

УДК 004.896

**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МЕДИЦИНЕ. ОБЗОР 21 МЕЖДУНАРОДНОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ ПО ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ В МЕДИЦИНЕ (ИЮНЬ 2023  
Г.)**

Дегтяренко Ксения Александровна  
Сибирский федеральный университет  
Красноярск, Россия

**Аннотация**

Представлен обзор исследований, результаты которых были обсуждены на 21 международной конференции по искусственному интеллекту в медицине. Конференция проходила в Словении в июне 2023 года. Первая конференция данного типа собиралась в 1985 году, в ее материалах было представлено 15 докладов. В современной конференции 2023 года были представлены 47 докладов по направлениям: оценка моделей прогнозирования в медицине, анализ изображений, анализ данных, машинное и глубокое обучение, поддержка принятия решений и технологии объяснимости, передача обучения и анализ сигналов, обработка естественного языка. Лишь 2 исследования из 47 были посвящены социологическому анализу применения технологий ИИ в здравоохранении. Одно из этих исследований - «Общенациональные данные по электронным рецептам раскрывают положение врачей и их модели назначения лекарств в Словении», авторы Павлин Г. Поличар, Далибор Станимирович, Блаж Жупан – было детально проанализировано, чтобы выявить, насколько эффективна методология, предложенная авторами. Основным способом презентации результатов исследования стала визуализация кластеров, в которые были объединены виды лекарственных препаратов, назначаемых врачами Словении. Авторы полагают, что эти результаты возможно использовать для машинного обучения и для планирования закупки этих препаратов, поскольку здравоохранение в Словении управляется централизованно. Делается вывод о том, что данная методика может быть применена и для России, поскольку здесь также действует централизованное региональное управление в сфере общественного здравоохранения. Предполагается анализ динамики исследований в области социологии ИИ в медицине на данной конференции в будущем.

**Ключевые слова:** *искусственный интеллект, здравоохранение, социология искусственного интеллекта, визуализация, машинное обучение*

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00255, <https://rscf.ru/project/23-28-00255/>

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE. OVERVIEW OF THE 21ST INTERNATIONAL  
CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE (JUNE 2023)**

Degtyarenko Ksenia Alexandrovna  
Siberian Federal University  
Krasnoyarsk, Russia

**Abstract**

A review of studies, the results of which were discussed at the 21st international conference on artificial intelligence in medicine, is presented. The conference was held in Slovenia in June 2023. The first conference of this type was held in 1985; 15 reports were presented in its materials. The 2023 state-of-the-art conference featured 47 presentations in the areas of: evaluation of predictive models in medicine, image analysis, data analysis, machine and deep learning, decision support and explainability technologies, learning transfer and signal analysis, natural language processing. Only 2 studies out of 47 were devoted to a sociological analysis of the use of AI technologies in healthcare. One of these studies - "National data on e-prescriptions reveals the position of doctors and their prescribing patterns in Slovenia" by Pavlin G. Poličar, Dalibor Stanimirovic, Blaž Zupan - was analyzed in detail to determine how effective the methodology proposed by the authors is. The main way of presenting the results of the study was the visualization of clusters, which combined the types of drugs prescribed by Slovenian

doctors. The authors believe that these results can be used for machine learning and for planning the purchase of these drugs, since health care in Slovenia is managed centrally.

It is concluded that this technique can also be applied to Russia, since there is also a centralized regional administration in the field of public health. It is expected to analyze the dynamics of research in the field of sociology of AI in medicine at this conference in the future.

**Keywords:** *artificial intelligence, healthcare, sociology of artificial intelligence, visualization, machine learning.*

The study was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 23-28-00255, <https://rscf.ru/en/project/23-28-00255/>.

В июне 2023 года в словенском городе Портороже прошла уже 21 международная конференция по искусственному интеллекту в медицине (АИМЕ). Первая подобная конференция прошла в 1985 году в итальянском городе Павия. По ее итогам был выпущен сборник материалов более 200 страниц с 15 материалами конференции (<http://aimedicine.info/doc/AIME%2085.pdf>) (рис.1). Редакторами сборника были Иво де Лотто (рис.2) и Марио Стефанелли (1945-2010) (рис.3) (университет Павии), специалисты в области информационной инженерии. В настоящее время это одна из самых авторитетных международных конференций, к ее тридцатилетию вышла большая обзорная статья Нильса Пика и соавторов (2015).



Рис.1. Обложка издания материалов 1 международной конференции по искусственному интеллекту в медицине. Источник изображения: <http://aimedicine.info/doc/AIME%2085.pdf>



Рис.2. Иво де Лотто – организатор 1 международной конференции по ИИ в медицине. Источник изображения: <http://www-3.unipv.it>



Рис.3. Марио Стефанелли – организатор 1 международной конференции по ИИ в медицине. Источник изображения: <https://core.ac.uk>

21 Международная конференция по искусственному интеллекту в медицине была посвящена теоретическим, методологическим и прикладным аспектам искусственного интеллекта (далее – ИИ) в медицине. Здесь обсуждались такие актуальные темы как оценка моделей прогнозирования в медицине, анализ изображений, анализ данных, машинное и глубокое обучение, поддержка принятия решений и технологии объяснимости, передача обучения и анализ сигналов, обработка естественного языка. Во время работы конференции была организована деятельность семинара по ИИ в сестринском деле, международного семинара по предоставлению знаний для здравоохранения, международного семинара по аналитике данных о здоровье на основании семантики и другие.

Основными докладчиками были Зоран Обрадович из Центра аналитики данных и биомедицинской информатики Университета Темпла (Пенсильвания, США) и Нада Лаврач (рис.4) из института Йозефа Стефана (Словения).

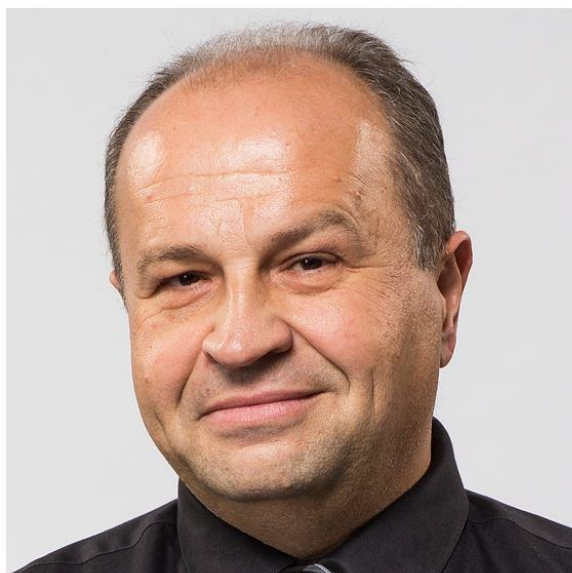


Рис.4. Зора Обрадович и Нада Лаврач, пленарные докладчики 21 международной конференции по ИИ в медицине.

Источник изображения: <https://www.aime23.aimedicine.info/index.php>

Материалы конференции были собраны и отредактированы к началу конференции и опубликованы в издательстве Springer, которое выступило одним из спонсоров этого мероприятия (рис.5).

