

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Соболевского Владислава Алексеевича
**«КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ СИНТЕЗА
ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРЯМОГО
РАСПРОСТРАНЕНИЯ»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

1. Актуальность избранной темы. Диссертация Соболевского В.А. относится к области искусственного интеллекта, в частности, технологий, основанных на искусственных нейронных сетях (ИНС). Она посвящена вопросам автоматизации разработки ИНС и методики их применения. В настоящее время ИНС получили широкое распространение, особенно после появления и развития новых архитектур ИНС с глубоким обучением. Это привело не только к повышению точности их работы, но и к усложнению процесса их создания и обучения. С другой стороны, растёт и количество и сложность задач, которые возможно решить с их помощью. Такие задачи требуют применения передовых и довольно сложных архитектур ИНС. Простые пользователи без знаний методов глубокого обучения и навыков для их применения не смогут корректно создать и обучить ИНС, которые были бы способны решать такие задачи с высокой точностью. Поэтому весьма **актуальной** становится задача создания систем автоматизации процесса генерации и обучения ИНС. При этом имеется потребность в системе, подходящей для решения типовых задач из разных областей. Процесс развития и внедрения ИНС в промышленное ПО ограничивают несколько факторов. Так, существует огромное разнообразие слабо систематизированных архитектур ИНС, которые, на сегодняшний день, могут применяться для совершенно разных задач. Кроме того, не существует универсального подхода к генерации и обучению, т. е. синтезу данных архитектур. Указанные проблемы обуславливают **актуальность и новизну** избранной темы диссертации Соболевского В.А., которая нацелена на автоматизацию процессов генерации, обучения и использования моделей ИНС прямого распространения различных архитектур, за счёт создания унифицированного алгоритма синтеза моделей. Вторым важным направлением диссертационного исследования является упрощение интеграции моделей ИНС прямого распространения в стороннее ПО, с помощью использования сервис-ориентированной архитектуры в процессе генерации программных оболочек для созданных и обученных моделей.

В диссертационной работе Соболевского В.А. получены следующие **новые научные результаты**:

- Разработан алгоритм унифицированного подбора гиперпараметров ИНС прямого распространения с различными архитектурами, отличающимися масштабируемостью, позволяющий

автоматизировать процессы генерации и обучения моделей без необходимости модификации самого алгоритма.

- Разработана архитектура и программная система автоматизации процессов генерации и обучения моделей ИНС прямого распространения с различными архитектурами, отличающаяся возможностью инкапсуляции методов работы с различными архитектурами ИНС, что позволяет упростить и ускорить разработку моделей за счёт использования перспективной информационной технологии No-Code (программирования без программирования).

- Разработана архитектура и программная система автоматической генерации исполняемых файлов для синтезированных моделей ИНС прямого распространения с различными архитектурами, отличающаяся от существующих конструктивным использованием сервис-ориентированного подхода, а также концепции и технологии No-Code разработки, что позволяет ускорить и упростить интеграцию разработанных моделей в стороннее программное обеспечение.

2. Теоретически значимыми результатами можно считать: (1) разработку методов, алгоритмов и их программной реализации, которые определяют основное содержание предложенного в диссертации нового подхода к комплексной автоматизации процессов генерации, обучения и использования ИНС различных архитектур; (2) создание архитектуры программной системы синтеза моделей ИНС прямого распространения, которая характеризуется высокой степенью универсальности и унификации и поэтому может использоваться для комплексной автоматизации синтеза моделей различных архитектур ИНС ПР, в том числе не включённых по умолчанию в данное ПО; (3) реализация архитектуры программной системы автоматической генерации программных оболочек для синтезированных моделей, которая упрощает и ускоряет внедрение созданных моделей в стороннее ПО, за счёт реализации концепции No-Code разработки и поддержки парадигмы СОА, что подтверждается результатами экспериментальных исследований.

3. Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что, созданное ПО можно использовать для автоматизации процессов создания программных модулей на базе моделей ИНС ПР, позволяющих решать широкий круг прикладных задач. Применимость ПО ограничивается только потенциальными возможностями каждой из архитектур ИНС ПР, включённых в него. При этом, список решаемых задач также может быть впоследствии увеличен, за счёт добавления новых архитектур ИНС ПР, обеспечивающих решение других классов задач.

