

Отчёт

по молодёжной научной школе

Лаб. 17 ИПУ РАН

**Моделирование систем и сетей с
автономными подвижными
узлами с нейросетевым
интеллектуальным управлением
(итоговый отчет)**

Москва 2022

Участники

Руководитель МНШ

Фархадов М.П., зав. лаб.17 ИПУ РАН, г.н.с., д.т.н.

Участники МНШ

Блинова Ольга Викторовна,	<i>н.с. лаб. 17, 1988 г.р.</i>
Кошелев Александр Анатольевич	<i>техник лаб. 17, 1998 г.р.</i>
Куприков Олег Дмитриевич	<i>техник лаб. 17, 1998 г.р.</i>
Команич Даниил Владимирович	<i>техник лаб. 17, 2000 г.р.</i>

Участники

Руководитель МНШ

Фархадов М.П., зав. лаб.17 ИПУ РАН, г.н.с., д.т.н.

Участники МНШ

- Абраменков Александр Николаевич, н.с. лаб.17, 1985 г.р.
- Душин Сергей Викторович, к.т.н., ст.н.с. лаб. 17, 1986 г.р.
- Панкратова Екатерина Владимировна, к.ф.-м.н., с.н.с. лаб. 17, 1986 г.р.
- Степанова Наталья Викторовна, к.т.н., с.н.с. лаб. 17, 1988 г.р.
- Куров Игорь Юрьевич, м.н.с., лаб.17, 1991 г.р.
- Малахов Илья Михайлович, м.н.с., лаб. 17, 1996 г.р.
- Панкратов Филипп Сергеевич, м.н.с., лаб. 17, 1996 г.р.

Участники МНШ

Галкин Всеволод Александрович,	математик лаб. 77, 1997 г.р.
Милосердов Олег Александрович,	н.с. лаб. 77, 1992 г.р.
Кулакова Анна Дмитриевна,	техник лаб. 77, 2000 г.р.
Журавлев Иван Ильич,	техник лаб. 77, 1999 г.р.
Мамонтова Анастасия Андреевна,	инж.-прогр. лаб. 2, 1997 г.р.
Сухоруков Александр Андреевич	техник лаб. 2, 2000 г.р.

Основные фундаментальные и прикладные научные направления

Современные инфотелекоммуникационные системы, интеллектуальные транспортные и робототехнические системы отличаются большой степенью мобильности элементов инфраструктуры. Это сказывается на характеристиках подобных систем. Положение узлов и абонентов в пространстве можно считать случайным. Для описания подобных систем необходимо учитывать эту специфику. Кроме того, исследуемые объекты имеют свои особенности. Целью работы является разработка моделей, методов и алгоритмов вероятностно-статистического анализа информационных процессов, протекающих в сложных современных системах и сетях обслуживания и управления (прежде всего на основе нестационарных моделей), интеллектуальных телекоммуникационных и робототехнических системах. Построение точных оценок скорости сходимости и устойчивости моделей для данного класса систем.

Цели работ и задачи

Исследования в этой области соответствуют приоритетному направлению развития науки техники и технологии РФ “Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта”.

Построение неоднородных моделей обслуживания непуассоновских потоков требований случайного объёма для проектирования инфокоммуникационных сетей связи. Развитие методов исследования указанных моделей, обеспечивающих ускорение процесса проектирования и возможность оценки характеристик производительности данных сетей в целях оптимизации их функционирования.

Цели работ и задачи: 2020-2021

1. Разработка моделей современных сетей массового обслуживания, исследование нестационарных режимов для таких моделей.
2. Разработка метода расчета надежности сети связи с ненадежными каналами, вероятность работоспособности которых зависит от расстояния между узлами и изменяется во времени.
3. Решение задачи построения математической модели обработки сообщений с реализацией функции хранения копии в сетях связи технологии New Radio.
4. Проектирование сетей связи быстрого развертывания с использованием программного приложения анализа конфигурации сети.
5. Набор специально сформированных и размеченных стереоизображений для проведения исследований по визуальной одометрии.

Цели работ и задачи

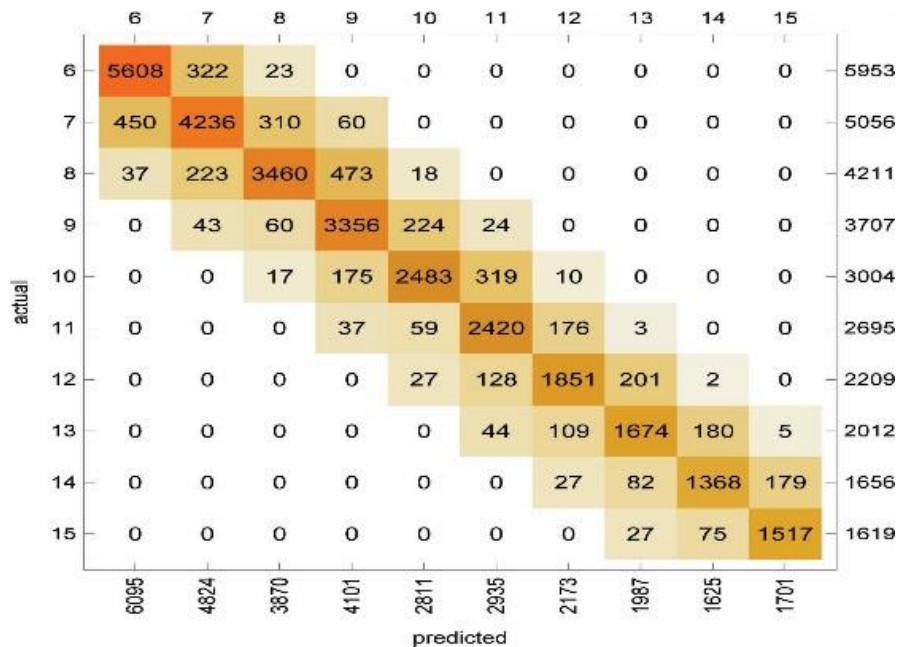
6. Прототип модема для связи с подводным мобильным объектом по схеме “точка-точка”. Разработанный протокол управления доступом к общему гидроакустическому каналу при построении сети мобильных объектов по схеме “точка-многоточка” или “звезда”.
7. Разработать и исследовать методы распознавания не вполне наблюдаемых объектов по их кинематическим характеристикам на основе глубоких нейронных сетей.
8. Разработка, обучение и анализ LSTM нейронной сети, способной давать адекватный краткосрочный прогноз профиля электропотребления.

Результаты: 2020-2021

1. Построена и исследована математическая модель обслуживания сообщений с реализацией функции хранения копии в сетях связи технологии New Radio в виде ресурсной СМО с параллельным обслуживанием требований разного типа.
2. Подтверждена эффективность использования динамического программирования для тренировки искусственных многослойных нейронных сетей с целью оценки значений оптимальных порогов.
3. Были изучены возможности unreal engine по генерации изображений, создан класс стереокамеры с возможностью сохранения изображений. Рассмотрены способы получения стереоизображений с использованием симулятора AirSim и готовых сцен.
4. Исследована возможность использования среднего и высоких частотных диапазонов для построения высокоскоростной системой гидроакустической связи. Предложена и построена модель FVMS системы передачи связи, а также исследована потенциальная пропускная способность системы. Для проверки эффективности модели в реальных условиях и для разработки прототипа создан стенд с приемником, передатчиком и имитатором канала связи.

Оценка оптимальной политики управления и характеристик производительности управляемой СМО с большим числом неоднородных приборов

1. Для вычисления пороговых политик управления включением медленных приборов с целью минимизации средних потерь получены эвристические выражения.
1. Подтверждена эффективность использования динамического программирования для тренировки искусственных многослойных нейронных сетей с целью оценки значений оптимальных порогов.



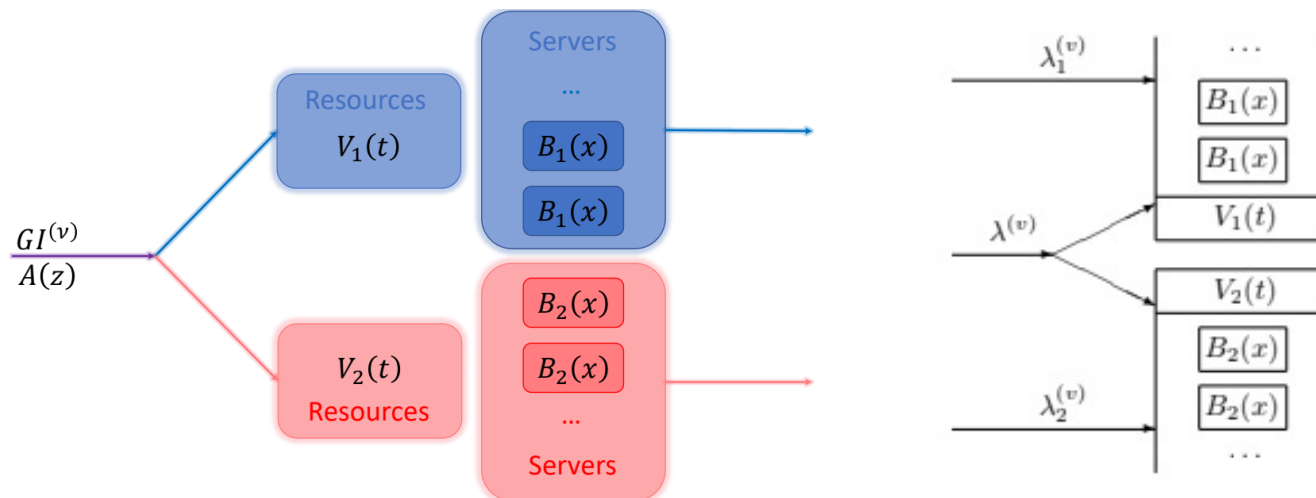
Матрица неточностей при оценке оптимального порога включения одного из приборов

Публикации

1. Stepanova N.V. etc. Estimation of the Optimal Threshold Policy in a Queue with Heterogeneous Servers Using a Heuristic Solution and Artificial Neural Networks // Mathematics. 2021. Vol, 9 , №11, 1267. С. 1267 (1-14) <https://www.mdpi.com/2227-7390/9/11/1267>.
2. Stepanova N.V., Efrosinin D.V. Optimal open-loop routing and threshold-based allocation in two parallel queueing systems with heterogeneous servers // Mathematics. 2021. 9 (21). С. 2766 (1-18) <https://www.mdpi.com/2227-7390/9/21/2766>.
3. Stepanova N.V., Kochetkova I.A., Yaroslavtsev A.M., Samuilov K.E., etc. Trees classification based on Fourier coefficients of the sapflow density flux // Annales Mathematicae et Informaticae. 2021. Vol 53 (2021). С. 109-123 https://ami.uni-eszterhazy.hu/uploads/papers/finalpdf/AMI_53_from109to123.pdf.
4. Stepanova N.V., Efrosinin D.V., Shtrik Ya. Algorithmic analysis of finite-source multi-server Heterogeneous Queueing Systems // Mathematics. 2021. 9(20). С. 2624 (1-24) <https://www.mdpi.com/2227-7390/9/20/2624/htm>.
5. Stepanova N.V., Kitaeva A.V., Zhukovskaya A.O. Distribution of selling duration for zero ending inventory dynamic pricing model with exponentially distributed purchases / IFAC-PapersOnLine. Budapest, Hungary: Elsevier, 2021. Vol. 54, Iss. 1. С. 999-1004.
6. Stepanova N.V., Kitaeva A.V., Zhukovskaya A.O. Price-to-quality ratio dependent demand: keeping the intensity of demand constant / IFIP Advances in Information and Communication Technology. Cham, Switzerland: Springer Link, 2021. Vol. 630. С. 604-609. Т.В., Галилейская А.А., Лисовская Е.Ю., Панкратова Е.В., Моисеева С.П. Multi-service resource queue with the multi-component poisson arrivals // Global and Stochastic Analysis. 2021. Vol 8, Iss. 3. С. 101-113 (97-109).

Ресурсные гетерогенные системы массового обслуживания

1. Построена модель современных сетей беспроводной связи в виде гетерогенной ресурсной СМО с входящим рекуррентным потоком.
2. Для получения основных вероятностных характеристик системы с различными вариантами входящих потоков, применены модификации методов многомерного динамического просеивания и асимптотического анализа. Область применимости модели исследована численно и на имитационной модели.
3. Построена модель систем беспроводной связи (LTE, New Radio, Wi-Fi) в виде СМО с копированием заявок из входящего потока и параллельного обслуживания оригинала и копии в разных блоках.



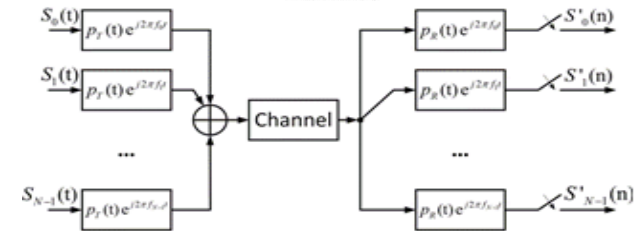
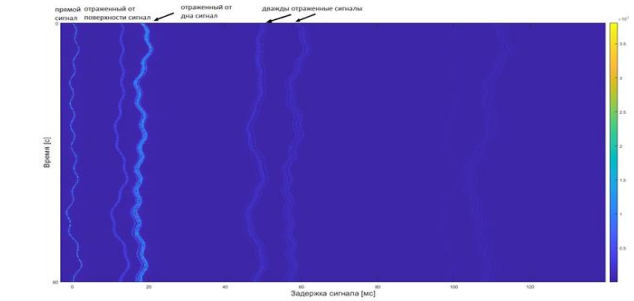
Публикации

1. Федорова Е.А., Назаров А.А., Фархадов М.П. Асимптотический анализ RQ-системы $MMPR|M|1$ с отрицательными заявками в условии большой загрузки // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 534–547.
2. Бушкова Т.В., Галилейская А.А., Лисовская Е.Ю., Панкратова Е.В., Моисеева С.П. Multi-service resource queue with the multi-component poisson arrivals // Global and Stochastic Analysis. 2021. Vol 8, Iss. 3. С. 101-113 (97-109).
3. Бушкова Т.В., Моисеева С.П., Моисеев А.Н., Sztrik J.S., Лисовская Е.Ю., Панкратова Е.В. Using Infinite-server Resource Queue with Splitting of Requests for Modeling Two-channel Data Transmission // Methodology and Computing in Applied Probability. 2021. С. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11009-021-09890-6>. В.В., Иванова Н.М., Фархадов М.П. ON PRINCIPLES OF RISK ANALYSIS WITH A PRACTICAL EXAMPLE // Reliability: Theory and Applications. 2022. Т.17. №3 (66). С. 38-41.
4. Бушкова Т.В., Моисеева С.П., Моисеев А.Н., Sztrik J.S., Лисовская Е.Ю., Панкратова Е.В. Using Infinite-server Resource Queue with Splitting of Requests for Modeling Two-channel Data Transmission // Methodology and Computing in Applied Probability. 2021. С. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11009-021-09890-6>.
5. Лисовская Е.Ю., Моисеева С.П., Pagano M., Панкратова Е.В. Heterogeneous System $GI/GI(n)/\infty$ with Random Customers Capacities / Applied Probability and Stochastic Processes. Infosys Science Foundation Series. Singapore: Springer, Singapore, 2020. С. 507-521.
6. Лисовская Е.Ю., Панкратова Е.В., Моисеева С.П., Pagano M. Analysis of a Resource-Based Queue with the Parallel Service and Renewal Arrivals / Distributed Computer and Communication Networks (23rd International Conference, DCCN 2020). Switzerland: Springer International Publishing AG, 2020. Vol.12563. С. 335-349.

Разработка гидроакустической системы связи с подводными подвижными объектами.

Разработанные модели и теоретические результаты

- Разработана и исследована модель канала с полосой пропускания 48-64 кГц;
- Для типового канала длиной 100 метров проведена оценка энергетического потенциала системы, соотношения сигнал/шум и пропускной способности;
- Теоретическая пропускная способность канала (100м, 1 Вт акустической мощности) по теореме Шеннона составляет 74 кбит/с (при полной компенсации нестационарности и многолучевости). При моделировании достигнута скорость передачи 28 кбит/с при BER 10E-3 для OFDM системы;
- Предложена конфигурация и реализована поведенческая модель системы связи с использованием банков фильтров (FBMC);
- Исследованы возможные варианты оценки параметров и эквалазации канала. По результатам предложено использовать эквалайзер на основе MMSE критерия и оптимальная настройка его параметров.

