

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки – Биотехнические системы и технологии
Кафедра промышленной и медицинской электроники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Использование САМ/CAD технологий для сопровождения хирургических операций УДК 617:004.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ41	Гончарова Наталья Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры ПМЭ	Толмачев И.В.	к.м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ЭБЖ	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Ф.А. Губарев	к.ф.-м.н., доцент		

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять глубокие специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в инновационной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной биомедицинской и экологической техники	Требования ФГОС (ОК-2, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа и синтеза с использованием специальных знаний, современных аналитических методов и моделей	Требования ФГОС (ОПК-1, 3; ПК- 1 – 4), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Выбирать и использовать необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения инновационной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений	Требования ФГОС (ОК-9, ПК-10, 14, 18). Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной биомедицинской и экологической техники конкурентоспособной на мировом рынке	Требования ФГОС (ОК-2, 3; ПК-5 – 11, 14), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением глубоких специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов в сложных и неопределенных условиях	Требования ФГОС (ОК-2, 3; ОПК-5, ПК-1 – 4). Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.2, 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ОПК-1, 2), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать глубокие знания в области проектного менеджмента для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-14, 15). Критерий 5 АИОР (п. 5.3.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем активно осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении инновационных инженерных задач	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК-3; ПК-3, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности	Критерий 5 АИОР (п. 5.3.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Демонстрировать глубокие знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности	Критерий 5 АИОР (п. 5.3.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-2, 4; ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п.5.3.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки - Биотехнические системы и технологии
 Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

_____ Ф.А. Губарев
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1ДМ41	Гончаровой Наталье Александровне

Тема работы:

Использование САМ/CAD технологий для сопровождения хирургических операций	
Утверждена приказом директора ИНК (дата, номер)	от 15.04.2016 г. № 2942/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Набор медицинских изображений, взятый из открытого банка данных IQimaging. Программный пакет 3dSlicer с открытым кодом. Среда разработки Unity3d. Система безмаркерного захвата Microsoft Kinect.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Аналитический обзор в области применения CAD/CAM систем в медицине 2. Формулирование требований к информационной системе сопровождения хирургических операций 3. Разработка системы для создания управляемого плана операции
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна
Финансовый менеджмент	Конотопский Владимир Юрьевич
Иностранный язык	Кобзева Надежда Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Методы получения 3D-изображений в медицине/ 3D-images receiving methods in medicine	
Материалы и методы/Materials and methods	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры ПМЭ	Толмачев И.В.	К.М.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ41	Гончарова Наталья Александровна		

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ДМ41	Гончарова Наталья Александровна

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Биотехнические системы и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	...
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	...
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	...
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	...
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Конотопский В. Ю.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ41	Гончарова Наталья Александровна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1ДМ41	Гончаровой Наталье Александровне

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Промышленной и медицинской электроники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Биотехнические системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Информационная система для планирования и сопровождения хирургических операций.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности	<ul style="list-style-type: none"> – микроклимат; – повышенная контрастность; – повышенный уровень статического электричества; – освещение; – повышенный уровень электромагнитного излучения – электрический ток
2. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – анализ воздействия объекта на атмосферу (отходы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (отходы)
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	– Возможные ЧС на объекте: пожар
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<ul style="list-style-type: none"> – компоновка рабочей зоны; – режимы труда и отдыха

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ41	Гончарова Наталья Александровна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 75 с., 23 рис., 8 табл., 24 источников, 2 прил.

Ключевые слова: видеозахват, безмаркерный захват движения, визуальное сопровождение.

Объектом исследования является информационная система.

Цель работы – разработка информационной системы для планирования и сопровождения хирургических операций.

В процессе исследования проводились работы по разработке информационной системы для планирования и сопровождения хирургических операций

В результате исследования произведено описание процесса информационного сопровождения хирургической операции, компоновка пакетных модулей для среды Unity для составления плана операции, формирование системы жестов для управления планом

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты Национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ Р 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
3. ГОСТ Р 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
4. ГОСТ Р 2.316 – 2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.
5. ГОСТ Р 7.05 – 2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

безмаркерный захват: управление программным обеспечением посредством движения рук пользователя на расстоянии от 0,5 до 3 м перед сенсором без какие-либо датчиков фиксирующих движение.

распознавание жестов: идентификация движения пользователя посредством анализа данных с датчика Kinect для возможности управления программным обеспечением.

видеозахват движения: определение положения частей тела человека и формирование кинематической модели для возможности ее использования в системах управления жестами и 3D анимации.

CAM (Computer-Aided Manufacturing): технологии изготовления изделий на станках с ЧПУ.

CAD (Computer-Aided Design) – технологии компьютерного проектирования изделий.

Оглавление

Введение	
1. Обзор литературы	8
1.1 Актуальность	14
1.2 Методы получения 3D-изображений в медицине	16
1.2.1 MeVisLab	16
1.2.2 3D-DOCTOR	19
1.2.3 MultiVox DICOM Viewer	20
1.2.4 3D-Slicer	21
1.2.5 Drishti	23
1.2.6 VTK	24
2. Системы сопровождения хирургических операций	25
2.1 Интраоперационный мониторинг	25
2.2 Фотопротокол операции	27
2.3 Видеомониторинг операции	28
2.4 Системы motion capture	30
2.5 Безмаркерная технология видеозахвата	36
3. Материалы и методы	38
3.1 Kinect	38
3.2 Unity	41
4. Результаты	42
5. Финансовый менеджмент	51
6. Социальная ответственность	62
Заключение	72
Список публикации	73
Список использованных источников	74
Приложение А	
Приложение Б	

Введение

В настоящий момент медицина в общем и хирургия в частности движется по пути улучшения качества предоставляемых услуг.

Медицинская визуализация играет огромную роль в хирургии и за последние десятилетия она продвинулась далеко вперед. Перед началом проведения хирургической процедуры команда хирургов должна знать состояние пациента. Поэтому нужно проводить хирургическое планирование, которое предоставляет хирургу более полную информацию о пациенте и позволяет полно понять его анатомию и патологию, которое приведет к лучшим результатам и уменьшит время хирургических процедур.

Не так давно в различные области медицины началось внедрение 3D-моделирования. Благодаря таким технологиям стало возможным предоставлять лечащему врачу дополнительную диагностическую информацию, 3D-модели также начали использовать для планирования операций, что значительно облегчило работу хирургов и увеличило оперативность их действий во время хирургического вмешательства. За счёт детального планирования с использованием современных САМ/CAD (Computer-aided manufacturing/Computer-Aided Design) технологий можно значительно уменьшить негативное воздействие на пациента, за счёт уменьшения инвазивности, сокращения времени операции, а также времени восстановления после операции. Предоставляемые хирургу медицинские изображения и компьютерные модели позволяют правильно определить последовательность действий и учесть индивидуальные анатомические особенности пациента в процессе операции. Данные объекты компьютерной графики предварительно создаются при помощи специализированного программного обеспечения на основании обработки медицинских изображений пациента[1].

За счёт детального планирования операции с использованием современных компьютерных технологий можно значительно уменьшить негативное воздействие на пациента, за счёт уменьшения инвазивности, сокращения времени операции, а также времени восстановления после операции.

Уже сегодня западные ученые развивают свои исследования в этой сфере, а также используют их на практике. Так, только лишь с помощью трехмерных устройств можно распечатать специальные медицинские инструменты, которые могут стать единственным способом эффективного проведения важной операции конкретному пациенту. Помимо этого, 3D-принтер в реале раскрывает широкие перспективы для развития таких 3D-технологии в медицине. Кроме того, как показала практика, такой опыт оказался вполне успешным и вселяет надежды на позитивное развитие трехмерных технологий для других областей медицины.

Одним из самых распространенных элементов оборудования в хирургии является компьютеризированное рабочее место, которое позволяет получить доступ к медицинским изображениям до и во время операции.

Во время использования электронных медицинских записей и изображений важным является стерильность и эффективность, так как использование клавиатуры и компьютерной мыши не является достаточно стерильным. В процессе операции с техническим устройством может непосредственно контактировать несколько человек, что тоже может нарушить асептику.

3D печать обладает способностью продуцировать подобный тип модели органов и структур. Это вызвало большой интерес в области хирургического планирования среди различных хирургических специальностей. Применение 3D-печати набирает обороты в области медицины, хотя в этой области имеются ограничения и она становится простым и доступным инструментом. 3D печать является инструментом, который может помочь в различных способах и может принести результативный вклад для области хирургии. Ее

преимущества включают в себя хирургическое планирование, медицинское образование, имплантаты, протезы и другие методы применения.

С помощью более богатых внутренних возможностей Kinect, разработали намного больше наборов жестов, для увеличения функциональности, а также для взаимодействия с различными стандартизированными приложениями для просмотра DICOM изображений с открытым исходным кодом и PACS (Picture Архив и системы связи) системы. Появление наиболее функциональных наборов жестов впечатляет, но также приносит определенные проблемы.

Одной из таких проблем является понятие выразительного многообразия, а именно, сопоставление более широкого набора функциональных возможностей (плавная регулировка уровней параметра), а именно отличительной жест. В этих системах был принят ряд подходов (например, использование режимов отличия жестов, различные методы ввода, такие как речь и использование сложных жестов). Используя, на приме, режим отслеживания одной и двух рук приносит не только преимущества бимануальной взаимодействия, но также предоставляет обширный набор различных вариаций жестов. Различные комбинации, такие как одна рука, 2 руки вместе, 2 руки на расстоянии, могут быть использованы для обозначения конкретных параметров изображения, которые затем быть регулируются в соответствии с их позиционирования в плоскости x , y и Z проекций.

С большим наборов жестов вариаций жестов, возникают проблемы в освоении таких систем, в частности, новых функциональных системах. Эти системы состоят из сложных жестов, сочетающих из доминирующей и недоминирующей руки.

Таким образом, недоминирующей руки используется для выбора определенных функций или режимов в то время как доминирующие рука движется в пределах XY и Z плоскостей для непрерывного регулирования параметров изображения. Таким образом, общие жесты могут быть

применены в целом ряде различных функциональных составляющих таких систем.

Интригующей возможностью бесконтактного взаимодействия является использование распознавания голоса. Есть, конечно, некоторые признанные проблемы программного обеспечения распознавания голоса в шумных средах, таких как операционной, и, при использовании в изоляции, он не совсем подходит для манипуляции непрерывных параметров. Но что имеет важное значение в использовании голоса в этих системах, как это в сочетании с жестами модальности для достижения контроля. Таким образом, для дискретных действий и функций (например, изменяющих режим или функциональность) голосовое управление может предложить некоторые важные преимущества.

Таким образом, можно смело сказать, что 3D технологии в медицине – это перспективное направление в развитии медицинской науки, которое может спасти жизни многих людей во всем мире.

Цель работы – разработка информационной системы для планирования и сопровождения хирургических операций.

Задачи:

1. Описание процесса информационного сопровождения хирургической операции.
2. Разработка и компоновка пакетных модулей для среды Unity для составления плана операции.
3. Формирование системы жестов для управления планом операции.

1.Обзор литературы

1.1 Актуальность.

Развитие технологий медицинской визуализации привело к их активному внедрению в процесс планирования и сопровождения хирургических операций. Для предоставления результатов визуализирующей диагностики в современных операционных используются специализированные мониторы.

Представляемые хирургу медицинские изображения позволяют правильно определить последовательность действий и учесть анатомические особенности пациента в процессе оперативного вмешательства.

В процессе операции помимо исходных медицинских изображений хирург может взаимодействовать с реконструированными анатомическими 3D моделями. Эти объекты компьютерной графики предварительно создаются при помощи специализированного программного обеспечения на основании обработки медицинских изображений пациента.

Жесты – самый эффективный способ для манипулирования изображениями. Бесконтактный интерфейс может позволить хирургу непосредственно взаимодействовать с изображениями без нарушения стерильности.

Не решенной до конца задачей остается управление планом операции в условиях асептики. В большинстве случаев для увеличения, уменьшения, поворота, изменения контрастности изображения и переключения между изображениями используются стандартные устройства ввода - клавиатура и мышь. В данном проекте будут разработаны инструменты для создания плана операции и управления построенными моделями в условиях асептики на основе безмаркерного видеозахвата.[9]

Во многих случаях задачу автоматизированного трехмерного моделирования можно рассмотреть как техническую задачу и использовать для ее решения эффективные и проверенные методы и технологии компьютерной графики и системы CAD/CAE/CAM. Эти технологии можно использовать при проектировании ортезов, пластиковых фиксаторов,

применяемых вместо гипса для заживления переломов и при хронических заболеваниях суставов.

