

УДК 004.932.2

doi 10.54708/22259309_2026_13566

ОБУЧАЮЩЕЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ПО ОТРАБОТКЕ НАВЫКОВ ПИСЬМА

И. А. МАКАРОВ¹, Е. А. ЛЯЗИНА², О. С. НУРГАЯНОВА³

¹iltrekm@mail.ru, ²elizaveta.lyazina@yandex.ru, ³onurgayanova@yandex.ru

¹⁻³ ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

Аннотация: В статье рассматривается разработка интерактивного приложения для обучения детей младшего возраста написанию арабских цифр. Целью исследования являлось создание эффективного инструмента обучения на основе нейросетевой модели LSTM для распознавания рукописного ввода в реальном времени. Эксперименты показали высокую точность распознавания разработанной модели (около 98 %).

Ключевые слова: нейросети; LSTM; распознавание рукописного ввода; обучение детей; цифровая педагогика; MNIST; образовательные технологии.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня освоение навыков письма, в частности написания цифр, остается важным элементом в дошкольном образовании детей. Современные технологии, включая нейронные сети и интерактивные приложения, позволяют использовать новые возможности для создания эффективных образовательных инструментов.

В данной работе предложено решение с дружественным графическим интерфейсом, позволяющее ребенку рисовать цифры вручную и получать мгновенную обратную связь. Центральной частью приложения выступает нейросетевая архитектура глубокого обучения на базе LSTM (Long Short-Term Memory, LSTM)-модели, которая способна эффективно интерпретировать такие данные, которые могут быть представлены в виде последовательности изображений.

ОПИСАНИЕ ДАТАСЕТА

Для обучения модели использован датасет MNIST (Modified National Institute of Standards and Technology) – стандартный набор изображений рукописных цифр, широко применяемый в задачах компьютерного зрения и машинного обучения, он находится в свободном доступе на ресурсе Kaggle.

Объём данных: 60 000 обучающих изображений и 10 000 тестовых.

Размер изображения: 28×28 пикселей.

Каналы: оттенки серого (1 канал).

Формат разметки: метки от 0 до 9, соответствующие арабским цифрам.

Нормализация: значения пикселей приведены к диапазону [0, 1] делением на 255.

Каждое изображение в датасете представляет собой односимвольную рукописную цифру.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В основе архитектуры распознавания лежит модель долгой краткосрочной памяти (LSTM) – разновидность рекуррентной нейронной сети (RNN), специально разработанная для преодоления проблемы исчезающих градиентов в стандартных RNN и эффективной обработки последовательностей данных. LSTM-модель хорошо справляется с задачей запоминания долгосрочных зависимостей в последовательностях, поэтому она используется для обработки временных рядов, текста, а также изображений, представленных в виде последовательности строк или столбцов.

При распознавании рукописных цифр изображение размером 28×28 пикселей может быть интерпретировано как последовательность $X = \{x_1, x_2, \dots, x_{28}\}$, где каждый элемент $x_n \in \mathbb{R}^{28}$ представляет собой вектор пикселей n -ой строки изображения. LSTM-сеть обрабатывает эту последовательность пошагово, моделируя зависимости между строками и улавливая контекст и пространственные особенности рукописного ввода, такие как вертикальные штрихи и изгибы.

Разработанная модель представляет собой последовательную архитектуру (Sequential model).

Первый слой LSTM с 128 нейронами принимает на вход последовательность данных размерности (28, 28). Параметр `return_sequences=False` указывает, что на выход LSTM слоя подается только последнее состояние, что подходит для задачи классификации.

После LSTM слоя следуют два полносвязных (Dense) слоя. Первый Dense-слой, содержащий 64 нейрона, использует функцию активации ReLU (Rectified Linear Unit). Второй, выходной Dense-слой, содержит 10 нейронов (равен числу классов цифр) и использует функцию активации `softmax` для получения вероятностного распределения по классам.

