



Заявка №: C1-57455

Подана:

## ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЕКТЕ

### Тематика проекта

**Название проекта:**

Разработка программного комплекса на основе алгоритмов искусственного интеллекта для анализа эндоскопических изображений пищеварительной системы

**Название проекта на английском языке:**

Development of decision support system based on artificial intelligence algorithms in endoscopy of digestive system

Название НИОКР 1-ого года (этапа) реализации проекта	РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ПАТОЛОГИЙ НА ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ
Название НИОКР 2-ого года (этапа) реализации проекта	РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ КЛАССИФИКАЦИИ ПАТОЛОГИЙ НА ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ
Название НИОКР 3-ого года (этапа) реализации проекта	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ И РЕШЕНИЙ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДЛЯ РАБОТЫ ВРАЧА-ЭНДОСКОПИСТА

**Направление программы СТАРТ:**

Н1. Цифровые технологии

**Фокусная тематика:**

Системы поддержки принятия врачебных решений

**Приоритетные направления:**

Информационно-телекоммуникационные системы

**Критическая технология федерального уровня:**

Технологии информационных, управляющих, навигационных систем

**Запрашиваемая сумма гранта (рублей):**

2 000 000

**Срок выполнения работ по 1-ому этапу проекта:**

12

**Ключевые слова:**

искусственный интеллект, компьютерное зрение, машинное обучение, анализ эндоскопических изображений

**Участие предприятия или его сотрудников в других проектах, которые финансировались Фондом:**

Лебедев Антон Александрович в 2014-2015 гг. являлся победителем конкурса УМНИК. Договор №4217ГУ1/2014 (код 0008179), конкурс УМНИК 1-14-11 "Разработка программно-аппаратного комплекса для анализа видеоданных с купольных камер".  
Договор №10240ГУ2/2015 (код 0020790), конкурс УМНИК 2-15-12 "Разработка программно-аппаратного комплекса для анализа видеоданных с купольных камер".

Степанова (Кисельникова) Ольга Анатольевна в 2013-2015 гг. являлась победительницей конкурса УМНИК

Договор №508ГУ1/2013, дата подписания 15.11.2013

"Разработка дисконтной системы для вендинг-бизнеса на основе алгоритма локального распознавания"

**Получение бюджетного финансирования по аналогичной тематике ранее из других источников:**

нет

## ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЯВИТЕЛЕ И УЧАСТНИКАХ ПРОЕКТА

### Основные сведения

**Руководитель (потенциальный) предприятия:**

Лебедев Антон Александрович

**Научный руководитель:**

Кашин Сергей Владимирович

**Участие в конкурсном отборе:**

Готовы приехать в Москву на презентацию проекта

**Другие члены проектной команды:**

Сотрудник	Должность	Роль в проекте	Опыт и квалификация
Казина Евгения Максимовна	Коммерческий директор	Маркетинг. Продажи. Привлечение инвестиций	5-летний опыт работы в отделе продаж крупных российских компаний. Опыт работы с зарубежными партнерами. Опыт разработки и продаж инновационных продуктов
Куваев Роман Олегович	Специалист по внедрению	Пилотные испытания разработанного ПО в ряде эндоскопических отделений	Эксперт в области эндоскопии пищеварительной системы. Более 10 лет работы в эндоскопическом отделении Ярославской онкологической больницы. Опыт внедрения информационных технологий в практику врача-эндоскописта
Боевской Максим	Инженер-эксперт	Разработка коммерческой	3 года разработки программного обеспечения в компании "Диасофт".

Евгеньевич		версии программного обеспечения	Участие в ключевых проектах для банков из первой десятки.
Кашин Сергей Владимирович	Зам. директора по исследованиям	Научное руководство	Эксперт в области эндоскопии пищеварительной системы. Более 10 лет работы в эндоскопическом отделении Ярославской онкологической больницы. Опыт внедрения информационных технологий в практику врача- эндоскописта
Степанова Ольга Анатольевна	Разработчик алгоритмов компьютерного зрения	Исследование алгоритмов на основе сверточных нейронных сетей	Закончила аспирантуру ЯрГУ в 2018 году. 6 лет занималась исследованиями в области систем искусственного интеллекта. В 2019 году планируется защита кандидатской диссертации. Опыт проведения исследований по программе УМНИК

**Опыт команды в реализации подобных проектов:**

Двое участников проектной команды (Лебедев Антон Александрович, Степанова Ольга Анатольевна) имеют опыт участия в программе УМНИК. Они также участвовали в качестве исполнителей при выполнении НИР по грантам РФФИ. Лебедев А.А. имеет опыт администрирования высокопроизводительного сервера с GPU для выполнения процедур тестирования и обучения сверточных нейронных сетей.

Куваев Роман Олегович и Кашин Сергей Владимирович имеют большой опыт внедрения информационных технологий в медицинской практике, наработанные связи в области эндоскопии в России и ряде зарубежных стран (Великобритания, Япония, Австрия).

Научный руководитель проекта - Кашин С.В. внедрил в практику отделения эндоскопии ЯОКОБ хромоскопию, узкоспектральную и увеличительную эндоскопию, эндосонографию и методики резекции патологических участков слизистой оболочки ЖКТ, что позволило значительно увеличить число вновь выявленных ранних раков желудочно-кишечного тракта в онкологической клинике.

На уровне мировых стандартов в эндоскопическом отделении проводятся диагностические исследования пищеварительной и бронхолегочной систем, включая эзофагогастродуоденоскопию, колоноскопию и бронхоскопию с применением с применением хромоэндоскопии и NBI (узкоспектральной эндоскопии), эндоскопическая ультрасонография, увеличительная эндоскопия, узкоспектральная эндоскопия, хромоэндоскопия, эндоскопическая ретроградная холангиопанкреатикография. В подразделении выполняются эндоскопическая резекция слизистой оболочки, диссекция в подслизистом слое, эндоскопическое стентирование, баллонная дилатация стриктур пищеварительного тракта и панкреатобилиарной системы, остановка кровотечений.

Кашин С.В. являлся одним из организаторов проведения четырех Международных Интернет-конференций «Современные достижения в эндоскопии пищеварительной системы» под эгидой Национальной школы гастроэнтерологов, гепатологов и Российского общества эндоскопии пищеварительной.

Организатор 4-х курсов «живой эндоскопии» под эгидой Российского эндоскопического

общества, проведенных в г. Ярославле.

Один из организаторов первого в России Европейского конгресса «Высокие технологии в диагностике и лечении заболеваний пищеварительной системы» с курсом «живой» эндоскопии.

Боевской Максим Евгеньевич и Казина Евгения Максимовна имеют опыт разработки, маркетинга и продаж программного обеспечения для крупных российских заказчиков. Казина Е.М. имеет опыт продуктового менеджмента веб сервисов и мобильных приложений с большим трафиком, опыт привлечения инвестиций в стартап, опыт работы за границей.

***Планируемая организационная структура управления. Схема привлечения новых специалистов:***

В планируемом к созданию малом инновационном предприятии руководство исследованиями будет выполняться научным руководителем Кашиным Сергеем Владимировичем и Степановой Ольгой Анатольевной. Лебедев Антон Александрович и Боевской Максим Евгеньевич ответственны за выпуск коммерческой версии программного обеспечения. За привлечение инвестиций, внедрение и продажи продукта на первых этапах будут отвечать Куваев Роман Олегович и Казина Евгения Максимовна. Далее планируется создание специализированного отдела продаж. Поиск новых специалистов планируется из выпускников Ярославского государственного университета (разработка ПО) и Ярославского медицинского университета (внедрение, продажи).

