3a), followed by the second group (27.4%), where the splattering effect of the toner was observed at the bottom of the stroke (Figure 3b) and the third group (22.8%), with the splattering effect at the bottom and top of the edge of the text (Figure 3c). It was observed that the splattering effect of the toner was uni-directional and reproducible, as all the copies taken from the same machine at different intervals of time showed similar results. So this physical characteristic was found to have good evidential value and was thus used for further classification of the photocopies. Gilmour [6] used the splattering effect to differentiate photocopies from laser printouts, but no report is available where this characteristic has been used to classify photocopies.

### 3.4. Trash marks

The photocopied samples were examined for the presence of various trash marks and the results were tabulated (Table III). From the table, it is clear that 49 (79.1%) samples show the presence of different types of trash marks. Out of these 5 (8.1%) samples show glass platen marks only, 4 (6.5%) samples reveal only drum defect marks and 9 (14.6%) samples display only roller defect marks present on their surface. However, both glass and drum marks were observed on 20 (32.3%) samples, both drum and roller marks were observed on 2 (3.2%) and both glass and roller



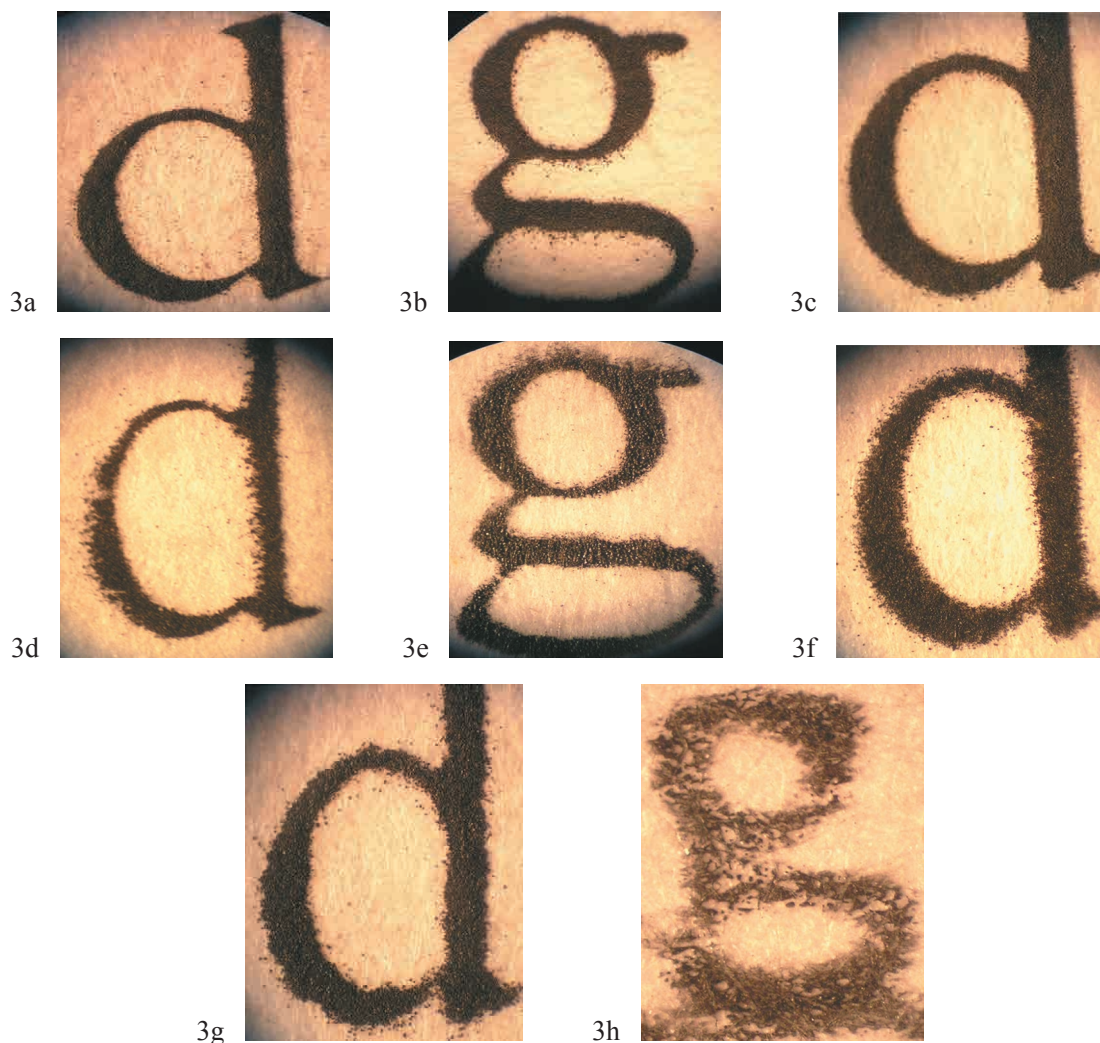


Fig. 3a – splattering of toner all over the stroke ( $4 \times 40\times$ ); Fig. 3b – splattering of toner at the bottom of the stroke ( $4 \times 40\times$ ); Fig. 3c – splattering of toner on the bottom and top side of the stroke ( $4 \times 40\times$ ); Fig. 3d – splattering of toner on the left side of the stroke ( $4 \times 40\times$ ); Fig. 3e – splattering of toner on the top side of the stroke ( $4 \times 40\times$ ); Fig. 3f – splattering of toner on the left and right side of the stroke ( $4 \times 40\times$ ); Fig. 3g – splattering of toner on the left and at the bottom of the stroke ( $4 \times 40\times$ ); Fig. 3h – no splattering of toner around the stroke ( $4 \times 40\times$ ).

marks on 2 (3.2%) samples, whereas all three types of marks were noticed on 7 (11.2%) samples (Table III).