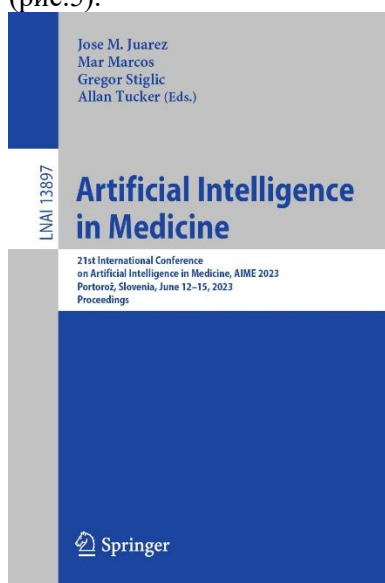


Рис.5. Обложка издания сборника материалов 21 международной конференции по ИИ в медицине. Источник изображения: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-34344-5?page=2#toc>



Рис.6. Хосе М. Хуарес, Университет Мурсии, Испания. Источник изображения: <https://www.linkedin.com/in/jose-m-juarez/>

Научными редакторами этого издания выступили Хосе М. Хуарес, Университет Мурсии, Испания (рис.6), Мар Маркос, Университет Жауме I, Кастельон-де-ла-Плана, Испания (рис.7), Грегор Стиглик, Мариборский университет, Марибор, Словения (рис.8) и Аллан Такер, Лондонский университет Брунеля, Аксбридж, Великобритания (рис.9). Сайт конференции находится в открытом доступе (<https://www.aime23.aimedicine.info/>) и содержит ссылки на материалы, опубликованные Springer (рис.10).



Рис.7. Мар Маркос, Университет Жауме I, Кастельон-де-ла-Плана. Источник изображения: Twitter



Рис.8. Грегор Стиглик, Мариборский университет, Марибор, Словения. Источник изображения: <https://www.fzv.um.si/en/associate-editor-artificial-intelligence-medicine-journal>



Рис.9. Аллан Такер, Лондонский университет Брунеля, Аксбридж, Великобритания. Источник изображения: <https://www.aime23.aimemedicine.info>



Рис.10. Эмблема конференции АИМЕ. Источник изображения: <https://www.aime23.aimemedicine.info/>

В итоговый сборник материалов, который находится в открытом доступе в виде pdf-файла, вошли 47 научных статей, объединенных по разделам: машинное обучение и глубокое обучение, объяснимость и перенос обучения, обработка естественного языка, анализ изображений и анализ сигналов, анализ данных и статистические модели, представление знаний и поддержка принятия решений.

Раздел «Объяснимость и перенос обучения» представлен 10 статьями, в том числе:

1) «Прогноз продолжительности пребывания в больнице на основе мультимодальных данных на пути к надежному сотрудничеству человека и искусственного интеллекта в радиомике», авторы Хуберт Банецкий, Бартоломей Собеский, Пшемислав Бомбинский, Патрик Шатковский, Пшемислав Бичек;

2) «Объяснимый искусственный интеллект для анализа цитологических изображений», авторы Стефан Рёрль, Хендрик Майер, Мануэль Ленгль, Кристиан Кленк, Доминик Хайм, Мартин Кнопш и др.;

3) «Федеративное обучение для улучшения контрфактических объяснений для прогнозирования лечения сепсиса», авторы Кристоф Дюзинг, Филипп Чимиано

4) «Объяснимый искусственный интеллект для прогнозирования медицинских событий у пациентов с сердечной недостаточностью», авторы Вероника Вразен, Кордиан Гонтарска, Феликс Гржелка, Андреас Польце

5) «Состязательная устойчивость и анализ влияния функций для обнаружения сонливости водителя», авторы Жоао Виторино, Лоренсу Родригес, Ева Майя, Изабель Праса, Андре Лоуренсо;

6) «Вычислительная оценка не зависящего от модели объяснимого ИИ с использованием важности локальных функций в здравоохранении», авторы Седа Полат Эрдениз, Михаэль Шремппф, Дитер Крамер, Питер П. Райнер, Александр Фельферниг, Транг Тран и др.;

7) «Пакетные интегрированные градиенты: пояснения к временным электронным медицинским картам», авторы Джейми Дуэлл, Сюи Фань, Сюань Фу, Моника Зайзенбергер

8) «Улучшение объяснимости классификации следов инсульта с помощью контрпримеров», авторы Джорджио Леонарди, Стефания Монтани, Мануэль Стриани;

9) «Передача пространственных знаний с помощью сети глубокой адаптации для прогнозирования повторной госпитализации», авторы Амин Абдель Хай, Марк Г. Вайнер, Элис Лившиц, Джереми Р. Браун, Анурадха Паранджапе, Зоран Обрадович и др.;

10) «Борьба с нехваткой данных при редких заболеваниях: динамические байесовские сети и трансфертное обучение для разработки прогностических моделей бокового амиотрофического склероза», авторы: Энрико Лонгато, Эрика Тавацци, Адриано Чيو, Габриэле Мора, Джованни Спарачино, Барбара Ди Камилло.

Раздел «Обработка естественного языка» представлен 6 статьями:

1) «Свободный от правил подход к заполнению кардиологического регистра на основе итальянских клинических заметок с преобразователями вопросов и ответов», авторы Томмазо Марио Буонокоре, Энеа Паримбелли, Валентина Тиболло, Карло Наполитано, Сильвия Приори, Риккардо Беллацци;

2) «Классификация типов падения при болезни Паркинсона на основе данных самоотчетов с использованием обработки естественного языка», авторы Джинн М. Пауэлл, Ютин Го, Абид Саркер, Дж. Лукас Маккей;

3) «BERT для комплексного систематического скрининга в поддержку будущего медицинских исследований», авторы Марта Хасни, Александру-Петру Василе, Марио Джанни, Александра Баннах-Браун, Мона Насер, Мюррей Маккей и др.;

4) «GGTWAК: генная маркировка со слабым надзором за немецким клиническим текстом», авторы Сандро Стейнванд, Флориан Борхерт, Сильвия Винклер, Матьё-П. Шапранов

5) «Мягкая подсказка для прогнозирования рака легких с использованием голландских медицинских заметок первичной медико-санитарной помощи с произвольным текстом», авторы Ауке Эльфринк, Якопо Вальяно, Амин Абу-Ханна, Ясер Каликсто;

6) «Модели машинного обучения для автоматической аннотации биологических текстов онтологии генов», авторы Джаяти Х. Джуи, Милош Хаускрехт.

Раздел «Анализ изображений и анализ сигналов» включает 9 статей, в том числе:

1) «Надежный метод VKSVD для деконволюции слепых цветов и обнаружения крови на гистологических изображениях H & E», авторы Фернандо Перес-Буэно, Кьерсти Энган, Рафаэль Молина;

2) «Могут ли методы передачи знаний компенсировать ограниченность данных об инфаркте миокарда за счет использования гемодинамики? Исследование *in silico*», авторы Риккардо Тендерини, Федерико Бетти, Ортал Йона Сенуф, Оливье Мюллер, Симона Депарис, Аннализа Буффа и др.