Модель обучалась с использованием метода градиентного спуска и оптимизатора *Adam*, на задаче многоклассовой классификации. Потери вычислялись с помощью функции *sparse categorical crossentropy*, применимой к дискретным меткам классов.

Формальную постановку задачи можно представить следующим образом:

Пусть входной тензор $X \in \mathbb{R}^{n \times 28 \times 28}$ представляет обучающую выборку из n изображений, каждое из которых интерпретируется как последовательность из 28 временных шагов по 28 признаков.

Модель f_θ , параметризованная весами θ , отображает вход X в распределение по классам $\hat{y} = f_\theta(X) \in \mathbb{R}^{10}$.

Обучение направлено на минимизацию функции потерь:

$$\mathcal{L}(\theta) = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log P(y_i | X_i; \theta),$$

где y_i – истинная метка класса.

Таким образом, требуется при очередном предъявлении изображения правильно определить его принадлежность соответствующему классу.

Важным этапом в работе приложения является корректное преобразование рисунка пользователя с холста в формат, понятный нейросети. Рассмотрим основные этапы:

1. Получение изображения с холста.
2. Конвертация в изображение формата PIL.
3. Преобразование в оттенки серого.
4. Изменение размера до 28×28 пикселей с использованием интерполяции для сглаживания.
5. Инвертирование цветов, так как MNIST содержит белые цифры на черном фоне, а пользователь рисует черным по белому.
6. Преобразование в массив NumPy.
7. Нормализация значений пикселей путем деления на 255, приводя их к диапазону $[0, 1]$.

8. Изменение формы массива к (1, 28, 28), чтобы он соответствовал входному формату модели (1 пример, 28 временных шагов, 28 признаков на шаг).

РЕЗУЛЬТАТЫ

При разработке приложения использовался следующий стек технологий: датасет MNIST, язык программирования Python, библиотеки для работы с глубокими нейросетями TensorFlow, Keras, для графической визуализации Matplotlib, PIL, PyQt5, для работы с данными NumPy.

Обучение модели производилось в течение 10 эпох, результаты которого представлены на рис. 1. Графики показывают динамику изменения функции потерь и точности на обучающей и валидационной выборках.

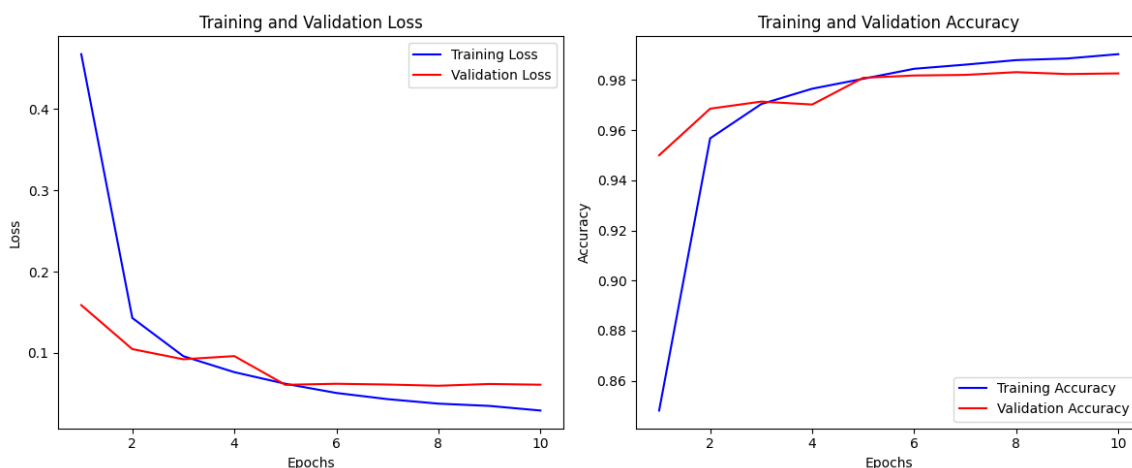


Рис. 1. Результаты обучения модели

На графике Training and Validation Loss (рис. 1) видно, что значение функции потерь на обучающем наборе стремительно снижается с 0,47 до приблизительно 0,03, что свидетельствует об эффективной сходимости модели. Потери на валидационной выборке стабилизируются на уровне около 0,06, без признаков переобучения.

