

Перв. примен.		<p style="text-align: center;">Введение.</p> <p>Актуальность темы</p> <p>Задача распознавания образов в настоящее время является одной из ключевых задач в области теоретической информатики. Задача распознавания автомобильных номеров, в частности, является на данный момент одной из самых актуальных в практическом плане: в последние годы было разработано не мало систем и алгоритмов, решающих её, и продолжают появляться всё новые и новые разработки в этой области. Решение этой задачи применяется в области мониторинга дорожных ситуаций, для упрощения системы оплаты штрафов, в системах, предназначенных для контроля проезда и учёта транспорта на контрольно-пропускных пунктах, автомойках, парковках, закрытых жилых территориях и так далее.</p> <p>Частная задача распознавания номера автотранспортного средства - локализация номерной пластины - является важнейшим шагом в алгоритме решения, так как успешная и быстрая локализация пластины номера существенно ускоряет дальнейшую работу над распознаванием непосредственно номера и оптимизирует общее время решения задачи. Различные системы распознавания номеров работают с разными ракурсами кадров автотранспортных средств и с разным разрешением, но этап локализации пластины необходим для любой системы. Таким образом, задача создания информационной модели локализации пластины номера автотранспортного средства является в настоящее время вполне актуальной.</p> <p>Цели и задачи исследования</p> <p>Целью данного исследования является разработка информационной модели локализации пластины номера автотранспортного средства. Для этого необходимо решить следующие задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Исследование и анализ существующих методов решения данной задачи. • Создание информационных моделей локализации автотранспортного средства на изображении и модели описания номерной пластины и её локализации на изображении. • Создание алгоритма локализации номерной пластины на изображении. • Проведение вычислительного эксперимента с целью установить корректность и необходимую точность работы разработанных алгоритмов. 																							
	Справ. №																								
Инв. № подл.	Подпись и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подпись и дата																		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="5">ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td>4</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)-003-2018(ПЗ)					Лист						4	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)					Лист																				
					4																				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																					

Перв. примен.	<p>Объект исследования</p> <p>Объектом данного исследования является набор изображений высокого качества, полученных с дорожной камеры наблюдения, представленных в цифровом формате.</p> <p>Предмет исследования</p> <p>Предметом данного исследования являются модели и методы локализации номерной пластины автотранспортного средства на изображении.</p> <p>Методы исследования</p> <p>В данной работе были использованы следующие методы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • метод формирования признаков описания изображений на основе теории активного восприятия, • метод принятия решения о локализации объекта на изображении на основе алгоритмов кластеризации точек, • метод вычислительного эксперимента, для проведения которого был разработан программный продукт на языке программирования R. <p>Положения, выносимые на защиту</p> <p>На защиту выносятся следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Информационная модель локализации автотранспортного средства на изображении и модель описания номерной пластины и её локализации на изображении, построенные на основе положений теории активного восприятия. • Алгоритм локализации номерной пластины на изображении на основе признаков описания объекта и сравнения средних отклонений признаков • Результаты вычислительного эксперимента. <p>Научная новизна</p> <p>Научная новизна разработанного метода локализации номерной пластины автотранспортного средства на изображении, полученном с дорожной камеры заключается в использовании новых подходов к решению данной задачи, в частности, подхода теории активного восприятия. На этапе локализации непосредственно автотранспортного средства это подход, основанный на понятиях матрицы визуальных масс и эталонного изображения; на этапе локализации пластины автотранспортного средства это подход с использованием признаков описания объекта и метода сравнения средних отклонений признаков.</p>														
	Справ. №														
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	<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
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата											
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ) <div> <div>Лист</div> <div>5</div> </div> </div>															

Перв. примен.	<h2>Теоретическая и практическая ценность</h2> <p>Теоретическая ценность работы заключается в разработанной информационной модели и алгоритме локализации номерной рамки автотранспортного средства на изображении, практическая ценность работы - в разработанном программном продукте, реализующем указанный выше алгоритм, а так же в проведённом вычислительном эксперименте.</p>														
	Справ. №	<h2>Апробация работы</h2> <p>Апробация данной работы была проведена в ходе защиты отчёта по научно-исследовательской работе, включающего в себя описание разработанного алгоритма, а так же анализ результатов, полученных в ходе вычислительного эксперимента.</p>													
		<h2>Обоснованность и достоверность</h2> <p>Обоснованность и достоверность проведенного исследования доказывается проведением вычислительного эксперимента, анализом его результатов, и сравнением их с результатами существующих методов решения данной задачи.</p>													
		<h2>Публикации</h2> <p>Планируется публикация основных положений и результатов данного исследования в виде доклада или тезисов на одной из научных конференций соответствующего профиля.</p>													
Подпись и дата		<h2>Объём и структура</h2> <p>Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трёх глав основной части, заключения и списка литературы. Общий объём работы – 48 страниц. Диссертация содержит 24 рисунка, 10 таблиц, 10 формул. Список литературы включает в себя 20 наименований.</p>													
	Инв. № дубл.														
Взам. инв. №															
Подпись и дата															
Инв. № подл.															
<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>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</div> <div>Лист</div> <div>6</div>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата											

Перв. примен.	<h2 style="text-align: center;">Глава 1. Обзор существующих методов.</h2> <p>В настоящее время существует довольно много систем, созданных для распознавания автомобильных номеров, и в этих системах используется довольно широкий диапазон методов локализации номерной рамки автотранспортных средств. В данной главе мы кратко рассмотрим структуру общего алгоритма распознавания номера автотранспортного средства, а так же наиболее распространённые методы локализации рамки номера, такие как методы обнаружения границ, преобразование Хафа, гистограммный анализ регионов и метод Виолы-Джонса.</p> <h3>1.1. Структура общего алгоритма распознавания номера автотранспортного средства.</h3> <p>Приведём общие положения, касающиеся распознавания номеров.</p> <p>Во-первых, необходимо понимать, что половина успеха любого метода - это качественные входные данные. Изображение, полученное с камер, должно отвечать следующим требованиям: разрешение камеры должно быть достаточно высоким, изображение, полученное с неё - контрастным (в том числе для ночных съёмок необходимо устанавливать дополнительный модуль с инфракрасной подсветкой и соответствующим фильтром), а угол наклона камеры подбирается исходя из условий конкретной задачи, но, если автомобили идут потоком, он должен быть около 40°, чтобы впереди идущий автомобиль не загораживал следующий за ним, а в том случае когда система распознавания устанавливается на контрольно-пропускном пункте, оптимально устанавливать камеру горизонтально, чтобы номерная пластина занимала максимально возможное пространство на изображении.</p> <p>Во-вторых, изображение, полученное с камеры, обязательно должно быть обработано до начала поиска. Такая предобработка изображения включает в себя, по необходимости, этапы <i>коррекции изображения</i> (эквализации, ограничения экстремальных значений яркости, видоизменение гистограммы распределения яркостей), <i>устранения эффекта смазывания</i> (подобный эффект может возникнуть в связи с тем, что скорость движения автомобиля превысила скорость регистрации), <i>устранения избыточной информации</i> (может включать в себя использование инфракрасной подсветки, бинаризацию, и так далее).</p> <p>После завершения предобработки обычно переходят к трём основным этапам распознавания номера: предварительному поиску номерной пластины, нормализации номера и распознаванию текста. Рассмотрим эти этапы подробнее.</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	<div> <div>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</div> <div> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Подпись</div> <div>Дата</div> </div> </div>
					7

