



Литература

1. Автоматизация в медицине. Как системы управления доступом повышают качество обслуживания пациентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://zdrav.expert/index.php/> Статья: Автоматизация в медицине. Как системы управления доступом повышают качество обслуживания пациентов.html
2. Протокол ведения пациентов в отделении анестезиологии и реанимации и оформления медицинской документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://admtyumen.ru/files/upload/OIV/D_zdr/Документы/Ведение%20пациентов%20и%20оформление%20документации.pdf.
3. Сидорова, М.А., Строков П.К. Применение информационных технологий для экспресс-диагностики критических состояний пациентов / М.А. Сидорова, П.К. Строков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – Пенза : ПензГТУ, 2013. - № 10 (14). - С. 144-151.
4. Баулина, О.В. Автоматизация процесса учета основных показателей критического состояния пациента/В сборнике: Перспективные информационные технологии труды Международной научно-технической конференции / О.В. Баулина. - Самара: Самарский научный центр РАН, 2016. - С. 551-553.
5. Рыбак В.А., Шокар А. Аналитический обзор и сравнение существующих технологий поддержки принятия решений. «Системный анализ и прикладная информатика». 2016;(3):12-18.

¹И.М. Куликовских, ²С.Е. Коновалов, ¹С.А. Прохоров

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МНОГОЗНАЧНОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИЙ МЕДИЦИНСКИХ РЕШЕНИЙ

(¹Самарский университет, ²СГКБ № 1 им. Н.И. Пирогова)

“Только тот кто имеет обширные знания признаков,
может приступить к лечению”
Гиппократ

Автоматизация процесса принятия решений становится все более востребованной ввиду существенного роста объема данных, их зашумленности, и необходимости сокращения времени на их анализ. В сравнении со многими отраслями знаний, где наблюдается повсеместное внедрение информационных технологий для данной цели, автоматизация решений в медицине несет более высокие риски и требует большей ответственности.

Инструментом автоматизации являются алгоритмы, понимание механизмов функционирования и интерпретация результатов которых позволяет снизить риски от некорректно принятого решения. В работах [1, 2] отмечается, что видение алгоритма как “черного ящика” является существенным препятствием для проведения полноценной диагностики и постановки правильного диагноза.



Более того, понимание результатов работы алгоритма или, иначе, принципов принимаемых им решений, может быть в дальнейшем использовано при создании новых, более эффективных алгоритмов [3, 4].

Дефицит алгоритмов с прозрачным механизмом функционирования привел к формированию направления, нацеленного на создание интерпретируемых методов анализа данных. Например, в работе [5] интерпретируемость рассматривается в контексте извлечения реляционных знаний с использованием нейросимволического метода. В работе [6] предлагается нечеткий механизм, интегрирующий контекстные знания в сигмоидальную функцию принадлежности, которая является интерпретируемой. В работе [7] рассматривается модельно-ориентированное обучение с подкреплением, которое предполагает добавление высокоуровневые знания об анализируемой среде в виде байесовской сети. В работах [8, 9], уже в контексте медицинских задач, предлагаются новые методы факторизации в целях повышения интерпретируемости принимаемых решений.

Можно выделить два основных вида интерпретации: основанная на восприятии [10] и через математическую модель, понимание, которой базируется на имеющихся знаниях [1]. Представленные формы интерпретаций могут быть однозначным, но различными для каждого конкретного эксперта. Так, например, компромисс между простотой интерпретации и необходимостью обладать специализированными математическими и алгоритмическими знаниями может смещаться в сторону упрощения без должного обоснования с точки зрения медицинской практики. Разрешение данной проблемы может потребовать специализированного образования в медицинском секторе, направленного на понимание потенциала, заложенного в алгоритмах.

Цель исследования

В данной работе применяется метод комплексирования различных алгоритмов анализа данных для повышения многозначности интерпретаций медицинских решений. Такой подход нацелен на снижение влияния когнитивных смещений в принятии медицинских решений, вызванных ограниченностью данных и спецификой выбранного инструмента анализа. В качестве алгоритмов анализа были выбраны: метод главных компонент PCA, метод кластеризации KMeans и метод параллельных координат. Комбинация методов выбрана с целью покрытия полного жизненного цикла процесса выделения наиболее информативных признаков, включающего восприятие визуальной информации через призму существующих математических знаний о механизмах работы алгоритмов.

Анализ данных и интерпретация результатов

Данные представляют собой описание различных этапов лечения пациентов ($m = 63$) с мочекаменной болезнью. Для относительно полного статистического описания медицинского случая при проведении анализа сформировано пространство из набора признаков ($n = 200$), значимость которых может отличаться в разных медицинских ситуациях и группах пациентов. Сочетания при-



знаков могут иметь различное прогностическое значение. Так как в реальной медицинской практике редко встречаются “простые” случаи классических диагнозов, в подавляющем большинстве наблюдений имеется сочетание разных болезней, оказывающих взаимоотягощающее влияние, т. н. коморбидность.