3) «Диагностика COVID-19 с помощью 3D-КТ грудной клетки с моделями, основанными на внимании», авторы Катрин Хартманн, Энрике Хорталь;

4) «Обобщенный проксимальный градиентный спуск на основе глубокого обучения для реконструкции МРТ», авторы Гуаньсюн Луо, Мэнмэн Куан, Пэн Цао

5) «Краудсорсинговая сегментация гистопатологических изображений с использованием аннотаций, предоставленных студентами-медиками», авторы Мигель Лопес-Перес, Пабло Моралес-Альварес, Ли А. Д. Купер, Рафаэль Молина, Ангелос К. Кацагелос;

6) «Автоматическая классификация стадий сна по сигналам ЭЭГ с использованием частотно-временного представления», авторы Поль Декидт, Матьё Серафим, Алексис Лешерви, Иван Игорь Гаэз, Люк Брюн, Оливье Этар;

7) «Изучение диагностических моделей ЭКГ с зависимостями меток иерархических классов», авторы Джунхэн Ван, Милош Хаускрехт;

8) «Дискриминантные свойства звука при обнаружении дыхательной недостаточности на основе глубокого обучения на бразильском португальском языке», авторы Марсело Матеус Гауи, Лариса Кристина Берти, Арнальдо Кандидо-младший, Аугусто Камарго Нету, Альфредо Голдман, Анна Сара Шафферман Левин и др.;

9) «ECGAN: самоконтролируемая генеративно-сопоставительная сеть для электрокардиографии», авторы Лоренцо Симоне, Давиде Баччиу.

Раздел «Анализ данных и статистические модели» включает 6 статей, в том числе:

1) «Общациональные данные по электронным рецептам раскрывают положение врачей и их модели назначения лекарств в Словении», авторы Павлин Г. Поличар, Далибор Станимирович, Блаж Жупан;

2) «Прогнозирование случаев болезни Крона на основе машинного обучения с использованием электронных медицинских карт из крупной интегрированной системы здравоохранения», авторы Джулиан Хьюго, Сюзанна Ибинг, Флориан Борхерт, Ян Филипп Сакс, Джуди Чо, Райан С. Унгаро и др.;

3) «Прогностическое прогнозирование педиатрической ГСН в двух больницах Таиланда», авторы Питер Хаддави, Мьят Су Инь, Панхават Мет, Арая Срикеу, Чонникарн Вейвмани, Саранат Лопулери Ниём и др.;

4) «Влияние смещения на обнаружение дрейфа в программном обеспечении AI Health», авторы Асал Хошраван Азар, Барбара Драги, Иления Роталинти, Пуджа Майлс, Аллан Такер;

5) «Структура топологического анализа данных для вычислительного фенотипирования», авторы Джузеппе Альби, Алессия Гербаси, Маттиа Кьеза, Гуальтьеро И. Коломбо, Риккардо Беллацци, Арианна Дальяти

6) «Ранжирование наборов генов, связанных с выживанием, посредством интеграции обогащения набора генов в одной выборке и анализа выживания», авторы Мартин Шпендл, Яка Кокошар, Эла Празник, Лука Аусек, Блаж Жупан.

Раздел «Представление знаний и поддержка принятия решений» включает 8 статей, в том числе:

1) «Поддержка прогнозирования развития ОПП с помощью приблизительных прогностических функциональных зависимостей на основе интервалов», авторы Беатрис Амико, Карло Комби;

2) «Интеграция онтологических знаний с вероятностными данными для помощи в диагностике в радиологии», автор Чарльз Э. Кан мл.;

3) «Модель онтологии для поддержки интеллектуального анализа процессов на данных, связанных со здравоохранением», авторы Хосе Антонио Миньярро-Хименес, Карлос Фернандес-Ллатас, Бегонья Мартинес-Сальвадор, Каталина Мартинес-Коста, Мар Маркос, Хесуальдо Томас Фернандес-Брейс;

4) «Включение реальных данных в системы поддержки принятия клинических решений на основе рекомендаций: пример использования рака молочной железы», авторы Хорди Торрес, Эдуардо Алонсо, Некане Ларбуру;

5) «Децентрализованная веб-поддержка принятия клинических решений с использованием семантических рабочих процессов GLEAN», авторы Уильям Ван Вонсел, Самина Абиди, Сайед Сибте Раза Абиди

6) «Интерактивная информационная панель для наблюдения за пациентами и управления ими: инструмент поддержки Центра непрерывности лечения», авторы Мариакьяра Савино, Никола Акампора, Карлотта Маскиокки, Роберто Гатта, Кьяра Дакена, Стефания Орини и др.

7) «Помощник на основе искусственного интеллекта общего назначения, встроенный в информационную систему радиологии с открытым исходным кодом», авторы Саптарши Пуркаястха, Рохан Исаак, Шэрон Энтони, Шихар Шукла, Элизабет А. Крупински, Джошуа А. Дэниш и др.

8) «Управление предпочтениями пациентов и врачей и разъяснения для совместной оценки лечения со знаком этики», авторы Оскар Райя, Ксавье Кастельс, Дэвид Рамирес, Беатрис Лопес.

Непосредственно с проблематикой социологии искусственного интеллекта связаны две статьи: «Общенациональные данные по электронным рецептам раскрывают положение врачей и их модели назначения лекарств в Словении», авторы Павлин Г. Поличар, Далибор Станимирович, Блаж Жупан и «Управление предпочтениями пациентов и врачей и разъяснения для совместной оценки лечения со знаком этики», авторы Оскар Райя, Ксавье Кастельс, Дэвид Рамирес, Беатрис Лопес.

Статья «Управление предпочтениями пациентов и врачей и разъяснения для совместной оценки лечения со знаком этики» связана с формированием алгоритма оценки назначений врачей для лечения синдрома нехватки внимания и гиперактивности с тем, чтобы какая-то комбинация назначений получила бы высшую этическую оценку. Сам алгоритм также является частью технологии, он создает определенный маркер, который позволяет врачу выбрать именно эти способы лечения, а не другие.

Статья «Общенациональные данные по электронным рецептам раскрывают положение врачей и их модели назначения лекарств в Словении» построена на анализе медицинской практики врачей Словении, в это исследование включены практически все врачи этой страны, которые используют электронные медицинские рецепты. Данная статья ближе к «традиционной» социологической проблематике. Ее подробный анализ может раскрыть новые социологические инструменты для анализа технологий ИИ в медицине.

Авторы статьи – Павлин Г. Поличар (рис.11), факультет компьютерных и информационных наук, Люблянский университет, Словения, Далибор Станимирович (рис.12), факультет государственного управления, Люблянский университет, Словения, Блаж Жупан (рис.13), факультет компьютерных и информационных наук, Люблянский университет, Словения.