In order to differentiate photocopies from each other, these defect marks were studied separately and the results were tabulated (Table IV–VII). It is evident (Table IV) that glass platen marks were observed in 34 (54.8%) samples. These marks repeat in the same position on all the photocopied samples collected at three different time periods (Figure 4). These marks were differentiated from each other on the basis of their number, position, shape and size on the photocopied documents (Figure 5). These marks help to differentiate samples. Earlier studies are also in accordance with these results [12, 13].

Drum defect marks, resulting from faults on the photosensitive drum, were printed on the document at each drum revolution. They were found on the surface of 33 (53.2%) samples (Table V) and differed from each other on the basis of different shape and size, thereby differentiating all the 33 photocopied samples from each other. Drum defects were printed in a vertical line and are positioned at the same distance across the page for each printout (Figure 6). Repetition of these marks was used in determination of the sequence of the pages. Most of the photocopiers used a photosensitive drum of circumference 9.4 cm ( $\pm 0.1$  cm) or 25 cm ( $\pm 0.1$  cm). In the case of circumference of drum of 25 cm, spacing between printing drum marks

between consecutive pages would always be either 5 cm or 30 cm but not 25 cm, because 20 cm of the drum circumference moves without printing between two consecutive pages. That is, if the defect is positioned on the 20 cm (part) of the drum circumference which is not used for printing, the distance between the printed defects on consecutive pages would be 30 cm (i.e. 25 cm + remaining 5 cm of the complete drum revolution) and if the drum mark is not on the drum, then the spacing between defects on consecutive pages would be 5 cm (i.e. the remaining distance of a complete drum revolution). So it was observed that the position of drum faults on separate sheets of paper could also be used to determine the order in which pages were produced on a photocopier. When the pages were printed individually rather than continuously, no pattern was identified in the spacing of defect marks

Punjab lighting Aids Limited  
 An ISO 9001: 2000 Co.  
 Improvement projects -2005  
 He has described the various magnetic detection system used by different workers and stated that detection of magnetism is simple quick and reliable provide a useful means of differentiating single component magnetic toners from all other types.  
 He compared bulk toners with fused toners deposits both by physically and chemically finger marks on both corners of the leading edge indentation marks are same by visual examination.  
 Work of various workers was explained with pyrolysis GC offer a sensitive and relatively straight forward means of distinguishing photocopy  
 Documents  
 There are two types of color photocopies machines available at the present time single color machine and full color machine  
 Due to presence of large portion of carbon black FTIR is now preferred technique for extracting data highly absorbing sample compound to conventional IR spectra  
 Differences between liquid and dry toners can be seen quite readily by SEM. Fine discrimination of the surface possible using Scanning Electron Microscopy.  
 The type of information that can obtained from a description provided by one company of its dry toner.

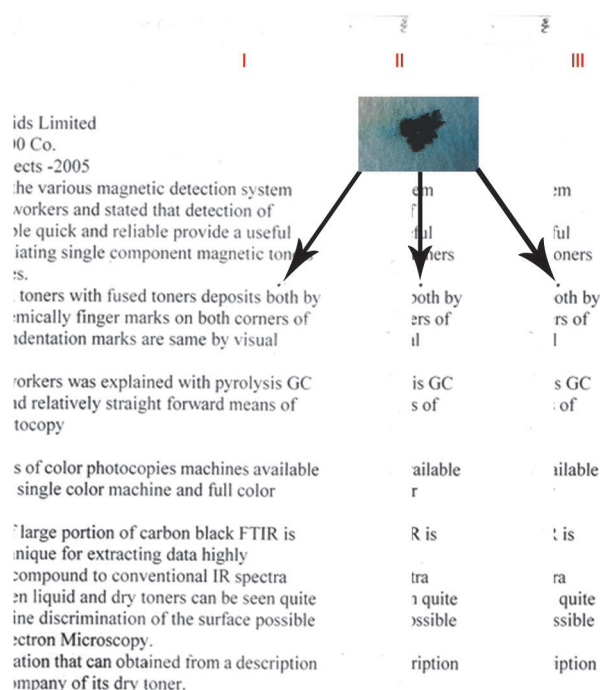


Fig. 4. The same glass platen marks in the same position on three photocopies from the same photocopier.

Handwritten signature or mark.

Punjab lighting Aids Limited  
 An ISO 9001: 2000 Co.  
 Improvement projects -2005  
 He has described the various magnetic detection system used by different workers and stated that detection of magnetism is simple quick and reliable provide a useful means of differentiating single component magnetic toners from all other types.  
 He compared bulk toners with fused toners deposits both by physically and chemically finger marks on both corners of the leading edge indentation marks are same by visual examination.  
 Work of various workers was explained with pyrolysis GC offer a sensitive and relatively straight forward means of distinguishing photocopy  
 Documents  
 There are two types of color photocopies machines available at the present time single color machine and full color machine  
 Due to presence of large portion of carbon black FTIR is now preferred technique for extracting data highly absorbing sample compound to conventional IR spectra  
 Differences between liquid and dry toners can be seen quite readily by SEM. Fine discrimination of the surface possible using Scanning Electron Microscopy.  
 The type of information that can obtained from a description provided by one company of its dry toner.



