

«Утверждаю»
Председатель Диссертационного совета Д
05.23.686 при ИМА НАН КР и КРСУ
им. Б.Н. Ельцина



Н.М. Лыченко

ПРОТОКОЛ №6

Заседания диссертационного совета Д 05.23.686
при ИМА НАН КР и КРСУ им. Б.Н. Ельцина от 10 мая 2024 г.

ПРИСУТСТВОВАЛИ

- 1. Председатель:** Лыченко Н.М. – д.т.н., профессор, (05.13.01—системный анализ, управление и обработки информации);
- 2. Ученый секретарь:** Керимкулова Г.К. – к.ф.-м.н., с.н.с., (05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ);

Члены диссертационного совета Д.05.23.686

- 3.** Бакасова А.Б. – д.т.н., доцент, (05.13.01 – системный анализ, управление и обработки информации, 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления);
- 4.** Бакиров К.Б. – д.т.н., доцент, (05.13.18-математическое моделирование, численные методы и комплексы программ);
- 5.** Брякин И.В. – д.т.н., профессор, (05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, 05.13.01 – системный анализ, управление и обработки информации);
- 6.** Галбаев Ж.Т. – д.т.н., доцент, (05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления);
- 7.** Дженалиев М.Т. – д.ф.-м.н., профессор, (05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), (онлайн);
- 8.** Заурбеков Н.С. – д.т.н., доцент, (05.13.18-математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), (онлайн);
- 9.** Калимолдаев М.Н. – д.ф.-м.н., профессор, (05.13.18-математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), (онлайн);
- 10.** Мазаков Т.Ж. – д.ф.-м.н., профессор, (05.13.18-математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), (онлайн);
- 11.** Пресняков К.А. – д.т.н., с.н.с, (05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, 05.13.18-математическое моделирование, численные методы и комплексы программ);
- 12.** Сатыбаев А.Дж. – д.ф.-м.н., профессор, (05.13.18-математическое моделирование, численные методы и комплексы программ).

Всего: 12 человек

На заседании присутствуют: в зале 8 членов, онлайн 4 членов совета, итого: 12 из 15 членов диссертационного совета для предзащиты кандидатской диссертации. В таком составе совет правомочен проводить предзащиту диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

ПОВЕСТКА ДНЯ

1. Предварительная защита диссертации Исабаева К.Ж. на тему «Исследование и разработка интеллектуальной аппаратно-программной платформы анализа радиолокационных сигналов и обработки радиолокационной информации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

2. Ознакомление с экспертным заключением членов диссертационного совета по диссертационной работе соискателя Исабаева Кайыртай Жулдызтаевича.

СЛУШАЛИ:

1. **Лыченко Н.М.**, которая ознакомила с повесткой дня и предоставила слово Керимкуловой Г.К. для ознакомления членов Диссертационного совета с процедурными вопросами.

2. **Керимкулову Г.Л.**, которая представила членам диссертационного совета соискателя Исабаева К.Ж., доложила, что Исабаев К.Ж. представил все необходимые для предварительной защиты документы, в том числе диплом инженера, заверенный нотариально, соответствующие требованиям НАК ПКР. Также она сказала, что Исабаев К.Ж. набрал достаточное для защиты количество баллов, и имеет 1 статью индексируемые в SCOPUS.

3. **Лыченко Н.М.**, которая предоставила слово Исабаеву К.Ж. для изложения его диссертационной работы.

4. **Исабаев К.Ж.**, который подробно изложил содержание своей диссертационной работы.

Доклад:

Уважаемые члены диссертационного совета вашему вниманию предоставляются результаты исследований по теме «Исследование и разработка интеллектуальной аппаратно-программной платформы анализа радиолокационных сигналов и обработки радиолокационной информации».

Система управления войсками является ключевым элементом в обеспечении эффективности и координации всех операций, где одним из важнейших функциональных компонентов является средства управления. Это позволяет повысить производительность, снизить расходы и улучшить качество обслуживания. В контексте современного развития технологий, оптимизация средств управления становится еще более актуальной. Такие инновации, как цифровизация процессов, использование алгоритмов машинного обучения, искусственного интеллекта, обработки больших данных и других современных технологий, позволяют существенно улучшить работу систем управления. В общем, оптимизация средств управления является ключевым элементом успешного управления любым процессом или системой и должна быть постоянно находиться в центре внимания специалистов по управлению.

Целью диссертации является повышение эффективности работы системы управления войсками за счет разработки и применения интеллектуальной аппаратно-программной платформы.

Для достижения указанной цели поставлены следующие **задачи**:

- 1) Исследование существующих методов и технологий анализа радиолокационных сигналов и обработки радиолокационной информации.
- 2) Разработка ИАПП для проведения анализа радиолокационных сигналов.
- 3) Разработка алгоритмов и программного обеспечения для обработки радиолокационной информации на ИАПП.
- 4) Проведение экспериментальных исследований и тестирование разработанной ИАПП на реальных радиолокационных данных.
- 5) Оценка эффективности и точности работы ИАПП в сравнении с существующими методами и технологиями.
- 6) Анализ результатов исследований и разработка рекомендаций по дальнейшему развитию и применению ИАПП в радиолокационных системах.

Научная новизна полученных результатов. Научная новизна проведенных исследований заключается:

- получены новые результаты экспериментальных исследований тропосферного распространения радиоволн, как на равнинных, так и на горных трассах в диапазоне УКВ для различных сезонов и времен суток;

- разработан прототип нового полигона для радиофизических исследований на базе интеллектуальной аппаратно-программной платформы радиолокатора Военно-инженерного института радиоэлектроники и связи (ВИИРЭС);

- обоснован новый физический эффект в виде многопутности распространения радиоволн при тропосферном и стратосферном распространении;

- предложен способ передачи цифровых данных в радиолокационном сигнале интеллектуальной аппаратно-программной платформы радиолокатора;

- разработан новый метод обработки радиолокационной информации с использованием свёрточной нейронной сети, позволяющий снизить порог обнаружения в интеллектуальной аппаратно-программной платформы радиолокатора.

Новизна проведенных исследований защищена 1-м заявлением о выдаче патента Республики Казахстан на изобретение и 1-ой полезной моделью РК №7426 от 25.04.2022 года «РЛС кругового обзора метрового диапазона волн с функцией передачи данных».