Перв. примен.														
Справ. №														
<div> <div>Подпись и дата</div> <div>Инд. № дубл.</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Инд. № подл.</div> </div>														
<p>1. Предварительный поиск номерной пластины.</p> <p>Этап, в процессе которого производится обнаружение области изображения, содержащей номер. На данном этапе применяются различные алгоритмы, которые будут подробнее рассмотрены в разделе 1.2. Результатом работы этих алгоритмов чаще всего являются координаты прямоугольника, содержащего в себе номерную рамку.</p> <p>2. Нормализация номера.</p> <p>Алгоритмы нормализации включают в себя различные этапы, применяющиеся по мере необходимости в зависимости от точности выполнения предыдущего этапа локализации. В частности, это могут быть алгоритмы поворота номера в горизонтальную ориентацию, обрезки краёв, увеличения контрастности и бинаризации.</p> <p>3. Распознавание текста.</p> <p>Методов распознавания текста существует множество, в целом все их можно разделить на три условные группы: структурные методы (основаны на анализе контура и морфологии, используют бинаризованное изображение); растровые методы (чаще всего используют исходное изображение и опираются на сходство символов с заранее собранной базой); и комбинированные.</p> <p>Успешное выполнение предварительного поиска номерной пластины является залогом корректной работы алгоритма, и оптимизация работы метода на данном этапе может значительно ускорить время выполнения всей задачи, особенно это касается систем, созданных для анализа потока изображений с дорожных камер, установленных в местах активного движения транспортных средств.</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
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										
<div> <div>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</div> <div>Лист</div> <div>8</div> </div>														

Перв. примен.	<h2 style="text-align: center;">1.2. Обзор существующих методов локализации номерной рамки на изображении</h2> <p>Популярность методов локализации номерной рамки на изображении обычно напрямую зависит от нескольких факторов, а именно их точности и доступности. Выбор конкретного алгоритма зависит от приоритетов конкретной системы: в системах, где самое главное – экономия вычислительных мощностей, используют простые алгоритмы вроде выделения границ, в тех системах, где важно использовать готовое бесплатное решение, пользуются библиотеками для работы с распознаванием образов. Целесообразно подбирать необходимый метод исходя из вычислительных возможностей конкретной системы и требований, предъявляемых к скорости и качеству работы заказчиком. Ниже в этом разделе будут рассмотрены наиболее популярные методы локализации номерной рамки автотранспортного средства на изображении.</p> <h3 style="text-align: center;">1.2.1. Методы выделения границ</h3> <p>Существует целый класс алгоритмов, направленных на поиск и выделение точек цифрового изображения, в которых происходит резкое изменение яркости, или существуют другие виды неоднородностей.</p> <p>Перепады яркости в различных областях изображения могут указывать на:</p> <ul style="list-style-type: none"> • изменения глубины; • изменения ориентации поверхностей; • изменения в свойствах материала; • различия в освещении. <p>В случае поиска границ номерной рамки нас интересует перепад яркости между светлой поверхностью номерной пластины и её рамкой.</p> <p>Основную часть методов выделения границ можно разделить на две условных категории: методы, основанные на поиске максимумов, и методы, основанные на поиске нулей.</p> <p><i>Методы, основанные на поиске максимумов</i> работают следующим образом: сначала вычисляется так называемая «сила края» (обычно это выражение первой производной, например, величина градиента), а затем производится поиск локальных максимумов силы края с использованием предполагаемого направления границы (обычно это перпендикуляр к вектору градиента).</p>															
	Справ. №															
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.											
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <table border="1" style="width: 100%;"> <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> </div> <div style="text-align: center; flex-grow: 1;"> ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ) </div> <div style="text-align: right;"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> </table> </div> </div>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата												
Лист																
9																

Перв. примен.	<p><i>Методы, основанные на поиске нулей</i> выполняют поиск пересечения оси абсцисс выражения второй производной, обычно это нули лапласиана или нули нелинейного дифференциального выражения.</p> <p>Методы выделения границ отличаются применяемыми фильтрами сглаживания и способами вычисления силы края. Многие методы выделения границ основываются на вычислении градиента изображения и отличаются только типами фильтров, применяемых для вычисления градиентов. Наиболее часто используемыми в задачах поиска границы номерной рамки являются алгоритмы (или «операторы») Кэнни, Собеля и Робинсона.</p> <p><i>Алгоритм Кэнни</i> - многоступенчатый алгоритм, предназначенный для обнаружения широкого спектра разнообразных границ на изображениях. Использует фильтр, оптимальный по критериям выделения, локализации и минимизации нескольких откликов одного края. Алгоритм был разработан в 1986 году Джоном Кэнни. Кэнни показал, что искомый фильтр сглаживания может быть описан через сумму четырёх экспонент или с помощью первой производной гауссианы. Перед применением данного фильтра исходное изображение обычно преобразуют в оттенки серого, чтобы уменьшить вычислительные затраты. Основными этапами этого алгоритма являются:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Сглаживание.</i> Размытие изображения для удаления шума. 2. <i>Поиск градиентов.</i> Границы объектов будут отмечены там, где градиент изображения приобретает максимальное значение. Границы могут иметь различное направление, поэтому алгоритм Кэнни использует четыре фильтра для обнаружения горизонтальных, вертикальных и диагональных ребер на изображении. Угол направления вектора градиента округляется и может принимать значения в 0°, 45°, 90° и 135°. 3. <i>Подавление немаксимумов.</i> Пикселями границ будут считаться только те пиксели, в которых достигается локальный максимум градиента в направлении его вектора. 4. <i>Двойная пороговая фильтрация.</i> Дополнительная фильтрация пикселей границ, основанная на величине градиента. Определяются «высокое» и «низкое» значения градиентов, и все потенциальные точки границ делятся на три группы: «сильные» точки, обладающие значением градиента больше «высокого», «слабые» точки, значение градиента в которых лежит между «высоким» и «низким» значением, и не принадлежащие границам точки, значение градиента в которых меньше «низкого». 5. <i>Трассировка области неоднозначности.</i> Итоговые границы определяются путём подавления всех «слабых» точек, не связанных с «сильными» точками границ. 																							
	Справ. №																							
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № 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)-003-2018(ПЗ) </td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10</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)-003-2018(ПЗ)	Лист						10	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист																		
						10																		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																				

