

ОТЧЕТ

о проделанной работе с использованием оборудования ИВЦ НГУ

3 августа 2021 г.

1 Аннотация

Представлена модель логико-вероятностной искусственной нейронной сети, основанная на формальной модели нейрона. Данная модель имеет структуру обычной искусственной нейронной сети и при этом является полностью интерпретируемой. Наша модель может применяться в различных областях, где требуется объяснение сделанного предсказания. Экспериментальным путём было показано, что полученная модель не уступает в точности обычной модели ИНС и некоторым другим алгоритмам машинного обучения.

Предложена и исследована формализация на основе вероятностных формальных понятий для таких понятий из когнитивной психологии как «естественные» понятия, «естественная» классификация и прототипы «естественных» понятий.

2 Тема работы

Разработка логико-вероятностных методов обучения.

3 Состав коллектива

1. Витяев Евгений Евгеньевич, д.ф.-м.н., профессор НГУ, ведущий научный сотрудник ИМ СО РАН, e-mail: vityaev[at]math.nsc.ru
2. Дегтярёв Владислав Денисович, студент ММФ НГУ (гр. 17122)
3. Пак Баяр, студент ММФ НГУ (гр. 17122)
4. Мейстер Юрий Константинович, студент ММФ НГУ (гр. 17121)

4 Научное содержание работы

4.1 Постановка задачи

1. Разработка модели искусственной нейронной сети на основе формальной модели нейрона;
2. Разработка и исследование метода поиска прототипов «естественных» понятий на основе вероятностных формальных понятий.

4.2 Современное состояние проблемы

Разработка прозрачных, логико-вероятностных методов глубокого обучения является в настоящее время ключевой проблемой современного ИИ, как альтернатива нейронным сетям. Логико-вероятностные методы являются прозрачными в отличие от нейронных сетей как «черного ящика». Разработкой логико-вероятностных методов также активно занимается направление «Общего искусственного интеллекта» или AGI, к которому прилегают работа коллектива.

4.3 Подробное описание работы, включая используемые алгоритмы

Основной алгоритм, используемый как в формализации прототипов, так и в формальной модели нейрона — алгоритм семантического вероятностного вывода (СВВ). С помощью алгоритма производился поиск логико-вероятностных закономерностей в данных (контекстах). Алгоритм обладает высокой вычислительной сложностью — именно поиск закономерностей занимал до 99% вычислительного времени.

1. При моделировании логико-вероятностной нейронной сети использовалась формальная модель нейрона. Данная модель использует семантический вероятностный вывод (поиск правил) при предсказании. На первом этапе моделирования нейронной сети с помощью введённых нейронов обнаруживались закономерности между исходными признаками объектов. Данные закономерности переводились в конъюнкции литералов, которые становились новыми признаками. На заключительном этапе, используя новые и исходные признаки объектов, осуществлялся поиск закономерностей для целевого признака. На основе найденных закономерностей осуществлялось предсказание литерала целевого признака, который являлся результатом работы сети.
2. На основе теоретических исследований был разработан алгоритм поиска прототипов на реальных контекстах (данных). Он состоял из двух основных частей: сначала производился поиск закономерностей с помощью СВВ, затем, с помощью найденных закономерностей, находились прототипы для каждого объекта из обучающей выборки (контекста).

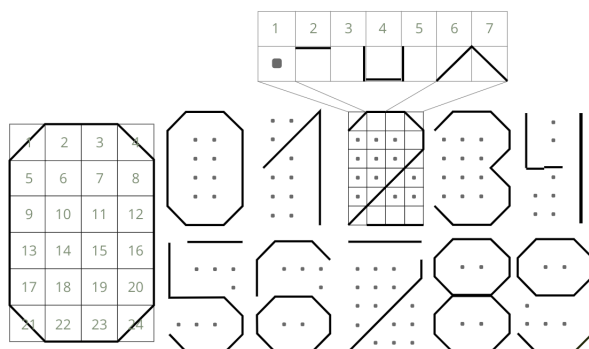


Рис. 1: Кодировка цифр

Для тестирования введенной формализации мы использовали контекст, состоящий из 10 «цифр» (каждая цифра образовывала категорию), каждая из которых была закодирована вектором длины 24, каждый элемент которого мог принимать одно из 7 значений (рис. 1). Было проведено 2 компьютерных эксперимента на двух обучающих контекстах (выборках).