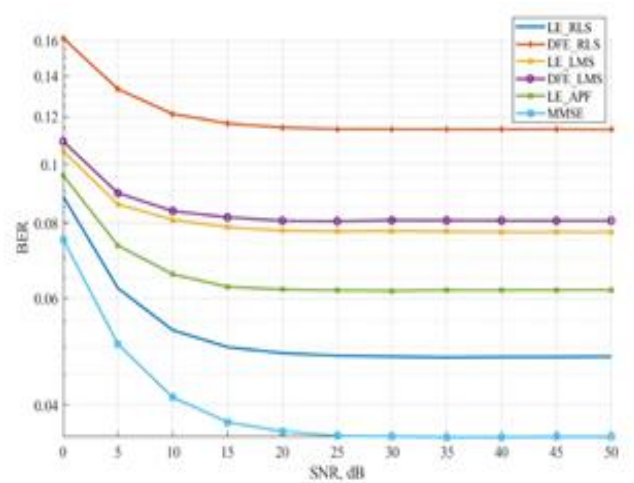


$$s_k(t) = \sum_n s_k [n] \delta(t - nT)$$

$$x(t) = \sum_n \sum_{k \in K} s_k [n] p_{T,k}(t - nT) e^{j2\pi(t-nT)f_k}$$

$$p(t) = \sum_{l=0}^N a_{4l} \psi_{4l,\infty,\infty}(t).$$

$$\psi_{n,\infty,\infty}(t) = H_n(\sqrt{2\pi}t) e^{-\pi t^2}$$

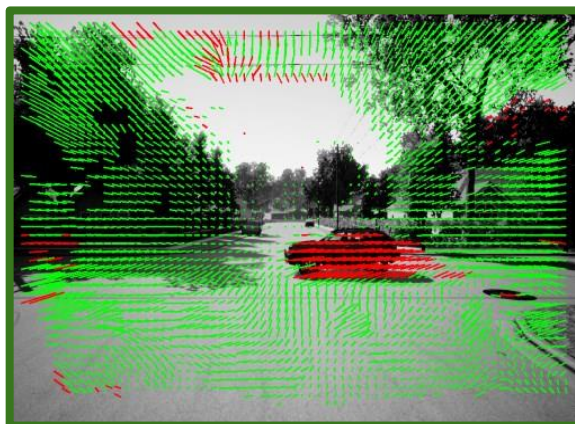
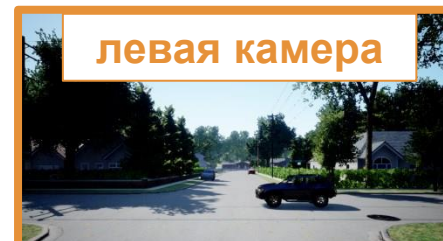


Публикации

1. Душин С.В., Алешин В.С., Шаврин С.С., Фархадов М.П., Куров И.Ю. Использование среднего частотного диапазона акустических волн для передачи информации в поверхностных водах. // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 54. С. 38-47.
1. Малахов И.М., Панкратов Ф.С. Обзор сигнально-кодовых конструкций в подводной акустической связи // Первая миля. 2021. № 2. С. 70-73.
1. Душин С.В., Малахов И.М., Куров И.Ю., Шаврин С.С. Adaptive Equalization Algorithms Efficiency Investigations in Hydroacoustic Communication Applications with FBMC Modulation / Proceedings of the 23rd International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA). М.: IEEE, 2021. С. 1-5 <https://ieeexplore.ieee.org/document/9535708>.
1. Малахов И.М., Панкратов Ф.С. Обзор сигнально-кодовых конструкций в подводной акустической связи // Первая миля. 2021. № 2. С.
1. Душин С.В., Куров И.Ю., Шаврин С.С., Алешин В.С., Фархадов М.П. Multicarrier modulation schemes efficiency investigation in shallow water hydroacoustic communication application / Proceedings of the VII International «Engineering and Telecommunication» (En&T). Долгопрудный Московской обл.: IEEE, 2020. С. 1-5 <https://ieeexplore.ieee.org/document/9431262/authors#authors>.

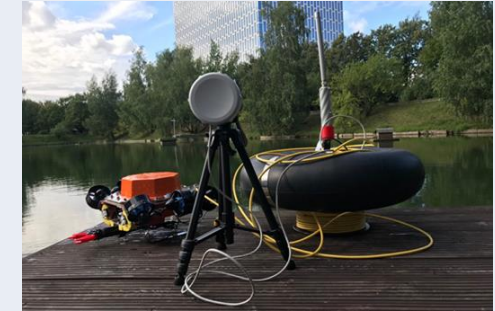
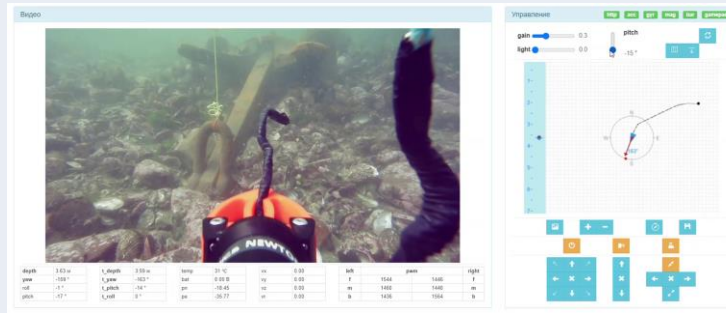
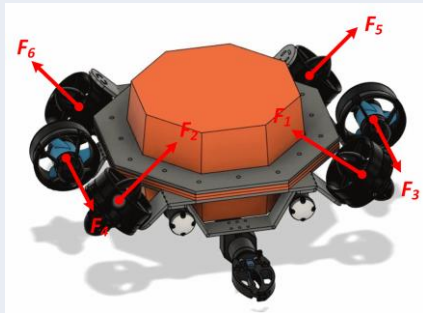
Подготовка размеченных стереоизображений для проведения исследований по визуальной одометрии

- Рассмотрены возможности unreal engine по генерации изображений (создан класс стереокамеры с возможностью сохранения изображений)
- Рассмотрены способы получения стереоизображений с использованием симулятора AirSim и готовых сцен

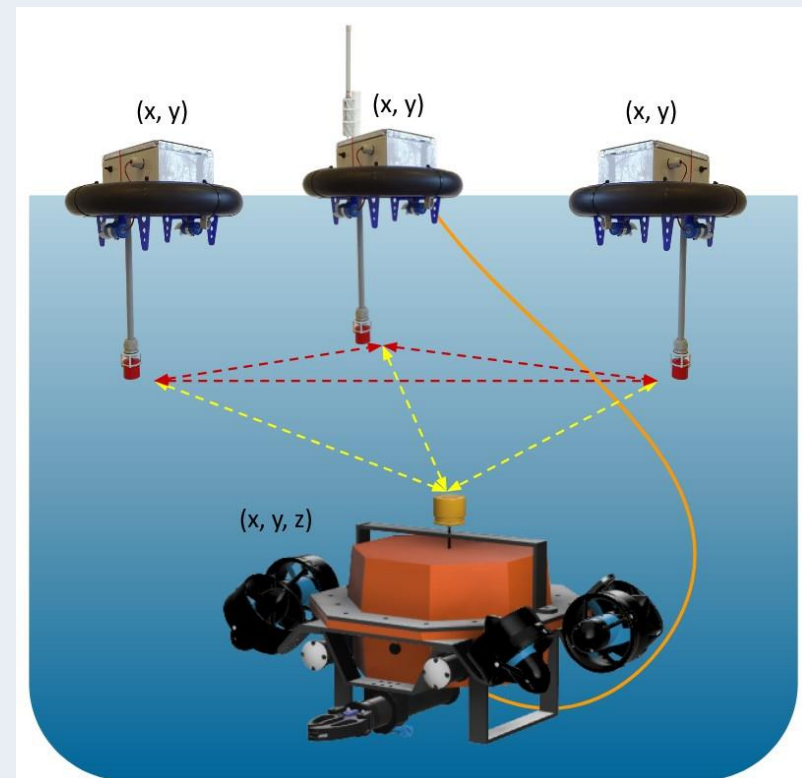


Телеуправляемый необитаемый подводный аппарат

1. Программно-аппаратная реализация ТНПА “Водяной-1” с возможностью удержания углов ориентации во время движения.



2. Разработка системы визуального позиционирования мобильных роботов на основе графических меток с возможностью автоматического дистанционного управления.
3. Алгоритм уклонения на основе сетевой модели локального позиционирования при движении в толпе по встречным потокам в условиях неточных показаний дальномеров.
4. Создание системы инерциального подруливания подводного аппарата для повышения качества выполнения оператором подводных работ .
5. Исследования по позиционированию подводного аппарата с использованием гидроакустических модемов.



Публикации

1. Абдулов А.В., Абраменков А.Н. Research of Visual Positioning System for Mobile Robots Remote Automatic Control / Proceedings of the 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). Sochi: IEEE, 2020. С. 1-6, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9112035>.
2. Абдулов А.В., Абраменков А.Н. Extra Steering for ROV Control System by Tracking the Gamepad Orientation / Proceedings 2021 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). Sochi, Russian Federation: IEEE, 2021. С. 1041-1045. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9537456>
3. Rykov V.V., Kochueva O.N., Фархадов М.П. Preventive Maintenance of a k-out-of-n System with Applications in Subsea Pipeline Monitoring // Journal of Marine Science and Engineering. 2021. Vol. 9, Iss.1 (85). С. 1-18.
4. Рыков В.В., Иванова Н.М., Фархадов М.П. ON PRINCIPLES OF RISK ANALYSIS WITH A PRACTICAL EXAMPLE // Reliability: Theory and Applications. 2022. Т.17. №3 (66). С. 38-41.





Результаты

1. Построена модель поиска мест расположения сетевых устройств для проектирования сетей связи быстрого развертывания на основе градиентного спуска. Реализована возможность использовать модель с топографическими картами и задавать маршруты передвижения абонентов на трехмерном представлении рельефа.

2. Разработан алгоритм интерполяции гладких кривых дугами окружностей. На основе алгоритма интерполяции разработан алгоритм генерации траекторных данных, который позволяет легко накладывать ограничения на кинематические характеристики и форму получаемых траекторий при их генерации. Данные подходы интерполяции и генерации траекторий реализованы программно.

3. Разработан высокоточный алгоритм сшивания видеопотоков с двух камер, с учетом сохранения метрических характеристик наблюдаемой сцены. Для задачи локализации и сегментации объектов (instance segmentation) в плотных скоплениях разработаны и обучены соответствующие модели. Разработан алгоритм создания синтетической выборки из реальных данных, для повышения качественных характеристик моделей. .

Результаты

4. Предложены решения на основе классификатора на сверточных нейронных сетях, которые позволяют классифицировать несколько видов патологии на широком круге сельхозкультур, например пшеница, яблони, розы, кукуруза, томаты и другие. Получено решение для задачи локализации и идентификации (в первом приближении) объектов на примере целевых объектов в области животноводства.
5. Проведено исследование методов для извлечения скрытых признаков из временной последовательности изображений. Были исследованы рабочие архитектуры для извлечения признаков из последовательности видеоданных. Были исследованы методы улучшения GRNN при классификации видео. Цель улучшения — уменьшение размера обрабатываемых данных и время вычислений. Это достигается с помощью обобщенного метода моментов и фильтра Калмана.
6. Проведено исследование задачи сегментации звездного неба на основе современных границ созвездий, в ходе которого была показана ее несостоятельность. Целевая задача проекта была переформулирована в терминах задачи распознавания наблюдаемых созвездий как структурная идентификация на графах (обнаружение/восстановление подграфов графов) в условиях априорной неопределенности, неполной наблюдаемости и стохастических возмущений. Поставленная задача была успешно решена с применением технологий глубокого обучения, достигнутая медианная точность по F1 метрике равна 0.927 на тестовой выборке.

Результаты

7. Рассмотрены методы цветовой калибровки изображений, применяемые для коррекции цветовых искажений. Проведен анализ особенностей цветового пространства HSV. Составлена линейная математическая модель в пространстве RGB и две модели (линейная и нелинейная) в пространстве HSV, использующиеся для решения задачи цветокоррекции. Функционирование алгоритмов продемонстрировано на задаче коррекции цветовых искажений изображений томатов, выращиваемых в условиях промышленных теплиц, при искусственном и естественном освещении. Предложено решение на основе сети глубокого обучения с использованием цветовой модели RGB.

8. Исследовался новый предложенный метод моделирования случайных величин с помощью их интенсивностей, проводилось соответствующее имитационное моделирование.

9. Разработка методики определения аналитической формы нагрузочной характеристики генератора по экспериментально полученным значениям его выходного расхода, автоматизация процедуры определения аналитической формы нагрузочной характеристики генератора

Публикаций участников МНШ за период выполнения проекта

Всего 64

Среди них, индексируемые в:

- WoS – 21 (Q1 - 4, Q2 -1, Q4 - 4)
- Scopus – 16
- РИНЦ – 21
- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ – 6

Участие в научных мероприятиях по тематике проекта

1. Конкурс ФПИ “Аквароботех-2020” (г. Владивосток, 2020 г.)
2. 13-я Мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2020): конференция "Математическая теория управления и ее приложения" (МТУиП-2020). Санкт-Петербург, 6–8 октября 2020 г.
3. 13-я Международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2020, Москва)
4. 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM, Sochi)
5. 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA2020, Lipetsk)
6. 2020 22th international conference on digital signal processing and its applications (DSPA)
7. 23rd International Conference «Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications» (DCCN-2020, Moscow).

Участие в научных мероприятиях по тематике проекта

8. 19-я Международная научно-практическая конференция им. А. Ф. Терпугова «Информационные технологии и математическое моделирование» (ИТММ–2020, Томск).
9. The 1st Conference on Information Technology and Data Science (Debrecen, 2020).
10. 6th Stochastic Modeling Techniques and Data Analysis International Conference with Demographics Workshop (Barcelona, 2020).
11. 2020 IEEE 22nd International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP).
12. 5th International Conference on Stochastic Methods 2020 (ICSM-5. Moscow, RUDN).
13. 15-я Международная конференция «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления» (конференция Пятницкого) (Москва, 2020).
14. 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика - 2020» (Москва).
15. 21th IFAC WORLD CONGRESS 2020 (Berlin, 2020).

Участие в научных мероприятиях по тематике проекта

16. 4th IFAC Workshop on Advanced Maintenance Engineering, Services and Technologies - AMEST 2020 (UK, 2020).
17. Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems 2022 (ИТТММ 2022), Moscow, Russia, April 18-22, 2022.
18. IEEE 2021 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). Sochi, Russian Federation.
19. 15th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (АИСТ, Baku, Azerbaijan). Baku: IEEE, 2021.
20. The 23rd International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA). M.: IEEE, 2021.
21. 2021 14th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD).
22. 24-я Международная конференция "РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ: УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛЕНИЕ, СВЯЗЬ" (DCCN 2021, Москва)

**Заявка на поддержку
молодёжной научной школы
Лаб.17 ИПУ РАН**

**«Модели и методы исследования
разнородных систем и сетей с
подвижными элементами и
функционирующие в условиях
неполноты входных данных»**

(на 2 года)

Участники МНШ Лаб.17 ИПУ РАН

№ п/п	ФИО (полностью)	Учёная степень, учёное звание, должность	Номер лаб.	Дата рождения	Примечание
1.	Фархадов Маис Паша Оглы	д.т.н., г.н.с., зав. лаб. 17 ИПУ РАН	17	02.05.1961	научный руководитель
2.	Блинова Ольга Викторовна	н.с.	17	07.08.1988	
3.	Кошелев Александр Анатольевич	техник	17	03.06.1998	
4.	Куприков Олег Дмитриевич	техник	17	08.08.1998	
5.	Команич Даниил Владимирович	техник	17	01.12.2000	
6.	Галкин Всеволод Александрович	математик	77	03.08.1997	
7.	Милосердов Олег Александрович	н.с.	77	27.12.1992	
8.	Кулакова Анна Дмитриевна	техник	77	29.02.2000	
9.	Журавлев Иван Ильич	техник	77	28.12.1999	
10.	Мамонтова Анастасия Андреевна	инж.-прог.	2	12.11.1997	
11.	Сухоруков Александр Андреевич	техник	2	11.02.2000	

Заявка на поддержку МНШ Лаб.17 ИПУ РАН

Ожидаемые результаты в конце первого года:

1. Будут разработаны методы идентификации по фото и видео данным подвижных объектов (на примере целевых объектов в области животноводства).
 - a. Будут доработаны методы идентификации животных по фото и видео данным.
 - b. Разработанные методы и алгоритмы будут апробированы на реальных данных, содержащих информацию различного рода (например, животные, персонал, техника).
2. Окончательно получить алгоритм имитационного моделирования случайных величин с помощью интенсивностей их распределений.
3. Дообучение референсного решения для задачи сегментации экземпляров с целью получения автоматической разметки. Обучение модели трансформер и проведение последующего сравнительного анализа моделей.
4. Будет разработан алгоритм автоматизации процесса цветокоррекции свободный от ряда недостатков для последующего применения в реальных условиях. Будет проведена разработка методов адаптивного выравнивания характеристик 3D сцены с целью решения задач прецизионного трехмерного машинного зрения.
5. Будут разработаны и исследованы нейросетевые методы и алгоритмы представления изображений в специальных пространствах.
6. Методы исследования и построения элементов и устройств микроструйной техники, способы и средства преобразования микроструйных и газогидродинамических сигналов.

