

# Программная реализация и статистическая оценка эквивалентности моделей классификации символов латинского алфавита на основе импульсной и свёрточной нейронной сети

*Альмова Е.В.*

*Российская таможенная академия (Ростовский филиал), Ростов-на-Дону, Россия*

Задача распознавания образов является одной из основных задач в области интеллектуального анализа данных. Нейронные сети, преимущественно свёрточные, эффективно распознают объекты на графических изображениях, в том числе, если они немного искажены [1].

Свёрточные нейронные сети (СНС) обладают архитектурой, позволяющей максимально эффективно распознавать образы. В СНС чередуются свёрточные (convolutional) и субдискретизирующие (pooling) слои, структура сети однонаправленная. Используется операция свертки, то есть умножение каждого фрагмента изображения на ядро свертки поэлементно с последующим суммированием результата и записью в похожую позицию выходного изображения. При этом обеспечивается инвариантность распознавания относительно сдвига объекта, что весьма существенно при наличии искажения или поворотов распознаваемых графических элементов.

В импульсных нейронных сетях (ИмНС) нейроны обмениваются короткими импульсами одинаковой амплитуды. В настоящее время эти сети наиболее реалистично моделируют активность мозга. ИмНС имеют ряд преимуществ в аппаратной реализации. Пучки импульсов, в каждом из которых содержится большое количество информации, разбросаны во времени, что дает возможность значительно снизить электропотребление. Аппаратная реализации такой сети будет более экономична, подстраивая свою работу под импульсную активность [2].

В работе рассматривается задача распознавания 62 символов латинского алфавита. В качестве исходных данных сформировано 62 набора графических изображений 26 букв латинского алфавита (в верхнем и нижнем регистре) и 10 арабских цифр. Каждый набор содержит 983 изображения размером 128x128 точек. Изображения составлены на основе глифов, извлеченных из файлов шрифтов.

Задача классификации символов латинского алфавита рассматривается в следующей постановке. Зафиксировано множество  $X$  графических изображений объектов и конечное множество  $Y$  меток целевых классов. На объектах конечной обучающей выборки  $X^m = \{(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)\}$  существует целевая зависимость  $f^*: X \rightarrow Y$ . Требуется построить алгоритм  $\alpha: X \rightarrow Y$ , относящий произвольный объект из  $X$  к некоторому классу из множества  $Y$  согласно установленной в процессе обучения зависимости. Составляются два варианта реализации алгоритма: классификаторы на основе импульсной и свёрточной нейронной сети.

СНС реализована на основе библиотеки Tensorflow, содержит 9 слоев и 97278 тренируемых параметров. В ходе практического эксперимента сеть в среднем распознает правильно 89 символов из 100, то есть имеет точность распознавания в среднем 89%.

Замечено, что в ряде случаев сеть относит к ошибочному классу схожие по начертанию символы. В работе выделены множества схожих символов, в рамках которых символ считается принадлежащим одному классу: {i, l, j, 1}, {g, 9}, {c, C}, {p, P}, {o, 0, O}.

С введенным объединением классов СНС в среднем распознает 93 символов из 100, то есть имеет точность распознавания в среднем 93%.

ИмНС реализована с помощью инструмента Nengo DL, позволяющего конвертировать исходную свёрточную сеть в импульсную путем замены типа нейронов и функций активации. С введенным объединением классов ИмНС в среднем распознает 91 символов из 100, то есть имеет точность распознавания в среднем 91%.

**Теорема.** Модель классификации символов латинского алфавита на основе импульсной нейронной сети при значениях  $\chi^2 = 2.4671$ ,  $P_{\text{value}} = 0.07437$  теста Мак-Немара и 5% уровне значимости согласуется с моделью классификации, построенной на основе свёрточной нейронной сети.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 K. Kranthi Kumar, M. Dileep Kumar, Ch. Samsonu, K. Vamshi Krishna. Role of convolutional neural networks for any real time image classification, recognition and analysis. // Materials Today: Proceedings. – 2021.
- 2 J. Victor, K. Purpura. Metric-space analysis of spike trains: Theory, algorithms and application. // Network: Computation in Neural Systems. – 1997. – v. 8. – pp. 127-164.