Практическая значимость полученных результатов

1. Передача информации об обнаруженных целях в радиолокационном сигнале позволит повысить надёжность и оперативность передачи данных на командный пункт.

2. Предложенный способ обработки радиолокационной информации с использованием нейронной сети позволяет обнаруживать малоразмерные БПЛА и увеличить дальность обнаружения воздушных целей.

3. Внедрение обнаружителя на базе нейронной сети можно осуществить без существенных аппаратных доработок в интеллектуальной аппаратно-программной платформы радиолокатора.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- обеспечение устойчивой передачи информации в составе радиолокационного сигнала РЛС П-18М метрового диапазона волн возможна на дистанциях до 266 км за счёт эффекта тропосферного прохождения радиоволн;

- обеспечение скорости передачи данных в тропосферном канале в метровом диапазоне волн не менее 6000 бод за счет использования импульсной модуляции;
- скорость работы обнаружителя на базе свёрточной нейронной сети достаточна для использования в РЛС П-18М;
- увеличение коэффициента проводки маневрирующих целей на 30% за счет использования свёрточной нейронной сети.

Экономическая значимость полученных результатов

Предложенные новые технические решения позволяют улучшить интеллектуальную аппаратно-программную платформу радиолокатора без больших затрат на модернизацию или замену радиолокаторов.

Организационно-техническую основу управления войсками составляет система управления. Система управления должна обладать высокой боевой готовностью и обеспечивать возможность как централизованного, так и децентрализованного управления войсками. Обобщенная структурная схема традиционной системы управления войсками состоит из трех основных компонентов, которые взаимодействуют между собой для эффективного управления военными операциями: органы управления, пункты управления и средства управления. Их правильный выбор и настройка играют важную роль в обеспечении успешного функционирования системы управления в целом.

Структура модернизированной СУВ. Для соответствия современным условиям и геополитическим обстановкам в мире, необходимо оптимизировать средства управления как ключевой компонент системы управления, для этого предлагается вариант обобщенной структурной схемы СУВ с одним многофункциональным средством управления, вместо используемого в настоящее время набора технических систем, каждая из которых обладает лишь одним конкретным функциональным назначением.

Общий вид РЛС П-18М. В многофункциональное средство управления входят все три компонента, где основным составляющим является радиолокационная станция. Техническое решение заключается в том, что после модернизации, радиолокационная станция может выполнять функцию обнаружения цели, функцию радиосвязи, а также выполнять функцию АСУ без существенных аппаратных доработок в ИАПП радиолокатора. На примере доработок выбрали радиолокационную станцию метрового диапазона П-18М.

Основной составляющей РЛС П-18М является ИАПП. Новая концепция представляет собой ИАПП состоящую из компонентов: аппаратной части, программного обеспечения, интеллектуальных технологии, интерфейса и взаимодействие. Важными аспектами разработки такой платформы являются обеспечение надежности и безопасности данных, интеграция с другими информационными системами, а также разработка удобного пользовательского интерфейса, который позволит пользователям легко взаимодействовать с платформой и использовать ее функциональные возможности.

Структурная блок-схема ИАПП. Аппаратная часть ИАПП взаимодействует с программным обеспечением через драйверы и интерфейсы. Программное обеспечение управляет аппаратной частью, используя интеллектуальные технологии для обработки данных и принятия решений. Интерфейсы обеспечивают взаимодействие между различными компонентами платформы, а также с внешними устройствами или системами. Данные передаются от аппаратной части к программному обеспечению для обработки, затем результаты обработки возвращаются обратно для управления аппаратурой или другими действиями.

Блок-схема функционирования ИАПП, теньевая зона радиосвязи, помехи на экране ИКО АРМ. Программа начинается с инициализации аппаратно-программной части, за которой следует получение данных от внешних источников, после этого идёт этап обработки данных, на основании которой осуществляется принятие решений, в случае положительного результата, происходит отправка результатов обработки данных на внешние устройства, в противном случае - возвращение к этапу обработки данных, завершается алгоритм окончанием работы программы.

Идея использовать тропосферную связь для передачи информации об обнаруженных целях с помощью тропосферного канала радиосвязи появилась, когда на практике столкнулись с появлением помех у работающих РЛС П-18М от аналогичных радиолокаторов, удалённых на сотни километров от радиолокационных позиций, если они работали на одной частоте. При попытке выполнить расчёт электромагнитной совместимости, оказалось, что имеющиеся методики расчёта тропосферных каналов связи дают большие погрешности для диапазона частот ниже 300 МГц.

Была подана заявка на грантовое финансирование проекта по измерению затуханий радиосигналов в тропосфере для уточнения методик их расчёта в диапазоне рабочих частот РЛС П-18М. Финансирование было одобрено и в учебном центре Военно-инженерного института радиоэлектроники и связи (г. Алматы) был организован радиополигон на базе радиолокатора, используемого в учебных целях, способный принимать зондирующие сигналы от РЛС, находящихся в разных точках Казахстана.

Радиополигон, характеристики трасс. Было организовано наблюдение за работой радиолокаторов дежурного режима, работающих в разных регионах Казахстана в разное время суток и в различные сезоны в течение двух лет. Было написано специальное программное обеспечение для непрерывной регистрации радиолокационных сигналов и проведена калибровка приёмного устройства, так как серийные радиолокаторы не предназначены для проведения инструментальных измерений.

Радиополигон, трассы радиолиний. Для наблюдений использовались сигналы РЛС, удалённых от точки наблюдения на расстояния, соответствующие дальностям тактического использования РЛС П-18М, как на равнинной местности, так и скрытых горным массивом.

Наблюдения дали неожиданный результат, так как ранее подобных наблюдений за сигналами РЛС никто не производил. Принятый сигнал, имел множественные пики, свидетельствующие о том, что он не просто преломлялся в слоистой тропосфере, как считалось в теории, а рассеивается на множестве независимых друг относительно друга неоднородностей.

Проведённые наблюдения показали, что устойчивый приём сигналов от РЛС П-18М вне зависимости от метеоусловий, времени суток, сезона и профиля трассы, обеспечивался на дистанциях не менее 266 километров. Что является доказательством первого положения, вынесенного на защиту.