Заявка на поддержку МНШ Лаб.17 ИПУ РАН

Ожидаемые результаты в конце второго года:

1. Разработка прототипа системы, демонстрирующего работу модели групповой навигации для управляемого движения подводного аппарата с бумом на основе гидроакустического канала взаимосвязи.
2. Реализация базового протокола управления сетью подводных мобильных объектов, оценка качества передачи и возможных путей повышения эффективности предложенных методов управления доступом к единой гидроакустической среде.
3. Провести комплексный анализ влияния параметров и типов аугментации на метрики качества и устойчивости нейронных сетей. Исследуются свёрточные нейронные сети классифицирующие цветные изображения в видимом спектральном диапазоне.
4. Реализация использования направленных антенн в системе поиска оптимальных мест расположения сетевых устройств. Улучшение результатов работы оптимизационного алгоритма. Реализация возможности сохранять и использовать различные виды оборудования. Использование данной программы в едином комплексе подготовки мероприятий, проходящих вне зон покрытия мобильной сетью связи.
5. Будет разработан нейросетевой подход к решению задачи определения размеров объемных объектов.

Заявка на поддержку МНШ Лаб.17 ИПУ РАН

Ожидаемые результаты в конце второго года:

5. Будет разработан нейросетевой подход к решению задачи определения размеров объемных объектов.
6. Будут разработаны методы классификации по фото данным:
 - Будут разработаны методы и алгоритмы для классификации патологий растений, согласно новой комплексной методике сбора фото данных.
 - Разработанные методы и алгоритмы будут апробированы на реальных данных, содержащих информацию различного рода (различные части растений).
7. Повышение качества, устойчивости и обобщающих способностей полученных на текущий момент моделей.
8. Применить ранее разработанный метод имитационного моделирования случайных величин с помощью интенсивностей их распределений для имитационного моделирования сложных стохастических систем и получения оценок некоторых их числовых характеристик.
9. Будут синтезированы нейросетевые модели одноклассовой классификации изображений. Разработаны и исследованы методы и алгоритмы последовательного статистического анализа, корректирующие выход нейросетевых

Заявка на поддержку МНШ Лаб.17 ИПУ РАН

Обязательства по числу публикаций участников МНШ, отражающих эти результаты, в высокорейтинговых научных журналах (планируемое на год количество)

WoS – 5

Scopus – 10

РИНЦ – 20

Блинова Ольга Викторовна

Блинова О.В., 1988 года рождения, работает в Институте с апреля 2015 г. Закончила Московский технический университет связи и информатики по специальности “Прикладная информатика (в экономике)”. Окончила магистратуру по направлению «Архитектура информационных систем».

Блинова О.В. является соисполнителем работ по плановой тематике лаборатории, занимается разработкой моделей информационных систем с подвижными узлами связи, работает над созданием имитационной модели сети массового обслуживания.

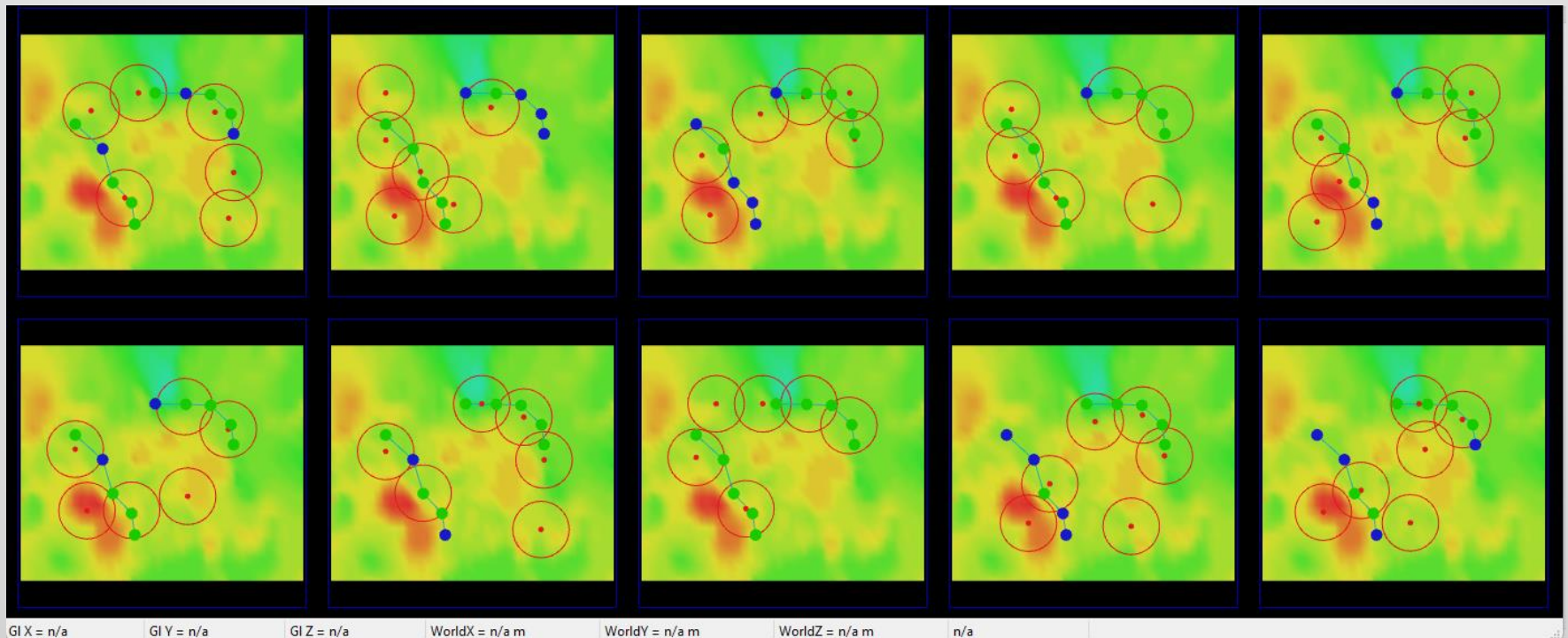
Имеет 13 научных трудов (из них 3 статьи в журналах из перечня ВАК и 2 - Wos/Scopus).



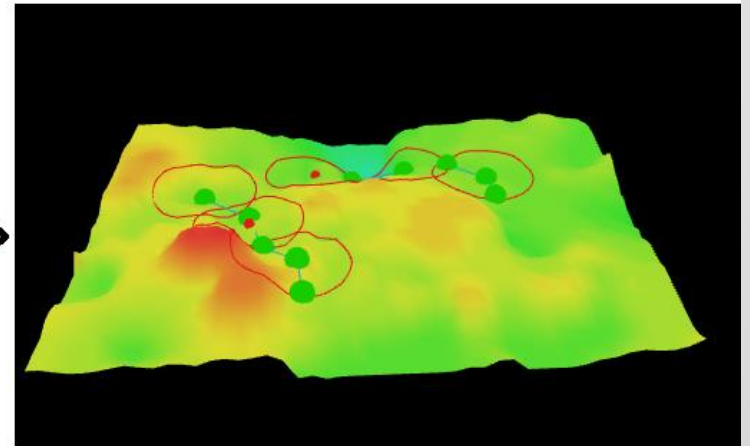
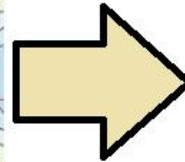
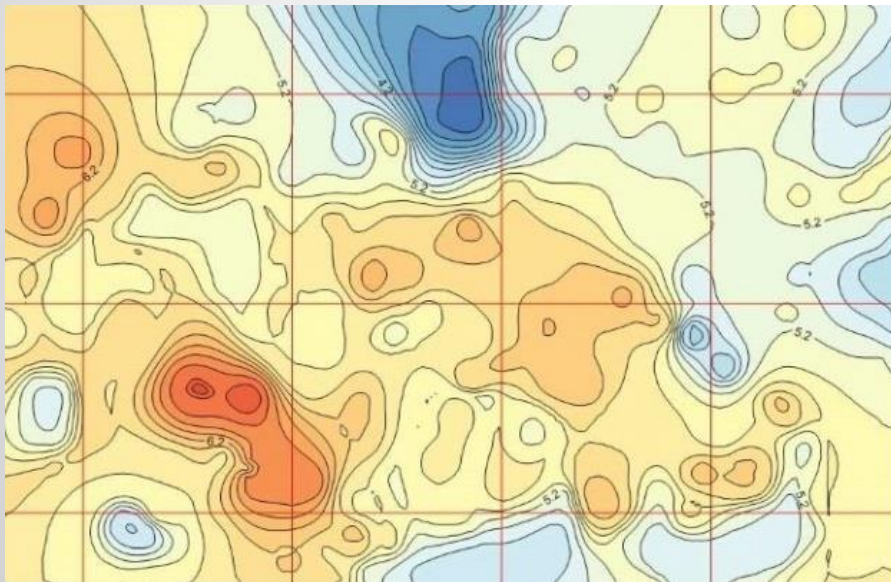
Отличается знанием современных компьютерных и интернет-технологий и умением применять эти знания на практике. Область ее интересов - моделирование информационных сетей и систем, динамически изменяемые сети, мобильные и беспроводные технологии, современные архитектуры информационных систем.

Исследование и разработка методов и средств проектирования беспроводных сетей быстрого развертывания с подвижными пользовательскими устройствами и неполным покрытием территории сетью связи, а также оценки их надежности, эффективности и работоспособности.

Разработана система, применяющая метод градиентного спуска для поиска оптимальных координат расположения сетевых устройств на рельефе с учетом маршрутов движения абонентов и использующая в качестве целевой функции показатель, характеризующий доступность сети для них.

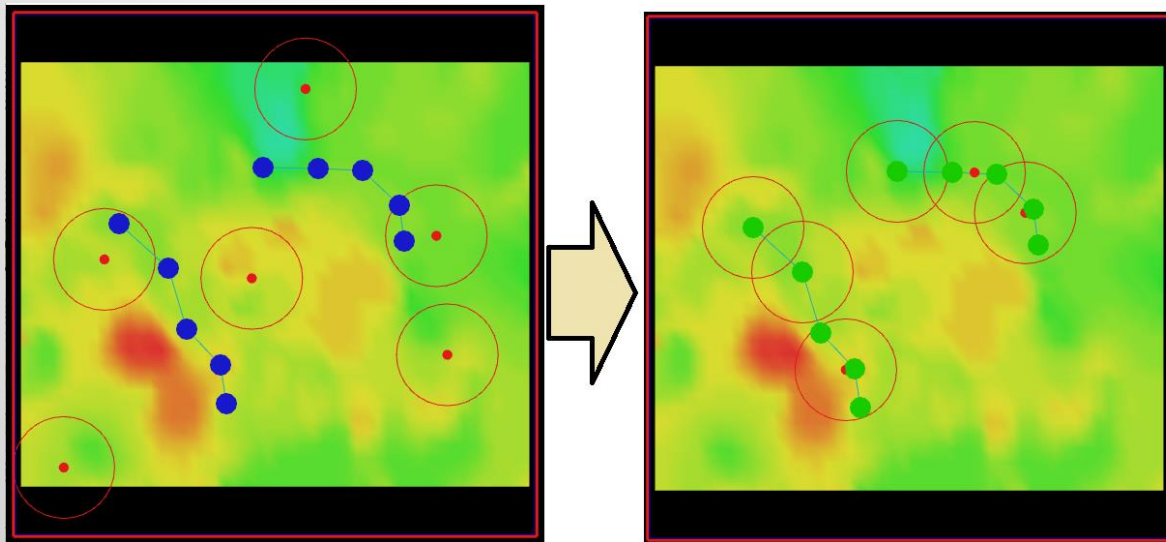


Работа начинается с построения рельефа на основе любого изображения с цветовой дифференциацией высот (топографической карты или схемы). На его основе строится трехмерный рельеф. На рельефе располагаются маршруты движения абонентов, на которых необходимо обеспечить связь. Задача системы - поиск оптимальных мест расположения имеющегося сетевого оборудования и оценка работоспособности сети



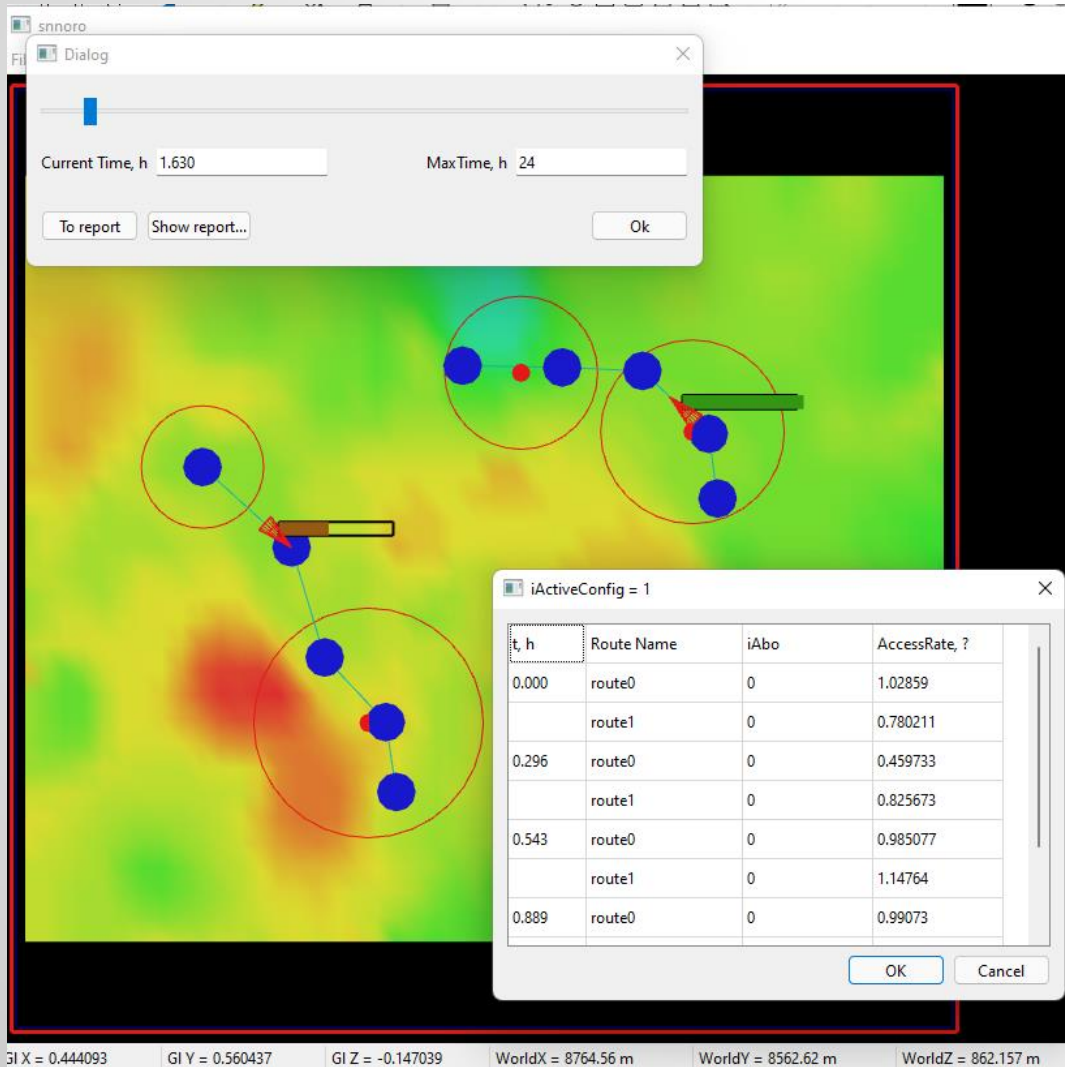
Поиск оптимальных точек расположения сетевых устройств производится с помощью показателя доступности сети, в основе которого лежит вероятность доступа устройства к сети, но к которой добавлены дополнительные силы и коэффициенты.

Поиск осуществляется в два этапа, второй этап учитывает какие сетевые устройства покрывают конкретные точки маршрута. Для поиска оптимальных координат используется метод градиентного спуска



Основные результаты за отчетный период

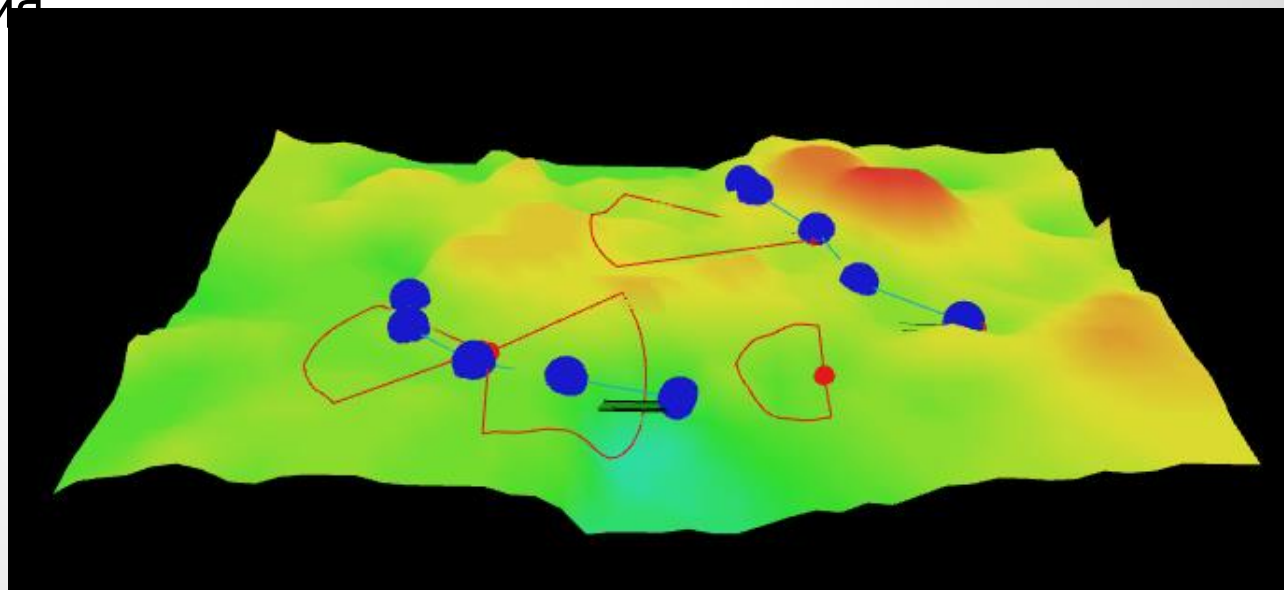
- Добавлен анализ прохождения сигнала через рельеф
- Доработана система построения рельефа. Добавлен редактор для исправления ошибок считывания изображения.