**Для исполнителей по программе УМНИК**

***Номер контракта и тема проекта по I-му году программы «УМНИК»:***

Лебедев Антон Александрович в 2014-2015 гг. являлся победителем конкурса УМНИК.

Договор №4217ГУ1/2014 (код 0008179), конкурс УМНИК 1-14-11 "Разработка программно-аппаратного комплекса для анализа видеоданных с купольных камер".

Договор №10240ГУ2/2015 (код 0020790), конкурс УМНИК 2-15-12 "Разработка программно-аппаратного комплекса для анализа видеоданных с купольных камер".

Степанова (Кисельникова) Ольга Анатольевна в 2013-2015 гг. являлась победительницей конкурса УМНИК

Договор №508ГУ1/2013, дата подписания 15.11.2013

"Разработка дисконтной системы для вендинг-бизнеса на основе алгоритма локального распознавания"

**Информация о заявителе**

***Заявитель:***

Лебедев Антон Александрович

***Дата регистрации предприятия:***

***Регион:***

Ярославль

***Выручка от реализации товаров (работ, услуг) за последний календарный год (рублей):***

0

С1-57455:

**Среднесписочная численность сотрудников за последний календарный год, человек:**

0

**Область деятельности предприятия:**

**Перспективный рынок НТИ:**

HealthNet - рынок систем, базирующихся на достижениях в науках о жизни и обеспечивающих рост продолжительности жизни, а также получение новых эффективных средств лечения тяжелых заболеваний

**Направление в рамках Стратегии НТР:**

**Участие в инновационном территориальном кластере:**

**Участие в технологической платформе:**

**Участник проекта «Сколково»:**

### Учредители

№ п/п	Учредитель	Доля
1	Лебедев Антон Александрович	100,00

**Создано в соответствии с 217-ФЗ:**

Нет

**Учредитель 217-ФЗ:**

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

### Аннотация проекта

Основная цель проекта – разработка программно-аппаратного комплекса для хранения, передачи и обработки медицинских эндоскопических изображений пищеварительного тракта с модулем поддержки принятия решения врача, обеспечивающего современный медицинский документооборот, оптимизирующего временные затраты медицинского персонала на ведение медицинской документации, снижающего риск диагностических ошибок и повышающего контроль качества выполняемых исследований и операций.

Проект направлен на разработку новой медицинской информационной системы в эндоскопии, наиболее эффективно развивающейся отрасли современной медицины. Система служит частью современной электронной

медицинской карты пациента и дополняется важнейшим модулем поддержки принятия решения врача при использовании новых оптических технологий визуализации предраковых процессов в пищеварительном тракте и ранних форм рака. Визуальный анализ эндоскопических изображений во многих случаях будет заменять работу врача – морфолога.

Экспериментальные исследования будут проводиться с использованием суперкомпьютера NVIDIA DGX-1 VOLTA, что позволит проводить глубокое обучение современных моделей сверточных нейронных сетей VGG, U-Net, ResNet для детектирования, сегментации и распознавания патологий на эндоскопических изображениях.

Выполнение проекта позволит повысить качество оказания медицинских услуг путем:

- **Повышение точности диагноза.** Автоматизированная эндоскопическая система поддержки принятия решений позволит добиться полной объективности и стандартизации диагностики, обеспечивают постоянный уровень концентрации внимания, нивелируя «человеческий» фактора, даже в при недостаточном опыте специалиста.
- **Сокращение времени и расходов.** С помощью автоматизированных эндоскопических систем можно будет быстро и эффективно определить патологические участки - «области интереса» врача для последующего выполнения специальных анализов (биопсии).
- **Обучение специалистов.** Созданная в ходе выполнения проекта размеченная база данных изображений является объективным обучающим ресурсом для молодых врачей, позволяющим совершенствовать навыки также и опытным специалистам.

## **Научно-техническая часть проекта**

### ***Научная новизна предлагаемых в инновационном проекте решений:***

Создаваемая система поддержки принятия решения для ранней диагностики рака желудка будет удовлетворять следующим критериям:

- Допустимая чувствительность построенного классификатора (число правильно классифицированных объектов класса деленное на общее число объектов, которые были классифицированы в данный класс) в среднем для всех классов должна быть не менее 90%.
- Допустимая точность построенного классификатора (число правильно классифицированных объектов класса деленное на общее число объектов в данном классе) в среднем для всех классов должна быть не менее 90%.
- Программа классификации должна обрабатывать изображение 624x528 пикселей на вычислительном кластере не более чем 15 секунд (без учёта времени передачи изображений по сети).
- Алгоритмы обучения классификатора должны принимать на вход размеченные специалистами эндоскопические изображения с выделенными областями патологий.
- Алгоритмы сегментации и классификации эндоскопических изображений должны базироваться на методах глубокого обучения и сверточных нейронных сетей. На сегодняшний день таких решений в клинической практике не существует.
- Разрабатываемый программный модуль классификации эндоскопических изображений желудка должен работать под операционными системами Microsoft 7/8/10, Ubuntu и SUSE Linux Enterprise Server.

**Методы и способы решения поставленных задач для получения ожидаемых характеристик:**

На основе современных технологий анализа изображений методами машинного обучения должна быть разработана система, которая позволяет автоматически обрабатывать эндоскопические изображения желудка и классифицировать их по типу слизистой.

В ходе работ по проекту должна быть создана размеченная база тестовых изображений из не менее чем 5000 эндоскопических снимков желудка высокого качества с четкой локализацией, с минимальным разрешением 624x528 пикселей.

Будут формализованы четкие медицинские критерии, по которым врачи определяют типов структуры слизистой оболочки пищеварительного тракта и степень развития патологии. Имея четкую медицинскую классификацию изображений будет сформирована база случаев, что позволит решить задачу автоматической классификации с помощью современных методов машинного обучения, в том числе и с помощью сверточных нейронных сетей.

В 2017 году в ЯрГУ им. П.Г. Демидова создан центр искусственного интеллекта и цифровой экономики на базе новейшего суперкомпьютера NVIDIA DGX-1 VOLTA производительностью до 960 Тфлопс в задачах искусственного интеллекта. Наличие такого оборудования позволило проводить глубокое обучение современных моделей сверточных нейронных сетей (VGG, ResNet, U-NET) в задачах сегментации и распознавания медицинских изображений. Малое инновационное предприятие, созданное в ходе выполнения данного проекта будет иметь постоянный доступ к указанному суперкомпьютеру.

Использование современных технологий обработки и анализа эндоскопических видеоизображений, базирующихся на глубоком обучении и больших данных позволит создать современный программно-аппаратный комплекс для автоматизированной системы поддержки принятия клинического решения в эндоскопии пищеварительной системы. Этот комплекс будет востребован на Российском и зарубежном рынке.

Создаваемые продукты (устройства, базы данных, программы для ЭВМ) и разрабатываемые технологии (СППРы) будут являться оригинальными продуктами, на сегодняшний день не имеющими аналогов на мировом рынке. Перечисленные выше подходы позволят получить эффективно работающие продукты и технологии в результате проведения НИОКР.