Был выполнен анализ построения хронизирующего устройства РЛС П-18М и разработано техническое решение, позволяющее осуществлять передачу данных с использованием серийного передающего устройства. Это техническое решение защищено патентом РК №7426 от 25.04.2022 года «РЛС кругового обзора метрового диапазона волн с функцией передачи данных».

Суть технического решения заключается в следующем. В РЛС П-18М высокочастотные зондирующие сигналы формируются в блоке синтезатора (СБС), после

модуляции сигналами, поступающими с блока хронизатора (СБХ), усиливаются и через антенный коммутатор (БЗАК) поступают в антенну. Принятые эхо-сигналы после приёмного устройства поступают на аппаратуру предварительной обработки радиолокационной информации (АПОРЛИ) где оцифровываются и объединяются с кодом угла от кодера. Первичная и вторичная обработка радиолокационной информации производится в автоматизированном рабочем месте оператора (АРМ), который передаёт формуляры обнаруженных целей в АСУ.

В соответствии с предложенным техническим решением дополнительно вводятся два модуля – кодер (для модуляции сигнала СБС информационной посылкой) и коммутатор, который переключает модулирующие радиолокационные сигналы СБХ на модулирующие сигналы кодера в то время, когда главный луч антенны РЛС направляется на азимут командного пункта. В этом случае передача данных в АСУ осуществляется по тропосферному каналу радиосвязи. После передачи данных переключатель восстанавливает соединение СБХ с СБС.

Антенная решетка. В качестве источников и приёмника исследуемых радиоволн применялись радиолокационные станции П-18М, работающие в частотном диапазоне (140 – 170) МГц. В ходе работ был зафиксирован уверенный приём сигналов от удалённых РЛС. Полученные данные позволяют сделать предположение о реальной возможности использовать серийные мобильные УКВ-радиостанции средней мощности для работы с тропосферными каналами связи. Основные преимущества зигзагообразной антенны перед антеннами типа «волновым канал» - их широкополосность. В пределах диапазона частот, на которые рассчитана зигзагообразная антенна, она обладает сравнительно постоянными параметрами, удовлетворительно согласуется с фидером, ее коэффициент усиления изменяется в небольшой степени. Возможность легкого изготовления без применения специального оборудования (могут быть выполнены из подручных материалов). На данное техническое решение подана заявка №2024/0399.2 о выдаче патента Республики Казахстан на изобретение.

Важным вопросом являлось – а может ли канал тропосферной связи обеспечить передачу информации о формулярах цели, обнаруженных за оборот антенны. Как видно из приведённой осциллограммы, пока на приёмную позицию не придут все отражения от атмосферных рассеивателей, то передавать следующий информационный импульс нельзя. В таблице, показанной на слайде показаны минимальные, максимальные и средние временные интервалы между первым и последним импульсом в принимаемых группах импульсов за всё время наблюдений. Максимальный временной интервал ограничивает скорость передачи данных по тропосферному каналу.

Анализ этой информации показывает, что на практике не наблюдались длины групп импульсов длиннее 166 микросекунд. Это означает, что если импульсы при передаче данных будут следовать с большим интервалом друг относительно друга, то многопутное распространение сигналов в тропосферном канале связи не будет приводить к наложению этих групп импульсов друг для друга. Эти измеренные времена доказывают второе положение, вынесенное на защиту, что скорость передачи данных мобильной РЛС П-18М по тропосферному каналу в метровом диапазоне волн не менее 6000 бод при использовании импульсной модуляции.

Так как для передачи одного формуляра цели в РЛС П-18М необходимо 24 бита информации (12 разрядов дистанция и 12 разрядов азимут), то для передачи одного формуляра необходимо 4 миллисекунд, что укладывается в такт зондирования.

Учитывая, что тропосферные каналы связи на практике практически невозможно подавить средствами радиоэлектронной борьбы, то использование тропосферного канала радиосвязи повысит надёжность передачи данных от РЛС на командный пункт.

Для повышения эффективности обнаружения малогабаритных БПЛА, имеется два пути. Первый путь связан с введением режима межлучевого когерентного накопления, который разрабатывался в СКТБ «Гранит», и с 2023 года уже внедрён в серийные изделия. Другой путь связан с достижением необходимой вероятности обнаружения целей при более низком пороге обнаружения без изменения вероятности ложной тревоги.

Используемый в РЛС П-18М параметрический обнаружитель со стабилизацией уровня ложной тревоги обеспечивает заданные параметры обнаружения при соотношении сигнал/шум 10 дБ. В то же время опытный оператор РЛС на аналоговых радиолокаторах П-18 обязан был обнаруживать цель при соотношении сигнал/шум 0,5 дБ. Разработка программного обнаружителя, способного надёжно обнаруживать цели при малых соотношениях сигнал/шум может поднять энергетический потенциал РЛС почти в 10 раз без переделки аппаратной части локатора.

Успехи, достигнутые при использовании нейронных сетей для распознавания изображений, позволили предположить, что можно использовать нейронную сеть и для распознавания радиолокационных изображений отметок от целей. Хотя на экране оператора зона обзора отображается в виде круга, в памяти компьютера эта зона обзора хранится в виде двумерной матрицы «азимут-дальность». У радиолокатора П-18М размерность матрицы - 2048 отсчётов азимута и 1200 отсчётов дальности.

Для проведения исследований была выбрана свёрточная нейронная сеть, используемая для распознавания изображений, с открытыми исходными кодами, размещённая на портале GitHub.

Для экспериментов по распознаванию радиолокационных изображений использовался фреймворк YOLOv5, включающий в себя 10 моделей нейронных сетей. Этот фреймворк был разработан на языке Python, специально для людей, не умеющих программировать, чтобы облегчить создание ими нейронных сетей для своих приложений. Фреймворк распространяется с открытыми исходными текстами программ. На графике приведены данные о точности распознавания и времени обработки одного изображения, полученные на базе данных 200000 изображений, подготовленной в качестве тестовой для международных соревнований по распознаванию образов 2017 года. Как видно из графиков, принципиальных различий по быстродействию и точности распознавания между различными моделями нейронных сетей из состава YOLOv5, нет. Была использована модель YOLOv5s.

