

стенции. В качестве пенетратора в гель вносили ДМСО (10 масс. %), после чего добавляли 10%-ный раствор аммиака.

На электронном спектре полученного геля наблюдался максимум поглощения при (280 ± 5) нм, соответствующий ванкомицин гидрохлориду. Можно предположить, что данной антибиотик в полученном геле находится в «свободном» состоянии, что будет способствовать его высвобождению.

На следующем этапе исследований в лабораторных условиях будут получены образцы разработанной ТТС ванкомицина и исследованы ее свойства (например, стабильность, скорость высвобождения действующего вещества).

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Breaking boundaries: the advancements in transdermal delivery of antibiotics / Z. Alkilani [et all.] // *Drug Delivery*. 2024. – Vol. 31, no. 1. – P. 3–18.
2. Сизенцов А. Н., Мисетов И. А., Каримов И. Ф. Антибиотики и химиотерапевтические препараты. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 489 с.
3. Анурова М. Н., Бахрушина Е. О., Демина Н. Б. Обзор современных гелеобразователей в технологии лекарственных форм // *Химико-фармацевтический журнал*. – 2015. – Т. 49, № 9. – С. 39–46.

УДК 004.056:655.3.026.7

Н. П. Мидуков, д-р техн. наук, проф.
(СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург);

М. А. Зильберглейт, д-р хим. наук, проф.,

С. К. Грудю, канд. техн. наук, зав. кафедрой ПОиСОИ,

И. В. Николайчик, канд. техн. наук, ст. препод.

(БГТУ, г. Минск)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ БУМАГИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСОПАДАЮЩЕГО СВЕТА

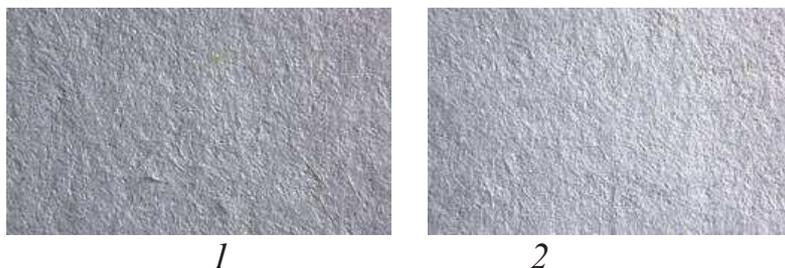
Одним из наиболее многообещающих методов, используемых для повышения надежности идентификации, стало применение косопadaющего света. Этот метод основывается на анализе взаимодействия света с веществом, что дает возможность выявлять уникальные характеристики бумаги и защищенных элементов, таких как водяные знаки, микропечать и другие признаки, которые не удастся обнаружить при использовании световых потоков в более привычных спек-

трах. Наоборот, косопadaющий свет позволяет оправдывать его применение на ряде охраняемых и признанных флагманскими элементами.

Метод косопadaющего света не только позволяет обнаруживать подделки, но и дает возможность всесторонне анализировать оригинальные документы. Например, применение этого оптического метода может помочь в обнаружении множества изменений. Исправления или даже небольшие изменения в текстах или изображениях можно с высокой вероятностью выявить с помощью косопadaющего света. Этот метод также позволяет проверять, действительно ли имеется та или иная охранная подпись, не нарушая целостности проверяемого документа. Это особенно важно для паспортов, виз, финансовых документов, сертификатов. Помимо этого, использование косопadaющего света может быть объединено с рядом других технологий, например, с компьютерным зрением и машинным обучением, чтобы создать более совершенные системы идентификации. Эти системы могут легко и быстро анализировать изображения документов и выявлять в них признаки подтасовки.

В данной работе будет рассмотрено применение оптических методов в идентификации бумаги, его преимущества и недостатки, а также примеры успешного использования в различных областях, таких как банковское дело, государственные учреждения и правоохранительные органы. Анализ существующих технологий и методов позволит глубже понять, как косопadaющий свет может стать важным инструментом в обеспечении безопасности и достоверности документов [1–4].

Оптические исследования образцов бумаги осуществлялась на приборе контроля подлинности документов «Регула» 4325. В качестве образцов использовались образцы импортная бумага Clairefontaine, 80 г/м² и бумага для офсетной печати, 60 г/м². Количество экспериментальных точек составило 20, по 10 для каждого объекта. Примеры изображения образцов приведены на рис. 1.



**Рисунок 1 – Изображение образцов бумаги в правом косопadaющем свете:
1 – бумага Clairefontaine, 2 – офсетная бумага**

Методы анализа: 1. Вероятностный нейронный сетевой классификатор (PNN), который реализует непараметрический метод для классификации наблюдений в одну из g групп на основе p наблюдаемых количественных переменных. 2. Дискриминантный анализ – статистический метод, используемый для различения и прогнозирования членства в группах на основе нескольких предикторных переменных. 3. Методы главных компонент – его основная цель заключается в том, чтобы преобразовать многомерные данные в более низкоразмерное пространство, сохраняя при этом как можно больше информации.

В качестве параметров были выбраны: яркость в градациях серого, среднеквадратичное отклонение, асимметрия и эксцесс гистограммы распределения яркости. Обсуждение результатов эксперимента: применение стандартного метода сравнения, основанного на пиксельном анализе изображений, показало, что степень сходства между образцами невелика, что было ожидаемо, поскольку объекты были выбраны из совершенно разных групп. Тем не менее, сходство между изображениями бумаги Clairefontaine и офсетной бумагой составило 49%. Таким образом, формальный анализ, основанный исключительно на различиях в значениях яркости пикселей, в данной ситуации вряд ли будет приемлемым.