**Научный задел по тематике проекта:**

Врачами ЯОКОБ Кашин С. В., Куваев Р. О. в кооперации с учеными, аспирантами и студентами ЯрГУ (среди которых выступали и участники данного проекта – Лебедев А.А, Степанова О.А.) были получены следующие научные результаты:

- В 2012 году была проведена работа по созданию и патентованию специализированной базы данных эндоскопических изображений образований желудка, реализации алгоритмов автоматизированной обработки и описания эндоскопических изображений.
- В 2013 году была выполнена оценка диагностической эффективности различных классификаций, на основе чего создана система оценки риска рака желудка, разработаны методики автоматизированной классификации изображений, в том числе с применением передовых методов вычислительной геометрии, таких как теория гомологий.
- В 2014 году были проведено обучение и многократные тестирования программы для классификации эндоскопических изображений, которые помогли выбрать наиболее эффективный набор признаков. Осенью 2014 года совместно с профессором Такудзи Готода (Медицинский университет г. Токио) выполнены первые успешные клинические испытания системы .

Проведена предварительная работа: Выполнен анализ классификации эндоскопических изображений. На основе валидизированных Японских и Европейских классификационных систем была разработана система оценки риска рака, в соответствии с которой выделены три основные клинически значимые комбинации рисунка сосудов и поверхности, которые определяют дальнейшее лечение и наблюдение. Создана и запатентована база эндоскопических изображений для обучения и тестирования классификатора (свидетельство о государственной регистрации баз данных в Реестре баз данных Федеральной службы по интеллектуальной собственности №2013620423). База данных состоит из клинических случаев, включающих в себя информацию о пациенте, эндоскопические изображения выявленных патологических участков в стандартном режиме и в узком спектре света с увеличением, (с возможностью выделять области интереса), а также гистологическое заключение.

В 2015-2017 гг. были предложены и исследованы алгоритмы обработки и анализа эндоскопических изображений:

1. Предобработка эндоскопических изображений. Основная задача предобработки – это выделение и исключение артефактов, а также выравнивание яркости.
2. Извлечение признаков и их классификация. Извлечение геометрических признаков осуществляется при анализе рисунка поверхности эпителия и микрососудистого рисунка бинаризованных эндоскопических изображений (площадь, периметр, радиус, удлинение, компактность коннективности компонент). Топологические признаки выявляются путем построения диаграмм персистентности для каждого изображения. Для отображения работы классификатора различные типы структуры слизистой оболочки окрашены в разный цвет.
3. Тестирование. Из базы данных эндоскопических изображений выбрано 90 эндофотографий различных типов рисунка слизистой оболочки. Все изображения были поделены на обучающую и тестируемую выборку. При этом обучение и тестирование было последовательно проведено для каждого изображения. По результатам тестирования доля правильно классифицированных точек составляла от 90 до 100% (среднее значение составило 89%).

Результаты работы были представлены на федеральных научных симпозиумах , а также международных конференциях в Европе на Европейских гастроэнтерологических неделях (UEGW) (г. Стокгольм, г . Амстердам, г. Берлин, г. Вена, г. Бухарест, г. Лиссабон), США на Американских гастроэнтерологических неделях DDW(г. Вашингтон, г. Сан-Диего, г Чикаго), Японии (г. Осака, г. Кобе). На конференциях Европейского общества гастроинтестинальной эндоскопии в 2013 и 2016 годах (постерные доклады были награждены как «Лучший доклад»).

**C1-57455:**

Устные доклады выполнены на эндоскопических мастерклассах в Ноттингеме (октябрь 2016 года) и Лондоне (январь 2017 года) (Великобритания). По результатам работы было опубликовано 16 статей в отечественных и зарубежных периодических изданиях.

**Планы по созданию и защите интеллектуальной собственности:**

Созданные в ходе выполнения проекта алгоритмы обработки и распознавания эндоскопических изображений планируется защитить оформлением двух Свидетельств о регистрации программы для ЭВМ (на алгоритмическую часть) и Свидетельства о регистрации базы данных эндоскопических изображений (на базу данных, используемую для обучения и тестирования алгоритмов распознавания). По завершению проекта планируется подача заявки на полезную модель и заявки на евразийский патент.

2019 год - подача заявки на регистрацию программы для ЭВМ на алгоритмы обработки эндоскопических изображений

2019-2020 год - подача заявки на регистрацию базы данных эндоскопических изображений

2020 год - подача заявки на регистрацию программы для ЭВМ на алгоритмы распознавания эндоскопических изображений

2020-2021 год - подача заявки на патент

Проведен патентный поиск по рассматриваемой проблеме

По тематике распознавания эндоскопических изображений регистрируется несколько патентов в год. Наиболее близкими к теме данного проекта являются:

WO/2017/010148 ENDOSCOPIC SYSTEM

Applicants: OLYMPUS CORPORATION [JP/JP]; 2951, Ishikawa-machi, Hachioji-shi, Tokyo 1928507 (JP)

Inventors: IKEDA Hiromu; (JP)

Agent: TANAI Sumio; (JP)

1965689 AUTOMATIC ENDOSCOPE RECOGNITION AND SELECTION OF IMAGE PROCESSING AND DISPLAY SETTINGS

Applicants: STRYKER CORP

Inventors: PANG CHIEN MIEN

NG YANGPENG

CHANG WILLIAM H L

MCCARTHY EMMET

ZAK KONSTANTIN Y

Priority Data: 2006047734 14.12.2006 US

30491605 14.12.2005 US

1020080075897 AUTOMATIC ENDOSCOPE RECOGNITION AND SELECTION OF IMAGE PROCESSING AND DISPLAY SETTINGS

Applicants: STRYKER CORPORATION

Inventors: PANG CHIEN MIEN

NG YANGPENG

CHANG WILLIAM H. L.

MCCARTHY EMMET

ZAK KONSTANTIN Y.

WO/2007/070641 AUTOMATIC ENDOSCOPE RECOGNITION AND SELECTION OF IMAGE PROCESSING AND DISPLAY SETTINGS

C1-57455:

Applicants: STRYKER CORPORATION [US/US]; 2825 Airview Boulevard, Kalamazoo, MI 49002 (US) (For All Designated States Except US).

PANG, Chien, Mien [MY/US]; (US) (For US Only).

NG, Yangpeng [SG/US]; (US) (For US Only).

CHANG, William, H., L. [SG/US]; (US) (For US Only).

MCCARTHY, Emmet [--/US]; (US) (For US Only).

ZAK, Konstantin, Y. [US/US]; (US) (For US Only)

Inventors: PANG, Chien, Mien; (US).

NG, Yangpeng; (US).

CHANG, William, H., L.; (US).

MCCARTHY, Emmet; (US).

ZAK, Konstantin, Y.; (US)

Agent: BABBITT, William, Thomas; BLAKELY, SOKOLOFF, TAYLOR & ZAFMAN LLP, 12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor, Los Angeles, CA 90025 (US)

Priority Data:

11/304,916 14.12.2005 US

Проведенный патентный поиск показывает большой интерес к области распознавания объектов на эндоскопических видеоданных. В тоже время методы и алгоритмы, которые планируется разработать в данном проекте будут являться уникальными, что позволит оформить на них Российские и международные патенты и, тем самым, повысить их привлекательность для инвесторов.

