

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЦЕНТРОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

УДК 004.8

МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ПОИСК И РЕАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

© 2022 г. А. В. Корнаев^{1,*}, И. А. Никанов¹, Р. Ф. Кулеев¹

Представлено академиком РАН А.А. Шананиным

Поступило 28.10.2022 г.

После доработки 28.10.2022 г.

Принято к публикации 01.11.2022 г.

Большинство исследований в сфере искусственного интеллекта связано с разрешением следующего противоречия. С одной стороны, методы глубокого обучения обладают универсальностью и могут быть применены в различных областях знаний благодаря общности основных математических и алгоритмических идей, программных средств их реализации, возможности трансфера ранее полученных результатов обучения. С другой стороны, процесс обучения для решения конкретных задач требует специализированных качественно размеченных данных, а достижение высокой точности — применения оригинальных алгоритмических решений и правильной настройки множества гиперпараметров. Работа Исследовательского центра в сфере искусственного интеллекта Университета Иннополис направлена на разрешение этого противоречия путем создания алгоритмического ядра и соответствующих программно-аппаратных средств, объединяющих решение разноплановых междотраслевых задач. Научная работа центра направлена на создание достаточных оснований для решения практических задач. В данной статье представлены основные результаты научной и практической работы центра в 2022 г.

Ключевые слова: искусственный интеллект, фреймворк, обработка изображений, обучение с подкреплением, драг дизайн, дизайн материалов, сверточные нейронные сети, графовые нейронные сети

DOI: 10.31857/S2686954322070116

1. ВВЕДЕНИЕ

Реализация программы деятельности исследовательского центра в сфере искусственного интеллекта “Междотраслевые технологии искусственного интеллекта для задач цифровой трансформации приоритетных отраслей экономики” Университета Иннополис направлена на ускорение перехода приоритетных отраслей к цифровой экономике, их цифровой трансформации и решения стратегических задач индустриальных компаний за счет решения фундаментальных задач машинного обучения, разработки и коммерциализации аппаратно-программного обеспечения, основанного на новых технологиях искусственного интеллекта. Деятельность центра связана с развитием трех основных направлений:

- поддержка принятия врачебных решений;
- поддержка принятия решений в функционировании системы безопасности предприятия;

— поддержка принятия решений в поиске материалов с заданными свойствами.

2. СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ

Искусственные нейронные сети являются эффективным инструментом выявления признаков и их применение в медицине связано, в первую очередь, с обработкой медицинских изображений. Ниже представлены основные научные результаты центра в 2022 г., а также сведения о практической реализации ранее полученных и новых научных результатов.

2.1. Поиск ключевых точек на медицинских изображениях для выявления аномалий суставов с применением метода обучения с подкреплением

Новизна исследования заключается в создании мультиагентной модели поиска ключевых точек на трехмерных изображениях.

Метод исследования основан на комбинированном применении искусственных нейронных сетей архитектур U-Net и FPN для сегментации трехмерных изображений и поиска областей

¹ Исследовательский центр в сфере искусственного интеллекта, Университет Иннополис, Иннополис, Россия