- Реализована возможность задавать скорости движения абонентов и отслеживать их перемещение по маршруту
- Для каждого момента времени отображается обеспечиваемый уровень доступа
- Реализована возможность сохранять оборудование и использовать повторно

Планы по дальнейшему развитию проекта

- Добавлена возможность добавлять сетевые устройства с направленными антеннами, но расчет уровня доступа к таким антеннам не реализован в достаточной мере.
- Идет работа над добавлением другой целевой функции. В используемой формуле уровень доступа от всех устройств суммируется, необходимо протестировать использование целевой функции на основе вероятности совместных событий и отказа от функции отталкивания.
- Использование системы планируется в рамках онлайн портала помощи в проектировании временных сетей для мероприятий и чрезвычайных происшествий.



Статьи в журналах/сборниках из перечня Web of Science/Scopus

- Блинова О.В. On how to model and investigate the interaction of mobile network nodes with a limited number of mobile access points / Journal of Physics: Conference Series. Saint Petersburg, : IOP Publishing Ltd, 2021. Vol.1864. С. 1-8
- Блинова О.В. Development of a System for Designing Wireless Networks with Incomplete Coverage and Specified Subscriber Routes / Proceedings of 15th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT, Baku, Azerbaijan). Baku: IEEE, 2021. С. 1-4. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9620348>



Статьи в журналах/сборниках из перечня ВАК

- Блинова О.В. Поиск оптимальных точек расположения сетевых устройств для беспроводных сетей с учетом траекторий движения абонентов и распространения сигнала // Управление большими системами. 2022. Вып. 95. С. 136-151. 2022
- Блинова О.В., Васьковский С.В., Рыков Я.В. Проектирование сетей связи быстрого развертывания с использованием программного приложения анализа конфигурации сети // Управление большими системами: сборник трудов. 2021. Вып. 90. С. 121-138.

Кошелев Александр Анатольевич

Кошелев А. А. 1998 г.р. На данный момент проходит обучение в МГУ им. М.В. Ломоносова, на 6 курсе специалитета механико-математического факультета, отделение механики (кафедра теоретической механики и мехатроники). Осенью 2021 г. проходил производственную практику в Институте проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова в 17 лаб. С января 2022 г. – сотрудник ИПУ РАН, техник 17 лаб.



Научные интересы:

- механика систем с трением
- имитационное моделирование систем массового обслуживания

Моделирование случайных величин с помощью интенсивности

Метод основан на использовании одной из характеризующих случайную величину характеристик - функцию интенсивности

$$\lambda(t) = \frac{F'(t)}{1 - F(t)} = -\frac{d}{dt} \ln(1 - F(t))$$

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\int_0^t \lambda(u) du\right), \quad p(t) = \lambda(t) \exp\left(-\int_0^t \lambda(u) du\right)$$

Данный метод будет полезен, когда при моделировании сложных стохастических систем интенсивности работы/отказа/восстановлений меняются с течением времени

Результаты

- Метод моделирования сл.в. был реализован на языке программирования С
- В качестве тестирования метода были промоделированы сл.в. с постоянной и переменной интенсивностями
- Проведен первичный анализ работы данного метода, в ходе которого было получено, что качество моделирования существенно зависит от шага моделирования, все результаты представлены в [1].

Публикации по работе

1. *Г.А. Зверкина, А.А. Кошелев.* Об имитационном моделировании случайных величин с помощью интенсивности // Управление большими системами: сборник трудов. 2021. Вып. 94. С. 33-49.
2. *А.А. Кошелев.* Моделирование случайной величины с помощью интенсивности. Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems 2022 (ITTMM 2022), Moscow, Russia, April 18-22, 2022.

Планы на следующий год

- Окончательно получить алгоритм метода имитационного моделирования случайных величин с помощью интенсивностей, получить зависимость величины шага моделирования от параметров рассматриваемой сл.в.
- Применить доработанный метод для имитационного моделирования сложных стохастических систем и получения оценок некоторых их числовых характеристик.

Публикации:

- Г.А. Зверкина, А.А. Кошелев. Об имитационном моделировании случайных величин с помощью интенсивности // Управление большими системами: сборник трудов. 2021. Вып. 94. С. 33-49.

Доклады на конференциях:

- А.А. Кошелев. О движении малоинерционного однородного шара между вращающимися плоскостями с вязким трением. Конференция «Ломоносов 2021», секция «Теоретическая механика и мехатроника». МГУ им. Ломоносова, 12-23 апреля 2021 г., Москва
- Koshelev A., Kugushev E., Shahova T. Dynamics of a low-inertia ball located between two rotating planes with viscous friction. 16th International Conference "Dynamical Systems – Theory and Applications" (DSTA 2021), On-line (Лодзь), Польша, 6-9 декабря 2021
- А.А. Кошелев. Моделирование случайной величины с помощью интенсивности. Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems 2022 (ITTMM 2022), Moscow, Russia, April 18-22, 2022.

Тезисы докладов:

- А.А. Кошелев. О движении малоинерционного однородного шара между вращающимися плоскостями с вязким трением. Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2021. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – 2000 экз. ISBN 978-5-317-06593-5
- Koshelev A., Kugushev E., Shahova T. Dynamics of a low-inertia ball located between two rotating planes with viscous friction. 16th International Conference "Dynamical Systems – Theory and Applications". Abstracts, Politechnika Łódzka Łódz, с. 137-138 DOI
- А.А. Кошелев. Моделирование случайной величины с помощью интенсивности. Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем : материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, РУДН, 18–22 апреля 2022 г. — Москва : РУДН, 2022. — 450 с. : ил.

Куприков Олег Дмитриевич

Куприков О.Д., 1998 года рождения. В 2020 году закончил бакалавриат МТУСИ по специальности Защищенные инфокоммуникационные системы, кафедра многоканальные телекоммуникационные системы. На данный момент заканчивает обучение на 2 курсе магистратуры МТУСИ по специальности Мультисервисные инфокоммуникационные технологии, кафедра: сети связи и системы коммутации. Сотрудник ИПУ РАН с октября 2021 года. Техник лаб. 17



Основные направления работ:

- Имитационное математическое моделирование;
- Построение сетей подводной гидроакустической связи;
- Цифровая обработка сигналов в беспроводных системах связи;
- Прикладное программирование.

Разработка высокоскоростной системы связи с подводными подвижными объектами

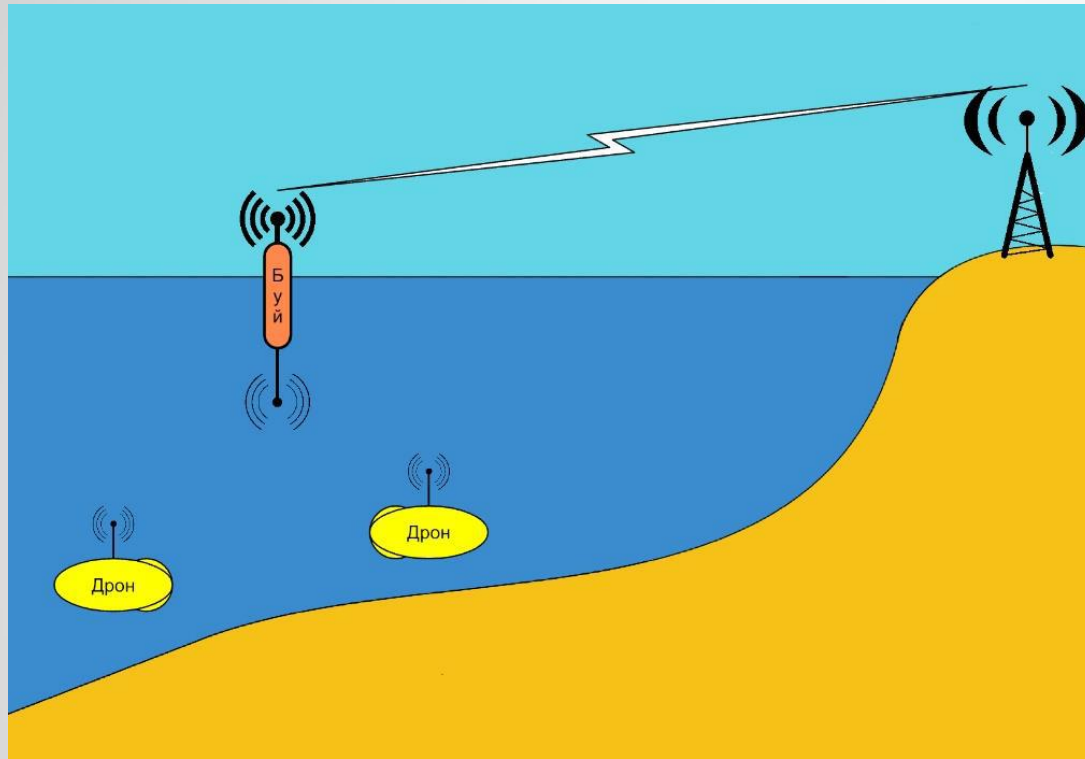
Участники проекта:

техник лаб. 17, Куприков Олег Дмитриевич

техник лаб. 17, Команич Даниил Владимирович

Цель работы

Моделирование и практическая реализация системы гидроакустической высокоскоростной связи с мобильными подводными объектами



Задачи проекта:

- Исследование факторов и процессов, влияющие на передачу сигнала в водной среде
- Разработка модели гидроакустического канала в среде Simulink
- Разработка моделей гидроакустического приемника и передатчика в среде Simulink
- Перенос моделей на ПЛИС для дальнейшей практической реализации
- Возможность передачи видеопотока по гидроакустическому каналу
- Реализация групповой связи подводных объектов

Исследовательская часть проекта

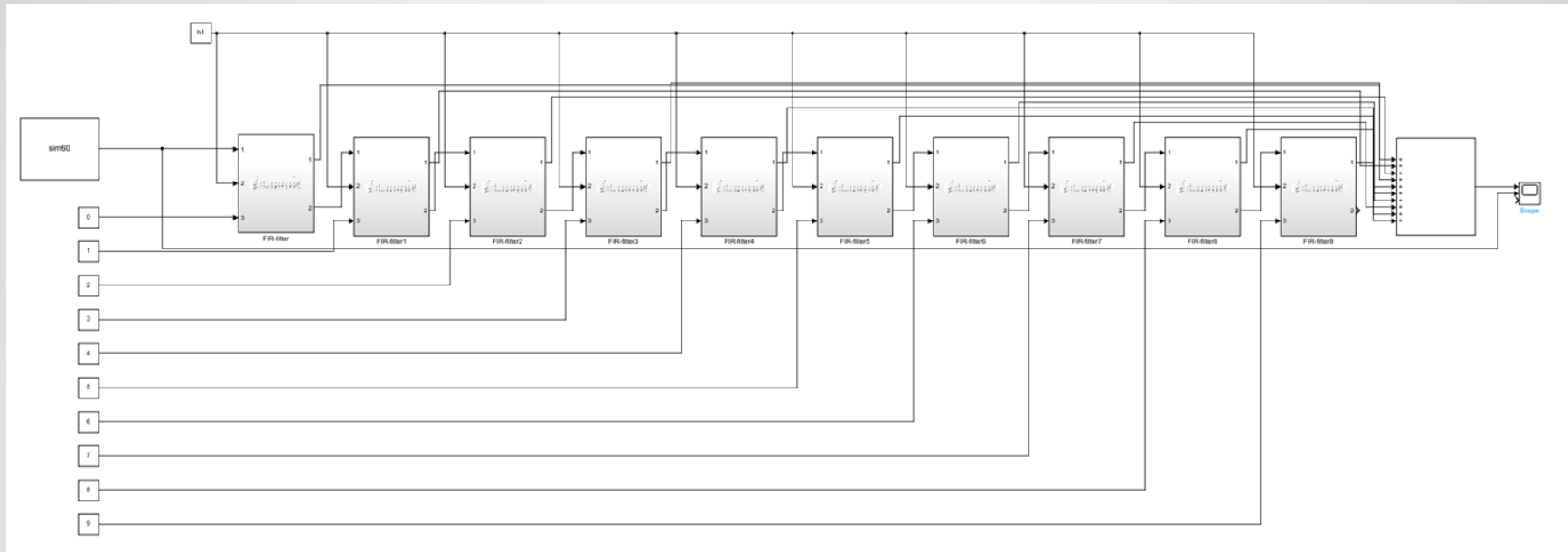
Гидроакустический способ передачи представляет собой прием и передачу звуковых волн в водной среде. Такой вариант распространения сигналов наиболее приемлем, так как звук может распространяться в жидкости на значимое расстояние.

Особенности гидроакустического канала:

- Низкая скорость распространения сигнала в среде
- Задержка сигнала во времени
- Затухание сигнала с учетом параметров среды
- Шумы в канале связи
- Эффект Доплера
- Межсимвольная и межканальная интерференция

Практическая часть проекта

Реализация модели гидроакустического канала связи в среде Simulink.

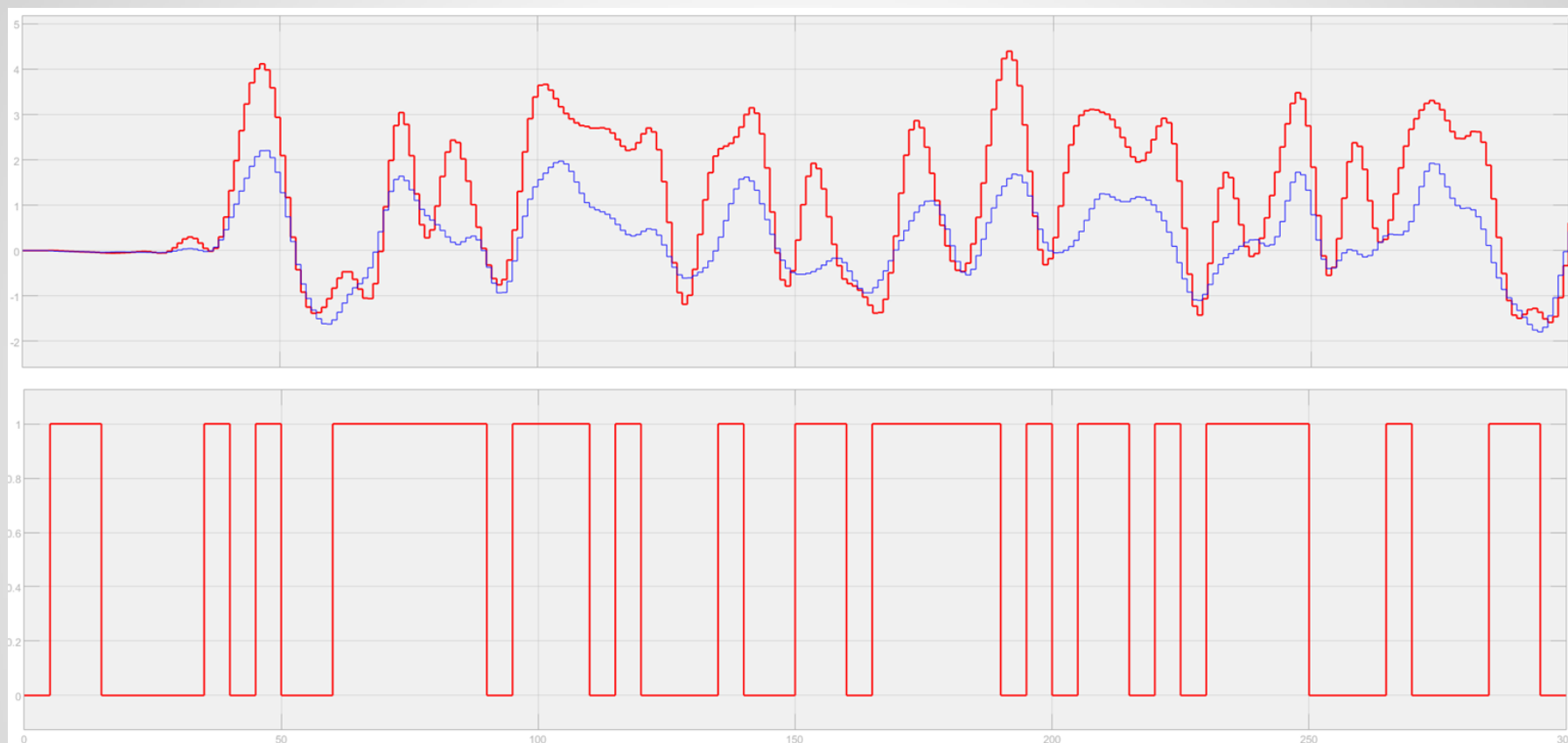


Разработан блок имитации импульсной характеристики подводной среды большого водного кластера ИПУ РАН.