Современные компьютерные технологии позволяют создавать (проектировать) трехмерные компьютерные модели самых разнообразных и необходимых в жизни вещей. И, более того, изготавливать их на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Речь идет о так называемых технологиях САМ/ САД. Созданная компьютерная 3D модель изделия может быть передана на станок с ЧПУ для ее автоматизированного изготовления.[7]

CAD (Computer Aided Design) – технологии компьютерного проектирования изделий.

САМ (Computer Aided Machinery) - технологии изготовления изделий на станках с ЧПУ.[5]

Процесс диагностики, лечения, хирургического вмешательства, с использованием 3D-визуализации, в настоящее время состоит из следующих этапов:

1. Исследование пациента – клинические анализы и начальная диагностика;
2. Уточненная диагностика на базе методов лучевой диагностики;
3. Визуализация патологии и создание 3D-моделей анатомических структур пациента;
4. Планирование лечения, акушерской тактики, оперативного вмешательства, изготовление инструмента и оснастки для выполнения операций;
5. Выполнение операции, интраоперационное сопровождение и фиксация хода операции;
6. Оценка результатов и принятие решения о дальнейших действиях по реабилитации пациента.

3D - визуализация обычно используется для решения задач со второго до пятого этапа. В основе 3D – визуализации лежит инженерный анализ (reverse engineering). Инженерный анализ – это способ получения трехмерных

данных в компьютеризированной форме из физических моделей или продуктов. Он имеет явные преимущества в смысле сокращения времени прохождения продукта от стадии проектирования до конечного результата. Процесс инженерного анализа состоит из 2х фаз: оцифровка, или измерение объекта, и трехмерное моделирование объекта на основе данных оцифровки. Поверхности, определенные по данным оцифровки, обрабатываются и превращаются в твердотельную модель, которую необходимо экспортировать в STL, либо OBJ файл.

1.2 Методы получения 3D-изображений в медицине.

1.2.1 MeVisLab

MeVisLab (2004/2007, Германия, [22]) MeVisLab – это платформа для обработки изображений исследований и развития с акцентом на медицинской визуализации, которая позволяет быстро интегрировать и тестировать новые алгоритмы, разработку прототипов приложений, используемые в клинических условиях. MeVisLab состоит из передовых медицинских модулей визуализации для сегментации, регистрации, волнометрии и количественного морфологического и функционального анализа. На основе MeVisLab было реализовано несколько клинических прототипов, в том числе программное обеспечение для помощи в нейро-визуализации, динамическом анализе изображений, операции планирования и анализа сосудов. MeVisLab применяется в различных спектрах медицинских и клинических исследований, в том числе планирование операции на печени, голове, легких, шее и других областей тела; анализ динамики, контрастность расширения груди и предстательной железы на снимках, полученных с МРТ, количественный анализ неврологических и сердечнососудистой серии изображений. Также MeVisLab используют в качестве учебного и тренировочного инструмента для обработки изображений (как общих, так и медицинских), а также методов визуализации. Реализация MeVisLab

использует ряд известных библиотек и технологий, главным образом структуру приложений Qt, визуализацию и взаимодействия инструментальных средств Open Inventor, скриптовый язык Python, а также графический стандарт OpenGL.

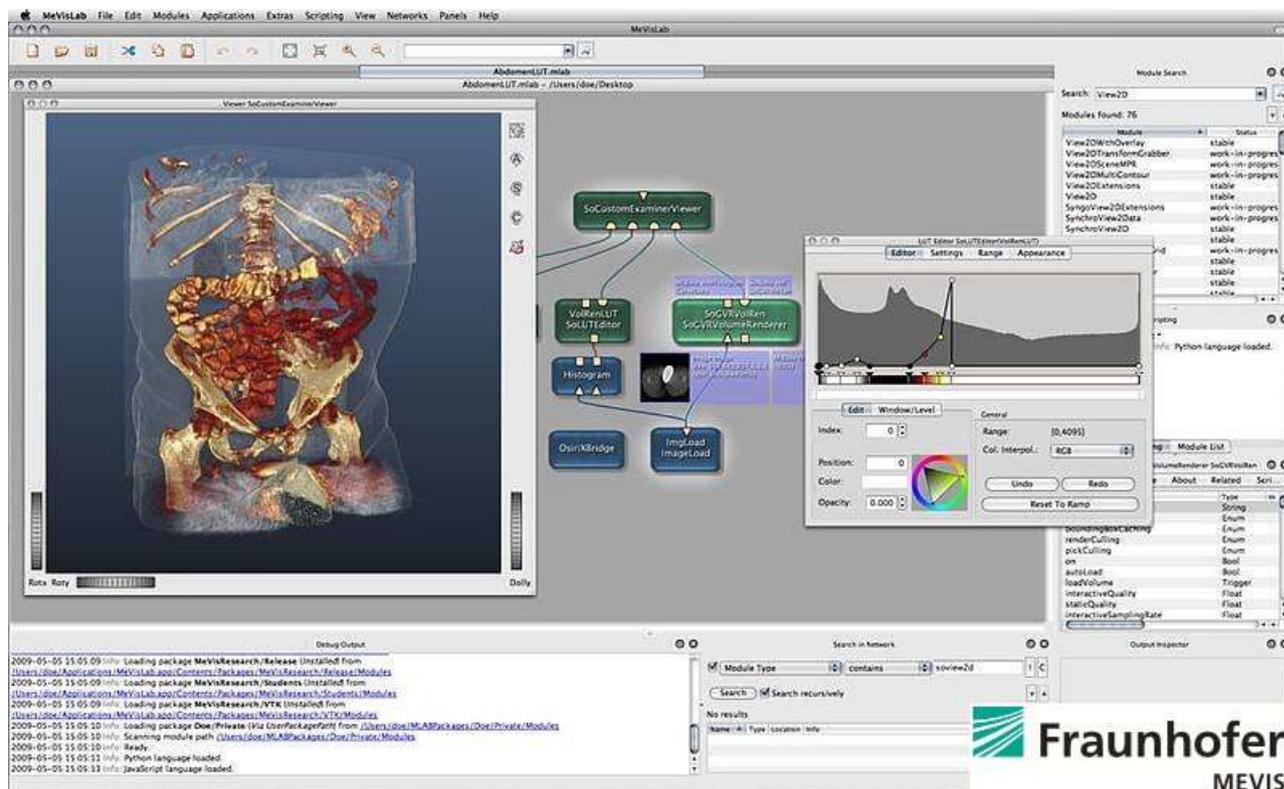


Рисунок 1. Окно MeVisLab

MeVisLab – с акцентом на медицину гибкое и простое в управлении средство для обработки изображений и визуализации:

- возможность работать с шестимерными изображениями и изображениями большого размера, (x, y, z, цвет, время, параметр пользователя);
- разработка алгоритмов модульного принципа;
- эффективные приемы визуального моделирования;
- быстрая и легкая интеграция в клинических условиях благодаря стандартному интерфейсу; высокая производительность.[20]

MeVisLab использует передовые медицинские модули визуализации для сегментации, регистрации, количественных морфологических оценок и

функционального анализа помимо графического подхода к программированию и общих алгоритмов обработки изображений. MeVisLab состоит из ряда известных сторонних библиотек и технологий, например Framework, набор инструментов Open Inventor, скриптовый язык Python и графику OpenGL, а также модули на базе Insight ToolKit (ITK) и Visualization ToolKit (VTK). В MeVisLab можно работать на трех уровнях:

1. Визуальный уровень: в области программирования не требует предварительных знаний (принцип «подключи и работай»): индивидуальная обработка изображений, взаимодействие модулей, объединенных в комплекс для визуализации изображений.

2. Сценарии: создание модулей и приложений, макросов, которые основаны на JavaScript или Python. В сценарий добавляются компоненты для реализации динамических функций и пользовательского интерфейса.

3. Программирование модулей: новые алгоритмы легко интегрируются с использованием модульной, независимой от платформы C++ библиотеки.

Иерархические и абстрактные сети MeVisLab Definition Language (MDL) позволяют спроектировать эффективный графический пользовательский интерфейс, скрывая при этом сложность от конечного пользователя. Разработка приложений будет выглядеть так:

1. Подключение существующих модулей или разработка новых.
2. Сборка пользовательского графического интерфейса (GUI).
3. Макросы для сложных функций.
4. Скрипты для управления сетями, графическими интерфейсами и макросами.
5. Сборка установки (при наличии специальной лицензии ADK).

В MeVisLab алгоритмы представлены как сеть модулей, соединенных разными способами. Как минимум обработка изображений - это источник изображения, алгоритм обработки изображений и просмотр результата.

Возможности:

- Основные алгоритмы обработки изображения и передовые медицинские модули визуализации
- Полнофункциональная, гибкая визуализация 2D/3D и взаимодействие инструментов
- Высокая производительность для больших наборов данных
- Модульные, расширяемые C++ библиотеки обработки изображений
- Графическое программирование сложных иерархических модульных сетей
- Объектно-ориентированный графический интерфейс определения и сценариев
- Полные функциональные возможности сценариев с использованием Python и JavaScript
- Поддержка DICOM и интеграция PACS
- Интуитивно понятный пользовательский интерфейс
- Кросс-платформенная поддержка для Windows, Linux и MacOS X
- Доступна версия для 64-битных операционных систем

1.2.2 3D-DOCTOR

3D-DOCTOR (1998/2008, США, [21]) 3D-Doctor – передовая программа 3D-моделирования для обработки изображений, для измерений, снимаемых с ПЭТ, МРТ, КТ, микроскопии, научных и промышленных применений визуализации. В реальном времени 3D-ДОКТОР создает 3D модели поверхности и 2D сечения изображения на компьютере. 3D-ДОКТОР является одобренным FDA (Американская организация, контролирующая продовольствие и медикаменты) для 3D-приложений и медицинской визуализации. Она была названа Лучшей программой 3D обработки изображений на научной конференции посвященной вычислениям и

приборостроению «Magazine» в 2002 году, а в 2000 году попала в ежегодный выпуск технологических лидеров. 3D-ДОКТОР в настоящее время используется в ведущих больницах, медицинских учебных заведениях и научных организациях по всему миру.[20]

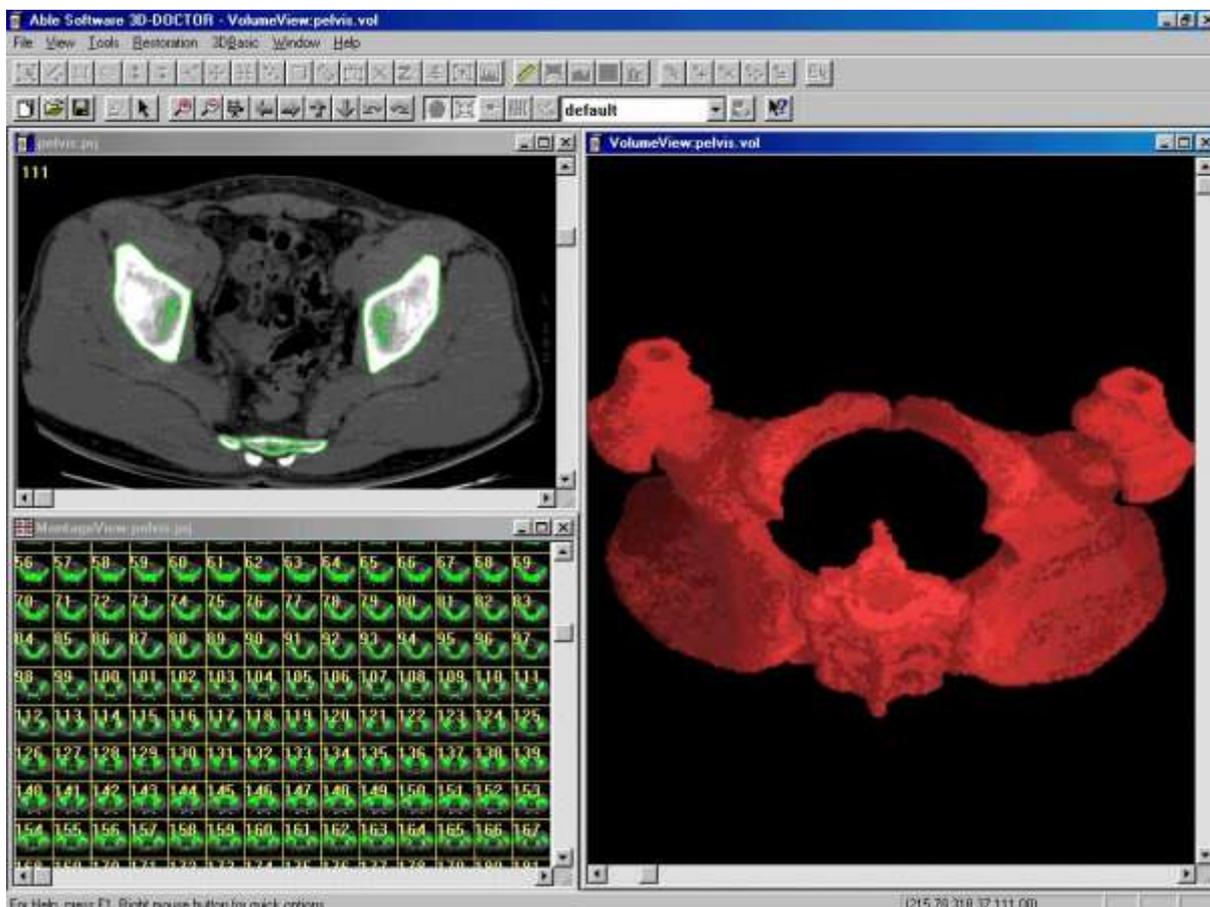


Рисунок 2. Окно программы 3D-DOCTOR

1.2.3 MultiVox DICOM Viewer

MultiVox DICOM Viewer (1999, Россия, [23]) MultiVox служит для автоматизации работы службы лучевой диагностики медицинских учреждений в целом и/или отдельных подразделений и кабинетов при профилактических и диагностических обследованиях, для проведения различных исследований, а также для планирования хирургических вмешательств. MultiVox - (RIS/PACS) система, полностью разработанная и