*E-mail: a.kornaev@innopolis.ru

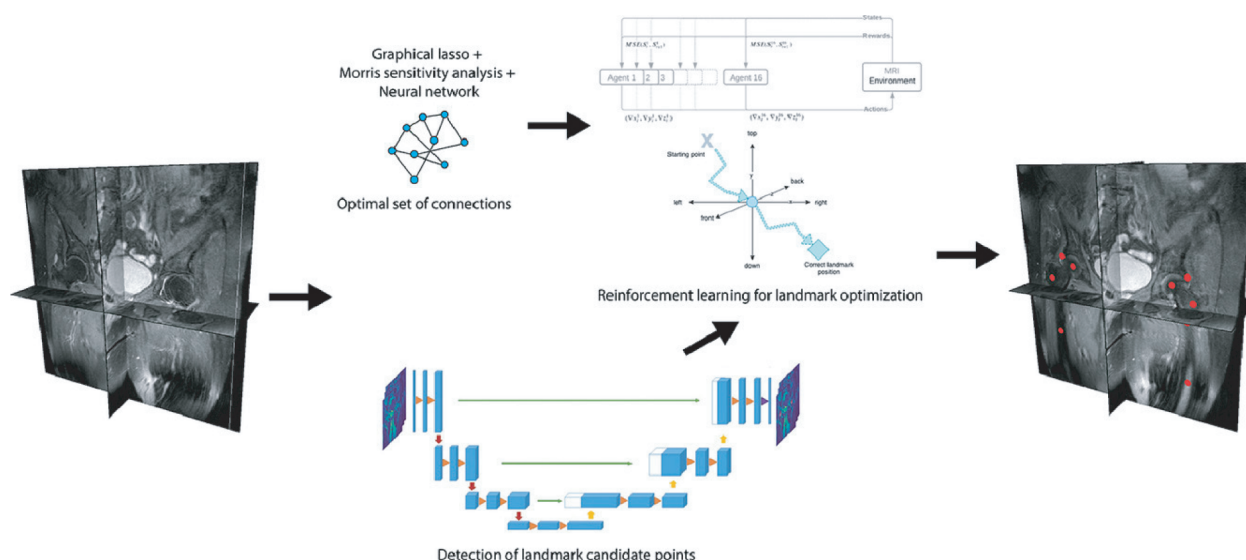


Рис. 1. Предлагаемый фреймворк поиска ключевых точек MPT изображений, который включает 3 этапа: сегментации для поиска областей интереса, определения начальных положений ключевых точек и применения мультиагентной модели обучения с подкреплением для корректировки положения ключевых точек [1].

ожидаемых положений ключевых точек, и сетей архитектур DeepQN, DDPG, TD3, A2C для обучения с подкреплением нескольких агентов поиска уточненных положений ключевых точек (рис. 1) [1].

Значимость исследования связана с возможностью высокоточного определения положений ключевых точек в области тазобедренного сустава для последующей диагностики заболеваний суставов.

Перспективы развития тематики связаны с созданием быстродействующих высокоточных алгоритмов детектирования областей и определения координат особых точек на трехмерных изображениях по данным MPT или КТ исследований.

2.2. Физически обоснованное машинное обучение для моделирования течений неньютоновских жидкостей

Новизна исследования заключается в создании теоретических основ и инструментария моделирования течений неньютоновских жидкостей, прежде всего, крови, а также реомагнитных жидкостей в каналах искусственных и естественных гидродинамических систем.

Метод исследования основан на минимизации предложенного авторами целевого функционала мощности внутренних сил, реализованной с помощью глубокой сверточной сети архитектуры U-Net (рис. 2). В процессе обучения сеть использует одно входное изображение и не нуждается в датасете. Точность сети связана с точностью численного дифференцирования и интегрирования

по значениям интенсивности пикселей выходного изображения [2].

Значимость исследования связана с возможностью разработки универсального программного обеспечения для обработки сегментированных изображений, в том числе, медицинских изображений, и моделированию течений жидкостей. В частности, возможно решение задач о доставке лекарственных средств в составе физиологических жидкостей, обладающих неньютоновскими и реомагнитными свойствами.

Перспективы развития тематики связаны с созданием алгоритмов и моделей для обработки трехмерных изображений по данным MPT или КТ исследований, а также разработка новых методов медицинских исследований типа 'in-silico'.

2.3. Другие научные работы в области поддержки принятия медицинских решений

Помимо перечисленных работ, в центре проводились исследования по обработке гиперспектральных изображений для детектирования следов крови [3], поиску эффективных средств детектирования и классификации лейкемии [4] и некоторые другие.

