

Технологии и искусственный интеллект в лабораторной практике

Андрей Комаров



Фото: НИИОЗММ ДЗМ

Научно-практический центр лабораторных исследований ведет разработку платформы на основе искусственного интеллекта, которая должна помочь врачам при исследовании различных типов биоматериала. О том, как обучаются нейросети, рассказывает Андрей Комаров.

Андрей Комаров, директор Московского научно-практического центра лабораторных исследований Департамента здравоохранения города Москвы

— Андрей Григорьевич, прежде всего расскажите, пожалуйста, о вашем центре, об основных направлениях его работы.

— Наш центр был создан в 2012 году на основе централизованной лаборатории детской поликлиники № 121, ведущей свою историю с 1984 года. В 2020 году в качестве филиалов в него вошли две централизованные лаборатории городской поликлиники № 218 и Диагностического центра № 6. С 2021 года по настоящее время были присоединены лаборатории более половины всех детских поликлиник Москвы. Мы выполняем практически весь спектр лабораторных исследований.

У нас самая широкая линейка исследований среди всех лабораторий — от обычных рутинных анализов (клинических анализов мочи, кала, мокроты, крови) до редких исследований. Мы, по сути, являемся централизованной лабораторией для амбулаторного звена (детских, взрослых поликлиник, женских консультаций) и для стационаров. Количество исследований постоянно растет. В 2023 году мы провели около 46 млн исследований, прогноз на 2024 год — порядка 70–80 млн исследований. Мы также являемся самой крупной микробиологической лабораторией в Москве — примерно 40 % всех подобных исследований проводится у нас.

В 2021 году в нашем центре стали выполнять исследования по секвенированию полного генома коронавируса. Это глобальная работа, по масштабам одна из крупнейших в России и мире, которая проводится с привлечением как амбулаторного, так и стационарного звена. Она позволяет практически в реальном времени следить за тем, как происходит изменение вируса в московской популяции. В 2022 году мы стали



Фото: НИИОЗММ ДЗМ

исследовать вирус гриппа, и летом 2023 года на базе нашей организации был создан Московский геномный центр. В его задачи входит эпидемиологический мониторинг вирусных и бактериальных возбудителей, циркулирующих в московской популяции, изучение антибиотикорезистентности микроорганизмов в стационарах. Сейчас мы работаем над проблематикой внебольничных пневмоний, вызванных микоплазмой.

За 10 лет мы прошли колоссальный путь — от рядовой лаборатории до крупного научно-практического центра. Научно-практическим центром, кстати, единственным у нас в стране в области лабораторной диагностики, мы стали совсем недавно. Наша наука имеет сугубо прикладной характер: все наши разработки мы внедряем в практику.

— В рамках грантовой поддержки мэра в центре разрабатываются 6 инновационных проектов. В каких направлениях ведется научный поиск?

— Одно из направлений — это разработка универсальных тест-систем для идентификации бактерий и грибов,



В центре лабораторных исследований самая широкая линейка исследований среди всех лабораторий

а также определение их генов резистентности к лекарственным средствам методом секвенирования нового поколения (NGS-секвенирования). А также разработка контрольных материалов для биохимии, создание устройства для автоматизации исследований на энтеробиоз, разработка универсальной платформы искусственного интеллекта для микробиологии и цитологии, разработка лабоматов. Лабоматы — это устройства для выдачи одноразовых контейнеров и приема самовзятого биоматериала, которые мы планируем размещать в поликлиниках, женских консультациях.

Суть грантов — сокращение до минимума пути от разработки до внедрения в систему городского здравоохранения. Это уникальный московский опыт, когда на системной основе выдают такого рода гранты и получают конкретный результат. Многие полученные по грантам медицинские изделия или технологии идут в практику. >>>

В 2023 ГОДУ МЫ ПРОВЕЛИ ОКОЛО 46 МИЛЛИОНОВ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОГНОЗ НА 2024 ГОД – ПОРЯДКА 70–80 МИЛЛИОНОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

— **На каком этапе находится ваша разработка в области искусственного интеллекта, на которую вы получили грант?**

— Первый наш уже практически готовый продукт — программное обеспечение для автоматического анализа изображений, получаемых при проведении исследований методом жидкостной цитологии. Мы уже почти полностью разметили на изображениях норму и патологию, за исключением образцов некоторых разновидностей рака. В качестве масштабного предпроизводственного этапа мы пропускаем через искус-

— Перед нами стояла простая практическая задача — нам нужно было снизить себестоимость выполнения жидкостной цитологии. Это исследование — один из самых информативных методов оценки состояния цервикального эпителия, который позволяет диагностировать неоплазии слизистой оболочки влагалища и шейки матки у женщин. Он позволяет обнаружить рак шейки матки на самых ранних стадиях.