выпускаемая в России. В трехмерном режиме МРС обеспечивает: изометрической проекции 3D-изображения в градациях серого при полной отрисовке и с проекцией максимальной интенсивности; изометрической проекции 3D массива и сегментированных объектов в псевдоцветах с возможностью включения / выключения визуализации отдельных объектов и с возможностью наложения текстуры (градаций серого); измерение объемов сегментированных объектов удаление/редактирование сегментированных объектов полупрозрачное представление серошкального массива с раскрашиванием псевдоцветами; полупрозрачное представление сегментированных объектов.[20]



Рисунок 3. Окно программы MultiVox

1.2.4 3D-Slicer

3D-Slicer – свободный общедоступный пакетом программ для анализа изображений и научных визуализаций. 3D-Slicer можно использовать во множестве медицинских исследований, а также его можно легко расширить для более интерактивных инструментов и инструментов пакетной обработки данных. У 3D-Slicer открытая лицензия, которая не имеет никаких

ограничений в использовании программного обеспечения. Тем не менее, никакие претензии не принимаются на программное обеспечение, которое полезно для любой конкретной задачи. Это полностью возлагается на пользователя для обеспечения соблюдения местных норм и правил. 3D-Slicer может быть легко расширен для развития интерактивных и пакетных инструментов обработки для различных приложений. 3D-Slicer может обеспечивать регистрацию изображений, интерфейс для внешних устройств, GPU с поддержкой объема, наряду с другими возможностями, обработку DTI (диффузионная трактография). 3D Slicer имеет модульную организацию,

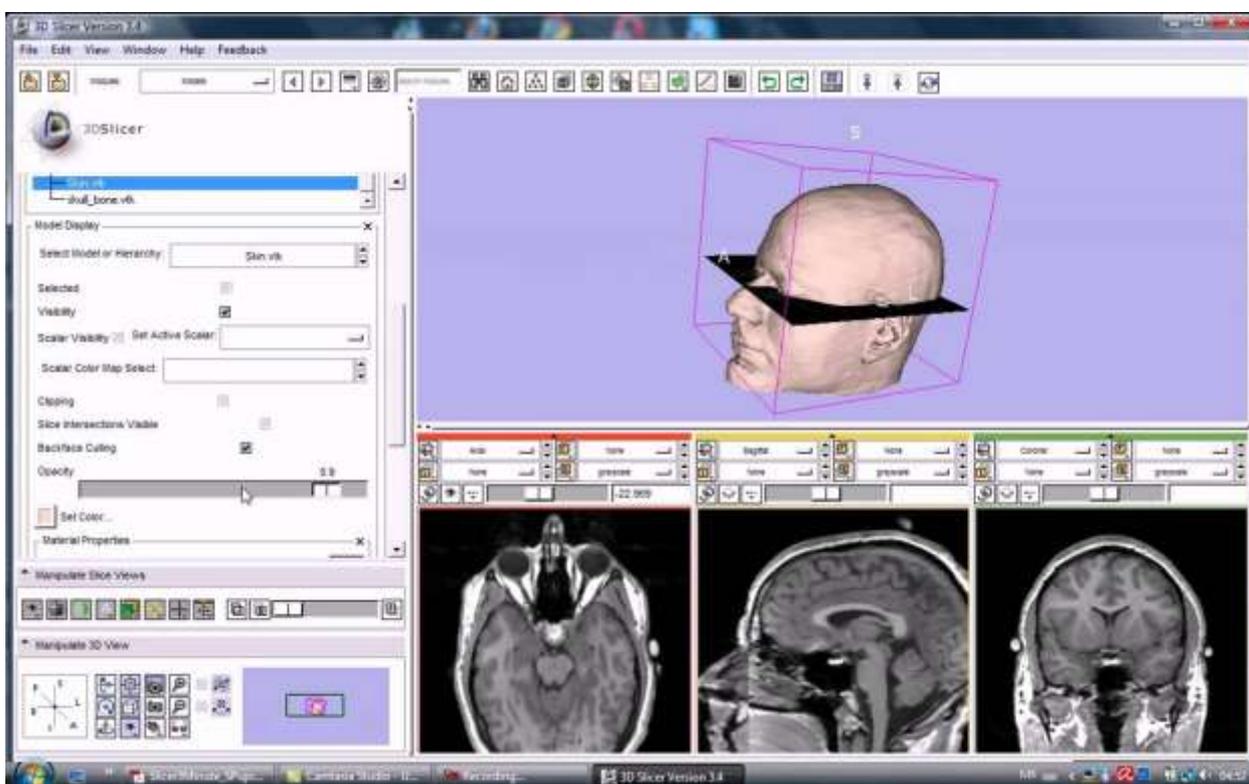


Рисунок 4. Окно программы 3D-Slicer

которая позволяет легко добавлять новые функциональные возможности и предоставляет ряд общих возможностей, не доступных в конкурирующих инструментах.

Интерактивные возможности визуализации 3D-Slicer включают в себя возможность отображения произвольно ориентированных кусочков изображения, создание поверхности и высокую производительность визуализации объема. 3D-Slicer также поддерживает широкий набор

аннотаций Slicer составлен для использования на различных платформах, включая Windows, Linux и Mac OS X. [20],[24].

1.2.5 Drishti

Drishti 2.0 (2004, Австралия, [19]) Drishti (что означает «видение» или «понимание» на санскрите) является мульти-платформу с открытым исходным кодом исследования объема и презентация инструмента. Она была написана для визуализации данных томография, электронно-микроскопических данных и так далее. Он призван облегчить понимание набора данных. Он был использован в CSIRO для различных целей, таких как объемный визуализации различных данных компьютерной томографии. Drishti предоставляет ряд возможностей, которые могли бы потребовать нескольких отдельных программ визуализации объема или которые просто не доступны вместе в других программах, а именно: 2D функции передачи (или справочные таблицы): В дополнение (или вместо) границы, Drishti позволяет пользователям применять функции передачи по «плотности» или «значению», а также градиент. отсечение: удалить некоторые области пространства с набором данных. [20]

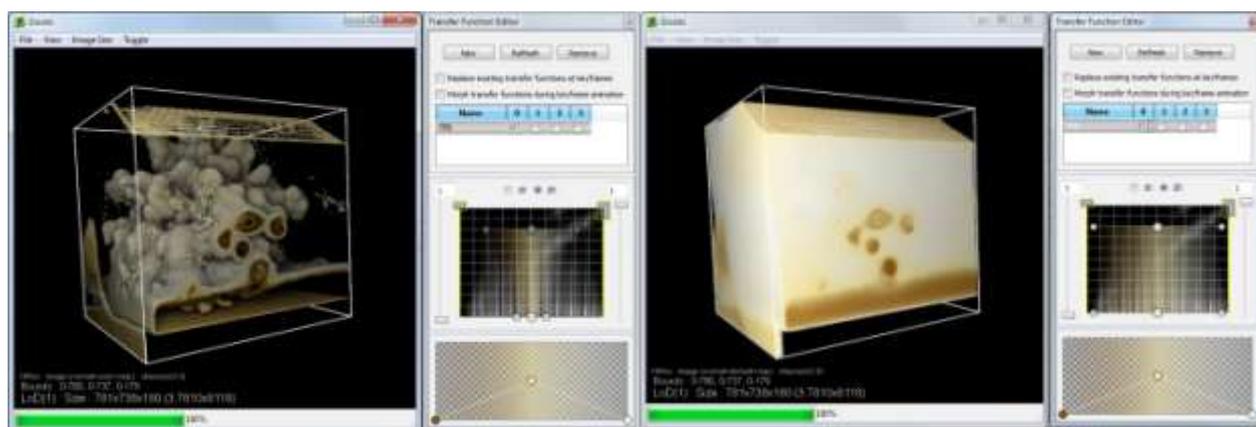


Рисунок 5. Окна программы Drishti

1.2.6 VTK

VTK (1993/2005, США, [16]) Visualization Toolkit (ВТК) - программное обеспечение в свободном доступе с открытым исходным кодом, предназначено для 3D графики, моделирования и обработки изображений, научной визуализации и визуализации информации. ВТК также включает в себя вспомогательную поддержку 3D виджетов взаимодействия, двух-и трехмерных аннотаций и параллельных вычислений. По своей сути ВТК реализован на C++, требующий от пользователей комбинирования различных предметов в приложении. [20], [16].

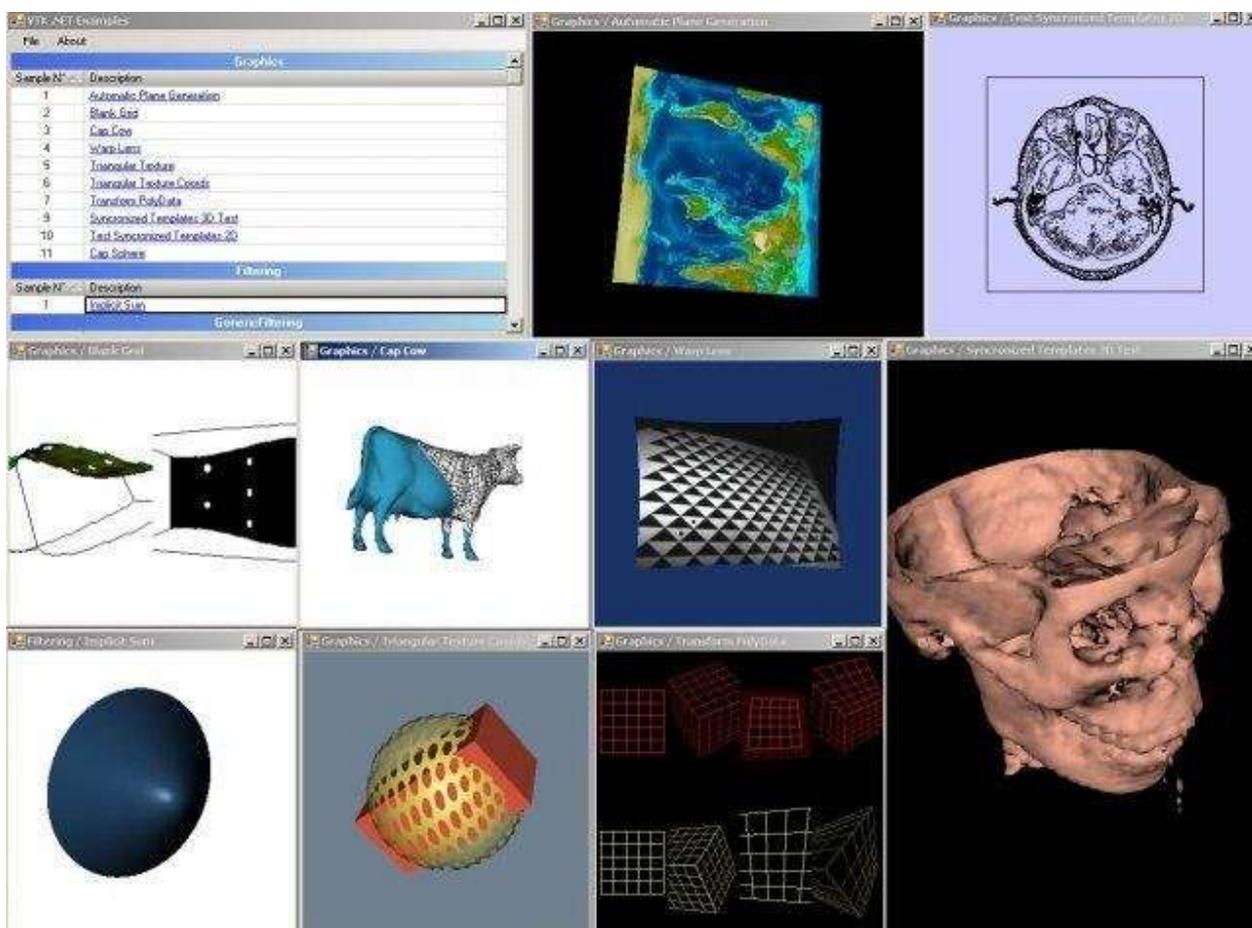


Рисунок 6. Окно программы Visualization Toolkit

2. Системы сопровождения хирургических операций.