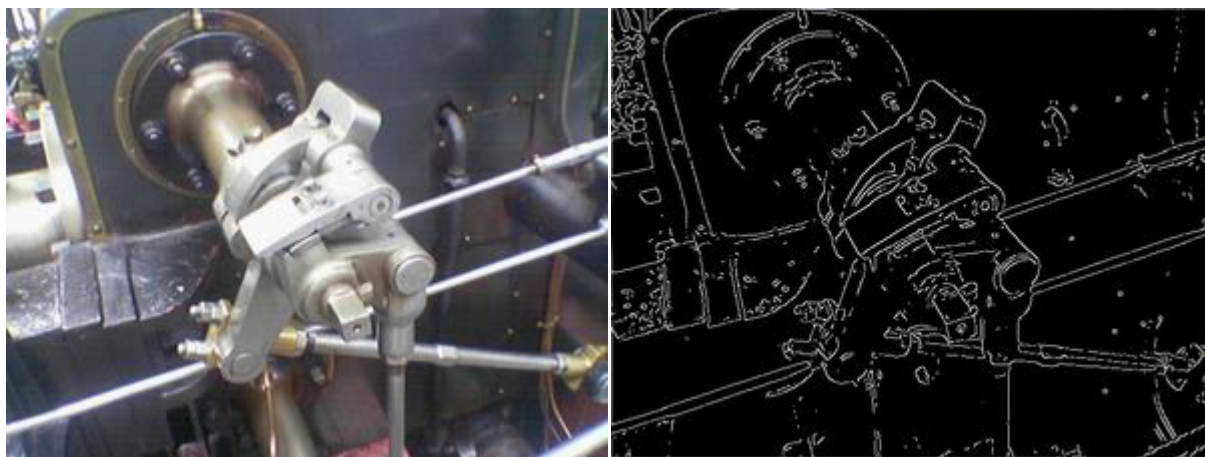


Рисунок 1.1. Результат работы алгоритма Кэнни.

Алгоритм Собеля - дискретный дифференциальный алгоритм, работающий с приближённым значением градиента яркости изображения. Результатом применения алгоритма Собеля в каждой точке изображения является либо вектор градиента яркости в этой точке, либо его норма. Алгоритм Собеля вычисляется довольно просто, так как основан принципе свёртки изображения с помощью небольших сепарабельных целочисленных фильтров в вертикальном и горизонтальном направлениях. Используемая им аппроксимация градиента, однако, достаточно грубая, особенно это сказывается на работе с высокочастотными областями изображения.

Алгоритм Собеля работает по следующей схеме: сначала вычисляется градиент яркости изображения в каждой точке. Затем, исходя из этих данных, находится направление наибольшего увеличения яркости и значение её изменения в этом направлении. Таким образом мы можем определить, насколько резко или плавно меняется яркость изображения в каждой точке, а значит, можем определить и вероятность того, принадлежит ли данная точка границе, а также ориентацию возможной границы.

Далее необходимо представить яркость изображения как дифференцируемую функцию, проходящую через точки изображения, поскольку нужно определить производные яркости в этих точках. Тогда производная будет вычисляться от функции яркости, с которой взяты замеры - точки, найденные на предыдущем шаге. Производная в любой отдельной точке изображения есть не что иное как функция яркости от всех точек изображения и приближение этой производной можно определить с большей или меньшей степенью точности.

Алгоритм Собеля использует значения интенсивности только в окрестности 3×3 каждого пикселя для получения приближения соответствующего градиента изображения и использует только целочисленные значения весовых коэффициентов яркости для оценки

градиента, а значит, позволяет вычислять лишь неточное приближение градиента изображения, но полученный при вычислениях результат оказывается достаточно качественным для практического применения во многих задачах.

Основные этапы алгоритма Собеля это:

1. Сглаживание треугольным фильтром в перпендикулярном к производной направлении:

$$h(-1) = 1; h(0) = 2; h(1) = 1 \quad (1.1)$$

2. Нахождение простого центрального изменения в направлении производной:

$$h'(-1) = 1; h'(0) = 0; h'(1) = -1 \quad (1.2)$$

Формула фильтра Собеля для вычисления производных изображения в двумерном пространстве:

$$h'_x(x, y) = h'(x)h(y) \quad (1.3)$$

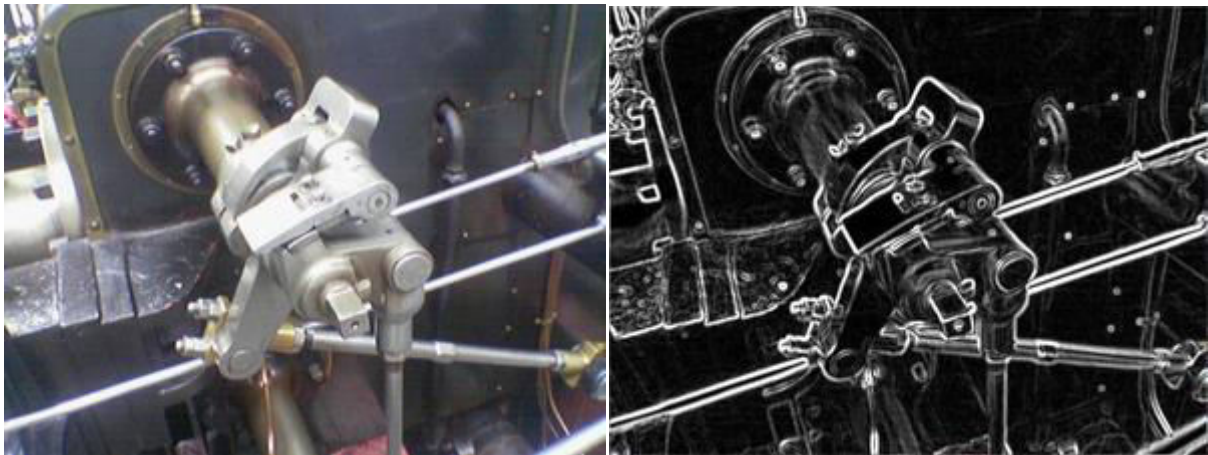


Рисунок1.2. Результат работы алгоритма Собеля

Перекры́стный оператор Робертса — один из первых разработанных алгоритмов выделения границ, который использовался в задачах распознавания изображений и системах компьютерного зрения. Основная идея алгоритма Робертса заключается в вычислении приближённого значения градиента изображения с помощью дискретного дифференцирования, результат которого достигается через вычисление сумм квадратов разниц между диагонально примыкающими пикселями.

