

# Нейронные сети на основе операции свертки для эффективного распознавания рукописных цифр

**А.В. Кухарев, Ю.Н. Махлаев**

*Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»*

*Сверточные нейронные сети – технология глубоких нейронных сетей, основанная на операции свертки и предназначенная для эффективного распознавания сложных изображений.*

*Цель работы – выявить оптимальную структуру нейронной сети для эффективного распознавания рукописных цифр.*

**Материал и методы.** *Рассмотрено несколько структур нейронных сетей, предназначенных для распознавания рукописных цифр из базы данных MNIST с размером изображений 28 на 28 пикселей: сети, состоящие только из сверточных слоев; сети, состоящие только из полносвязных слоев; сети, включающие оба вида слоев. Обучение сетей осуществлялось по алгоритму обратного распространения ошибки с мини-пакетным градиентным спуском.*

**Результаты и их обсуждение.** *Наилучший результат в задаче распознавания рукописных цифр показала нейронная сеть, состоящая из двух сверточных слоев, двух слоев предвыборки и трех полносвязных слоев. Ее точность распознавания составила более 99,5%. Определена зависимость точности распознавания и времени обучения такой сети от количества карт признаков сверточных слоев и размера ядра свертки.*

**Заключение.** *Сверточные нейронные сети демонстрируют хорошие результаты в задачах распознавания рукописных цифр. Ошибка распознавания рукописных цифр с помощью предложенных в статье сверточных сетей составляет около 0,5%, что в 2–3 раза меньше, чем для классических полносвязных сетей.*

**Ключевые слова:** *сверточная нейронная сеть, полносвязная нейронная сеть, операция свертки, карта признаков, распознавание рукописных цифр, база рукописных цифр MNIST.*

# Neural Networks Based on a Convolution Operation for Efficient Recognition of Handwritten Digits

**A.V. Kukharev, U.N. Mahlaev**

*Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»*

*Convolutional neural network is a technology of deep neural networks, based on a convolution operation, and designed for effective recognition of complex images.*

*The purpose of the research is to determine an optimal structure of neural networks for effective handwritten digits recognition.*

**Material and methods.** *We considered several structures of neural networks for recognition handwritten digits from MNIST database with image size of 28 by 28 pixels, namely networks consisting only of convolution layers, networks consisting only fully connected layers, and networks including both types of layers. We used the back-propagation algorithm with the mini-batch*

*gradient descent to train the networks.*

**Findings and their discussion.** *The best result to recognize handwritten digits was shown by a neural network including two convolution layers, two subsampling layers and three fully-connected layers. Its recognition accuracy was more than 99,5%. The dependence of the recognition accuracy and training time of such network on the number of features maps in convolutional layers and the size of the convolution kernel has been determined.*

**Conclusion.** *Convolution neural networks have showed good results in the handwriting digits recognition task. The error of recognition the handwritten digits by convolution networks proposed in the article is about 0,5%, that is in 2–3 times less than in case of classical fully-connected networks.*

**Key words:** *convolution neural network, fully-connected neural network, convolution operation, features map, handwriting digits recognition, MNIST handwritten digit database.*