2.1 Интраоперационный мониторинг

Со временем отмечается бурный прогресс вычислительной техники. С высокой скоростью сменяются поколения компьютеров, постоянно увеличивается их мощность (удвоение приблизительно через 2 года), разрабатывают и осваивают отвечающие новым аппаратным системам математическое обеспечение, которое позволяет увеличить возможности компьютерных систем. Применение компьютерных технологий стало однообразным для цифровой обработки фото- и аудиоинформации. Практика объединения компьютеров в сети становится повсеместной, что позволяет пользователям обмениваться компьютерной информацией, накапливать ее в общей памяти системы, формируя при этом базы данных (индивидуальные и общие), работа с которыми производится под управлением мощных специализированных пакетов программ (СУБД) с доступом к цифровым данным фактически с любого компьютера сети.

Не обошли и медицинские организации всеобщая компьютеризация и использование сетевых компьютерных технологий.

Автоматизация информационной деятельности увеличивает производительность и улучшает условия работы. Преимущества сетевых компьютерных технологий особенно очевидны при их использовании для формирования автоматизированных систем управления технологическими процессами, работающих в режиме с непосредственным вводом данных измерения в компьютер и в реальном масштабе времени.

Для организации мониторинга состояния оперируемых в отделе кардиохирургии применяются компьютерные системы этого типа. Мониторно - компьютерные системы (МКС) всех четырех операционных отдела образуют с несколькими технологическими машинами,

установленными вне операционных, локальную сеть, являющуюся составной частью общей компьютерной сети.



Рисунок 7. Локальная компьютерная сеть МКС

Данные измерений непрерывно обрабатываются в процессе операции, а результаты обработки предоставляются для анализа анестезиологу ведущему операцию и совместно с вводимой с клавиатуры информацией, комментирующей ход анестезии остаются в памяти компьютера.

Информация базы данных, накопленная по результатам компьютерного сопровождения операций доступна для исследования на любом компьютере общей сети центра.

Анализ можно проводить не только специализированными программами просмотра данных, входящими в конкретно разработанный для этого пакет программ, но и с помощью универсальных пакетов программ, обычно входящих в состав программного обеспечения современных РС (например, MS OFFICE).

Обеспечить мониторинг состояния оперируемых пациентов и в операционной, и с помощью компьютеров общей сети, установленных в других помещениях центра позволило применение сетевых технологий.

Специалист у удаленного РС, в реальном времени имеет информацию о динамике показателей состояния оперируемого больного. Говорить об организации необходимых условий работы в режиме телемониторинга пациентов позволяет возможность работы с удаленным доступом к данным о текущем состоянии больных (например, в варианте “внешний консультант - врач в операционной”).

Врач просматривает информацию о динамике показателей состояния оперируемого больного, находящегося пока в операционной.

Доступ к данным ограничен территорией центра и компьютерами сети из-за высокой степени специализации установленного программного обеспечения. Например, с использованием компьютеров установленных у сотрудников центра дома, или в других лечебных учреждениях возможна работа на больших расстояниях, лишь при использовании специальных систем компьютерной связи и соответствующего обеспечения.

2.2 Фотопротокол операции

С использованием цифровых камер в хирургических операционных проводилась система сбора, редактирования и архивирования собираемой информации.

Во время операции хирург или его нестерильный помощник с использованием стерильного бокса делают снимки. По завершении операции в память центрального сервера из камеры перезаписывается видеофайл операции.

Затем, после цифровой обработки, видеoinформация используется врачами, при составлении протокола операции, а также в научной работе и для создания еженедельных отчетов руководителей хирургических отделений.



Рисунок 8. Сбор и передача информации фотопротокола

2.3 Видеомониторинг операции

По одному больному представленный выше пример способа отображения данных не является единственным. Были проведены работы освоения оборудования и матобеспечения, позволяющие расширить состав типов информации, привлекаемые к компьютерному обслуживанию хирургических операций - введение в постоянную практику цифрового видео и даже видеомониторинга.

Впервые с применением компьютерного видеомониторинга ведения операции навели на мысль о практической схеме данной процедуры.

Видеокамера располагаемая над операционным полем обеспечивает видеомониторинг передаваемым видеосигналом в сеть через компьютер. Видеопротокол операции образуется рядом регулярно захваченных видеокадров (например, через 30 секунд), где отражаются не только достижения хирурга (что мы видели и раньше), а также его ошибки. В конце операции несложной процедурой компьютерного видеомонтажа выделенные видеокадры формируются в слайд-фильм, отражающий главные этапы операции (как вариант фотопротокола операции).

В настоящее время система компьютерного видеомониторинга позволяет отслеживать операцию в реальном времени с любого компьютера, подключенного к локальной сети ПК. Система использовалась для видеомониторинга сложных оперативных вмешательств, а также для целей телеконсультации.

В операционной должна быть установлена компьютерная система с ресурсами обеспечивающими:

- ведение собственно компьютерного мониторинга пациента (сбор и обработку данных измерений, отображение результатов обработки собранной информации, ведение анестезиологической карты)
- поддержку видеомониторинга (с ведением видеопотокола)
- общение с базами данных (тексты, видео, аудио)
- возможности ведения телеконференций для обеспечения консультаций со внешними консультантами.

Эта интраоперационная система должна работать в компьютерной сети медицинского учреждения, также должны быть обеспечены соответствующие условия работы данной системы с внешними компьютерными сетями.

Построенные на базе современных сетевых информационных технологий компьютеризированные медицинских систем, позволяют пользователю иметь удобный доступ к большим объемам данных разнообразных видов с минимальными затратами времени и практически без ограничения расстояний - реальная основа развития телемедицины. Однако, для положительного результата требуется активная и совместная работа медицинских и технических работников.

Реальная телемедицина невозможна без дальнейшего развития и стимулирования работ, позволяющих создать системы, которые обеспечивают накопление информации с любого рабочего места в электронном виде в едином месте хранения. Для клинического использования эта информация должна быть доступна врачам, ведь

телемедицинская консультация осуществляется со своего компьютеризированного рабочего места с использованием общепринятых стандартов. Только тогда врачи смогут совместно проводить функциональные исследования, анестезию, а опытный хирург нашего центра консультировать коллегу из различных регионов.

2.4 Системы motion capture

Маркерная система motion capture использует специальное оборудование. На человека надевают костюм с датчиками, который производит движения, требуемые по сценарию, встаёт в условленные позы, имитирует действия; данные с датчиков фиксируются камерами и поступают в компьютер, они сводятся в единую трёхмерную модель, очень точно воспроизводя движения актёра, на основе которой затем (или в режиме реального времени) создаётся анимация персонажа. Также этим методом воспроизводится мимика актёра (в этом случае на его лице расположены маркеры, которые позволяют фиксировать основные мимические движения).

Безмаркерная технология не требует специального костюма или специальных датчиков. Эта технология основана на распознавании образов и технологиях компьютерного зрения. Актер может сниматься в обычной одежде, сильно ускоряющей подготовку к съемкам и позволяющей снимать сложные движения (борьба, падения, прыжки, и т. п.) без риска повреждения датчиков или маркеров. Существует несколько практически применимых безмаркерных систем разработанных в последние годы, однако, исследования подобной технологии проводятся уже долгое время[1]. На сегодняшний день для класса безмаркерного захвата движений существует много «настолевого» программного обеспечения. В данном случае не требуется специального оборудования, специального освещения и пространства.

С помощью обычной камеры (или веб-камеры) и персонального компьютера производится съёмка.

В настоящее время существует очень большое количество маркерных систем захвата движений. Различаются они лишь в принципе передачи движений[6]:

1. **Оптические пассивные.** В комплект костюма этой системы, прикрепляю пассивные датчики-маркеры (они отражают только посланный на них свет, но сами не светятся). В этих системах инфракрасный свет посылается на маркеры с установленных на высокочастотных камерах стробоскопов и отражаясь от маркеров, попадает обратно в объектив камеры и сообщает позицию маркера.

Минус оптических пассивных систем:

- Длительность размещения маркеров на человеке
- При быстром движении или близком расположении маркеров друг к другу система может их путать (технология не предусматривает идентификацию каждого маркера)

1. **Оптические активные** названы так потому, что вместо светоотражающих маркеров прикрепляемых к костюму человека, в них применяются светодиоды с интегрированными процессорами и радиосинхронизацией. Каждому светодиоду назначается идентификатор, который позволяет системе различать маркеры, а также узнавать их, после перекрытия и очередного появления в поле зрения камер. Во остальном принцип работы этих систем похож на пассивные системы.

Минусы активных систем:

- Отсутствие возможности захвата движений и мимики лица
 - Дополнительный контроллер, крепящийся к человеку и подключенный к маркерам-светодиодам, сковывающий его движения
 - Хрупкость и относительно высокая стоимость маркеров-светодиодов
2. **Магнитные системы**, в которых маркерами являются магниты, а камерами — ресиверы, система высчитывает их позиции по искажениям магнитного потока.

Минусы магнитных систем:

- Магнитные системы подвержены магнитным и электрическим помехам от металлических предметов и окружения (электропроводки помещения, оргтехники, арматуры в плитах строения).
- Переменчивая чувствительность сенсоров в зависимости от их положения в рабочей зоне.
- Меньшая по сравнению с оптическими системами рабочая зона.
- Отсутствие возможности захвата движений и мимики лица.
- Дополнительный контроллер, прикреплённый к актёру и подключенный к магнитным маркерам, или даже связка проводов, тянущаяся от актёра к компьютеру.
- Высокая стоимость магнитных маркеров.

3. **Механические системы** напрямую следят за сгибами суставов, для этого на актёра надевается специальный механический мосар-скелет, повторяющий за ним все движения. В компьютер поступают данные об углах сгибов всех суставов.

Минусы механических систем:

- Мосар-скелет сильно ограничивают движения актёра, так как дополнительным контроллером, прикрепляется к человеку и подключенным к сенсорам сгибов, а в некоторых случаях это касается и проводов, тянущихся от скелета.
- Отсутствие возможности захвата:
- Движений и мимики лица
- Движений тесного взаимодействия двух и более человек (борьба, танцы с поддержками и т. д.)
- Движений на полу — кувырки, падения и т. д.
- Риск поломки механики при неосторожном использовании.

4. **Гироскопические / инерциальные системы** для получения информации о движении используются миниатюрные гироскопы и

инерциальные сенсоры, которые расположены на теле человека — также как и маркеры или магниты в других тосар-системах. Данные с гироскопов и сенсоров поступают в компьютер, где и происходит их обработка и запись. Система определяет не только положение сенсора, но также угол его наклона.[8]

Минусы гироскопических / инерциальных систем:

- Отсутствие возможности захвата движений и мимики лица.
- Дополнительный контроллер, прикреплённый к актёру и подключенный к магнитным маркерам, или даже связка проводов, тянущаяся от актёра к компьютеру.
- Высокая стоимость гироскопов и инерциальных сенсоров.
- Для определения положения человека в пространстве нужна дополнительная мини-система (оптическая или магнитная)[6].

Очень важным этапом в развитии области медицины, такой как телемедицина, задачей которой является организация возможности проведения различных операций в удалённом режиме - расширение технологий видеозахвата движения. Далеко не у каждого города существует полный состав квалифицированных врачей, необходимый для осуществления операций возможных типов. Анализ человека при помощи систем видеозахвата движения предоставляет большие преимущества и в спорте. Так, с использованием захвата движения, можно без применения неудобных и порой затрудняющих движения устройств получать данные об углах в суставах, ускорении, моментах, силах и эластичности, деформации, позах, балансировке тела и других параметрах. Кроме того, можно исследовать влияние психологических факторов, к примеру, шум зрительного зала. Применение систем захвата движения позволяет создать банк данных поз и шаблонов движений при выполнении определённых действий. По этим данным система захвата движения совместно с экспертной группой может вырабатывать рекомендации по коррекции

исполнения техник, а также оценивать точность их выполнения человеком.