## Перспективы коммерциализации

***Объем и емкость рынка продукта, анализ современного состояния и перспектив развития отрасли, в которой реализуется инновационный проект:***

В последнее время в каждой медицинской организации уже используется та или иная медицинская информационная система, адаптированная к ее задачам. Продуманное целенаправленное внедрение современных медицинских информационных систем может автоматизировать подготовку большинства врачебных решений, связанных с процессами оказания медицинской помощи, однако не позволяет устанавливать характер выявляемых патологических процессов и устанавливать квалифицированный диагноз. Это важно в тех областях медицины, где есть сложные технологии визуализации изображений, требующие большого опыта врача, накопление которого связано с анализом больших баз данных. Для таких задач создаются системы поддержки принятия решений. Система поддержки принятия решений - компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности. СППР возникли в результате слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных. Для анализа и выработок предложений в СППР используются разные методы.. Это могут быть: информационный поиск, интеллектуальный анализ данных, поиск знаний в базах данных, рассуждение на основе прецедентов, имитационное моделирование, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, нейронные сети, ситуационный анализ, когнитивное моделирование и др. Некоторые из этих методов были разработаны в рамках искусственного интеллекта. Компьютерные системы принятия решений врача в настоящее время эффективно применяются в радиологии в диагностике рака молочной железы и других локализациях. Потенциал рынка внедрения таких систем в диагностике рака пищеварительного тракта, простаты, легких и панкреатобилиарной локализации предполагает почти 10% ежегодный рост в течение следующих 7-ми лет.

Эндоскопия – относительно новая и быстроразвивающаяся область современной медицины. Она предполагает использование высокотехнологичных приборов для точной диагностики заболеваний внутренних органов, в первую очередь пищеварительного тракта. Рак органов системы пищеварения занимает примерно 1/3 в структуре общей онкологической заболеваемости в мире с показателями заболеваемости почти 10 млн. новых случаев в год. Это определяет важность более активного внедрения эндоскопических технологий своевременной диагностики рака и предраковых процессов. Однако эндоскопия, как и любая другая область визуальной диагностики, является достаточно субъективной и во многом зависит от опыта и квалификации врача, выполняющего эндоскопические исследования. В России на настоящий момент зарегистрировано 8 тысяч специалистов, выполняющих эндоскопические исследования и почти половина из них является специалистами – совместителями, чья основная специальность занимает у них большую часть рабочего времени и не дает возможности постоянного вовлечения в образовательные процессы. Количество медицинских эндоскопов, включая эндоскопы экспертного уровня за последние годы увеличилось почти вдвое. Все это свидетельствует о важности создания специальных компьютерных систем поддержки принятия решений при выполнении эндоскопических исследований.

Внедрение в медицинскую практику новых высокотехнологичных методов эндоскопической диагностики направлено на выявление ранних форм рака и предраковой патологии пищеварительного тракта, что позволяет проводить высокоэффективное лечение, и предоставляет возможность снижения смертности от онкологической патологии пищевода, желудка и толстой кишки. К таким передовым методикам относятся, прежде всего, увеличительная эндоскопия и эндоскопия в узком спектре света, которые имеют высокую диагностическую точность, что позволяет считать эти методики «оптической биопсией». Стратегия эндоскопической диагностики с применением узкоспектральной и увеличительной

эндоскопии зависит от обследуемого органа желудочно-кишечного тракта, определяя так называемый орган-специфичный подход в диагностике. К примеру, слизистая оболочка пищевода покрыта плоским неорговевающим эпителием, который не формирует рисунок поверхности, поэтому диагностика патологических участков пищевода базируется исключительно на оценке микрососудистого рисунка – интрапапиллярных капиллярных петель (ICPL - intrapapillary capillary loop). Напротив, в диагностике колоректальных образований первостепенное значение имеет определение изменений микроструктуры поверхности – ямочного рисунка. Однако наиболее сложную микроархитектонику имеет слизистая оболочка желудка, поскольку при эндоскопическом осмотре требуется в равной степени оценка как микрососудистого рисунка, так и рисунка микроструктуры поверхности эпителия. Более того, слизистая оболочка желудка имеет разные типы с различным строением, а большой спектр патологических изменений слизистой оболочки желудка (хроническое воспаление, атрофия, кишечная метаплазия, различные гистологические типы рака желудка) определяет разнообразные изменения в их структуре. К тому же, в большинстве случаев изменения микроструктуры патологического очага неоднородны и включают в себя разные типы рисунка поверхности эпителия и микрососудов. Таким образом, эффективное использование этих методик требует от специалиста высокого уровня теоретических знаний в области эндоскопии и смежных специальностях, а также практических навыков и опыта клинического применения. По этой причине увеличительная и узкоспектральная эндоскопия остаются методиками экспертного уровня, а обучение специалистов традиционными способами представляет собой длительный процесс, что значительно затрудняет активное внедрение в широкую клиническую практику. В настоящее время использование информационно-коммуникационных технологий, в частности систем поддержки принятия решения, в практическом здравоохранении позволяет быстро и эффективно применять самые современные методики диагностики и решать сложные клинические задачи даже в условиях ограниченности временных ресурсов, недостатка знаний и опыта, в отсутствие возможности привлечения компетентных экспертов. Автоматизированные системы поддержки принятия клинического решения в эндоскопии позволяют объективно анализировать полученные в ходе исследования данные, прогнозировать патологические состояния, и, тем самым, помогать врачу в принятии дальнейшего клинического решения. СППР в эндоскопии используются для автоматизированной диагностики различных патологических состояний желудочно-кишечного тракта, в частности для обнаружения полипов, опухолей и язв, признаков кровотечения, дифференциальной диагностики злокачественных и доброкачественных изменений, выявления таких состояний как пищевод Баррета, целиакия, болезнь Крона, H. pylori- ассоциированный гастрит. Примечательно отметить, что большинство публикаций (около 53% всех научных работ) посвящено диагностике патологии толстой кишки, прежде всего, колоректальных полипов. Учитывая особенности эндоскопической диагностики в желудке, базирующейся на новых оптических технологиях, данные эффективного применения СППР для диагностики патологических состояний желудка в настоящее время недостаточны. Более того, на сегодняшний день не разработано СППР для увеличительной эндоскопии с использованием наиболее изученной и эффективной методики виртуального контрастирования – узкоспектральной эндоскопии.

Создаваемый продукт призван улучшить качество и продолжительность жизни людей, проходящих эндоскопические обследования. Финансирование медицины в России традиционно оставляет желать лучшего, однако и тут бывают отдельные периоды обильного денежного потока. Переход медицины от бесплатной к страховой и коммерческой даже при скромном финансировании и ограниченном бюджете будет вызывать интерес к относительно дешевым методам диагностики и выявления заболеваний на ранней стадии. К таким методам, несомненно, можно отнести и использование описываемого программного продукта.

Приблизительная оценка размера рынка применения продукта дает тысячу двести инсталляций. Описание сегментов потребителей приведено в соседних разделах.

***Конкурентные преимущества создаваемого продукта, сравнение технико-экономических характеристик с мировыми аналогами:***

К основным конкурентам данного продукта можно отнести, в первую очередь, собственно врачей эндоскопистов, и отчасти, морфологов. Однако, выявление ранних стадий рака при массовом скрининге и при большом потоке пациентов, диктуемым современными нормами оказания медицинской помощи, маловероятно, ведь для каждого пациента нужно уделить значительное время изучению эндоскопических снимков на предмет обнаружения патологий крайне малозаметных, занимающих малую долю площади снимка.

