

УДК 004.3 – 004.9

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОИПИ НАН БЕЛАРУСИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ВОПРОСА



Круглик С.В.
Генеральный директор
ОИПИ НАН Беларуси,
доктор военных наук,
кандидат технических наук,
доцент



Касанин С.Н.
Заместитель
генерального
директора
по научной работе
ОИПИ НАН Беларуси,
кандидат технических
наук, доцент



Бондоловский А.М.
Заместитель
генерального директора
по научной и
инновационной работе
ОИПИ НАН Беларуси,
кандидат
экономических наук

Аннотация. Государственное научное учреждение «Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси» (ОИПИ НАН Беларуси) является ведущим научным учреждением Беларуси в области информатики и информационных интеллектуальных технологий. Задачи института состоят в получении результатов мирового уровня в области цифровой трансформации экономики, социальной сферы и государственной деятельности, робототехники и искусственного интеллекта, использовании цифровых технологий в космических исследованиях, практическое использование цифровых технологий, направленное на создание высокотехнологичной и конкурентоспособной продукции белорусских предприятий, снижение импорта, потребления ресурсов и энергии, оптимальное использование природных ресурсов, повышение уровня медицинского обслуживания населения и здоровья нации, обеспечение надежности и достоверности цифровой информации, повышение эффективности государственного управления и социальной сферы, обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций, развитие космической деятельности в Республике Беларусь. Эти задачи коррелируют с положениями стратегии «Наука и технологии 2018-2040», а именно с приоритетами «Цифровой контур интеллектуальной экономики», «Роботизация и мехатроника», «Космические системы», «Экология и рациональное природопользование», «Социокультурный контур интеллектуальной экономики» этой стратегии.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, алгоритмы, методы, медико-биологические данные, изображения, речевая и текстовая информация, анализ данных разных типов и объёмов, распознавание образов.

Введение. За последний период в ОИПИ НАН Беларуси получен ряд крупных фундаментальных результатов в области моделирования сложных динамических систем, обработки изображений и распознавания образов (в промышленности, медицине, данных дистанционного зондирования Земли), синтеза речи по тексту, что подтверждается публикациями в научных изданиях республики, выступлениями с докладами на международных форумах за рубежом, так и результаты прикладного характера, ориентированные на использование в республике. При этом их большая часть результатов уже нашла практическое применение в виде внедренных разработок.

Основная часть. Основными направлениями научных исследований ОИПИ НАН Беларуси на 2021-2025 гг. определены следующие.

Модели, методы и алгоритмы, основанные на использовании и анализе данных разных типов и объёмов, предназначенные для решения задач распознавания образов, создания проблемно-ориентированных и экспертных систем.

Модели, методы, алгоритмы и программные средства интеллектуальной обработки, анализа и распознавания медико-биологических данных, изображений, речевой и текстовой информации и разработка на их основе информационных технологий и систем медицинского и социального назначения.

Модели и методы для систем поддержки принятия решений при планировании и управлении высокотехнологичными, роботизированными производствами и электротранспортом.

Нелинейные модели самоорганизации хаотических волновых процессов в приложениях к анализу динамики сложных систем и явлений, нейросетевых структур и цифровых сигналов

Информационная поддержка конструкторско-технологической подготовки аддитивного производства.

Робастное интеллектуальное управление в мехатронных технических и биотехнических системах.

Модели и методы оптимизации энергопотребления, площади и быстродействия заказных сверхбольших интегральных схем.

Инструментальная среда и базовые принципы проектирования и использования моделей семейства специализированных малогабаритных кластерных конфигураций с низким уровнем шума для решения ресурсоёмких задач с большим объёмом потоковых операций.

Компьютерные модели многоспектральных фотоэлектрических преобразующих устройств с оптическими концентраторами и прототипирование перспективных образцов интегрированной оптоэлектроники для информационных систем.

Модели, методы и средства цифровой безопасности технологий «умный город».

Методы, алгоритмы, архитектура и технологии цифровизации историко-культурной информации.

Поведенческие и интеллектуальные методы обнаружения атак в телекоммуникационных сетях.

