

М.А. Зильберглейт, проф., д-р хим. наук,
И.В. Николайчик, доц., канд. техн. наук,
С.К. Грудю, канд. техн. наук, зав. кафедрой ПОиСОИ
(БГТУ, г. Минск);
Н.П. Мидуков, проф., д-р техн. наук
(СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург, Россия);
Е.В. Габалов, канд. техн. наук, ст. преп.
(БГТУ, г. Минск)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛАЗЕРНЫХ ПРИНТЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЗАЛИВКИ

В современном мире цифровых технологий идентификация источников печати приобретает ключевое значение в области криминалистики, информационной безопасности и защиты интеллектуальной собственности. Лазерные принтеры, широко используемые в офисах, полиграфии и быту, оставляют уникальные следы на напечатанных документах, которые могут служить основой для их идентификации.

В принципе данная тема охватывает различные методы анализа физических и цифровых артефактов, возникающих в процессе лазерной печати, таких как микроскопические дефекты тонера, шумы rasterization и индивидуальные характеристики барабана.

Целью исследования является разработка надежных алгоритмов и методик для установления конкретной модели и по возможности экземпляра лазерного принтера по анализу отпечатков. Актуальность темы обусловлена ростом числа поддельных документов и необходимостью эффективной экспертизы в судебных процессах. В работе рассмотрены один экспериментальный подход и оценена перспектива применения машинного обучения для автоматизации процесса идентификации.

Развитие полиграфических технологий привело к массовому распространению лазерных принтеров, что усиливает риски фальсификации документов, контрафакта и утечек конфиденциальной информации. По данным Interpol и FBI, более 30% расследований в 2024 г. связаны с анализом печатных материалов, где идентификация принтера играет решающую роль. Традиционные методы визуального осмотра недостаточно точны, особенно при печати на высококачественных устройствах (разрешение 1200 dpi и выше).

Актуальность усиливается цифровизацией: интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в анализ, что позволяет сократить время экспертизы с дней до часов. Настоящее исследование решает практи-

ческие задачи повышения надежности судебной экспертизы и защиты государственных систем документооборота.

Полученная методика апробирована в лабораторных условиях в экспериментах при обработке данных по заливке плашки в координатах серого в 75 %. Печать осуществлялась на четырех лазерных принтерах разных производителей. Для запечатки использовался образец бумаги марки IQ C (80 г/м²).

Кроме попытки классификации принтеров нами была сделана попытка проанализировать качество работы принтеров, используя значения среднеквадратичного отклонения в координатах яркости и значения среднеквадратичного отклонения внутри запечатанной плашки.

В таблицах 1-4 приведен фрагмент данных, полученных после обработке данных.

Таблица 1 – Запечатка образца бумаги принтер №1 марки IQ C (80 г/м²)

Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	%Area
1	38628,000	65,077	38,785	0	187,000	99,759
2	43776,000	60,525	36,553	0	169,000	99,756
3	61920,000	59,875	35,891	0	173,000	99,864
4	31248,000	63,248	38,618	0	181,000	99,718
5	31248,000	59,748	36,839	0	177,000	99,763
6	53568,000	64,487	38,059	0	177,000	99,810
7 Mean	43398,000	62,160	37,457	0	177,333	99,778
8 SD	12366,359	2,401	1,194	0	6,250	0,051
9 Min	31248,000	59,748	35,891	0	169,000	99,718
10 Max	61920,000	65,077	38,785	0	187,000	99,864

Таблица 2 – Запечатка образца бумаги принтер №2 марки IQ C (80 г/м²)

Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	%Area
1	115200,000	27,332	19,719	0	133,000	98,753
2	183040,000	27,319	18,904	0	131,000	99,252
3	189952,000	16,660	8,052	0	211,000	99,826
4	135360,000	26,753	19,355	0	152,000	98,875
5	118080,000	17,238	7,685	0	98,000	99,872
6	206976,000	24,930	16,805	0	138,000	99,393
7 Mean	158101,333	23,372	15,087	0	143,833	99,328
8 SD	39961,318	5,055	5,683	0	37,403	0,467
9 Min	115200,000	16,660	7,685	0	98,000	98,753
10 Max	206976,000	27,332	19,719	0	211,000	99,872

Таблица 3 – Запечатка образца бумаги принтер № 3 марки IQ C (80 г/м2)

Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	%Area
1	137280,000	56,383	36,159	0	186,000	99,864
2	200448,000	43,866	30,930	0	165,000	99,577
3	204288,000	54,872	35,422	0	192,000	99,828
4	141120,000	51,541	35,703	0	174,000	99,679
5	139776,000	52,802	35,744	0	185,000	99,785
6	204288,000	47,239	32,945	0	168,000	99,677
7 Mean	171200,000	51,117	34,484	0	178,333	99,735
8 SD	34893,889	4,743	2,086	0	10,893	0,109
9 Min	137280,000	43,866	30,930	0	165,000	99,577
10 Max	204288,000	56,383	36,159	0	192,000	99,864

Таблица 4 – Запечатка образца бумаги принтер № 4 марки IQ C (80 г/м2)

Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	%Area
1	126464,000	49,678	32,820	0	164,000	99,749
2	203520,000	46,934	29,902	0	179,000	99,730
3	193344,000	60,262	35,405	0	176,000	99,929
4	120704,000	54,752	34,806	0	173,000	99,783
5	128000,000	59,276	35,630	0	188,000	99,892
6	215040,000	52,103	32,352	0	166,000	99,822
7 Mean	164512,000	53,834	33,486	0	174,333	99,818
8 SD	43831,277	5,285	2,218	0	8,824	0,079
9 Min	120704,000	46,934	29,902	0	164,000	99,730
10 Max	215040,000	60,262	35,630	0	188,000	99,929

Таким образом, применение в качества идентификатора дискриминационных функций Фишера показало, что качество идентификации составляет не менее 90%, а принтер №1 дает наиболее стабильные результаты.