2.4. Практическая реализация систем поддержки принятия врачебных решений

Внедрение сервисов в работу медицинских организаций обеспечивает качественный скачок как за счет выдвижения высоких требований к медицинским изделиям, так и за счет быстрого повышения качества и количества обучающих

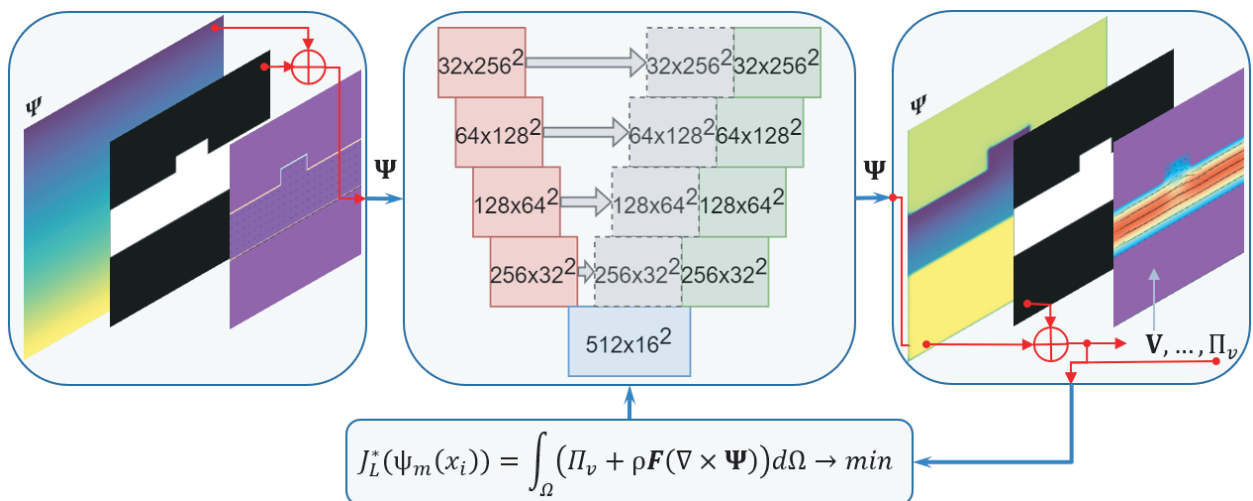


Рис. 2. Архитектура U-Net и алгоритм на основе представления области течения в виде изображения. Сеть U-Net получает на вход начальное распределение для неизвестной пси-функции с масками границ течения и рассчитывает уточненное распределение пси-функции путем минимизации функционала [2].

данных. Также это обеспечивает сокращение расходов на лечение за счет ранней диагностики заболеваний.

В настоящее время функционирует сервис распознавания патологий легких AI Radiology [5], ведется разработка сервисов маммографических и патоморфологических исследований. Новые практические разработки защищены как объекты интеллектуальной собственности [6].

3. СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Обеспечение безопасности на предприятиях представляет собой многоуровневую задачу, связанную с анализом данных изображений различного масштаба: от спутниковых снимков до данных камер видеонаблюдения, безопасностью передачи и хранения данных, обеспечению безопасных и эффективных логистических процессов, мониторингом состояния персонала и оборудования предприятия.

Ниже описаны некоторые научные работы и практические результаты, полученные в ходе решения задач проекта.

3.1. Планирование траекторий летательных аппаратов

Новизна исследования заключается в разработке метода непрерывно оптимизируемой траектории летательного аппарата при движении в неизвестных условиях.

Метод основан на применении двух планировщиков: глобального и локального. Первый уточняет начальную опорную траекторию в случаях, когда траектория проходит через препятствие или вблизи него, и позволяет локальному планировщику рассчитать оптимальную траекторию, если глобальный планировщик не может выполнить задачу. Глобальный планировщик включает в себя два подхода к выпуклому программированию: Глобальный планировщик в основном фокусируется на производительности в реальном времени и обходе препятствий, в то время как предлагаемая формулировка локального планировщика на основе прогнозирующего управления с ограниченной нелинейной моделью обеспечивает безопасность, динамическую осуществимость и точность отслеживания базовой траектории для низкоскоростных маневров (рис. 3) [7].