К числу потенциальных конкурентов можно отнести продукты, которые могут появиться у других ученых групп, ведущих работы в аналогичном направлении, в первую очередь у групп эндоскопистов в клиниках Великобритании, Японии и Австрии. Однако, они пока находятся несколько дальше от получения коммерческого результата, и их продукт, в случае коммерциализации, будет продаваться в первую очередь на европейском и японском рынках.

***Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта и оценка платежеспособного спроса:***

Первичный целевой рынок для данного продукта – это, в первую очередь, федеральные и региональные центры компетенции в области онкологии, эндоскопии, гастроэнтерологии. Такие центры смогут получать большое количество эндоскопических снимков и обрабатывать их с помощью создаваемого программного комплекса. В настоящее время аналогов создаваемого продукта нет, поэтому речь идет о создании нового рынка, емкость которого трудно описать. Однако, если предположить существование хотя бы одного центра компетенции в каждом субъекте Федерации плюс существование минимум пятнадцати центров компетенции федерального уровня, можно насчитать порядка ста потенциальных потребителей.

Вторичный целевой рынок – это крупные коммерческие медицинские центры, в том числе, специализирующиеся на обслуживании владельцев полисов добровольного медицинского страхования, оборудованные современным эндоскопическим оборудованием. Таких центров можно насчитать около ста, и их количество со временем растет.

Целевой рынок третьей волны – это местные больницы, включая больницы уровня ЦРБ, оборудованные несколькими, подчас, вполне современными эндоскопическими видеосистемами, выполняющие огромное количество эндоскопических исследований и характеризующиеся большой нагрузкой на врача-эндоскописта. Количество таких учреждений в России приближается к тысяче.



**Описание бизнес-модели проекта, плана продаж:**

Бизнес-модель описываемого бизнеса заключается в следующем:

1. С заинтересованным заказчиком заключается договор, как правило, через одну из электронных площадок.
2. Если заказчик желает, чтобы компьютер для закупаемого продукта поставлял разработчик (решение «под ключ»), контрактом предусматривается 30% предоплата.
3. Разработчик закупает компьютеры сам (согласно п. 2.) или ждет поставки от доверенного поставщика заказчика.
4. Заказчик выполняет настройку программного обеспечения на территории заказчика, проводит обучение, направляет заказчику акты.
5. Заказчик подписывает акты, оплачивает разработчику стоимость лицензии и настройки.
6. По истечении предоплаченного количества анализируемых снимков заказчик оплачивает разработчику дополнительный пакет.

**Стратегия продвижения продукта на рынок:**

Планируется использовать различные каналы связи для продвижения продукта. Поскольку сумма контракта довольно велика, хотя и не критична для потенциального заказчика, продвижение должно сосредоточиться на трех направлениях:

1. Продвижение продукта среди врачей – участие в специализированных медицинских выставках и конференциях, публикации в специализированных журналах.
2. Продвижение продукта среди лиц принимающих решения (руководителей медицинских организаций, руководителей департаментов и министерств здравоохранения субъектов федерации, заместителей руководителей субъектов федерации) – участие в формах, посвященных использованию электронных медицинских карт и применению ИТ-технологий в медицине.
3. Продвижение продукта среди страховых компаний работающих ДМС – представление медицинских результатов, показывающих снижение расходов, на выплату по полисам ДМС при ранней диагностике рака.

**Риски**

- Конкуренция с более мощными западными производителями.
- Отсутствие готового продукта.
- Отсутствие «историй успеха».
- Риск отсутствия спроса.
- Необходимость вложения средств в НИОКР.
- Сложность разработки готового решения.
- Пиратство.
- Нехватка финансирования.
- Хранение персональных данных

**Меры по их уменьшению:**

- Организация-исполнитель сотрудничает со многими производственными и коммерческими предприятиями, ВУЗами, общественными организациями и органами власти, что дает возможность получения дополнительной поддержки для успешной реализации проекта, способствует снижению рисков подготовительной стадии.
- Исполнителем проекта накоплен значительный опыт по профилю предлагаемой темы, в инициативном порядке выполнены предварительные работы, которые показали целесообразность предлагаемой разработки. Имеющиеся ресурсы исключают риски не достижения запланированных технических параметров.
- Проект предполагает проведение на всех его этапах тщательного экономического анализа, для обеспечения дополнительного финансирования предусматривается проведение переговоров с кредитными организациями и инвесторами, заинтересованными в разработке и реализации продукции.
- Предполагаемая разработка имеет возможность применения различных параметров, что расширяет возможности ее применения, а также модифицирования и предоставления различных ценовых вариантов для потребителя. Плановые маркетинговые исследования, рекламирование продукции направлены на увеличение спроса. Этот риск также существенно снижается благодаря интенсивно развивающейся рекламе алгоритмов распознавания.
- Исполнитель проекта имеет необходимый состав квалифицированных специалистов для проведения исследований и разработки коммерческой версии СППР.

## **План реализации проекта**

### ***Результаты выполнения НИОКР по годам реализации проекта (созданная интеллектуальная собственность, стадии разработки продукта):***

Первый год (модель):

- собственная база эндоскопических изображений с экспертной разметкой;
- обученные модели сверточных нейронных сетей;
- алгоритмы детектирования патологий на изображениях и видеопоследовательностях;
- протоколы тестирования алгоритмов детектирования патологий при реальных эндоскопических обследованиях в клинической практике;
- свидетельство о регистрации ПО

Второй год (прототип):

- высокоэффективные алгоритмы сопровождения и классификации патологий (на видеопоследовательностях с реального эндоскопа с оптическим увеличением в 80-110 раз) ;
- протоколы тестирования алгоритмов классификации патологий при реальных эндоскопических обследованиях в клинической практике;
- статистический анализ результатов, полученных на тестовых зонах;
- разработанный интерфейс программно-аппаратного комплекса.
- свидетельство о регистрации на расширенную базу изображений

Третий год (коммерческий продукт):

- кросс-платформенная версия программной библиотеки;
- алгоритмы детектирования, сопровождения и классификации патологий, оптимизированные по вычислительной сложности;
- регистрация патента программно-аппаратный комплекс.

### ***План организации производства по годам реализации проекта (включает аренду или приобретение производственных помещений, приобретение или аренда оборудования, получение разрешительных документов, производственная кооперация и т. д.):***

Первый год:

Аренда помещения для разработки и тестирования продукта.

Аренда машинного времени на суперкомпьютере NVIDIA DGX-1 у ЯргУ им. П.Г. Демидова

Определение перечня необходимого аппаратно-программного оборудования для производства продукции.

Предварительные переговоры с потенциальными заказчиками.

Второй год:

Разработка плана выпуска продукции, определение численности и квалификации персонала.

Уточнение перечня необходимого аппаратно-программного оборудования для производства продукции.

Третий год:

Привлечение новых специалистов для производства продукции.

Подготовка и проведение сертификации выпускаемой продукции.

Подготовка к внедрению на предприятии системы менеджмента качества.

