

СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ, АЛГОРИТМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ НАСТРОЙКИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Таранчук В. Б.

Кафедра компьютерных технологий и систем, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: taranchuk@bsu.by

Будут обсуждаться итоги комплексного сравнительного анализа современных подходов к построению, обучению и оптимизации нейронных сетей на примере задачи сглаживания ряда данных (представительный набор данных наблюдений при наличии шумов, помех, выбросов, потерь). Рассмотрены не только теоретические аспекты архитектуры и обучения моделей, но и практические вопросы автоматизации поиска оптимальных параметров с использованием двух различных технологических платформ – Wolfram Mathematica и Python (TensorFlow, Keras).

ВВЕДЕНИЕ

Искусственный интеллект становится неотъемлемой частью современного мира – от автоматизации производства и диагностики заболеваний до создания транспортных систем, анализа финансовых рынков. Одним из наиболее заметных прорывов становятся искусственные нейронные сети (ИНС), которые уже не воспринимаются, как абстрактная технология из научных публикаций, а активно используются в повседневной жизни.

Параллельно с ростом популярности нейронных сетей быстро эволюционируют программные инструменты для их разработки, модификации и тестирования. Специалистам доступны универсальные вычислительные системы компьютерной математики, например, система компьютерной алгебры Wolfram Mathematica (WM) [1], гибкие фреймворки, в частности, на языке Python ([2]): TensorFlow, Keras, PyTorch, а также специализированные библиотеки для автоматизации подбора гиперпараметров – Optuna, Ray Tune и другие. Выбор подходящей экосистемы становится самостоятельной задачей, от которой зависит успех внедрения интеллектуальных технологий в промышленность, медицину, транспорт, сферу цифровых сервисов.

I. ИНСТРУМЕНТЫ МАТЕМАТИКА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ И НАСТРОЙКИ ИНС.

WM предоставляет множество инструментов для удобного построения и настройки нейронных сетей без необходимости вручную программировать каждую деталь. В состав Mathematica входит модуль Neural Networks, который позволяет разработчикам использовать простой и понятный синтаксис для быстрого создания многослойных нейросетевых моделей практически любой сложности.

Конструкция нейронной сети в Mathematica строится декларативно, путём последовательного описания слоёв. Важной особенностью WM Neural Networks является наличие широкого набора базовых и специализированных слоёв. Поль-

зователь может создавать последовательные и разветвлённые композиции слоёв, комбинируя: LinearLayer – для выполнения линейных преобразований; PoolingLayer – для уменьшения размерности и повышения устойчивости к шуму; ElementwiseLayer и BatchNormalizationLayer – для реализации поэлементных и нормализующих операций; ConvolutionLayer – для выделения пространственных признаков в изображениях; ReLU, Tanh, Softmax и другие функции активации – для внедрения нелинейности и корректного формирования выходного сигнала.

Система WM поддерживает различные форматы входных и выходных данных. Благодаря встроенным кодировщикам и декодерам, сеть может работать не только с числовыми векторами, но и с изображениями, текстами, аудиосигналами и их комбинациями. Дополнительным преимуществом Neural Networks WM является наличие большого числа предобученных моделей и специализированного Wolfram Neural Net Repository, где представлены архитектуры для решения самых разных задач. Пользователь может импортировать готовую сеть, адаптировать её под собственные данные, визуализировать структуру и ход работы, а также анализировать метрики качества интерактивно.

После того как архитектура нейронной сети определена и подготовлены данные, следующим шагом становится непосредственно обучение модели. В WM для этого используется функция NetTrain – позволяет запустить процесс обучения, указав обучающий набор данных и нужные параметры оптимизации. В NetTrain пользователь задаёт количество эпох (число полных проходов по всем обучающим данным), размер мини-пакета данных (batch size), а также выбирает устройство, на котором будет выполняться обучение (например, центральный процессор или графическая видеокарта). Чтобы контролировать качество обучения и избежать проблемы переобучения, можно указать дополнительный набор данных (валидационный) для оценки про-

межуточных результатов. Замечательной особенностью Neural Networks WM является встроенная визуализация процесса обучения. В режиме реального времени WM показывает, как изменяется ошибка, как растёт точность модели по мере её обучения. Пользователь может остановить обучение, скорректировать архитектуру нейросети или изменить гиперпараметры.

Настройка и оптимизация гиперпараметров в WM. Одним из важнейших этапов в обучении нейронных сетей является настройка гиперпараметров, от которых напрямую зависит точность модели, скорость сходимости и общая устойчивость к переобучению. Гиперпараметры, в отличие от параметров модели, не обучаются напрямую во время градиентного спуска, а определяются до начала процесса обучения. В WM реализация настройки гиперпараметров осуществляется с использованием встроенных возможностей функции NetTrain, а также при помощи процедурного программирования и визуализации. WM предоставляет пользователю прямой доступ к наиболее значимым гиперпараметрам в виде опций, передаваемых в функцию NetTrain. В частности, к числу часто настраиваемых параметров относятся: скорость обучения (LearningRate), тип оптимизатора (Method), размер минипакета (BatchSize), количество эпох (MaxTrainingRounds), а также состав и доля валидационного набора (ValidationSet). Mathematica предоставляет пользователю богатый инструментарий для самостоятельного построения процедурного поиска оптимальных значений. Для симуляции методов Grid Search и Random Search могут использоваться такие конструкции языка, как Table, RandomReal, Map, NestList и другие итеративные средства. Для оценок насколько успешно обучилась нейронная сеть, можно использовать предоставляемые специальные метрики качества. В WM для этих целей предусмотрена функция NetMeasurements, используя которую можно легко вычислить основные важные показатели, включая: точность, среднеквадратичная ошибка, кросс-энтропия.