Положения, выносимые на защиту: (1) алгоритм унифицированного подбора гиперпараметров для решения задачи автоматизации процессов генерации и обучения моделей ИНС прямого распространения различных архитектур; (2) архитектура и программная система автоматизации

процессов генерации и обучения моделей ИНС прямого распространения различных архитектур; (3) архитектура и программная система автоматической генерации исполняемых файлов для синтезированных моделей ИНС прямого распространения различных архитектур.

Апробация. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на 11 зарубежных и российских научно-практических конференциях:

Публикации. По теме диссертации опубликовано достаточное количество работ (25 работ, в том числе 3 – в рецензируемых изданиях из списка ВАК. 10 публикаций в изданиях, индексируемых в WoS/Scopus, 2 свидетельства о регистрации ПрЭВМ в Роспатент.

Личный вклад автора. Основные научные положения, теоретические выводы и практические решения, результаты тестирования сформулированы и изложены автором самостоятельно.

Использование результатов. Исследования, отражённые в диссертации, проводились в рамках 4-х грантов РФФИ: 19-37-90112, 19-08-00989, 17-08-00797, 16-08-00510. Модели ИНС, созданные в результате использования разработанного ПО, были использованы при реализации информационной системы ПРОСТОР. Разработанное алгоритмическое и программное обеспечение реализовано в ряде организаций: Государственный природный биосферный заповедник «Таймырский», «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» СПбГТИ (ТУ), в СПИИРАН и СЗЦПО входящих в СПб ФИЦ РАН.

Диссертация состоит объемом 144 машинописные страницы содержит введение, четыре главы и заключение, список литературы (148 наименование), 1 таблицу, 32 рисунка, приложение со списком публикаций соискателя.

4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна.

Проведенный в первой главе анализ текущего состояния исследований в области практического применения ИНС позволил выявить проблемы в этой области, возможные пути их решения, а также обоснованно сделать формальную постановку задач диссертации.

Обоснование актуальности темы диссертации, которая ориентирована на комплексное решение задач автоматизации процессов генерации и обучения моделей ИНС ПР различных архитектур, а также на упрощение интеграции созданных моделей в стороннее ПО, приведенное во второй главе, выглядит вполне убедительно.

Выбор используемых моделей ИНС ПР, таких как МПР, СНС и MRCNN оправдан, поскольку они наиболее часто применяются на практике. Описание выбранных архитектур ИНС ПР достаточно подробное.

В диссертации предлагается почти полностью автоматизировать работы, связанные с генерацией и обучением данных архитектур. Это дает

возможность пользователю использовать только размеченную обучающую выборку и указать требуемую точность получения конечных результатов.

Разработанный и подробно описанный в главе 2 алгоритм унифицированного подбора гиперпараметров (УПГ) является оригинальным и позволяет эффективно проводить комплексный и унифицированный синтез моделей ИНС ПР различных архитектур.

Состав и структура разработанного ПО, представленные в главе 3, достаточно подробно описаны и указаны задачи, которые решаются каждым из созданных программных модулей, а также способы решения этих задач.

Хорошо сформулированы базовые принципы СОА и обоснованы причины применения элементов СОА в разработанном ПО. Основные и вспомогательные программные модули, входящие в состав созданного ПО комплексной автоматизации процессов генерации, обучения и использования моделей ИНС ПР различных архитектур, описаны подробно и понятно.

Основные практические результаты, представленные в главе 4, иллюстрируются решением, при помощи созданного ПО, трех прикладных задач. В первой задаче рассматривается процесс весеннего вскрытия льда и прогнозируется поведение реки в последующем половодье. С помощью представленного в диссертации ПО были сгенерированы модели МПР, которые успешно применялись для решения задач прогнозирования время вскрытия льда и последующего прогнозирования уровня воды в интеллектуальной системе «ПРОСТОР». Во второй решенной задаче были оценивались запасы наземной фитомассы растительных сообществ разных природно-климатических зон и прогнозировались их изменения в зависимости от факторов среды. Для ее решения с помощью представленного в диссертации ПО была создана модель ИНС для прогнозирования запасов наземной фитомассы в зависимости от погодно-климатических условий. В третьей задаче учитывалась численность диких северных оленей тундровых популяций на основе анализа аэрофотоснимков. При этом использовалась модель Mask R-CNN, сгенерированная и обученная с помощью представленного в диссертации ПО.