Для выполнения алгоритма Робертса необходимо сначала выполнить свёртку изображения с использованием двух ядер:

$$\begin{bmatrix} +1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ и } \begin{bmatrix} 0 & +1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Градиент яркости в каждой точке изображения можно будет вычислить по формуле 1.4, где $I(x, y)$ - яркость в точке на оригинальном изображении, $G_x(x, y)$ - яркость в точке на изображении, сформированном с использованием первого ядра для свёртки и $G_y(x, y)$ - яркость в точке на изображении, полученном при свёртке с использованием второго ядра.

$$\nabla I(x, y) = G(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (1.4)$$

Направление градиента в точке может быть вычислено по формуле 1.5.

$$\theta(x, y) = \arctan\left(\frac{G_y(x, y)}{G_x(x, y)}\right) - \frac{3\pi}{4} \quad (1.5)$$

Таким образом, для алгоритма Робертса преобразование каждого пикселя показывает производную изображения вдоль ненулевой диагонали, а комбинация этих преобразованных изображений может также рассматриваться как градиент от двух верхних пикселей к двум нижним. Оператор Робертса по-прежнему используется в некоторых случаях ради скорости вычислений благодаря своей простоте: ядро для вычислений небольшое и содержит в себе только целые числа, но на сегодняшний день он проигрывает в сравнении с альтернативными методами из-за значительной чувствительности к шуму, что часто неприемлемо. Границы, вычисленные с помощью алгоритма Робертса, более тонкие, чем границы, полученные с помощью других методов выделения границ.

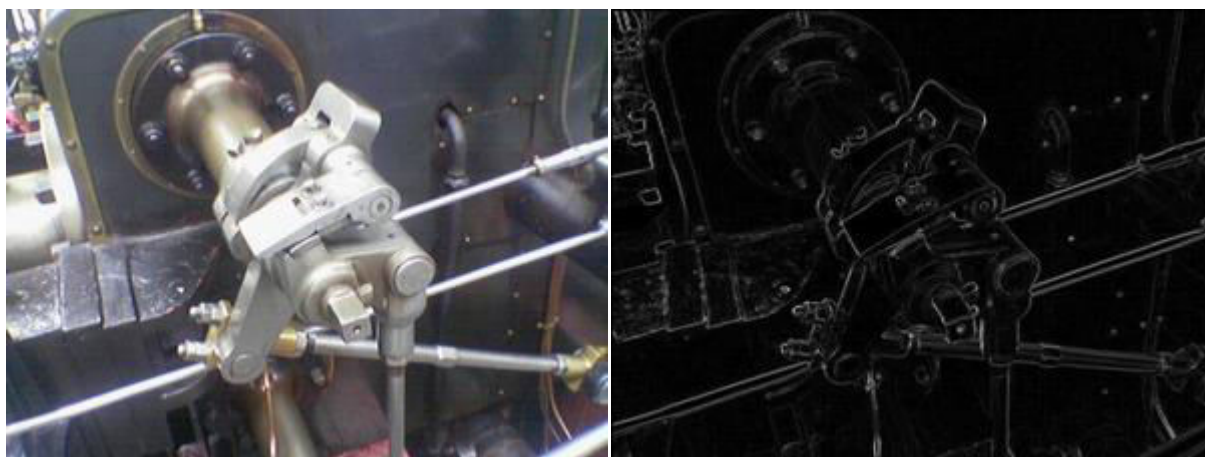



Рисунок 1.3. Результат работы алгоритма Робертса.

Перв. примен.		<h3 style="text-align: center;">1.2.2. Преобразование Хафа.</h3> <p>Преобразование Хафа - это алгоритм, позволяющий находить плоские кривые, заданные параметрически, на монохромном изображении. Например, с его помощью можно обнаружить прямые, окружности, эллипсы, и так далее. Под монохромным изображением понимается изображение, состоящее из точек двух типов: фоновых точек и точек интереса, а это значит, что для выполнения задачи поиска номерной рамки методом Хафа изображение необходимо бинаризовать.</p> <p>Задача преобразования Хафа состоит в том, чтобы выделить на изображении кривые, образованные точками интереса. В задаче поиска местоположения номерной пластины транспортного средства на выходе преобразования Хафа будет получен набор прямых линий, ограничивающих предполагаемый номерной знак, то есть список возможных линий-кандидатов на местоположение пластины номерного знака.</p> <p>Для выполнения алгоритма Хафа необходимо представить искомый объект (в случае поиска номерной пластины это прямоугольник) в виде параметрического уравнения. Параметры этого уравнения представляют собой фазовое пространство, иначе называемое аккумуляторным массивом или пространством Хафа. Затем на бинаризованном изображении перебираются все точки границ (точки перехода от точек интереса к фоновым точкам), и делается предположение о принадлежности точки линии искомого объекта. Иными словами, для точек границ рассчитываются необходимые параметры, которые сохраняются в пространстве Хафа. Каждой точке фазового пространства можно поставить в соответствие счётчик, содержащий количество точек, которые будут принадлежать искомому объекту при заданных в этой точке фазового пространства параметрах.</p> <p>Финальным шагом алгоритма является выбор максимальных значений счётчика на пространстве Хафа, что и даст нам параметры для уравнения искомого объекта.</p> <p>Рассмотрим вариацию алгоритма Хафа для поиска на изображении прямоугольника. Поиск прямой линии выполняется следующим образом:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производится выбор начального пикселя (обозначим его как $A(x,y)$). 2. Производится выбор конечного пикселя ($B(x,y)$). 3. Производятся расчёты набора параметров для точек бинарного изображения по линии AB. 										
	Справ. №											
Подпись и дата		<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						
	И/инв. № дубл.											
	Взам. инв. №											
И/инв. № подл.												
<div style="text-align: right;">ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</div>												
<div style="text-align: right;">Лист 14</div>												

Перв. примен.		<p>4. Если количество подсчитанных пикселей оказывается больше заданного порогового значения, значит, линия <i>AB</i> найдена на изображении.</p> <p>5. Производится возврат к шагу 1 и следующие два пикселя выбираются так, чтобы найденные линии образовывали непрерывный конур.</p> <p>6. Производится сопоставление горизонтальных и вертикальных пар линий. Нам необходимо найти такие пары, которые составляют прямоугольник с таким отношением сторон, которое будет примерно равно соотношению сторон номерной пластины. Найденные пары отмечаются как область, возможно содержащая номер.</p> <p>Недостатком преобразования Хафа является его низкая сопротивляемость шуму на изображении, особенно это касается вертикальных линий номерного знака, так как они значительно короче горизонтальных. Так же алгоритм Хафа чувствителен к качеству бинаризации и обладает невысокой скоростью работы.</p>					
	Справ. №						
<p align="center">1.2.3. Гистограммный анализ регионов.</p> <p>Данный подход основывается на предположении, что частотная характеристика региона с номером отлична от частотной характеристики окрестности. Общий алгоритм выглядит следующим образом:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производится построение набора гистограмм для данного изображения с помощью проекций различных частотных характеристик на осях <i>x</i> и <i>y</i>. 2. Определяется максимум полученных проекций, чаще всего совпадающий с расположением номера. <p>Пример горизонтальной проекции яркости пикселей и выделение нижней границы номера по максимуму яркости приведён на рисунке 4.</p>							
Подпись и дата		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  </div>					
Инов. № дубл.							
Взам. инв. №							
Подпись и дата		<p>Рисунок 1.4. Горизонтальная проекция яркости пикселей и выделение нижней границы номера.</p> <p>Для увеличения надёжности работы данного метода необходимо, помимо характеристики яркости пикселей применять и другие частотные характеристики, такие как дисперсия и градиент.</p> <p>Возможно так же строить общую проекцию частотных характеристик изображения, для этого его необходимо бинаризовать, и для большей</p>					
Инов. № подл.							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<div> <div>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</div> <div>Лист 15</div> </div>

Перв. примен.	
Справ. №	

надёжности применить к нему один из методов выделения границ. Пример построения горизонтальной проекции изображения представлен на рисунке 5.