Производство нескольких партий продукции различных модификаций

***План организации продаж продукции по годам реализации проекта (включает проведение маркетинговых исследований, организацию рекламы, заключение договоров на поставку продукции, начало поставки и т. д.):***

Первый год:

Создана команда проекта

Маркетинговые исследования.

Предварительные переговоры с медицинскими организациями для согласования условий сотрудничества.

Второй год:

Маркетинговые исследования.

Разработка сайта. Использование информационных возможностей интернет-ресурсов. Участие в тематических конференциях и выставках, проведение презентаций. Проведение переговоров со средствами массовой информации.

Разработка рекламных материалов.

Предварительные переговоры с партнерами для согласования условий реализации будущего продукта.

Третий год:

Компания становится резидентом Сколково

Маркетинговые исследования.

Организация рекламы в сети Интернет.

Размещение информации о предприятии и его продукции в публичных, отраслевых и научных изданиях.

Реклама в средствах массовой информации.

Прием на работу дополнительного менеджера по продажам.

Заключение контрактов с партнерами на реализацию продукции.

### **Техническое задание на выполнение НИОКР 1 этапа**

***Наименование НИОКР:***

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ПАТОЛОГИЙ НА ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

### **Цель выполнения НИОКР**

Основная цель трехлетнего проекта — разработка программно-аппаратного комплекса для хранения, передачи и обработки медицинских эндоскопических изображений с модулем поддержки принятия решения врача, обеспечивающего современный медицинский документооборот, оптимизирующего временные затраты медицинского персонала на ведение медицинской документации, снижающего риск диагностических ошибок и повышающего контроль качества выполняемых исследований и операций.

Проект направлен на разработку новой медицинской информационной системы в эндоскопии, наиболее эффективно развивающейся отрасли современной медицины. Система служит частью современной электронной медицинской карты пациента и дополняется важнейшим модулем поддержки принятия решения врача при использовании новых оптических технологий визуализации предраковых процессов в пищеварительном тракте и ранних форм рака. Визуальный анализ эндоскопических изображений во многих случаях будет заменять работу врача – морфолога.

Экспериментальные исследования будут проводиться с использованием суперкомпьютера NVIDIA DGX-1 VOLTA, что позволит проводить глубокое обучение современных моделей сверточных нейронных сетей VGG, U-Net, ResNet для детектирования, сегментации и распознавания патологий на эндоскопических изображениях.

**Назначение научно-технического продукта (изделия и т.п.)**

В последнее время в каждой медицинской организации уже используется та или иная медицинская информационная система, адаптированная к ее задачам. Продуманное целенаправленное внедрение современных медицинских информационных систем может автоматизировать подготовку большинства врачебных решений, связанных с процессами оказания медицинской помощи, однако не позволяет устанавливать характер выявляемых патологических процессов и устанавливать квалифицированный диагноз. Это важно в тех областях медицины, где есть сложные технологии визуализации изображений, требующие большого опыта врача, накопление которого связано с анализом больших баз данных. Для таких задач создаются системы поддержки принятия решений. Система поддержки принятия решений (СППР) – компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности. СППР возникли в результате слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных. Для анализа и выработок предложений в СППР используются разные методы.. Это могут быть: информационный поиск, интеллектуальный анализ данных, поиск знаний в базах данных, рассуждение на основе прецедентов, имитационное моделирование, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, нейронные сети, ситуационный анализ, когнитивное моделирование и др. Некоторые из этих методов были разработаны в рамках искусственного интеллекта. Компьютерные системы принятия решений врача в настоящее время эффективно применяются в радиологии в диагностике рака молочной железы и других локализациях. Потенциал рынка внедрения таких систем в диагностике рака пищеварительного тракта, простаты, легких и панкреатобилиарной локализации предполагает почти 10% ежегодный рост в течение следующих 7-ми лет.

Эндоскопия – относительно новая и быстроразвивающаяся область современной медицины. Она предполагает использование высокотехнологичных приборов для точной диагностики заболеваний внутренних органов, в первую очередь пищеварительного тракта. Рак органов системы пищеварения занимает примерно 1/3 в структуре общей онкологической заболеваемости в мире с показателями заболеваемости почти 10 млн. новых случаев в год. Это определяет важность более активного внедрения эндоскопических технологий своевременной диагностики рака и предраковых процессов. Однако эндоскопия, как и любая другая область визуальной диагностики, является достаточно субъективной и во многом зависит от опыта и квалификации врача, выполняющего эндоскопические исследования. В России на настоящий момент зарегистрировано 8 тысяч специалистов, выполняющих эндоскопические исследования и почти половина из них является специалистами – совместителями, чья основная специальность занимает у них большую часть рабочего времени и не дает возможности постоянного вовлечения в образовательные процессы. Количество медицинских эндоскопов, включая эндоскопы экспертного уровня за последние годы увеличилось почти вдвое. Все это свидетельствует о важности создания специальных компьютерных систем поддержки принятия решений при выполнении эндоскопических исследований.

Внедрение в медицинскую практику новых высокотехнологичных методов эндоскопической диагностики направлено на выявление ранних форм рака и предраковой патологии пищеварительного тракта, что позволяет проводить высокоэффективное лечение, и предоставляет возможность снижения смертности от онкологической патологии пищевода, желудка и толстой кишки. К таким передовым методикам относятся, прежде всего, увеличительная эндоскопия и эндоскопия в узком спектре света, которые имеют высокую диагностическую точность, что позволяет считать эти методики «оптической биопсией». Стратегия эндоскопической диагностики с применением узкоспектральной и увеличительной эндоскопии зависит от обследуемого органа желудочно-кишечного тракта, определяя так

называемый орган-специфичный подход в диагностике. К примеру, слизистая оболочка пищевода покрыта плоским неорговевающим эпителием, который не формирует рисунок поверхности, поэтому диагностика патологических участков пищевода базируется исключительно на оценке микрососудистого рисунка – интрапапиллярных капиллярных петель (ICPL - intrapapillary capillary loop). Напротив, в диагностике колоректальных образований первостепенное значение имеет определение изменений микроструктуры поверхности – ямочного рисунка. Однако наиболее сложную микроархитектонику имеет слизистая оболочка желудка, поскольку при эндоскопическом осмотре требуется в равной степени оценка как микрососудистого рисунка, так и рисунка микроструктуры поверхности эпителия. Более того, слизистая оболочка желудка имеет разные типы с различным строением, а большой спектр патологических изменений слизистой оболочки желудка (хроническое воспаление, атрофия, кишечная метаплазия, различные гистологические типы рака желудка) определяет разнообразные изменения в их структуре. К тому же, в большинстве случаев изменения микроструктуры патологического очага неоднородны и включают в себя разные типы рисунка поверхности эпителия и микрососудов. Таким образом, эффективное использование этих методик требует от специалиста высокого уровня теоретических знаний в области эндоскопии и смежных специальностях, а также практических навыков и опыта клинического применения. По этой причине увеличительная и узкоспектральная эндоскопия остаются методиками экспертного уровня, а обучение специалистов традиционными способами представляет собой длительный процесс, что значительно затрудняет активное внедрение в широкую клиническую практику. В настоящее время использование информационно-коммуникационных технологий, в частности систем поддержки принятия решения, в практическом здравоохранении позволяет быстро и эффективно применять самые современные методики диагностики и решать сложные клинические задачи даже в условиях ограниченности временных ресурсов, недостатка знаний и опыта, в отсутствие возможности привлечения компетентных экспертов. Автоматизированные системы поддержки принятия клинического решения в эндоскопии позволяют объективно анализировать полученные в ходе исследования данные, прогнозировать патологические состояния, и, тем самым, помогать врачу в принятии дальнейшего клинического решения. СППР в эндоскопии используются для автоматизированной диагностики различных патологических состояний желудочно-кишечного тракта, в частности для обнаружения полипов, опухолей и язв, признаков кровотечения, дифференциальной диагностики злокачественных и доброкачественных изменений, выявления таких состояний как пищевод Баррета, целиакия, болезнь Крона, *H. pylori*- ассоциированный гастрит. Примечательно отметить, что большинство публикаций (около 53% всех научных работ) посвящено диагностике патологии толстой кишки, прежде всего, колоректальных полипов. Учитывая особенности эндоскопической диагностики в желудке, базирующейся на новых оптических технологиях, данные эффективного применения СППР для диагностики патологических состояний желудка в настоящее время недостаточны. Более того, на сегодняшний день не разработано СППР для увеличительной эндоскопии с использованием наиболее изученной и эффективной методики виртуального контрастирования – узкоспектральной эндоскопии.

