

Список использованных источников

1. Nodehi, A. Recent advances in principal component analysis for directional data / A. Nodehi, M. Moghimbeygi // Journal of Multivariate Analysis. – 2025. – Vol. 206.

2. Zhao J. et al. Improving skin cancer detection by Raman spectroscopy using convolutional neural networks and data augmentation // Frontiers in Oncology. – 2024. – Т. 14. – С. 1320220.

Дьяченко Анжелика Игоревна, студ. гр. 6402-120304D, diychenkosmav@gmail.com.

Христофорова Юлия Александровна, к.физ.-мат.н., доцент каф. ЛБС khristoforova.yua@ssau.ru.

УДК 543.424.2; 004.93

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СПЕКТРОВ РАМАНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ КОЖИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

А.М. Сергеева, Ю.А. Христофорова

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: Метод опорных векторов, спектры рамановского рассеяния, хроническая сердечная недостаточность, хроническая болезнь почек.

Неинфекционные заболевания, такие как хроническая болезнь почек (ХБП, или СКД) и хроническая сердечная недостаточность (ХСН, или СНД), представляют собой серьезную проблему для здравоохранения из-за высокого уровня заболеваемости и смертности населения. Ранняя диагностика данных заболеваний крайне важна для своевременного начала лечения [1]. Традиционные методы, такие как анализ уровня креатинина и скорости клубочковой фильтрации для ХБП или электрокардиография и анализ на тропонины для ХСН, не всегда обладают достаточной чувствительностью на ранних стадиях или могут быть инвазивными. Кроме того, важной клинической задачей является дифференциальная диагностика этих заболеваний между собой. В связи с этим существует потребность в разработке неинвазивных и высокоточных методов скрининга и диагностики.

Целью настоящей работы является разработка мультиклассового классификатора на основе метода опорных векторов (SVM) для анализа рамановских спектров кожи с целью дифференциации пациентов с хронической болезнью почек, хронической сердечной недостаточностью и здоровых пациентов.

В исследовании были проанализированы спектры рамановского рассеяния, снятые с кожи предплечья пациентов. Исходная выборка включала

270 пациентов с ХСН, 90 пациентов с ХБП и 80 здоровых. Для анализа был выбран спектральный диапазон 400-1800 см^{-1} . Предобработка включала сглаживание шумов с помощью фильтра Савицкого-Голея (ширина окна 15, полином 2-го порядка) и нормализацию на стандартное отклонение.

Средние спектры по классам показаны на рисунке 1.

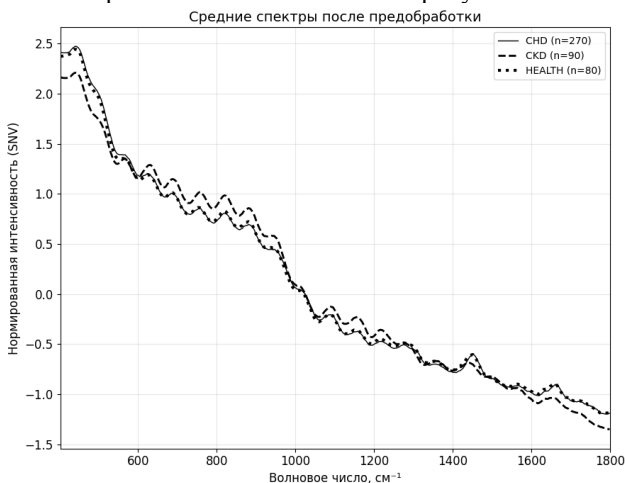


Рисунок 1 – Средние спектры по группам до и после предобработки

Для построения классификационной модели использовался метод опорных векторов (SVM) с радиальным базисным ядром (RBF). Выбор RBF ядра обусловлен его способностью выявлять нелинейные зависимости в спектральных данных, что особенно важно при анализе сложных биохимических изменений, отражающихся в рамановских спектрах кожи [2]. Для повышения устойчивости модели и предотвращения переобучения в конвейер обработки данных (pipeline) были включены следующие этапы:

- стандартизация данных, приводящая каждый признак к нулевому среднему и единичной дисперсии;
- отбор наиболее информативных признаков с помощью F-критерия (SelectKBest, $k=50$);
- классификатор SVM с параметром регуляризации $C = 10$.

Оценка обобщающей способности модели проводилась с использованием стратегии групповой кросс-валидации (GroupKFold) с разбиением на 5 фолдов.

В результате проведенного исследования было установлено, что применение метода опорных векторов к предобработанным спектрам рамановского рассеяния кожи позволяет с высокой точностью дифференцировать пациентов с ХБП, ХСН и здоровых лиц.

Для обеспечения надежности и воспроизводимости результатов было проведено 5 итераций эксперимента. На каждой итерации из исходной группы ХСН (270 пациентов) случайным образом отбирались 90 пациентов

для балансировки классов с группами ХБП и здоровых пациентов. Для каждой итерации использовалось свое значение seed для генератора случайных чисел, что обеспечивало независимость выборки.

Результаты пяти итераций представлены в таблице 1 (значения записаны как среднее $\pm$ среднеквадратичное отклонение). Для оценки качества мультиклассовой классификации использовались стандартные метрики: точность общая (accuracy), точность (precision), полнота (recall) и F1-мера (F1-score). Поскольку задача включает три класса, применялось макро-усреднение (macro).

Таблица 1 – Результаты классификации SVM на пяти итерациях

Итерация	Точность общая (не требует macro)	Средняя точность по классам	Средняя полнота по классам	Средняя F1-мера по классам
1	$0,79 \pm 0,06$	$0,79 \pm 0,06$	$0,78 \pm 0,06$	$0,78 \pm 0,06$
2	$0,80 \pm 0,05$	$0,81 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,05$
3	$0,78 \pm 0,05$	$0,78 \pm 0,06$	$0,78 \pm 0,05$	$0,77 \pm 0,05$
4	$0,83 \pm 0,07$	$0,83 \pm 0,07$	$0,82 \pm 0,07$	$0,82 \pm 0,07$
5	$0,81 \pm 0,04$	$0,81 \pm 0,04$	$0,81 \pm 0,04$	$0,80 \pm 0,05$

Анализ полученных результатов показывает, что метод опорных векторов демонстрирует устойчивую точность классификации на уровне $80.1\% \pm 5.5\%$ при различном случайном отборе пациентов из группы ХСН.

Список использованных источников

1. Noncommunicable diseases // World Health Organization. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/noncommunicable-diseases> (дата обращения – 15.10.2025).

2. Zhang, L. Raman spectroscopy and machine learning for the classification of breast cancers / L. Zhang // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2021. Vol. 264. Article 120300.

Сергеева Анастасия Михайловна, студ. гр. 6402-120304D, amsergeevaa@yandex.ru.
Христофорова Юлия Александровна, к.физ.-мат.н., доцент каф. ЛБС khristoforova.yua@ssau.ru.

УДК 57.08

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ БИООБЪЕКТОВ В ЗАКРЫТЫХ ЭКОСИСТЕМАХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕГО ФЛУОРИМЕТРА

В.И. Крохмаль, В.Н. Гришанов

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Оптические методы контроля состояния живых организмов широко используются в фундаментальной и прикладной науке: медицине, биологии,