При сочетании выбранных алгоритмов анализа удалось выявить неявные закономерности, которые не всегда очевидны при классическом линейном корреляционно–регрессионном анализе или применении одного из методов.

Метод PCA демонстрирует лучшую выявляемость факторов риска при мочекаменной болезни – множественность и рецидивный характер камней, их рентгенологическую плотность – значимость которых определена в рамках доказательной медицины [11].

Метод K–means различает группы пациентов по наличию или отсутствию анамнеза болезни, с разными методами и продолжительностью лечения, а также по исходам, что может быть использовано с прогностической целью.

Метод параллельных координат при различном уровне порога значений параметров выделял осложняющие факторы – воспалительные признаки, инфекцию, осложненные камни – и различные аномалии мочевой системы, которые также могут рассматриваться как факторы риска и прогноза исхода лечения.

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что каждый метод акцентировал внимание на различных поднаборах исходного набора признаков и, как результат, позволил повысить многозначность формируемых алгоритмом интерпретаций для более взвешенного принятия медицинских решений.

Литература

1. Gomolin, A., Netchiporouk, E., Gniadecki, R., Litvinov, I.V. (2020) Artificial intelligence applications in dermatology: Where do we stand? *Frontiers in Medicine*, 7:100.
2. London, A.J. (2019) Artificial intelligence and black-box medical decisions: Accuracy versus Explainability. *Hastings Cent Rep*, 49(1):15–21.
3. Tjoa, E., Guan, C. (2019) A survey on explainable artificial intelligence (XAI): Towards medical XAI, arXiv:1907.07374.
4. Krajna, A., Brcic, M., Lipic, T., Doncevic, J. (2022) Explainability in reinforcement learning: Perspective and position, arXiv:2203.11547v1.
5. Townsend, J., Chaton, T., Monteiro, J.M. (2019) Extracting relational explanations from deep neural networks: A survey from a neural-symbolic perspective. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 1–15.
6. Bede, B. (2019) Fuzzy systems with sigmoid-based membership functions as interpretable neural networks. In Kearfott, R.B., Batyrshin, I., Reformat, M., Ceberio, M., Kreinovich, V. (eds.), *Fuzzy Techniques: Theory and Applications*, 157–166, Springer.
7. Kaiser, M., Otte, C. Runkler, T.A., Henrik C.E. (2019) Interpretable dynamics models for data-efficient reinforcement learning, arXiv:1907.04902



8. Yan, Y., Zhu, J., Duda, M., Solarz, E., Sripada, C., Koutra, D. (2019) Groupinn: Grouping-based interpretable neural network for classification of limited, noisy brain data. In: Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD 19, 772-782, New York, NY, USA.

9. Wang, M., Zhang, D., Huang, J. Shen, D., Liu, M. (2018) Low-rank representation for multi-center autism spectrum disorder identification. In Frangi, A.F., Schnabel, J.A., Davatzikos, C., Alberola-Lopez, C., Fichtinger, G. (eds.) (2018) Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2018, 647–654, Springer.

10. Lapuschkin, S., Waldchen, S., Binder, A., Montavon, G., Samek, W. Muller, K.-R. (2019) Unmasking clever hans predictors and assessing what machines really learn. Nature Communications, 10(1):1096.

11. Skolarikos, A., Neisius, A., Petřík, F., Somani, B. et al. (2022) EAU Guidelines on urolithiasis, URL: <https://uroweb.org/guidelines/urolithiasis>

Д.И. Прусс, Е.П. Рябова, М.И. Сафронов, А.В. Кузьмин

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ СИГНАЛОВ АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

(Пензенский государственный университет)

В последние годы акселерометры были предложены в качестве точных и чувствительных инструментов для оценки моделей движения, интенсивности физической активности, поведения в повседневной жизни и сна у здоровых и инвалидов групп населения.

Устройства на основе акселерометра, такие как умные часы и умные браслеты, становятся все более популярными. Носимые устройства на основе акселерометра обычно используются для самостоятельного мониторинга физических упражнений и могут быть полезны для наблюдения за восстановлением дома после выписки из больницы. Этот тип технологии все чаще внедряется для исследования заболеваний с нарушением подвижности, включая нервно-мышечные расстройства.

Носимые устройства на основе акселерометра могут по-разному располагаться на теле, например, на лодыжках, талии, запястьях и т.д. Чаще всего располагают на запястьях. Акселерометры, носимые на запястье, часто применяются для оценки физической активности. Они часто встраиваются в фитнес-трекеры и используются для подсчета количества шагов, но применение соответствующих подходов к обработке исходных данных позволяет получать различную информацию о физической активности человека [1].

Одним из важнейших и, потенциально, перспективных направлений в данной области является совместное использование носимого датчика ЭКГ и акселерометра. Задача долговременного мониторинга ЭКГ с использованием