Данный метод проведения тренировок можно использовать как тренером в процессе обучения, так и самим обучаемым для самоконтроля в его постоянной практике. С использованием такой системы возможно решение задачи объективного первоначального обследования ограничений движения каждого конкретного человека, например, гибкости отдельных частей тела. Упрощается анализ механизмов образования травм, а также их предотвращение. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что разработка и внедрение системы видеозахвата движения предоставляет множество преимуществ и дает развиваться на качественно новом уровне многим медицинским технологиям. Необходимым набором функций и технических характеристик для создания ключевого узла системы видеозахвата движения, камеры, обладает линейка высокоскоростных КМОП-матриц CMOSIS CMV разрешением от VGA для бюджетных систем, до 20Мп в Hi-End оборудовании. Получаемое на выходе изображение не требует дальнейшей обработки и полностью готово для извлечения необходимой информации о протекающих изменениях в положении регистрируемых объектов. Не позволят ускользнуть ни одной детали даже в самых сложных эксплуатационных условиях низкий уровень шумов и кадровый затвор, а легкость интеграции позволит сконцентрироваться на подготовке программного обеспечения и проработке общих эксплуатационных черт будущего изделия, не обращая внимания на взаимодействие матрицы с другими частями системы.



Рисунок 9. Информационное сопровождение хирургической операции

Информационное сопровождение хирургической операции осуществляется поэтапно (Рис. 9.):

1. Обследование пациента при помощи визуализирующих методов диагностики
2. Реконструкция анатомических моделей с использованием исходных диагностических данных
3. Разработка плана операции, создание интерфейса пользователя

Разрабатываемый подход к управлению планом операции должен работать, как единая система интегрирующая возможность переключения между различными этапами плана, а также изменения отображения информации с использованием безмаркерного захвата движений

Сформулируем требования, которым должен отвечать пакет компоновки сцен:

1. Возможность с нуля создать трехмерную модель любой сложности и возможность импорта готовой модели;
2. Возможность создать трехмерную сцену используя модели пакета Blender, 3DSlicer;
3. Поддержка устройства ввода Microsoft Kinect.

На момент начала этой работы всем этим требованиям отвечал только пакет Unity3d – игровой движок и редактор трехмерных сцен. Unity3d позволяет нам создавать трехмерные сцены достаточной сложности, используя модели в формате пакета Blender и 3DSlicer и создавать исполняемые файлы.

2.5 Безмаркерная технология видеозахвата.

Не требует специальных датчиков или специального костюма безмаркерная технология, основанная на технологиях распознании образов. Считают, что безмаркерные системы с технической точки зрения прогрессивнее так как технологии, лежащие в их основе, более сложные и наукоёмкие. Компьютер должен отличать левую и правую стороны персонажа, а бликующие поверхности (например, блестящая ткань), способные сбить безмаркерные системы с толку, они требуют полноценного машинного зрения. Рассветом эры безмаркерного захвата стал конец 2010, когда в свет вышло революционное изобретение компании Primesense – микрочип, который в сочетании с инфракрасным проектором и камерой позволяет захватывать движение человека и интерпретировать жесты в данные, которые возможно применить к управлению электронными устройствами.

Первым шагом автоматического моделирования тела человека на основе безмаркерного захвата движения является создание базы данных сканов человека с различных ракурсов с помощью нескольких камер. На основе этой базы строится трехмерная морфинг-модель. Далее, в процессе трекинга, от каждой камеры поступают данные в качестве силуэтов наблюдаемого человека. После чего происходит сопоставление 2D-изображений (силуэтов) и 3D-модели и тем самым, минимизация ошибки моделирования.

Американская компания Organic motion представляет программный пакет BioStage, предназначенный для пациентов с проблемами двигательной

активности, страдающих такими болезнями как церебральный паралич, болезнь Паркинсона, инсульт, аутизм, гиперкинезы, повреждение головного или спинного мозга и другие нервно-мышечные проблемы. Захват движения помогает врачу не только в принятии решения перед операцией или назначением терапией, но также позволяет терапевту контролировать процесс реабилитации в послеоперационный период. Данная система может быть использована в следующих целях: оценка походки и позы человека, оценка качества движения в спортивной медицине, в неврологических и ортопедических целях.



Рисунок 10. Программный пакет BioStage

С помощью программы BioStage можно отобразить до 23 костей скелета в 3D формате. При этом автокалибровка достигается за секунды, изображение формируется в режиме реального времени, метод является безопасным и неинвазивным.

Применение:

- Захват движения камеры для дальнейшего совмещения отснятого видео с 3D эффектами, 3D персонажами.
- Захват движения или мимики актера для переноса на 3D персонажей, с дальнейшей визуализацией этого персонажа либо непосредственно в 3D среде, либо для сведения с видео.
- Захват движения используемого для переноса сложных взаимодействий. Например, если 3D персонаж должен смахнуть со стола множество объектов для последующего монтажа на видео и при этом еще должен сломать сам стол, то такое легче снять с захватом движения, чем создавать 3D-анимацию на компьютере.
- Для съемки актёров непосредственно на зелёном или синем фоне для дальнейшей замены данного фона на нарисованный фотореалистичный фон или 3D сцену.

3. Материалы и методы.

3.1 Kinect.

Появление технологии безмаркерного видеозахвата позволяет реализовать недорогие системы управления изображениями. Наиболее часто для этой цели используется сенсор Microsoft Kinect - бесконтактный сенсорный игровой контроллер, разработанный фирмой Microsoft для игровой консоли Xbox 360, позднее был адаптирован для компьютеров под управлением ОС Windows. Состоит из аппаратной и программной части.

Kinect[3] (ранее Project Natal) — является бесконтактным сенсорным игровым контроллером, первоначально представленным для консоли Xbox 360, и позднее для персональных компьютеров под управлением ОС Windows разработанного фирмой Microsoft. Kinect основан на добавлении периферийного устройства к игровой приставке Xbox 360, позволяющий

пользователю взаимодействовать с ней через устные команды, позы тела и показываемые объекты или рисунки без помощи контактного игрового контроллера. Цель проекта — увеличение числа пользователей Xbox 360. Kinect для консоли Xbox впервые был представлен 1 июня 2009 года на выставке E. Для версии Windows поставки были начаты 1 февраля 2012 года[3].



Рисунок 11. Камера Kinect

Kinect — это горизонтально расположенная коробка на небольшом круглом основании, помещенная над или под экраном[3]. Размеры ее аппаратной части составляют примерно в длину - 23 см, а в высоту 4 см. Kinect включает в себя инфракрасный проектор, инфракрасный приемник, цветную камеру и набор микрофонов. Инфракрасный проектор (IR Emitter) — излучает лучи в инфракрасном диапазоне, которые отражаясь от объектов попадают в инфракрасный приемник (IR Depth Sensor); Инфракрасный приемник (IR Depth Sensor) — регистрирует отраженные инфракрасные лучи и определяет расстояние от датчика до объектов создавая матрицу расстояний. Максимальное разрешение 640x480 при 30 кадрах в секунду; Цветная камера (Color Sensor) — захватывает видео с разрешением 1280x960 при 12 кадрах в секунду. Вертикальный угол обзора 43°, горизонтальный -- 57°. Формат картинка может быть RGB или YUV. Набор микрофонов

(Microphone Array) – четыре микрофона которые могут производить локализацию звука (т.е. определять его источник) и подавление шумов. Привод наклона (Tilt Motor) – механический привод, который дает возможность программно корректировать наклон устройства по вертикальной оси в диапазоне $\pm 27^\circ$



Рисунок 12. Камера Kinect

Программная часть позволяет полностью распознавать трехмерные движения тела (Skeletal Tracking), мимику лица (Face Tracking) и речь (Speech Recognition). Для доступа к возможностям устройства используется специальный инструментарий разработчика Kinect for Windows SDK.

Датчик глубины: при любом естественном освещении инфракрасный проектор, объединенный с монохромной КМОП-матрицей, позволяющий датчику Kinect получать трёхмерное изображение.

Автоматически калибровать датчик с учётом условий игры и окружающих условий, например мебели, находящейся в комнате позволяет диапазон глубины и программа проекта.

3.2 Unity.

Unity — это инструмент для разработки двух - и трёхмерных приложений и игр, который работает под операционными системами Windows, OS X. Приложения, создаваемые с помощью Unity работают под операционными системами Windows, OS X, Windows Phone, Android, Apple iOS, Linux[1], а также на игровых приставках Wii, PlayStation 3, PlayStation 4, Xbox 360, Xbox One. Есть возможность создавать приложения для запуска в браузерах с помощью специального подключаемого модуля Unity (Unity Web Player), а также с помощью реализации технологии WebGL. Ранее была экспериментальная поддержка реализации проектов в рамках модуля Adobe Flash Player, но позже команда разработчиков Unity приняла сложное решение по отказу от этого.[15]



Рисунок 13. Окно программы Unity

Приложения, создаваемые с помощью Unity, поддерживают DirectX и OpenGL. Движок активно используется как крупными разработчиками (Blizzard, EA, QuartSoft, Ubisoft[5]), так и разработчиками Indie-игр

(например, ремейк Мор. Утопия (Pathologic), Kerbal Space Program, Slender: The Eight Pages, Slender: The Arrival, Surgeon Simulator 2013, Baeklyse Apps: Guess the actor и т. п.) так как версия является бесплатной, имеет удобный интерфейс и довольно проста в работе с движком.

4. Результаты

Разработаны и скомпонованы пакетные модули для среды Unity3d позволяющие составлять план операции. Определен набор жестов для управления планом операции.

Далее представлены жесты используемые в данном приложении для сопровождения хирургических операций.

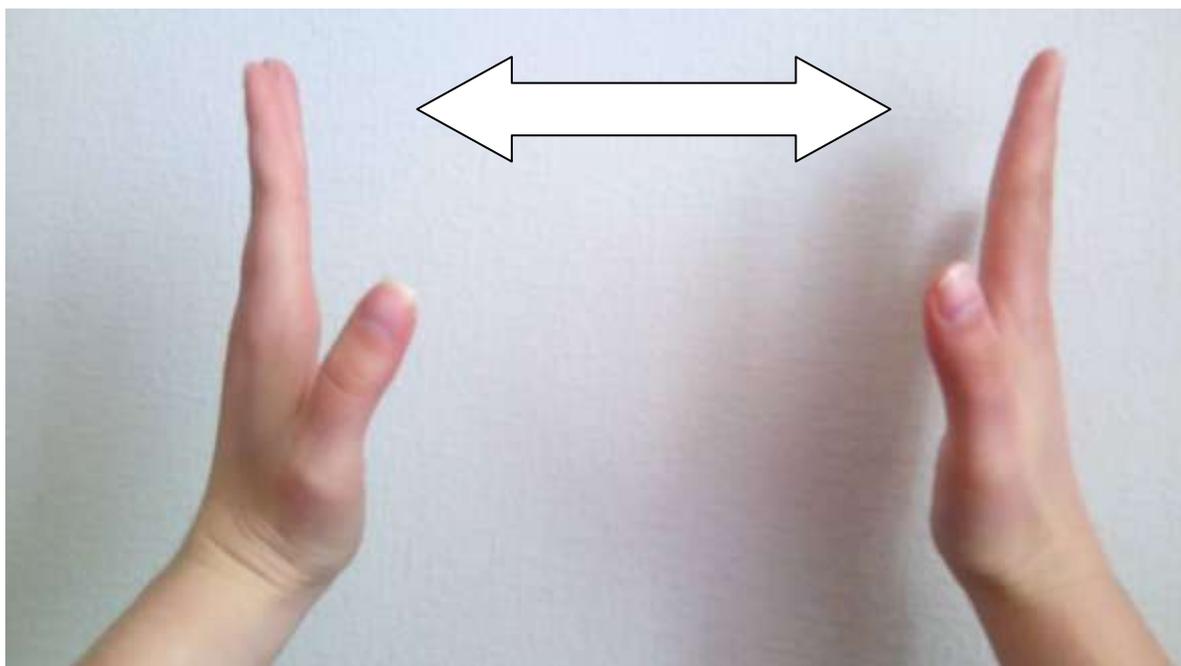


Рисунок 14. Увеличение

В процессе операции хирургу может понадобиться более детально рассмотреть какой-либо участок модели или медицинского изображения. Для обеспечения данной функции было реализовано распознавание жеста – разведение ладоней (Рис. 14). Скорость и степень увеличения изображения можно настраивать в программе. Данная функция программно реализована в модуле `Gesture_kontrol`