Рутинную цитологию на обычном стекле перевести в цифру и автоматизировать гораздо сложнее и дороже: там большая площадь сканирования, клетки распо-

В КАЧЕСТВЕ МАСШТАБНОГО ПРЕДПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭТАПА **МЫ ПРОПУСКАЕМ ЧЕРЕЗ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ВСЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ** БИОПРЕПАРАТОВ И СРАВНИВАЕМ ЗАКЛЮЧЕНИЕ МАШИНЫ С ЗАКЛЮЧЕНИЕМ ВРАЧА



Фото: НИИОЗММ ДЗМ



Фото: НИИОЗММ ДЗМ

ственный интеллект все изображения биопрепаратов и сравниваем заключение машины с заключением врача.

Сейчас для дальнейшего обучения искусственного интеллекта мы начинаем разметку изображений, полученных при проведении микробиологических исследований, копрограммы, анализа мазков на флору. Все стекла с биопрепаратами у нас проходят этап сканирования, их изображения «просматриваются» и верифицируются искусственным интеллектом. После того как это программное обеспечение получит регистрационное удостоверение, его можно будет использовать в практике как диагностическое средство.

— **Почему именно с жидкостной цитологии вы решили начать обучение нейросетей?**

▲ В самой большой лаборатории Москвы исследуются все виды биоматериалов

лагаются не в монослой, и сканирующим устройствам их сложно распознавать. Кроме того, жидкостная цитология позволяет лучше диагностировать рак шейки матки. В том числе из этой же вials (герметично закрывающегося флакона. — ред.) можно еще выполнять молекулярный тест, и для этого исследования отдельно забирать у женщины материал не придется.

— **Что побудило вас заняться оцифровкой этих препаратов?**

— Раньше эти исследования проводились другим способом. Были приборы, которые окрашивают образцы, но визуализация проводилась врачами вручную,



и конечно же это отнимало много времени. Все взятые образцы хранились на стеклах, их невозможно было передать в электронном виде другим врачам, например, чтобы получить второе мнение. Соответственно, мы поставили перед собой задачу повысить производительность труда врача и перевести исследования в электронный вид, чтобы можно было делиться этими изображениями с профильными специалистами.

Почему мы занялись этим направлением? Имеющиеся программно-аппаратные комплексы не удовлетворяли нашим потребностям. Они не давали необходимой автоматизации и освобождения рук врача. Исследуемый в жидкостной цитологии препарат представляет собой кружок диаметром всего лишь 11 мм. Соответственно, небольшая площадь объекта позволяет потратить на сканирование одного стекла 1,5–2 минуты, в то время как сканирование обычного цитологического мазка занимает более 10 минут. Сегодня в рамках этого исследования нам удалось добиться того, что искусственный интеллект «смотрит» 100 % изображений вместе с врачом и в большинстве случаев выдает одинаковые с ним результаты, определяя не только где норма, а где патология, но даже верифицируя отдельные виды патологических клеток. Обучение системы проводилось на тысячах изображений, которые занимают десятки терабайт памяти. Это исследование

с применением технологий искусственного интеллекта в рамках апробации сейчас поставлено на поток в нашем филиале на Варшавском шоссе, и, если на тысячу изображений не будет расхождения с врачебными заключениями — система готова к внедрению в практику.

— Какой процент ошибок выдает нейросеть при этом исследовании?

— По определению нормы расхождений практически нет. Искусственный интеллект выдает очень высокий уровень точности заключений. Ведь мы его обучали на наших собственных материалах и на множестве врачебных заключений, также сделанных нашими специалистами, в том числе и на сложных случаях, которые обычно рассматриваются коллегиально.

Мы поручаем искусственному интеллекту все более сложные задачи. Экспертный уровень машины растет достаточно уверенно. Перечень нозологий, которые он верифицирует, постепенно расширяется. Помимо рака шейки матки, он определяет метаплазию и другие патологические изменения.



