

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.375.01,
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Рязанский государственный
радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки
и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание
ученой степени кандидата наук

Аттестационное дело № _____
Решение диссертационного совета от 04.06.2025 № 6

О присуждении Нгуен Ван Тин, гражданину Социалистической Республики Вьетнам, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Математическое и программное обеспечение процессов интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в программно-конфигурируемых сетях на основе нейронных сетей и роевых алгоритмов» **по специальности** 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» **принята к защите 26 марта 2025 г., протокол № 4, диссертационным советом 24.2.375.01, созданным на базе** федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования РФ, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1, приказ о создании диссертационного совета № 105/НК от 11.04.2012 г.

Соискатель Нгуен Ван Тин, 1996 года рождения, в 2022 году окончил с отличием магистратуру ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет» Министерства науки и высшего образования РФ по направлению подготовки 11.04.03 – «Конструирование и технология электронных средств», является аспирантом очной формы обучения, не работает.

Диссертация выполнена на кафедре систем автоматизированного проектирования вычислительных средств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Перепелкин Дмитрий Александрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», декан факультета вычислительной техники.

Официальные оппоненты:

Буранова Марина Анатольевна, проректор по учебной работе, доктор технических наук, профессор кафедры информационной безопасности ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (ФГБОУ ВО «ПГУТИ»), г. Самара;

Кравец Олег Яковлевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автоматизированных и вычислительных систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВГТУ»), г. Воронеж;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», г. Пенза **в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой вычислительной техники, доктором технических наук, доцентом Митрохиным Максимом Александровичем, профессором кафедры вычислительной техники, доктором технических наук, доцентом Зинкиным Сергеем Александровичем и утвержденном ректором ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» Гуляковым Александром Дмитриевичем, указала, что диссертация Нгуена Ван Тина является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной научной задачи разработки математического и программного обеспечения процессов интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в ПКС на основе нейронных сетей и алгоритмов роевого интеллекта с целью создания более адаптивных и эффективных решений программного управления потоками данных в ПКС; текст работы логически структурирован и содержит обоснованную оценку теоретических и практических результатов; автореферат полностью отражает**

содержание диссертационной работы; основные результаты исследований достаточно полно опубликованы в научной печати; содержание диссертации и автореферата Нгуена В.Т. полностью соответствуют специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» и удовлетворяют требованиям, предъявляемым п. 9 Положения о присуждении ученых степеней к кандидатским диссертациям, а их автор Нгуен Ван Тин заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Соискатель имеет 22 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликованы 22 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 12 работ. В числе работ по теме диссертации опубликованы 7 статей в изданиях из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК по специальности 2.3.5 (3 – K1, 4 – K2), 5 статей в изданиях, входящих в международные базы научного цитирования Web of Science и Scopus, 3 статьи в других изданиях и материалах конференций, 7 авторских свидетельства о регистрации программ для ЭВМ в ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» (РОСПАТЕНТ).

Наиболее значимые работы:

1. Нгуен В. Т. Исследование процессов балансировки нагрузки в программно-конфигурируемых сетях на основе генетического алгоритма / Д. А. Перепелкин, В. Т. Нгуен // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2021. – № 77. – С. 43-57.

Нгуен В. Т. провел исследование и анализ процессов балансировки нагрузки в ПКС на основе генетического алгоритма.

2. Нгуен В. Т. Исследование и анализ процессов многопутевой маршрутизации и балансировки потоков данных в программно-конфигурируемых сетях на основе генетического алгоритма / Д. А. Перепелкин, В. Т. Нгуен // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2022. – № 79. – С. 31-48.

Нгуен В. Т. разработал подход балансировки потоков данных в ПКС на основе генетического алгоритма.

3. Нгуен В. Т. Интеллектуальная многопутевая маршрутизация в программно-конфигурируемых сетях на основе алгоритма искусственной пчелиной колонии / Д. А. Перепелкин, В. Т. Нгуен // Информационные технологии. – 2022. – Т. 28. – № 8. – С. 395-404.

Нгуен В. Т. разработал математическую модель, метод и программный компонент интеллектуальной многопутевой маршрутизации в ПКС на основе алгоритма искусственной пчелиной колонии.

4. Нгуен В. Т. Интеллектуальная многопутевая маршрутизация в программно-конфигурируемых сетях на основе алгоритмов оптимизации муравьиной колонии / Д. А. Перепелкин, М. А. Иванчикова, В. Т. Нгуен // Информационные технологии. – 2022. – Т. 28. – № 10. – С. 520-528.

Нгуен В. Т. разработал математическую модель, метод и программный компонент интеллектуальной многопутевой маршрутизации в ПКС на основе алгоритмов оптимизации муравьиной колонии.