Рис.11. Павлин Г. Поличар, автор статьи «Общенациональные данные по электронным рецептам раскрывают положение врачей и их модели назначения лекарств в Словении». Источник изображения: <https://github.com/pavlin-policar>

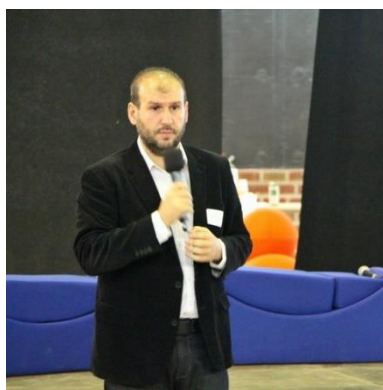


Рис.12. Далибор Станимирович, автор статьи «Общенациональные данные по электронным рецептам раскрывают положение врачей и их модели назначения лекарств в Словении». Источник изображения: <http://www.healthday.si/>



Рис.13. Блаж Жупан, автор статьи «Общенациональные данные по электронным рецептам раскрывают положение врачей и их модели назначения лекарств в Словении». Источник изображения: википедия

В аннотации статьи авторы пишут: «На протяжении всей биомедицины исследователи стремятся охарактеризовать интересующие объекты, сделать вывод о ландшафтах клеток, тканей, болезней, методов лечения и лекарств, а также обосновать их отношения. Здесь мы сообщаем о подходе, основанном на данных, для построения ландшафта всех врачей в Словении и выявления закономерностей их назначений лекарств. Для характеристики врачей мы используем данные об их электронных рецептах, предоставленные Словенским национальным институтом общественного здравоохранения. Данные за весь 2018 год включают 10 766 врачей и 23 380 лекарств. Мы описываем врачей векторами частоты назначения лекарств и используем технику уменьшения размерности t-SNE для создания визуальной карты практикующих врачей. Мы разрабатываем метод встраивания аннотаций, который описывает каждый визуально различимый кластер в визуализации с расширенными терминами анатомо-терапевтической химической

классификации верхнего уровня. Наш анализ показывает, что разные группы врачей соответствуют разным специализациям, включая дерматологию, гинекологию и психиатрию. Визуализация также показывает потенциальное совпадение моделей назначения лекарств, указывая на возможные тенденции врачей, практикующих несколько дисциплин. Наш подход обеспечивает полезное визуальное представление ландшафта врачей страны, раскрывает области их назначений и предоставляет инструмент для информирования и поддержки руководителей здравоохранения и политиков в анализе состояния общественного здравоохранения в стране и распределении ресурсов» (Poličar, et o., p.283).

Данная статья является ярким репрезентантом современных социологических исследований, где применяются современные методы, в том числе, визуализации и big data, для анализа деятельности врачей. На основании применения этих методов и интерпретации полученных результатов авторы создают модель, где проявлена корреляция между пространственными кластерами, где протекает деятельность врачей Словении, и их устойчивыми способами назначения лекарств в широкой области заболеваний, в том числе, в области дерматологии, гинекологии и психиатрии. Помимо сугубо академических целей авторы ставят перед собой задачу управления общественным здравоохранением с помощью представленной ими модели. Они утверждают, что подобного рода исследования проводятся впервые и что их результаты могут быть успешно использованы при машинном обучении. Во введении они обосновывают свой подход и дают краткую характеристику ходу исследования:

«Медицинская практика — это широкая область, включающая различные медицинские специальности, каждая из которых сосредоточена на определенных областях человеческого тела и его функциях. Один из способов охарактеризовать область интересов и деятельность врача — это проанализировать лекарства, которые он прописывает своим пациентам. Различные медицинские специалисты обычно назначают разные лекарства в зависимости от их опыта и типов пациентов, которых они лечат. Например, кардиолог обычно прописывает лекарства от гипертонии и сердечных заболеваний, а невролог — лекарства от неврологических расстройств, таких как судороги и болезнь Паркинсона.

Литература включает лишь ограниченное количество отчетов, целью которых является характеристика врачей на основе их моделей назначения лекарств. Ахлаги и др. изучают данные из второй по численности населения провинции Ирана и определяют важные пары совместно назначаемых препаратов. Они используют появление этих пар в качестве признаков в модели случайного леса, обученной предсказывать специализацию врача. Ширази и др. используют неконтролируемый подход к выявлению сообщества, чтобы определить девять основных групп врачебных специальностей из двухчастного графа «врач-лекарство». В другом целевом исследовании Garg et al. сосредоточены на выявлении семейных врачей с использованием методов машинного обучения. Однако их исследование не включает данные о рецептах, а использует специфические для врача атрибуты, такие как пол, возраст и различные сертификаты.

В отличие от предыдущей работы, у нас нет доступа к информации об актуальных специальностях медицинских работников. Вместо этого мы используем неконтролируемый подход к машинному обучению, чтобы выявить и охарактеризовать группы врачей со схожими схемами назначения лекарств. Наше исследование сосредоточено на всех врачах из Словении. Насколько нам известно, это первое исследование по определению специальностей врачей на основе моделей назначения лекарств, охватывающих данные по всей стране. С этой целью мы разрабатываем простой статистический подход, основанный на проверке гипотезы р-значения, который идентифицирует характерные термины анатомо-терапевтической химической (АТС) классификации верхнего уровня для визуально различимых кластеров в данном двумерном вложении.

Мы начнем наш отчет с описания данных, подхода к двумерному встраиванию и метода объяснения визуально различимых кластеров. Мы предоставляем результаты в виде аннотированных двумерных карт врачей. В ходе обсуждения мы показываем, что карта визуально и интерпретируемо раскрывает ландшафт словенских врачей и их схемы назначения лекарств» (там же, p.283-284).

Таким образом, большое значение для реализации целей исследования имеет метод визуализации. Данные и методы подробно описаны в соответствующем разделе статьи. Основой анализируемых данных выступили электронные рецепты. Авторы пишут:



«Здесь мы представляем данные электронных рецептов, которые использовались на протяжении всего исследования, и даем обзор подходов к построению данных и фильтрации. Затем мы описываем предлагаемый нами метод для выявления чрезмерно представленных терминов классификации АТС верхнего уровня в визуально различимых кластерах в двумерном вложении t-SNE.

#### *Данные*

Мы используем анонимные данные, содержащие все записи электронных рецептов из Словении, выписанных в 2018 г. Мы получили данные от Словенского национального института общественного здравоохранения. Мы должны отметить, что данные, хотя и обезличенные, не являются общедоступными и на данном этапе не могут быть переданы открыто в соответствии с ограничительным законодательством Словении. В Словении существует централизованная система здравоохранения и национальное решение для электронного здравоохранения, что делает записи электронных рецептов репрезентативными для всего населения Словении.

Мы выбрали 2018 год, чтобы изучить состояние врачей за год до эпохи пандемии. На ранних стадиях пандемии COVID-19 в Словении были временно приостановлены многие несущественные медицинские процедуры. Эти перерывы могли затруднить интерпретацию окончательного встраивания.

Чтобы построить матрицу данных, мы рассмотрели каждого врача и подсчитали, сколько раз они назначали каждое лекарство в 2018 году. Чтобы избежать предпочтения брендов лекарств, мы сопоставляем каждое из 23 380 лекарств с соответствующим классификационным термином АТС. Мы характеризуем каждого врача через вектор количества рецептов.

Предложенная процедура создала матрицу данных, включающую 10 766 уникальных врачей и 920 уникальных терминов классификации АТС уровня 5. Чтобы сделать наш анализ более надежным, мы удалили врачей, которые прописали менее 25 лекарств в течение года, оставив нам 7290 врачей. Метаданные, такие как возраст и пол пациента, были исключены из основного анализа, но также оказались полезными, как обсуждалось в разделе 3» (там же, р.284-285).