Разработки ОИПИ НАН Беларуси. К числу важнейших результатов фундаментальных, ориентированных фундаментальных и прикладных исследований относятся следующие:

1 Впервые в Республике Беларусь проведен *SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)* – анализ внутренних и внешних факторов, влияющих на реализацию проекта «умный город». В качестве базового города выбран Кричев. Определены важнейшие количественные и качественные индикаторы оценки внедрения цифровых технологий и развития информационного общества в Кричеве по направлениям: государственное управление, инновационная экономика и городская инфраструктура. Технологии «умного города» позволят усовершенствовать систему управления и взаимодействия государственных органов власти с обществом, повысят эффективность работы городских служб.

2 Впервые в Республике Беларусь выполнен полногеномный анализ ассоциаций на наборе данных, состоящем из 1257 полных геномов микобактерии туберкулеза с известным статусом устойчивости к лекарственным препаратам. Разработан программный комплекс для выполнения анализа данных полногеномного секвенирования клинических изолятов микобактерии туберкулеза с целью получения индивидуального таргетного мутационного профиля, необходимого для поддержки принятия решений о назначении адекватной антимикробной химиотерапии. Особенность комплекса заключается в применении аннотации

файла мутационного профиля удаленной онлайн системой *RAST* и использовании функции *de novo* сборки исходных геномных данных сборщиком геномов *A5*.

3 Разработаны:

– алгоритм локализации узловых образований на изображениях компьютерной томографии легкого и оценки злокачественности локализованных образований с использованием методов глубинного обучения. Выполнена подготовка дополнительных данных. Для локализации узловых образований выборка включает более 750 000 образцов, из которых около 4300 являются узлами. Для оценки злокачественных образований обучающая выборка включает 383 образцов, из которых 243 являются раковыми опухолями или метастазами. Реализована двухстадийная процедура оценки наличия злокачественных образований в легких – на первом этапе выполняется отбор узловых образований, на втором этапе – разбиение на злокачественные и другие виды узловых образований – доброкачественные, кальцинаты. Из области сегментированных легких выполняется многократная выборка областей интереса к классу узловых образований, и далее – к классу злокачественных образований. Соотнесение области интереса к тому или другому классу выполняется с помощью обученных свёрточных нейронных сетей. Алгоритм локализации узловых образований позволяет улучшить локализацию узловых новообразований в лёгких за счёт формирования большого количества аннотированных данных и использования методов глубинного обучения на основе свёрточных нейронных сетей;

– метод интонирования в системах синтеза русской речи по текстам. Набор мелодических портретов позволяет осуществить результативное интонирование синтезированной речи по тексту с различным количественным составом входящих в него синтагм, обеспечивая также возможность индивидуального варьирования высоты голоса. Выбор того или иного мелодического портрета для интонирования синтезированной речи осуществляется на основе анализа синтаксических и лексических особенности предложений, из которых состоят тексты;

– методика использования ансамблей нейронных сети для идентификации объектов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которая включает: подготовку данных, определение признаков объектов, формирование архитектуры модели идентификации и поиск гиперпараметров модели. Предложены модели для анализа изображений ДЗЗ на основе сверточных нейронных сетей. Методика была применена при проведении эксперимента с использованием данных ДЗЗ. Оценка предложенных моделей показала, что одним из эффективных способов увеличения точности в задачах машинного обучения является формирование ансамбля разнородных моделей, обучаемых на разных наборах входных признаков. Разработан алгоритм распознавания состояния растительности на базе двух сверточных нейронных сетей (СНС) по данным аэрофотосъемки. Предложенный алгоритм позволяет снизить влияние шумовых факторов (освещение, солнечные блики) на качество получаемых карт пораженной растительности. При этом использование двух СНС позволило снизить искажение цветовых характеристик изображений окрестностей пикселей при попадании в него растительности и почвы. Тестирование распознавания производилось на аэрофотоснимках, на которых присутствуют заметные участки пораженной растительности. Полученная при тестировании точность 75-84% зависит от разрешения снимка, освещения и количества «пятен» почвы в растительной массе;

– метод оценки качества цифровых изображений на базе нелинейных функций. Метод опробован на изображениях с разными видами искажений. Выполнены анализ и классификация известных методов построения без эталонных оценок качества цифровых изображений. Отобран ряд мер, позволяющих оценить контраст и резкость цифровых изображений. Полученные результаты могут быть использованы в автоматизированных