Fig. 5. Glass platen defect marks produced by different photocopiers.

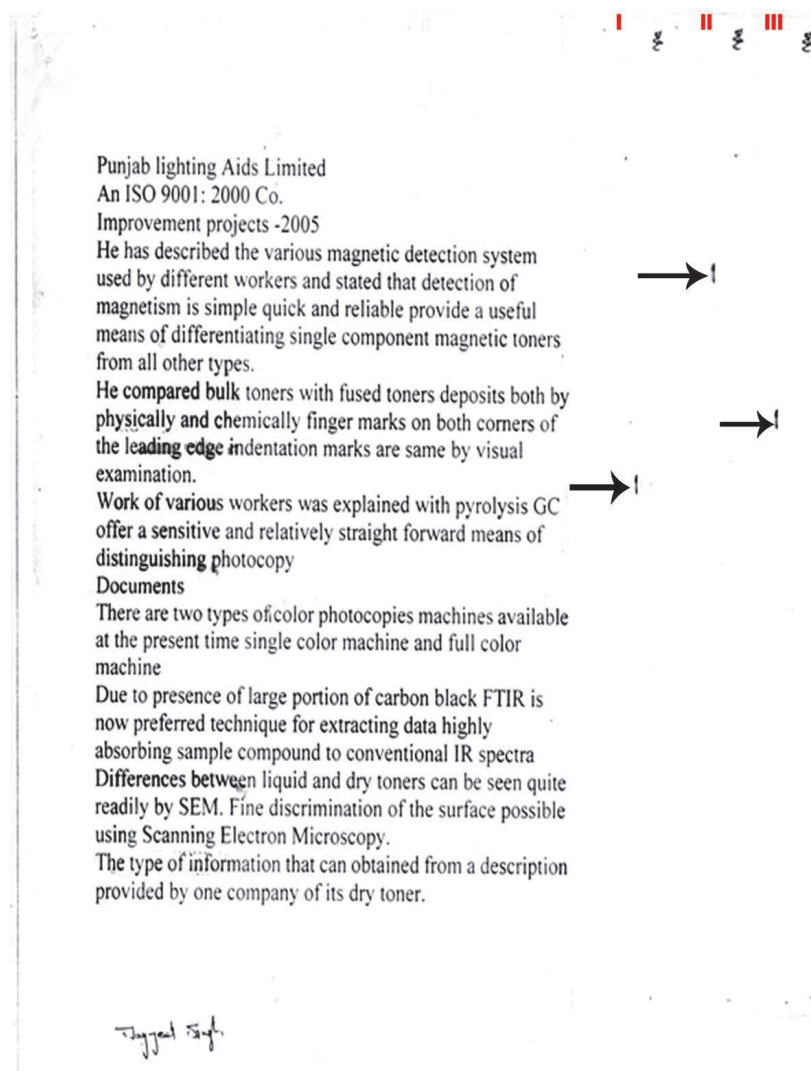


Fig. 6. The same drum defect marks produced on three photocopies from the same photocopier.

between printed sheets, therefore sequencing of the pages is not possible. Similar results were observed on photocopies collected at different intervals of time. Arbounine and Day [1] also stated that drum defect marks were used in sequencing of pages.

Fusing roller defect marks were observed in 20 samples (32.2%). 6 out of 20 (30%) samples showed just one vertical roller line and 14 (70%) samples revealed two or more than two vertical fusing roller lines (Table VI, Figure 7). The distance between any two of these vertical indentations was used to link the photocopied documents to the fusing roller of the photocopier [5]. This type of characteristic lacks individuality; however, it helps in classifying the samples into different groups. Gerhart [5] and LaPorte [9] also reported that when this characteristic was examined thoroughly,

it would greatly reduce the number of suspect copiers, but it should not be considered unique to a single machine. However, in conjunction with other trash marks this characteristic would strongly suggest that the questioned document had been in physical contact with a given photocopy machine.

Residual toner impressions on photocopies in the form of impressions of letters, lines and spots were observed in 52 (83.9%) samples. These impressions were differentiated on the basis of nature, size and location (Table VII, Figure 8). Impressions due to spots or lines were not observed on every copy from the same machine. So, these types of defects were found to be transitory in nature as they are usually rectified during servicing of the machine [13].