Выборка выглядит достаточно репрезентативная. Выбран 2018 год, задействованы более 7 000 врачей, проанализировано назначение почти тысячи лекарственных препаратов. Можно обратить внимание на то, что характеристики пола и возраста исключены из первичной обработки, что связано с недопущением дискриминации по этим характеристикам даже в контексте академических исследований.

Особое внимание привлекает раздел, связанный с методами, поскольку именно методология, если она докажет свою эффективность, может быть применена и в других исследованиях подобного типа, включая социологические модели здравоохранения, где могут использоваться технологии ИИ.

«Наш подход направлен на выявление и аннотирование кластеров в данном двумерном вложении. Здесь мы используем вложения t-SNE, поскольку они отдают приоритет идентификации кластеров, хотя мы могли бы провести аналогичный анализ с любым другим подходом к уменьшению размерности, который дает двумерные карты врачей. Как это принято при уменьшении размерности многомерных данных, мы сначала извлекаем из данных первые пятьдесят основных компонентов. Мы выполняем уменьшение размерности t-SNE с помощью библиотеки openTSNE v0.6.2, используя косинусные расстояния, значение перплексии 50, коэффициент преувеличения 1,5 и степень свободы, установленную на 0,8. Мы обнаружили, что эти настройки параметров создают четкие, хорошо разделяемые кластеры.

Первым шагом нашего хода исследования является определение визуально различимых кластеров в двумерном встраивании. Таким образом, выбранный метод встраивания должен создавать дискретные, хорошо разделенные кластеры. Затем на полученной карте мы используем алгоритм кластеризации DBSCAN и вручную настраиваем гиперпараметры для достижения визуально разумной кластеризации. Мы обнаружили, что установка значений параметра DBSCAN на 1,4 и установка минимального количества выборок на 25 идентифицированных кластеров, которые лучше всего совпадают с визуально различимыми группами точек во встраивании. Стоит отметить, что этот аспект процедуры может быть автоматизирован, например, путем максимизации оценки силуэта или с помощью процедуры выбора внутренних параметров DBSCAN.

Чтобы выявить препараты, назначаемые чаще в выявленных кластерах, мы используем двухвыборочный t-критерий и выполняем множественную коррекцию гипотез, используя частоту ложных открытий (FDR) с порогом  $\alpha < 0,01$ . Чтобы избежать выбора распространенных препаратов, широко назначаемых всеми врачами, или препаратов, частота назначения которых имеет лишь незначительные различия, мы удаляем все препараты с логарифмическим изменением менее 0,25. Логарифмическое изменение представляет собой отношение изменения между двумя значениями в логарифмической шкале и используется для сравнения изменений на несколько порядков величины. Поскольку нас в первую очередь интересуют общие схемы назначения врачей различных специализаций, мы также требуем, чтобы лекарства выписывались не менее чем 25% всех врачей в кластере. Это создает список чрезмерно представленных терминов классификации АТС уровня 5 в каждом кластере. Затем мы используем эти термины на следующем этапе для определения чрезмерно представленных терминов классификации АТС верхнего уровня.

Наконец, чтобы выполнить обогащение терминов АТС верхнего уровня, мы используем гипергеометрический тест и выполняем множественные исправления гипотез, используя FDR с порогом  $\alpha < 0,01$ » (там же, p.285-286).

Визуализация кластеров врачей Словении по типам выписанных ими рецептов была представлена авторами в виде следующего рисунка (рис.14).

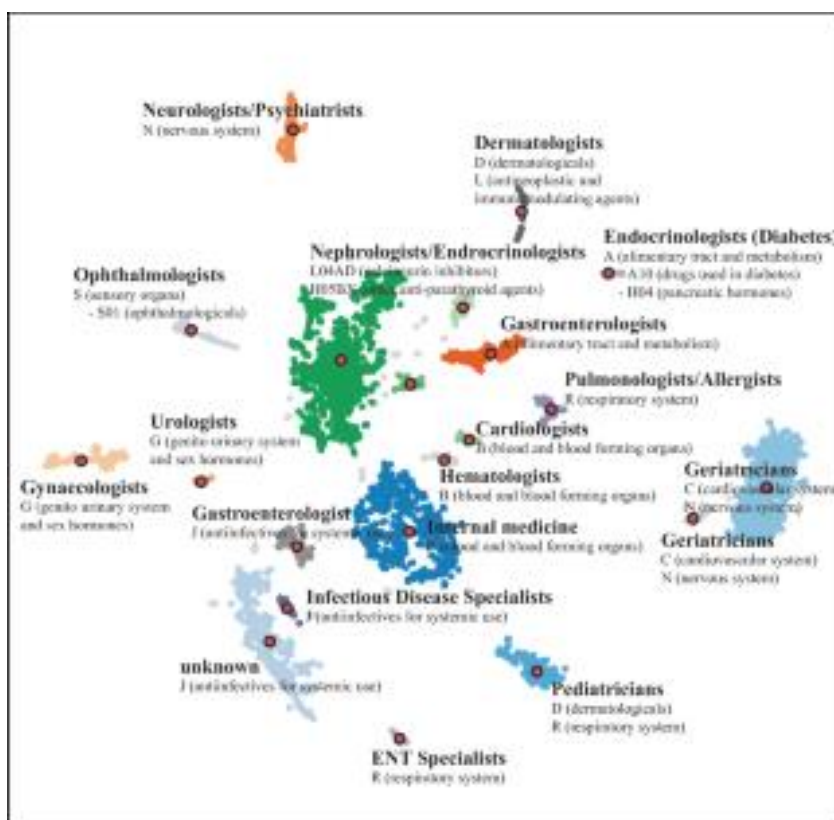


Рис.14. «Аннотированная t-SNE карта врачей Словении, характеризующая их рецепты на лекарства. Из-за позиционной инвариантности нелинейных методов вложения мы опускаем метки осей и масштабы. Каждая точка на графике представляет врача. Точки имеют цветовую кодировку в соответствии с их кластерными назначениями. Врачи, идентифицированные алгоритмом кластеризации DBSCAN как выбросы, окрашены в светло-серый цвет. Мы указываем центр каждого кластера красной точкой, сопровождаемой определенной специализацией кластера. Мы перечисляем автоматически выведенные коды АТС верхнего уровня, характеризующие каждый кластер ниже специализации. Стоит отметить, что два самых центральных кластера не содержат аннотации. В ходе дальнейшего исследования мы обнаружили, что для этих кластеров не было чрезмерно представленных терминов АТС верхнего уровня, и поэтому мы не могли присвоить им отдельную специализацию. Мы предполагаем, что эти врачи являются врачами общей практики. (Цветной рисунок онлайн)».

Источник изображения и текста: Poličar, et o., 2023, p.287.

После первой визуализации кластеров словенских врачей авторы делают ряд важных уточнений, где как раз начинают применять параметры возраста и пола, поскольку данные параметры позволяют выявить достаточно устойчивые закономерности:

«В некоторых случаях одних только схем назначения лекарств может быть недостаточно для однозначного определения специализации врача. В таких случаях другие метаданные, доступные в записях электронных рецептов, такие как возраст и пол пациента, также могут предоставить ценную информацию для определения области знаний врача. Например, педиатр обычно лечит пациентов моложе 18 лет, а гериатр обычно лечит пациентов старше 65 лет. Точно так же гинеколог преимущественно лечит пациентов женского пола, а уролог обычно лечит пациентов мужского пола.

