



Основные результаты ЛАМОД за 2024 г.

Краткий обзор

С.А. Доленко

Основные направления работы ЛАМОД - 2024

- Решение многопараметрических **обратных задач** (ОЗ)
 - ОЗ разведочной геофизики (подход «от модели»)
 - ОЗ спектроскопии (подходы «от эксперимента» и «квазимодельный»)
- Решение задач **прогнозирования** космической погоды
 - Геомагнитные индексы, потоки заряженных частиц на ГСО
 - Прогнозирование **уровня** (класса) геомагнитного возмущения
 - Методы дискретного кодирования и анализа последовательностей
- **Экспериментальные исследования** в области спектроскопии
- Обработка сигналов полупроводниковых газовых сенсоров в динамическом температурном режиме («**электронный нос**»)
- Развитие алгоритмов **отбора входных признаков** задачи
 - Алгоритм отбора в условиях **мультиколлинеарности признаков**
- Нейросетевая **генерация** дополнительных данных

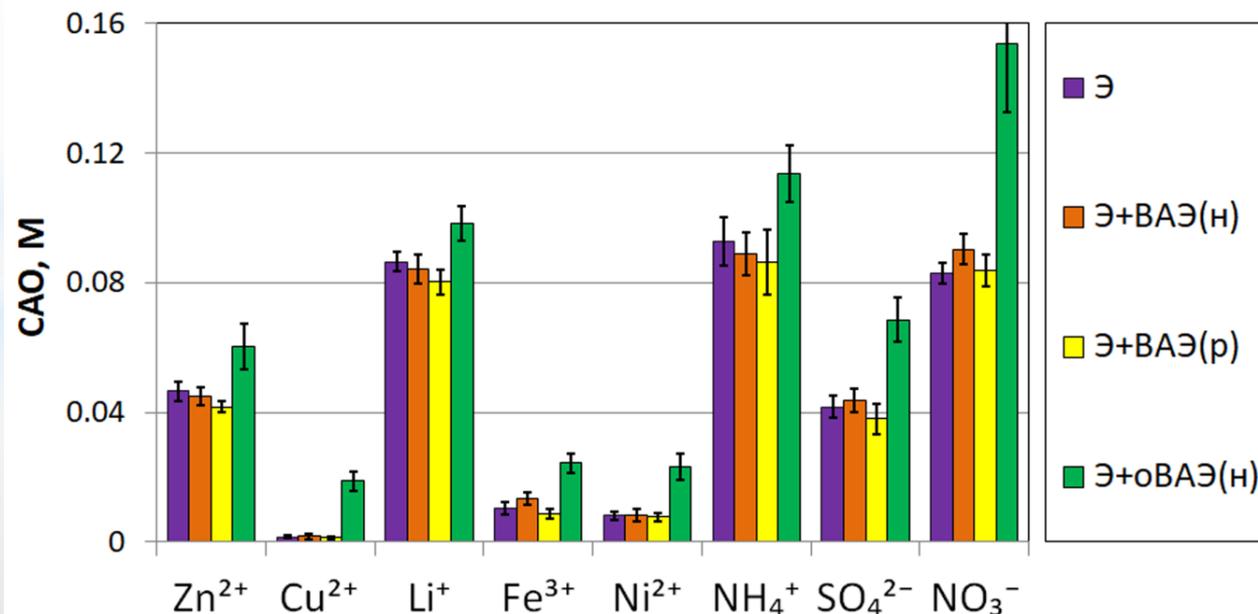
Основные направления работы ЛАМОД - 2024 (2)

- Разработка **алгоритмов и методик** решения различных типов задач
 - Новые типы архитектур (сети Колмогорова-Арнольда), доменная адаптация, перенос обучения, дрейф динамики и др.
- Оценка оптимальных условий/параметров гидротерамального синтеза углеродных точек (задача «**параметры-свойства**»)
- Обработка данных в **КОГНИТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**
 - Применение методов машинного обучения для анализа **данных фМРТ**. Задача «Когновизор».
- «**Эволюция глубокого обучения**» :
ИИ-агенты с коллективным взаимодействием - от содержательных моделей к нейронным сетям и их эволюционной оптимизации
- **Преподавание** в области машинного обучения
 - Факультативные курсы для студентов и курсы повышения квалификации

Сотрудничество с ЛКФИ ОКН НИИЯФ, физическим, химическим факультетами МГУ, РГГРУ, ИИКС НИЯУ МИФИ, обсуждение сотрудничества с ИПИМ МГУ, НИЦ «КИ». Участие в научно-образовательной школе МГУ «Космос».