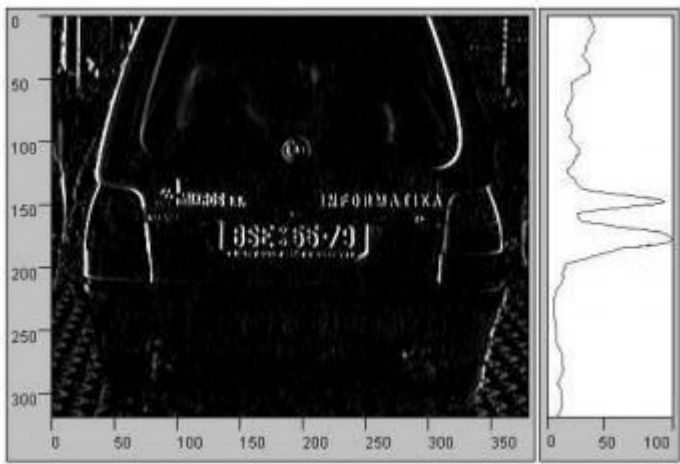


Рисунок 1.5. Горизонтальная проекция обработанного изображения.

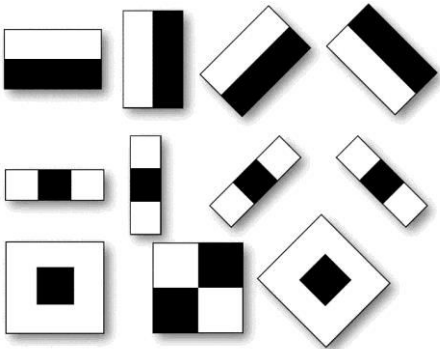
Основным минусом анализа гистограмм регионов изображения являются требования к исходному изображению, которые необходимо выполнять, чтобы получить корректный результат работы. В частности, речь идёт об угле наклона камеры по отношению к транспортному средству, и о пространстве, занимаемом транспортным средством на изображении. Такой метод не подойдёт для работы с кадрами, полученными с дорожных камер, так как в этом случае фон основного изображения может исказить результат за счёт наличия дорожных знаков, надписей, или других детализованных изображений, дающих сопоставимые по размеру максимумы на проекции.

1.2.4. Метод Виолы-Джонса.

Данный метод относится к методам, опирающимся на статистический анализ и классификаторы. Подобные методы хороши тем, что лучше реагируют на загрязнённые или деформированные номерные знаки, часто встречающиеся на дорогах, так как опираются они на массив обучающих данных, содержащий в том числе нестандартные изображения. Краткая схема работы данного алгоритма следующая:

1. Производится предварительная обработка обучающих изображений.
2. Для каждого изображения из обучающего массива производится расчёт признаков Хаара.
3. Производится процесс обучения классификаторов. В процессе обучения производится бустинг, применяемый для получения оптимального (наиболее информативного) набора признаков и классификаторов для искомого объекта.

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Перв. примен.	<p>4. Поступившее на обработку изображение разбивается на области, для каждой из которых рассчитывается набор необходимых признаков.</p> <p>5. С помощью каскада классификаторов принимается решение о наличии либо отсутствии искомого объекта в определённых областях изображения.</p> <p>Опишем основные принципы данного метода.</p> <p><i>Интегральное представление изображений.</i> Под интегральным представлением изображения понимается матрица, размерность которой совпадает с размерностью исходного изображения. Элементы этой матрицы рассчитываются по формуле:</p> $M[x,y] = \sum I(i,j) \quad (1.6)$ <p>где $I(i,j)$ — яркость пикселя исходного изображения. Таким образом, каждый элемент интегрального изображения $M[x,y]$ содержит в себе сумму пикселей изображения в прямоугольнике от $(0,0)$ до (x,y). Расчет интегрального изображения занимает линейное время, пропорциональное числу пикселей исходного изображения.</p> <p>Его так же можно производить по рекуррентной формуле:</p> $M[x,y] = I(x,y) - M[x-1,y-1] + M[x,y-1] + M[x-1,y] \quad (1.7)$ <p><i>Использование признаков Хаара.</i> Для составления признаковового описания объекта в методе Виолы — Джонса для каждой области изображения рассчитывается вектор, состоящий из значений признаков, называемых примитивами Хаара. Строго говоря, для своего метода Виола и Джонс добавили дополнительные признаки к уже существующим, но мы для простоты объединим их в единый пул. Итак, признаки Хаара выглядят следующим образом:</p>  <p>Рисунок 1.6. Признаки Хаара</p>													
	Справ. №													
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № 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				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										
<p>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</p>					<p>Лист</p> <p>17</p>									

Перв. примен.																							
Справ. №																							
<div> <div>Подпись и дата</div> <div>Инд. № дубл.</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Инд. № подл.</div> </div>																							
<p>Расчёт признаков производится следующим образом: для каждой из областей изображения рассчитывается разность между суммой значений яркостей точек, закрываемых светлой частью признака и суммой значений яркостей точек, закрываемых темной частью признака. Для их вычисления используется понятие интегрального изображения, рассмотренное выше.</p> <p><i>Использование бустинга.</i> Бустинг – это комплекс методов, способствующих повышению точности аналитических моделей. Это процедура последовательного построения композиции алгоритмов машинного обучения, когда каждый следующий алгоритм стремится компенсировать недостатки композиции всех предыдущих алгоритмов. В основе такой идеи лежит построение цепочки классификаторов, который называется каскадом, каждый из которых (кроме первого) обучается на ошибках предыдущего. Таким образом, имеет место последовательная обработка примеров каскадом классификаторов, причем так, что задача для каждого последующего становится труднее. Результат определяется путем простого голосования: пример относится к тому классу, который выдан большинством моделей каскада.</p> <p><i>Каскадная классификация.</i> При обучении классификатора составляется набор признаков, позволяющих наиболее быстро отбросить области изображения, не содержащие исходного объекта. При поступлении изображения на обработку в первую очередь производится классификация именно по этим признакам, на следующем этапе классификации применяется более широкий набор признаков, позволяющих определить наличие объекта с большей точностью, и так далее.</p>																							
<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)-003-2018(ПЗ) </td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>18</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)-003-2018(ПЗ)	Лист						18	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист																	
						18																	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																			