В нашей работе было использовано стандартизированные значения коэффициентов дискриминационной функции и одно дискриминационное уравнение с коэффициентами в стандартизованном виде. В таблице 1 приведены результаты классификации дискриминационного анализа (процент правильно классифицированных 95%).

Таблица 1 – Результаты классификации дискриминационного анализа

Бумага	Размер группы	Степень соответствия	
		бумага Clairefontaine	бумага для офсетной печати
Бумага Clairefontaine	10	9 (90,00%)	1 (10,00%)
Бумага для офсетной печати	10	0 (0,00%)	10 (100,00%)

Используя технологию Forward Selection можно получить и лучший результат: 100% распознавание. Полученный результат хорошо согласуется с результатами кластерного анализа, дендограмма которого была построена для метода ближайшего соседа при мере близости в виде расстояния Евклида. Чего нельзя сказать, рассматривая результаты корреляционного анализа между переменными используемыми для анализа. Практически все они оказались статистически значимыми для уровня достоверности 95%. Некоторые пары, имеющие высокие коэф-

коэффициенты корреляции были сохранены при использовании технологии Forward Selection.

Результаты использования нейросети для обучения показаны на рис. 2 и в таблице 2. Как следует из полученных данных методика, основанная на нейронных сетях, показывает лишь 90% разделения.

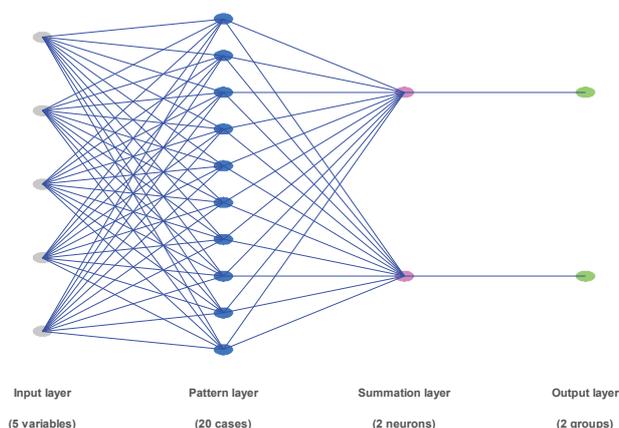


Рисунок 2 – Нейронная сеть, использованная для обучения

Использование метода главных компонент позволило выделить две компоненты, которые покрывают 87 % дисперсии. Последующая классификация показала, что дискриминационный анализ, который использует двумерные значения главных компонент, позволяет верно классифицировать 80% первой и второй бумаг. Увеличение числа факторов до 3 позволило лишь незначительно увеличить качество идентификации до 85% : 80% для первой бумаги и 90% для второй. Так как использование третьего фактора позволила поднять оценку дисперсии до 94,8%, то дальнейшее увеличение числа факторов нецелесообразно.

Таблица 2 – Результаты классификации дискриминационного анализа (процент правильно классифицированных 90%)

Бумага	Размер группы	Степень соответствия	
		Бумага Clairefontaine	Бумага для офсетной печати
Бумага Clairefontaine	10	10 (100,00%)	0 (0,00%)
Бумага для офсетной печати	10	2 (20,00%)	8 (80,00%)

Таким образом, выше был приведен простой и эффективный пример использования методов распознавания образов, при обработке данных, полученных при использовании косопедающего света при измерении в аппарате «Регула». Показано, что эффективность идентификации падает в ряду методов: дискриминационный анализ,

нейронные сети, метод главных компонент.

Мы считаем, что предложенный подход имеет важное значение для отраслей, связанных с производством бумажной продукции, так как он может быть использован для идентификации и поддержания стандартов качества, а также для обеспечения устойчивости процесса изготовления бумаги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee J, Kim H, Yook S, Kang T. Y. Identification of document paper using hybrid feature extraction // *J Forensic Sci.* 2023. Vol. 68. No. 5. P. 1808-1815. DOI: 10.1111/1556-4029.15330.

2. Zhang X, Cui J, Wang W, Lin C. A Study for Texture Feature Extraction of High-Resolution Satellite Images Based on a Direction Measure and Gray Level Co-Occurrence Matrix Fusion Algorithm // *Sensors (Basel).* 2017. Vol. 17. No. 7. P. 1474. DOI: 10.3390/s17071474.

3. Spence L., Baker A., Byrne J. Characterization of document paper using elemental compositions determined by inductively coupled plasma mass spectrometry // *J Anal At Spectrom.* 2000. Vol. 15. No. 7. P. 813–819. DOI.org/10.1039/b001411g.

4. Jang, K. J., Heo, T. Y., and Jeong, S. H. Classification option for Korean traditional paper based on type of raw materials, using near-infrared spectroscopy and multivariate statistical methods // *BioRes.* 2020. Vol. 15. No. 4. P. 9045–9058. DOI:10.15376/biores.15.4.9045-9058.

УДК 676.017

М.А. Мидукова, канд. техн. наук, преп.
(СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург, Россия)

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА УДАЛЕНИЕ ТОНЕРА ОТ ВТОРИЧНЫХ ВОЛОКОН

Наиболее перспективный и эффективный способ снижения химикатов при очистке макулатуры на сегодняшний день является ферментативная обработка. Ферментная обработка осуществляется совместно с флотацией, она позволяет существенно сократить расходы химикатов и энергозатраты [1–3]. На сегодняшний день известно применением ферментов в целлюлозно-бумажной промышленности: амилазы (для улучшения процесса роспуска бумажной массы, деинкинга); ксиланазы (при отбелке целлюлозных волокон, а также для улучшения процесса роспуска бумажной массы); целлюлазы (деинкинг, при обезвоживании волокнистого материала, модификация поверхности, повышение эффективности размола волокнистой суспен-