Для работы нейронной сети был использован компьютер с процессором Intel Core i7-10700 CPU @ 2.90GHz, с оперативной памятью 32 Гб, под управлением операционной системой Windows 10 Корпоративная 64 бита.

В результате были сформированы эталонные образцы для обучения сети, созданы контрольные выборки для проверки вероятности обнаружения и ложной тревоги. Для выполнения работ по созданию обучающих выборок была использована база данных записей радиолокационной обстановки, накопленная СКТБ «Гранит» с 2008 по 2023 годы. Эти записи накапливались для совершенствования алгоритмов первичной и вторичной обработки РЛС П-18М. Среди этих записей имелись записи разных типов целей (гражданские самолёты, вертолёты, истребители, БПЛА, ракеты) сделанные при

различной помеховой обстановке, в разных метеорологических условиях и на разных радиолокационных позициях.

В первых экспериментах, хотя нейронная сеть и обнаруживала все цели, однако время обработки радиолокационной обстановки, полученной за один оборот радиолокатора, доходило до 20 минут. Такое время обработки делало невозможным применения нейронной сети в реальной РЛС. Необходимым условием для внедрения в практику было, чтобы сеть успевала обработать радиолокационное изображение за период вращения локатора. Потребовалось выявить этапы обработки, которые требовали большого времени и оптимизировать их, посредством применения более быстродействующих подпрограмм.

После оптимизации программы для обеспечения её скорости обработки. В мае 2022 года было достигнуто время обработки радиолокационной информации одного оборота за 10 секунд. Казалось, что этого могло бы быть достаточно, так как РЛС П-18М работает с периодами вращения 2, 4 или 6 оборотов в минуту, то есть минимальное время оборота равно 10 секундам, но на практике компьютеру нужно время и для других этапов обработки, а также отображения информации.

В результате дальнейшей оптимизации уже не заменой подпрограмм, а исходного кода конвертора формата изображения удалось достигнуть приемлемых для практики результатов. В таблице представлены времена после обработки 151 оборота одной из тестовых записей, в которых в зоне обнаружения были маневрирующие истребители.

Из приведённых данных видно, что скорость работы нейронной сети позволяет обрабатывать данные радиолокационной информации в реальном времени, что доказывает третье положение, вынесенное на защиту.

Из представленных данных видно, что коэффициент проводки у маневрирующих целей удалось увеличить на 30%, в то же время для прямолетящих целей такого выигрыша нет. Таким образом, для маневрирующих целей нейронная сеть показала существенное улучшение коэффициента проводки без ухудшения вероятности ложной тревоги, что доказывает четвертое положение, вынесенное на защиту.

В результате проведенных исследований сделаны следующие выводы:

Всего по теме диссертации было опубликовано более 10 работ, в том числе 1 патент на полезную модель и подана 1 заявка о выдаче патента Республики Казахстан на изобретение, что соответствует требованиям к диссертационной работе.

Таким образом, уважаемый Председатель и члены диссертационного совета, считаю доказанным, что применение интеллектуальной аппаратно-программной платформы РЛС П-18М для анализа радиолокационных сигналов и обработки радиолокационной информации делает возможным существенно повысить эффективность работы системы управления войсками.

Вопросы к докладчику и ответы.

Т.К. Мазакон: Уважаемый диссертант диссертация не содержит информацию для служебного пользования? Вы сказали, что есть разрешение от компании Гранит? Здесь управление войсками? В новизне сказали, что использовали нейронную сеть, раньше они не использовались ли? Про что Вы предлагаете? Если у Вас есть соответствующий документ, что в данной диссертации нет секретов? Вы же причём гражданин Казахстана? Из Казахстана приехали в Кыргызстан и рассказываете про систему войска. Какой-то документ должен быть?

К.Ж. Исабаев: Нет. Диссертационная работа не содержит секретных материалов. Система управления войсками общепринятые принципы, она есть в открытом доступе в интернете. Нейронная сеть – она только внедряется в радиолокационную станцию, но на данных моделях именно в метровых диапазонах радиоволн еще не внедрились. Если Вы говорите о экспертном заключении от секретного отдела, здесь информация, содержащиеся только, предназначенные для открытого доступа, а вся та информация, которая при исследовании проводилось при выигрыше грантового финансирования МОН РК она ограниченного распространения, т.е. в диссертационной работе не отражается. Я предоставлю экспертное заключение по ограниченному распространению по моей диссертационной работе.

М.Н. Калимолдаев: Создан алгоритм и программное обеспечение, где сверточную нейронную сеть можно использовать для первичной обработки в радиолокаторах с темпом обзора пространства менее 1 секунды. Можно подробнее рассказать о созданном алгоритме и программного обеспечения? У Вас есть математическая модель системы управления войсками или блок-схема? Оценка эффективности и точности работы интеллектуальной аппаратно-программной платформы показала, что обнаружила эффект многопутности РРВ при тропосферном и стратосферном распространении. Как Вы определили эффективность?

К.Ж. Исабаев: Сверточная нейронная сеть (Convolutional Neural Network, CNN) - это тип нейронной сети, который используется для анализа изображений. Основная идея CNN заключается в том, чтобы использовать сверточные слои для извлечения признаков из изображения, а затем последовательно применять пулинг слои для уменьшения размерности данных и упрощения модели. Алгоритм работы сверточной нейронной сети включает в себя следующие шаги: сверточный слой, функция активации, слой пулинга, полносвязные слои, функция потерь и оптимизатор. Для создания и обучения сверточной нейронной сети необходимо использовать специализированные библиотеки и фреймворки, такие как TensorFlow, PyTorch или Keras. В этих библиотеках уже реализованы необходимые функциональности для работы с CNN, что значительно vereinfacht процесс создания модели и ее обучения. Блок-схема есть, в докладе описывается. Эффективность определил с наличием четырех факторов, влияющих на потери сигнала на трассе, это потери в свободном пространстве из-за расстояния между станциями, дополнительные медианные потери из-за рассеивания сигнала на неоднородностях атмосферы и потери из-за замираний сигналов (быстрые и медленные).