Данный блок позволяет имитировать влияние водной среды, отражения сигнала от дна и поверхности воды на форму передаваемого сигнала и оценить степень его искажений в зависимости от длительности его импульса.

Практическая часть проекта

Реализация модели гидроакустического канала связи в среде Simulink.

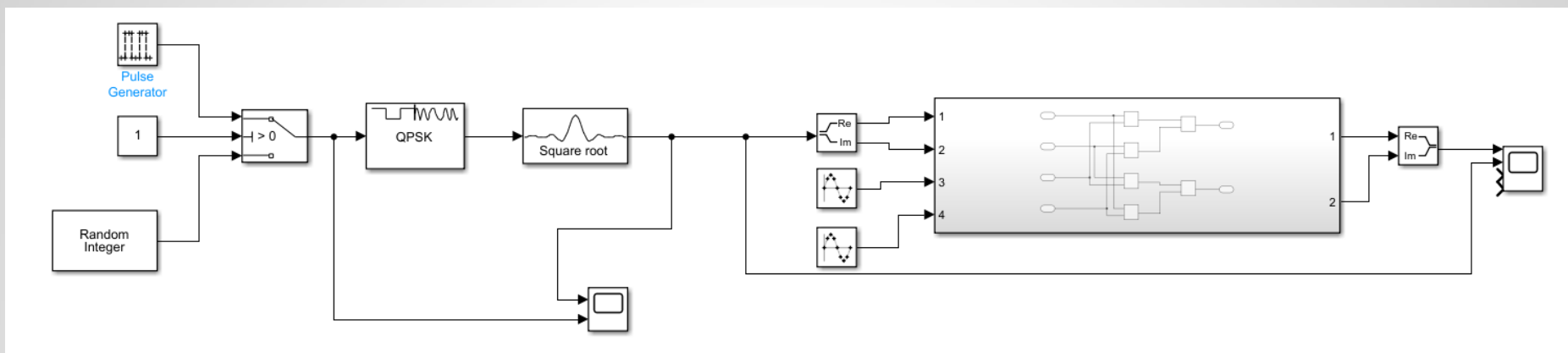


Разработан блок имитации импульсной характеристики подводной среды большого водного кластера ИПУ РАН.

Данный блок позволяет имитировать влияние водной среды, отражения сигнала от дна и поверхности воды на форму передаваемого сигнала и оценить степень его искажений в зависимости от длительности его импульса.

Практическая часть проекта

Реализация модели гидроакустического канала связи в среде Simulink.

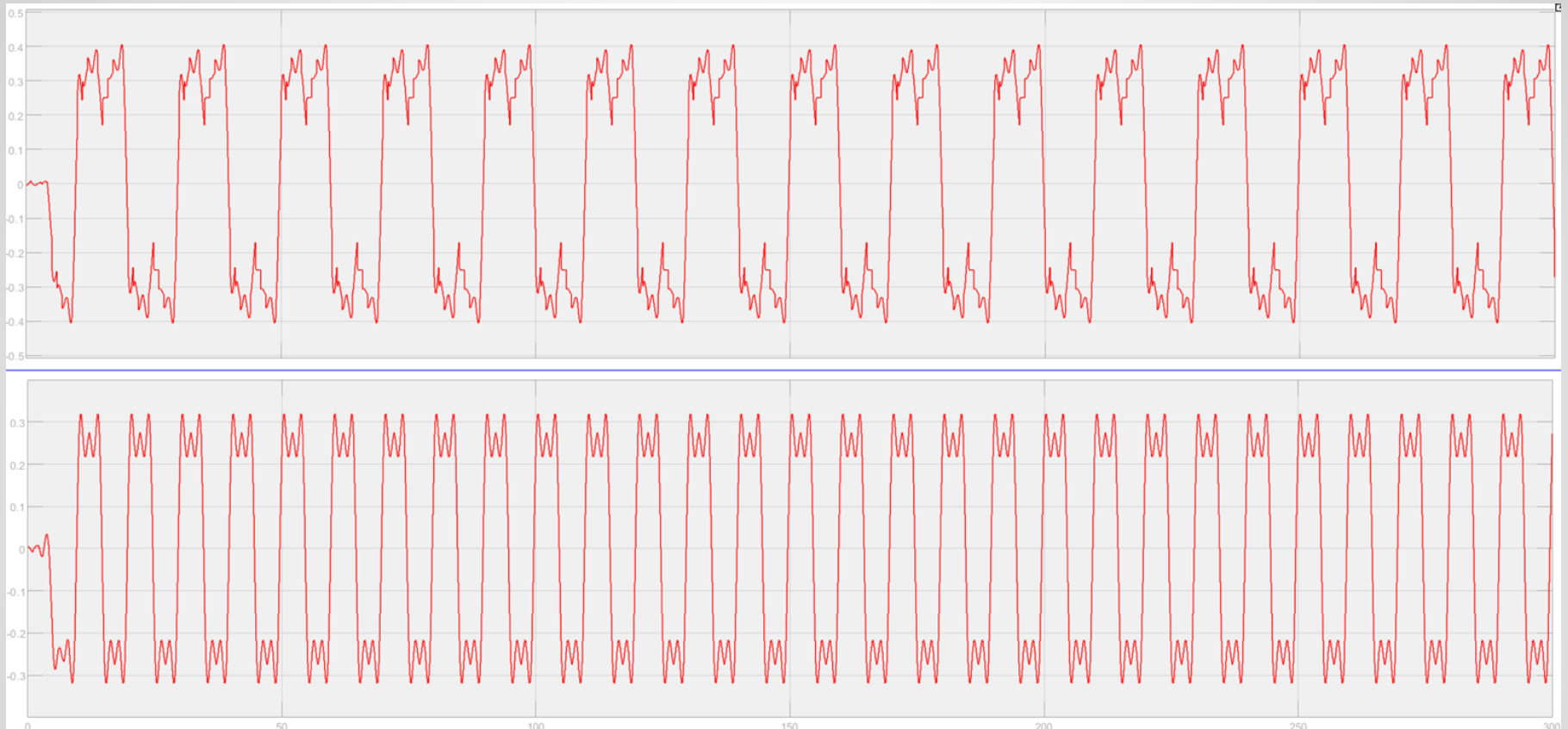


Разработан блок имитации Доплеровского эффекта, построенный по принципу перемножения комплексных чисел.

Данный блок позволяет оценить влияние Доплеровского сдвига на передаваемый сигнал.

Практическая часть проекта

Реализация модели гидроакустического канала связи в среде Simulink.



Разработан блок имитации Доплеровского эффекта, построенный по принципу перемножения комплексных чисел.

Данный блок позволяет оценить влияние Доплеровского сдвига на передаваемый сигнал.

Планируемые результаты на следующий год

- Моделирование в среде Simulink высокоскоростного гидроакустического микро-модема с применением метода модуляции, обеспечивающего наивысшие теоретические показатели скорости передачи сигнала при отсутствии ошибок передачи
- Перенос полученных моделей в виде синтезируемых блоков в среду Vivado для дальнейшей практической реализации
- Экспериментальная часть по сравнению теоретических и полученных фактических показателей скорости передачи сигнала и наличию ошибок передачи

Список публикаций

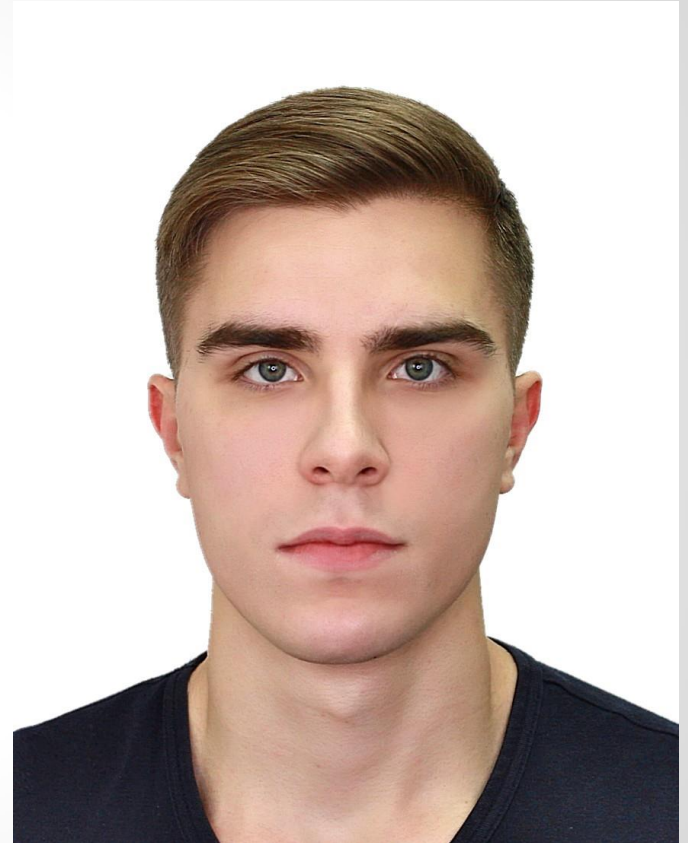
- **Куприков О.Д., Шаврин С.С.** Анализ особенностей использования различных видов модуляции в гидроакустическом канале // Телекоммуникации и информационные технологии. 2021. Т. 8 № 2. С. 63-68.
- **Куприков О.Д., Зюзин В.Д., Хорошенький Ю.А.** Проблема оперативного мониторинга транспортных средств // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 9-2 (48). С. 110-112.
- **Куприков О.Д., Зюзин В.Д., Вдовенко Д.В.** Информационная безопасность как объект киберпреступности // Телекоммуникационные и вычислительные системы 2020. 2020. С. 410-414.
- Написание обзорной статьи по полученным результатам моделирования гидроакустического канала в среде Simulink

Команич Даниил Владимирович

Команич Д.В., 2000 года рождения. На данный момент проходит обучение на 4 курсе бакалавриата в РТУ МИРЭА (Российском техническом университете) по специальности Информатика и вычислительная техника, кафедра: вычислительная техника. Сотрудник ИПУ РАН с октября 2021 года.

Основные направления работ:

- Цифровая обработка сигналов в беспроводных системах связи;
- Построение сетей подводной гидроакустической связи;
- Имитационное математическое моделирование;
- Прикладное программирование.



Разработка высокоскоростной системы связи с подводными подвижными объектами

Участники проекта:

техник лаб. 17, Куприков Олег Дмитриевич

техник лаб. 17, Команич Даниил Владимирович

Цели и задачи

Цель: Реализация высокоскоростной гидроакустической системы связи с подвижными подводными объектами.

Задачи:

1. Исследование особенностей передачи информации в водной среде;
2. Разработка модели гидроакустического канала в среде Simulink;
3. Программирование алгоритмов изменения характеристик передаваемого сигнала;
4. Тестирование модели на основе измеренных импульсных характеристик подводной среды большого водного кластера ИПУ РАН.

Исследовательская часть

Гидроакустическая связь подразумевает прием и распространение звуковых волн в реальной водной среде с целью обеспечения подводной коммуникации. Малое затухание звуковых волн позволяет распространяться звукам на значительно большие расстояния, чем, например, в воздухе.

Основные особенности гидроакустического канала:

- узкая полоса пропускания;
- низкая скорость распространения сигнала;
- влияние Эффекта Доплера;
- сильная многолучевость;
- межсимвольная и межканальная интерференция;
- задержка сигнала во времени;
- шумы в канале связи.

Исследовательская часть

При передаче сигнала наибольшее воздействие на передаваемый сигнал оказывает межсимвольная интерференция (InterSymbol Interference) – искажение сигнала за счет откликов на более ранние символы.

Многолучевое распространение волн в водной среде является одной из причин возникновения межсимвольной интерференции. Данный тип МСИ нельзя нейтрализовать привычными методами в связи с невозможностью заранее ее предсказать, так как при многолучевом распространении волн, в среде возникает бесчисленное множество вариантов распространения сигнала.

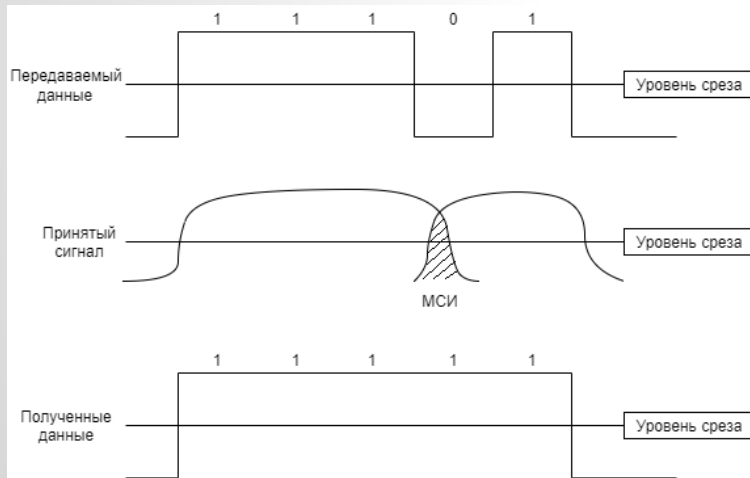


Рис. - Воздействия межсимвольной интерференции на передаваемые данные

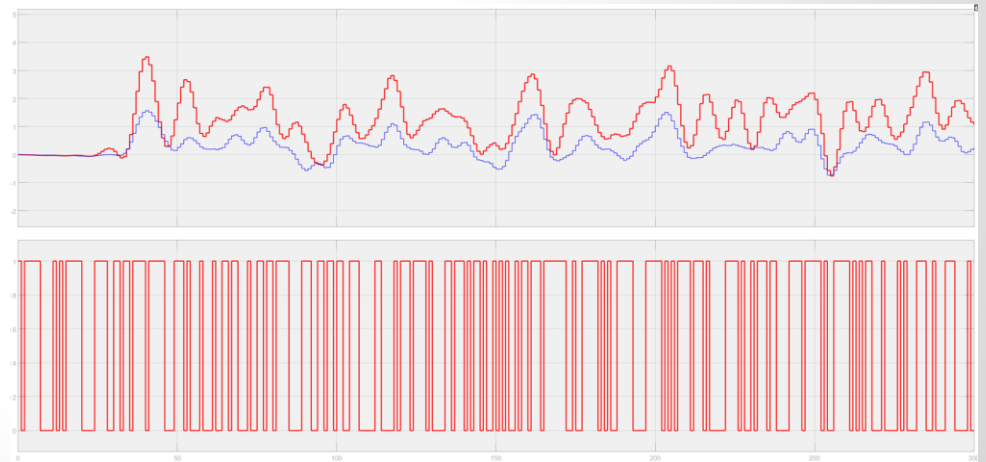


Рис. - Проявление межсимвольной интерференции при передаче через блок имитации импульсной характеристики канала

Практическая реализация

Разработан блок настройки длительности импульса, который принимает случайную последовательность из встроенного блока и изменяет длительность его импульса с целью наблюдения и вычисления ширины импульса, которая нужна в канале.

Основная задача: определение наиболее подходящей длительности импульса для передаваемого сигнала.

```
1 | %m - число отсчетов
2 | %k - множитель длины отсчета
3 | %tin - случайная битовая последовательность
4 | %tin1 - удлиненная последовательность
5 - m=10000;
6 - k=2;
7 - tin = randi([0 1],1,m);
8 - tin1= repelem(tin,k);
9 - tin2=tin1';
10 - tin3=tin';
11 - import_var.time = [];
12 - import_var.signals.values = tin2;
13 - import_var.signals.dimension = 1;
14
15 - import_var1.time=[];
16 - import_var1.signals.values=tin3;
17 - import_var1.signals.dimensions=1;
```

Рис. - Программный код блока

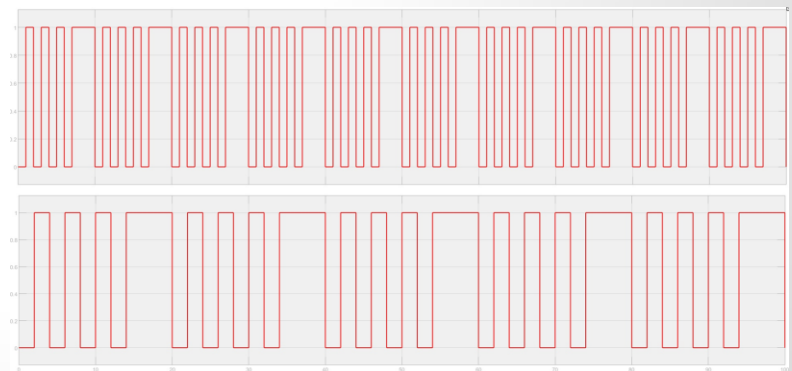


Рис. - График размноженного сигнал

Практическая реализация

Разработан алгоритм программы для блока контрольного измерения значения амплитуды передаваемого сигнала, где: $x(t)$ - передаваемый сигнал; T - информация о длительности импульсов в отсчетах; A - амплитуда передаваемого сигнала; tab - массив полученных значений.