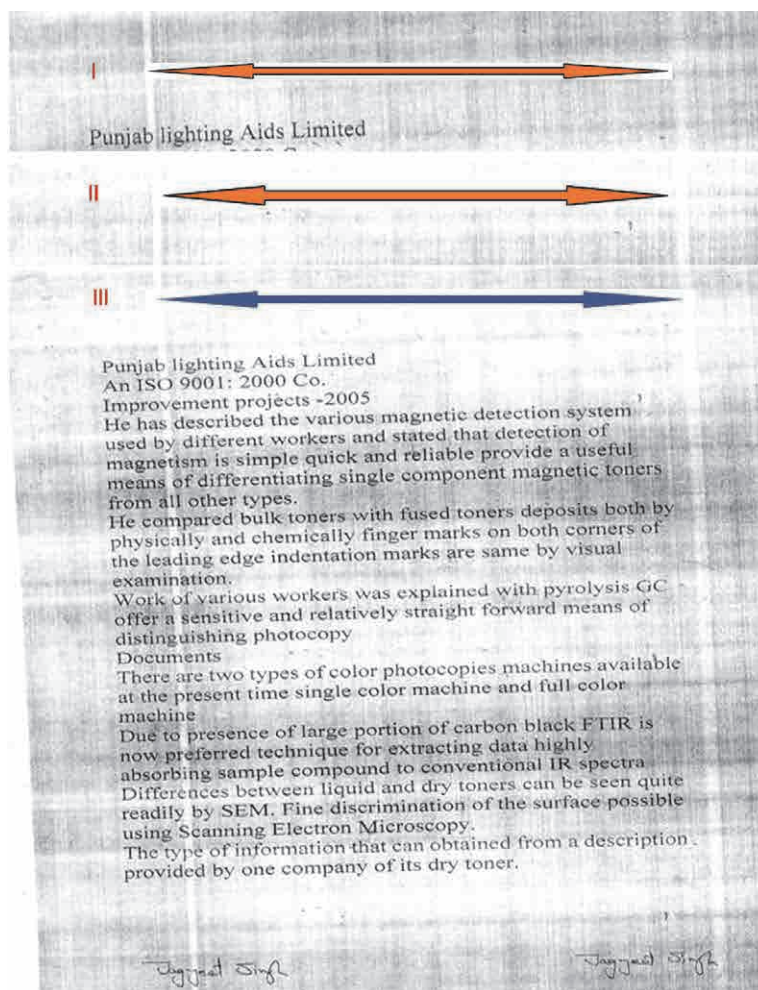


Fig. 7. The same type of roller defect marks on three photocopies from the same photocopier.

#### 4. Conclusion

In the present study, 62 photocopied samples were classified into two groups on the basis of toner type, into four groups on the basis of toner fusion, and the splattering effect of the toners further divided them into eight groups. Photocopies from photocopiers of the same make and using the same type of toner were classified together. Forty nine samples were identified by different types of trash marks. However, when all physical characteristics were considered collectively, fifty two out of sixty two black photocopy samples were differentiated fully. Therefore, consideration of all physical characteristics collectively is the best approach for high discrimination, as the results of the present study are quite significant and appreciable. Totty [11] also suggested that a proper approach to solving any problem is considering all the possible avenues for examination.

#### Acknowledgments

The authors wish to express their appreciation to the Department of Science and Technology, New Delhi, for providing financial help for the research project. One of the authors expresses gratitude to the Department of Home, Govt. of Himachal Pradesh, India for allowing him to complete this research work.

#### References

1. Arbouine M. W., Day S. P., The use of drum defects to link laser-printed documents to individual laser printers, *Journal of Forensic Science Society* 1994, 34, 99–104.
2. Beal B. L., Morton S. E., Photocopiers, cf. scientific examination of questioned documents, Kelly J. S., Lindblom B. S. [eds.], CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton 2006.
3. Buglio J., Association of document and laser printers by means of residual toner impressions, *International Journal of Forensic Document Examiners* 1999, 5, 365–370.

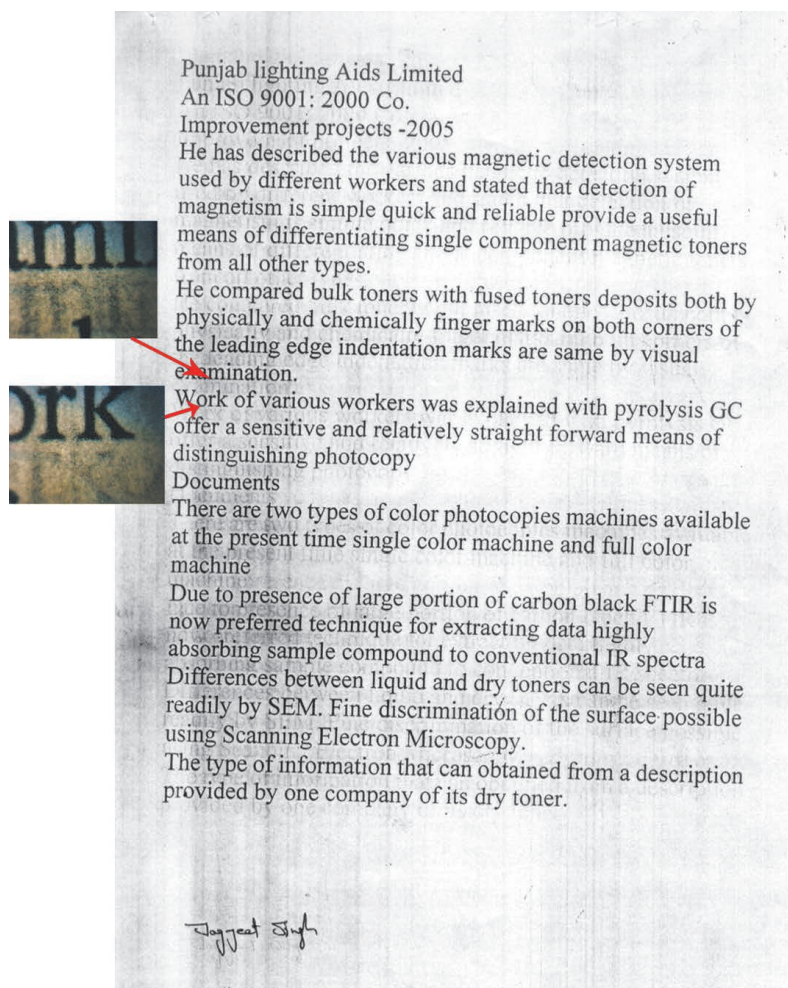


Fig. 8. Residual toner impressions in the form of impressions of letters on the photocopy.