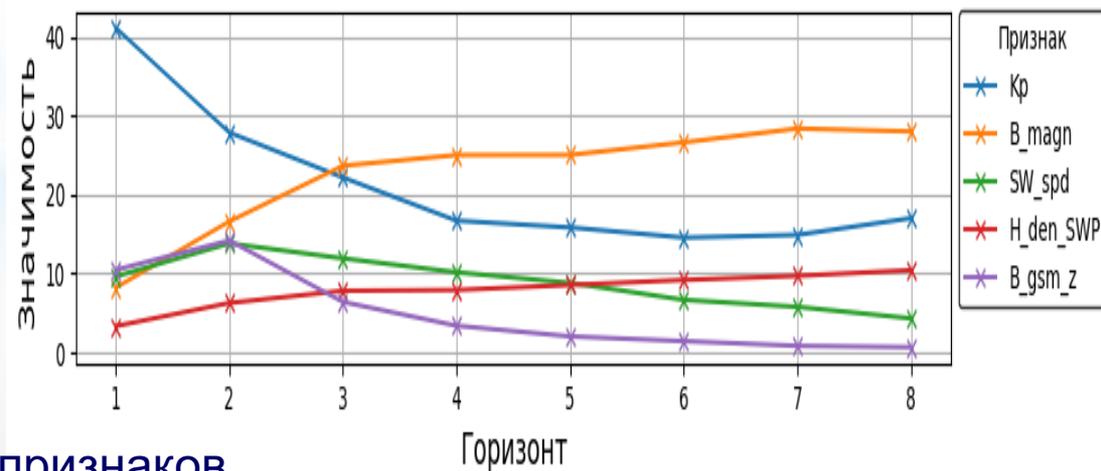
Нейросетевая генерация модельных спектров

- Для генерации модельных спектров использовались **вариационные автоэнкодеры**— вид генеративных нейронных сетей
- Данные пропускаются через т.е. **латентное пространство** (ЛП) пониженной размерности, в котором при обучении сети формируется **нормальное распределение** данных
- Путем выбора точек в ЛП возможна **генерация данных**, результат которой зависит от того, **какое распределение** используется при генерации
- Добавление модельных данных при обучении может **понижить погрешность** решения задачи
- Генерация из **равномерного** распределения несколько лучше, чем из **нормального**
- Работа продолжается



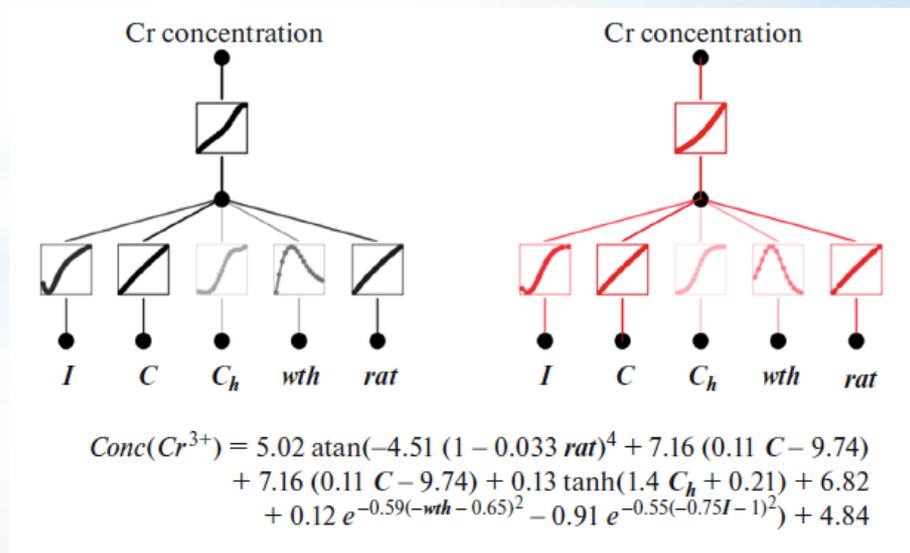
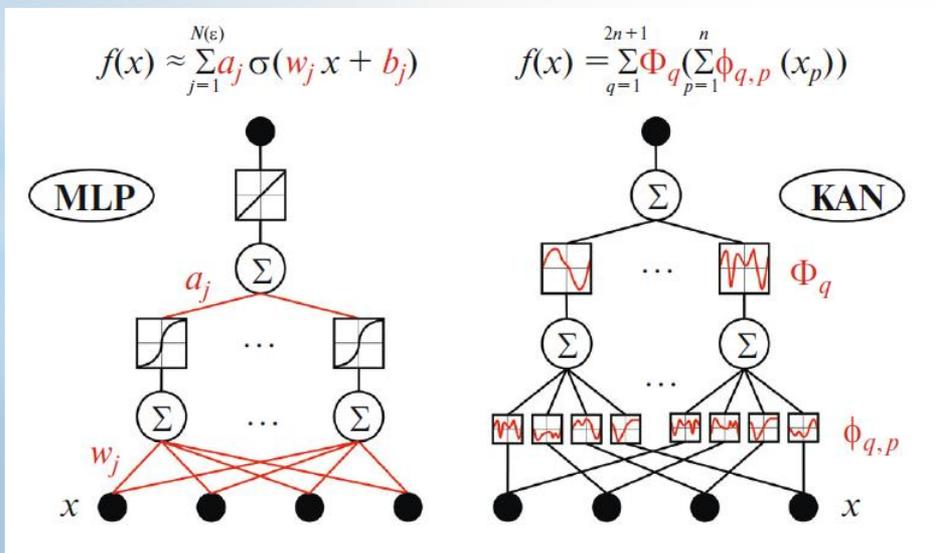
Прогнозирование геомагнитного индекса Kp