Перв. примен.		<div>1.3. Выводы по главе 1.</div> <p>В современных системах распознавания автомобильных номеров используется довольно широкий набор методов определения границ номерной пластины. Помимо приведённых выше алгоритмов большой популярностью пользуются так же готовые решения: системы типа JavaANPR и Automatic License Plate Recognition. Такие решения представляют собой библиотеки, содержащие в себе алгоритмы с помощью которых обеспечивается процесс поиска, нормализации, сегментации символов и распознавания номерных знаков.</p> <p>У каждого из рассмотренных в первой главе методов существуют свои достоинства и недостатки, и ни один из них не универсален. В данной работе для решения задачи локализации номерной пластины необходимо будет применить метод, оптимально работающий при следующих исходных данных: работа будет вестись с нормализованными чёрно-белыми изображениями, полученными с дорожных камер, установленных под углом в 40° к дорожному полотну, на которых транспортное средство занимает около 30% от общего пространства кадра. Эти условия накладывают дополнительные ограничения, которые будут учтены при разработке алгоритма.</p>				
	Справ. №					
Инов. № подл.	Подпись и дата	Изм. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	<div>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</div> <div>Изм. Лист № докум. Подпись Дата</div>	
					<div>Лист</div> <div>19</div>	

Перв. примен.	<h2 style="text-align: center;">Глава 2. Информационная модель локализации рамки номера на изображении</h2> <p>Предлагаемый метод решения задачи локализации номерной рамки транспортного средства на изображении применяет теорию активного восприятия на этапах формирования признакового описания изображения, принятия решения о наличии в кадре транспортного средства и поиска примерного местоположения рамки. На этапе принятия решения о локализации рамки на изображении используется метод на основе сравнения средних отклонений признаков областей изображения.</p> <h3 style="text-align: center;">2.1. Теория активного восприятия</h3> <p>Теория активного восприятия –теория, предметом которой являются свойства и закономерности системы зрительного восприятия, представленной информационными моделями, а объектом – анализ и синтез изображений и автоматическая классификация в условиях отсутствия (либо частичного наличия) априорной информации о наблюдаемом изображении. Эта теория была разработана Утробиним В. А., профессором НГТУ им. Р.Е. Алексеева. В данной работе эта теория будет использована для формирования признакового описания, последующей обработки и анализа изображений.</p> <p>Общая структура теории активного восприятия аналогична структуре стандартных систем распознавания, и включает в себя три этапа: этап предварительной обработки изображения (формирования исходного описания), этап формирования системы признаков и этап классификации. Теория активного восприятия предлагает новый подход к реализации первых двух этапов распознавания, позволяющий формировать описание изображения и системы признаков наиболее естественным образом и учитывающий свойства человеческого восприятия, как информационного процесса, такие как целостность, структурированность и стереотипность.</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph LR A[Вход] --> B[Формирование исходного описания] B --> C[Формирование системы признаков] C --> D[Классификация (принятие решения)] D --> E[Выход] </pre> </div> <p style="text-align: center;">Рисунок 2.1. Общая структура систем распознавания.</p> <p>Теория активного восприятия базируется на операции <i>U</i>-преобразования, применяемой к исследуемому изображению. <i>U</i>-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>					Справ. №					
	Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.						
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подпись</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Лист 20</td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист 20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист 20					

Также теория активного восприятия включает в себя так называемую алгебру групп. Этот раздел разработан для выявления зависимостей между спектральными коэффициентами, полученными в результате вычисления U -преобразования. Данные зависимости также могут быть использованы при формировании признакового описания изображения.

2.1.1. U -преобразование

U -преобразование – это операция, применяемая в теории активного восприятия и представляющая собой последовательность операций интегрирования и дифференцирования. Теория активного восприятия предполагает представление изображения в виде функции яркостей $I(x,y)$, где $x \in X$, $y \in Y$, X и Y - конечные множества.

Первый этап (интегрирование, или Q -преобразование) выполняется следующим образом: исследуемое изображение разбивается на равные сегменты, яркости пикселей, принадлежащих каждому сегменту, складываются, и результатом этого преобразования является матрица визуальных масс. Величина значения элементов матрицы связана с яркостью изображения: чем светлее сегмент, тем большее значение имеет его визуальная масса.

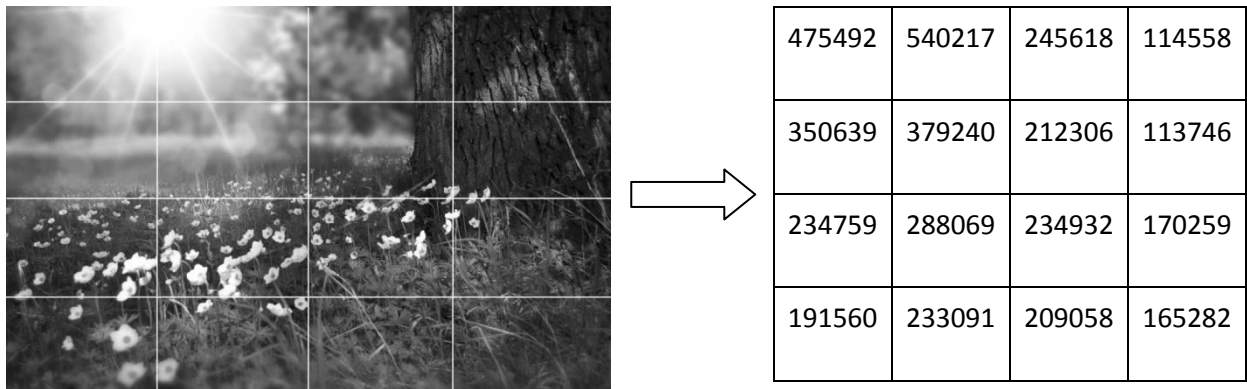


Рисунок 2.2. Формирование матрицы визуальных масс изображения.

Второй этап, дифференцирование, представляет собой расчёт признакового описания изображения. В теории активного восприятия под признаковым описанием понимают набор значений спектральных коэффициентов, рассчитанных с применением фильтров.

Фильтры, представленные в теории активного восприятия, имеют следующий вид:

Перв. примен.						
Справ. №						
Подпись и дата						
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						

F_0

F_1

F_2

F_3

F_4

F_5

F_6

F_7

Рисунок 2.3. Фильтры для вычисления U -преобразования.

Перв. примен.						
Справ. №						
Подпись и дата						
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						

F_8

F_9

F_{10}

F_{11}

F_{12}

F_{13}

F_{14}

F_{15}

Рисунок 2.3. Фильтры для вычисления U -преобразования.

						Лист
					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Фильтры, по сути, представляют собой матрицы, состоящие из двух типов элементов – «1» и «-1». «1» соответствуют светлые области фильтров, показанные на рисунке, «-1» - тёмные.