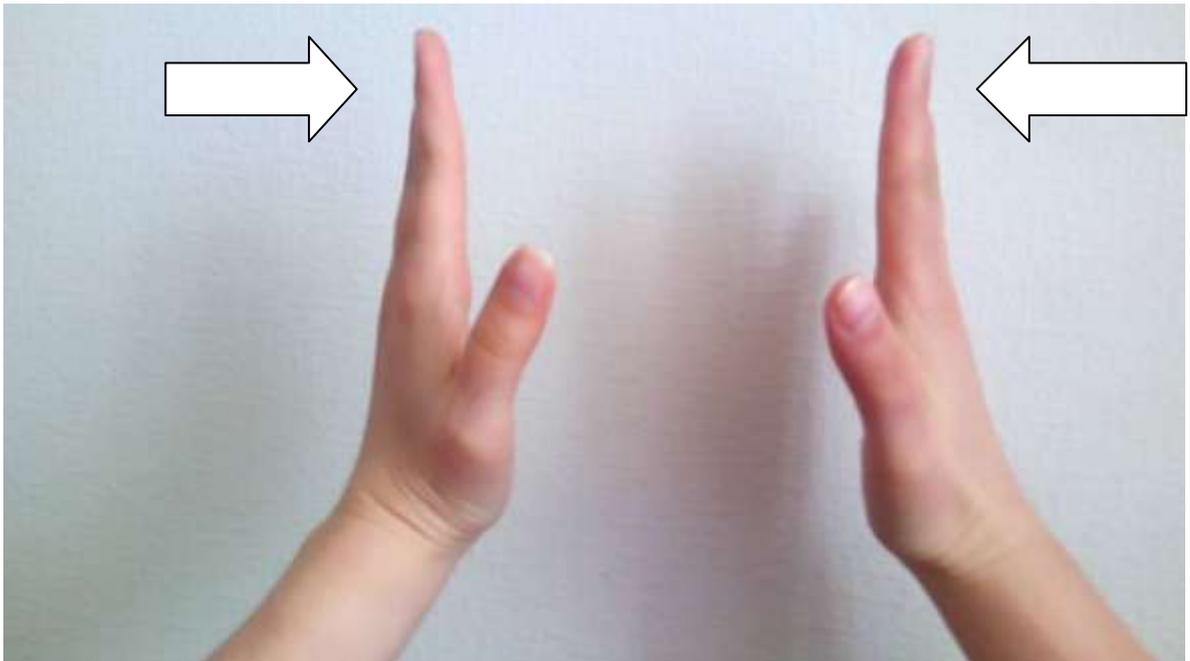


Рисунок 15. Уменьшение

Обратная задача – уменьшение изображения, обеспечивается при помощи жеста сведения ладоней. Если рассматривать стандартный сценарий управления, то выглядит он следующим образом:

1. Происходит «захват» положения рук врача.
2. При помощи плавных движений вправо-влево вверх-вниз осуществляются повороты модели.
3. При нахождении зоны интереса изображение можно приблизить либо отдалить.

Также реализована возможность переключения между различными моделями и изображениями при помощи жеста листания – резкое движение руки влево, вправо, вверх, вниз. А также можно изменять яркость изображения при помощи распознаваемого жеста отведения-приведения большого пальца левой руки.

Таким образом обеспечена функциональность взаимодействия с объектами изображения, те же самые операции можно осуществлять при помощи устройства ввода – мышь.



Рисунок 16. Пролістывание вправо



Рисунок 17. Пролістывание влево



Рисунок 18. Увеличение/уменьшение яркости

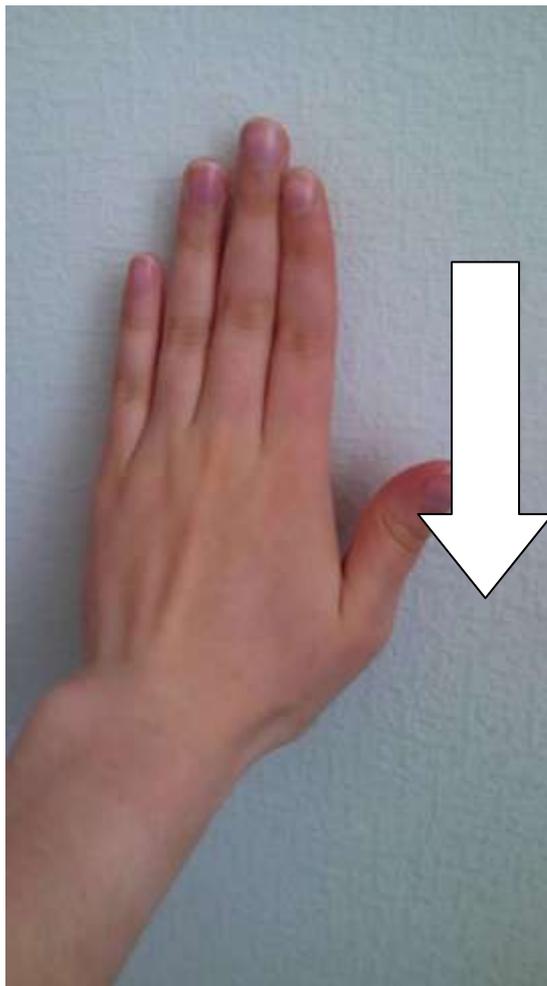


Рисунок 19. Прокручивание вниз



Рисунок 20. Пролыствывание вверх

Первоначально функционирование жестов происходит в режиме калибровки, в котором при местном освещении создается скелетная модель руки или перчаток пользователя. В режиме просмотра, происходит взаимодействие скелетной модели и объектов сцены. Сцена представляет собой прямоугольную рамку, называемой «нейтральной зоной». Движения руки через ее границы представляют собой команды окна просмотра. Когда врач/хирург хочет просмотреть базу данных изображений, ему нужно перемещать руку из «нейтральной зоны» в четыре разных направления, а

затем обратно. Когда такой жест распознан, отображаемое изображение перемещается за пределы экрана и заменяется следующим изображением. Чтобы увеличить масштаб изображения, открытые ладони отдаляются друг от друга или приближаются в “нейтральной области” (увеличение/уменьшение). Чтобы избежать отслеживания непреднамеренных жестов, пользователь может войти в “режим ожидания”, опустив руку. Чтобы повторно пробудить систему, пользователь поднимает обе руки перед камерой. Выбор этих жестов был разработан, в связи с удобством и естественностью этих жестов для пользователя. Например, жесты влево/вправо/вниз аналогичны действиям, используемым, чтобы перевернуть страницы в книге.

В программу 3dSlicer загружается медицинское изображение пациента, которое содержит индивидуальные данные о состоянии пациента необходимые операции. В автоматизированном либо ручном режиме последовательно создаются модели оперируемого участка пациента. Построенная модель с помощью интерфейса становится доступна для лечащего врача, который может с помощью виртуальных инструментов (копирования, добавления, удаления, масштабирования, отражения, деформирования и т.д.) промоделировать предстоящую операцию. По завершению моделирования у врача имеется модель индивидуально готового файла в формате STL. Согласно созданному описанию модели по STL-файлу на 3D-принтере или на станке с числовым программным управлением можно получить вспомогательную индивидуальную оснастку, необходимую для проведения операции. Далее полученные объекты передаются в разработанную оболочку для моделирования операции.

Поскольку программа изначально создается с расчетом на пользователя-хирурга, ее пользовательский интерфейс максимально прост и избавлен от лишних и неиспользуемых функций.

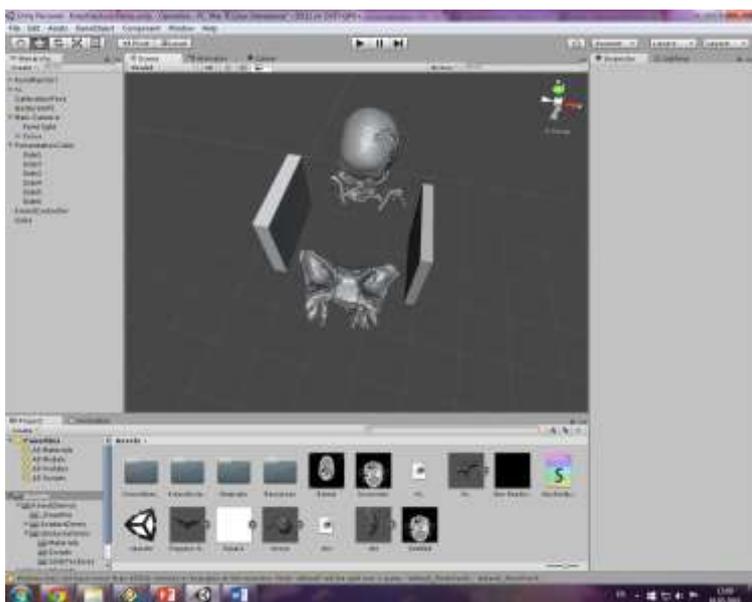


Рисунок 21. Интерфейс пользователя

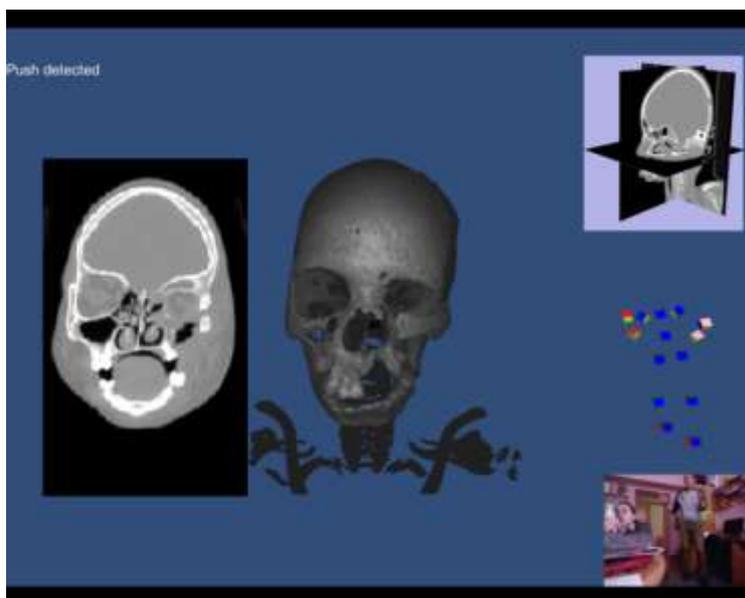


Рисунок 22. Интерфейс пользователя во время работы

Далее представлен интерфейс пользователя (рис.21) и интерфейс в процессе работы. Доступен большой выбор готовых модулей - текстуры, модели и анимации, примеры проектов, учебники и расширения для редактора. Модули доступны через простой интерфейс, встроенный в редактор Unity, через него можно импортировать их непосредственно в проект. Для работы происходит подбор нужных модулей и скриптов, нужных для управления операцией. К примеру, берем медицинское изображение и прикрепляем к нему скрипты, написанные для управления через Kinect.(рис. 22) Затем к изображению мы можем добавить стрелки, указатели, различные сноски с надписями, а также координатную сетку, в зависимости от того, что может понадобиться. Во время работы программы помимо медицинских изображений пользователь также видит свое изображение и состоящую из кубиков скелетную модель. При необходимости в проект плана операции можно добавлять до 12 объектов представляющих собой Dicom изображения и объемы, STL или OBJ модели.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование, а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

5.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. В таблице 5.1.1 приведен перечень работ, выполняемых исполнителями.

Таблица 5.1.1 – Перечень работ исполнителей

№	Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Постановка задачи	НР	НР – 100%
2	Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР	НР – 100%
3	Подбор и изучение материалов по тематике	НР, С	НР – 20% С – 100%
4	Разработка календарного плана	НР, С	НР – 30% С – 100%
5	Обсуждение литературы	НР, С	НР – 30% С – 100%
6	Выбор платформы для реализации проекта	НР, С	С – 100% НР – 40%
7	Поиск и компоновка пакетов алгоритмов и объектов для решения задач визуализации	НР, С	НР – 20% С – 100%
8	Написание скриптов для определения сценариев	Студент	С – 100%

	поведения объектов		
9	Обсуждение компоновки электрических компонентов	НР, С	НР – 40% С – 100%
10	Оформление расчетно-пояснительной записки	С	С – 100%
11	Оформление графического материала	С	С – 100%
12	Подведение итогов	НР, С	НР – 40% С – 100%

5.1.1 Продолжительность этапов работ

В данном пункте расчет продолжительность этапов работ будет осуществляться опытно-статистическим методом, который реализуется двумя способами:

- экспертный;
- аналоговый.

Экспертный способ предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется формула:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн..

Для выполнения работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ОЖ}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}$$

где $t_{ОЖ}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$; предположим, что $K_{Д}=1,2$.)

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{К} \cdot T_{РД}$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, рассчитываемый по формуле

$$T_{К} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (5)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

На 2016 год коэффициент календарности равен:

$$T_{К} = \frac{366}{366 - 52 - 10} = 1,204$$

Результаты приведены в приложении А.