5. Нгуен В. Т. Интеллектуальная многопутевая маршрутизация в программно-конфигурируемых сетях на основе алгоритма миграции стаи птиц / Д. А. Перепелкин, М. А. Иванчикова, В. Т. Нгуен // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2022. – № 82. – С. 44-59.

Нгуен В. Т. разработал математическую модель, метод и программный компонент интеллектуальной многопутевой маршрутизации в ПКС на основе алгоритма миграции стаи птиц.

6. Нгуен В. Т. Нейросетевая многопутевая маршрутизация в программно-конфигурируемых сетях на основе генетического алгоритма / Д. А. Перепелкин, М. А. Иванчикова, В. Т. Нгуен // Информационные технологии. – 2023. – Т. 29. – № 12. – С. 622-629.

Нгуен В. Т. разработал нейросетевую модель многопутевой маршрутизации в ПКС на основе генетического алгоритма.

7. Нгуен В. Т. Нейросетевая многопутевая маршрутизация в программно-конфигурируемых сетях на основе алгоритмов оптимизации муравьиной колонии /

Д. А. Перепелкин, В. Т. Нгуен // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2024. – № 89. – С. 39-55.

Нгуен В. Т. разработал математическую модель и метод оптимизации гиперпараметров нейросетевой модели многопутевой маршрутизации в ПКС на основе алгоритмов оптимизации муравьиной колонии.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (г. Тула). Отзыв подписал доцент кафедры вычислительной техники, к.т.н. Новиков Александр Сергеевич.

2. ООО «ЛабСистемс» (г. Владимир). Отзыв подписал заместитель генерального директора, д.т.н., доцент Мосин Сергей Геннадьевич.

3. Акционерное общество «Московский научно-исследовательский институт «Агат» (АО «МНИИ «Агат») (Московская область, г. Жуковский). Отзыв подписал начальник научно-технического отдела, ученый секретарь НТС, к.т.н. Потапов Михаил Владимирович.

4. ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет» (г. Псков). Отзыв подписал заведующий отделением информационно-коммуникационных технологий образовательного департамента Передовой инженерной школы гибридных технологий в станкостроении Союзного государства, к.т.н. Андреев Дмитрий Анатольевич.

5. ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (г. Москва). Отзыв подписал заведующий кафедрой корпоративных информационных систем Института информационных технологий, к.т.н., доцент Андрианова Елена Гельевна.

6. Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ) (г. Москва). Отзыв подписал проректор по научной работе д.т.н., профессор Леохин Юрий Львович.

7. ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука» (г. Москва). Отзыв подписал исполняющий обязанности первого заместителя генерального директора, д.т.н. Бычков Игнат Николаевич.

8. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (г. Оренбург). Отзыв подписал заведующий кафедрой прикладной математики д.т.н., профессор Болодурина Ирина Павловна.

9. ФГКОУ ВО «Московский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В.Я. Кикотя» (г. Москва). Отзыв подписал профессор кафедры специальных информационных технологий, д.т.н. Минаев Владимир Александрович.

10. Акционерное общество «Ракетно-космический центр «ПРОГРЕСС» (г. Самара). Отзыв подписали первый заместитель генерального конструктора – первый заместитель начальника ЦСКБ, Филатов Артем Викторович и заместитель главного конструктора, к.т.н. Шилов Лев Борисович.

11. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Москва). Отзыв подписал заведующий лабораторией открытых информационных технологий факультета ВМК МГУ, д.т.н., профессор Сухомлин Владимир Александрович.

В отзывах указаны следующие замечания:

В цели работы заявлено повышение эффективности процессов передачи и обработки данных в ПКС, однако в автореферате не приведен обобщенный критерий эффективности, на основе которого можно было бы подтвердить, что заявленная в диссертации цель достигнута. Описаны только отдельные эксперименты, демонстрирующие эффективность предлагаемых автором отдельных методов и алгоритмов, но не повышение общей эффективности передачи данных в целом; в автореферате не приведена нейросетевая постановка задачи по разработке рекуррентной нейронной сети для многопутевой маршрутизации в ПКС, процедуры обучения сети и выбора ее параметров также не описаны, что затрудняет процесс верификации заявляемых автором результатов; рисунки 7 - 9 с результатами экспериментов по проверке предлагаемых методов и моделей выполнены слишком мелкими, что делает затруднительным понимание,