Значимость исследования связана с возможностью обеспечения безопасных полетов беспилотных летательных аппаратов в условиях неопределенности и наличия препятствий, а также с разработкой быстродействующих алгоритмов, функционирующих на микрокомпьютерах.

Перспективы развития тематики связаны с совершенствованием алгоритмов локального планировщика, применением к высокоскоростным летательным аппаратам, обеспечивающим действие систем внешнего наблюдения за безопасностью на производстве.

В рамках научной работы центра также проводились исследования по обработке снимков ландшафта [8], защите данных при использовании облачных ресурсов [9], человеко-машинному взаимодействию [10], тестированию моделей искусственного интеллекта [11] и другим направлениям.

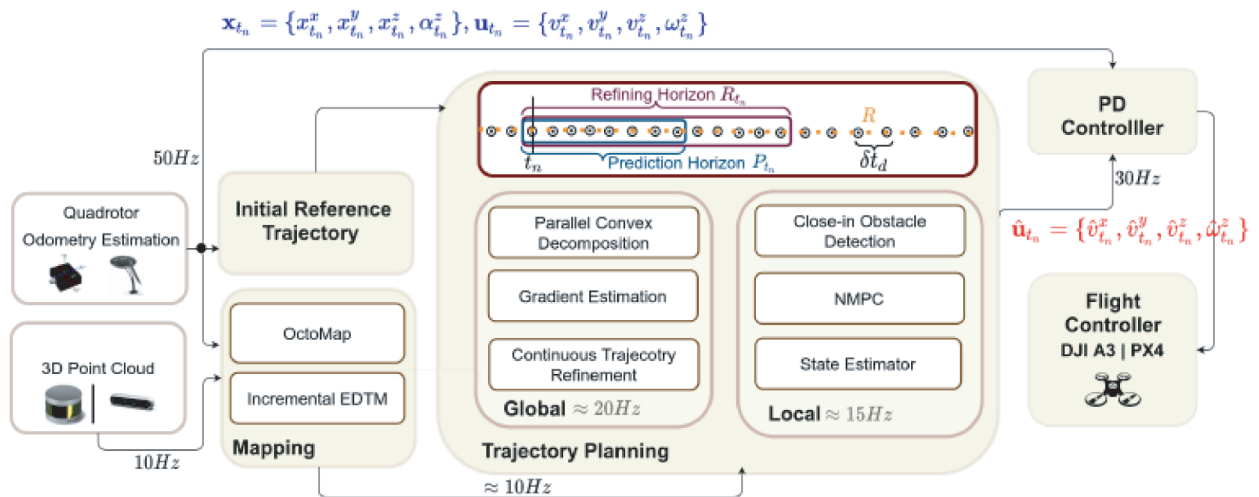


Рис. 3. Архитектура планировщика траекторий. Глобальный и локальный планировщики функционируют параллельно [7].

3.2. Практическая реализация систем поддержки принятия решений в функционировании системы безопасности предприятия

Основой разрабатываемых сервисов является обработка данных изображений и их последовательностей, данных сигналов мультисенсорных измерений, аудиоданных, а также табличных и текстовых данных.

Совместно с ПАО «Татнефть» разрабатывается интеллектуальная система поддержки принятия решений по обеспечению безопасности и контролю хода строительства, эксплуатации инфраструктуры с применением технологий компьютерного зрения. Реализована первая очередь аппаратно-программного комплекса в части сервиса распознавания разливов нефти и обнаружений строительных работ в охранных зонах. Предложены решения в разработке системы помощи при визуальной инспекции транспортных средств. Партнеры в разработке АО «Аэрофлот», АО «Синара-Транспортные Машины».

Совместно с АО «Почта России», ООО «Вайлдберриз» разрабатываются технологии искусственного интеллекта для контроля внутрискладских операций в фулфилменте: контроль движения, снижение ошибок при комплектовании клиентских заказов, автоматизация работы с претензиями клиентов по поставленным товарам.

Совместно с Министерством промышленности и торговли РФ разрабатывается сервис предоставления услуг в электронном виде, осуществляется подбор аналогов в каталогах продукции.