Т.Ж. Мазиков: Вот Вы говорите, что тут нет секретности. Вы поместили на карте где находятся РЛС в Казахстане, это уже не открытый вопрос. Я очень сомневаюсь, что это все Вы сами сделали, это все написано не собственноручно. Вот мне скажите, как вы умудрились в этот РЛС вклиниться и оттуда брать информацию? Это все Вы сделали или сотрудники Гранит? Вы говорите раньше 20 минут работала, откуда взяли 10 секунд, за счет чего сократилась? На каком языке?

К.Ж. Исабаев: Я был главным научным сотрудником научно-исследовательской работы грантового финансирования, выигранного от Министерство науки и высшего образования с 2020 по 2022 годы. Все работы в диссертации сделаны лично мной, по созданию обучающих выборок была использована база данных записей радиолокационной обстановки, накопленная СКТБ «Гранит» с 2008 по 2023 годы. Эти записи накапливались для совершенствования алгоритмов первичной и вторичной обработки РЛС П-18М. В первых экспериментах, хотя нейронная сеть и обнаруживала все

цели, однако время обработки радиолокационной обстановки, полученной за один оборот радиолокатора, доходило до 20 минут. После оптимизации программы для обеспечения её скорости обработки, в мае 2022 года было достигнуто время обработки радиолокационной информации одного оборота за 10 секунд. Для экспериментов по распознаванию радиолокационных изображений использовался фреймворк YOLOv5, размещённая на портале GitHub.

Ж.Т. Галбаев: Вы предлагаете метод обработки нейронных сетей путем свертывания да в чем сущность и на сколько она снижает порог обнаружения? Вы разработали ИАПП для проведения анализа радиолокационных сигналов, в чем заключается интеллектуальность и на сколько она эффективна? Ваша антенна, в чем отличие это усиливает сигнал радиолокатора или это применимо для других целей? Коэффициент усиления от скольких до скольких увеличивается за счет применения? Обработка информации в равнинных местностях от горных местностей, они отличаются в результате?

К.Ж. Исабаев: Сверточная нейронная сеть является видом нейронной сети, специализированной на анализе изображений. Ее сущность заключается в использовании сверточных слоев для автоматического извлечения признаков из изображения, а затем передаче их на полносвязанный слой для классификации. Сверточная нейронная сеть значительно снижает порог обнаружения благодаря следующим основным причинам: Использование сверточных слоев позволяет сети автоматически выделять важные признаки изображения, такие как края, текстуры, формы и другие характеристики, что упрощает процесс распознавания объектов. Параметры сверточных сетей обучаются на большом объеме данных, что позволяет модели выявлять закономерности и обобщать свои знания для классификации новых изображений. Использование пулинга и субдискретизации позволяет уменьшить размерность данных, упрощая процесс обработки и улучшая производительность модели. Применение активационных функций и уровней регуляризации помогает улучшить обобщающую способность модели и уменьшить переобучение. Таким образом, сверточная нейронная сеть существенно снижает порог обнаружения за счет своей способности эффективного извлечения и классификации признаков изображений. Интеллектуальность заключается в автоматическом определении изображений и выдачи о ее характеристики, обнаружение малогабаритных БПЛА, эффективность она показала на практике, при введении в обнаружитель и увеличении коэффициента проводки маневрирующих целей на 30%. Это антенна разработана в ходе научно-исследовательской работы, имеет аналогичный размер с антенной РЛС П-18М, но в виде зигзагообразной антенной решетки, достоинством является их широкополосность, постоянными параметрами, а коэффициент усиления изменяется в небольшой степени и остается как у антенны РЛС П-18М 250-300. Обработка информации не отличаются друг от друга.

К.Б. Бакиров: Скажите пожалуйста в Вашем методе кроме программы что еще нового разработали именно Вами?

К.Ж. Исабаев: Исследован и предложен метод обработки радиолокационной информации с использованием свёрточной нейронной сети, позволяющий снизить порог обнаружения РЛС, разработан способ передачи цифровых данных в радиолокационном сигнале радиолокатора П-18М, проведены экспериментальные исследования

тропосферного РРВ, как на равнинных, так и на горных трассах в диапазоне УКВ для различных сезонов и времен суток, внедрен обнаружитель на базе нейронной сети, где можно осуществить без аппаратных переделок в РЛС П-18М, разработан прототип нового полигона для радиофизических исследований на базе ИАПП радиолокатора Военно-инженерного института радиоэлектроники и связи.

А.Б. Бакасова: Скажите пожалуйста здесь показан малогабаритный БПЛА, существующий РЛС обнаруживает или после Вашей разработки с помощью нейронных сетей или Ваша разработка дала такой шанс, что можно обнаружить малогабаритный БПЛА?

К.Ж. Исабаев: Разработка программного обнаружителя, способного надёжно обнаруживать цели при малых соотношениях сигнал/шум может поднять энергетический потенциал РЛС почти в 10 раз без переделки аппаратной части локатора, т.е. повышается эффективность обнаружения малогабаритных БПЛА.

А.Д. Сатыбаев: У меня вопрос по блок-схеме – вот обработка данных потом принято решение. Какими методами Вы принимаете решение, как принимаете решение? Если оператор ошибиться, то Ваши результаты не верные? Это зависит от человека или заложена программа? Проведены экспериментальные исследования тропосферного РРВ, как на равнинных, так и на горных трассах в диапазоне УКВ для различных сезонов и времен суток. В чем заключается эффективность экспериментальных данных, обрабатывали и какие анализы Вы сделали? Тут надо дописать анализы после экспериментальных данных?

К.Ж. Исабаев: Обработка данных производит ИАПП, оператор задает конечный результат, удовлетворяющий его вопросы. В программу заложена. Да, на практике применили, что показала свою эффективность при обнаружении малогабаритных БПЛА и увеличили дальность радиосвязи.

Н.М. Лыченко. Если нет больше вопросов слово предоставляется научному руководителю д.т.н., профессору Брякину И.В.

И.В. Брякин: Работа отвечает абсолютно прикладная значимость. Работа сделана колоссально она сделана изящна в каком смысле, что тропосферная связь известна, но кажется эффект передачи информационных составляющих за счет длинноволновых это конечно оригинальное предложение. Работа посвящена вопросам повышения эффективности функционирования системы управления войсками, ориентированной на успешную и оперативную координацию всех военных операций, которые имеют потенциальную возможность реализации в обозримой перспективе.