- От прогнозирования **класса** геомагнитного возмущения (принадлежности к тому или иному диапазону) мы вернулись к прогнозированию **уровня** (значения Kp)
- Учитывалась специфика индекса Kp (значение появляется один раз в три часа)
- Горизонт** прогнозирования от 3 до 24 часов с шагом 3 часа
- Для каждого горизонта **три модели** – часы типа T0, T1 и T2
- Без погружения или с погружением** временных рядов на 8 отсчетов (сутки), а также 48, 72, 96 часов
- Спектр **методов машинного обучения**: гребневая регрессия, **градиентный бустинг**, многослойные персептроны, рекуррентные сети LSTM, свёрточные сети
- Горизонт 1 - $R^2=0.805$, СКО=0.56
- Горизонт 3 - $R^2=0.411$, СКО=0.98
- Горизонт 8 - $R^2=0.097$, СКО=1.21
- Получены **оценки значимости** признаков в зав. от горизонта
- Учёт предыстории важен
- Глубина различна для разных признаков



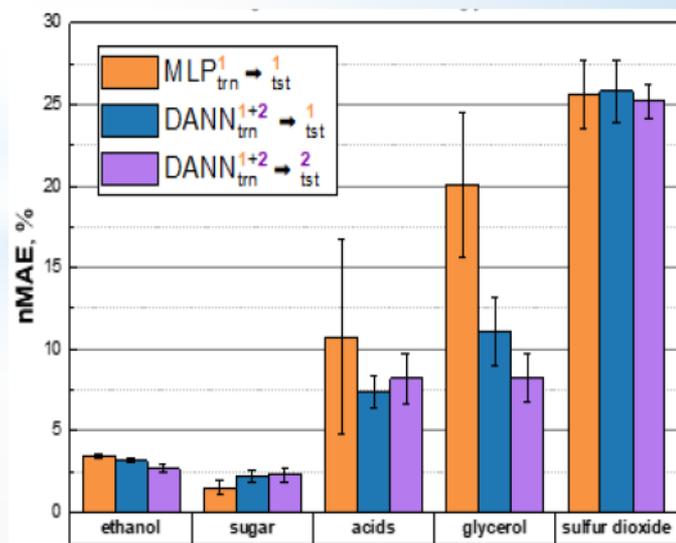
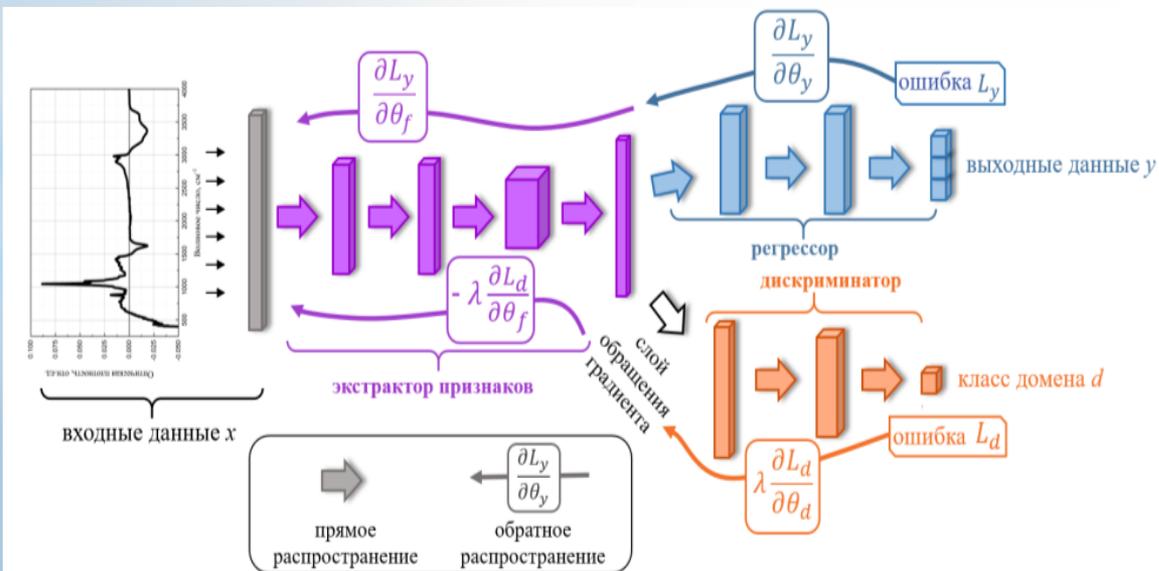
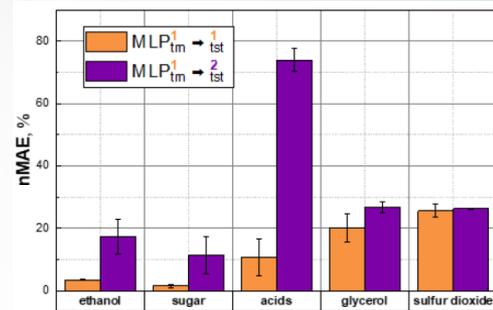
Нейронные сети Колмогорова-Арнольда