4. Crown D. A., The differentiation of electrostatic photocopy machines, *Journal of Forensic Sciences*, 1989, 34, 142–155.
5. Gerhart F. J., Identification of photocopiers from fusing roller defects, *Journal of Forensic Sciences* 1992, 37, 130–139.
6. Gilmour C. L., A comparison of laser printed and photocopied documents: Can they be distinguished?, *Journal of Canadian Society of Forensic Science* 1994, 27, 245–259.
7. Holland N. W., Photocopy classification and identification, *Journal of Forensic Science Society* 1984, 24, 23–41.
8. James E. L., The classification of office copy machines from physical characteristics, *Journal of Forensic Sciences*, 1987, 32, 1293–1304.
9. LaPorte G. M., Use of an electrostatic detection device to identify individual and class characteristics on documents produced by printer and copier – a preliminary study, *Journal of Forensic Sciences* 2004, 49, 1–11.
10. Levinson J., Questioned documents: A lawyer's handbook, Academic Press, A Harcourt Science and Technology Company, London 2001.
11. Totty R. N., Analysis and differentiation of photocopy toners, *Forensic Science Review* 1990, 2, 1–23.
12. Totty R. N., The examination of photocopy documents, *Forensic Science International* 1990, 46, 121–126.
13. Totty R. N., Baxendale D., Defect marks and the identification of photocopying machines, *Journal of Forensic Sciences* 1981, 21, 23–30.

---

**Corresponding author**

Dr. Komal Saini  
 Punjabi University  
 Department of Forensic Science  
 Patiala, Punjab, India  
 e-mail: komal2saini@yahoo.com

---

## ANALIZA CECH FIZYCZNYCH KSEROKOPII DOKUMENTÓW

### 1. Wstęp

Kserokopie dokumentów posiadają szerokie zastosowanie ze względu na fakt, iż mogą być uzyskane szybko, łatwo i niskim kosztem. Powoduje to, że są one używane nie tylko w sposób legalny, ale również w celach przestępczych. Oszustwa, ujawnianie niejawnych lub tajnych materiałów oraz terroryzm to przestępstwa, kiedy najczęściej wykorzystuje się kserokopie dokumentów. Przestępcy są bowiem błędnie przekonani, że trudniej jest wykazać, że są one podrobione, niż w przypadku posługiwania się oryginalnymi dokumentami. Ważne jest, aby biegły analizujący kserokopie znał szczegóły procesu ich wykonywania, szczególnie w przypadku, gdy należy określić źródło pochodzenia dokumentu.

Kserokopie dokumentów analizuje się w ten sposób, że porównuje się cechy charakterystyczne ujawnione na porównywanych dokumentach oraz ocenia wartość dowodową ustalonego podobieństwa tych cech. Kserokopie dokumentów klasyfikuje się na podstawie określenia rodzaju papieru, na którym je wykonano, rodzaju użytego tonera, zastosowanej metody łączenia tonera z papierem oraz informacji o uszkodzeniach, które powstały podczas eksploatacji kserokopiarki. Dane te mogą dostarczyć również podstaw do identyfikacji urządzenia użytego do wykonania analizowanej kserokopii [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13].

W Indiach dotychczas bardzo niewiele badań dotyczyło analizy kserokopii dokumentów. Aby zapełnić tę lukę przeprowadzono badania, w ramach których sprawdzono, czy można ustalić źródło pochodzenia czarno-białych kserokopii dokumentów na podstawie analizy ich cech fizycznych. W czasie badań analizowano rodzaj użytego tonera, typ zastosowanej metody łączenia tonera z papierem, charakter rozproszenia tonera wokół wydrukowanego znaku oraz ślady widoczne na kserokopii, a związane z uszkodzeniami elementów roboczych kserokopiarki, które powstały w trakcie jej eksploatacji. W badaniach analizowano sześćdziesiąt dwie czarno-białe fotokopie, wykorzystując mikroskop stereoskopowy.

### 2. Materiały i metody

#### 2.1. Zbiór czarno-białych kserokopii

Za pomocą dwudziestu pięciu kserokopiarek wyprodukowanych przez różnych producentów i reprezentujących różne modele uzyskano sześćdziesiąt dwie kserokopie dokumentów (tabela I). W celu sprawdzenia powtarzalności uzyskanych rezultatów, kserokopie do-

kumentów były wykonywane za pomocą tych samych urządzeń po upływie jednego miesiąca.

#### 2.2. Analiza próbek – ustalanie cech fizycznych czarno-białych kserokopii

Za pomocą mikroskopu stereoskopowego SZX7 przy powiększeniu  $4 \times 40\times$  analizowano sześćdziesiąt dwie kserokopie. Zdjęcia (prezentowane również na rycinach w tym artykule) wykonano z wykorzystaniem aparatu Olympus Camedia-8080 (rozdzielczość 8 MPx). Kserokopie były rozróżniane między sobą na podstawie ujawnionych na nich cechach fizycznych charakterystycznych dla zastosowanej kserokopiarki, a rezultaty wykonanych badań zebrano w tabelach II–VII.