На произведенную интеллектуальную собственность получены охранные документы [12–15].

4. СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПОИСКЕ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Поиск новых материалов является одной из наиболее перспективных задач для искусственного интеллекта на ближайшие десятилетия. Первые важные результаты в этой области, создавшие достаточные основания для развития тематики в условиях работы центра, были получены в 2021 г. в ходе проведения открытого международного конкурса по поиску новых видов катализаторов, на котором команда Университета Иннополис заняла второе место, сразу после команды компании Microsoft [16].

Ниже описаны некоторые научные работы и практические результаты, полученные в ходе решения задач проекта в текущем году.

4.1. Пересмотр нейронных сетей графов передачи для разработки катализатора

Новизна исследования заключается в разработке архитектур физически информированных нейронных сетей для моделирования молекулярных структур.

Метод основан на применении нескольких вариантов графовых нейронных сетей, включая сверточную, для предсказания энергии. Предложенные архитектуры устойчивы к переобучению и (рис. 4) [17].

Значимость исследования связана с тем, что предложенные методики могут быть применены для предсказания экспериментальных и квантовых химических свойств широкого спектра материалов и молекул.

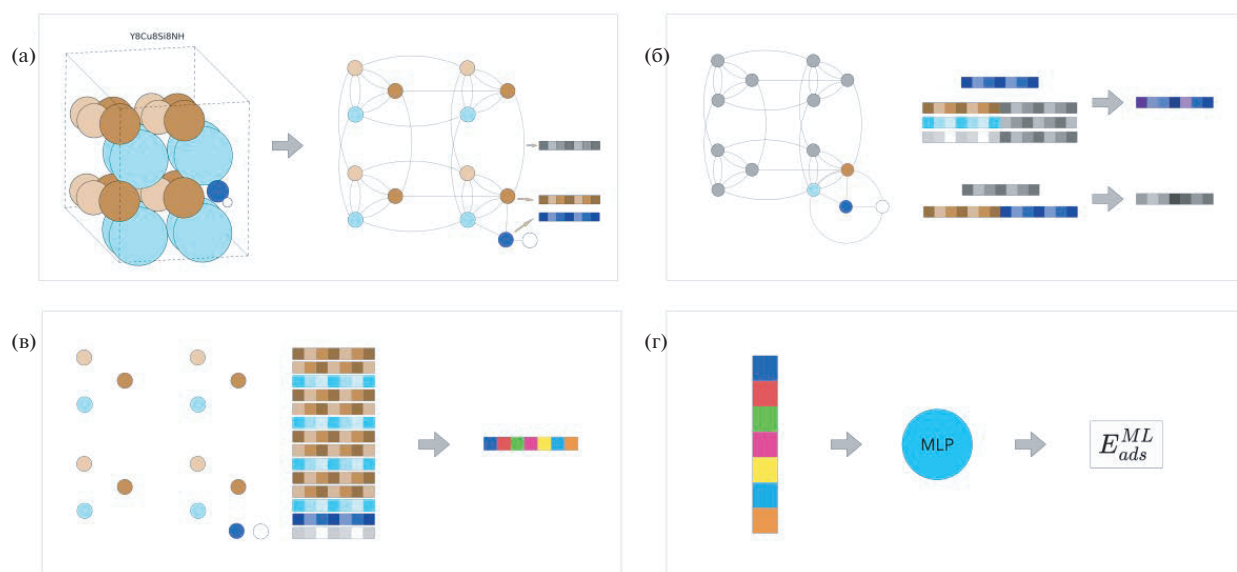


Рис. 4. Преобразование молекулярной структуры в граф с последующим предсказанием значения энергии [17].

Перспективы развития тематики связаны с разработкой новых материалов в химической и нефтехимической промышленности (полимеры, каталитические материалы, присадки, синтетические смазочные материалы). Химико-фармацевтической промышленности (новые синтетические лекарственные средства).