5.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Степень готовности определяется формулой:

$$СГ_i = \frac{ТР_i^H}{ТР_{общ}} = \frac{\sum_{k=1}^i ТР_k}{ТР_{общ}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{km}}{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{km}}$$

где ТР_{общ} - общая трудоемкость проекта;

ТР_i (ТР_k) – трудоемкость i-го (k-го) этапа проекта;

ТР_i^H – накопленная трудоемкость i-го этапа проекта по его завершении;

ТР_{ij} (ТР_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j-м участником на i-м этапе.

Расчеты трудоемкостей i-го проекта и степеней готовности приведены в таблице 5.1.2.1:

Таблица 5.1.2.1 - Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

№	Этапы работы	ТР _i , %	СГ _i , %
1	Постановка задачи	3,6	3,6
2	Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	2,04	5,64
3	Подбор и изучение материалов по тематике	6,51	12,15
4	Разработка календарного плана	19,33	31,48
5	Обсуждение литературы	12,03	43,51
6	Выбор платформы для реализации проекта	9,44	52,95

7	Поиск и компоновка пакетов алгоритмов и объектов для решения задач визуализации	15,66	68,61
8	Написание скриптов для определения сценариев поведения объектов	6,53	75,14
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	6,53	78,06
10	Оформление графического материала	5,42	83,49
11	Подведение итогов	12,95	96,44

5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

5.2.1 Расчет затрат на материалы

Таблица 5.2.1.1 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Kinect	12500	1 шт.	12500
Компьютер	45000	1 шт.	45000
Итого:			57500

К затратам включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Допустим, что ТЗР 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны:

$$C_{\text{мат}} = 57500 \cdot 1,05 = 60375 \text{ руб.}$$

5.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада (МО) исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО} / 24,83,$$

учитывающей, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 24,83 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Для учета в составе заработной плате премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{пр}} = 1,1$; $K_{\text{доп.зп}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$.

Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.зп}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{\text{и}} = 1,592$

Расчеты затрат на заработную плату приведены в таблице 5.2.2.1.

Таблица 5.2.2.1 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
1	23 264,86	936,96	20	1,699	31837,9
2	20000	805,48	68	1,592	87198,04
Итого:					119035,94

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту:

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3 = 119035,94 \cdot 0,3 = 35710,78 \text{ руб.}$$

5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}}$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

$\text{Ц}_{\text{э}} = 5,257 \text{ руб./кВт·час}$ (с НДС);

$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t$, где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, выбирается самостоятельно (возьмем равным 0,7). Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2.2.1 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_c$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Таблица 5.2.4.1 – Затраты на технологическую электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $C_{эл.об.}$ руб.
Персональный компьютер	$68 \cdot 8 \cdot 0,7 = 380,8$	0,3	$0,3 \cdot 380,8 \cdot 5,257 = 600,5$
Kinect	$68 \cdot 8 \cdot 0,7 = 380,8$	0,1	$0,1 \cdot 380,8 \cdot 5,257 = 200,19$
Итого:			800,69

5.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта по формуле:

$$C_{ам} = \frac{N_A \cdot C_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d}$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку $C_{ам}$.

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Сроки амортизации (C_A) персонального компьютера варьируются от 2 до 3 лет. Возьмем конкретное значение $C_A=2.5$ года, тогда $H_A=1/ C_A=0,4$.

$F_D=298 \cdot 8=2384$ часа (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе);

$Ц_{ОБ}=45000$ руб.;

$t_{рф}=$, тогда для ПК амортизация равна:

$$C_{AM1} = \frac{0,4 \cdot 45000 \cdot 608 \cdot 1}{2384} = 4590,6 \text{ руб}$$

Сроки амортизации (C_A) камеры варьируются от 5 до 7 лет. Возьмем конкретное значение $C_A=5.5$ года, тогда $H_A=1/ C_A=0,18$.

$F_D=298 \cdot 8=2384$ часа (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе);

$Ц_{ОБ}=12500$ руб.;

$t_{рф}=$, тогда для камеры амортизация равна:

$$C_{AM2} = \frac{0,18 \cdot 12500 \cdot 608 \cdot 1}{2384} = 573,83 \text{ руб}$$

Итого начислено амортизации $C_{AM}=573,83+4590,6=5164,43$

5.2.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.:

$$\begin{aligned} C_{\text{проч}} &= (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1 \\ &= (0 + 119035,94 + 35710,78 + 800,69 + 5164,43) \cdot 0,1 \\ &= 16071,18 \end{aligned}$$

5.2.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 5.2.8.1 - Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	0
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	119035,94
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	35710,78
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	800,69
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	5164,43
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	16071,18
Итого:		176783,02

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 176783,02$ руб

5.2.9 Расчет прибыли

Примем прибыль в размере 20% от затрат на разработку, тогда, прибыль составит 35356,6 руб.

5.2.10 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В данном случае это $(176783,02+35356,6) \cdot 0,18 = 38185,13$ руб.

5.2.11 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в данном случае $C_{\text{НИР}} = 176783,02 + 35356,6 + 38185,13 = 250324,75$ руб.

5.3 Оценка экономической эффективности проекта

Эффективность данного проекта заключается в том, что эта работа позволяет уменьшить риски операционных ошибок, а также нежелательных исходов операций. Позволяет сократить время подготовки, а также упростить процесс информационного сопровождения хирургического вмешательства, и соответственно уменьшить стоимость лечения.

6 Социальная ответственность

Введение

Объектом исследования является информационная система для планирования и сопровождения хирургических операций, в которой подразумеваются работы за компьютером, проходящие в закрытом помещении. В ходе выполнения данной работы был разработан и скомпонован пакетные модули для среды Unity для составления плана операции. Необходимо организовать рабочее место в соответствии с нормами. Рабочая зона — это пространство высотой до 2 м над площадкой постоянного или временного пребывания работающих. Исследования проводятся в лаборатории в учебном учреждении за компьютерами.

6.1 Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Необходимо выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при разработке информационной системы. Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»[]. Все факторы приведены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ с компьютером и камерой

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) проведение работ за компьютером и камерой	1) отклонение показателей микроклимата производственных помещений; 2) недостаточная освещенность рабочей зоны; 3) Превышение уровня шума; 4) электромагнитное излучение.	1) электрический ток	ГОСТ 12.1.006-84; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СанПиН 2.2.4.548-96; ГОСТ 12.1.003-83

6.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке информационной системы

Работа полностью выполняется на компьютере, поэтому в данном случае химические, биологические и психофизиологические вредные факторы отсутствуют. К физическим относятся такие факторы как повышенный уровень шума, вибрации, ультразвука, электромагнитных излучений, повышенная напряженность магнитного поля и многие другие. Следует обратить внимание на такое вредное проявление, как электромагнитное излучение, потому что в данной работе оно занимает первое место среди всех факторов. В результате длительного воздействия излучения собственное поле человека искажается, провоцируя развитие различных заболеваний, преимущественно в наиболее ослабленных звеньях организма. Проблема воздействия компьютера на организм человека встает достаточно остро ввиду нескольких причин:

- компьютер имеет сразу два источника электромагнитного излучения (монитор и системный блок);

- пользователь ПК чаще всего лишен возможности работать на безопасном расстоянии;
- влияния компьютера продолжительное время.

Считается, что уровень электромагнитного излучения у жидкокристаллических мониторов намного меньше, чем у мониторов с электронно-лучевой трубкой, но все равно значительно превышают экологические нормативы. Согласно ГОСТ 12.1.006-84, допустимые нормы облучения не должны превышать следующих значений: по электрической составляющей – 5 В/м; по магнитной – 0,3 А/м. Для того, чтобы уровень электромагнитного излучения не превышал норму, используют экранирование токоведущих частей и всего корпуса. Также следует ввести перерывы на обед и различные кратковременные тренировки для учащихся, чтобы работа за компьютером не была длительной и не утомляла.

Основной задачей производственного освещения является обеспечение рациональной освещенности рабочего места, а также нормативных условий работы. Необходимо обеспечить равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и окружающих предметах. Перевод взгляда с ярко освещенной на слабо освещенную поверхность вынуждает глаз переадаптироваться, что ведет к утомлению зрения и соответственно к снижению производительности труда. Для повышения равномерности естественного освещения больших цехов осуществляется комбинированное освещение. Светлая окраска потолка, стен и оборудования способствует равномерному распределению яркостей в поле зрения работающего. Также необходимо учесть и другие требования:

- отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости (повышенной яркости светящихся поверхностей, вызывающей ослепленность);
- постоянство освещенности во времени.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, производственная искусственная освещенность в кабинетах, рабочих комнатах, офисах, представительствах не должна превышать 300 (лк), коэффициент естественной освещенности (КЕО)

при верхнем или комбинированном освещении составляет 1.8 %, коэффициент пульсации освещенности ($K_{п}$) должен быть не более 15%.

Обеспечение нормальных производственных метеоусловий играет немаловажную роль в организации работы. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Исследователи работают сидя за компьютером и физические напряжения незначительны, поэтому данный вид работы относится к категории Ia.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах. В таблице 6.1.2 приведены оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, согласно СанПиН 2.2.4.548–96.

Таблица 6.1.2 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	60-40	0,1

Данные параметры обеспечиваются с помощью системы водяного отопления в холодное время года и с помощью кондиционирования в летнее. Скорость движения воздуха в лаборатории не превышает 0,1 м/с.

Избавление от шума достигается при правильной планировке помещения и рациональном размещении мебели и персональных компьютеров. Данные вредные факторы очень негативно влияют на организм человека, вызывают заболевание периферической нервной системы, служат причиной повышения давления крови, учащения или замедления ритма сердечных сокращений, а также снижения производительности труда. Поэтому необходимо сразу же избавляться от источников различного шума. Для этого нужно принять следующие меры:

- замена шумных процессоров бесшумными или менее шумными;
- рациональное размещение шумящих устройств в помещении с использованием взаимного шумоподавления;
- укрытие источников шума и вибрации;
- своевременное техническое обслуживание оборудования;
- своевременная замена деталей.

В ГОСТ 12.1.003-83 указано, что уровень шума в лабораториях не должен превышать 50 дБ при выполнении основной работы на ПК.

Проанализируем факторы рабочей зоны на предмет их опасных проявлений. Работа производится на компьютере, поэтому в данном случае имеет место действие электрического тока. Необходимо отразить требования безопасности, предъявляемые к электротехническим установкам, являющимися источниками опасных факторов. Наиболее частыми причинами электротравм являются прикосновение или приближение на недопустимое расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением, прикосновение к металлическому корпусу электроприбора, если он оказался под напряжением вследствие повреждения изоляции.

Чтобы исключить опасность поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением электроприборов в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети электроприбор и устранить неисправность;
- запрещается при включенном электрическом приборе одновременно прикасаться к приборам имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.).

Согласно ГОСТ 12.1.019-79, для обеспечения электробезопасности необходимо применять к токоведущим частям защитные оболочки, безопасное расположение токоведущих частей, также использовать изоляцию для токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная), изоляцию рабочего места. Также регулярно следует проводить контроль токоведущих частей. В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 приводятся следующие требования при эксплуатации компьютеров:

- применяемое электрооборудование должно быть заводского изготовления и соответствовать требованиям государственных стандартов и технических условий (что подтверждается в документах завода-изготовителя);
- при эксплуатации и обслуживании электрооборудования необходимо соблюдать требования:
 - паспорта и руководства (инструкции) по эксплуатации электрооборудования, разработанных заводом-изготовителем электрооборудования (при их наличии).

Также, в качестве организационно-технических мер обеспечения электробезопасности, используются методы ориентации: маркировка частей электрооборудования, предупредительные сигналы, надписи и таблички, предупреждающие знаки, окраска токоведущих частей, расцветка изоляции и органов управления и световая сигнализация.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, при работе компьютерами необходимо соблюдать следующие меры безопасности и охраны труда:

- эксплуатация персональных компьютеров должна осуществляться в помещениях с естественным и искусственным освещением;
- оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа жалюзи, занавесей, внешних козырьков, позволяющих исключить прямую блескость, создаваемую солнечными лучами;
- светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов;
- расстояние от глаз до экрана монитора должно находиться в пределах 600-700 мм, но не ближе 500 мм;
- продолжительность непрерывной работы с монитором без регламентированного перерыва не должна превышать 1 час.

6.2 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Твердые промышленные и бытовые отходы - это отходы металлов, дерева, пластмасс и других материалов, а также промышленный мусор, состоящий из различных органических и минеральных веществ (резина, бумага, ткань, песок, шлак и т.п.).

При использовании данных устройств не наносится вред атмосфере и гидросфере, так как не происходит выбросов вредных веществ в воздух и воду.