Основная задача: принятие решения о передаче двоичного символа на основе значения амплитуды передаваемого сигнала.

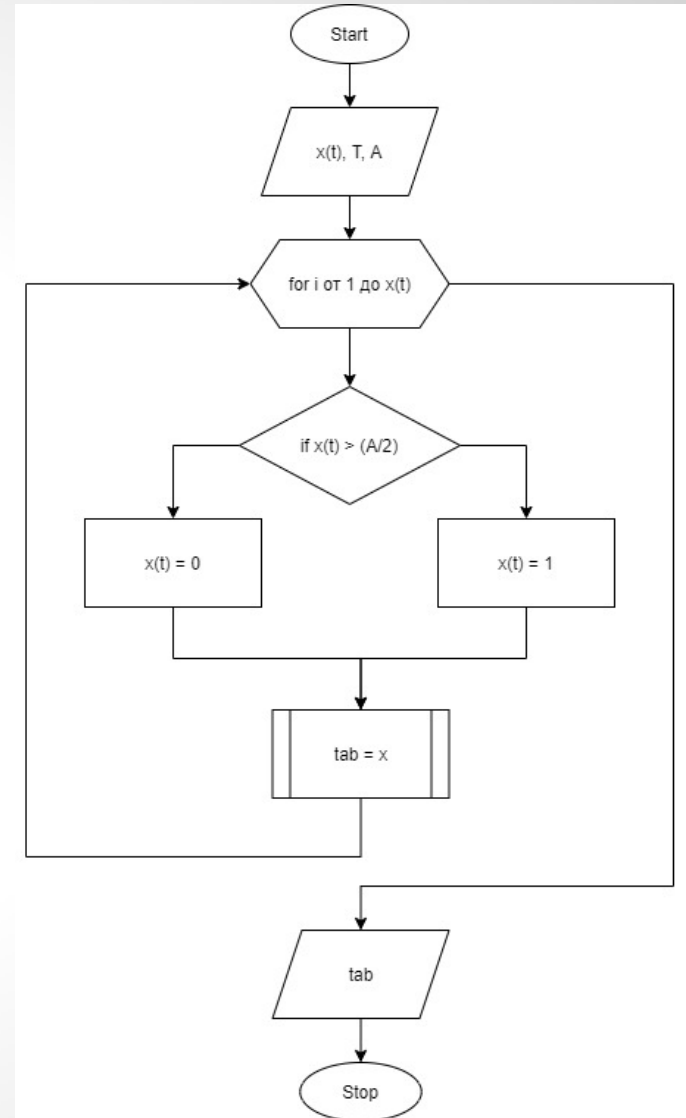
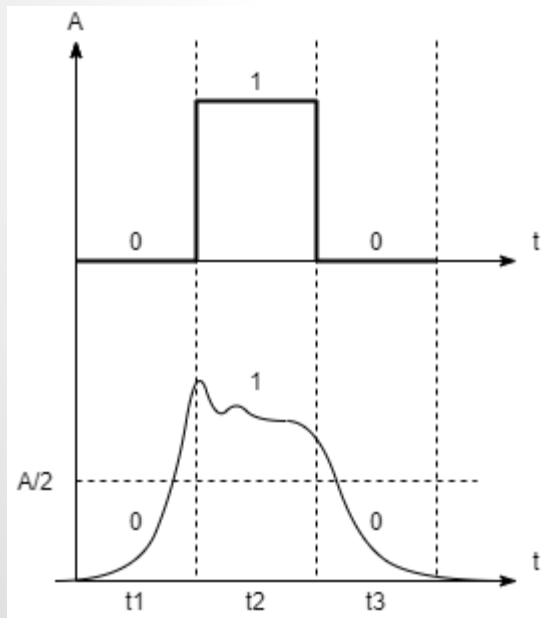


Рис. - Алгоритм передачи 2-го символа

Планируемые результаты на 2022-2023 г.

1. Моделирование в среде Simulink высокоскоростного гидроакустического микро-модема с применением метода модуляции, обеспечивающего наивысшие теоретические показатели скорости передачи сигнала при отсутствии ошибок передачи.
1. Перенос полученных моделей в виде синтезируемых блоков в среду разработки Vivado для последующей практической реализации.
1. Экспериментальная часть по сравнению теоретических и полученных фактических показателей скорости передачи сигнала и наличию ошибок передачи.
1. Подготовка и публикация обзорной статьи по теме “Моделирование гидроакустического канала в среде Simulink”.

Журавлев Иван Ильич

Журавлев И.И. Студент 4-го курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет фундаментальных наук, специальность прикладная математика. Является сотрудником лаборатории 77 на должности техника. На данный момент имеет публикацию тезиса в РИНЦ.

Основные направления деятельности:

- Машинное обучение
- Глубокое обучение
- Компьютерное зрение



Задачи:

- Разработка и исследование методов одноклассовой классификации и последовательного статистического анализа для решения задач машинного зрения.

Текущие результаты:

- Проведены предварительный анализ и интерпретация решений сверточной сети при классификации изображений из imagenet. Данная работа подготовлена к публикации (РИНЦ).

Ожидаемые результаты в конце первого года:

- Будут разработаны и исследованы нейросетевые методы и алгоритмы представления изображений в специальных пространствах.

Ожидаемые результаты в конце второго года:

- Будут синтезированы нейросетевые модели одноклассовой классификации изображений.
- Будут разработаны и исследованы методы и алгоритмы последовательного статистического анализа, корректирующие выход нейросетевых моделей.

Милосердов Олег Александрович

Милосердов О.А. В 2016 году закончил магистратуру Московского Физико-Технического Института (МФТИ) факультет радиотехники и кибернетики по направлению "Прикладные математика и физика". С 2013 по 2017 год является сотрудником лаборатории 57 Института Проблем Управления РАН. С 2017 года является научным сотрудником лаборатории 77. В 2021 закончил в аспирантуру ИПУ РАН по специальности 05.13.01.

Имеет 2 патента и 18 научных публикаций, в том числе 6 публикаций, индексируемые в Scopus/WoS.

Основные направления работ:

- Машинное обучение
- Глубокое обучение
- Компьютерное зрение



Решение задач детектирования, классификации, сегментации и распознавания сложных объектов

Задачи

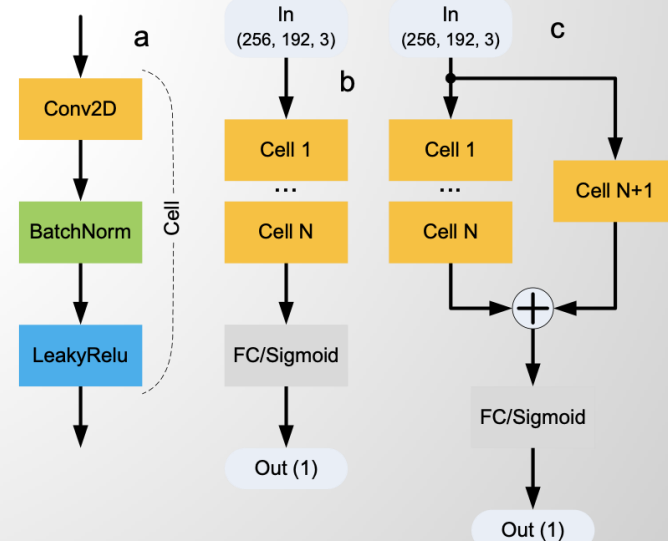
1. Разработка универсальных методов и алгоритмов для классификации патологий растений
2. Разработка методов идентификации, локализации и трекинга по фото и видео данным подвижных объектов (на примере целевых объектов в области животноводства).
3. Тестирование на реальных данных, содержащих информацию различного рода (животные, персонал, техника, растения)

Решение задач

- Разработана методика и требования к сбору исходных данных для построения датасета, позволяющая комплексно анализировать объекты исследования (растения, животные и т.д.), при минимальных трудозатратах специалистов по сбору данных.



- По ранее собранным данным предложены решения на основе классификатора на сверточных нейронных сетях, которые позволяют классифицировать несколько видов патологий на широком круге сельхозкультур, например пшеница, яблони, розы, кукуруза, томаты и другие.

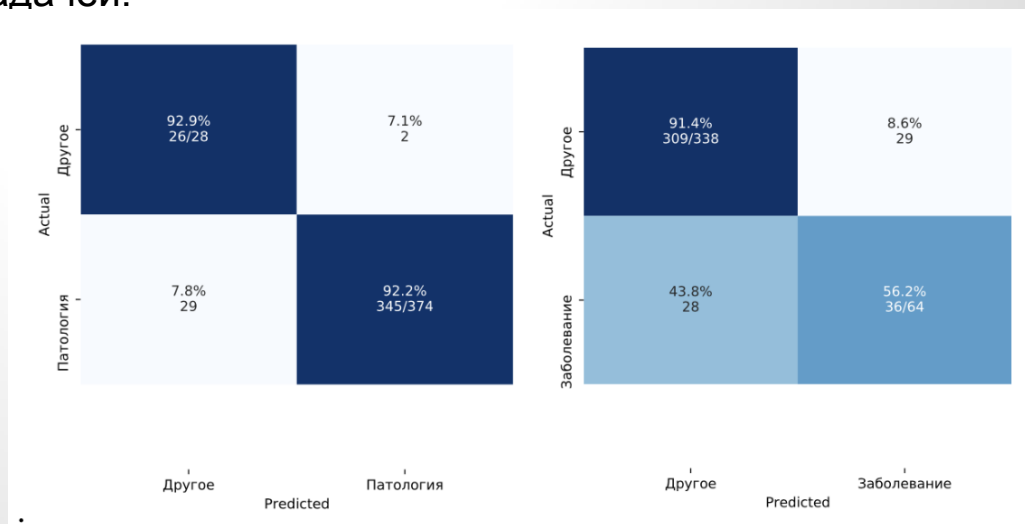


Решение задач

- Выявлена некорректность типового широко распространенного подхода использования классификации для определения патологий заболеваний растений. Причины некорректности подхода заключается в том, что для выявления патологии растений необходимо получить комплексную информацию о всем растении, а не об отдельных его частях.
- Согласно разработанной методике с октября 2020 по январь 2022 произведен сбор данных в теплицах с томатами. Итоговый объем данных составил более 100 000 фотографий, по более чем 2400 уникальным растениям. То есть одно растение представлено более чем 40 фотографиями его различных частей. Датасет включает в себя более 40 уникальных заболеваний, патологий развития и других отклонений от нормы.
- Матрицы ошибок демонстрируют неплохое качество нейронной сети на задаче классификации нормы и патологий, однако отделить заболевание от нормы оказалось довольно сложной задачей.

Планы

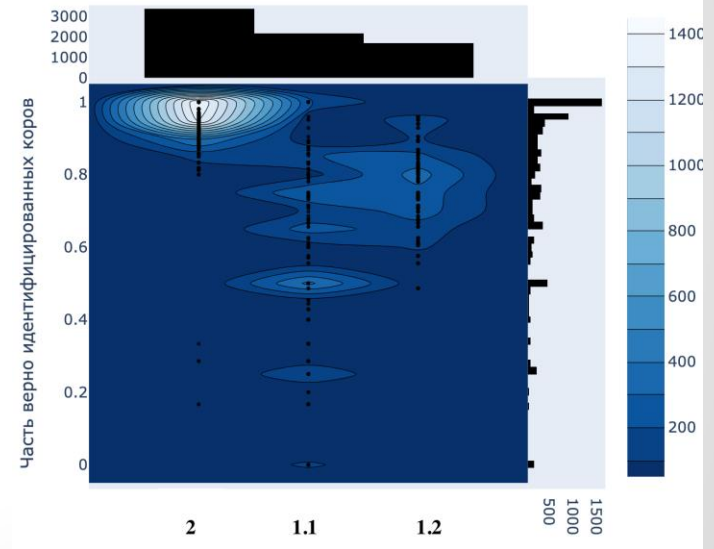
- Проведение разведочного анализа данных, выявление ошибок и закономерностей
- Построение многоклассового классификатора с множественными метками на основе сверточных нейросетей



Решение задач



- Решена задачи локализации объекта на примере головы животного. Решение осуществлено за счет использования YOLO подобной архитектуры.
- Решение задачи индентификации объектов осуществлено за счет использования ArcFace подобной архитектуры.
- Нейросеть показала высокое качество работы (близкое к 100%) на данных отснятых в условиях фермы2. Данные, полученные на ферме1 идентифицируются хуже (порядка 70%). В планах проведение анализа данных, и поиск способа их предобработки перед подачей на сеть



- 3 патента
- O. A. Miloserdov, N. S. Ovcharenko and A. V. Makarenko, "Use of a deep convolutional neural network to diagnose disease in the rose by means of a photographic image," 2020 IEEE 22nd International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP), Tampere, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/MMSP48831.2020.9287081.
- Осиповский Р.В., Милосердов О.А., Макаренко А.В. Analysis of the impact of structural regularization and complex convolutional filters on the efficiency of deep neural network in tomato diseases recognition problem / Proceedings of the 5th International Conference on Stochastic Methods (ICSM-5, 2020). М.: ПУДН, 2020. С. 352-357.

Галкин Всеволод Александрович

Галкин В.А., математик, 1997 г.р. Сотрудник института с июля 2018 года. В 2019 г. окончил бакалавриат на факультете фундаментальных наук МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский Государственный Технический университет). В 2019 - 2020 г. магистр МГУ им. Ломоносова механико-математического факультета, 2020 - 2022 г. магистр МФТИ на кафедре интегрированных киберсистем.



Имеет 13 научных публикаций, в том числе 3 статьи, индексируемые в Scopus/WoS и 5 патентов.

Основные направления работ:

- Машинное обучение, байесовская статистика;
- Глубокое обучение, автоматическое глубокое обучение;
- Интеллектуальный анализ астрономических данных и спутниковых изображений
- Машинное зрение

Отчет/Заявка МНШ

Галкин В.А.^{1, 2}

¹Институт Проблем Управления РАН
лаборатория № 77

²Московский физико-технический институт
кафедра интегрированных киберсистем

Май 2022

Задача

Фундаментальная проблема:

Структурная идентификация на графах (обнаружение/ восстановление подграфов в графе).

Конкретная задача:

Идентификация созвездий по изображению звездного неба в условиях реальных шумов.

Подход к решению

Проектирование и обучение **глубокой свёрточной нейронной сети**, проведение **разведывательного анализа данных** и его применение к **выработке стратегии обучения**.

Результат

F_1, \min	F_1, median	F_1, \max
0.81	0.927	0.971

Задача

Исследование структуры латентного пространства предобученных нейронных сетей на задаче семантической сегментации.

Подход

Комбинирование алгоритмов структурного анализа данных (кластеризация, перцептрон) и алгоритмов компрессии данных (UMAP, PCA).

Основной результат

Разработан алгоритм оценки качественных характеристик нейронных сетей на основе степени сепарабельности (см. теорему Ковера) классов данных в латентном пространстве.

Задача

Решение задач детектирования, сегментации и слежения за множеством подвижных объектами в видеопотоке на примере сельскохозяйственных данных. Разработка алгоритмов оценки характеристик объектов по результатам наблюдений.

Исследованные задачи

- 1 Устранение дисторсии и сшивка изображения (2 камеры);
- 2 Сегментация экземпляров (instance segmentation);
- 3 Оценка плотности распределения объектов;
- 4 Слежение (трекинг);
- 5 Оценка массы наблюдаемых объектов;

Используемый подход

Глубокое обучение, машинное обучение, статистический анализ, теория графов

Результаты

Сегментация экземпляров

Медианная точность по IOU 0.902.

Слежение (трекинг)

<i>MOTA</i>	<i>MOTP</i>
0.985	0.209

Оценка плотности

<i>MSE</i>	<i>SSIM</i>	<i>MAPE</i> ,
$1.709e^{-9}$	0.999	0.035

Оценка веса

Ошибка оценки веса составляет 7.52% от реального.

Направление исследования

Разработка и исследование подходов обучения нейросетевых моделей в условиях **частично размеченных выборок**, с целью повышения качества и устойчивости результирующих моделей. Отработка подходов будет производиться на задачах локализации, сегментации и других задач в сельскохозяйственных приложениях.

Ожидаемые результаты (1-й) год

- ① Дообучение референсного решения для задачи сегментации экземпляров с целью получения автоматической разметки.
- ② Обучение модели трансформер и проведение последующего сравнительного анализа моделей.