В первом эксперименте контекст содержал 600 объектов — 200 объектов по 20 копий каждой цифры, откуда было удалено по 2 случайных признака и 400 объектов шума (все 24 признака цифр принимали одно из 7 случайных значений). На этом контексте было найдено 10 прототипов, которые в точности являлись прототипами категорий цифр $0, \dots, 9$.

Во втором эксперименте контекст содержал 800 объектов — 400 объектов по 40 копий каждой цифр, откуда было удалено по 6 случайных признака и 400 объектов шума. На этом контексте было найдено 10 прототипов, которые, аналогично, являлись прототипами категорий цифр $0, \dots, 9$.

4.4 Полученные результаты

1. Модель логико-вероятностной нейронной сети была протестирована на датасете «Титаник», который был взят с платформы для соревнований по машинному обучению «Kaggle». При сравнении использовалась модель логико-вероятностной нейронной сети с одним промежуточным слоем, который состоял из 63 нейронов. Предсказание целевых признаков осуществлялось с помощью конъюнкций и исходных признаков. Метрики логико-вероятностной нейронной сети, а также других алгоритмов машинного обучения показаны на таблице 1.

Из таблицы видно, что полученная модель логико-вероятностной ней-

| model | accuracy | recall | precision | F1 | roc auc |
|--------------|----------|--------|-----------|------|---------|
| NN | 0.78 | 0.66 | 0.73 | 0.70 | 0.76 |
| LP-NN | 0.77 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.76 |
| LogReg | 0.78 | 0.70 | 0.71 | 0.70 | 0.76 |
| KNN | 0.72 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 0.70 |
| XGBoost | 0.74 | 0.65 | 0.66 | 0.65 | 0.72 |
| GradBoost | 0.75 | 0.65 | 0.67 | 0.66 | 0.73 |
| CatBoost | 0.76 | 0.65 | 0.70 | 0.68 | 0.74 |

Таблица 1: Метрики моделей на тестовой выборке

ронной сети не уступает в точности другим алгоритмам машинного обучения, при этом, наша модель является полностью интерпретируемой.

2. Была предложена и исследована формализация прототипов «естественных» понятий на основе вероятностных формальных понятий как циклических связей специального вида. На основе теоретических исследований был разработан алгоритм поиска прототипов, проведены компьютерные эксперименты, иллюстрирующие работоспособность введенной формализации.

По результатам проделанной работы были защищены две выпускные квалификационные работы бакалавра: (1) В. Д. Дегтярёвым «Разработка логико-вероятностных нейронных сетей» и (2) Б. Паком «Разработка метода обнаружения прототипов "естественных" понятий».

5 Эффект от использования кластера в достижении целей работы

Ресурсы кластера активно использовались во всех вычислительных экспериментах. С помощью кластера стало возможно использование крайне трудоемкого алгоритма семантического вероятностного вывода для поиска вероятностных закономерностей. Использование кластера позволило ускорить этот процесс в десятки (18-72) раз.

6 Перечень публикаций, содержащих результаты работы

1. *E. E. Vityaev, V. Degtiarev, B. Pak and Y. Meister.* Formalization of "natural" classification and "natural" concepts by probabilistic generalization of formal concepts analysis // CEUR Workshop Proceedings. 2020. Vol. 2648. p. 59-73.

2. *Vityaev E., Pak B.* Prototypes of the "natural" concepts discovery // Cognitive Systems Research. 2021. p. 1-8. DOI: [10.1016/j.cogsys.2020.12.005](https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2020.12.005) (IF = 1.902)
3. *Дежтярёв В. Д.* Разработка логико-вероятностных нейронных сетей. В кн.: Информационные технологии : Материалы 59-й Междунар. науч. студ. конф. 12–23 апреля 2021 г. / Новосиб. гос. ун-т. — Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2021. — 236 с.
4. *Пак Б.* Разработка метода поиска прототипов «естественных» понятий. В кн.: Информационные технологии : Материалы 59-й Междунар. науч. студ. конф. 12–23 апреля 2021 г. / Новосиб. гос. ун-т. — Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2021. — 236 с.

7 Впечатления от работы вычислительной системы и деятельности ИВЦ НГУ, а также предложения по их совершенствованию

Работа с кластером и ИВЦ НГУ производит крайне положительное впечатление. Хотелось бы отметить удобство работы с интерфейсным сервером и хорошее наполнение сайта nusc.nsu.ru справочными материалами. Выражаем отдельную благодарность В. А. Калюжному за помощь на начальных этапах работы с кластером.