В случае неисправности устройства, данная технология также проходит утилизацию. Перед тем как утилизировать технику, нужно произвести списание, для подтверждения неисправности оборудования, произвести разборку у специалистов, определить, что пойдет на переработку и на аффинаж. Переработка таких материалов, как пластик, металл, осуществляется на специальном оборудовании, и превращает в сырье для изготовления новой техники.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94, чрезвычайная ситуация - обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

При возникновении аварийной ситуации необходимо немедленно прекратить работу, принять меры по эвакуации людей из опасной зоны. При необходимости отключить технологическое оборудование от электросети.

Стихийные бедствия возникают внезапно и носят чрезвычайный характер. Они могут разрушать здания и сооружения, уничтожать ценности, нарушать процессы производства, вызывать гибель людей и животных.

К чрезвычайным ситуациям социального характера относятся:

- войны;
- локальные и региональные конфликты (межнациональные, межконфессиональные и др.)
- голод;
- крупные забастовки;
- массовые беспорядки, погромы, поджоги и др.

Необходимо разработать перечень мероприятий:

- повышение прочности конструкций;
- резервирование запасов сырья, систем электро-, газо-, водоснабжения;
- содержание в удобном месте документов, денег, карманного фонарика и запасных батареек.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Среди работ, выполняемых на производстве, значительная часть сопряжена с наличием вредных или опасных производственных факторов. О вредных и опасных условиях труда на предприятии, компенсациях и льготах за такую работу должно сообщаться каждому поступающему на работу. Также об этом указывается в трудовом договоре. При этом работодатель обязан ознакомить лиц, устраивающихся на работу, с такими условиями труда, обучить безопасным методам и приемам выполнения работ, обеспечить стажировку на рабочем месте, сдачу экзаменов и проведение периодического обучения по охране труда, а также проверку знаний требований охраны труда в период работы.

Согласно ст. ст. 221 – 225 ТК РФ работники в таких условиях труда должны быть обеспечены работодателем спецодеждой, средствами индивидуальной защиты, смывающими или обеззараживающими средствами, медицинскими препаратами для оказания первой помощи и т.д. Работодатель за счет своих средств обязан в соответствии с установленными нормами обеспечивать своевременную выдачу специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, а также их хранение, стирку, сушку, ремонт и замену (ч. 3 ст. 221 ТК РФ).

Работникам, выполняющим работу во вредных и (или) опасных условиях труда необходимо проходить медосмотр, что предусмотрено ст. 213 ТК РФ, как при трудоустройстве, так и периодически в процессе работы. Порядок медосмотра зафиксирован приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12.04.2011 № 302н. Согласно требованиям данного документа, медосмотр проводится раз в год либо раз в 2 года в зависимости от профессии и вредных факторов (от этого зависит и перечень врачей-специалистов).

Работники, труд которых связан с источниками повышенной опасности (влиянием вредных веществ и неблагоприятных производственных факторов), а также работающие в условиях повышенной опасности, проходят обязательное психиатрическое освидетельствование не реже раза в 5 лет (ч. 6 ст. 213 ТК РФ). Помимо медосмотра работник обязан проходить проверку знаний в области охраны труда и обучение оказанию первой помощи пострадавшим не реже чем раз в 3 года согласно Постановлению Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13.01.2003 № 1/29 «Об утверждении порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций».

6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочая зона – первичное и основное звено производства, рациональная её организация имеет важнейшее значение во всем комплексе вопросов научной организации труда. Именно на рабочем месте происходит соединение элементов производственного процесса - средств труда, предметов труда и самого труда. На рабочем месте достигается главная цель труда - качественное, экономичное и своевременное изготовление продукции или выполнение установленного объема работы.

Организация рабочего места - это система мероприятий по его оснащению средствами и предметами труда и размещению их в определенном порядке.

Расположение средств и предметов труда определяет трудовые движения, их количественные и качественные характеристики, площадь рабочего места. Совершенствование планировки рабочего места должно быть направлено на устранение лишних и нерациональных трудовых движений, максимальное сокращение перемещения рабочего и материальных элементов трудового процесса, а, следовательно, на повышение эффективности труда и снижение утомляемости рабочего.

Лаборатория имеет пять рабочих мест, находится на шестом этаже учебного корпуса. Необходимо обеспечить в лаборатории правильное расположение и компоновку рабочего места. Согласно ГОСТ 12.2.032-78 “ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”, конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Высота рабочей поверхности при таких работах, как печатание на компьютере, должна достигать 655 (мм) для женщин и мужчин. Так как работа производится только на компьютере, рабочая поверхность имеет прямоугольную форму. Мониторы допускается располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 30^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 30^\circ$ от сагиттальной плоскости (рис.6.3.1 – 6.3.2).

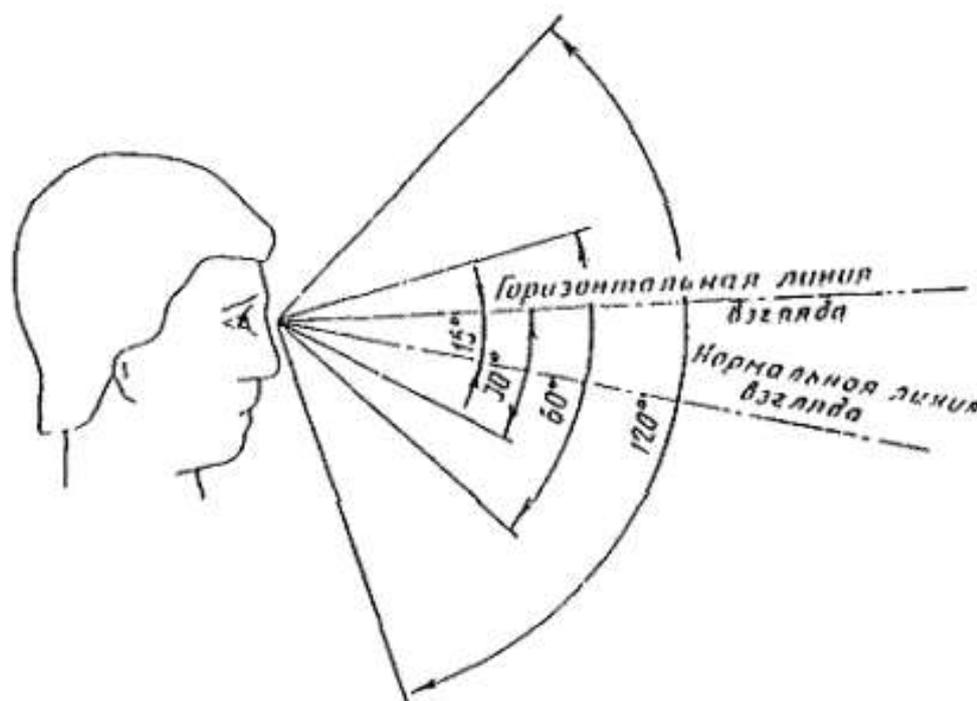


Рисунок 6.3.1 - Зоны зрительного наблюдения в вертикальной плоскости

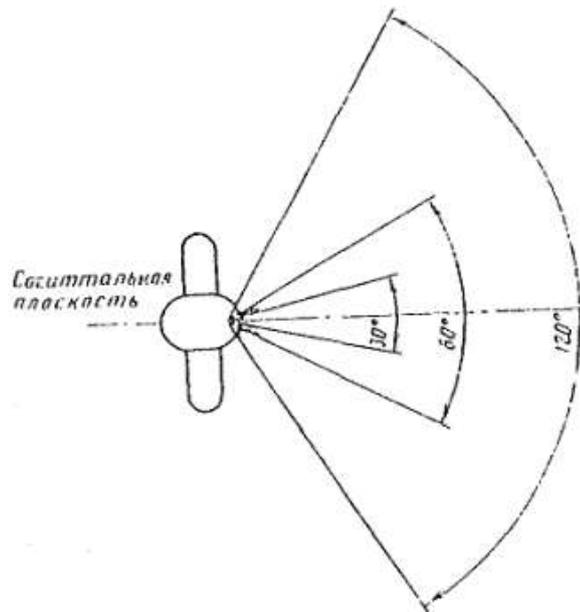


Рисунок 6.3.2 - Зоны зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости

В самой лаборатории комната психологической разгрузки отсутствует, но в учебном корпусе она расположена на втором этаже. Следует ввести график технологических перерывов и осуществлять проветривание комнат.

Заключение

В ходе выполнения данной работы были проведены исследования по разработке информационной системы для планирования и сопровождения хирургических операций. Производилось описание процесса информационного сопровождения хирургической операции, компоновка пакетных модулей для среды Unity для составления плана операции. Определено формирование системы жестов для управления планом операции.

Разработка и внедрение такой системы для нужд медицины и хирургии позволит существенно сократить сроки лечения; снизить риск неблагоприятного исхода, повысить доступность высокотехнологичных операций для широких слоев населения.

Список публикаций

1. Гончарова Н.А. ФОРМИРОВАНИЕ БАНКА ФЕТАЛЬНЫХ ЭКГ// IV Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность», кафедра ПМЭ ТПУ, 28.05.2014 – (в печати)
2. Гончарова Н. А. СОПРОВОЖДЕНИЕ ХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМ/CAD ТЕХНОЛОГИЙ// VI Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность», кафедра ПМЭ ТПУ, 25.05.2016 – (в печати)

Список использованных источников

1. «Захват движения». [Электронный ресурс] - Код доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D1%85%D0%B2%D0%B0%D1%82_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F Дата обращения 7.04.2016г.
2. «Визуальное программирование в MeVisLab» [Электронный ресурс] - Код доступа: <http://study.urfu.ru/Aid/Publication/10964/1/Markina.pdf> Дата обращения 7.05.2014г.
3. Kinect [Электронный ресурс] Код доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Kinect> Дата обращения 5.04.2016г.
4. Технология разработки переносимого ПО на языке Python [Электронный ресурс] Код доступа: <http://leksii.net/1-174517.html> Дата обращения 5.04.2016г.
5. CAS системы - системы автоматизированного проектирования в хирургии [Электронный ресурс] Код доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/168885.html> Дата обращения 5.04.2016г.
6. Motion capture [Электронный ресурс] - Код доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/168885.html> Дата обращения 1.05.2016г
7. Использование новейших CAD/CAM систем обучающем процессе [Электронный ресурс] Код доступа: <http://mognovse.ru/kwu-osnovnimitendenciyamisovremennoyemashinostroyeniya-yavly.html> Дата обращения 5.04.2016г.
8. Motion capture [Электронный ресурс] - Код доступа: http://life-prog.ru/2_87282_sushchestvuyushchie-tehnologii.html Дата обращения 20.05.2016г.
9. 3D-Визуализация для планирования операций и выполнения хирургического вмешательства (CAS-технологии) URL: <http://old.ssmu.ru/bull/14/04/25.pdf> дата обращения: 08.05.2016г.
10. Бочаров В. В. Инвестиции : учебник для вузов / В. В. Бочаров. – 2-е изд. – СПб: Питер, 2009. – 381 с. – Учебник для вузов.

11. Кнышова Е. Н. Экономика организации : учебник / Е. Н. Кнышова, Е. Е. Панфилова. – Москва: Форум Инфра-М, 2012. – 334 с.: ил. – Профессиональное образование.
12. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пос. для вузов //П. П. Кукин, В.Л. Лапшин, Е. А. Под-горных и др. – М.: Высш. шк. 1999. – 318 с.
13. Грачев Н. Н. Защита человека от опасных излучений. – БИНОМ, 2005. – 317с.
14. Деточкин Н. И. Инженерные расчеты по охране труда. – Красноярск: Изд. КГЦ, 1987. – 152 с.
15. Unity [Электронный ресурс] - Код доступа: <https://unity3d.com/ru> Дата обращения 20.05.2016г.
16. VTK [Электронный ресурс] - Код доступа: <http://www.vtk.org> Дата обращения 20.05.2016г.
17. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
18. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
19. Drishti [Электронный ресурс] - Код доступа: <http://anusf.anu.edu.au/Vizlab/drishti> Дата обращения 20.05.2016г.
20. Андреева А. Д., Маркина С. Э. Обзор программ для визуализации медицинских данных // Молодой ученый. — 2013. — №3. — С. 512-516.
21. 3D-Doctor [Электронный ресурс] - Код доступа: <http://www.ablesw.com/3d-doctor> Дата обращения 20.05.2016г.
22. MeVisLab [Электронный ресурс] - Код доступа: <http://www.mevislab.de> Дата обращения 20.05.2016г.
23. Multivox Free Dicom Viewer [Электронный ресурс] - Код доступа: <http://www.multivox.ru/index.html>Дата обращения 20.05.2016г.
24. 3D Slicer [Электронный ресурс] - Код доступа: <http://www.slicer.org> Дата обращения 20.05.2016г.