Таким образом, реализация проекта позволит повысить качество оказания медицинских услуг путем:

- Повышение точности диагноза. Автоматизированная эндоскопическая система поддержки принятия решений позволит добиться полной объективности и стандартизации диагностики, обеспечивают постоянный уровень концентрации внимания, нивелируя «человеческий» фактора, даже в при недостаточном опыте специалиста.
- Сокращение времени и расходов. С помощью автоматизированных эндоскопических систем

можно будет быстро и эффективно определить патологические участки - «области интереса» врача для последующего выполнения специальных анализов (биопсии).

- Обучение специалистов. Созданная в ходе выполнения проекта размеченная база данных изображений является объективным обучающим ресурсом для молодых врачей, позволяющим совершенствовать навыки также и опытным специалистам.



**Основные технические параметры, определяющие количественные и качественные характеристики продукции**

**1. Требования по назначению научно-технических результатов:**

Научно-технические результаты проекта должны быть предназначены для:

1.1.1. Использования в современных медицинских организациях России, финансируемых за счет системы ОМС и частных медицинских клиник.

1.1.2. Разработки системы для обучения врачей-эндоскопистов

**1.2. Требования к показателям и техническим характеристикам научно-технических результатов НИОКР:**

1.2.1. Создаваемая система поддержки принятия решения для ранней диагностики рака желудка должна удовлетворять следующим критериям:

- Допустимая чувствительность построенного классификатора (число правильно классифицированных объектов класса деленное на общее число объектов, которые были классифицированы в данный класс) в среднем для всех классов должна быть не менее 90%.
- Допустимая точность построенного классификатора (число правильно классифицированных объектов класса деленное на общее число объектов в данном классе) в среднем для всех классов должна быть не менее 90%.
- Программа классификации должна обрабатывать изображение 624x528 пикселей на вычислительном гибридном кластере не более чем 15 секунд (без учёта времени передачи изображений по сети).
- Разрабатываемый программный модуль классификации эндоскопических изображений желудка должен работать под операционными системами Microsoft 7/8/10, Ubuntu 15.10 и SUSE Linux Enterprise Server 12x86-64.
- При разработке программного модуля классификации эндоскопических изображений желудка должны использоваться языки программирования C/C++ и Python.
- Алгоритмы обучения классификатора должны принимать на вход размеченные специалистами эндоскопические изображения с выделенными областями патологий.
- Алгоритмы сегментации и классификации эндоскопических изображений должны базироваться на методах машинного обучения, в частности бустинга и градиентного бустинга, машин опорных векторов, деревьях решений, а также на методах глубокого обучения и сверточных нейронных сетей.

**1.3. Требования к объектам экспериментальных исследований:**

В ходе работ по проекту должна быть создана размеченная база тестовых изображений из не менее чем 5000 эндоскопических снимков желудка высокого качества с четкой локализацией, с минимальным разрешением 624x528 пикселей. Тестовая база должна быть помещена в реляционную базу данных, к которой имеется интерфейс и API для удаленного доступа. Хранение изображений в данной тестовой базе данных должно удовлетворять требованиям федерального закона «О персональных данных».

Для обработки эндоскопических изображений будет использоваться суперкомпьютер NVIDIA DGX-1 VOLTA, производительностью до 960 Тфлопс в задачах искусственного интеллекта, что позволит проводить глубокое обучение современных моделей сверточных нейронных сетей VGG, U-Net, ResNet для сегментации и распознавания эндоскопических изображений.

Суперкомпьютер будет использован для вычислительных работ, связанных с тестированием

разрабатываемых алгоритмов и обработкой эндоскопических изображений. Все разрабатываемые алгоритмы будут оптимизироваться с точки зрения их выполнения на современном вычислительном кластере с распараллеленной обработкой информации .

1.3.1. Требования к функционированию экспериментального образца программно-аппаратного комплекса:

- Экспериментальный образец должен быть построен по модульному принципу. Каждый модуль должен обладать собственной законченной функциональностью и минимальной связью с другими модулями. Интерфейсы взаимодействия между модулями должны обеспечивать информационный обмен стандартным набором типов данных, поддерживаемых в языке программирования C++ и подключаемых библиотеках (STL, boost и др.).
- В разрабатываемых программных компонентах должна быть обеспечена унификация функциональных задач, операций, представления данных и интерфейсов.
- Требования по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды: обеспечение безопасности для жизни и здоровья людей, а также охраны окружающей среды должно проводиться в соответствии с предусмотренными нормативными и законодательными актами Российской Федерации.

1.3.2. Требования к эндоскопическим изображениям желудка:

Минимальное разрешение 624x528 пикселей.

Формат файла изображения – BMP, 24 бита/пиксель, RGB.

Отсутствие сильной размытости, артефактов сжатия, сильных шумов на изображениях.

В обучающую выборку должны входить не менее 1000 изображений на каждый из классов: нормальный тип слизистой, раковый тип слизистой, тубулярный тип слизистой, шумовой тип (колпачок эндоскопа, размытые области и т.д.).

***Требования по патентной защите (наличие патентов), существенные отличительные признаки создаваемого продукта (технологии) от имеющихся, обеспечивающие ожидаемый эффект***

В настоящее время рядом сотрудников Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова (ЯрГУ) и отделением эндоскопии Ярославской областной клинической онкологической больницы проводится начальные этапы разработки автоматизированной системы поддержки принятия клинического решения в эндоскопии пищеварительной системы.

В 2017 году в ЯрГУ им. П.Г. Демидова создан центр искусственного интеллекта и цифровой экономики на базе новейшего суперкомпьютера NVIDIA DGX-1 VOLTA производительностью до 960 Тфлопс в задачах искусственного интеллекта. Наличие такого оборудования позволило проводить глубокое обучение современных моделей сверточных нейронных сетей (VGG, ResNet, U-NET) в задачах сегментации и распознавания медицинских изображений. Лебедев Антон Александрович является сотрудником данного центра.

Таким образом, использование современных технологий обработки и анализа эндоскопических видеоизображений позволит создать современный программно-аппаратный комплекс для автоматизированной системы поддержки принятия клинического решения в эндоскопии пищеварительной системы. Этот комплекс будет востребован на Российском и зарубежном рынке.