Результаты по публикациям (за 2 года)

- ① Публикация в журналах: 3 опубликованные, 1 принята к публикации; (Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, Journal of Physics: Conference Series, УБС)
- ② Доклады: 8.
- ③ Патенты: 3.

- ① Галкин В.А., Макаренко А.В. Application of Deep Learning Methods for the Identification of Partially Observable Subgraphs Under the Conditions of a Priori Uncertainty and Stochastic Disturbances (Using the Example of the Problem of Recognizing Constellations) / Part of the Springer Proceedings in Mathematics & Statistics book series (PROMS, volume 371). Moscow: Springer Nature, 2021. С. 280-291.
- ② Галкин В.А., Макаренко А.В., Таргамадзе Д.С. Analysis of the latent space of pre-trained deep convolutional neural networks in the problem of automatic segmentation of color images / Journal of Physics: Conference Series. Moscow: IOP Publishing, 2021. Volume 1925. С. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1925/1/012048>.
- ③ Кулакова А.Д., Галкин В.А., Макаренко А.В. Метод цветовой калибровки изображений в задачах интеллектуального машинного зрения (на примере изображений получаемых в условиях промышленных теплиц) / Труды 17-й Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами» (УБС'2021, Москва). Москва-Звенигород: ИПУ РАН, 2021. С. 213-223 <https://disk.yandex.ru/i/cNsJovTyieqqtw>.
- ④ Макаренко А. В., Галкин В. А., Порцев Р. Ю. Bel.robotrack: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022616824 РФ; Зарег. 15.04.2022.

Кулакова Анна Дмитриевна

Кулакова А.Д., 2000 года рождения, работает в Институте проблем управления с сентября 2021 г. На данный момент проходит обучение на 4 курсе бакалавриата Московского авиационного института по направлению “Системный анализ и управление”.

Является техником лаборатории № 77. Занимается фундаментальными и прикладными исследованиями в области компьютерного зрения.

Опубликованы 3 работы, 1 из которых вошла в сборник перечня ВАК. Анна является победителем в конкурсе научных работ в рамках 64-й Всероссийской научной конференции МФТИ Физтех-школы радиотехники и компьютерных наук (2021г.).

Основные направления работ:

- Компьютерное зрение
- Машинное обучение
- Глубокое обучение



Отчет/заявка МНШ

Кулакова А.Д.

**Институт Проблем Управления РАН, лаборатория 77;
Московский авиационный институт**

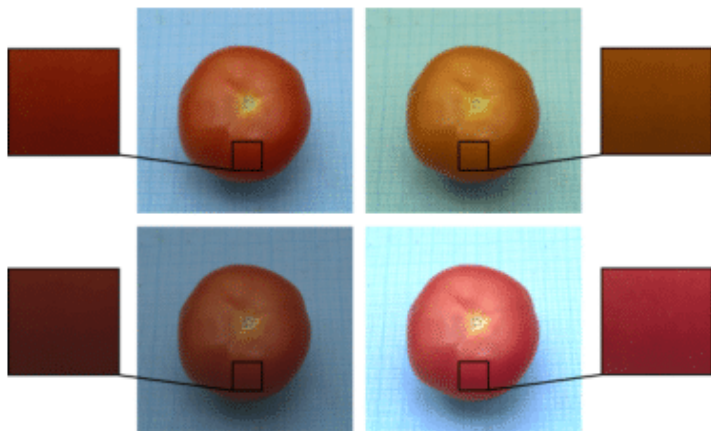


Рис.: Пример фотографий одного и того же объекта при разных условиях цветопередачи.

Фундаментальная проблема

Цвет одного и того же объекта на изображении может варьироваться от различных условий: источник света, среда, спектральная чувст-ть камеры и др. Поэтому, в задачах, в которых цвет является ключевым признаком необходимо проводить калибровку цвета исходных снимков.

Конкретная задача:

Восстановить истинные цвета на фотографиях, снятых в различных условиях освещения и различным фотооборудованием.

Цель работы

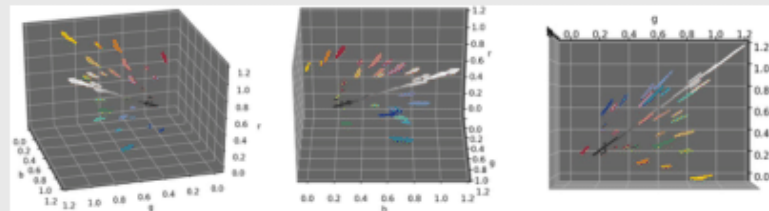
Решение задачи цветокоррекции. Применение алгоритмов глубокого обучения в задаче цветокоррекции.

Результаты

- реализован алгоритм автоматического обнаружения цветовых образцов калибровочной мишени
- представлены 4 алгоритма, аппроксимирующие целевое отображение искаженных цветов в истинные:
 - 1 линейной регрессией в RGB
 - 2 линейной регрессией в HSV
 - 3 полиномиальной регрессией в HSV
 - 4 с использованием нейросетевого подхода

Нейронная сеть

Точность сверточной нейронной сети по взвешенной L2-метрике в RGB – 24.72. По результатам векторного анализа установлено, что модель цветоизотропна.



Сравнительный анализ точности алгоритмов

лин. RGB	лин. HSV	нелин. HSV	сеть RGB
30.61	52.94	40.78	24.72

Используемые подходы

Глубокое обучение, статистический анализ, регрессионный анализ, векторный анализ.

Задача

Разработка алгоритмов автоматизации процессов цветокоррекции, адаптивного выравнивания характеристик 3D сцены, а также методов определения размеров объемных объектов.

Ожидаемые результаты

- 1 Будет разработан алгоритм автоматизации процесса цветокоррекции свободный от ряда недостатков для последующего применения в реальных условиях
- 2 Будет проведена разработка методов адаптивного выравнивания характеристик 3D сцены с целью решения задач прецизионного трехмерного машинного зрения
- 3 Будет разработан нейросетевой подход к решению задачи определения размеров объемных объектов.



Кулакова А.Д., Галкин В.А., Макаренко А.В. Метод цветовой калибровки изображений в задачах интеллектуального машинного зрения (на примере изображений получаемых в условиях промышленных теплиц) / Труды 17-й Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами» (УБС'2021, Москва). Москва-Звенигород: ИПУ РАН, 2021. С. 213-223.



Кулакова А.Д., Галкин В.А., Макаренко А.В. Метод цветовой калибровки изображений в задачах интеллектуального машинного зрения в цветовом пространстве HSV / Труды 64-й Всероссийской научной конференции МФТИ "Радиотехника и компьютерные технологии"(Москва, 2021). Москва - Долгопрудный - Жуковский: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», 2021. С. 60-72.



Кулакова А.Д., Галкин В.А., Макаренко А.В. Анализ методов цветовой калибровки изображений с использованием цветовых пространств RGB и HSV в задачах интеллектуального машинного зрения (на примере изображений получаемых в условиях промышленных теплиц)/ Управление большими системами, ИПУ РАН, 2021. [в печати]

Мамонтова Анастасия Андреевна

Мамонтова А. А., 1997 г.р. Сотрудница ИПУ РАН с ноября 2021г. Инженер-программист лаб. 2.

В 2021 году закончила бакалавриат Московского государственного технологического университета «СТАНКИН» по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств». С осени 2021 продолжила обучение по тому же направлению в магистратуре Московского государственного технологического университета «СТАНКИН».



Основные направления:

- Теоретическое и экспериментальное исследование элементов и устройств струйной техники

**Разработка методического обеспечения и
инструментальных средств для экспериментального
исследования основных функциональных характеристик
семикаскадного микроструйного генератора**

Цели и задачи

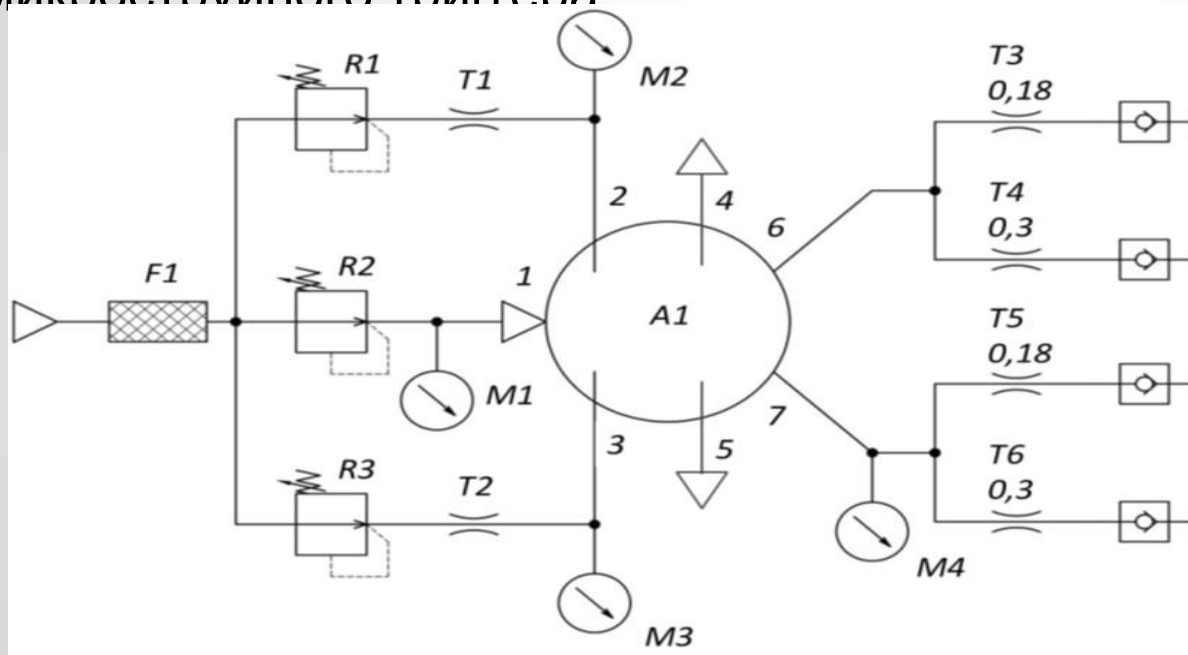
Цель работы: Развитие методической и инструментальной базы для экспериментального исследования дискретной микрофлюидики; определение передаточных, нагрузочных и предельных частотных характеристик нового устройства дискретной микрофлюидики – семикаскадного микроструйного генератора на основе бистабильных элементов трех видов.

Задачи:

- 1.Создание научно-исследовательского стенда для экспериментального определения зависимости выходной частоты и выходного расхода генератора от его давления питания при заданных гидравлических сопротивлениях нагрузки;
- 2.Разработка методики измерения давления питания, выходной частоты и выходного расхода генератора на созданном научно-исследовательском стенде (задача находится на стадии подготовки);
- 3.Разработка методики определения аналитической формы нагрузочной характеристики генератора по экспериментально полученным значениям его выходного расхода;
- 4.Автоматизация процедуры определения аналитической формы нагрузочной характеристики генератора;
- 5.Проведение эксперимента, обработка и анализ экспериментальных данных, построение передаточных, нагрузочных и предельной частотной характеристик генератора (задача находится на стадии подготовки).

Решение задач

На основе экспериментальной модели был создан испытательный стенд для исследования статических характеристик переноса и расхода микроструйного триггера



F1 - фильтр
R1-R3 - регуляторы
давления
M1, M2, M4 - манометры
T1-T6 - дроссели

Рис. Принципиальная схема испытательного стенда

Решение задач

Создан научно-исследовательский стенд для экспериментального определения зависимости выходной частоты и выходного расхода генератора от его давления питания при заданных гидравлических сопротивлениях нагрузки



Рис. Семикаскадный микроструйный генератор



Рис. Собранный научно-исследовательский стенд

Решение задач

В первую очередь были определены границы частотного диапазона генератора:

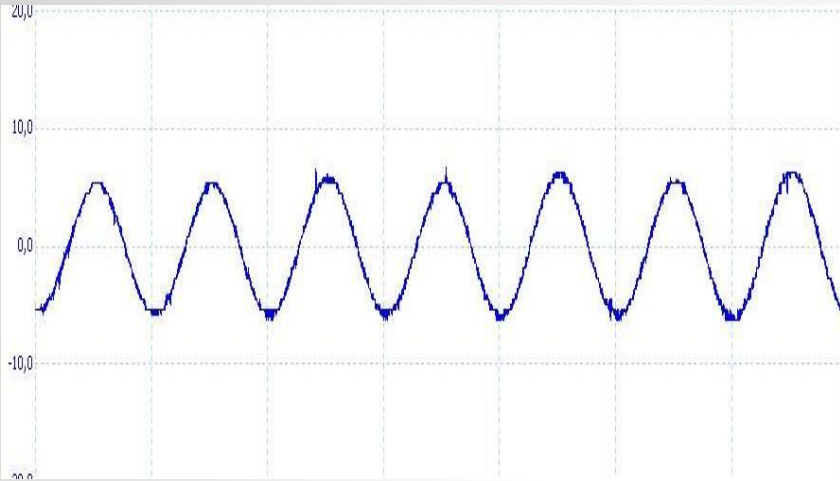


Рис. Нижний частотный диапазон $f = 99,4$ Гц

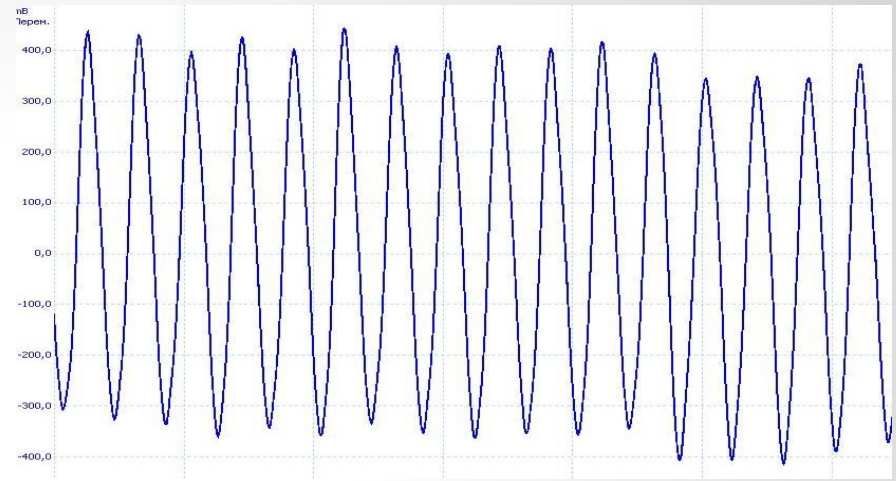


Рис. Верхний частотный диапазон $f = 1254,7$ Гц

В настоящее время исследуются выходные сигналы на промежуточных частотах внутри рабочего диапазона

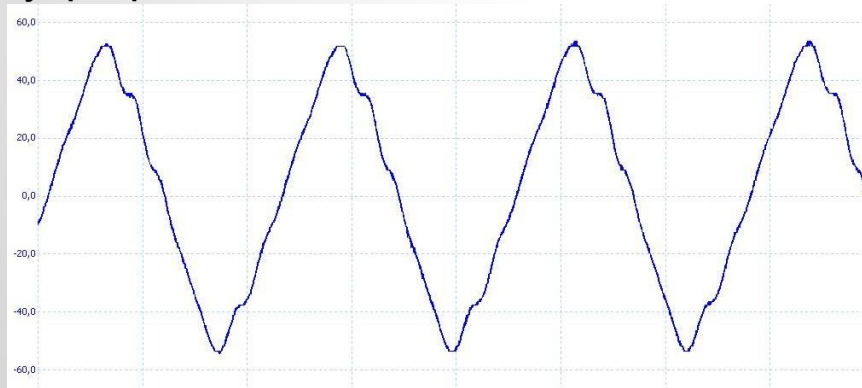


Рис. $f = 223,2$ Гц

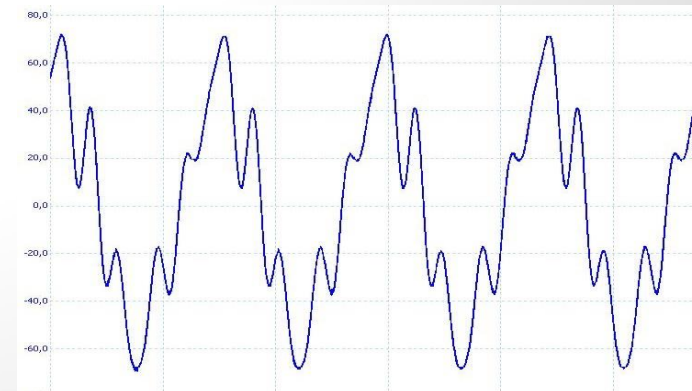


Рис. $f = 347,1$ Гц

Решение задач

- Разработан алгоритм программного обеспечения для определения нагрузочных характеристик семикаскадного микроструйного генератора.
- Разработка инструментария - нового программного средства автоматизации для выполнения процедуры аппроксимации расходных характеристик устройств дискретной микрофлюидики степенной функцией с рациональным показателем и поиском неизвестного коэффициента (коэффициента расхода) при помощи метода наименьших