системах оперативной оценки качества цифрового изображения, например, в системах дистанционного зондирования Земли или цифровых медицинских комплексах;

– алгоритм отслеживания объектов, наблюдаемых движущейся видеокамерой. Особенность алгоритма заключается в адаптации набора признаков объекта к фону текущего кадра. Из исходного набора признаков объекта удаляются те, которые присущи в большей мере фону. Оставляются признаки в большей мере характерные объекту и в то же время наименее характерные для фона текущего кадра. Признаки вычисляются путем кластеризации 3D-векторов цвета пикселей кадров быстрой версией известного алгоритма *k*-средних или разбиением цветового пространства на 3D-параллелепипеды. Еще одна особенность алгоритма заключается в его вычислительной простоте, что делает возможным его использование на небольших мобильных вычислителях, например, на *Jetson TX1* или *TX2*. Алгоритм может использоваться для реализации технологии сопровождения объектов, наблюдаемых бортовой видеокамерой летательного аппарата;

– метод генерации статистического атласа новообразований в легких различных типов с использованием набора данных размеченных рентгенологических изображений с помеченными вручную новообразованиями, ассоциированными с туберкулезом легких. Использование данного метода позволит получать статистические атласы распределения новообразований для разных когорт пациентов, больных туберкулезом легких либо другими заболеваниями, связанными с поражениями легких. Полученные данные могут быть использованы для выявления особенностей протекания заболеваний при их различных характеристиках;

– метод приоритизации генов на основе совместного использования биологических сетей межгенных связей и информации о генных мутациях, базирующийся на использовании оптимизационного алгоритма случайного блуждания для оценки критериев важности генов. Предложенный метод позволяет повысить эффективность ранжирования генов, связанных с заболеванием, повысить эффективность выделения и приоритизации генов с низкой частотой мутаций, которые одновременно являются драйверами сложных заболеваний и не могут быть распознаны с использованием традиционных статистических подходов;

– лабораторная технология для оценки комплекса параметров речевой интонации, включающая комплекс программных средств анализа параметров мелодии и темпа многоязычной речи и обеспечивающая визуальное отображение фразовых контуров частоты основного тона и количественную оценку правильности интонирования нормальной и патологической речи;

– математическая модель и алгоритмы решения задач оптимизации зарядной инфраструктуры парка электробусов с их подзарядкой в ночное время в единственном депо станциями медленной и быстрой зарядки на конечных остановках маршрутов, с учетом таких параметров как длительность зарядки парка электробусов в депо и на конечных остановках, расписание их зарядки в часы пик на конечных остановках и в депо в ночное время, количество станций зарядки для депо и количество конечных остановок;

– цифровой двойник сферического мобильного робота с уникальным способом создания вращающего момента, который заключается в смещении центра масс робота относительно геометрического центра его сферической оболочки;

– методы обработки изображений листвы сельскохозяйственных культур для использования в управлении пропашным культиватором в автоматическом режиме;

– программный комплекс прогнозного мониторинга и поддержки принятия решений по снижению ущерба вследствие болезней картофеля с использованием разновременных спутниковых данных и наземной информации.

В ОИПИ НАН Беларуси созданы научно-методические и программно-технические предпосылки разработки и внедрения в народно-хозяйственном комплексе страны

прорывных информационных технологий проектирования, моделирования и оптимизации конкурентно способных объектов новой техники, устройств и систем.

1 Суперкомпьютер «СКИФ-ГЕО-ЦОД-РБ» и офисный суперкомпьютер «СКИФ-ГЕО-ОФИС-РБ», прикладное программное обеспечение «СКИФ-НЕДРА» и опытный образец аппаратно-программного комплекса (АПК) для повышения эффективности поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Кластер «СКИФ-ГЕО-ЦОД-РБ» занял в сентябре 2018 г. 37 место в рейтинге вычислительных систем СНГ. АПК передан для эксплуатации в НПЦ по геологии.