Мы наносим процент женщин-пациентов каждого врача на карту врачей на рис. 2.a. Хотя мы смогли определить кластеры, соответствующие урологам и гинекологам, только на основе шаблонов назначений, мы используем рис. 2.a (рис.14) для проверки наших назначений кластеров.

Мы наносим средний возраст пациента каждого врача на рис. 2.b (рис.14). Красные точки соответствуют врачам, лечащим более молодых пациентов. В то время как врачи с более молодыми пациентами разбросаны по нескольким кластерам, они сильно сконцентрированы в нижнем правом кластере. Делаем вывод, что этот кластер соответствует педиатрам. Интересно, что мы также наблюдаем красноватый оттенок в точках, соответствующих гинекологам, что указывает на то, что средний возраст пациентов гинекологов составляет около 40 лет. Краузе и др. сообщают об аналогичных результатах в системе здравоохранения Германии, где они отмечают, что посещения гинекологов снижаются с возрастом.

На рис. 2.b (рис.14) показано несколько кластеров, содержащих врачей с пожилыми пациентами. Мы также изучаем рецепты лекарств против деменции, чтобы определить, какие из них выписываются гериатрами. Заболеваемость деменцией экспоненциально увеличивается с возрастом. Поэтому мы ожидаем, что гериатры будут назначать больше препаратов против деменции, чем их сверстники. На рис. 2.c (рис.14) показана частота назначения всех препаратов, соответствующих препаратам против деменции, с обозначением АТС N06D.

На рис. 2.c (рис.14) показано, что врачи чаще всего назначают препараты против деменции из двух отдельных кластеров, один вверху и один справа от вставки.

Используя наш подход к обогащению терминов АТС, мы определили, что верхний кластер соответствует неврологам/психиатрам. Основываясь на этой информации, мы делаем вывод, что кластер справа соответствует гериатрам. На это открытие уже намекает рис. 2.b (рис.14), поскольку верхний кластер содержит смесь красных и синих точек.

Напротив, кластер справа содержит в основном врачей с голубоватым оттенком, что соответствует врачам, лечащим пожилых пациентов» (там же, р.288).

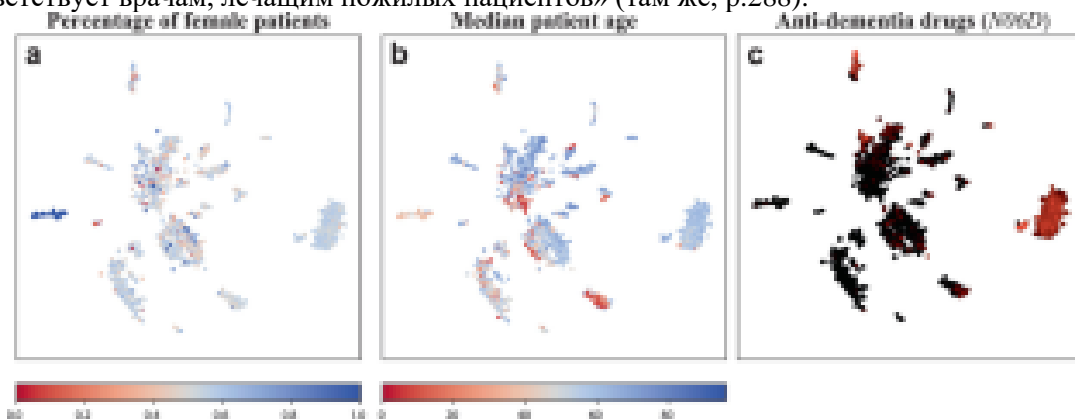


Рис.14. Данные о немедикаментозных рецептах помогают получить дополнительное представление о специализации врачей или дополнительно проверить аннотации кластера. Например, на панели (а) показана доля пациентов женского пола, которых лечит каждый врач. Эта дополнительная информация подтверждает кластерные назначения гинекологов и урологов, обе специализации которых сильно зависят от пола. На панели (b) показан средний возраст пациентов, получавших лечение каждый врач. Кластер с наименьшим медианным возрастом, отмеченный красным цветом, соответствует педиатрам, которые в основном лечат пациентов младше 18 лет. Нам также было бы интересно определить гериатров, которые лечат пожилых пациентов, но на этом графике

видно несколько кластеров-кандидатов. Чтобы определить врачей-гериатров, мы наносим частоту назначения препаратов против деменции на графике (в), поскольку деменция является распространенным заболеванием среди пожилых людей. На графике показаны два потенциальных кластера препаратов против деменции. Из нашей процедуры аннотации мы уже определили верхний кластер, соответствующий неврологам/психиатрам. Использование дополнительной информации из метаданных дает нам высокую степень уверенности в том, что правильный кластер соответствует гериатрам. Источник изображения и текста: Poličar, et o., 2023, p.288.

Еще одна визуализация связана с исследованием ранее идентифицированных препаратов, специфичных для специализации каждого врача. Эта третья визуализация позволяет уточнить полученные ранее результаты и добиться относительной точности прогноза, доведя вероятность до 74%:

«В соответствующем исследовании Akhlaghi et al. разработали прогностическую модель для прогнозирования специализации врачей в Иране на основе их моделей назначения лекарств. Они идентифицируют несколько часто назначаемых, специфичных для специализации, совместно назначаемых пар препаратов, которые оказались важными для различения различных специализаций врачей. В отличие от нашего исследования, авторы имели доступ к истинной специализации врачей. Затем мы можем исследовать, появляются ли идентифицированные пары лекарств также в Словении, и оценить их дискриминационную силу между врачами разных специализаций.

Мы выбираем три надежно идентифицированных кластера специализации из наших результатов и проверяем встречаемость и дискриминационную силу пар наркотиков, идентифицированных в Иране. Мы показываем три таких комбинации на рис. 3. (рис.15) Графики показывают, что, хотя некоторые из идентифицированных пар лекарств в Иране на самом деле являются высоконазначаемыми в своей целевой специализации, они не являются полностью дискриминационными. Например, пара препаратов Клотримазол-Флуконазол характерна для гинекологов в Иране.

Изучая их по отдельности на двух верхних панелях рис. 3 (рис.15), мы видим, что они на самом деле чрезмерно представлены в гинекологическом кластере. Тем не менее, оба этих препарата, особенно флуконазол, также фигурируют в нескольких других кластерах врачей во встраивании. Чтобы проверить сочетание этих двух препаратов, мы вычисляем произведение количества рецептов каждого из двух препаратов. Мы показываем результаты на нижней панели рис. 3. (рис.15). Хотя многие гинекологи назначают пару препаратов Клотримазол и Флуконазол, ее назначают и другие специалисты, включая гериатров, педиатров, дерматологов и ЛОР-специалистов.