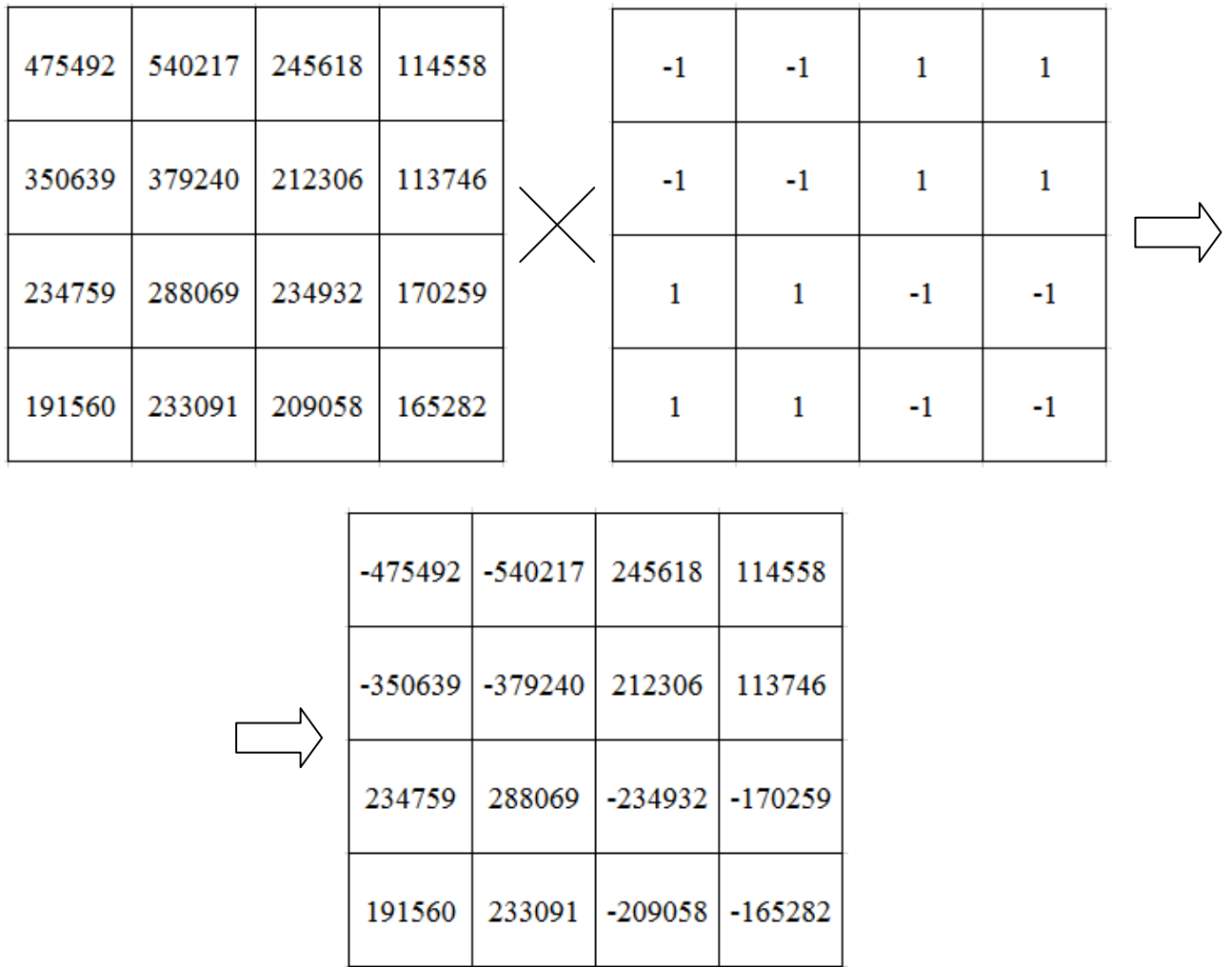


Рисунок 2.4. Результат наложения фильтра F3 на исходное изображение.

Для того чтобы произвести операцию наложения фильтра на исходное изображение, необходимо поэлементно перемножить матрицу фильтра с матрицей визуальных масс исходного изображения. На рисунке 2.4 представлен результат наложения фильтра F3 на некоторое исходное изображение.

Под признаковым описанием изображения в теории активного восприятия предполагается массив спектральных коэффициентов, рассчитанных суммированием элементов матриц, полученных в результате наложения на изображение шестнадцати фильтров. В некоторых задачах вполне представляется возможным сократить количество фильтров, оставив для описания лишь те, которые оказывают влияние на этапе принятия решения.

Пример признакового описания изображения 2.2 представлен в таблице ниже:

Номер фильтра	Значение спектрального коэффициента
F0	4158826
F1	-1227309
F2	704806.1
F3	-891411.2
F4	526235.3
F5	-190925.1
F6	119654.7
F7	184378.8
F8	-35948.82
F9	149901.6
F10	-448983
F11	122686.2
F12	319034.6
F13	12743.32
F14	-101301.1
F15	-5493.318

Множество фильтров, используемых в теории активного восприятия на этапе U -преобразования, применимы на этапе разложения исходного изображения и его анализа, а на этапе синтеза и формирования образа

изображения применяется так называемая алгебра групп. В её основе лежит некоторое множество бинарных операторов, представляющих собой переопределённые фильтры, описанные в предыдущем разделе. Для того, чтобы получить множество бинарных операторов, необходимо переопределить подобласти однородности фильтров, а именно принять их веса следующим образом: "+1" за "1", "-1" за "0". Пример вычисления бинарного оператора на основе фильтра F3 приведён на рисунке 2.5.

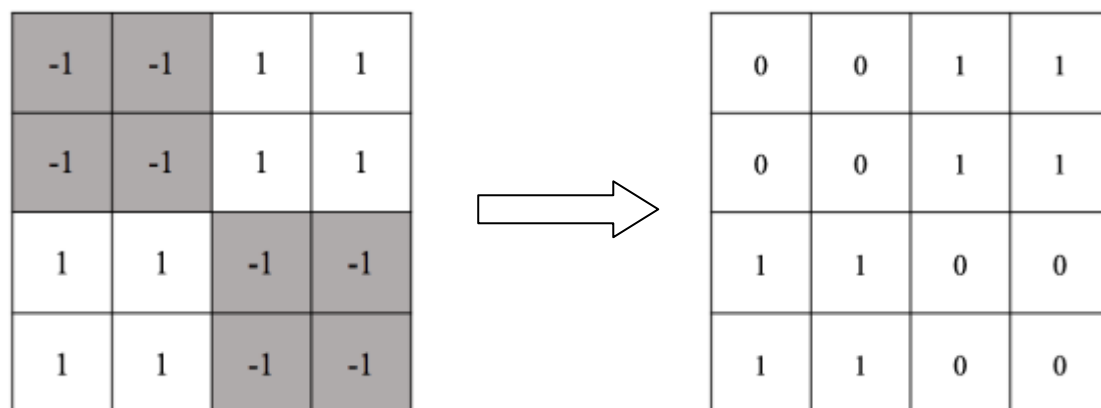


Рисунок 2.5. Вычисление бинарного оператора на основе фильтра F3.