Оптимизация средств управления, как одного из основных компонентов системы управления войсками, в контексте современного развития технологий, несомненно, является важнейшей актуальной задачей для улучшения технических и эксплуатационных характеристик этой системы, за счет процессов цифровизации, использования алгоритмов машинного обучения, искусственного интеллекта и алгоритмической обработки больших данных.

Научная новизна заключается в следующем: 1 □ получены новые результаты экспериментальных исследований тропосферного распространения радиоволн, как на равнинных, так и на горных трассах в диапазоне УКВ для различных сезонов и времен суток; 2 □ разработан прототип нового полигона для радиофизических исследований на базе интеллектуальной аппаратно-программной платформы радиолокатора Военно-инженерного института радиоэлектроники и связи; 3 □ обоснован новый физический

эффект в виде многопутности распространения радиоволн при тропосферном и стратосферном распространении; 4 – предложена новая концепция построения интеллектуальной аппаратно-программной платформы для многофункционального средства управления; 5□□ предложен способ передачи цифровых данных в радиолокационном сигнале интеллектуальной аппаратно-программной платформы радиолокатора; 6 – разработан новый метод обработки радиолокационной информации с использованием сверточной нейронной сети, позволяющий снизить порог обнаружения в интеллектуальной аппаратно-программной платформе радиолокатора.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации и соответствует предъявляемым требованиям, как по структуре, так и по уровню изложения.

Особых замечаний к оформлению диссертационной работы и к уровню изложения научного материала нет. Следует только отметить, что в четвертой главе диссертации следовало бы дать более развернутое изложение особенностей применения сверточной нейронной сети для обнаружения целей при малых соотношениях сигнал/шум.

В целом, несмотря на сделанное замечание, следует отметить хороший научно-теоретический уровень излагаемого материала, который свидетельствует о профессиональной зрелости соискателя и его достаточно высокой научно-технической квалификации. Полученные соискателем результаты являются весомым вкладом в теорию и практику научно-исследовательских работ по созданию современных систем управления войсками.

Считаю, что диссертационная работа Исабаева К.Ж. полностью удовлетворяет требованиям ВАК КР, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является полноценной научно-исследовательской работой и соответствует специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», и рекомендую на стадию защиты.

Н.М. Лыченко: Спасибо Иван Васильевич. Переходим к обсуждению доклада. Кто хочет выступить?

ВЫСТУПЛЕНИЯ

Ж.Т. Галбаев: Диссертантом предложен новый метод обработки радиосигналов, модернизирован способ передачи данных радиолокаторами, созданы соответствующий алгоритм, программное обеспечение, проведены экспериментальные исследования, данные показали эффективности результатов, имеет чисто технический прогресс и самое главное данное исследование во многих войсках востребовано и имеет большое прикладное значение, в связи с этим я поддерживаю эту работу.

К.Б. Бакиров: Построен очень лаконично с хорошими экспериментами и результатами, все ясно, потому что вот этот эксперимент слышал по докладу, что впервые сделано, новое, новизну выдал радиолокационные исследования и программы я поддерживаю данную работу к защите.

Н.С. Заурбеков: Конечно работа очень интересная, но все-таки необходимо взять какую-то справку о не секретности из Казахстанских служб, а также я предлагаю назначить оппонентом Калимолдаева М.Н. он имеет много научных трудов.

М.Н. Калимолдаев: Работу я по автореферату посмотрел возникают много вопросов по этой работе, его вклады и детально не вникал, но хочу сказать одно. Я три года работал первым заместителем председателя ВАК вот такие работы сам Мазакон Т.Ж. защищал докторскую диссертацию, его работа была для служебного пользования, мы

такие работы относили к категории для служебного пользования, почему, потому что такие работы я вижу, что результаты напечатаны в российских журналах, чтобы не возникли вопросы нужно все проверить. По автореферату работу можно допустить к защите.

Т.Ж. Мазаков: В этой диссертации четко надо выделить доля его вклада и вклад его коллег.

К.А. Пресняков: Я хотел сказать, хватит приbedняться, что я имею в виду, то, что работа сделана титаническая в частности Иван Васильевичем этого отрицать никак нельзя, конечно можно было подойти халтурно вот как некоторые делают собрать все в кучу, а потом посмотрим, что получится. У Иван Васильевича есть похвальное свойство – хваткость, избирательная хватка. Вы четко ухватили достоинства и потенциал. Работа отличная на мой взгляд и я поддерживаю к защите.

М.Т. Дженалиев: Два момента это какой-то документ от нашего Комитета, что нет секретности. При изложении материала надо подчеркивать долю диссертанта, потому что все публикации я смотрю соавторов очень много. Огромная работа я За то, что вооруженные силы Казахстана были на самом передовом уровне лучше всех и даже Киргизии. Данную работу я поддерживаю.

Н.М. Лыченко: Если нет больше желающих выступать, следующий наш вопрос – это заключение экспертной комиссии. Слово первому эксперту Галбаеву Жалалидин Токтобаевичу.

Ж.Т. Галбаев: Уважаемые коллеги я зачитаю свое заключение. Представленная кандидатская диссертация соответствует профилю диссертационного совета. Цель данной работы достигнута, поставленные задачи несколько решены, актуальность не вызывает сомнения, что касается новизна полученных результатов соответствует современной науке, обоснован новый физический эффект в виде многопутности распространение радиоволн (РРВ) при тропосферном и стратосферном распространении, достоверности научных результатов: полученные, автором результаты при исследовании достоверны. Теоретическое значение работы. Полученные результаты метода обработки радиолокационной информации с использованием свёрточной нейронной сети позволили снизить порог обнаружения РЛС. Практическая значимость полученных результатов мною перечислены. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Принципиальных замечаний, могу озвучить свои замечания:

1. Отсутствуют графические материалы полученных результатов обработки радиолокационных изображений.

2. В диссертационной работе очень мало использованы аналитические методы решения задач.