4.2. Практическая реализация систем поддержки принятия решений в поиске материалов с заданными свойствами

Совместно с ООО «СИБУР», АО «ТАНЕКО», ГК «ХимРар» ведется разработка платформы, помогающей исследовательским лабораториям и частным исследователям сократить цикл освоения новых продуктов за счет уменьшения числа экспериментов на 30–40% и сокращения потребления сырья на 10–20%. На произведенную интеллектуальную собственность получен охраняемый документ [18].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bekkouch I.E.I. et al. Multi-landmark environment analysis with reinforcement learning for pelvic abnormality detection and quantification // Med Image Anal. Elsevier, 2022. Vol. 78. P. 102417.
2. Kornaeva E. et al. Physics-based loss and machine learning approach in application to non-Newtonian fluids flow modeling // 2022 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2022 – Conference Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022.
3. Butt M.H.F. et al. A Fast and Compact Hybrid CNN for Hyperspectral Imaging-based Bloodstain Classification // 2022 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2022 – Conference Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022.
4. Das P.K. et al. A Systematic Review on Recent Advancements in Deep and Machine Learning Based Detection and Classification of Acute Lymphoblastic Leukemia // IEEE Access. 2022. Vol. 10. P. 81741–81763.
5. AI Radiology [Electronic resource]. URL: <https://ai.innopolis.university/airadiology/> (accessed: 27.10.2022).
6. Колдашов А.С., Карпов И.А. Программа автоматической аннотации медицинских изображений и формирования деперсонифицированных наборов данных для обучения искусственных нейронных сетей в составе продуктов с искусственным интеллектом: пат. 2021680668 USA. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, 2021.
7. Kulathunga G. et al. Optimization-Based Trajectory Tracking Approach for Multi-Rotor Aerial Vehicles in Unknown Environments // IEEE Robot Autom Lett. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022. Vol. 7, № 2. P. 4598–4605.
8. Ramadas M., Abraham A. Segregating Satellite Imagery Based on Soil Moisture Level Using Advanced Differential Evolutionary Multilevel Segmentation // 2022 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2022 – Conference Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022.
9. Hassan J. et al. The Rise of Cloud Computing: Data Protection, Privacy, and Open Research Challenges – A Systematic Literature Review (SLR) // Comput Intell Neurosci. Hindawi Limited, 2022. Vol. 2022. P. 1–26.
10. Kusal S. et al. AI-based Conversational Agents: A Scoping Review from Technologies to Future Directions // IEEE Access. 2022. PP(99):1–1.
11. Bajaj A. et al. Test Case Prioritization, Selection, and Reduction Using Improved Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization // 2022 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2022 – Conference Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022.

- cle Swarm Optimization // *Sensors*. MDPI AG, 2022. Vol. 22, № 12. P. 4374.
12. *Искалиев Р.Д.* Программа для тестирования модели глубокого обучения для обнаружения дефектов турбин авиационных двигателей по фотографиям с использованием компьютерного зрения: pat. 2022662476 USA. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, 2022.
 13. *Гарипов Р.И.* Программа локализации видимых дефектов на боковой части транспортного средства: pat. 2022666320 USA. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, 2022.
 14. *Ахтямов Р.А., Сологуб Е.С.* Инструмент конфигурации микросервисов, использующих методы статистического анализа и машинного обучения. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, 2022.
 15. *Сологуб Е.С., Посаишков И.Ф.* Программа для пре-добработки и хранения данных из внешних источников для последующего использования в аналитических сервисах с применением искусственного интеллекта: pat. 2022668980 USA. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, 2022.
 16. *Das A. et al.* The Open Catalyst Challenge 2021: Competition Report // *Proceedings of Machine Learning Research*. PMLR, 2022. Vol. 176. P. 29–40.
 17. *Faleev M. et al.* Revising Message Passing Graph Neural Networks for Catalyst Design. 2022.
 18. *Лукин Р.Ю., Фалеев М.А., Григорьев Р.А.* Программа для автоматического построения модели структура-активность для предсказания активности малых молекул в процессах ингибирования биологического таргета MCL-1: pat. 2021680832 USA. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, 2021.