

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)  
Радиофизический факультет  
Кафедра оптико-электронных систем и дистанционного зондирования

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП  
д-р физ.-мат. наук, профессор  
И.В. Самохвалов

*подпись*  
« 13 » 06 2023 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ  
ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА БАЗЕ СВЁРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

по направлению подготовки 12.03.02 – Опотехника  
направленность (профиль) «Оптико-электронные приборы и системы»

Курков Михаил Михайлович

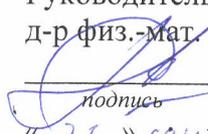
Руководитель ВКР  
д-р техн. наук, профессор  
В.Т. Калайда

*подпись*  
« 08 » 06 2023 г.

Автор работы  
студент группы № 071904

*подпись*  
М.М. Курков  
« 08 » 06 2023 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)  
Радиофизический факультет  
Кафедра оптико-электронных систем и дистанционного зондирования (ОЭС и ДЗ)

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель ООП  
д-р физ.-мат. наук, профессор  
 И.В. Самохвалов  
подпись  
« 21 » сентября 2022 г.

### ЗАДАНИЕ

по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра обучающегося

Куркову Михаилу Михайловичу

*Фамилия Имя Отчество обучающегося*

по направлению подготовки 12.03.02 – Оптехника, направленность (профиль) «Оптико-электронные приборы и системы»

#### 1 Тема выпускной квалификационной работы

«Разработка и реализация алгоритма идентификации голографических изображений на базе свёрточной нейронной сети»

2 **Сроки сдачи** обучающимся выполненной выпускной квалификационной работы

а) в деканат – июнь 2022 г.

б) в ГЭК – июнь 2022 г.

3 **Исходные данные** к работе:

Объект исследования – Методы и средства анализа и обработки изображения (планктона)

Предмет исследования – Метод и алгоритм идентификации изображений

Цель исследования – Разработка алгоритма идентификации голографических изображений на основе свёрточной нейронной сети.

Задачи:

- Аналитический обзор литературы по теме исследований.
- Выбор и обоснование методов и алгоритмов решения сформулированной задачи.
- Выбор и обоснование топологии нейронной сети.
- Выбор и обоснование метода обучения нейронной сети.
- Разработка структуры системы, выбор и обоснование среды и языка реализации системы.

Методы исследования:

Системный анализ, математическое моделирование физических процессов, разработка алгоритмов, теория нейронных сетей

Организация или отрасль, по тематике которой выполняется работа, – НИ ТГУ

#### 4 Краткое содержание работы

- аналитический обзор литературы по теме исследований
- выбор и обоснование методов и алгоритмов решения сформулированной задачи
- разработка блок-схемы решения задачи, выбор и обоснование среды и языка реализации системы, реализация системы, тестирование
- оценка достоверности распознавания разработанным алгоритмом

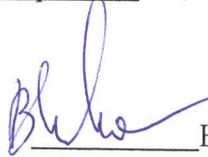
Руководитель выпускной квалификационной работы

д-р техн. наук., проф., кафедра ОЭС и ДЗ

*должность, место работы*

Задание принял к исполнению

студент группы 071904

 В.Т. Калайда  
подпись

 М.М. Курков  
подпись

## АННОТАЦИЯ

Ключевые слова: нейронная сеть, алгоритм Виолы-Джонса, зоопланктон, цифровая голография, классификация, распознавание.

Работа посвящена исследованию применения свёрточной нейросети Виолы-Джонса для решения задачи распознавания изображений зоопланктона при их цифровом воспроизведении из цифровых голограмм. Проведён аналитический обзор литературы по теме исследования.

Исследованы особенности использования алгоритма Виолы-Джонса в применении к задаче распознавания зоопланктона на изображениях, обнаруженные в ходе исследования, восстановленных из цифровых голограмм, представленных в тестовой выборке.

Рассматриваются возможности реализации в составе digital holographic camera (ДНС) - технологии для неинвазивного автоматического выделения зоопланктона *Daphnia Magna* из цифрового голографического изображения. С этой целью было разработано оконное приложение для распознавания *Daphnia Magna* на восстановленных голографических изображениях с помощью обученной свёрточной нейронной сети на наборе данных, состоящем из 880 восстановленных изображений. Оценены значения точности и полноты обученной нейронной сети.