- **Новый** активно исследуемый сообществом вид нейронных сетей, предложенный в 2024 году
- Преимущество: **интерпретируемость** результата
- Результаты **сравнимы** с результатами перцептронов
- Недостаток: более **высокая вычислительная стоимость**
- Проверялось на задаче определения **концентраций ионов тяжёлых металлов** в растворах по спектрам флуоресценции
- **Параметризация** спектра 5 параметрами



ИК-спектроскопия вин: применение доменно-состязательного подхода

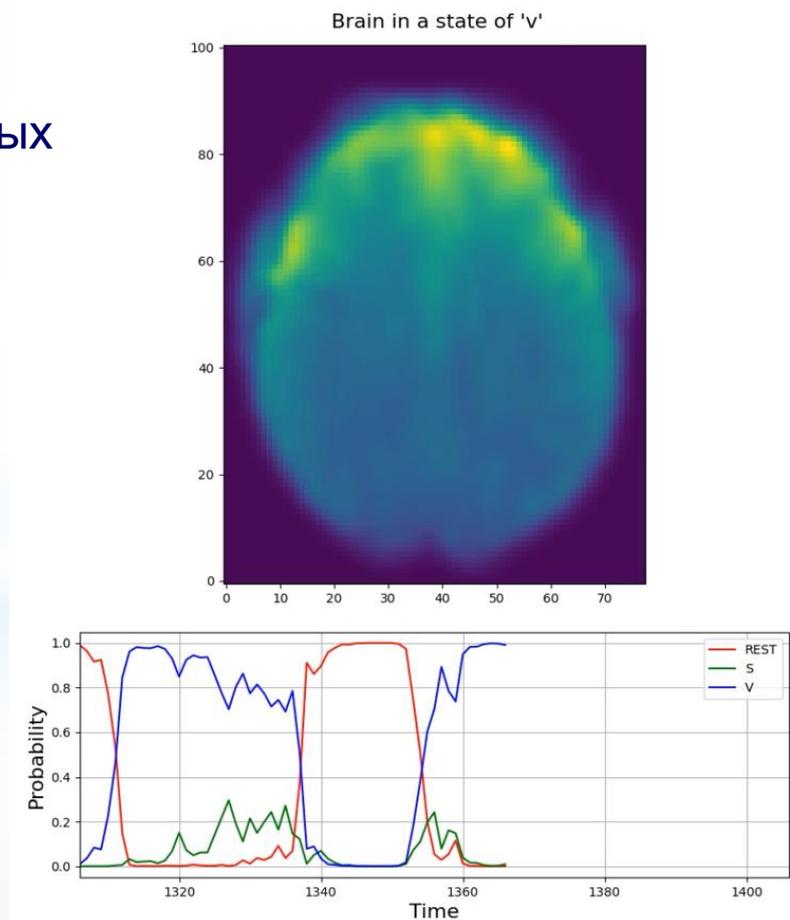
- Задача определения **состава вин** по спектрам ИК поглощения
- **Определяются:** этанол, сахара, кислоты, глицерин, SO₂
- **Два подхода** к измерению спектров (прокачка, капля)
- Необходимость использовать оба массива **одновременно**
- Перекрестное применение: большая ошибка
- **Доменно-состязательная сеть:** ошибка меньше, чем на данных одного массива