какой конкретно график может быть соотнесен с каждым параметром, особенно там, где графики сливаются; в чем заключается обработка данных в ПКС и повышение ее эффективности, объявленные в цели исследования?; из автореферата диссертации не совсем ясно, почему для решения задачи нейросетевой маршрутизации была выбрана именно архитектура рекуррентных нейронных сетей? Рассматривались ли в работе другие архитектуры и подходы?; в описании нейросетевой модели многопутевой маршрутизации упоминается использование функции потерь BinaryCrossentropy. Было бы полезно пояснить, почему именно эта функция потерь была выбрана и какие еще альтернативы рассматривались; в работе проводится сравнение времени выполнения алгоритмов роевого интеллекта, но отсутствует детальное описание конфигурации экспериментальной среды; в описании пространства поиска гиперпараметров нейронной сети указаны диапазоны значений, но не уточняется, каким образом выбирались эти границы; при анализе экспериментальных результатов сравнения алгоритмов роевого интеллекта, автор приводит данные о точности и времени выполнения, но не обсуждает влияние масштаба сети (например, числа узлов или каналов) на производительность алгоритмов; на странице 6 неясно, почему веса канала рассчитываются на основе коэффициента загрузки, а не других метрик канала; на странице 10 неясно, почему в качестве приспособленности особи выбрана точность на тестовом наборе, а не другой показатель, например, значение функции потерь; в автореферате не содержится подробного описания работы каждого из рассмотренных алгоритмов роевого интеллекта; по тексту автореферата не совсем ясно, почему в качестве управляющего контроллера ПКС был выбран именно контроллер Ryu?; в автореферате не обоснован выбор программных средств для разработки программного обеспечения интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в ПКС; вместо термина роевого интеллекта более правильным было бы использовать термин эволюционное программирование, для которого важным является начальное распределение решений в популяции при анализе результатов сравнения реализации алгоритмов; на этапе динамической многопутевой маршрутизации не указаны критерии выбора порогового значения θ для определения перегруженных каналов; в автореферате

отсутствует информация о возможных ограничениях масштабируемости нейросетевых моделей при обработке больших объемов данных в реальных сетях; в автореферате недостаточно подробно описана архитектура программной системы SDNLoadBalancer, включая взаимодействие ее компонентов с существующими сетевыми протоколами; в автореферате диссертации представлена информация об эффективности предложенного алгоритма динамической балансировки потоков данных в ПКС (DAMLB) по сравнению с известными подходами ECMP и Round Robin. Однако в работе отсутствуют численное подтверждение, насколько предложенный подход превосходит известные аналоги; несмотря на то, что работа сосредоточена на нейронных сетях и роевых алгоритмах, было бы полезно также обратить внимание на сравнение с другими подходами искусственного интеллекта, такими как обучение с подкреплением или глубокое обучение, которые также применяются в задачах маршрутизации; в автореферате отсутствует рассмотрение непрерывных значений гиперпараметров нейросетевой модели управления потоками данных в ПКС; в тексте автореферата отсутствует подробное описание методологии выбора конкретных алгоритмов роевого интеллекта для задач маршрутизации и оптимизации гиперпараметров нейронных сетей; в работе не приведена информация о вычислительных ресурсах, необходимых для реализации предложенных алгоритмов.

Все отзывы положительные и содержат вывод о том, что диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациями, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в данной области науки, наличием публикаций по тематике диссертации и способностью определить теоретическую и практическую значимость диссертации; имеют публикации, по теме диссертационной работы в изданиях, индексируемых в международных базах Web of Science и Scopus, в изданиях рекомендованных ВАК; являются сотрудниками различных организаций и не имеют совместных публикаций с соискателем. Ведущая организация широко

известна своими научными достижениями в области вычислительных систем и компьютерных сетей; сотрудники являются ведущими специалистами по теме диссертации. Сведения о публикациях имеются в личном деле соискателя. Соискатель и научный руководитель соискателя не работают в данной организации и не являются участниками научно-исследовательских работ, ведущихся в этой организации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны математические модели, методы, алгоритмы и программные средства интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в программно-конфигурируемых сетях (ПКС) на основе алгоритмов роевого интеллекта, обеспечивающие высокую точность определения оптимальных маршрутов и равномерное распределение нагрузки в условиях динамически изменяющейся сети;

предложены нейросетевая модель многопутевой маршрутизации и метод динамической балансировки потоков данных в ПКС;

доказана эффективность разработанных методов и алгоритмов путем проведения компьютерного моделирования;

введена стратегия взвешенного циклического распределения потоков данных в ПКС для повышения эффективности процессов передачи и обработки данных.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность повышения эффективности процессов передачи и обработки данных в ПКС за счет разработки новых математических моделей, методов, алгоритмов и программных средств интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных на основе искусственных нейронных сетей и методов роевого интеллекта;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы теория алгоритмов, теория графов, теория множеств, методы компьютерного моделирования и объектно-ориентированного программирования;

изложены этапы построения оптимальных маршрутов и равномерного распределения потоков данных в условиях динамически изменяющейся сети;