Работа выполнена на 40 страницах; состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников из 31 наименования; содержит 9 рисунков.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТА НА ИЗОБРАЖЕНИИ.....	10
1.1 Принципы построения обучающей выборки и биологическая систематика планктона .....	10
1.2 Методы оптической детекции планктона .....	12
1.3 Нейронные сети.....	14
1.4 Нейронные сети в цифровой голографии частиц .....	17
2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	20
2.1 Метод Виолы-Джонса .....	20
2.1.1 Прямоугольные признаки Хаара .....	20
2.1.2 Интегральное представление изображения .....	21
2.1.3 Сканирующее окно.....	22
2.2 Обучение нейронной сети.....	23
3. ВЫБОР СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ .....	27
3.1 Структура системы.....	27
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	29
4.1 Алгоритм разработки .....	29
4.2 Разработка.....	29
4.3 Область применимости алгоритма .....	31
4.4 Оценка вероятностей правильной локализации объектов .....	32
4.5 Рекомендации по модификации системы .....	34
4.6 Благодарности .....	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	37

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Многие области науки, техники и производства активно развивают системы, где информация представлена в виде изображений. Обработка такой информации вызывает множество проблем, одной из которых является реализация обработки и распознавания изображений. Актуальность этой проблемы подтверждается тем, что исследования в данной области включены в приоритетные направления развития науки и техники, на федеральном уровне [1].

Распознавание изображений находит широкое применение в различных областях, таких как контроль топологии печатных плат, анализ текстуры ткани, робототехника и системы экологического мониторинга. В настоящий момент наиболее распространённым решением таких задач является применение нейронных сетей - это компьютерные модели, вдохновленные работой нервной системы живых организмов. Они состоят из множества искусственных нейронов, которые соединены между собой и обрабатывают информацию. Нейронные сети способны обучаться на основе набора данных, а затем использовать полученные данные для решения различных задач.

Свёрточные нейронные сети являются одним из типов нейронных сетей, которые широко применяются в обработке и анализе изображений. Они специально разработаны для эффективной работы с двухмерными структурами данных, такими как изображения. Свёрточные нейронные сети обладают способностью автоматически извлекать иерархические признаки из изображений, начиная с простых форм и текстур и заканчивая более сложными объектами и концепциями.

Свёрточные нейронные сети широко применяются в областях компьютерного зрения, распознавания образов, системах экологического мониторинга и различных других областях, где приходится работать с изображениями. Некоторые из них включают:

- Мониторинг лесных пожаров: анализ спутниковых изображений для обнаружения области возгорания [2].

- Мониторинг водных ресурсов: для анализа снимков спутников и дронов, чтобы определить качество воды, обнаружить водные водоросли и водные растения, а также оценить экологическое состояние водных систем [3].

- Мониторинг биоразнообразия: анализ изображений животных и растений для определения их видового состава и оценки биоразнообразия в различных экосистемах.

- Мониторинг загрязнения окружающей среды: анализ изображений, полученных с датчиков и камер наблюдения, с целью обнаружения и классификации различных источников загрязнения окружающей среды, таких как выбросы промышленных предприятий или отходы [4].

Планктон является важной частью всех водоемов и океанов, он играет ключевую роль в биосфере Земли, обеспечивая циркуляцию элементов в экосистеме, участвует в накоплении и разложении органического вещества, а также служит источником питания для множества других организмов. Изменения в составе и размерах планктона могут сигнализировать о нарушениях в экосистеме и помогать предсказать будущие изменения в ней. Поэтому исследование планктона не только позволяет лучше понимать функционирование экосистем, но также может иметь практическое значение для принятия решений по управлению и сохранению биоразнообразия.

Планктон делится на три основных царства – это зоопланктон, фитопланктон и бактериопланктон. В данной работе рассматривается зоопланктон, а именно автохтонный зоопланктон. Это группа организмов, которые возникли в процессе эволюции в данной местности и живут в ней в настоящее время, они обитают в морях и океанах и питаются органическими остатками и микроорганизмами. Зоопланктон играет большую роль в очистке водоёмов от загрязнений. Организмы зоопланктона питаются фитопланктоном, бактериопланктоном, детритом или более мелкими представителями зоопланктона. Изменение в его популяции или видового разнообразия напрямую может сказать об изменении экологического

состояния водоёма. Поэтому важно контролировать уровень популяции каждого из видов планктона для каждого конкретно взятого водоёма, чтобы можно было отследить динамику изменения этих параметров и принять соответствующие меры для улучшения экологии водоёмов. Также контроль популяции планктона очень важен в рыбопромысловой отрасли, потому что для обеспечения стабильного роста рыбы, ей требуется постоянное и стабильное питание, а около 80% общего вылова рыбы приходится на планктонофагов [5].