На основе обобщения результатов выполненных исследований была разработана оригинальная методика использования ПО комплексной автоматизации процессов генерации, обучения и использования моделей ИНС ПР различных архитектур для решения прикладных в разных предметных областях.

5. Недостатки диссертационной работы.

1. На стр. 32, формула (1.1) вводится функция $\text{card}()$, которая в тексте не описана.

2. Алгоритм оптимизации ИНС типа МПР - adam (стр.97 и СНС (стр. 106) - не конкретизирован.

3. Количество нейронов в сверточных слоях - некорректное понятие в принципе, важно число и размеры фильтров, шаг фильтра и выход за пределы изображения при проходе фильтрами по нему.

4. Изменение коэффициента дропаута может быть не менее важно, чем его наличие или отсутствие, как предлагается в алгоритме синтеза модели СНС.

5. Отсутствует настройка функции ошибки для СНС, об этом вообще ничего не сказано.

6. Для решения задачи сегментации предлагается использовать модель Mask R-CNN (2017 г.), фактически без всякого сравнения с другими более специализированными моделями, например, SegNet и пр.

7. Утверждать невозможность предобучения сверточной сети не корректно, поскольку известно, что даже генерированные сети работают лучше, если их дообучить на большом наборе данных (например, ImageNet).

8. Утверждение, что «универсальные методы оценки для данной модели отсутствуют» (стр.52) не корректно, поскольку еще в 2007 году появилась актуальная метрика Average Precision (AP), а с 2012 используется улучшенная метрика mean AP с улучшением для более сложных вещей. Для сегментации тоже существуют особые метрики.

9. Программно-аппаратный ускоритель (т. е. видеокарта) вряд ли может быть «интегрирован в ПО». Это нужно обосновать основательнее.

10. Время разработки СНС для новой задачи не включает в себя этап подготовки данных (анализ, разметка, аннотирование), что часто занимает большое время. Поэтому нельзя считать корректными оценки времени, затраченного на создание моделей ИНС с помощью разработанного ПО.

Несмотря на сделанные замечания, диссертация **в целом** содержит ответы на все положения, выдвинутые на защиту, и достаточно полно характеризует личный вклад автора в их разработку.

Представляется, что разработанное ПО **может быть эффективно использовано** при поиске новых технических решений на базе современных ИНС, которые могут существенно повысить эффективность функционирования современных интеллектуальных систем.

В рамках **развития исследований автора**, вероятно, будет полезным усложнение пользовательского программного интерфейса, который мог бы позволить работать с созданным ПО неспециалистам в области ГО. Кроме этого, желательно ввести разработанное ПО в опытную эксплуатацию, для оценки вычислительных ресурсов, необходимых для его штатной работы и тестирования производительности. Была бы полезна дальнейшая полноценная эксплуатация ПО, с последующим расширением набора архитектур ИНС ПР, например, на рекуррентные сети. Как утверждает сам автор, ограничения разработанного ПО, связаны именно с небольшим количеством реализованных в ней архитектур ИНС ПР.

6. Заключение. В диссертационной работе Соболевского Владислава Алексеевича решена актуальная научная задача повышения степени автоматизации процессов создания, обучения и использования моделей ИНС прямого распространения различных архитектур. Тема и

содержание диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.3.5 - «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, которая по форме и содержанию, актуальности, полноте поставленных и решённых задач, совокупности новых научных результатов соответствует требованиям пунктов 9-14 « Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 26 сентября 2022 года №1690), предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Официальный оппонент

Доцент Высшей школы автоматизации и робототехники Института машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, кандидат технических наук, доцент

Лев Александрович Станкевич

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, 1-й уч. Корпус, ауд. 409.
Тел.: +7(812)552-66-23
Email: stankevich_lev@inbox.ru

03.03 2023 г.