

Вероятностно-информированные нейросетевые модели для повышения точности обработки неоднородных пространственных и временных данных

Авторы: д.ф.-м.н. А.К. Горшенин, А.М. Достовалова, А.Л. Виляев

Ключевая идея предлагаемого нового подхода в области искусственного интеллекта (см. рисунок) заключается в разработке методов интеграции в нейросетевые алгоритмы вероятностно-статистических аппроксимаций данных как при формировании дополнительных обучающих признаков, так и в качестве основы при построении новых архитектурных блоков. Внедрение полупараметрических вероятностных моделей, стохастических дифференциальных уравнений и случайных полей Маркова и их отдельных характеристик в нейросетевые алгоритмы позволяет учитывать стохастическую природу исследуемых процессов и явлений, получая за счет этого высококачественные результаты в задачах прогнозирования, классификации и сегментации, обобщая известный принцип физического информирования моделей машинного обучения.



Рис. Концепция вероятностного информирования.

Для вероятностно-информированных моделей исследован ряд аналитических свойств, обосновывающих корректность их использования. Продемонстрировано успешное применение для решения задач обработки различных типов реальных данных. Так, при прогнозировании временных рядов телекоммуникационного трафика архитектурное информирование глубокими гауссовскими смесями дало прирост точности на 35,7% (по метрике MAPE) [1]. Для геофизических характеристик и показателей электрических сетей различные методы информирования смешанными компонентами связности улучшили прогнозы на 45,7% (по метрике MAPE) [2]. В задаче классификации изображений в случае нехватки обучающих данных, за счет создания специального архитектурного блока удалось достичь увеличения метрики Top-1 на 6,67% при средней точности без улучшения в 87,3% [3].

Созданные методы имеют значительный потенциал для решения задач нейросетевой обработки оптических и радиолокационных сигналов без увеличения размера обучающих данных.

Публикации:

1. Gorshenin A.K., Kozlovskaya A.L., Gorbunov S.A., Kochetkova I.A. Mobile network traffic analysis based on probability-informed machine learning approach // Computer Networks, 2024. Vol. 247. Art. No. 110433. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2024.110433> Q1 Web of Science, Q1 Scopus
2. Gorshenin A.K., Vilyaev A.L. Machine Learning Models Informed by Connected Mixture Components for Short- and Medium-Term Time Series Forecasting // AI, 2024. Vol. 5. Iss. 4. P. 1955–1976. <https://doi.org/10.3390/ai5040097> Q2 Web of Science, Q2 Scopus
3. Достовалова А.М., Горшенин А.К. Нейросетевые классификаторы изображений, информированные факторными анализаторами // Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления, 2024. Т. 520. Вып. 2. Стр. 41–48. <https://doi.org/10.31857/S268695432470036X> Q2 Scopus