График Training and Validation Accuracy (см. рис. 1) демонстрирует рост точности классификации: на обучающем наборе точность достигает 99 %, а на валидационном – около 98,2 %. Схождение графиков подтверждает обобщающую способность модели и её устойчивость на новых данных.

ЦЕЛЕВАЯ АУДИТОРИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ

Целевой аудиторией разработанного приложения являются дети дошкольного и младшего школьного возраста (4–8 лет), находящиеся в периоде формирования базовых навыков письма. Именно в этом возрасте дети наиболее восприимчивы к визуальным и тактильным методам обучения, а интерактивный формат приложения позволяет задействовать оба эти подхода.

Графический пользовательский интерфейс разработан с учетом возрастной группы: используется крупный, легко читаемый шрифт, яркие кнопки с иконками, специальный курсор в виде карандаша для установления ассоциативной связи с процессом начертания арабских цифр письма и мультимедийное сопровождение, подкрепляющее правильность написания.

Рассмотрим основные модули разработанного приложения:

1. Модуль демонстрации правильного начертания арабских цифр и отработки навыков написания. В этом модуле на экране случайным образом отображается цифра, которую ребенку предлагается написать, при этом предоставляется визуальный образец правильного написания (рис. 2). Здесь же ребенок имеет возможность отработать навыки начертания цифры на интерактивном холсте, опираясь на образец.

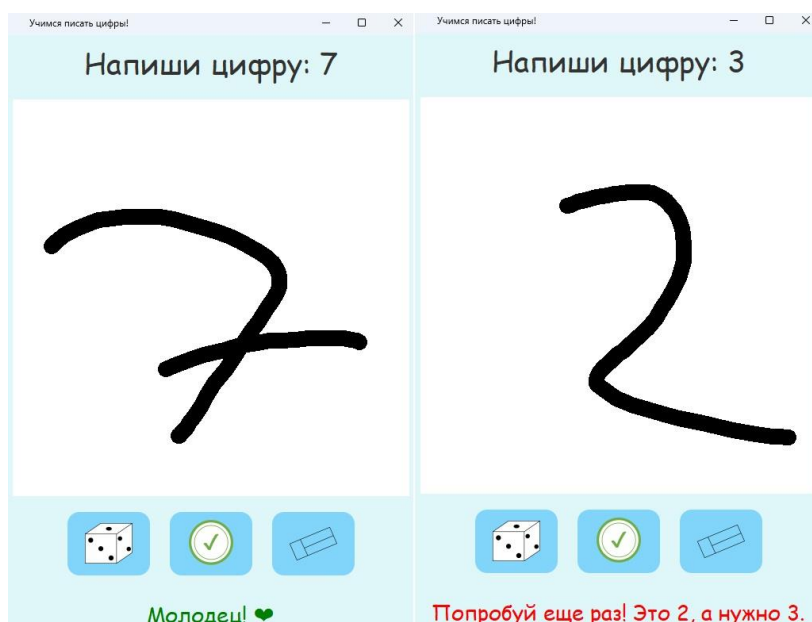


Рис. 2. Экранные формы некоторых сценариев диалога

2. Модуль распознавания анализирует цифру, написанную пользователем, используя нейросетевой компонент, основанный на LSTM-модели. После того как ребенок завершает ввод, нейросеть предсказывает, какая цифра была написана.

3. Модуль оценки и обратной связи сравнивает предсказанную цифру с ожидаемой. Обратная связь предоставляется комплексно – визуально и аудиально.