2 Первая в СНГ республиканская автоматизированная информационной система «Электронный рецепт», обеспечивающая регистрацию ресурсов и обмен информацией о выписанных электронных рецептах между медицинскими и фармацевтическими информационными системами, а также информационными системами других участников информационного обмена. К информационной системе «Электронный рецепт» подключены 582 учреждения здравоохранения, 8 государственных и 62 коммерческих аптечных сетей. Суточное количество транзакций в этой системе составляет около 12,7 млн. операций (около 170 в секунду). Всего с использованием системы «Электронный рецепт» выписано более 20 миллионов электронных рецептов.

3 Потенциальные ингибиторы проникновения вируса иммунодефицита человека (ВИЧ-1) – пептидомиметики клеточного рецептора *CD4* и нейтрализующих антител широкого спектра действия, обнаруженные с помощью методов компьютерного скрининга и молекулярного моделирования. На основе полученных данных показано, что идентифицированные соединения формируют перспективные базовые структуры для создания новых, эффективных и безопасных анти-ВИЧ препаратов, блокирующих ранние стадии жизненного цикла вируса.

4 Специализированное программное обеспечение (СПО) подвижного навигационно-топографического комплекса (ПНТК), разработанное специалистами ОИПИ НАН Беларуси, предназначено для решения задач по топогеодезическому и навигационному обеспечению боевых действий войск на оперативно-тактическом и тактическом уровнях. Поставляемое в составе ПНТК СПО обеспечивает решение следующих функциональных задач: мониторинг местности с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА), комплексный анализ геопро пространственной информации, ее систематизация и подготовка предложений по ее применению, сбор, анализ и обработка полученной информации в интересах выявления изменений местности, оперативное исправление цифровой информации о местности по материалам съемки, полученной с БПЛА, определение координат наблюдаемых стационарных и движущихся объектов в реальном масштабе времени, формирование пространственных моделей местности, в том числе 3D-моделей и их визуализация на экране коллективного пользования, формирование баз данных геопро пространственной информации.

5 Специализированное программное обеспечение подвижного навигационно-геодезического комплекса (СПО ПНГК), разработанное специалистами ОИПИ НАН Беларуси, предназначено для решения следующих функциональных задач: ведение топографической разведки местности с использованием оптико-электронных средств и интегрированного навигационно-информационного комплекса; определение собственного местоположения ПНГК по данным интегрированной навигационной аппаратуры с автоматическим отображением его на электронной карте (ЭК) местности; создание по результатам топографической разведки средств топогеодезической информации; решение расчетных и информационных задач по ЭК с использованием геоинформационной системы; формирование и ведение (хранение, обновление) банка данных цифровой информации о местности; тиражирование (на бумаге, магнитных,

электронных и оптических носителях информации) текстовых и графических цифровых документов о местности.

Разработанные средства обеспечивают повышения оперативности топогеодезической разведки местности, доведение данных разведки до войск и воинских формирований, реализованы на современных методах цифровой обработки изображений и геоинформационных технологиях.

6 Исследованы и программно реализованы на *Python* и *C++* новые нейросетевые алгоритмы *Yolov4*, *Yolov5*, *Yolov7* обнаружения объектов на видеопоследовательностях с использованием различных технологий *ONNX (CPU)* и *PyTorch, TensorFlow, TensorRT (CUDA)*, позволяющих применять алгоритм на различных вычислителях с максимальным быстродействием. Выполнено обучение указанных алгоритмов на различных обучающих выборках. Проведен сравнительный анализ надежности, быстродействия программных реализаций на стандартных наборах видеоданных и видео, отснятых с беспилотных летательных аппаратов.

Планируется модифицировать новые нейросетевые алгоритмы и использовать их модификации для построения алгоритмов обнаружения и сопровождения объектов интереса, в том числе наблюдаемых бортовыми видеокамерами беспилотных летательных аппаратов, в режиме близком к режиму реального времени.

Разработанные алгоритмы позволяют выполнять обнаружение объектов в режиме близком к режиму реального времени на вычислителях (одноплатных компьютерах) небольшого размера (например, *Khadas VIM3 Pro, NVIDIA Jetson TX2*), которые могут быть установлены на борт беспилотного летательного аппарата и не требуют больших энергозатрат.

Программные реализации алгоритмов обнаружения и сопровождения объектов интереса, в том числе наблюдаемых бортовыми видеокамерами беспилотных летательных аппаратов востребованы в настоящее время для мониторинга безопасности движения и контроля его интенсивности, а также при решении ряда задач в военной области.