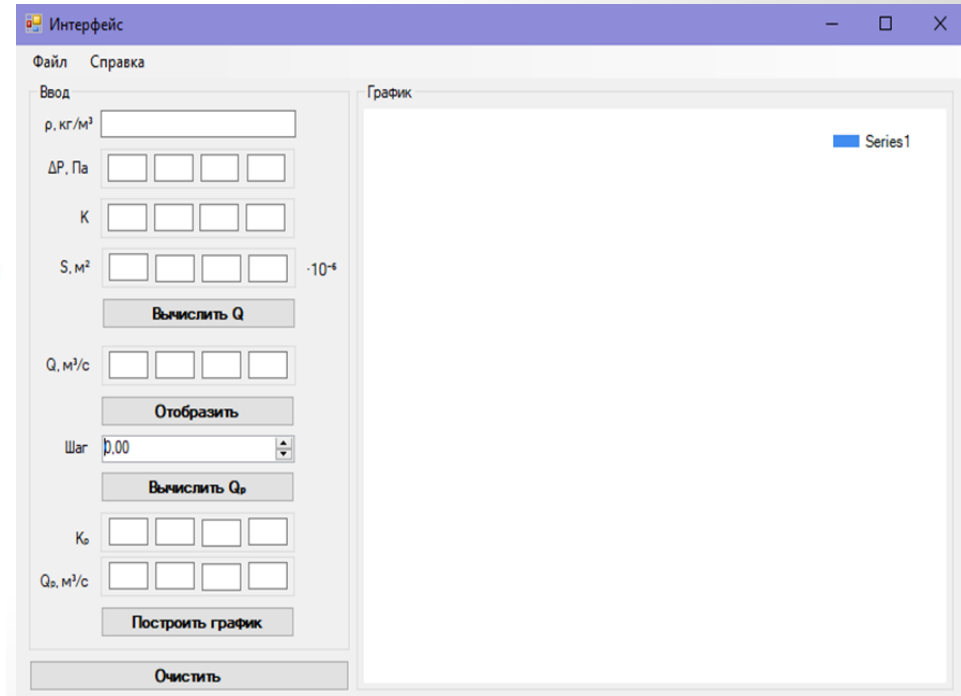
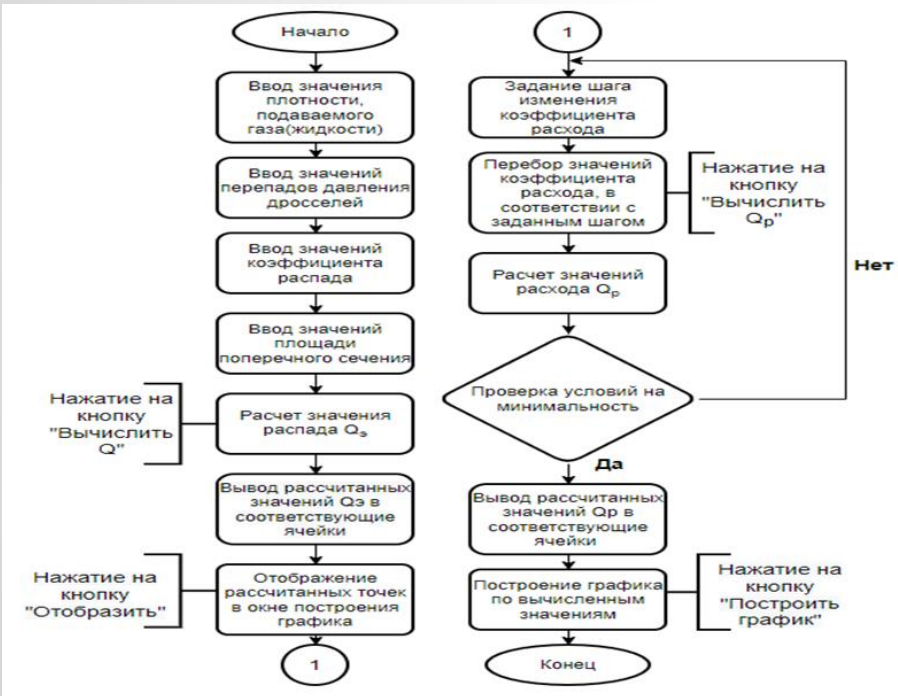


Рис. Алгоритм работы приложения

Рис. Предварительный интерфейс приложения

Планы на следующий год

1. Проведение эксперимента, обработка и анализ экспериментальных данных, построение передаточных, нагрузочных и предельной частотной характеристик генератора при различном коэффициенте разветвления;
2. Разработка и исследование микроструйного счетного триггера.

Публикация:

А. В. Балабанов, А. М. Касимов, А. А. Мамонтова, А. А. Сухоруков
«Экспериментальное исследование передаточных характеристик семикаскадного микроструйного генератора.» // Датчики и системы.
— № 4, — 2022 — в печати.

Докладчик: инженер-программист *лаб. 2*, Мамонтова Анастасия Андреевна

Сухоруков Александр Андреевич

Сухоруков А. А., 2000 г.р.
Сотрудник ИПУ РАН с
ноября 2021г. техник лаб.
2. В Молодежной Научной
школе с декабря 2021.

Студент 4 курса РТУ-
МИРЭА кафедры по
направлению
“Информатика и
вычислительная техника”



Основные направления:

- Теоретическое и экспериментальное исследование элементов и устройств струйной техники

Разработка пневмоэлектрического
измерительного преобразователя для
экспериментального исследования передаточных
характеристик микроструйного генератора

Цели работ и задачи

Цель работы: создание инструментального средства на основе микроконтроллера, обеспечивающего возможность пневмоэлектрического преобразования, измерения и индикации частоты и амплитуды входных и выходных сигналов микроструйного генератора.

Задачи:

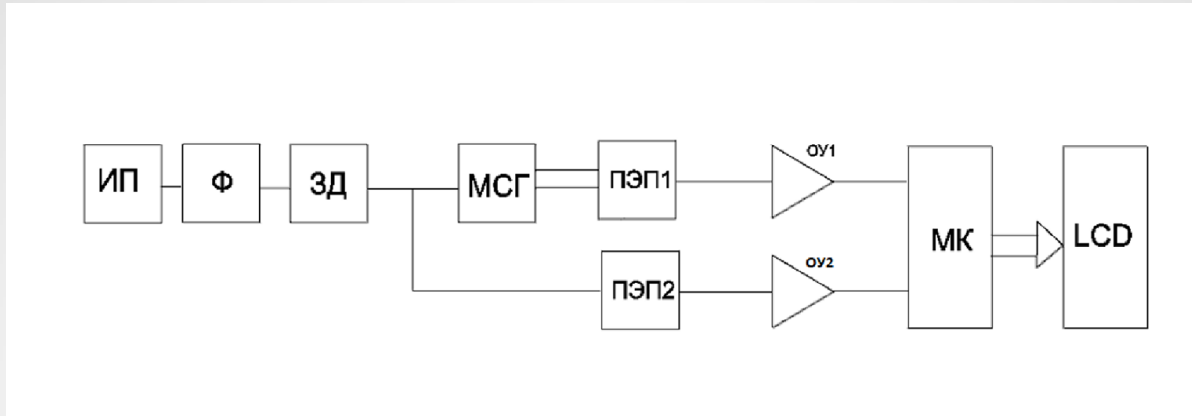
- анализ функциональных характеристик микроструйного генератора и формирование требований к пневмоэлектрическому измерительному преобразователю;
- разработка и компьютерное моделирование схемы электрической принципиальной пневмоэлектрического измерительного преобразователя;
- разработка и программная реализация алгоритма работы микроконтроллера;
- изготовление и лабораторные испытания пневмоэлектрического измерительного преобразователя;
- опытная апробация пневмоэлектрического измерительного преобразователя, заключающаяся в экспериментальном определении зависимости частоты от давления питания микроструйного генератора при различном гидравлическом сопротивлении выходных каналов.

Список компонентов

Составными частями разрабатываемого пневмоэлектрического преобразователя являются:

- Arduino Uno: 1 шт;
- LCD-display: 1 шт;
- Источник питания: 1 шт;
- Операционный усилитель 741: 1 шт;
- Резистор 4.7кОм: 2 шт;
- Датчик давления: 1 шт;

Разработка структурной схемы



ИП – источник питания (сжатого воздуха)

Ф – фильтр

ЗД – датчик давления

МСГ – исследуемый микроструйный генератор

ПЭП1, ПЭП2 – пневмоэлектрический преобразователь

ОУ1, ОУ2 – операционные усилитель

МК – Микроконтроллер Atmega 328

LCD – индикатор

Разработка программы

Для разработки программного обеспечения микроконтроллера использовалась интегрированная среда разработки Arduino IDE, совместимая с операционными системами Windows, MacOS, Linux и предназначена для создания и загрузки программ для Arduino совместимых плат. Справа приведен фрагмент исходного кода разработанной программы. Плата с микроконтроллером подключается к персональному компьютеру при помощи интерфейса RS 232, загрузка программы в микроконтроллер осуществляется посредством внутрисхемного программатора платы Arduino.

```
Файл Правка Скetch Инструменты Помощь
sketch_feb27a $
// with the arduino pin number it is connect
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4,
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

int Htime;           //integer for storin
int Ltime;           //integer for stor
float Ttime;         // integer for stori
float frequency;

float temp=0.0;

void setup()
{
    pinMode(8, INPUT);

    lcd.begin(16, 2);
}
void loop()
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Freq");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Pres");
    int analogvalue = analogRead(A0);
    temp = (analogvalue * 5.0) / 1024.0; // фс

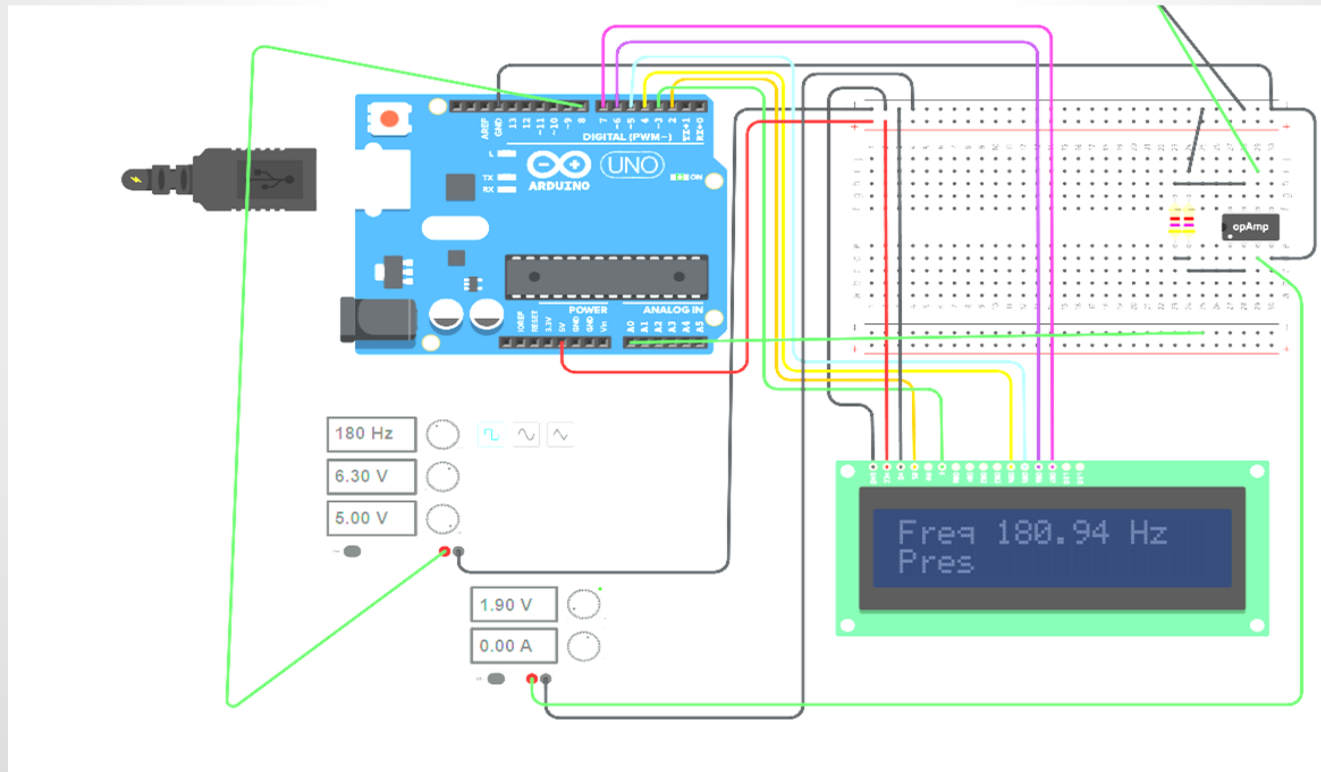
    Htime=pulseIn(8,HIGH);           //read high
    Ltime=pulseIn(8,LOW);           //read low

    Ttime = Htime+Ltime;

    frequency=1000000/Ttime;
    lcd.setCursor(5,0);
    lcd.print(frequency);
    lcd.print(" Hz");
    delay(500);
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print(temp);
    lcd.print(" v");
    delay(1000);
}
```

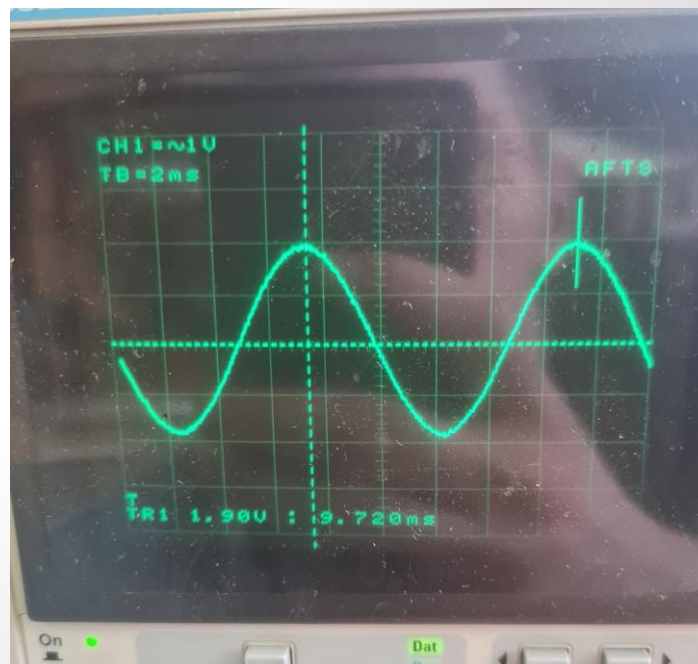
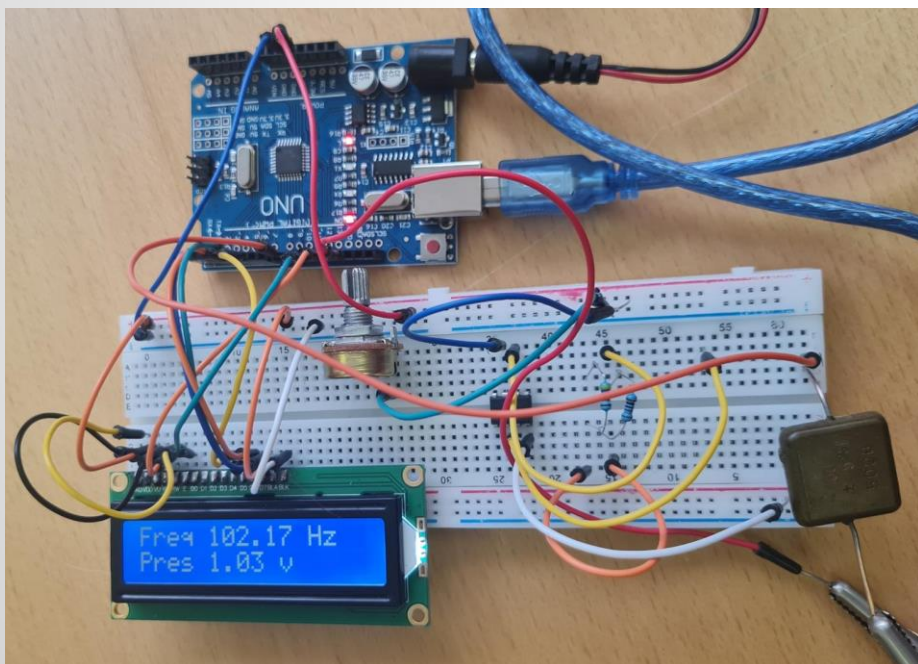
Разработка макета

Разработка макета пневмоэлектрического преобразователя выполнено в специализированной онлайн среде разработки tinkercad. Компьютерная модель макета представлена на рисунке ниже.



Изготовление и лабораторные испытания макета

На основе разработанной компьютерной модели изготовлен макет пневмоэлектрического преобразователя. Общий вид макета представлен на рисунке слева. Испытание макета при помощи сравнения показаний LCD-индикатора с показаниями осциллографа DSO 475.



Спасибо за внимание

Спасибо за внимание