Ж.Т. Галбаев: Предлагаю по кандидатской диссертации назначить в качестве ведущей организации – Казахского Национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева, института автоматизации и информационных технологий, кафедру электроники, телекоммуникации и космических технологий (г. Алматы, Республика Казахстан), где работают доктора технических наук по специальности 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Первым официальным оппонентом - доктора технических наук, профессора энергетического института Кыргызского Государственного технического университета им. И. Раззакова Галбаева Жалалидин Токтобаевича. Если совет не против, то я согласен быть первым оппонентом.

Вторым официальным оппонентом – доктора технических наук, доцента

Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта Ибрагимова Озода Абдулхаковна (специальность по автореферату 05.01.06 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления), который имеет труды близкие к проблеме исследования.

Таким образом диссертационная работа соответствует шифру 05.13.05 - элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, в ней в достаточном объеме изложены результаты по повышению эффективности работы системы управления войсками за счет разработки и применения интеллектуальной аппаратно-программной платформы. Рекомендую диссертационную работу рассмотреть на заседание диссертационного совета.

В заключении диссертация выполнена на актуальную тему, поставленные цели и задачи решены. Рассмотрев представленные документы, рекомендую диссертационному совету Д 05.23.686 при Институте машиноведения и автоматики Национальной академии наук Кыргызской Республики и КРСУ им. Б. Н. Ельцина принять диссертацию к защите Исабаева Кайыртай Жулдызтаевича на тему: «Исследование и разработка интеллектуальной аппаратно-программной платформы анализа радиолокационных сигналов и обработки радиолокационной информации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Исабаев К.Ж. Графический материал имеется в диссертационной работе на странице 71, принятый сигнал РЛС П-18М учебного центра от РЛС П-18М контрольного пункта №1. А также указаны на страницах 69 и 70.

Исабаев К.Ж. В диссертационной работе на страницах с 66 по 101 сделан аналитические методы решения задач, где использованы эмпирические и полуэмпирические методы расчета.

Н.М. Лыченко: Слово предоставляется второму эксперту Бакасовой Айне Бакасовне.

А.Б. Бакасова: Представленная кандидатская диссертация соответствует профилю диссертационного совета и в полной мере отвечает паспорту специальности 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Есть замечания по диссертации, но могу сказать незначительные и не имеет принципиальных значений.

1. Не указаны входные вектора на нейронной сети в обучении.
2. На выходе индикатора кругового обзора радиолокатора не отличить ложную цель от истинной цели.

А.Б. Бакасова: Заключение, в данной диссертационной работе самое главное, он расширил функциональные возможности радиостанции с радиолокатора сделал центр управления. Фактический средство управление - разветвлённая структура, три функционала висят, он, адаптировав тропосферные связи в радиостанцию и внося некоторые изменения в алгоритме заменил все три блока одним модулем, который является радиостанцией. Фактический он упростил систему управления повысил его эффективность, надежность, потому что тропосферную связь длинноволновую ее невозможно упростить (погасить). Используя свойства тропосферной связи и изменив в некотором смысле внося корректировку в аппаратной программе, значит средства, в которой находятся в формате этой радиостанции он обеспечил новый принцип управление войсками, это имеет большие колоссальные перспективы.

Предлагаю по кандидатской диссертации назначить в качестве ведущей организации – Казахского Национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева, института автоматики и информационных технологий, кафедру электроники, телекоммуникации и космических технологий (г. Алматы, Республика Казахстан), где работают доктора технических наук по специальности 05.13.05 – элементы

и устройства вычислительной техники и систем управления.

Первым официальным оппонентом предлагаю - доктора технических наук, профессора энергетического института Кыргызского Государственного технического университета им. И. Раззакова Галбаева Жалалидин Токтобаевича. (специальность по автореферату 05.01.06 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления), который имеет труды близкие к проблеме исследования.

Вторым официальным оппонентом предлагаю – доктора технических наук, доцента Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта Ибрагимова Озода Абдулхаковна (специальность по автореферату 05.01.06 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления), который имеет труды близкие к проблеме исследования.

В заключений, рассмотрев представленные документы, рекомендует диссертационному совету Д 05.23.686 при Институте машиноведения и автоматике Национальной академии наук Кыргызской Республики и КРСУ им. Б. Н. Ельцина принять диссертацию к защите Исабаева Кайыртай Жулдызтаевича на тему: «Исследование и разработка интеллектуальной аппаратно-программной платформы анализа радиолокационных сигналов и обработки радиолокационной информации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Исабаев К.Ж. Входными векторами являлись принятые сигналы, от радиолокационных станции и их обработка.

Исабаев К.Ж. Ложная цель была отфильтрована, на индикаторе кругового обзора видно только истинные цели.

Лыченко Н.М. третий эксперт у нас д.т.н., профессор Исмаилов Б.И., в данный момент он отсутствует по положительной причине ученый секретарь зачитает его экспертное заключение.

Керимкулова Г.К. Заключение д.т.н., профессора Исмаилова Б.И., по диссертации Исабаева К.Ж. на тему «Исследование и разработка интеллектуальной аппаратно-программной платформы анализа радиолокационных сигналов и обработки радиолокационной информации». Заключение оформлено по форме и содержит: соответствие работы специальности, по которой дано право диссертационному совету принимать диссертации к защите; цель; научные результаты; практическая значимость полученных результатов; соответствие автореферата содержанию диссертации далее имеются замечания. В ходе рецензирования работы принципиальных замечаний не было.

Однако возникли следующие вопросы:

1. Как построена топология сверточной нейронной сети?

Исабаев К.Ж. Топология сверточной нейронной сети построена из нескольких слоев – это сверточный слой, слой пуллинга, полносвязные слои, выходной слои. Каждый слои применяет нелинейную функцию активации, для передачи выходных данных в следующий слой.

2. В научной новизне получены новые результаты экспериментальных исследований тропосферного распространения радиоволн. До этого дня никто этим не занимался?

Исабаев К.Ж. В 1943 году в парке культуры и отдыха им. М. Горького в двухэтажном здании была установлена первая в Казахстане ионосферная станция, для составления прогнозов распространения радиоволн с целью обеспечения бесперебойной радиосвязи в Красной Армии. В 1961 году Академией наук Казахстана принято решение о

начале исследований распространения радиоволн в Казахстане. А радиофизические исследования в Казахстане начались с 2020 года, после выигрыша грантового финансирования от Министерства науки и высшего образования Казахстана.