Оценка численности планктона является важным аспектом изучения водоемов и морей, так как позволяет определить разнообразие и состав водных организмов, а также оценить состояние экосистемы в целом. Оценка качества воды с помощью изучения популяций планктона является широко используемым методом для определения состояния экосистемы. Поскольку популяции планктона являются очень чувствительными к изменениям условия обитания, то изменения в их численности и составе могут указывать на изменения в качестве воды. Существует ряд различных методов для оценки численности планктона, некоторые из них описаны ниже:

- Метод сетевого отлова – этот метод основан на сборе образцов зоопланктона в сеть с известной площадью и длиной мешков, после чего происходит подсчет числа особей в сети с помощью микроскопа [6]. Наиболее часто используется сеть “джеди” – это уловистая планктонная сетка для сплошного отвесного вылова фитопланктона и зоопланктона в морской воде и пресных средних и крупных водоёмах, произведена из легкого гибкого прочнейшего полиамидного мельничного газа с высокой степенью устойчивости к износу, истиранию и воздействию химических компонентов.

- Методы оптической детекции - методы, которые используются для обнаружения и измерения организмов планктона с помощью, флуоресценции или цифровой голографии [7].

Методы оптической детекции уникальны среди остальных, их главная особенность заключается в том, что они являются не возмущающими методами регистрации планктона, за счёт чего возможно исследовать планктон непосредственно в среде обитания в отличие от традиционных методов, которые дают усреднённый результат.

В данной работе применяется цифровая голограмма, построенная по осевой схеме Габора для регистрации толщи воды с планктоном, сложность работы с данным методом регистрации заключается в том, как представлены данные регистрации [8].

**Проблемная ситуация.** При восстановлении голограммы, мы получаем набор изображений дискретно восстановленных, с некоторым шагом плоскостей вдоль объема. Для одной голограммы количество таких плоскостей может достигать до сотен, а для получения динамики изменения концентрации в течении дня производится регистрация нескольких голограмм. В результате возникает большой набор данных, для обработки которого требуется много времени.

Для автоматизации процесса обработки восстановленных голограмм в настоящее время широко используются свёрточные нейросети. Они используются в задачах компьютерного зрения, таких как распознавание образов, классификация изображений и детекция объектов. Свёрточные нейросети обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными нейросетями. Одним из главных преимуществ свёрточных нейросетей является их способность эффективно обрабатывать данные с высокой размерностью, такие как изображения. Они также хорошо справляются с задачами, требующими выявления локальных связей в данных. В то же время, свёрточные нейросети обычно требуют меньшего количества параметров и потребляют меньше вычислительных ресурсов, чем полносвязные нейросети.

Исходя из вышесказанного целью работы является - разработка алгоритма идентификации голографических изображений на основе свёрточной нейронной сети.

Задачи:

1. Аналитический обзор литературы по теме исследований.
2. Выбор и обоснование методов и алгоритмов решения сформулированной задачи.
3. Выбор и обоснование топологии нейронной сети.
4. Выбор и обоснование метода обучения нейронной сети.
5. Разработка структуры системы решения задачи, выбор и обоснование среды и языка реализации системы.

Объект исследования – методы и средства анализа и обработки изображений планктона.

Предмет исследования – метод и алгоритм сравнения (идентификации) изображений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогу работы были достигнутые следующие задачи:

1. Проведён подробный анализ литературы по теме исследования.
2. Разработан метод и средство анализа и обработки изображений планктона.
3. Обучен алгоритм для распознавания *Daphnia Magna*.
4. Разработана программа, для распознавания зоопланктона *Daphnia Magna*.
5. Проведена статистическая оценка точности работы алгоритма.
6. Исследованы особенности алгоритма Виолы-Джонса в применении к задаче распознавания зоопланктона. Обнаруженная способность алгоритма Виолы-Джонса обнаруживать расфокусированные объекты является очень важной для цифровой голографии. Это свойство может стать основой для создания алгоритмов распознавания, работающих непосредственно с цифровой голограммой объекта, что предполагает другие принципы формирования обучающей выборки.