Для обучения нейросетей требуется обработка многих тысяч образцов



Фото: НИИОЗММ ДЗМ



Фото: НИИОЗММ ДЗМ

Кроме того, в работе по жидкостной цитологии мы не только исследовали клетки и их измененные формы, но еще и учитывали окружение клеток: грибы, лейкоциты, клеточные форменные элементы, потому что от окружения тоже зависит конечный диагноз. То есть клетка может быть изменена не только потому, что она затронута онкологическим процессом или там есть метаплазия, изменения могут произойти вследствие воздействия на нее внешних факторов, например микробов или лейкоцитов. Значит, это не истинная метаплазия, а связанная с воздействием микробных факторов и факторов клеточного иммунитета.

В настоящее время проходит стадия валидации нашего программного обеспечения, то есть ведется предрегистрационная работа. В виде отдельного медицинского изделия его пока еще нет, но получены достаточно хорошие результаты. Процесс регистрации займет не менее года. После этого платформа может войти в практику столичного здравоохранения и тех



Заключения, сделанные искусственным интеллектом, верифицируются врачом

участников лабораторной диагностики, которые проявляют к ней интерес.

— **Какие еще задачи может решать искусственный интеллект в сфере лабораторной диагностики? Есть ли у вас какие-то еще разработки в этой области?**

— Когда мы только начали заниматься искусственным интеллектом, то сразу же решили, что у нас должна быть универсальная платформа, приспособленная под разные задачи. То есть сами ядра могут меняться, но платформа при этом остается неизменной. И это было правильное решение. Ту же платформу мы используем

МЫ ИСПОЛЬЗУЕМ ОДНУ И ТУ ЖЕ УНИВЕРСАЛЬНУЮ ПЛАТФОРМУ, ЧТОБЫ ОБУЧИТЬ НЕЙРОСЕТИ ИССЛЕДОВАТЬ ФЛОРУ И СОЗДАТЬ СИСТЕМУ ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ



сейчас, чтобы обучить нейросети проводить исследования на флору, на ее же основе создается система для верификации микробиологических объектов. Оба эти проекта сотрудники нашего центра ведут параллельно. Однако приспособить платформу для микробиологических исследований — задача более трудоемкая, поскольку там есть «подводные камни»: колонии бактерий, простейших микроорганизмов, грибов, вирусов не плоские, а объемные. Встает вопрос, как их перевести в цифру, есть сложности и с верификацией таких изображений.

Мы приступили к реализации еще одного проекта, в котором также будут использоваться технологии искусственного интеллекта. Он связан уже не с микрообъектами — сканами стекол, фотографиями, а с макрообъектами — с работающими в наших лабораториях роботами.

устройства универсальны. Меняя захваты, их можно настроить под разные функции. Это оригинальная наша разработка. Таких решений нет ни в Европе, ни в Китае, ни в других странах.

Мы хотим обучить искусственный интеллект взаимодействовать с робототехникой, контролировать производственные процессы, происходящие в лаборатории. Для этого собираемся оснастить помещение камерами. Получая с них изображение, искусственный интеллект сможет распознавать объекты и следить за всем, что происходит в лаборатории. По сути, это уже система менеджмента качества, где нейросети тоже могут

Аппаратно-программный комплекс с искусственным интеллектом обучается взаимодействию с робототехникой



Фото: НИИОЗММ ДЗМ



Фото: НИИОЗММ ДЗМ

— Давно ли роботы появились в вашем центре, какие функции они выполняют? Где здесь фронт работ для искусственного интеллекта?

— Мы открыли для себя коллаборативную робототехнику в конце 2022 года и активно стали внедрять ее в практику с лета 2023 года. Это универсальные робототехнические изделия. Они имеют шесть осей, могут работать совместно с людьми и выполнять определенные манипуляции. У нас их порядка 25 единиц, но это пока. В перспективе эти устройства будут выполнять все рутинные функции персонала: перемещение объектов, закрывание и открывание крышек с пробирок, работа со штативами. Они могут ставить чашки Петри в термостат, вынимать их оттуда, отставлять в сторону, выполнять массу других манипуляций. Самое главное — эти

успешно применяться. Процесс совершенствования бесконечен.

— Как вы планируете дальше развиваться? Какие у вас планы на перспективу?

— Мы собираемся переводить количество в качество и в новые ценности, новые технологии. Основные социальные задачи нашего центра — это прежде всего развитие отечественных технологий лабораторной диагностики, импортозамещение и способствование локализации этих технологий — мы тоже в этом направлении работаем. А кроме того — развитие новых технологий в IT-сфере, роботизации, автоматизации новых систем, которые будут работать и внедряться в практику. 