Также Mathematica предоставляет полезную функцию NetInformation. С её помощью можно получить подробную информацию об активной модели: сколько в ней параметров, какой её размер, какую точность она показывает на обучающих и валидационных данных. Конечно же, в контексте простых моделей возможно использование стандартных WM функций оптимизации (FindMinimum, NMinimize, MachineLearningModelParameterOptimization).

Важно и следует напомнить, что пользователи WM могут комбинировать с внешними средами (в частности, Python) через интерфейс ExternalEvaluate, WolframScript или REST API, можно подключать сторонние оптимизаторы и расширять функциональность системы.

II. PYTHON – О СРЕДСТВАХ НАСТРОЙКИ И ОЦЕНКИ ИНС

Язык программирования Python занимает ведущие позиции благодаря своей универсальности, лаконичному синтаксису и огромному количеству специализированных библиотек. Среди наиболее популярных и востребованных библиотек для работы с нейронными сетями на языке Python выделяют TensorFlow, Keras, PyTorch и Theano. В данной работе внимание уделено библиотекам TensorFlow и Keras, так как их инструменты позволяют быстро создавать нейронные сети разного уровня сложности, оперативно проводить эксперименты и прототипирование, эффективно применять готовые решения в задачах обработки и анализа больших объёмов данных.

На примерах рассматриваемой в работе задачи для повышения эффективности и качества моделей в TensorFlow реализованы инструменты автоматического поиска оптимальных архитектур и гиперпараметров, в том числе реализована интеграция с модулями Keras Tuner и Optuna. Отмечено, как пользователь может экспериментировать с различными конфигурациями сети, автоматически подбирать размер слоёв, функции активации, оптимизаторы и другие параметры без необходимости вручную запускать десятки экспериментов. Примером поясняется выбор гиперпараметров с использованием Optuna, которая основана на методах байесовской оптимизации и реализует улучшенный алгоритм поиска – Tree-structured Parzen Estimator (TPE), позволяющий эффективно исследовать пространство гиперпараметров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставление результатов решения задачи устранения шумов [3], вычислительных экспериментов проведенных в двух рассмотренных средах показали, что всегда точность решения конкретной задачи зависит не только от выбранной платформы, но и от характеристик искажений (шума) исходных данных, а также от метода оптимизации гиперпараметров. Вместе с тем, при правильной настройке обе исследуемые платформы (Wolfram Mathematica и Python с библиотеками TensorFlow, Keras и Optuna) способны стабильно показывать хорошие результаты, хотя, не полностью совпадающие.

III. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Neural Networks in the Wolfram Language [Electronic resource] / Wolfram Documentation. – Mode of access: <https://reference.wolfram.com/language/tutorial/NeuralNetworksOverview.html/>. – Date of access: 29.09.2025.
2. Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python. 2-е издание / Франсуа Шолле – СПб. : Питер, 2023. – 1041 с.
3. Таранчук, В. Б. Средства и примеры интеллектуальной обработки данных для геологических моделей / В. Б. Таранчук // Проблемы физики, математики и техники. – 2019. – № 3 (40). – С. 117–122.

УДК 004
ББК 32.81
И74

Редакционная коллегия:

Л. Ю. Шилин (главный редактор),
Т. Н. Бебяцкая, В. В. Голенков, В. И. Журавлев, А. А. Иванюк, С. В. Колосов,
Д. П. Кукин, А. В. Марков, А. А. Навроцкий, В. А. Рыбак, Д. В. Шункевич,
А. Ф. Трофимович, Н. В. Гракова,
М. В. Ковалёв (ответственный секретарь)

Информационные технологии и системы 2025 (ИТС 2025 =
И74 Information Technologies and Systems 2025 (ITS 2025) : материалы междунар.
науч. конф., Минск, 19 нояб. / редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск :
БГУИР, 2025. – 305 с.
ISBN 978-985-543-734-6

Материалы международной научной конференции включают прошедшие
рецензирование статьи международной научной конференции «Информационные
технологии и системы 2025» (ИТС 2025).

Материалы конференции предназначены для преподавателей высших учебных
заведений, научных сотрудников, студентов, аспирантов, магистрантов, а также для
специалистов предприятий в сфере IT-технологий.

Материалы конференции одобрены организационным комитетом и публикуются в
авторской редакции.

УДК 004
ББК 32.973.202

ISBN 978-985-543-734-6

©«Белорусский государственный
университет информатики и
радиоэлектроники», 2025

Научное издание

Информационные технологии и системы 2025 (ИТС 2025)

Материалы международной научной конференции
(Республика Беларусь, Минск, 19 ноября 2025)

Information Technologies and Systems 2025 (ITS 2025)

Proceeding of the International Conference
(Republic of Belarus, Minsk, 19th November 2025)

В авторской редакции
Ответственный за выпуск *М. В. Ковалёв*
Компьютерная верстка *Н. В. Гракова*
Дизайн обложки *А. В. Жмырко*

Подписано в печать 17.11.2025. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура «BookAntiqua».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 41,15. Уч.-изд. л. 45,3. Тираж 35 экз. Заказ 391.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
Распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2024,
№2/113 от 07.04.2024, №3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск