

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
(НГТУ)

Институт радиоэлектроники и информационных технологий
Направление подготовки (специальность) 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
(код и наименование)

Направленность (профиль) образовательной программы Теоретическая информатика
(наименование)

Кафедра Вычислительные системы и технологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Магистра _____
(бакалавра, магистра, специалиста)

Студента Преснякова И.А. _____ группы М16 ИВТ-3 _____
(Ф.И.О.)
на тему "Информационные модели карт пространственной глубины" _____
(наименование темы работы)

СТУДЕНТ:

(подпись) Пресняков И.А. _____
(фамилия, и., о.)

(дата)

РУКОВОДИТЕЛЬ:

(подпись) Гай В.Е. _____
(фамилия, и., о.)

(дата)

РЕЦЕНЗЕНТ:

(подпись) Налькин М.Е. _____
(фамилия, и., о.)

(дата)

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ

(подпись) _____
(фамилия, и.о.)

(дата)

КОНСУЛЬТАНТЫ:

1. По _____

(подпись) _____
(фамилия, и., о.)

(дата)

2. По _____

(подпись) _____
(фамилия, и., о.)

(дата)

3. По _____

(подпись) _____
(фамилия, и., о.)

(дата)

ВКР защищена _____
(дата)

протокол № _____

с оценкой _____

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
(НГТУ)**

Кафедра _____

«Вычислительные системы и технологии»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ВСТ
Кондратьев В.В.

«__» _____ 20__ г.

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

по направлению подготовки (специальности) _____

09.04.01

(код и наименование)

«Информатика и вычислительная техника»

студенту Преснякову Игорю Александровичу группы М16 ИВТ-3
(Ф.И.О.)

1. Тема ВКР Информационные модели карт пространственной глубины

(утверждена приказом по вузу от 05.03.2018 № 540/5)

2. Срок сдачи студентом законченной работы _____

3. Исходные данные к работе База изображений, исследование должно быть выполнено
с использованием теории активного восприятия, методов цифровой обработки
изображений, язык программирования C#.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов, подлежащих
разработке)

Введение _____

Глава 1. Обзор существующих методов построения карт глубины _____

Глава 2. Метод построения карты глубины _____

Глава 3. Вычислительный эксперимент _____

Заключение _____

Список литературы _____

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

6. Консультанты по ВКР (с указанием относящихся к ним разделов)

Нормоконтроль _____

7. Дата выдачи задания _____

Код и содержание Компетенции	Задание	Проектируемый результат	Отметка о выполнении
ОК-4, способность заниматься научными исследованиями	Выполнение исследование на тему «Информационные модели карт пространственной глубины»	Результаты проведенных исследований, текст ВКР, научная новизна	
ОК-7, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	Разработка и использование моделей и методов для решения задачи построения карт глубины, использование информационных технологий (язык программирования С#) при выполнении ВКР	Новые модели и алгоритмы, используемые для решения поставленной задачи, использованные информационные технологии, текст ВКР	
ОК-9, умение оформлять отчеты о проведённой научно-исследовательской работе и подготавливать публикации по результатам исследования	Подготовка отчета по распределенной НИР. Оформление пояснительной записки и графических материалов по ВКР	Текст отчета по распределенной НИР, текст пояснительной записки, графические материалы	
ОПК-2, обладать культурой мышления, способностью выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных	Выполнение обзора и анализа методов построения карт глубины, выбор инструментов и методов сбора и обработки данных предметной области, анализ и интерпретация данных предметной области, предложение вариантов применения разработанных моделей и методов в других областях	Пояснительная записка к ВКР, выступление на защите	
ОПК-3, обладать способностью анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности	Оценка результатов выполнения ВКР, анализ полученных результатов	Варианты дальнейшего развития исследования, отраженные в пояснительной записке	
ОПК-4, владением, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, способностью применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка	Использование при выполнении ВКР литературы зарубежных авторов на английском языке	Список литературы с включенными в него зарубежными источниками	
ОПК-6, обладать способностью анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями	Составление обзора методов построения карт глубины, структурирование полученной информации, составление текста выступления на защите ВКР	Обзор методов построения карт глубины, текст пояснительной записки, текст и презентация выступления на защите ВКР	
ПК-3, знанием методов оптимизации и умение применять их при решении задач профессиональной деятельности	Выполнить подбор входных параметров разработанного алгоритма, обеспечивающих наибольшую точность	Результаты вычислительного эксперимента в пояснительной записке	
ПК-7, применением перспективных методов исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий	Использование методов цифровой обработки изображений, теории активного восприятия, языка программирования С#	Разработанные модели и алгоритмы, результаты вычислительного эксперимента, сравнение результатов с результатами аналогов	

Руководитель _____ В.Е. Гай
(подпись)

Задание принял к исполнению _____
(дата)

Студент _____ И.А. Пресняков
(подпись)

Примечания:

1. Это задание прилагается к законченной работе и в составе пояснительной записки предоставляется в ГЭК.
2. До начала консультаций студент должен составить и утвердить у руководителя календарный график работы на весь период выполнения ВКР (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов).

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
(НГТУ)**

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе

по направлению подготовки (специальности) 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

студента Преснякова Игоря Александровича группы М16 ИВТ-3

по теме «Информационные модели карт пространственной глубины»

Выпускная квалификационная работа выполнена на 49 страницах, содержит 22 рисунка, 14 таблиц, библиографический список из 6 источников, - приложений.

Актуальность: Одна из важных задач компьютерного зрения это преобразование стереопары изображений в трехмерную сцену. В результате этого процесса происходит восстановление информации о глубине (расстоянии от камеры до реальной точки сцены) каждой точки изображения. Получение точной карты глубины - это конечная цель восстановления трехмерности изображения.

Полученная в результате этого процесса информация о глубине может быть использована во множестве других сфер. Например, карты глубины используются для захвата опорных точек объектов в кинопроизводстве при создании спецэффектов, а также в системах компьютерного зрения используемых на транспортных средствах для предупреждения водителя о возможном столкновении.

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что разработка новых моделей и методов для решения задачи построения карты глубины на основе стереопары является актуальной.

Объект исследования: объектом исследования являются стереопары изображений, представленные в одном из доступных цифровых форматов.

Предмет исследования: предметом исследования являются модели и методы решения задачи построения карты глубины.

Цель исследования: разработка новых моделей и методов решения задачи построения карты глубины

Задачи исследования: рассмотрение и анализ существующих известных методов решения данной задачи; создание информационной модели описания сегментов изображения; создание алгоритма построения карты глубины; проведение вычислительного эксперимента для установления корректности работы созданных моделей и алгоритмов.

Методы исследования: методы формирования признаков описания изображений на основе теории активного восприятия; методы поиска соответствий между точками изображений; метод вычислительного эксперимента.

Структура работы: введение, три главы основной части, заключение, список литературы.

Во введении отражены актуальность выбранной темы, цель работы и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая ценность работы, а также ее обоснованность и достоверность.

В 1 главе «Обзор существующих методов построения карт глубины» составлен обзор известных методов построения карт глубины, выявлены этапы решения этой задачи, а также проблемные места существующих методов.

Во 2 главе «Метод построения карты глубины» рассмотрены теоретические подходы к решению задачи построения карты глубины на всех ее этапах, предлагаемые разработанным методом.

В 3 главе «Вычислительный эксперимент» приведено описание вычислительного эксперимента, предназначенного для тестирования предлагаемого метода решения задачи, а также анализ результатов этого эксперимента.

В заключении обобщены результаты проделанной работы, сделаны выводы о достижении поставленной перед началом работы цели.

Выводы:

1. Разработанный метод построения карты глубины дает корректные результаты работы, является конкурентоспособным по сравнению с аналогами, может использоваться на практике.
2. Задачи, поставленные перед началом исследования, выполнены, цель работы достигнута.

Рекомендации:

1. Рекомендуются использование результатов работы при разработке методов сегментирования изображений
2. Рекомендуются использование результатов работы при создании систем построения карт глубины

подпись студента /расшифровка подписи

« ____ » _____ 20 ____ г.

Лист примен	<h2 style="text-align: center;">Введение</h2> <h3>Актуальность темы</h3> <p>Одна из важных задач компьютерного зрения это преобразование стереопары изображений в трехмерную сцену. В результате этого процесса происходит восстановление информации о глубине (расстоянии от камеры до реальной точки сцены) каждой точки изображения. Получение точной карты глубины - это конечная цель восстановления трехмерности изображения.</p> <p>Полученная в результате этого процесса информация о глубине может быть использована во множестве других сфер. Например, карты глубины используются для захвата опорных точек объектов в кинопроизводстве при создании спецэффектов, а также в системах компьютерного зрения используемых на транспортных средствах для предупреждения водителя о возможном столкновении.</p> <p>Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что разработка новых моделей и методов для решения задачи построения карты глубины на основе стереопары является актуальной.</p> <h3>Цель работы и задачи исследования</h3> <p>Целью данной работы является разработка и исследование новых моделей и методов решения задачи построения карты глубины. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ известных методов решения данной задачи. 2. Создание информационной модели карты глубины. 3. Создание алгоритма построения карты глубины. 4. Проведение вычислительного эксперимента для установления корректности работы созданных моделей и алгоритмов. <h3>Объект исследования</h3> <p>Объектом исследования являются стереопары изображений, представленные в одном из доступных цифровых форматов.</p> <h3>Предмет исследования</h3> <p>Предметом исследования являются модели и методы решения задачи построения карты глубины.</p>																				
	Стр. №																				
Подпись и дата		Имя № п/бп	Взам инв №	Подпись и дата	Имя № подл																
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="3"> ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ) </td> <td rowspan="3"> Лист 4 </td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист 4	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист 4															
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																	

Цель примен	<p>Методы исследования</p> <p>В ходе выполнения работы были использованы методы формирования описания сегментов изображения на основе теории активного восприятия, методы поиска пар точек на стереоизображениях.</p> <p>Также был использован метод вычислительного эксперимента, для проведения которого был разработан программный продукт на языке программирования C#.</p>													
	<p>Положения, выносимые на защиту</p> <p>На защиту выносятся следующие положения:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Информационная модель описания сегментов изображения, построенная на основе положений теории активного восприятия. 2. Алгоритм построения карты глубины на основе теории активного восприятия. 3. Результаты вычислительного эксперимента. 													
Служба №	<p>Научная новизна</p> <p>Научная новизна предлагаемого метода решения задачи построения карты глубины заключается в использовании новой комбинации подходов к решению различных этапов данной задачи. Разработан новый метод сегментации и поиска точек на основе теории активного восприятия</p>													
	<p>Теоретическая и практическая ценность</p> <p>Теоретическая ценность работы заключается в разработанной информационной модели описания сегментов изображения, а также в предложенном алгоритме построения карты глубины.</p> <p>Практическая ценность работы заключается в созданном программном продукте, реализующем указанный выше алгоритм, а также в результатах проведенного вычислительного эксперимента.</p>													
Взам инв №	<p>Апробация работы</p> <p>Апробация данной работы была проведена в ходе защиты отчета по распределенной научно-исследовательской работе, который включал в себя основные положения проведенного исследования и анализ полученных результатов.</p>													
	<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										
Имя № полп	<p>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)</p>				<p>Лист</p> <p>5</p>									
	<p> </p>													

Обоснованность и достоверность проведенного исследования доказывается проведением вычислительного эксперимента, анализом его результатов, и сравнением их с результатами существующих методов решения данной задачи.

Планируется публикация результатов данного исследования в виде доклада на одной из научных конференций.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трёх глав основной части, заключения и списка литературы. Общий объём работы – 49 страниц. Диссертация содержит 22 рисунка, 14 таблиц, 13 формул. Список литературы включает в себя 7 наименований.

Глава 1. Обзор существующих методов построения карт глубины

1.1 Общий принцип работы алгоритмов построения карт глубины по стереопаре

Идея, лежащая в основе построения карты глубины по стереопаре довольно проста:

1. Производится поиск точек одного изображения на другом изображении.
2. Для каждой пары точек выполняется триангуляция и определяются координаты исходной точки в пространстве.
3. По координатам точки вычисляется глубина, как расстояние до камеры.

Рассмотрим алгоритм более подробно. Пусть удаленный объект наблюдается двумя камерами, расположенными в одной ориентации, но разделенными расстоянием, известным как базовая линия.

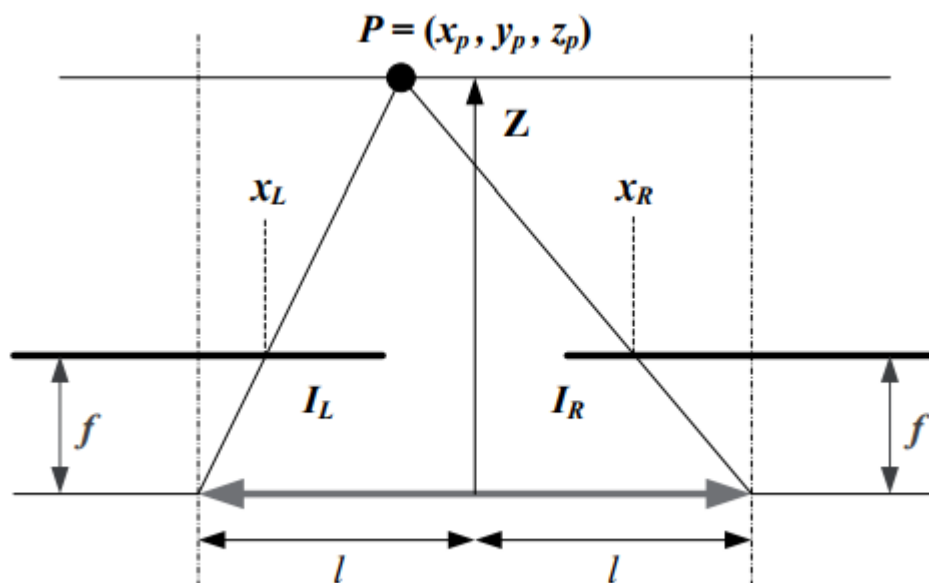


Рисунок 1.1. Простая стереосистема

Расстояние между объектами в левом и правом изображениях называется разностью d , определяемой формулой (1.1), где X_L и X_R - координаты x прогнозируемой трехмерной координаты на левой и правой плоскостях изображения I_L и $I_R[1]$.

1.2 Основные этапы алгоритмов построения карт глубины по стереопаре

Общий алгоритм работы системы построения карт глубины приведен на рисунке 1.2



Рисунок 1.2 Общий алгоритм построения карты глубины

У большинства систем алгоритм состоит из следующих этапов [2]:

1) Калибровка камеры - это процесс поиска внутренних и внешних параметров камеры. Классические методы калибровки основаны на специально подготовленных калибровочных шаблонах, объектах с известными размерами и положением в определенной системе координат. Затем признаки, такие как углы и прямые, извлекаются из изображения шаблона калибровки. Объекты со значимые признаки обычно выбираются для калибровки так, чтобы однозначно локализовать их позиции. Для этого может служить, например, простая шахматная доска.

2) Ректификация изображения необходима для уменьшения сложности вычислений соответствия пикселей в левом и правом изображениях. Целью ректификации изображения является поиск эпиполярных линий двух горизонтально выровненных изображений. Это может быть выполнено с помощью линейных преобразований, которые вращают, перемещают и искажают изображения камеры.

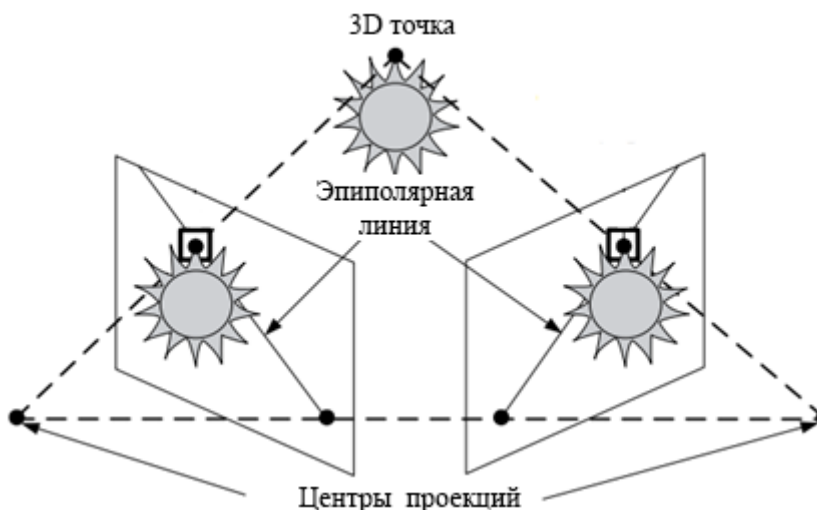


Рисунок 1.3 Изображение камеры перед ректификацией.

После ректификации изображения, эпиполярные линии двух проецируемых точек параллельны и горизонтально выровнены вдоль новых плоскостей изображения.

Таким образом, проблема поиска совпадений на стереоизображениях сводится к одномерному поиску по горизонтальным линиям вместо двумерного поиска, как показано на рисунке 1.4.

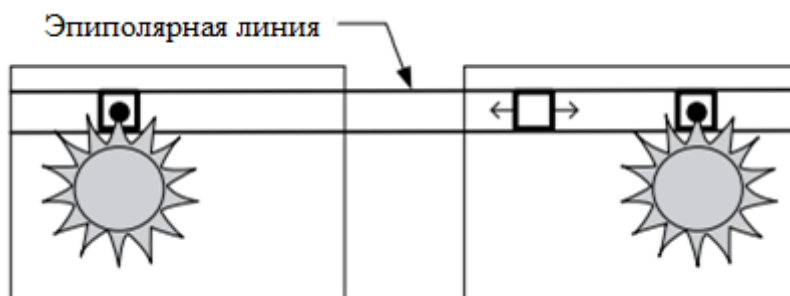



Рисунок 1.4 Изображения после ректификации

В данной работе не рассматриваются первые два этапа, т.к. эти этапы представляют собой простые геометрические преобразования и в большинстве систем компьютерного зрения решаются аппаратно.

3) Сегментация — это процесс разделения изображения на несколько частей. Цель сегментации заключается в уменьшении области поиска для этапа поиска соответствий.

Лист	№	<p>4) Поиск соответствий – процесс поиска точек одного изображения на другом изображении. Для каждой пары точек вычисляется разность X координат (формула 1.1), которая записывается в так называемую карту несоответствий.</p> <p>Затем карта несоответствий преобразуется в карту глубины с помощью формулы 1.2.</p>												
														
Лист	№	<p>Рисунок 1.5 Карта глубины</p> <p>На рисунке 1.5 представлена визуализация карты глубины. Чем ближе объект расположен к объективу камеры, тем более светлый цвет он имеет, и наоборот с увеличением расстояния от камеры яркость объекта уменьшается.</p>												
		<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										
<div> <div>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)</div> <div>Лист</div> <div>11</div> </div>														

Справка №

- Подпись и дата

ИЧР № лнбп

ВЗАМ ІННІ №

Подпись и дата

1448 № 104

Платье	Платье	1.3.1 Метод Mean Shift				
		Алгоритм <i>mean shift</i> [3] был первоначально представлен в 1975 году Фукунагой и Хостэтлером.				
Служба №	Служба №	Это непараметрический метод анализа пространства для определения максимумов функции плотности. Данный алгоритм нашел широкое применение в области компьютерного зрения и обработки изображений.				
		<div></div>				
		Рисунок 1.6 Результат работы алгоритма mean shift				
Полный и дата	Полный	Основные особенности:				
		<div><div>1. Не является эвристическим, и имеет математическое обоснование.</div><div>2. Непараметрический алгоритм. Число сегментов не задается изначально, а вычисляется в процессе работы алгоритма.</div><div>3. Итеративность алгоритма позволяет легко распараллелить его работу.</div></div>				
Имя № лубл	Имя № лубл	Основная идея метода состоит в построении ядерной оценки для плотности вероятности распределения данных в пространстве признаков <i>RGBXY</i> . В полученной плотности вероятности, локальные максимумы соответствуют центрам кластеров.				
		Из необходимого условия локального экстремума определяется выражение для вектора сдвига $m(p)$ точки пространства признаков $p \in RGBXY$, применяя который к точке p итеративно получаем последовательность точек, сходящуюся к локальному максимуму оценки плотности вероятности (т.е. к центру ближайшего кластера):				
Взаим инв №	Взаим инв №					
Полный и дата	Полный					
Имя № полп	Имя № полп					
		<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)</div></div>				
		Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Лист

13

1.3.2 Алгоритм распространения доверия

Алгоритм распространения доверия [4] — алгоритм поиска границ с помощью двунаправленной передачи сообщений на графе, применяемый для вывода на графических вероятностных моделях (таких как байесовские и марковские сети).

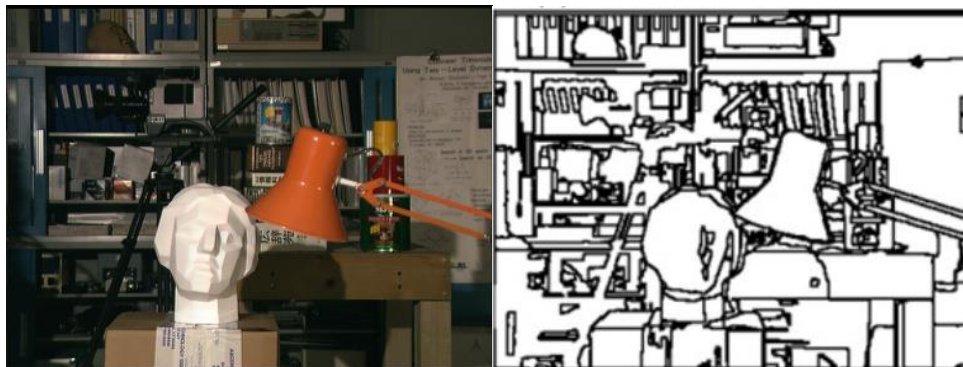


Рисунок 1.7 Результат работы алгоритма распространения доверия

Модель марковских сетей представляет собой неориентированную модель графа, в которой узлы представляют собой случайные величины. Поэтому совместная вероятность $P(x_1, \dots, x_n)$ парной модели марковской сети может быть записана в разложенной форме как:

$$P(x_1, \dots, x_n) = \frac{1}{Z} \prod_i \Phi_i(x_i, y_i) \prod_{i,j} \psi_{ij}(x_i, x_j) \quad (1.5)$$

Здесь x_n представляет узлы графа, Z - константа нормализации, а произведение по ij - произведение с ближайшими соседями по квадратной решетке. Потенциал $\Phi_i(x_i, y_i)$ представляет вероятность для некоторого состояния $x_i \in X_i$ в узле i на основе наблюдения y_i , а потенциал $\psi_{ij}(x_i, x_j)$ обозначает условную зависимость между соседними узлами.

Алгоритм распространения доверия, показанный на рис.1.8, передает сообщения по всей графической модели посредством серии сообщений, отправленных между соседними узлами в сетке изображения. На каждом шаге итерации каждый пиксель графика смежности вычисляет свое сообщение на основе результата предыдущего шага итерации и отправляет новое сообщение всем соседним пикселям (соседям).

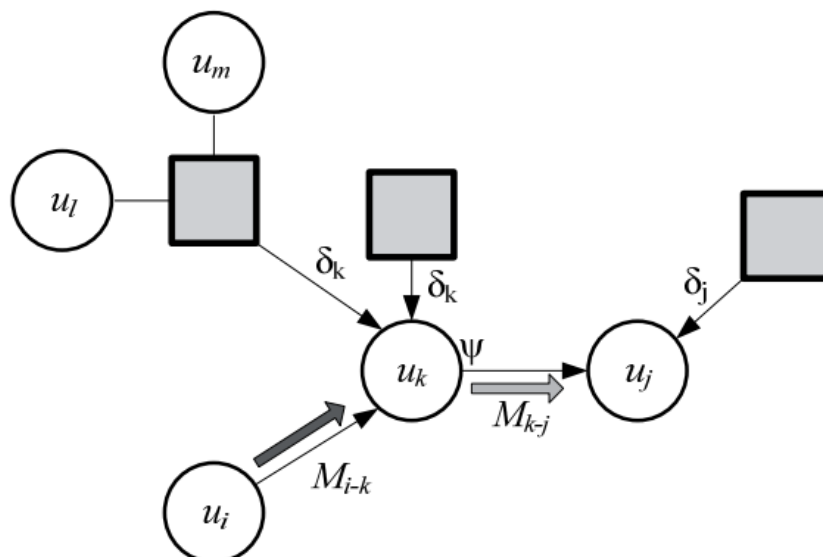


Рисунок 1.8 Модель сегментации изображений с помощью алгоритма распространения доверия

Эта базовая модель сегментации изображений, как показано на рисунке 1.8, представляет собой граф с двумя типами узлов: скрытые узлы (круги) и наблюдаемые узлы (квадраты). Ψ - это функция перехода состояния между двумя различными узлами скрытого состояния, а δ - функция измерения между узлом скрытого состояния и наблюдаемым узлом данных. В алгоритме распространения доверия каждый узел отправляет сообщение своему соседу, который представляет распределение вероятности.

Основным минусом этого метода являются высокие вычислительные затраты, связанные с большим количеством итераций.

Лист примен	<h2 style="text-align: center;">1.4 Методы поиска соответствий</h2> <p>Поиск соответствий – процесс поиска точек одного изображения на другом изображении. Для каждой пары точек вычисляется разность X координат (формула 1.1), которая записывается в карту несоответствий.</p> <p>Существует несколько методов поиска, основанных на различных алгоритмах, например: сумма квадратов разностей (SSD)[5] и сумма абсолютных различий (SAD)[6].</p> <h3 style="text-align: center;">1.4.1 Метод SAD</h3> <p>Алгоритм SAD является одним из простейших алгоритмов вычисления различий левого и правого стереоизображений. Он вычисляет разности интенсивностей для каждого центрального пикселя (i, j) в окне $W(x, y)$ следующим образом:</p> $SAD(x, y, d) = \sum_{(i,j) \in W(x,y)}^N I_L(i, j) - I_R(i - d, j) , (1.6)$ <p>где I_L и I_R - функции интенсивности пикселя левого и правого изображений соответственно. $W(x, y)$ представляет собой квадратное окно, которое окружает положение (x, y) пикселя. Вычисление $SAD(x, y, d)$ повторяется на всей заданной области поиска.</p> <p>Минимальное значение разности по кадру указывает наилучшее соответствие пикселей, а положение максимума определяет несоответствие пикселей. Качество карты несоответствий зависит от размера поискового окна, поскольку больший размер окна соответствует большей вероятности правильного поиска соответствия пикселей, хотя расчет становится медленнее.</p>																							
	Страна №																							
Подпись и дата		Имя № п/бп	Взам инв №	Подпись и дата	Имя № полп																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ) </td> <td style="text-align: center;">Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">17</td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </table>											ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист						17	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист																		
						17																		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																				

1.4.2 Метод SSD

Алгоритм *SSD* на похож на ранее описанный алгоритм *SAD*. Вместо вычисления абсолютного значения *SSD* вычисляет квадраты разностей интенсивностей следующим образом:

$$SSD(x, y, d) = \sum_{(i,j) \in W(x,y)}^N |I_L(i, j) - I_R(i - d, j)|^2, (1.7)$$

где I_L и I_R являются функциями интенсивности пикселей левого и правого изображений соответственно. $W(x, y)$ - квадратное окно, которое окружает положение (x, y) пикселя.

Печать примен

Служба №

Подпись и дата

Имя № п/бп

Взам инв №

Подпись и дата

Имя № подл

ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)

Лист

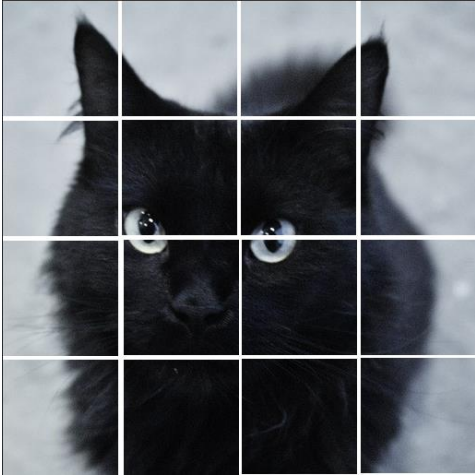
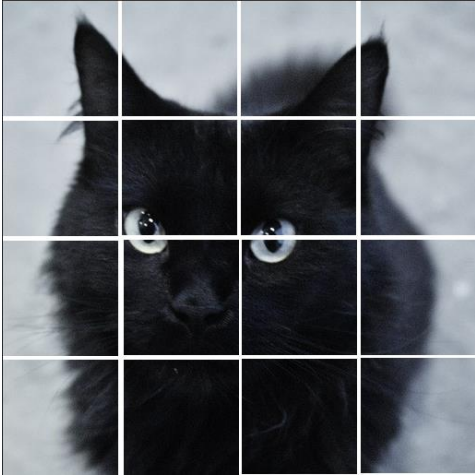
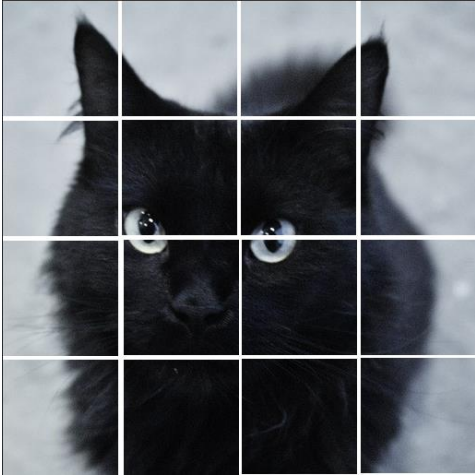
18

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Плен. примен	<h2 style="text-align: center;">1.5. Выводы по главе 1</h2> <p>В данной главе представлен обзор некоторых известных методов, используемых при решении задачи построения карт пространственной глубины по стереопаре изображений.</p> <p>При составлении данного обзора были выявлены основные подзадачи, которые включает в себя общая задача построения карты глубины. Также были описаны известные способы решения этих подзадач, их положительные и отрицательные стороны.</p> <p>В ходе написания обзора было обнаружено множество существующих методов, решающих поставленную задачу построения карты пространственной глубины, что говорит об актуальности этой задачи в современной теоретической информатике.</p> <p>Также было выявлено, что большинство рассмотренных методов базируются на схожих принципах и отличаются лишь деталями реализации на этапах решения различных подзадач.</p> <p>Одной из целей составления данного обзора было выявление проблем, появляющихся при решении задачи построения карты глубины. При составлении обзора были выявлены следующие проблемы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Проблема сегментации. Данная проблема заключается в том, что часть алгоритмов сегментации не обладает достаточной точностью, в связи с чем на этапе поиска соответствий появляются множественные ошибки, связанные с некорректной сегментацией. Другая же часть алгоритмов обеспечивает достаточную точность, но обладает высокой вычислительной сложностью. Так же существует проблема с соотношением сегментов двух изображений. • Проблема поиска соответствий. Данная проблема заключается в несовершенстве алгоритмов поиска соответствий в результате чего снижается точность построения карт глубины. • Проблема обработки ошибок после поиска соответствий. Данная проблема заключается в том, что обычно после этапа поиска соответствий карта несоответствий содержит ряд ошибочно определенных точек и необходима их дополнительная обработка. <p>На основании выявленных этапов и рассмотренных существующих методов решения задачи построения карт пространственной глубины был предложен новый метод решения данной задачи на основе теории активного восприятия. Данный метод предлагает собственную комбинацию и реализацию подходов к решению указанных выше проблем на этапе сегментации и поиска соответствий.</p>																
	Стр. №																
Полл. и дата		Имя № п/бп	Взам. инв. №	Полл. и дата	Имя № полл.												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </table>												Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата													
ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)					Лист 19												

<p>Теоретические основы этого метода решения задачи построения карт пространственной глубины будут подробно описаны в главе 2.</p>					Лист
					20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Лист примен	<h2 style="text-align: center;">Глава 2. Метод построения карты глубины</h2> <p>Предлагаемый метод решения задачи построения карты глубины применяет теорию активного восприятия (ТАВ) на этапе сегментации и поиска соответствия точек.</p> <h3 style="text-align: center;">2.1 Теория активного восприятия</h3> <p>Теория активного восприятия (ТАВ)[7] была разработана Утробиним В.А, профессором НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Данная теория используется для формирования признакового описания и последующей обработки, и анализа изображений.</p> <p>Одной из важных составных частей ТАВ является U-преобразование. Это преобразование заключается в последовательном применении к изображению операций интегрирования и дифференцирования. В результате этого формируется набор спектральных коэффициентов, который и является признаковым описанием изображения.</p> <h4 style="text-align: center;">2.1.1 U-преобразование</h4> <p>Для того что бы применить ТАВ для изображения, мы должны представить его в виде функции яркости $I(x,y)$. После применения к такой функции U-преобразования, мы получим спектральное представление изображения (Формула 2.1)</p> $D = \{d_i\}, i = \overline{1, M}, \quad (2.1)$ <p>где M – число сегментов, на которое было разбито исследуемое изображение; d_i – спектральное представление сегмента i, включающее L спектральных коэффициентов (L – число фильтров, используемых на этапе дифференцирования); $d_i\{k\}$ – k-й спектральный коэффициент представления сегмента i, $k = \overline{1, L}$</p>																								
	Стр. №																								
Подпись и дата		Имя № п/бп	Взам инв №	Подпись и дата	Имя № подл																				
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td rowspan="3" style="width: 30%; text-align: center; vertical-align: middle;"> ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ) </td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">21</td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </table>											ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист							21	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
						ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист																		
							21																		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																					

Лист примен	<p>Процесс вычисления U-преобразования состоит из 2-х этапов:</p> <p>1)Интегрирование</p> <p>На этом этапе изображение разбивается на 16 частей по числу фильтров. Внутри каждого сегмента происходит суммирование значений яркости точек – таким образом формируется матрица визуальных масс.</p> <p>Пример данного этапа представлена на рисунке 2.1:</p>																								
	Стр. №	<table><tr><td></td><td>2395308</td><td>2596705</td><td>1900437</td><td>2559666</td></tr><tr><td></td><td>2081678</td><td>373983</td><td>348883</td><td>2382327</td></tr><tr><td></td><td>1653220</td><td>414745</td><td>416246</td><td>1481343</td></tr><tr><td></td><td>2023403</td><td>184782</td><td>201376</td><td>1700800</td></tr></table>						2395308	2596705	1900437	2559666		2081678	373983	348883	2382327		1653220	414745	416246	1481343		2023403	184782	201376
		2395308	2596705	1900437	2559666																				
	2081678	373983	348883	2382327																					
	1653220	414745	416246	1481343																					
	2023403	184782	201376	1700800																					
<p>Рисунок 2.1. Формирование визуальных масс участка изображения</p> <p>Как видно из рисунка: чем светлее сегмент изображения, тем больше его визуальная масса и наоборот.</p> <p>2) Дифференцирование</p> <p>На этом шаге матрица визуальных масс умножается на фильтры ТАВ. Фильтры представлены на рисунке 2.2.</p>																									
Подпись и дата	Имя № публ	Взам инв №	Подпись и дата	Имя № полп	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Изм.</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подпись</td><td>Дата</td></tr></table>						Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																					
<p>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)</p>					<p>Лист</p> <p>22</p>																				

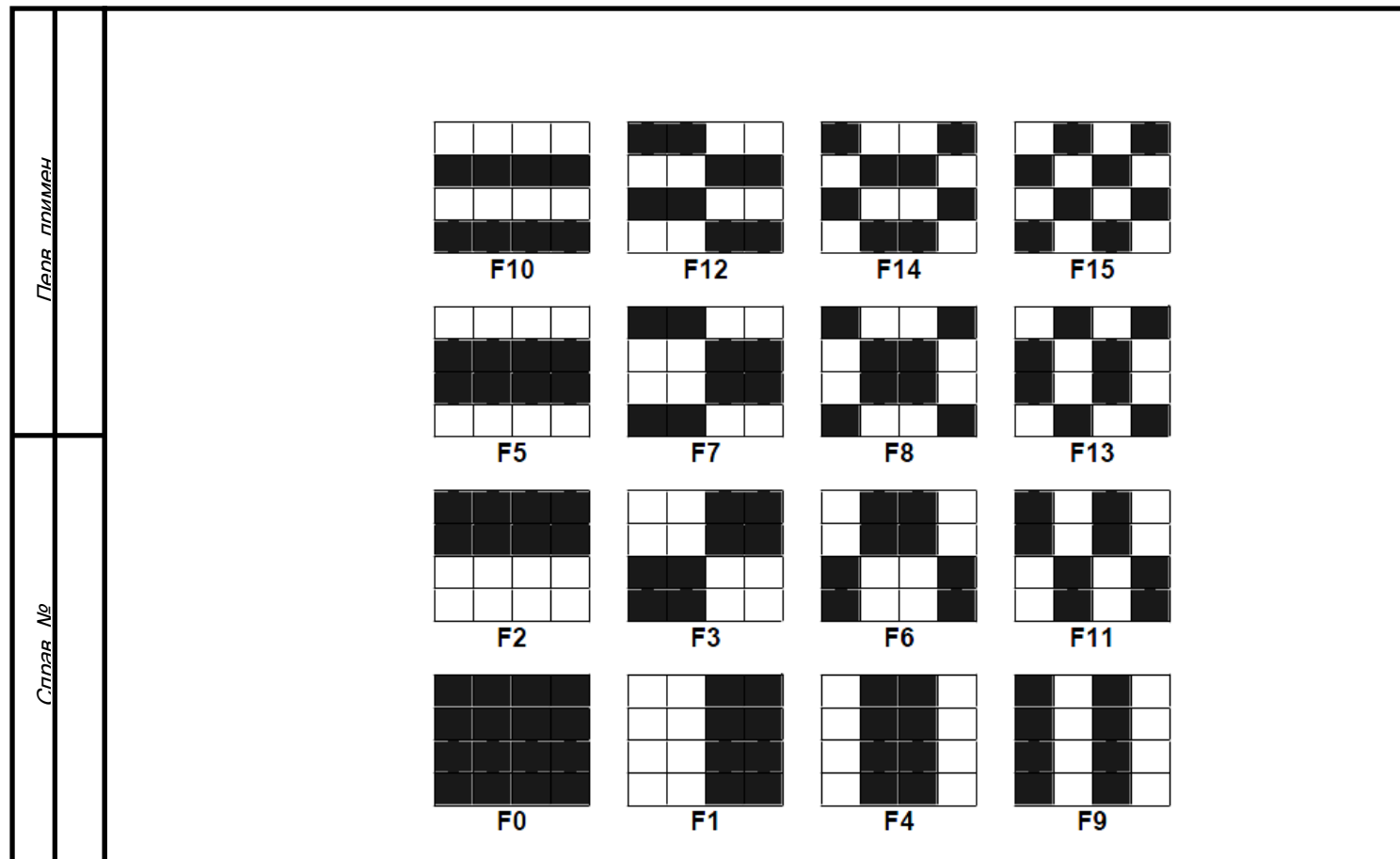


Рисунок 2.2 Фильтры ТАВ

Если участок фильтра темный, то элемент матрицы визуальных масс умножается на «-1», если участок светлый элемент умножается на «1». Далее все элементы суммируются

Пример подобного применения приведен на рисунке 2.3

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>2395308</td><td>2596705</td><td>1900437</td><td>2559666</td></tr> <tr><td>2081678</td><td>373983</td><td>348883</td><td>2382327</td></tr> <tr><td>1653220</td><td>414745</td><td>416246</td><td>1481343</td></tr> <tr><td>2023403</td><td>184782</td><td>201376</td><td>1700800</td></tr> </table>	2395308	2596705	1900437	2559666	2081678	373983	348883	2382327	1653220	414745	416246	1481343	2023403	184782	201376	1700800	*		=	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>2395308</td><td>2596705</td><td>-1900437</td><td>-2559666</td></tr> <tr><td>2081678</td><td>373983</td><td>-348883</td><td>-2382327</td></tr> <tr><td>-1653220</td><td>-414745</td><td>416246</td><td>1481343</td></tr> <tr><td>-2023403</td><td>-184782</td><td>201376</td><td>1700800</td></tr> </table>	2395308	2596705	-1900437	-2559666	2081678	373983	-348883	-2382327	-1653220	-414745	416246	1481343	-2023403	-184782	201376	1700800
2395308	2596705	1900437	2559666																																	
2081678	373983	348883	2382327																																	
1653220	414745	416246	1481343																																	
2023403	184782	201376	1700800																																	
2395308	2596705	-1900437	-2559666																																	
2081678	373983	-348883	-2382327																																	
-1653220	-414745	416246	1481343																																	
-2023403	-184782	201376	1700800																																	

Рисунок 2.3 Умножение матрицы визуальных масс на фильтр F3

Подпись и дата	
Имя № л/бп	
Взам инв №	
Подпись и дата	
Имя № полп	

					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Лист	<p>5)Формирование карты несоответствий – формирование матрицы, содержащий в себе информацию о том на сколько каждая точка первого изображения отличается по положению в пространстве от этой же точки на втором изображении.</p> <p>6)Построение карты глубины – заключительный этап восстановления информации о глубине с последующей визуализацией результатов.</p> <p>Далее каждый этап будет рассмотрен подробнее.</p>				
Страна №					
Подпись и дата					
Имя № п/бп					
Взам инв №					
Подпись и дата					
Имя № полп					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)
					Лист 26

С.п.наз №

Исходя из это было принято решение производить сегментацию в два этапа:

- Полпись и лата

ИИР № 146П

ВЗАМ ИНР №

Полппись и лата

ИИР № 1011

2.4.2 Выделение горизонтальных сегментов

Поскольку изображения, входящие в систему, являются эппольярными, то все горизонтальные линии одного изображения совпадают с горизонтальными линиями другого. Поэтому мы можем разделить все изображение на горизонтальные сегменты без ущерба точности поиска.

Также поскольку на следующем этапе будет применяться ТАВ, размер фильтров которого 4×4 , выберем высоты сегмента 4 пикселя.

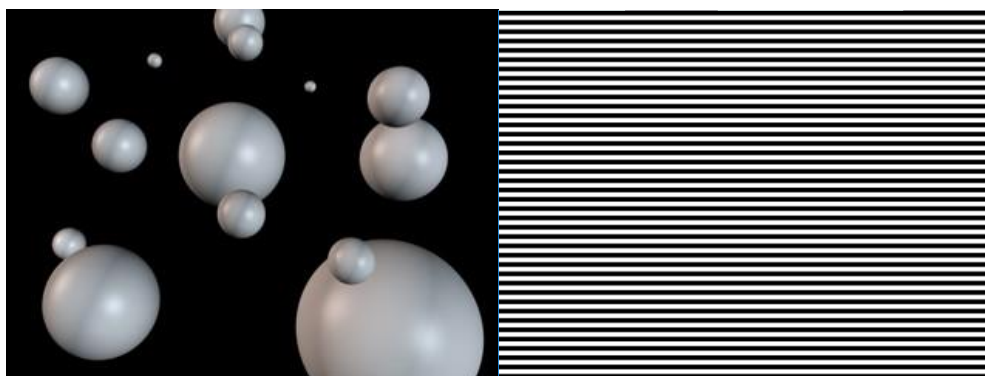


Рисунок 2.5. Горизонтальное сегментирование

Такое разделение позволит существенно сократить вычислительную сложность последующего алгоритма.

2.4.3 Выделение границ объектов

После того как изображение разделено на горизонтальные сегменты необходимо выделить внутри каждого горизонтального сегмента границы объектов. Для этого процесса будем использовать фильтры ТАВ, позволяющие найти изменение яркости в разных направлениях:

1) Фильтр F_1

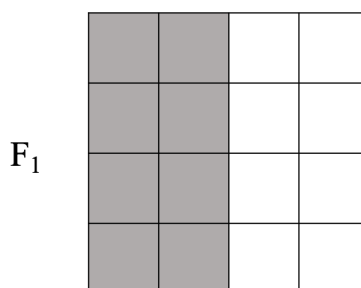
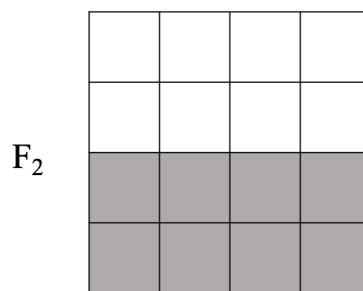
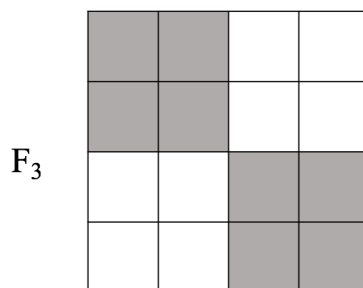


Рисунок 2.6 Фильтр F_1

Используется для выделения вертикальных границ

2) Фильтр F_2 Рисунок 2.7 Фильтр F_2

Используется для выделения горизонтальных границ

3) Фильтр F_3 Рисунок 2.8 Фильтр F_3

Используется для выделения диагональных границ

Эти фильтры применяются для каждой точки в горизонтальном сегменте. Из полученных значений выбирается наибольшее по модулю, т.е. обозначающая наибольший перепад яркости.



F_1	F_2	F_3
855	247	2000

Рисунок 2.9. Алгоритм применения фильтров F_1 , F_2 , F_3 .

Для каждого горизонтального сегмента выбирается n точек с наибольшим значением фильтра. Эти точки являются границами в данном сегменте.



Рисунок 2.10 Границы в сегменте

На основе полученных точек формируются сегменты.

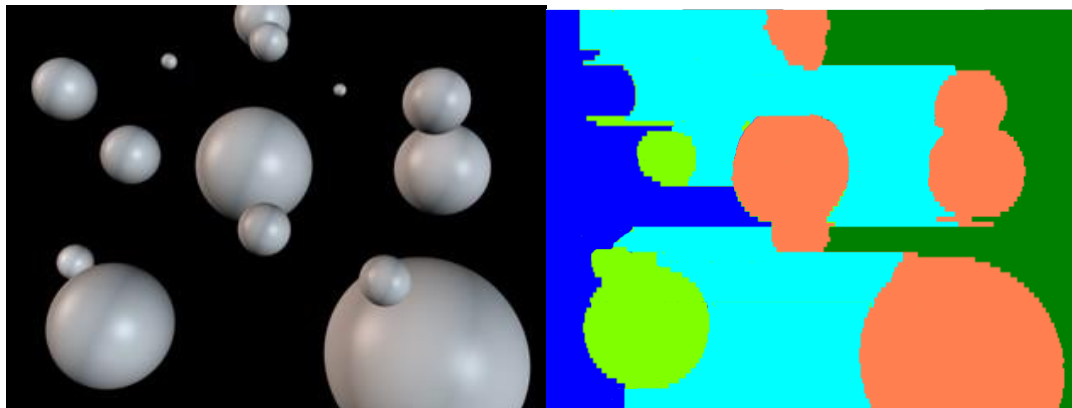


Рисунок 2.11 Сегменты

Для последующего использования необходимо сформировать модель сегмента. Она состоит из следующих элементов:


- 1) Точка начала сегмента и ее описание с помощью ТАВ.
- 2) Точка окончания сегмента и ее описание с помощью ТАВ.

Для описания точки используются фильтры ТАВ. Описание точек формируется применением к ним всех 16 фильтров ТАВ.

Плен примен															
Слпая №															
Полпись и дата															
Иня № лубл															
Взам инв №															
Полпись и дата															
Иня № полл															
<p align="center">2.4.4 Сопоставление сегментов.</p> <p>На данный момент одно изображение разделено на сегменты. Следующим этапом является поиска сегментов первого изображения на втором. Для этого на втором изображении выполняется поиск наиболее похожих точек для начала и конца сегмента по следующему алгоритму:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Вычисляется отклик для эталонной точки по всем 16 фильтрам. 2) Осуществляется проход окна размером 4x4 по пикселям горизонтального сегмента второго изображения. Текущий пиксель служит координатой верхнего левого угла окна размером 4x4. При проходе окна по изображению подсчитывается отклик по все 16 фильтрам. 3) Находится модуль разности ("дельта") каждого отклика с эталонным откликом, который был найден в начале. 4) Все шестнадцать разностей суммируются и сохраняются вместе с координатами текущего положения окна. 5) Из всех полученных разностей находится минимальная, которая и определяет минимальное отличие найденной точки от исходной. 6) Эта точка ставиться в соответствие с исходный <p>Данный алгоритм выполняется для начальной и конечной точки сегмента. Таким образом мы получаем пары сегментов первого и второго изображения.</p>															
<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> </table>										Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<div>Лист</div> <div>32</div>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата											

Лист	<h2 style="text-align: center;">2.5 Формирование карты несоответствий</h2> <p>Следующим этапом алгоритма является формирование карты несоответствий – матрицы содержащий в себе информацию о том на сколько каждая точка первого изображения отличается по положению в пространстве от этой же точки на втором изображении.</p> <p>По алгоритму, который описан в пункте 2.4.4, для каждой точки сегмента происходит поиск соответствующей точки на втором изображении. Область поиска в данном случае ограничена размерами сегмента.</p> <p>При нахождении нужной точки вычисляется ее несоответствие по формуле:</p> $D = X_1 - X_2 , (2.3)$ <p>где X_1 – координаты точки на первом изображении, X_2 – координаты точки на втором изображении.</p>				
Слева №					
Правая №					
Подпись и дата					
Имя № п/бп					
Взам инв №					
Подпись и дата					
Имя № полп					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)
					<div>Лист</div> <div>33</div>

Левая	№	<h2 style="margin: 0;">2.6 Построение карты глубины</h2> <p style="margin: 10px 0;">Построение карты глубины – заключительный этап решения задачи.</p> <p style="margin: 10px 0;">На этом этапе карта несоответствий преобразует в карту глубины с помощью формулы 1.2.</p> <p style="margin: 10px 0;">Так же необходимо решить задачу возможных ошибок, допущенных на этапе поиска соответствий. Поэтому было принято решение применить на все точки карты несоответствий формулу 2.4</p> $D_{x,y} = \begin{cases} D_{x,y}, D \leq Max \\ \frac{\sum_{i=x-\frac{n}{2}}^{x+\frac{n}{2}} D_{i,y}}{n}, D > Max \end{cases}, (2.4)$ <p style="margin: 10px 0;">где $D_{x,y}$ – значение карты глубины в точке, Max – максимально возможное значение карты глубины, n – размер области на которой вычисляется среднее значение</p> <p style="margin: 10px 0;">Данная формула представляют собой фильтр. Иными словами, если значение точки больше ожидаемого заменяем ее значение средним значением от соседних точек.</p> <p style="margin: 10px 0;">На этом восстановление глубины завершено. Для визуализации результатов применяется формула:</p> $G_{x,y} = 255 * (D_{x,y} / D_{max}), (2.5)$ <p style="margin: 10px 0;">где $D_{x,y}$ – значение карты глубины в точке, D_{max} – максимальное значение карты глубины, $G_{x,y}$ – значение точки в градациях серого.</p>					Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						Правая
	№						
Левая	№						

<div> <div> <div>Имя № полп</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Взам инв №</div> <div>Имя № публ</div> <div>Подпись и дата</div> </div> <div> <div>Имя № полп</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Взам инв №</div> <div>Имя № публ</div> <div>Подпись и дата</div> </div> </div>					<div> <div>Служб №</div> <div>Печат. примеч</div> </div>	
<div>  </div>						
<div>Рисунок 2.12. Карта глубины</div>						
<div> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Подпись</div> <div>Дата</div> </div>					<div> <div>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)</div> <div>Лист</div> <div>35</div> </div>	

Лист	<h2 style="text-align: center;">2.7. Выводы по главе 2</h2> <p>В данной главе были рассмотрены теоретические основы метода построения карты глубины на основе теории активного восприятия. Были предложены варианты реализации каждого из этапов решения задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сегментация • Поиск несоответствий • Устранение ошибок <p>Использование данного набора вариантов реализации каждого из этапов решения задачи построения карты глубины свидетельствует о научной новизне предлагаемого метода. Экспериментальные данные о результатах работы данного метода на различных наборах исходных данных будут подробно описаны в главе 3.</p>				
Страна №					
Подпись и дата					
Имя № п/бп					
Взам инв №					
Подпись и дата					
Имя № полп					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)
					<div>Лист</div> <div>36</div>

Глава 3. Вычислительный эксперимент

Вычислительный эксперимент – одна из самых важных частей любого исследования. Результаты, полученные в его процессе, позволяют сделать вывод о успешности предложенных и реализованных методов и алгоритмов, а также сравнить получившуюся систему с аналогами.

Данная глава посвящена описанию проведенного вычислительного эксперимента и анализу его результатов.

3.1. Описание эксперимента

Для проведения вычислительного эксперимента была сформирована база данных стереоизображений. База данных состоит из 2000 различных пар изображений. Для каждой из пар изображений в базе данных так же присутствует эталонная карта глубины.

Пример данных приведен на рисунке:



Рисунок 3.1. Пример данных используемых в вычислительном эксперименте.

Лист	<p>Все изображения в базе данных представлены в формате <i>PNG</i> и имеют размер, не превышающий 1000 x 1000 пикселей. В ходе эксперимента происходит сравнение каждой точки эталонной карты глубины с соответствующими точками карты глубины, полученной предложенным в данной работе алгоритмом. Вычисление точности происходит с помощью формулы 3.1.</p>				
	$P = \frac{1}{X*Y} \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (d_c(i,j) - d_T(i,j)), \quad (3.1)$				
Стр.	<p>где X – ширина изображения, Y – высота изображения, d_c – карта глубины полученная с помощью описанного метода, d_T – эталонная карта глубины.</p> <p>Предложенный метод решения задачи построения карты глубины имеет набор входных параметров. В зависимости от них результаты работы программы могут сильно различаться. Поэтому в ходе эксперимента были исследованы различные наборы значений входных параметров алгоритма с целью выявления набора, позволяющего производить построение карты глубины с наибольшей точностью.</p> <p>Были исследованы следующие входные параметры алгоритма и их возможные значения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Минимальный размер сегмента: 10,50,70 • Максимальное количество сегментов: 1,4,8 <p>В результате комбинации всех указанных значений входных параметров алгоритма было получено 9 конфигураций запуска. Результаты работы предлагаемого метода при каждой конфигурации были получены путём его тестирования в нормальных условиях.</p> <p>Для каждой конфигурации запуска алгоритма были получены следующие значения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Точность построения карты глубины • Среднее время обработки одного изображения 				
Имя	№	Подпись	Дата	<p>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)</p>	
				<p>Лист 38</p>	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

3.2. Описание программного продукта

Вычислительный эксперимент производился с помощью программного продукта написанного на языке программирования C#. Данный язык обладает богатыми средствами по работе с графикой, матрицами и статистической информацией, именно поэтому он был выбран в качестве основного инструмента для построения вычислительного эксперимента.

Рассмотрим основные классы программы:

1) *Image* – класс, отвечающий за обработку изображений

Метод *CreateIntensiveMap* – преобразует изображение в карту функции интенсивности

№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий
1	<i>IntensiveMap</i>	Выходной	Функция интенсивности

Таблица 3.1. Описание метода *CreateIntensiveMap*

Метод *CalculateRawLines* – разделяет изображение на горизонтальные сегменты, и производит первоначальное сегментирование изображения

№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий
1	<i>MinWidth</i>	Входной	Минимальный размер сегмента
2	<i>SegmentCount</i>	Входной	Максимальное число сегментов в горизонтальном сегменте

Таблица 3.2. Описание метода *CalculateRawLines*

Метод *DrawHorSegments* – отображение изображения, разделенного на горизонтальные сегменты

№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий
1	<i>Image</i>	Выходной	Изображение горизонтальных сегментов

Таблица 3.3. Описание метода *DrawHorSegments*

Лист примен	<p>Метод <i>DrawRawSegments</i> – отображение изображения, с выделенными объектами</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th style="width: 10%;">№</th> <th style="width: 40%;">Имя параметра</th> <th style="width: 20%;">Тип параметра</th> <th style="width: 30%;">Комментарий</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;"><i>Image</i></td> <td style="text-align: center;">Выходной</td> <td>Изображение, с выделенными объектами</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Таблица 3.4. Описание метода <i>DrawRawSegments</i></p>					№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий	1	<i>Image</i>	Выходной	Изображение, с выделенными объектами								
	№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий																	
1	<i>Image</i>	Выходной	Изображение, с выделенными объектами																		
Служб. №	<p>Метод <i>FindMaxSimilarSegment</i>– поиск наиболее похожего сегмента</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th style="width: 10%;">№</th> <th style="width: 40%;">Имя параметра</th> <th style="width: 20%;">Тип параметра</th> <th style="width: 30%;">Комментарий</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;"><i>InputSegment</i></td> <td style="text-align: center;">Входной</td> <td>Исходный сегмент</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;"><i>Index</i></td> <td style="text-align: center;">Входной</td> <td>Номер строки в которой будет происходить поиск сегмента</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;"><i>OutputSegment</i></td> <td style="text-align: center;">Выходной</td> <td>Найденный сегмент</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Таблица 3.5. Описание метода <i>FindMaxSimilarSegment</i></p>					№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий	1	<i>InputSegment</i>	Входной	Исходный сегмент	2	<i>Index</i>	Входной	Номер строки в которой будет происходить поиск сегмента	3	<i>OutputSegment</i>	Выходной	Найденный сегмент
	№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий																	
1	<i>InputSegment</i>	Входной	Исходный сегмент																		
2	<i>Index</i>	Входной	Номер строки в которой будет происходить поиск сегмента																		
3	<i>OutputSegment</i>	Выходной	Найденный сегмент																		
Подпись и дата	Имя № лблп	Взам инв №	<p>Метод <i>FindDisparty</i>– подсчет карты соответствий</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th style="width: 10%;">№</th> <th style="width: 40%;">Имя параметра</th> <th style="width: 20%;">Тип параметра</th> <th style="width: 30%;">Комментарий</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;"><i>InputImage</i></td> <td style="text-align: center;">Входной</td> <td>Изображение с которым будут искаяться несоответствия</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;"><i>MinSegmentWidth</i></td> <td style="text-align: center;">Входной</td> <td>Минимальный размер сегмента</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;"><i>DispartyMap</i></td> <td style="text-align: center;">Выходной</td> <td>Найденная карта несоответствий</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Таблица 3.6. Описание метода <i>FindDisparty</i></p>			№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий	1	<i>InputImage</i>	Входной	Изображение с которым будут искаяться несоответствия	2	<i>MinSegmentWidth</i>	Входной	Минимальный размер сегмента	3	<i>DispartyMap</i>	Выходной	Найденная карта несоответствий
			№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий															
1	<i>InputImage</i>	Входной	Изображение с которым будут искаяться несоответствия																		
2	<i>MinSegmentWidth</i>	Входной	Минимальный размер сегмента																		
3	<i>DispartyMap</i>	Выходной	Найденная карта несоответствий																		
Подпись и дата	Имя № полп																				

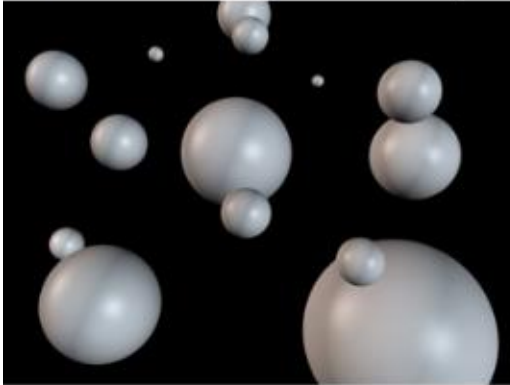
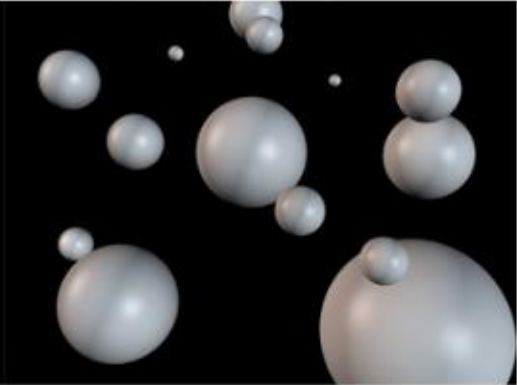
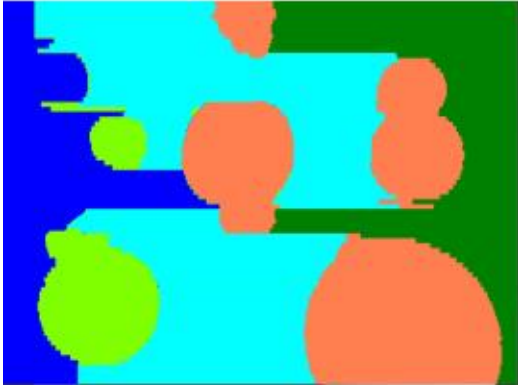
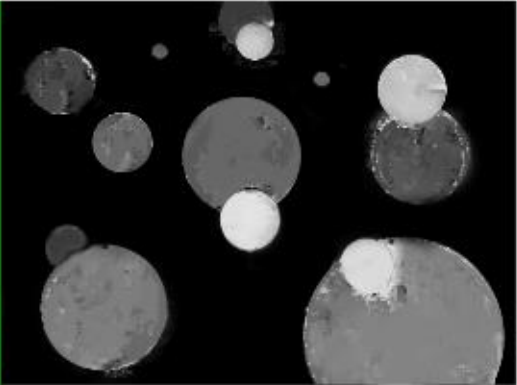
					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Лист	№	Метод <i>FindOnImageInRange</i> – поиск точки с помощью ТАВ, в заданных границах				
Лист	№	Таблица 3.7. Описание метода <i>FindDisparty</i>				
Лист	№	Метод <i>Draw</i> – визуализация карты глубины				
Лист	№	Таблица 3.8. Описание метода <i>Draw</i>				
Лист	№	ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)				
Лист	№	41				

Лист примен	<p>2) <i>ActiveTheory</i> – класс, содержащий в себе методы TAB</p> <p>Метод <i>ApplyFilters</i> – метод применяющий фильтры F1-F16</p>																								
Слпая №	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">№</th> <th style="width: 40%;">Имя параметра</th> <th style="width: 20%;">Тип параметра</th> <th style="width: 30%;">Комментарий</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td><i>IntensiveFunction</i></td> <td style="text-align: center;">Входной</td> <td>Функция интенсивности</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;"><i>X</i></td> <td style="text-align: center;">Входной</td> <td>Координата X</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;"><i>Y</i></td> <td style="text-align: center;">Входной</td> <td>Координата Y</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;"><i>Values</i></td> <td style="text-align: center;">Выходной</td> <td>Значения фильтров</td> </tr> </table>					№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий	1	<i>IntensiveFunction</i>	Входной	Функция интенсивности	2	<i>X</i>	Входной	Координата X	3	<i>Y</i>	Входной	Координата Y	4	<i>Values</i>	Выходной	Значения фильтров
	№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий																					
1	<i>IntensiveFunction</i>	Входной	Функция интенсивности																						
2	<i>X</i>	Входной	Координата X																						
3	<i>Y</i>	Входной	Координата Y																						
4	<i>Values</i>	Выходной	Значения фильтров																						
Таблица 3.9. Описание метода <i>ApplyFilters</i>																									
<p>Метод <i>ApplyCornersFilters</i> – метод применяющий фильтры F1-F3 и выбирающий из них наибольшее значение</p>																									
Полпись и дата	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">№</th> <th style="width: 40%;">Имя параметра</th> <th style="width: 20%;">Тип параметра</th> <th style="width: 30%;">Комментарий</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td><i>IntensiveFunction</i></td> <td style="text-align: center;">Входной</td> <td>Функция интенсивности</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;"><i>X</i></td> <td style="text-align: center;">Входной</td> <td>Координата X</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;"><i>Y</i></td> <td style="text-align: center;">Входной</td> <td>Координата Y</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;"><i>Value</i></td> <td style="text-align: center;">Выходной</td> <td>Значение максимального фильтра</td> </tr> </table>					№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий	1	<i>IntensiveFunction</i>	Входной	Функция интенсивности	2	<i>X</i>	Входной	Координата X	3	<i>Y</i>	Входной	Координата Y	4	<i>Value</i>	Выходной	Значение максимального фильтра
	№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий																					
1	<i>IntensiveFunction</i>	Входной	Функция интенсивности																						
2	<i>X</i>	Входной	Координата X																						
3	<i>Y</i>	Входной	Координата Y																						
4	<i>Value</i>	Выходной	Значение максимального фильтра																						
Таблица 3.10. Описание метода <i>ApplyCornersFilters</i>																									
Имя № лблп	<p>3) <i>Segment</i> – класс, отвечающий за представление сегмента</p> <p>Метод <i>CalculateDescription</i> – вычисляет описание сегмента</p>																								
Взам инв №	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">№</th> <th style="width: 40%;">Имя параметра</th> <th style="width: 20%;">Тип параметра</th> <th style="width: 30%;">Комментарий</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td><i>FirstPointDescription</i></td> <td style="text-align: center;">Выходной</td> <td>Описание первой точки сегмента</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td><i>SecondPointDescription</i></td> <td style="text-align: center;">Выходной</td> <td>Описание последней точки сегмента</td> </tr> </table>					№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий	1	<i>FirstPointDescription</i>	Выходной	Описание первой точки сегмента	2	<i>SecondPointDescription</i>	Выходной	Описание последней точки сегмента								
	№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий																					
1	<i>FirstPointDescription</i>	Выходной	Описание первой точки сегмента																						
2	<i>SecondPointDescription</i>	Выходной	Описание последней точки сегмента																						
Таблица 3.11. Описание метода <i>CalculateDescription</i>																									
Полпись и дата																									
Имя № полп																									

					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Левая	Правая	Метод <i>GetDiff</i> – вычисляет различие между сегментами														
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 10%;">№</th> <th style="width: 35%;">Имя параметра</th> <th style="width: 20%;">Тип параметра</th> <th style="width: 35%;">Комментарий</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td><i>Segment</i></td> <td>Входной</td> <td>Сегмент для сравнение</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td><i>Diff</i></td> <td>Выходной</td> <td>Различие между сегментами</td> </tr> </table>					№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий	1	<i>Segment</i>	Входной	Сегмент для сравнение	2	<i>Diff</i>
№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий													
1	<i>Segment</i>	Входной	Сегмент для сравнение													
2	<i>Diff</i>	Выходной	Различие между сегментами													
Служба	№	Таблица 3.12. Описание метода <i>GetDiff</i>														
		В результате обработки каждого изображения из базы данным программным продуктом формируется выходное изображение карты глубины.														
Имя	№	полп	Подпись и дата	Взам инв №	Имя № публ	Подпись и дата	Лист									
ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)																
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			43									

Лист		Пример результата работы программы представлены на рисунке:																					
		<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 60%;"> <div style="margin-bottom: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #ccc; border: 1px solid #000; margin-right: 5px;"></div> Карта глубины </div> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Файл 1</div> <div><input type="text" value="img1.png"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Файл 2</div> <div><input type="text" value="img2.png"/></div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px 5px;">Расчет</div> </div> </div> <div style="width: 35%; text-align: right;"> <div style="margin-bottom: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Нижний порог:</div> <div><input type="text" value="4"/></div> <div>Верхний порог:</div> <div><input type="text" value="21"/></div> </div> <div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Количество сегментов:</div> <div><input type="text" value="6"/></div> <div>Минимальный размер сегмента:</div> <div><input type="text" value="20"/></div> </div> <div style="margin-left: 10px;"><input type="checkbox"/></div> </div> </div> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Левое изображение</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Правое изображение</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Сегментированное изображение</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Карта глубины</p> </div> </div> </div></div>																					
Рисунок 3.2. Результат работы программы																							
Имя № полп		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: 0.8em;">Изм.</td> <td style="font-size: 0.8em;">Лист</td> <td style="font-size: 0.8em;">№ докум.</td> <td style="font-size: 0.8em;">Подпись</td> <td style="font-size: 0.8em;">Дата</td> </tr> </table>															Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист 44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																			

3.3. Анализ результатов эксперимента

Результаты тестирования алгоритма в приведены в таблице 3.7:

Максимальное количество сегментов	Минимальный размер сегмента	Точность, %	Среднее время обработки, с
1	10	82,4	10
	50	83,7	9
	70	82,8	9
4	10	90,2	7
	50	90,4	6
	70	90,6	6
8	10	90,3	5
	50	90,7	5
	70	90,7	5

Таблица 3.13. Результаты тестирования алгоритма

Таким образом, наилучшая точность локализации объекта на изображении (90,7 %) была достигнута при следующих конфигурациях запуска алгоритма:

1. Максимальное количество сегментов – 8. Минимальный размер сегмента – 50. Среднее время обработки – 5 с.
2. Максимальное количество сегментов – 8. Минимальный размер сегмента – 70. Среднее время обработки – 5 с.

В таблице 3.14 представлены результаты работы известных методов построения карт глубины [2], рассмотренных в главе 1.

Лист примен	<table border="1"> <tr> <th>Метод</th> <th>Точность, %</th> </tr> <tr> <td>SAD без сегментации</td> <td>87,6</td> </tr> <tr> <td>Meanshift и SAD</td> <td>90,7</td> </tr> <tr> <td>Алгоритм распространения доверия и SSD</td> <td>91,8</td> </tr> </table>					Метод	Точность, %	SAD без сегментации	87,6	Meanshift и SAD	90,7	Алгоритм распространения доверия и SSD	91,8						
	Метод	Точность, %																	
SAD без сегментации	87,6																		
Meanshift и SAD	90,7																		
Алгоритм распространения доверия и SSD	91,8																		
Стр. №	<p>Таблица 3.14. Результаты работы известных методов построения карт глубины</p> <p>Сравнивая данные из таблицы 3.14 и полученные результаты тестирования алгоритма (таблица 3.13), можно сделать вывод о том, что разработанный метод имеет точность построения карты глубины, вполне сопоставимую с точностью рассмотренных известных методов.</p>																		
Подпись и дата																			
Имя № п/бп																			
Взам инв №																			
Подпись и дата																			
Имя № подл																			
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						<table border="1"> <tr> <td>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td>46</td> </tr> </table>	ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист		46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата															
ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист																		
	46																		

С.п.н.а.р. №

Полппись и лата

ИЧР № лнбп

РЗАМ ИИР №

Подпись и дата

ИИР № 1011

ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)

Листья	Листья	<h2 style="text-align: center;">Заключение</h2> <p>В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был составлен обзор известных методов решения задачи построения карты глубины. На основании этого обзора были сформулированы основные проблемы существующих методов, возникающие на различных этапах решения задачи.</p> <p>С учётом информации, полученной в результате составления обзора был предложен новый метод решения задачи построения карты глубины. Данный метод заключается в использовании ТАВ на этапе сегментирования и поиска соответствий изображений.</p> <p>Для реализации предложенного метода был разработан программный продукт на языке C#. Разработанный алгоритм был протестирован на различных наборах входных данных в ходе проведенного вычислительного эксперимента. Полученные при проведении эксперимента результаты свидетельствуют о корректной работе предложенного метода при решении задачи построения карты глубины.</p> <p>Точность построения карты глубины при использовании описанного метода оказалась сопоставимой с точностью рассмотренных в обзоре методов. Это говорит о том, что данный метод является конкурентоспособным и пригодным к использованию на практике.</p> <p>Исходя из указанного выше можно сделать вывод о том, что поставленные перед началом научного исследования задачи были выполнены в полном объёме, а цель работы – достигнута.</p>										
	Листья											
Листья	Листья	<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
	Изм.		Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Листья	Листья	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ) </div> <div> Лист 48 </div> </div>										

Лист прием						<p align="center">Список литературы</p> <p>1. Richard Hartley and Andrew Zisserman - Multiple View Geometry in Computer Vision Second Edition - Cambridge University Press, March 2004.</p> <p>2. Patrik Kamencay, Martin Breznán, Roman JARINA, Peter LUKAC, Martina Zachariasova - Improved Depth Map Estimation from Stereo Images Based on Hybrid Method – Radioengineering Journal, 2012 – стр. 70-78.</p> <p>3. Dorin Comaniciu and Peter Meer - Mean Shift : A Robust approach towards feature space analysis - IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence №5 - May 2002.</p> <p>4. Yedida, J. S., Freeman, W. T., Weiss, Y. - Understanding belief propagation and its generalizations. Exploring Artificial Intelligence in the New Millennium. - 2003, стр. 236 - 239.</p> <p>5. M. B. Hisham - Template Matching using Sum of Squared Difference and Normalized Cross Correlation - Research and Development (SCORED) - 2015 IEEE Student Conference</p> <p>6. Hiroaki Niitsuma, Tsutomu Maruyama - Sum of Absolute Difference Implementations for Image Processing on FPGAs - FPL '10 Proceedings of the 2010 International Conference on Field Programmable Logic and Applications – стр. 167-170</p> <p>7. Утробин В.А. Элементы теории активного восприятия изображений Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. - 2010. - Т. 81, №2. - стр. 61-69.</p>																		
											Страна №													
Лист																								
Подпись и дата																								
Имя № публ																								
Взам инв №																								
Подпись и дата																								
Имя № полп																								
						<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td rowspan="2"> ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ) </td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>49</td> </tr> </table>						Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-018-2018 (ПЗ)	Лист																		
						49																		