Керимкулова Г.К.: Предложения:

Эксперт диссертационного совета предлагает по кандидатской диссертации назначить:

в качестве ведущей организации – Казахского Национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева, института автоматики и информационных технологий, кафедру электроники, телекоммуникации и космических технологий (г. Алматы, Республика Казахстан), где работают доктора технических наук по специальности 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

первым официальным оппонентом - доктора технических наук, профессора энергетического института Кыргызского Государственного технического университета им. И. Раззакова Галбаева Жалалидин Токтобаевича (специальность по автореферату 05.13.05 - элементы и устройства вычислительной техники и систем управления), который имеет труды близкие к проблеме исследования.

вторым официальным оппонентом – доктора технических наук, профессора Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта Ибрагимов Озода Абдулхаковна (специальность по автореферату 05.01.06 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления), который имеет труды близкие к проблеме исследования.

Работа соответствует шифру 05.13.05 - элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, в ней в достаточном объеме изложены результаты по повышению эффективности работы системы управления войсками за счет разработки и применения интеллектуальной аппаратно-программной платформы. Рекомендую диссертационную работу рассмотреть на заседании диссертационного совета. Диссертация выполнена на актуальную тему, поставленные цели и задачи решены, выполнена на современном методологическом уровне. Полученные соискателем результаты характеризуются внутренним единством и наличием взаимосвязей между главами диссертации.

Эксперт, рассмотрев представленные документы, рекомендует диссертационному совету Д 05.23.686 при Институте машиноведения и автоматики Национальной академии наук Кыргызской Республики и КРСУ им. Б. Н. Ельцина принять диссертацию к защите Исабаева Кайыртай Жулдызтаевича на тему: «Исследование и разработка интеллектуальной аппаратно-программной платформы анализа радиолокационных сигналов и обработки радиолокационной информации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Лыченко Н.М.: Ставлю на голосование принять следующее постановление

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

1. Утвердить Заключение экспертной комиссии по рассмотрению диссертационной работы.

Результаты голосования – 10 - «за», 1 - «воздержался», 1 – «против».

2. Допустить к защите диссертационную работу Исабаева Кайыртай Жулдызтаевича на тему «Исследование и разработка интеллектуальной аппаратно-программной платформы анализа радиолокационных сигналов и обработки радиолокационной информации», представленной на соискание ученой степени кандидата

технических наук по специальности: 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Результаты голосования – 10 - «за», 1 - «воздержался», 1 – «против».

3. Утвердить оппонентов:

Галбаева Жалалидин Токтобаевича, д.т.н., профессора, (г. Бишкек, Кыргызская Республика);

Результаты голосования – 10 - «за», 2 - «воздержался».

Ибрагимову Озода Абдулхаковну, д.т.н., доцента, (г. Ташкент, Республика Узбекистан)

Результаты голосования – 9 - «за», 3 - «воздержался».

4. Ведущую организацию:

, кафедру электроники, телекоммуникации и космических технологий Института автоматике и информационных технологий Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева.

Результаты голосования – 10 - «за», 2 - «воздержался».

5. Установить дату заседания диссертационного совета по защите диссертации Исабаева Кайыртай Жулдызтаевича на тему «Исследование и разработка интеллектуальной аппаратно-программной платформы анализа радиолокационных сигналов и обработки радиолокационной информации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.13.05 — элементы и устройства вычислительной техники и систем управления 21 июня 2024 года в 13:00 часов.

Результаты голосования – 10 - «за», 1 - «воздержался».

Председатель Диссертационного
совета Д 05.23.686, д.т.н., профессор



Лыченко Н.М.

Ученый секретарь Диссертационного
совета Д 05.23.686, к.ф.-м.н., с.н.с.

Керимкулова Г.К.

ЯВОЧНЫЙ ЛИСТ

членов диссертационного совета Д 05.23.686 при Институте машиноведения и автоматики Национальной академии наук Кыргызской Республики и Кыргызско-Российском славянском университете им. Б.Н. Ельцина к заседанию диссертационного совета от 10 мая 2024 года, протокол № 6 по предзащите диссертации Исабаева Кайыртай Жулдызтаевича на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

№	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности	Явка на заседание (подпись)	Участие в голосовании (подпись)
1.	Бакасова Айна Бакасовна	д.т.н., 05.13.01, 05.13.05		
2.	Бакиров Калыс Берикович	д.т.н., 05.13.18		
3.	Брякин Иван Васильевич	д.т.н., 05.13.05, 05.13.01		
4.	Галбаев Жалалидин Токтобаевич	д.т.н., 05.13.05, 05.13.18		
5.	Дженалиев Мувашархан Танабаевич	д.ф.-м.н., 05.13.18	<i>Дженалиев Т. Калыс -</i>	
6.	Заурбеков Нургали Сабырович	д.т.н., 05.13.18	<i>Заурбеков Н. Калыс -</i>	
7.	Исмаилов Бактыбек Искакович (зам.пред.)	д.т.н. 05.13.01, 05.13.18	<i>на командировке Т. Калыс -</i>	
8.	Калимолдаев Максат Нурадилович	д.ф.-м.н., 05.13.18	<i>Калимолдаев Т. Калыс -</i>	
9.	Керимбеков Акылбек	д.ф.-м.н., 05.13.18	<i>Керимбеков Т. Калыс -</i>	
10.	Керимкулова Гулсаат Кубатбековна (ученый секретарь)	к.ф.-м.н., 05.13.18	<i>Т. Калыс -</i>	
11.	Лыченко Наталья Михайловна (председатель)	д.т.н., 05.13.01		
12.	Мазаков Талгат Жакупович	д.ф.-м.н., 05.13.18	<i>Мазаков Т. Калыс -</i>	
13.	Миркин Евгений Леонидович	д.т.н., 05.13.01, 05.13.05	<i>Миркин Т. Калыс -</i>	
14.	Пресняков Константин Александрович	д.т.н., 05.13.05, 05.13.18		
15.	Сатыбаев Абдуганы Джунусович	д.ф.-м.н., 05.13.18		

Ученый секретарь
диссертационного совета



Т. Калыс
10.05.2024

Керимкулова Г.К.