#### 2.3. Typ toneru

Na podstawie typu użytego tonera, tj. czy był to tzw. suchy czy mokry toner, przypisywano kserokopie dokumentów do wspomnianych dwóch kategorii. Suche tonery rozpoznawano na podstawie obecności pojedynczych cząsteczek tonera na powierzchni papieru oraz jego lśniącego wyglądu na powierzchni papieru (rycina 1a). Natomiast mokre tonery rozpoznawano po tym, że pokrywały włókna papieru równą i cieką warstwą (rycina 1b).

#### 2.4. Metody łączenia tonera z powierzchnią papieru

Ostatni etap procesu wykonywania kserokopii to połączenie tonera z powierzchnią papieru w celu uzyskania trwałej kopii. Różne kserokopiarki używają różnego rodzaju technik ich łączenia. Zastosowana metoda ma decydujący wpływ na to, jak ostatecznie wygląda toner na powierzchni papieru i dlatego też ta cecha była również brana pod uwagę w celu klasyfikacji kserokopii. W jednej z metod (ang. cold pressure method) suchy toner łączony jest z papierem poprzez nacisk, jaki wytwarza wałek na papier. Powierzchnia uzyskanej fotokopii charakteryzuje się matowym wyglądem tonera na powierzchni papieru oraz tym, że może być on łatwo usunięty z powierzchni papieru przez zdrapanie (rycina 2a). Stopione cząsteczki tonera (rycina 2b) widoczne są na powierzchni papieru w przypadku zastosowania metody wykorzystującej zarówno ciepło, jak i nacisk wytwarzany przez wałek na papier. Stopiony toner w postaci błyszczących baniek (rycina 2c) obserwuje się po zastosowaniu metody wykorzystującej ogrzewanie radiacyjne (ang. radiant and heat method). W przypadkach ciekłych tonerów stosuje się metodę suszenia powietrzem w celu łączenia ich z powierzchnią papieru (rycina 2d).

## 2.5. Rozpraszanie cząsteczek tonera wokół wydrukowanego znaku

Słabo widoczny wzór występujący na bębnie odpowiedzialny jest za efekt rozproszenia cząsteczek tonera na brzegach wydrukowanych znaków. Ta cecha również została wykorzystana do klasyfikacji kserokopii (ryciny 3a–3h). Do 1. grupy zaliczono kserokopie, które wykazywały rozproszenie tonera wokół całego znaku (rycina 3a), do 2. próbki, gdzie rozproszenie tonera obserwowano na spodzie znaku (rycina 3b). 3. grupa charakteryzowała się tym, że rozproszenie tonera obserwowano zarówno na spodzie, jak i górze wydrukowanego znaku (rycina 3c). Grupy 4–7 charakteryzowały się występowaniem cząsteczek rozproszonego tonera odpowiednio po lewej stronie wydrukowanego znaku (rysunek 3d), u góry wydrukowanego znaku (rycina 3e), zarówno po lewej i prawej stronie wydrukowanego znaku (rycina 3f), zarówno po lewej stronie jak i na spodzie wydrukowanego znaku (rycina 3g). 8. grupa zawierała próbki, które nie wykazywały efektu rozproszenia tonera wokół wydrukowanego znaku (rycina 3h).

## 2.6. Inne ślady

Na kserokopiach dokumentów, poddanych badaniu, występowały również ślady, które powstały wskutek występowania rys na szklanej płycie kserokopiarki, na powierzchni fotoczułego bębna i wałkach utrwalacza termicznego oraz wskutek odwzorowania pozostałości tonera na bębnie. Trwałe uszkodzenia elementów roboczych kserokopiarki generują ślady na kserokopiach aż do momentu, gdy ta część kserokopiarki nie zostanie wymieniona. Dlatego posiadają one istotną wartość dowodową. Przykładem tego rodzaju śladów są ślady związane z uszkodzeniami szklanej płyty, które są reprodukowane w tym samym miejscu na kserokopiach. Efekty związane z uszkodzeniem bębna są powielane na kopiach w różnych miejscach, a częstość ich pojawiania się zależy od obwodu wałka. W prezentowanych badaniach analizowano również uszkodzenia wałków utrwalacza termicznego odwzorowujące się na powierzchni papieru w formie smug. Natomiast jeżeli nadmiar tonera na bębnie nie był z niego usuwany w pełni przez szczotkę, to jego pozostałości pojawiały się na kserokopii w formie słabo widocznych liter, linii i plam [1, 2, 3, 5, 9, 10, 12, 13].

## 3. Rezultaty i dyskusja

Z literatury przedmiotu wynika, że dotychczas kserokopie dokumentów klasyfikowano, opierając się na informacji o rodzaju użytego papieru, rodzaju zastosowanego tonera (w tym o jego właściwościach magne-

tycznych), znakach szczególnych oraz zastosowanej metodzie łączenia tonera z powierzchnią papieru [4, 5, 7, 8, 13]. Ślady uszkodzeń widoczne na kserokopii, a które związane są z uszkodzeniami kserokopiarki powstałymi wskutek jej eksploatacji, dostarczają bardzo użytecznej informacji będącej podstawą do identyfikacji zastosowanej kserokopiarki. Wśród nich należy wymienić ślady zarysowań na płycie szklanej kserokopiarki, uszkodzenia bębna, uszkodzenia wałka utrwalacza termicznego oraz ślady pozostałości tonera na fotoczułym bębnie [1, 2, 5, 8, 11, 13]. Dlatego też te właśnie cechy wykorzystano w celu rozwiązania problemu klasyfikacji czarno-białych kserokopii dokumentów.