- В случае верного распознавания и правильного написания, приложение предоставляет положительную обратную связь, выражая похвалу и поощрение ребенку, например, с использованием смайлика в виде сердечка. Такая позитивная реакция мотивирует ребенка и укрепляет уверенность в своих навыках.

- В случае неверного распознавания или ошибки в написании, приложение предоставляет мягкую, поддерживающую обратную связь, сообщая об ошибке в деликатной форме. Вместо резкой критики, акцент делается на том, что нужно попробовать еще раз или обратить внимание на определенные элементы написания. Такой подход помогает избежать отторжения к обучению, заикливанию на ошибках и стимулирует стремление к достижению лучших результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модель показала высокую стабильность и эффективность в задаче распознавания рукописных цифр. Полученные метрики позволяют применять её в интерактивных образовательных приложениях с высокой достоверностью.

Интеграция нейросетевых технологий в образовательные приложения для обучения детей младшего возраста представляет собой перспективное направление развития цифровой педагогики. Такой подход сочетает в себе преимущества традиционных методик обучения письму с возможностями современных технологий машинного обучения.

Ключевыми факторами успеха такого приложения являются качественный обучающий контент, автоматизированный характер обучения, привлекательный для детей интерфейс и точность работы нейросетевого компонента.

Современные тенденции в образовании и технологиях указывают на растущую потребность в подобных решениях, способных сделать процесс обучения более увлекательным, эффективным и персонализированным. Интерактивное приложение для обучения написанию арабских цифр с использованием нейросетевых технологий имеет потенциал стать важным инструментом в современном образовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хабибуллин, И. Р., Азовцева, О. В., Гареев, А. Д. Актуальность использования нейросетей в образовательных целях // Молодой ученый. – 2023. – № 13 (460). – С. 176-178.
2. Гафаров, Ф. М., Галимянов, А. Ф. Искусственные нейронные сети и их приложения. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2018.
3. MNIST Dataset. [Электронный ресурс]. Kaggle. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/hojjatk/mnist-dataset>.
4. Комличенко, В. Н., Федосенко, В. А., Купрейчик, А. С. Сравнительный анализ различных архитектур нейронных сетей для задач регрессии // Экономика и качество систем связи. – 2025. – № 35. – С. 110-121.
5. Безруких, М. М., Крешенко, О. Ю. Психофизиологические механизмы формирования навыка письма у детей 6–7 и 9–10 лет // Новые исследования. – 2013. – №4 (37). – С. 4-18.
6. Семенчук, Л. В. Педагогическая оценка как стимул для учащегося. Эффективность педагогической оценки // Школьная педагогика. – 2017. – № 3 (10). – С. 6-8.

ОБ АВТОРАХ

МАКАРОВ Илья Александрович, студент МО ИИМРТ УУНИТ,
ЛЯЗИНА Елизавета Александровна, студентка МО ИИМРТ УУНИТ,
НУРГАЯНОВА Ольга Сергеевна, доцент каф. ВМиК ИИМРТ УУНИТ,

METADATA

Title: Educational application for preschool children on practicing writing skills.

Authors: I. A. Makarov¹, E. A. Liazina², O.S. Nurgayanova³

Affiliation:

^{1,2,3} Ufa University of Science and Technology (UUST).

Email: ¹iltrekm@mail.ru, ²elizaveta.lyazina@yandex.ru, ³onurgayanova@yandex.ru.

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 1 (35), pp. 66-70, 2026. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The article discusses the development of an interactive application for teaching young children how to write Arabic numerals. The aim of the study was to create an effective learning tool based on the LSTM neural network model for real-time handwriting recognition. Experiments have shown high recognition accuracy of the developed model (about 98%).

About authors:

МАКАРОВ Илья Александрович, student MO IIMRT UUST.

ЛАЗИНА Елизавета Александровна, student MO IIMRT UUST.

НУРГАЯНОВА Ольга Сергеевна, associate professor of the department VMK, IIMRT UUST.