

## Редакционная колонка — личное мнение

DOI: 10.32864/polymmattech-2025-11-2-5-5

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНТРАФАКТНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

М. А. Зильберглейт<sup>1+</sup>, Е. Н. Волнянко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

Рост объемов контрафактной продукции из природных полимеров — кожи, тканей, бумаги — несмотря на правовую защиту со стороны государственных органов, цифровую маркировку (использование голограмм, уникальных QR-кодов и т. п.), стал серьезной проблемой в глобальном масштабе, что предопределяет актуальность разработки и внедрения эффективных методов борьбы с этим явлением [Киреенко А. П. Теневая экономика и уклонение от уплаты налогов. Иркутск : ИрГУПС, 2017. 202 с.]. Методы идентификации, традиционно используемые в настоящее время, чаще всего базируются на органолептических приемах: изменение запаха, цвета, тактильных ощущений при воздействии температуры и влаги. Оперативность таких методов бесспорна, как также бесспорны субъективность оценки и низкое качество оценки. Методы аппаратного анализа, базирующиеся на сравнении полученных данных с данными атласов и т. п., как правило, основаны на устаревших подходах, трудоемки и имеют низкую достоверность. Широко используемые методы оптической и электронной микроскопии, основанные на визуальном распознавании полученных изображений, зачастую также субъективны [ГОСТ Р ИСО 17131-2014. Метод идентификации с помощью микроскопа].

Актуальным направлением развития этих методов стало так называемое машинное распознавание, возникшее на базе возможностей искусственного интеллекта. В 2024 году наблюдается лавинное увеличение количества публикаций с ключевыми словами «machine learning image recognition for paper and cardboard» по сравнению с 2001–2023 гг. Для обработки изображений можно предложить следующие подходы:

1. Вероятностный нейронный сетевой классификатор (*PNN*) — непараметрический метод, предназначен для классификации наблюдений в одну из  $g$  групп на основе  $p$  количественных переменных. *PNN*-метод не делает предположений о распределении переменных внутри групп — позволяет построить непараметрическую оценку функции плотности для каждой группы, основанную на данных обучающей выборки.

2. Дискриминантный анализ (*DA*) — статистический метод, использующий для различения и прогнозирования принадлежности данных к группам на основе

нескольких предикторных переменных. *DA* эффективен в областях распознавания образов, машинного обучения и классификации данных, предоставляя надежную математическую основу для прогнозирования категориальных результатов. Основные принципы *DA* включают вычисление дискриминантной функции и оценку ее точности. Обычно применяют линейный *DA*, который является обобщением линейного дискриминанта Фишера и позволяет находить линейные комбинации признаков, которые эффективно разделяют два или более классов объектов. [Зильберглейт М. А., Мидуков Н. П., Грудю С. К., Коренькова А. А., Совастей О. Г. Применение оптического анализатора «Регула» в задачах классификации образов // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медiateхнологии. 2025. № 1 (291). С. 26–33].

3. Метод главных компонент/методы факторного анализа преобразовывают многомерные данные низкоразмерное пространство при сохранении максимального объема информации, что сокращает количество признаков в наборе данных, может значительно ускорить процесс обучения классификаторов и снизить риск переобучения. Метод полезен при работе с данными, содержащими множество коррелирующих признаков, позволяет визуализировать многомерные данные в 2D или 3D образы, понимать структуру данных и выявлять кластеры, что критично для задач классификации и идентификации.

Предложенный подход перспективен как для идентификации, так и для поддержания стандартов качества и устойчивости технологических процессов, интенсифицирует процессы автоматизации, позволяя без участия человека распознавать и сортировать продукцию из ПП по различным критериям, таким как тип, качество и состав.



Зильберглейт М. А. —  
д.х.н., профессор



Волнянко Е. Н. —  
к.т.н., доцент,  
отв. секретарь редакции