### 3.1. Typ tonera

Sześćdziesiąt dwie kserokopie zaszeregowano do dwóch klas na podstawie typu zastosowanego tonera. Tylko trzy z nich (4,8%) powstały, gdy zastosowano ciekły toner, a pozostałe 59 kserokopii (95,2%) uzyskano, gdy zastosowano suchy toner (tabela II).

### 3.2. Metoda łączenia

Sześćdziesiąt dwie kserokopie podzielono na cztery klasy, biorąc pod uwagę, jaką metodą łączony był toner z powierzchnią papieru (tabela II). Największą liczbę kserokopii uzyskano z zastosowaniem kserokopiarek, w których użyto metody wykorzystującej ogrzewanie radiacyjne (80,6%) do łączenia cząsteczek tonera z powierzchnią papieru. Wyniki te są zgodne z opublikowanymi badaniami [4, 7, 8, 11].

### 3.3. Efekt rozproszenia tonera

Kserokopie zaszeregowano do ośmiu klas (tabela II) na podstawie analiz efektu rozproszenia tonera wokół wydrukowanego znaku. W najliczniejszej grupie zawierającej większość analizowanych kserokopii (tj. 28,9%) rozproszenia tonera obserwowano dookoła wydrukowanego znaku (rycina 3a). Drugą najczęściej obserwowaną grupą była taka (27,4%), w której efekt rozproszenia tonera był obserwowany tylko na dole wydrukowanego znaku (rycina 3b). W trzeciej grupie (22,8%) efekt rozproszenia obserwowany był zarówno na dole, jak i na górze wydrukowanego znaku (rycina 3c). Stwierdzono, że efekt ten jest stały i powtarzalny dla danej kserokopiarki. Tym samym ta cecha fizyczna ma dużą wartość dowodową i może być stosowana w przypadku klasyfikowania/rozdzielania kserokopii. Gilmour [6] w swoich badaniach również uwzględnił informacje dotyczące efektu rozproszenia tonera wokół wydrukowanego znaku w celu rozróżnienia wydruków uzyskiwanych za pomocą drukarek laserowych. Nie zastosował jednak tej cechy w celu ich klasyfikacji.

### 3.4. Inne ślady

Kserokopie analizowano również pod kątem obecności na nich różnego rodzaju śladów powstałych głównie wskutek występowania trwałych uszkodzeń elementów roboczych kserokopiarek. Rezultaty tych badań zebrano w tabeli III. Wynika z nich, że na 49 kserokopiach (79,1%) stwierdzono występowanie takich śladów. Wśród nich na 5 kserokopiach (8,1%) stwierdzono ślady związane wyłącznie z uszkodzeniami szklanej płyty kserokopiarki. Na 4 kserokopiach (6,5%) stwierdzono ślady związane wyłącznie z uszkodzeniami bębna, a na 9 kserokopiach (14,6%) wystąpiły tylko ślady uszkodzeń wałka. Ponadto jednocześnie występujące ślady uszkodzeń płyty szklanej i bębna zaobserwowano na 20 kserokopiach (32,3%), a na 2 kserokopiach (3,2%) występowały jednocześnie ślady uszkodzeń bębna i wałka. W 2 kserokopiarkach (3,2%) stwierdzono jednocześnie występowanie śladów uszkodzeń płyty szklanej i wałka. Z kolei wszystkie trzy rodzaje uszkodzeń wystąpiły na 7 kserokopiach (11,2%). Szczegółowe wyniki przedstawiono w tabeli III.

Wymienione wcześniej rodzaje uszkodzeń były również analizowane pod kątem wykorzystania ich do rozróżniania kserokopii. Rezultaty zebrano w tabelach IV–VII. Z tabeli IV wynika, że ślady widoczne na kserokopiach związane z tylko uszkodzeniami szklanej płyty fotokopiarki zaobserwowano w przypadku 34 kserokopii (54,8%). Ślady te występowały w tym samym miejscu na wszystkich kopiach uzyskanych w różnych odstępach czasu (rycina 4). Stwierdzono też, że mają one stały kształt i rozmiar (rycina 5) i dlatego mogą być użyte w celu rozróżnienia kserokopii. Badania opublikowane przez innych naukowców potwierdzają te wnioski [12, 13].

