

**Подход к получению структуры модели в виде стохастического ДУ на данных
Башкова К. (ИТМО)**

**Научный руководитель – к.ф.-м.н., заведующий лабораторией Хватов А.А.
(Университет ИТМО)**

Введение. Для физически-обоснованного машинного обучения основой зачастую являются модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), либо уравнения в частных производных. В классических физически-обоснованных методах используется ОДУ с фиксированной структурой, а следовательно, могут быть использованы для узкого класса задач с постоянным пересмотром формулировки базовой задачи, что не является оптимальным и практически применимым. При использовании более современных методов машинного обучения таких как PDE-Net 2.0, PDE-FIND либо физически информированных нейронных сетей (PINNs) для решения дифференциальных задач и моделирования физических процессов также существует ряд ограничений в постановке задачи. Для снятия ограничений можно использовать модели в виде стохастических дифференциальных уравнений (СДУ), при этом используя символные дифференциальные уравнения (ДУ), выбор метода при этом обусловлен проблемой неизвестной полностью либо частично природы процесса.

Основная часть. Авторами данной работы предлагается подход для получения структуры стохастического дифференциального уравнения в виде случайного процесса с помощью модели на данных. Однако стоит отметить, что случайный процесс не является предметом исследования, а является удобной формой представления результата работы open-source фреймворка EPDE [1]. Соответственно, основными этапами подхода являются:

- 1) Выбор данных, учитывая предположительную стохастическую структуру.
- 2) Генерирование набора ДУ [1], и решение семейства уравнений с помощью открытого open-source фреймворка TEDEouS [2].
- 3) Выделение стохастической структуры данных и сэмплирование стохастических данных методом Монте-Карло для генерирования набора новых ДУ.
- 4) Сэмплирование методом Монте-Карло свободных коэффициентов нового набора ДУ с целью получения новых коэффициентов.
- 5) Ручное составление набора ДУ с новыми полученными коэффициентами и последующее их решение. Поиск среднего решения с доверительным интервалом с уровнем доверия 95%.

Реализация поиска ДУ позволяет сохранять записи полученных ДУ, что в свою очередь оптимизирует ручное составление набора ДУ с новыми коэффициентами. Эксперименты были проведены на трех разных наборах данных с различным количеством шума и предполагаемой природой для оценки эффективности и применимости подхода. Важным фактором в пользу подхода является сокращение временных затрат на решение т. к. автоматическое решение возможно сохранить и использовать в дальнейших итерациях.

Выводы. Реализация данного подхода позволяет получить случайный процесс в виде семейства решений, тем не менее, стоит отметить, что данный подход не анализируется с точки зрения точности и скорости получения ДУ, а направлен на улучшение эффективности исследований.

Список использованных источников:

1. Maslyaev M., Hvatov A., Kalyuzhnaya A. V. Partial differential equations discovery with EPDE framework: Application for real and synthetic data // Journal of Computational Science. – 2021. – Т. 53. – С. 101345.
2. Hvatov A. Automated differential equation solver based on the parametric approximation optimization // Mathematics. - 2023. - № 11(8), - С. 1787.