Точно так же ведут себя неврологи/психиатры. Пара препаратов ацетаминофен-кетотифен, идентифицированная для педиатров, по-видимому, обладает меньшей дискриминационной силой, чем пары препаратов с самым высоким рейтингом, только при использовании в сочетании с другими парами препаратов. Наконец, может быть трудно определить препараты, которые действительно специфичны для каждой специализации в отдельности. Некоторые специализации, например, гинекологов или психиатров, легко идентифицировать, поскольку большинство назначаемых лекарств происходят из соответствующей группы классификации АТС. Однако, как видно на рис. 2.с (рис.14) и 3 (рис.15), даже препараты, которые относительно специфичны для этих специалистов, часто появляются по крайней мере еще в одном кластере, например, препараты против деменции назначаются как неврологами, так и гериатрами. Используя свой подход, авторы смогли достичь точности 74% при прогнозировании специализации врача, что указывает на то, что это может быть не совсем тривиальной задачей» (там же, p.289-291).

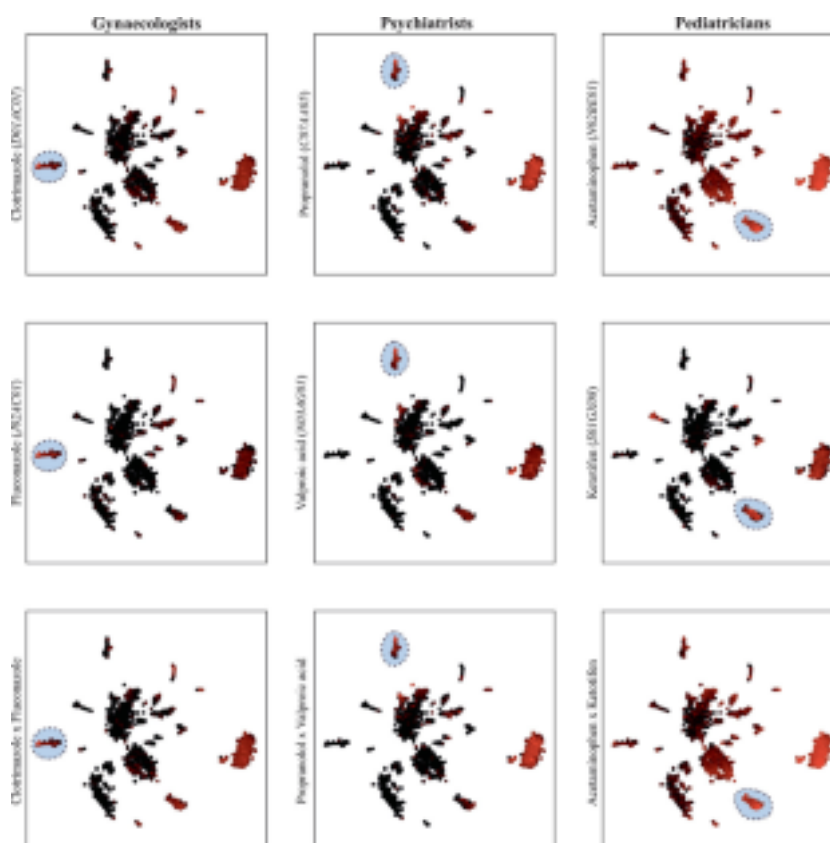


Рис. 15. «Мы построили график частоты назначения пар препаратов, специфичных для конкретной специализации, идентифицированных Akhlaghi et al. для каждого врача. Первая и вторая строки показывают частоту назначения отдельных препаратов, а третья строка представляет собой произведение их соответствующих значений частоты. Интенсивность цвета указывает на логарифмически преобразованную частоту каждой пары лекарство/лекарство. Светло-голубые области обозначают регионы, в которых фактически встречается каждая ранее идентифицированная врачебная специальность». Источник текста и изображения: Poličar, et o., 2023, p.290.

Авторы полагают, что им удалось подтвердить подход иранских исследователей, связанный с кластерами врачей по специализациям и рецептам, с одной стороны, а с другой – заложить основу для будущего прогнозирования, например, потребности в лекарственных средствах, с помощью технологий машинного обучения. Тем самым они видят основной смысл своей работы в том, чтобы улучшить систему государственного централизованного управления общественным здравоохранением в Словении.

В данном исследовании не задействованы параметры, связанные с пациентами. Возможно, что именно этим определяется отсутствие этической проблематики в подходе и в содержании исследования. Как правило, этическая проблематика при исследовании применения технологии ИИ в здравоохранении появляется тогда, когда анализируются какие-то значимые социальные характеристики пациентов, например, пол и возраст, в связи с диагностикой или назначением лекарственных препаратов. В данном исследовании эта проблематика не рассматривается совсем, хотя авторы пишут, что возможно выделение новых кластеров для анализа на основании параметров, связанных с заболеваниями, учреждениями и диагнозами. Они также указывают, что число факторов, влияющих на формирование кластеров, может быть значительно большим, в том числе, это могут быть факторы, связанные с культурой и образованием. Одновременно они получили материал, который позволяет делать сравнение кластеров иранских врачей и кластеров словенских врачей, что также способствует выделению именно культурных отличий в этих кластерах. Возможно, что это проявится и в визуализации полученных результатов.

Таким образом, мы видим, что развитие технологий ИИ в медицине обсуждается, прежде всего, в контексте уточнения диагнозов и применении этих технологий для объяснения тех или симптомов. Общая доля социологических исследований крайне мала – 2 статьи из 47, т.е.

примерно 4%. Очевидно, это можно объяснить специализацией конференции и ее участников, для которых более всего важны сугубо медицинские аспекты применения технологий ИИ.

В будущем, анализируя результаты последующих конференций, можно будет проследить динамику социологических исследований ИИ в здравоохранении на этих профессиональных обсуждениях и зафиксировать ту или иную динамику количества статей в сфере социологических исследований применения технологии ИИ в здравоохранении и других значимых социальных сферах.

#### Список литературы

Akhlaghi M. et al. Predicting the Physician's Specialty Using a Medical Prescription Database //Computational and Mathematical Methods in Medicine. – 2022. – V. 2022. Article ID 5871408, 8 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/5871408>

Artificial Intelligence in Medicine. 21st International Conference on Artificial Intelligence in Medicine, AIME 2023, Portorož, Slovenia, June 12–15, 2023, Proceedings. Editors Jose M. Juarez, Mar Marcos, Gregor Stiglic, Allan Tucker. Springer, 2023. 338 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-34344-5>

Birkenhäger W. H. et al. Blood pressure, cognitive functions, and prevention of dementias in older patients with hypertension //Archives of Internal Medicine. – 2001. – V. 161. – №. 2. – P. 152-156.

De Lotto I., Stefanelli M. (ed.). Artificial Intelligence in Medicine: Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Medicine, Pavia, Italy, 13-14 September 1985. North Holland, 1985. <http://aimedicine.info/doc/AIME%2085.pdf>

Ester M. et al. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise //kdd. – 1996. – V. 96. – №. 34. – P. 226-231.

Garg A. et al. Predicting family physicians based on their practice using machine learning //2021 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). – IEEE, 2021. – P. 4069-4077.

Hamet P., Tremblay J. Artificial intelligence in medicine //Metabolism. – 2017. – V. 69. – P. S36-S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>

Joyce K. et al. Toward a sociology of artificial intelligence: A call for research on inequalities and structural change //Socius. – 2021. – V. 7. – P. 2378023121999581.