Ślady powstające na światłoczułym bębnie są powielane na dokumentach przy każdym cyklu obrotu bębna. Ich występowanie stwierdzono na 33 kserokopiach (53,2%; tabela V). Różniły się między sobą wzorem lub kształtem i rozmiarem, a to pozwoliło rozróżnić wszystkie 33 kserokopie od siebie. Ślady te były drukowane w linii pionowej i pojawiły się na każdej stronie wydruku (rycina 6) w tej samej odległości, co wykorzystano do ustalenia sekwencji druku stron. Większość kserokopiarek stosuje światłoczuły bęben o obwodzie 9,4 cm ( $\pm 0,1$  cm) lub 25 cm ( $\pm 0,1$  cm). W przypadku fotokopiarek, w których obwód bębna wynosi 25 cm, odległość pomiędzy wydrukiem uszkodzeń występujących na bębnie, na dwóch stronach wydrukowanych bezpośrednio po sobie, będzie wynosić nie 25 cm, lecz 5 cm lub 30 cm. Spowodowane jest to tym, że podczas drukowania stron jedna po drugiej 20 cm średnicy bębna przesuwają się bez drukowania. Dlatego też, jeżeli uszkodzenie ułożone jest na 20 cm średnicy bębna, tj. w części, która nie jest stosowana do druku, to odległość pomiędzy wydrukowanymi uszkodzeniami na dwóch bezpośred-

nio po sobie wydrukowanych stronach będzie wynosiła 30 cm (tj. 25 cm plus pozostałe 5 cm na dokończenie pełnego obrotu bębna). Jeżeli ślad nie jest ułożony na tych 20 cm wałka, to wówczas odległość pomiędzy wydrukiem uszkodzeń na bezpośrednio po sobie wydrukowanych stronach wyniesie 5 cm (tj. na długości pozostającej do tego, aby bęben wykonał pełny obrót). Tym samym pozycja uszkodzeń związanych z bębniem, a występujących na różnych kartkach papieru, może być stosowana w celu określania kolejności, w jakiej strony były drukowane na kserokopiarence. Niemniej jednak, gdy kopie drukowane są pojedynczo, a nie jedna za drugą lub drukowane w różnych odstępach czasu, to na podstawie odległości występowania śladów związanych z uszkodzeniami bębna nie można ustalić kolejności, w jakiej wydrukowano poszczególne kserokopie. Wyniki badań opublikowane przez Arbouline i Day [1] potwierdzają te obserwacje, tj. że efekt występowania na kserokopiach śladów związanych z tymi uszkodzeniami może być użyty w celu ustalania kolejności ich wykonania.

Uszkodzenia wałka utrwalacza termicznego zaobserwowano na 20 kserokopiach (32,2%). Wśród nich na 6 kserokopiach (30%) stwierdzono tylko jedną pionową linię, a na 14 kserokopiach (70%) występowały dwie lub więcej linii związanych z tym uszkodzeniem (tabela VI, rycina 7). W przypadku występowania przynajmniej dwóch linii określono odległość pomiędzy nimi i tę informację zastosowano w celu wykazania, które dokumenty wydrukowano na konkretnej kserokopiarence [5]. Stwierdzono, że ta cecha nie jest indywidualna dla kserokopiarki, niemniej jednak informacja o niej pomaga w przeprowadzeniu klasyfikacji. Gerhart [5] i LaPorte [9] wykazali, że uwzględniając tę cechę, biegły może wykluczyć kserokopiarkę, której na pewno nie użyto do wykonania danej kserokopii, ale nie może jednoznacznie wskazać konkretnego urządzenia, na którym ją wykonano. Niemniej jednak ta cecha w połączeniu z informacją o innych charakterystycznych śladach ujawnionych na kserokopii może być bardzo wiarygodnym dowodem, że dany dokument wykonano z wykorzystaniem tego, a nie innego urządzenia.

Ślady pozostałości tonera na kserokopiach w formie odbitek liter, linii i kropek zaobserwowano na 52 kserokopiach (83,9%). Różniły się one wyglądem, rozmiarem i położeniem (tabela VII, rycina 8). Niemniej jednak układ kropek i linii nie powtarzał się na kserokopiach, pomimo iż uzyskano je za pomocą tej samej kserokopiarki. Dlatego też ten typ uszkodzenia ma charakter przejściowy i zazwyczaj jest naprawiany podczas serwisu fotokopiarki [13].



#### 4. Podsumowanie

W przedstawionych badaniach analizowano 62 kserokopie, które zaklasyfikowano do dwóch kategorii na podstawie informacji o typie użytego tonera, do czterech kategorii na podstawie sposobu łączenia tonera z papierem oraz do ośmiu grup na podstawie informacji o kształcie rozproszenia cząsteczek tonera wokół wydrukowanego znaku. Do tej samej kategorii klasyfikowano kserokopie uzyskane za pomocą kserokopiarek tej samej firmy i gdy użyto tego samego typu tonera. W przypadku 49 kserokopii stwierdzono występowanie różnego rodzaju śladów związanych z mechanicznymi uszkodzeniami części roboczych kserokopiarki. Niemniej jednak, gdy jednocześnie uwzględniano wszystkie analizowane cechy fizyczne, to spośród 62 czarno-białych kserokopii 52 w pełni rozróżniono. Dlatego też najlepszym sposobem do uzyskania wyników charakteryzujących się wysoką siłą dyskryminacyjną jest uwzględnienie wszystkich analizowanych cech jednocześnie. Totty [11] w swojej pracy również sugeruje, że poprawne podejście do rozwiązania każdego problemu związanego z analizą kserokopii dokumentów powinno uwzględniać wszystkie możliwe do uzyskania wyniki badań.

#### Podziękowanie

Autorzy wyrażają podziękowanie Departamentowi Nauki i Technologii w New Delhi za wsparcie finansowe umożliwiające zrealizowanie prezentowanych badań. Jeden z autorów wyraża również swoje podziękowanie Departamentowi Spraw Wewnętrznych indyjskiego stanu Himachal Pradesh za zgodę na udział w prezentowanych badaniach.