Обработка данных фМРТ: динамический когновизор

Продемонстрирована **эффективность** методов машинного обучения при обработке данных **функциональной МРТ**

- Определялся **тип задачи**, решаемой испытуемым (состояние покоя, 2 задачи пространственного типа S, 6 задач вербального типа V)
- 31 испытуемый от 18 до 29 лет
- Чрезвычайно **высокая размерность** данных
- **Понижение** размерности с помощью анализа главных компонент
- **Методы**: логистическая регрессия, градиентный бустинг
- **Классификация** на 2 (активность-покой), 3 (S-V-покой) или 7 классов
- **Хорошие результаты** на 2 класса (>81%) и 3 класса (около 68%)
- **Перспектива**: свёрточные нейросети



Преподавание машинного обучения

Курс «**Машинное обучение в физике**» (факультатив для студентов) (осень)

Курс «**Машинное обучение. Искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы**» (курсы повышения квалификации и факультатив для студентов)

- Искусственные **нейронные сети** и другие алгоритмы машинного обучения

- Основы **предобработки данных**

- Генетические** алгоритмы, генетическое программирование

- Нечёткая логика**, метод группового учёта аргументов

- Современный **инструментарий** для практической работы по анализу данных

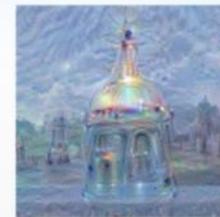
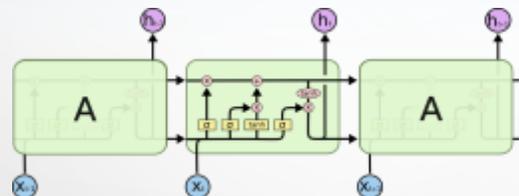
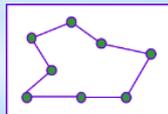
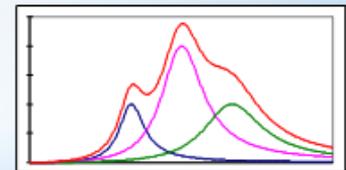
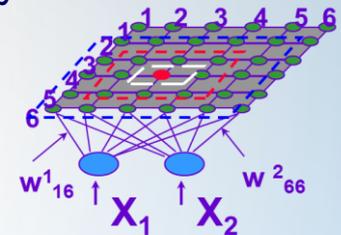
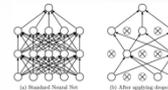
- Практические** занятия с использованием языков **R** и **Python**

- Самостоятельная работа под руководством преподавателя

- Сайт курсов: <http://kpk-nnga.sinp.msu.ru/>

- Для студентов, аспирантов и **сотрудников МГУ** участие **бесплатное**

- В этом году весенний курс стартует **25 февраля**





Спасибо за внимание!

Благодарю коллег и соратников:

- И.В.Исаев, К.А.Лаптинский, И.В.Пластинин, В.Р.Широкий, Р.Д.Владимиров – ЛАМОД
- И.М.Гаджиев, А.А.Гуськов – аспиранты физического факультета МГУ
- А.С.Мущина, К.Н.Чернов, Н.О.Щуров, Г.А.Куприянов, А.С.Макаров, М.В.Семёнов, М.К.Шалеев – студенты физического факультета МГУ

- И.Н.Мягкова, О.Г.Баринев, В.В.Калегаев – ЛКФИ ОКН
- С.А.Буриков, Т.А.Доленко, О.С.Сарманова – физический факультет МГУ
- И.Е.Оборнев, Е.А.Родионов, Е.А.Оборнев, М.И.Шимелевич – РГГРУ
- В.В.Кривецкий, М.Н.Румянцева – химический факультет МГУ
- А.В.Самсонович, Д.В.Тихомирова – ИИКС НИЯУ МИФИ