Kasapoglu A. Sociology of Artificial Intelligence: A Relational Sociological Investigation in the Field of Health //Rep Glob Health Res. – 2020. – V. 3. – P. 112.

Kobak D., Berens P. The art of using t-SNE for single-cell transcriptomics //Nature communications. – 2019. – V. 10. – №. 1. – P. 5416.

Krause L., Dini L., Prütz F. Gynaecology and general practitioner services utilisation by women in the age group 50 years and older //Journal of Health Monitoring. – 2020. – V. 5. – №. 2. – P. 15–25. <https://doi.org/10.25646/6808>

Peek N. et al. Thirty years of artificial intelligence in medicine (AIME) conferences: A review of research themes //Artificial intelligence in medicine. – 2015. – V. 65. – №. 1. – P. 61-73.

Poličar P. G., Stražar M., Zupan B. openTSNE: a modular Python library for t-SNE dimensionality reduction and embedding //BioRxiv. – 2019. – P. 731877. <https://doi.org/10.1101/731877>

Poličar, P.G., Stanimirović, D., Zupan, B. (2023). Nation-Wide ePrescription Data Reveals Landscape of Physicians and Their Drug Prescribing Patterns in Slovenia. In: Juarez, J.M., Marcos, M., Stiglic, G., Tucker, A. (eds) Artificial Intelligence in Medicine. AIME 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 13897. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-34344-5\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-031-34344-5_34)

Raphael M. W. Artificial intelligence and the situational rationality of diagnosis: Human problem-solving and the artifacts of health and medicine //Sociology Compass. – 2022. – V. 16. – №. 11. – P. e13047.

Rousseeuw P. J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis //Journal of computational and applied mathematics. – 1987. – V. 20. – P. 53-65. [https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)

Shirazi S. et al. A new application of community detection for identifying the real specialty of physicians //International Journal of Medical Informatics. – 2020. – V. 140. – P. 104161. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104161>

Timmermans S. et al. Handbook of medical sociology. – Nashville, TN: Vanderbilt University Press, 2010. 457 p.

Van der Maaten L., Hinton G. Visualizing data using t-SNE //Journal of machine learning research. – 2008. – V. 9. – №. 11 – P.2579–2605.

Zajko M. Artificial intelligence, algorithms, and social inequality: Sociological contributions to contemporary debates // *Sociology Compass*. – 2022. – V. 16. – №. 3. – P. e12962.

Басалаева О. Г. и др. Социальная реальность и искусственный интеллект. Опыт социологического опроса студентов КемГМУ // *Вестник общественных и гуманитарных наук*. – 2021. – Т. 2. – №. 3. – С. 37-42.

Ваняева А. С. Технологии искусственного интеллекта в сфере медицины и отечественного здравоохранения: социологический аспект // *Общество: социология, психология, педагогика*. – 2022. – №. 6 (98). – С. 70-75.

Васюта Е. А., Подольская Т. В. Проблемы и перспективы внедрения искусственного интеллекта в медицине // *Государственное и муниципальное управление. Ученые записки*. – 2022. – №. 1. – С. 25-32.

Головкин О. В., Харлампенков Е. И. Социологические аспекты направлений внедрения искусственного интеллекта в здравоохранение Кузбасса // *Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки*. – 2023. – Т. 8. – №. 1 (27). – С. 40-49.

Дегтяренко, К. А. Рецензия на книгу Мередит Бруссард "Искусственный интеллект: пределы возможного" / К. А. Дегтяренко, Д. С. Пчелкина // *Социология искусственного интеллекта*. – 2022. – Т. 3, № 1. – С. 33-41. – DOI 10.31804/2712-939X-2022-3-1-33-41. – EDN RBQAWV.

Копцева, Н. П. Современные исследования в области социологии искусственного интеллекта: базовые подходы. Часть 6.2 / Н. П. Копцева, Ю. С. Замараева // *Социология искусственного интеллекта*. – 2023. – Т. 4, № 2. – С. 8-25. – EDN FMQUUM.

Курметова, М. К. Цифровое бессмертие в представлениях современного общества: результаты ассоциативного эксперимента 2023 г / М. К. Курметова // *Цифровизация*. – 2023. – Т. 4, № 2. – С. 50-57. – EDN NAAUHP.

Лейченко, Н. М. Аналитический обзор отечественных практик применения нейросетевых и инновационных технологий в сфере искусства / Н. М. Лейченко // *Цифровизация*. – 2022. – Т. 3, № 4. – С. 8-19. – DOI 10.37993/2712-8733-2022-3-4-8-19. – EDN HWHLVO.

Омелик, А. А. Развернутая рецензия на коллективную монографию "Философские проблемы развития искусственного интеллекта" / А. А. Омелик, Ю. В. Квашнина // *Социология искусственного интеллекта*. – 2022. – Т. 3, № 4. – С. 129-141. – DOI 10.31804/2712-939X-2022-3-4-129-141. – EDN TPAMI.

Пименова, Н. Н. Идиот или гений? Как работает и на что способен искусственный интеллект. Рецензия на книгу Мелани Митчелл / Н. Н. Пименова, А. А. Шпак // *Социология искусственного интеллекта*. – 2022. – Т. 3, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.31804/2712-939X-2022-3-2-71-82. – EDN DUPHQV.

Сергеева, Н. А. Дайджест новостей в сфере развития искусственного интеллекта / Н. А. Сергеева, А. А. Омелик, Ю. С. Замараева // *Социология искусственного интеллекта*. – 2023. – Т. 4, № 1. – С. 26-36. – DOI 10.31804/2712-939X-2023-4-1-26-36. – EDN HWZDKB.

Середкина, Н. Н. Актуальные направления исследований концепции цифрового бессмертия (по результатам контент-анализа научных публикаций за 2012-2022 гг.) / Н. Н. Середкина, А. А. Шкельтина, И. В. Шубникова // *Цифровизация*. – 2023. – Т. 4, № 2. – С. 58-66. – EDN VFHBDT.

Сертакова, Е. А. Социальные системы, модели, трансформации: анализ теоретических подходов / Е. А. Сертакова // *Социальная антропология Сибири*. – 2021. – Т. 2, № 2. – С. 18-35. – EDN ZUOLQV.

Шамшурин Н. Г., Шамшурина В. И. Социология врачебной помощи в цифровую эпоху // *Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология*. – 2020. – №. 53. – С. 178-187.

Шпак, А. А. Как учится машина. Революция в области нейронных сетей и машинного обучения. Рецензия на книгу автора Яна Лекуна / А. А. Шпак // *Социология искусственного интеллекта*. – 2023. – Т. 4, № 2. – С. 59-62. – EDN IQXPDV.

Шпак, А. А. Проблемы применения технологий искусственного интеллекта в социологическом аспекте / А. А. Шпак // *Социология искусственного интеллекта*. – 2021. – Т. 2, № 4. – С. 43-46. – DOI 10.31804/2712-939X-2021-2-4-43-46. – EDN QVBASW.

Ярмухаметов Р. Р. Обзор применений искусственного интеллекта в медицине  
//Наукосфера. – 2020. – №. 12-2. – С. 172-178.