раскрыты и выявлены недостатки существующих алгоритмов управления потоками данных в программно-конфигурируемых сетях;

изучено применение искусственных нейронных сетей и алгоритмов роевого интеллекта для управления и контроля потоков данных в программно-конфигурируемых сетях;

проведена модернизация существующих алгоритмов управления потоками данных в ПКС за счет использования математического аппарата нейронных сетей и алгоритмов роевого интеллекта, позволяющая реализовать интеллектуальные алгоритмы в виде программных компонентов, сервисов и приложений программно-конфигурируемых сетей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены модели, алгоритмы и программная система SDNLoadBalancer в инженерной практике компании ООО «Технологии НТР» (Вьетнам) и в учебном процессе на кафедре САПР ВС Рязанского государственного радиотехнического университета имени В.Ф. Уткина (РГРТУ) при преподавании по курсам «Программно-конфигурируемые сети» по направлению 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» и «Проектирование и поддержка программно-конфигурируемых сетей» по направлению 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника»;

определены условия применимости и перспективы внедрения предложенных моделей, методов, алгоритмов и программных средств в существующие системы управления сетью;

созданы библиотека программных компонентов интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в ПКС, отличающаяся наличием программных интерфейсов для взаимодействия с сетевыми приложениями и обеспечивающая эффективное управление потоками данных на основе нейронных сетей и роевых алгоритмов; программная система для организации распределенной

обработки данных, отличающаяся использованием микросервисной архитектуры и возможностью гибкого конфигурирования параметров и структуры сети;

представлены акты внедрения диссертационной работы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использованы эмулятор Mininet для моделирования топологии ПКС, контроллер Ryu для мониторинга и управления потоками данных, а также инструмент iperf3 для генерации трафика и оценки пропускной способности между узлами сети;

теория построена на методах теории графов, теории системного анализа, математического моделирования, теории алгоритмов, методах верификации программ, а также на обобщении результатов вычислительных экспериментов;

идея базируется на обобщении отечественного и зарубежного опыта научных исследователей в области программного управления потоками данных в компьютерных сетях;

использовано сравнение авторских данных и результатов, полученных ранее по рассматриваемой в диссертации тематике;

установлено, что полученные в работе результаты позволяют повысить эффективность процессов передачи и обработки данных в программно-конфигурируемых сетях;

использованы современные методики сбора исходной информации для проведения экспериментальной проверки полученных научных результатов.

Личный вклад соискателя состоит: в разработке математической модели и метода интеллектуальной маршрутизации в ПКС, отличающихся использованием алгоритмов роевого интеллекта и их адаптацией для условий динамически изменяющейся сети; в разработке нейросетевой модели многопутевой маршрутизации в ПКС на основе рекуррентной нейронной сети, позволяющей принимать решения о маршрутизации в режиме реального времени; в разработке математической модели и метода оптимизации гиперпараметров нейросетевой модели многопутевой маршрутизации в ПКС на основе алгоритмов роевого интеллекта, обеспечивающих высокую точность прогнозирования маршрутов и снижение вычислительных затрат; в разработке модели и алгоритма динамической

балансировки потоков данных в ПКС, обеспечивающих равномерное распределение нагрузки в сети и адаптацию к изменяющимся условиям трафика для увеличения пропускной способности и минимизации потерь пакетов; в разработке архитектуры библиотеки программных компонентов интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в ПКС, отличающейся наличием программных интерфейсов для взаимодействия с сетевыми приложениями и обеспечивающая эффективное управление потоками данных на основе нейронных сетей и роевых алгоритмов; в разработке структуры программной системы для организации распределенной обработки данных, отличающейся использованием микросервисной архитектуры и возможностью гибкого конфигурирования параметров и структуры сети; в непосредственном участии соискателя в получении исходных данных для исследования; в личном участии в апробации результатов исследования; в обработке и интерпретации результатов; в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: непонятна эффективность процессов и эффективность процессов обработки; непонятно, как выполняется процесс генерации запросов на обработку данных в сети; отсутствует численное подтверждение сравнения с известными аналогами.

Соискатель Нгуен Ван Тин ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, с частью замечаний согласился и на часть развернуто пояснил.

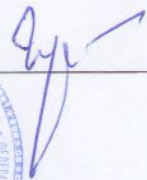
На заседании 04 июня 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Нгуен Ван Тин ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи разработки новых математических моделей, методов, алгоритмов и программных средств интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных на основе искусственных нейронных сетей и алгоритмов роевого интеллекта, имеющей важное значение в области вычислительных систем и компьютерных сетей.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности

2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

 Гусев Сергей Игоревич

Ученый секретарь

диссертационного совета

 Пруцков Александр Викторович

04.06.2025 г.