7 Разработана генеративная модель нейронной сети на основе элементов долгой краткосрочной памяти (*LSTM*), позволяющая получать *SMILES*-описания химических соединений с заданной энергией связывания с белком *gp120* оболочки ВИЧ-1. С помощью разработанной модели сгенерирован набор молекул, для которых методом молекулярного докинга построены структурные комплексы с терапевтической мишенью. Большая часть сгенерированных соединений (76%) имеет энергию связывания с мишенью ниже пороговой, что говорит об успешном обучении нейронной сети.

8 Создана платформа искусственного интеллекта – это веб-приложение для специалистов в сфере искусственного интеллекта и всех, кто интересуется этой сферой. Платформа содержит:

- информацию о научных (научно-технических, научно-практических) мероприятиях, проводимых по проблемам искусственного интеллекта и интеллектуальных технологий;

- команды теоретиков, разработчиков и практиков в области искусственного интеллекта и интеллектуальных технологий.

Цель проекта – собрать на Едином портале под эгидой НАН Беларуси отечественные и зарубежные компании, команды и индивидуальных разработчиков, и практиков в области искусственного интеллекта, выстроить общую политику их работы в этой предметной области. Ссылка: <https://belai.by/>

9 Разработан голосовой *AI*-ассистент – платформа с вопросно-ответными системами, с которыми можно поговорить голосом и текстом. *AI*-ассистентом можно воспользоваться в *Web*-пространстве, *Telegram-Bot*, мобильных приложениях для *iOS* и *Android* платформ.

Цель разработки – обеспечить эффективный и простой в использовании механизм представления общей информации и решения вопросов пользователей.

Вопросно-ответная система позволяет пользователю голосом задать вопрос и получить на него звуковой ответ. За счет использования искусственного интеллекта она дает возможность получать быстрые, качественные и точные ответы на различные вопросы. В результате ежедневного обучения голосовой ассистент может как ответить вам на запросы о науке, так и сделать забавные предложения.

Прикладные исследования ОИПИ НАН Беларуси на 2021-2025 гг. в различных областях.

Электронное здравоохранение. Разработка основных подсистем Центральной информационной системы здравоохранения Республики Беларусь.

Развитие медицинских информационных систем «Клиника», «Веб-поликлиника», обеспечивающих комплексную информатизацию медицинских учреждений, а также телемедицинских систем, разработанных специалистами ОИПИ НАН Беларуси, интеллектуальными инструментами поддержки диагностики на основе применения технологий искусственного интеллекта.

Разработка технологий цифровой трансформации сферы здравоохранения Республики Беларусь на основе внедрения интеллектуальных методов и систем анализа биомедицинской информации.

Разработка и освоение программного обеспечения методики анализа потребности медицинских учреждений в трансфузионных веществах.

Разработка и внедрение модели прогноза рецидивов костных сарком с учетом экспрессии молекулярных маркеров в опухолевой ткани и интеллектуальной информационной системы прогнозирования рисков развития рецидивов.

Разработка и внедрение системы поддержки принятия решений для определения тактики трансфузиологической помощи на базе стандарта *FHIR v.3* обмена медицинскими данными.

Оказание наукоемких услуг по эксплуатации, сопровождению и технической поддержке республиканской автоматизированной информационной системы «Электронный рецепт».

Государственная система научно-технической информации.

Разработка и реализация интегрированной системы, обеспечивающей сбор и управление информацией о событиях сетевой безопасности пользователей, а также федеративный доступ к сервисам и ресурсам академсети *BASNET* и научно-образовательной сети *GEANT*.

Разработка автоматизированной системы информационного обеспечения инновационной деятельности и трансфера технологий в НАН Беларуси на новой программно-информационной платформе.

Разработка комплекса информационно-технологических систем для автоматизации научных и научно-технических библиотек на основе облачных *Web*-технологий.

Разработка и введение в эксплуатацию программного комплекса многопоточной обработки научной информации для сервисного обслуживания пользователей Белорусской сельскохозяйственной библиотеки.

Разработка программного комплекса инфометрической диагностики потока публикаций для обслуживания пользователей БелСХБ.