Создаваемые продукты (устройства, базы данных, программы для ЭВМ) и разрабатываемые технологии (СППРы) являются совершенно оригинальными продуктами и не имеют аналогов. Перечисленные выше подходы позволят получить эффективно работающие продукты и технологии в результате проведения НИОКР.

Во время первого года выполнения проекта планируется получения свидетельства о регистрации программного обеспечения.

### **Конструктивные требования**

В результате выполнения работ будет создан программно-аппаратный комплекс, соответствующий следующему комплексу требований:

1. Требования к системам встроенного контроля, контролепригодности, метрологическому обеспечению аппаратуры
2. Требования по стандартизации и унификации, взаимозаменяемости и ремонтпригодности аппаратуры
3. Требования к применению комплектующих изделий
4. Требования по обеспечению электромагнитной совместимости и помехозащищенности
5. Требования к электрическому монтажу
6. Требования к электрической изоляции
7. Требования к маркировке, консервации и упаковке

Для запуска разработанного программно-аппаратного комплекса будет требоваться следующее аппаратное обеспечение: персональный компьютер со следующими минимальными характеристиками:

Процессор архитектуры Intel/AMD; минимальное количество ядер: 2 и тактовой частотой не ниже 1,6 ГГц;

Объем оперативной памяти: 4 Гб для 32-разрядных систем, 8 Гб - для 64-разрядных систем;

Жесткий диск: доступное пространство минимум - 4 Гб, желательно 10 Гб и более;

Сетевой адаптер для подключения к сети Ethernet/Internet;

Операционные системы: Windows 32/64 бит, Linux 32/64 бит

### ***Перечень основных категорий комплектующих и материалов (входящих в состав разрабатываемого продукта (изделия) или используемых в процессе его разработки и изготовления)***

1. База данных эндоскопических изображений желудка. Минимальное разрешение изображения - 624x528 пикселей. Формат файла – BMP, 24 бита/пиксель, RGB. Отсутствие сильной размытости, артефактов сжатия, сильных шумов на изображениях. В обучающую выборку должны входить не менее 1000 изображений на каждый из классов: нормальный тип слизистой, раковый тип слизистой, тубулярный тип слизистой, шумовой тип (колпачок эндоскопа, размытые области и т.д.).
2. Для обработки эндоскопических изображений будет использоваться суперкомпьютер NVIDIA DGX-1 VOLTA на базе 8 графических ускорителей TESLA V100, общей производительностью до 960 Тфлопс в задачах искусственного интеллекта, что позволит проводить глубокое обучение современных моделей сверточных нейронных сетей VGG, U-Net, ResNet для сегментации и распознавания эндоскопических изображений. Суперкомпьютер будет использован для вычислительных работ, связанных с тестированием разрабатываемых алгоритмов и обработкой эндоскопических изображений.

**Планируемые стоимостные характеристики разрабатываемой продукции**

Планируемая стоимость одной инсталляции (одной неисключительной лицензии) продукта - 80 000 рублей без учета аппаратной части, но с учетом стоимости первичной настройки и обучения двух пользователей. В качестве аппаратной части может использоваться:

- компьютер, собранный из серверных комплектующих (примерная стоимость – 100 000 рублей);
- стоечный сервер (примерная стоимость – 100 000... 200 000 рублей);
- виртуальная машина на существующем сервере.

Решение о конкретной реализации аппаратной части принимает сам заказчик, исходя из своих предпочтений, согласно техническому заданию разработчика.

Таким образом, стоимость продукта для заказчика при использовании типового решения составит 200 000 рублей.

В типовую лицензию будет входить оценка 10 000 эндоскопических снимков. При превышении этого количества стоимость оценки дополнительного пакета составит 30 000 рублей за 3 000 снимков или 10 рублей за 1 снимок. С учетом того, что на одного пациента имеет смысл представить примерно 5 снимков на одно исследование, стоимость экспресс-оценки одного пациента для заказчика составит примерно 50 рублей.

**Отчетность по НИОКР (перечень технической документации, разрабатываемой в процессе выполнения НИОКР\*)**

Предоставленные в ходе выполнения работы два отчета по НИОКР должны быть разработаны на русском языке в соответствии с:

- ГОСТ 34.601-90 «Автоматизированные системы. Стадии создания»;
- ГОСТ 34.603-92 «Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем»;
- ГОСТ РД 50-34.698-90 «Требования к содержанию документов»;
- ГОСТ 34.602-89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы».
- ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе»
- ГОСТ 19.105-78 «Единая система программной документации»

Содержание Отчета о научно-исследовательской работе:

Список исполнителей

Реферат

Введение

Обзор применяемых методов и критериев

Обзор применяемых методов машинного обучения по отношению к задачам распознавания и классификации эндоскопических изображений

Обзор критериев оценки методов машинного обучения

Экспериментальные исследования

Исследование методов машинного обучения по отношению к задачам распознавания и классификации эндоскопических изображений

Заключение

Список литературы

Приложения

# КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН И СМЕТА

## Календарный план

**Календарный план выполнения НИОКР. 1-й годовой этап проекта:**

№ этапа	Название этапа календарного плана	Длительность этапа, мес	Стоимость, руб.
1	Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках НИОКР. Подготовка требований к тестовым базам эндоскопических изображений. Выбор числа классов, соответствующих различным патологиям. Формализация четких медицинских критериев, по которым врачи определяют типов структуры слизистой оболочки пищеварительного тракта и степень развития патологии. Создание размеченной базы тестовых изображений из не менее чем 1000 эндоскопических снимков желудка высокого качества с четкой локализацией, с минимальным разрешением 624x528 пикселей.	3,00	500 000,00
2	Алгоритмическое расширение базы эндоскопических изображений до размеров достаточных для обучения и тестирования современных моделей сверточных нейронных сетей. Разработка и анализ алгоритмов предварительной обработки эндоскопических изображений. Проведение экспериментальных исследований на суперкомпьютере NVIDIA DGX-1 VOLTA: разработка и исследование методов автоматического детектирования/сегментации эндоскопических изображений на основе методов глубокого обучения. Исследование применимости различных топологий нейронных сетей: SSD, R-FCN, U-Net.	3,00	500 000,00
3	Выбор оптимальной архитектуры сверточной нейронной сети для анализа эндоскопических изображений с учетом регламентов работы врача-эндоскописта. Разработка и исследование алгоритмов квантования моделей сверточных нейронных сетей для повышения скорости работы итогового алгоритма сегментации/детектирования патологий на эндоскопических изображениях. Разработка алгоритма сопровождения детектированных патологий на видеопоследовательности. Разработка и тестирование итогового алгоритма детектирования патологий на видеопоследовательности. Оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным мировым научно-техническим уровнем.	6,00	1 000 000,00
	ИТОГО:	12 мес.	2 000 000

**Смета****Смета затрат на 1-ый год реализации проекта:**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование статей расходов:</b>	<b>Сумма (руб.):</b>
1	Заработная плата	1 113 700,00
2	Начисление на заработную плату	336 300,00
3	Оплата работ соисполнителей и сторонних организаций	500 000,00
4	Прочие общехозяйственные расходы	50 000,00
<b>Итого:</b>		<b>2 000 000,00</b>