Полученные результаты были представлены в докладе на XX всероссийской конференции студенческих научно исследовательских инкубаторов (Томск, 2023 г.), удостоенном диплома II степени, и направлены для участия в 10-ой международной конференции «Актуальные проблемы радиофизики» (Томск, 2023 г.). По результатам работы этих конференций будут опубликованы сборники трудов. Полученные результаты также были представлены на всероссийском конкурсе студенческих и школьных проектов «Радиофизика, измерения, автоматизация» (Томск, 2023 г.), где были отмечены дипломом III степени.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Указ Президента Российской Федерации от 30 марта 2002 года № Пр-578.
2. Вик К.В., Друки А.А., Григорьев Д.С., Спицын В.Г. Применение нейронных сетей глубокого обучения для решения задачи сегментации лесных пожаров на спутниковых снимках // Вестник томского государственного университета: управление, вычислительная техника и информатика. – 2021. – № 55. – С. 18-25.
3. Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Нейросетевые методы оценки качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям // Изв. Самарского научного центра РАН. – 2002. – Т. 4. – №2. – С. 280-289.
4. Мешалкин В.П., Менделеева Д.И., Панарин В.М., Маслова А.А. Нейронные сети в автоматизированной системе мониторинга состояния окружающей среды // Sciences of Europe: earth sciences. – 2020. – №50. – С. 14-20.
5. Волков А.Ф. О методике взятия проб зоопланктона // Изв. ТИНРО. – 1996. – Т. 199. – С. 303–311.
6. Шилин М.Б., Хаймина О.В. Прикладная морская экология. Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ. 2014. – 88 с.
7. Dyomin V.V., Polovtsev I.G., Davydova A.Yu., Olshukov A.S., Kirillov N.S. Underwater holographic sensors for plankton studies in situ // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. – 2020. – P. 1 – 19.
8. Дёмин В.В., Оленин А.Л., Половцев И.Г., Каменев Д.В., Козлова А.С., Ольшук А.С. Морские испытания цифрового голографического модуля с использованием измерительно-технологической платформы // Океанология. – 2018. – Т. 58, № 5. – С. 817–828.
9. Майр Э. Принципы зоологической систематики. – М.: Мир. 1971. – 455 с.

10. Галушка В.В., Фатхи В.А. Формирование обучающей выборки при использовании искусственных нейронных сетей в задачах поиска ошибок баз данных // Компьютерные и информационные науки. – 2013. – С. 1-7.
11. Левашов Д.Е. Инструментальные методы оценки кормовой базы рыбных скоплений на основе оптических принципов измерений // Труды ВНИРО. – 2014. – Т. 152. – С. 57–72.
12. Чуйко Г.М., Томилина И.И., Холмогорова Н.В. Методы биодиагностики в водной экотоксикологии // Токсикологический вестник. – 2022. – С. 315-322.
13. Thompson C.R.S., Bron J.E., Bui S. Illuminating the planktonic stages of salmon lice: A unique fluorescence signal for rapid identification of a rare copepod in zooplankton assemblages // Journal of Fish Diseases. – 2021. – №8. – P. 1–17.
14. Zhengrui S., Wang K., Cao L., Ren Y. Study on Holographic Image Recognition Technology of Zooplankton // DEStech Transactions on Computer Science and Engineering. – 2019. – P. 1-16.
15. Dyomin V.V., Olenin A. L., Polovtsev I.G., Kamenev D.V. Marine Tests of a Digital Holographic Module Using a Measuring Technological Platform // Oceanology 58. – 2018. – P. 749–759.
16. Макаренко А.А. Алгоритмы и программная система классификации полутоновых изображений на основе нейронных сетей: дис. ... канд. тех. наук. Томск, – 2007. – 112 с.
17. Глубокие нейронные сети. - URL: <https://medium.com/nuances-of-programming/глубокие-свёрточные-нейросети-руководство-для-начинающих-99fc83022bab> (дата обращения: 11.01.2023).
18. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // Advances in Neural Information Processing Systems. – Toronto. – 2010. – P. 1-9.
19. Shao S., Mallery K., Hong J., Sankar S. Machine learning holography for 3D particle field imaging // Optics Express. – 2020. – No. 3. – P. 2987-2999.

20. Yan L., Guo J., Guo X., Zhao J., Yang Y., Hu Z., Jin W., Tian Y. Toward in situ zooplankton detection with a densely connected YOLOV3 model // Applied Ocean Research. – 2021. – №114. – P. 1–9.

21. Dyomin V., Semiletov I., Chernykh D., Chertoprud E., Davydova A., Kirillov N., Konovalova O., Olshukov A., Osadchiev A., Polovtsev I. Study of Marine Particles Using Submersible Digital Holographic Camera during the Arctic Expedition // Applied sciences. – 2022. – №12. – P. 1-22.