Технологии обработки космических данных.

Создать программный комплекс сбора, хранения и обработки данных ДЗЗ на базе технологии «куба данных» (*data cube*), обеспечивающий удаленный доступ к актуальным многоспутниковым данным ДЗЗ на Республику Беларусь, их оперативную централизованную обработку и анализ для решения научно-технических и образовательных задач (ПК «*BYCube*»).

Разработать программный комплекс прогнозного мониторинга и поддержки принятия решений по снижению ущерба вследствие болезней картофеля с использованием разновременных спутниковых данных и наземной информации.

Разработать технологию и программные средства мониторинга выбросов парниковых газов с торфяных месторождений Беларуси, используемых для промышленной добычи торфа, с применением данных дистанционного зондирования Земли

Развитие производства и услуг. В ОИПИ НАН Беларуси продолжают работу производственные участки по разработке программного обеспечения и предоставлению вычислительных ресурсов и интернет-услуг:

– производственный участок разработки информационных систем для здравоохранения на базе лабораторий информационно-аналитических систем, биоинформатики, анализа биомедицинских изображений;

– разработка и внедрение картографических информационных систем и ГИС на базе лаборатории картографических систем и технологий;

– производственный участок – предоставление телекоммуникационных услуг академсети *BASNET*;

– производственный участок – предоставление вычислительных ресурсов, разработка программного обеспечения и суперкомпьютеров, реализован на базе Республиканского суперкомпьютерного центра коллективного пользования, лабораторий высокопроизводительных систем, синтеза технических систем и робототехнических систем);

– производственный участок сборки наноспутников в Национальной академии наук Беларуси (разрабатывается совместно с НИРУП Геоинформационные системы в 2021г).

ОИПИ НАН Беларуси является «Офисом цифровизации НАН Беларуси», здесь также созданы и успешно работают два кластера:

– Межведомственный исследовательский центр искусственного интеллекта;

– Научно-технический центр цифровых технологий.

Основными стратегическими направлениями и перспективами их развития в ОИПИ НАН Беларуси определены:

1 Машинное обучение, нейронные сети и искусственный интеллект.

2 Высокопроизводительные и облачные вычисления.

3 Биоинформатика.

4 Интернет вещей, роботика и 3D печать. Создание цифровых двойников реальных процессов.

5 Управление дронами, автономными транспортными средствами и электротранспортом.

6 Цифровой мониторинг людей, объектов и территорий с целью определения их состояния и обеспечения безопасности, включая дистанционное зондирование Земли из космоса.

7 Защита информации с помощью машинного обучения.

Авторский вклад

Авторы внести равноценный вклад.

MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL TECHNOLOGIES IN UIIP NANS: THEORY AND PRACTICE OF THE ISSUE

S.V.Kruglikov

*General director of UIIP
NASB, DSc in military
sciences, PhD in engineering,
Associate Professor*

S.N.Kasanin

*Deputy general director
of UIIP NASB, PhD in
engineering, Associate
Professor*

A.M.Bondolovsky

*Deputy general director
of UIIP NASB, PhD in
economy*

Annotation. The State Scientific Institution «United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus» (UIPI NASB) is the leading scientific institution of Belarus in the field of computer sciences and information intelligent technologies. The objectives of the Institute are to obtain world-class results in the field of digital transformation of the economy, social sphere and government activities, robotics and artificial intelligence, the use of digital technologies in Space research, the practical use of digital technologies aimed at creating high-tech and competitive products of Belarusian enterprises, reducing imports, reducing the consumption of resources and energy, optimal use of natural resources, increasing the level of medical care for the population and the health of the nation, ensuring the reliability of digital information, increasing the efficiency of public administration and social sphere, ensuring security and protection from emergency situations, developing Space activities in the Republic of Belarus. These tasks correlate with the provisions of the strategy «Science and Technology 2018-2040», namely with the priorities «Digital circuit of the intelligent economy», «Robotics and mechatronics», «Space systems», «Ecology and rational use of natural resources», «Sociocultural circuit of the intellectual economy».

Keywords. Artificial intelligence, algorithms, methods, medical and biological data, images, speech and text information, analysis of data of various types and volumes, pattern recognition.