22. Sreenath P., Hardeman T., Merz E., Bulas T., Reyes M., Isles P., Pomati F., Baity-Jes M. Deep Learning Classification of Lake Zooplankton // Image Processing On Line. - 2014. – P. 2105-1232.

23. Усилин С.А. Алгоритмическое развитие Виола-Джонсовских детекторов для решения прикладных задач распознавания изображений: дис. ... канд. тех. наук. М., - 2017. – 149 с.

24. Viola P. Jones M., Snow D. Detecting pedestrians using patterns of motion and appearance // Int. J. Comput. Vis. № 2. – 2005. – P. 153–161.

25. Moutarde F. Stanciulescu B. Breheret A. Real-time visual detection of vehicles and pedestrians with new efficient adaBoost features // 2008 IEEE International Conference on Intelligent RObots Systems. — 2008. — P.1-7.

26. Escalera S. Radeva P. Fast greyscale road sign model matching and recognition // Recent Adv. Artif. Intell. Res. Dev. — 2004. — P. 69–76.

27. Усилин, С.А. Аралазаров В.В. Шоломов Д. Распознавание гильоширных элементов: определение страниц паспорта РФ // Труды Института системного анализа РАН. Обработка информационных и графических ресурсов. — 2013. — Т. 63. — № 3. — С. 106–110.

28. Метод Виолы-Джонса как основа для распознавания лиц. - URL: <https://habr.com/ru/articles/133826/> (дата обращения: 18.03.2023).

29. Rumelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. J. Learning internal representations by error propagation. // Parallel distributed processing. – 1986. – V. 1. – P. 318 – 362.

30. Rumelhart D., Hinton G., and Williams R. Learning representations of back-propagation errors. // Nature. – 1986. – №323. – P. 533 – 536.

31. Saito T., Rehmsmeier M. The Precision-Recall Plot Is More Informative than the ROC Plot When Evaluating Binary Classifiers on Imbalanced Datasets // PLoS ONE. – 2015. –№10(3). – P. 1 – 21.

## СПРАВКА

Томский Государственный Университет

о результатах проверки текстового документа  
на наличие заимствований

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Курков Михаил Михайлович  
Самоцитирование  
рассчитано для: Курков Михаил Михайлович  
Название работы: Разработка и реализация алгоритма идентификации голографических изображений на базе свёрточной нейронной сети  
Тип работы: Выпускная квалификационная работа  
Подразделение: Кафедра ОЭСидЗ РФФ

### РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	25.79%	СОВПАДЕНИЯ	7.97%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	74.21%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	77.8%
ЦИТИРОВАНИЯ	0%	ЦИТИРОВАНИЯ	14.23%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 10.06.2023

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 11.06.2023 07:36

Структура документа: Проверенные разделы: основная часть с.3, 5-36  
Модули поиска: ИПС Адилет; Библиография; Сводная коллекция ЭБС; Интернет Плюс\*; Сводная коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (RuEn); Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu); Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; Переводные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Переводные заимствования по Интернету (EnRu); Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Переводные заимствования издательства Wiley ; eLIBRARY.RU; СПС ГАРАНТ: аналитика; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Медицина; Диссертации НББ; Коллекция НБУ; Перефразирования по eLIBRARY.RU; Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразирования по Интернету; Перефразирования по Интернету (EN); Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Перефразирования по коллекции

Автор работы

Руководитель ВКР



М. М. Курков



В.Т. Калайда

Работу проверил: Дорошкевич Антон Александрович

ФИО проверяющего

Дата подписи: 13.06.2023



Подпись проверяющего



Чтобы убедиться в подлинности справки, используйте QR-код, который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Руководствуясь п.3.2 «Регламента размещения текстов научных докладов выпускных квалификационных работ в электронной библиотеке Научной библиотеки ТГУ» (приказ ректора №413/ОД от 24.05.2016), рекомендую разместить выпускную квалификационную работу Куркова М. М. «разработка и реализация алгоритма идентификации голографических изображений на базе свёрточной нейронной сети» в репозитории НБ НИ ТГУ с изъятием основной части в связи с содержанием в ней производственных, технических, экономических, организационных и других сведений, в том числе о результатах интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, которые имеют действительную или потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности их третьим лицам.

Руководитель ООП 12.03.02

д.ф.-м.н., профессор,

профессор каф. ОЭС и ДЗ НИ ТГУ



И.В. Самохвалов

Руководитель ВКР

д-р техн. наук, профессор

Профессор каф. ОЭСиДЗ



В. Т. Калайда