Можно показать, что на наборе множества операторов алгебры групп $\{V_i\}$ существуют различные группы;

1. Полные группы операторов P_{ni} , образованные тройками операторов $\{V_i, V_j, V_k\}$, для которых справедливо следующее соотношение: $V_i + V_j + V_k \equiv e_1$.
2. Замкнутые группы операторов P_{si} , образованные четвёрками операторов $\{V_i, V_j, V_p, V_m\}$, где $(V_i, V_j, V_k) \in P_{ni}$ и $(V_p, V_n, V_k) \in P_{nj}$ и $V_i + V_j + V_k + \overline{V_m} \equiv e_1$.

Множества полных и замкнутых групп конечны и имеют мощности 35 и 105 соответственно. [тут ссылка на Утробина] В случае использования инверсных операторов количество полных и замкнутых групп увеличивается до 140 и 840 соответственно.

Работа с полными и замкнутыми группами необходима для проведения спектрально-корреляционного анализа изображения. С помощью полных групп выявляются корреляционные связи между операторами, а с помощью замкнутых - связи между полными группами.

Внутренние связи операторов, полных и замкнутых групп представлены на рисунке 2.6. Алгебра групп предполагает возможность вычисления образов операторов и групп. Вычисление образов происходит по тому же принципу, как и вычисление спектральных коэффициентов при поиске признакового описания: матрица визуальных масс поэлементно умножается

на матрицу бинарного оператора, затем все ненулевые элементы результата складываются.

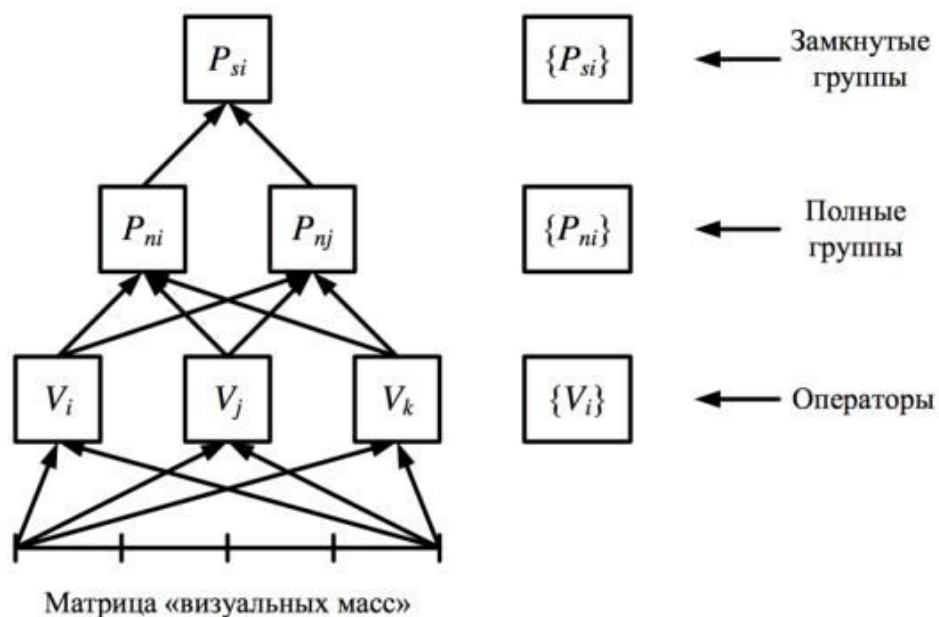


Рисунок 2.6. Иерархическая структура связи бинарных операторов с полными и замкнутыми группами.

Вычисление образов операторов и групп, полученных на основе спектрального представления исходного изображения, позволяет получить информацию о наличии или отсутствии конкретных полных и замкнутых групп на исследуемом участке изображения, что, в свою очередь, является базисом для формирования ещё одного типа признакового описания. По сравнению со спектральным описанием исходного изображения это признаковое описание является, безусловно, более массивным и сложным для вычисления, но зато и более информативным. Признаковое описание, полученное на основе алгебры групп, несёт в себе информацию о корреляционных связях между спектральными коэффициентами, что позволяет получить более точное описание исходного изображения.

Перв. примен.	<h2 style="text-align: center;">2.2. Реализация системы локализации рамки номера на изображении на основе теории активного восприятия</h2> <p>Данный раздел работы посвящён описанию реализованной информационной модели локализации номерной рамки транспортного средства на изображении и теоретической основы её реализации. Теоретической основой реализации этапов предварительной обработки изображения, принятия решения о наличии в кадре транспортного средства, поиска примерного местоположения номерной рамки и формирования системы признаков исходного изображения и искомого объекта (рамки) является теория активного восприятия, а для принятия решения о точном местоположении номерной рамки используется алгоритм, опирающийся на яркостные характеристики искомого объекта.</p> <h3 style="text-align: center;">2.2.1. Предварительная обработка изображения</h3> <p>Теория активного восприятия предлагает следующее решение, касающееся предварительной обработки изображения: для наибольшего удобства дальнейшей работы исходное изображение необходимо представить в виде матрицы визуальных масс. В разработанном алгоритме мы так же предварительно переведем изображение в градации серого. Для того, чтобы представить изображение в виде матрицы визуальных масс, необходимо выполнить первый этап U-преобразования, а именно интегрирование.</p> <p>Исходное изображение закодировано согласно модели RGB, и каждый пиксель представляет из себя числовой вектор из трёх элементов, которые описывают яркости красной, зелёной и синей составляющей, соответственно. Первым этапом обработки исходного изображения будет перевод его в градации серого. Для этого необходимо посчитать яркости пикселей по следующей формуле:</p> $I(x, y) = \frac{(R_{xy} + G_{xy} + B_{xy})}{3}, x \in X, y \in Y \quad (2.1)$ <p>А затем выполнить нормализацию изображения. Нормализация выполняется в несколько этапов. На первом этапе определяются минимальный и максимальный элементы в матрице яркостей $\min(I)$ и $\max(I)$. Затем он из каждого элемента матрицы вычитается минимальный элемент, а полученное значение делится на максимальный элемент. Полученная таким образом нормированная матрица пригодна для дальнейших преобразований.</p> <p>Первым этапом интегрирования является разбиение исходного изображения на удобное для дальнейшей работы количество подобластей (в данном случае – на 256). Размерность весовой матрицы соответствует</p>													
	Справ. №													
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.									
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подпись</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> </div> <div style="text-align: center; flex-grow: 1;"> <p>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>Лист</p> <p>28</p> </div> </div>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										

Перв. примен.					
Справ. №					
<div> <div>Подпись и дата</div> <div>И-в. № дубл.</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Подпись и дата</div> <div>И-в. № подл.</div> </div>					
<p>подобластям изображения, то есть составляет 16x16. Создание весовой матрицы происходит следующим образом: яркости пикселей внутри подобласти складываются, и полученное таким образом значение называется визуальной массой, и записывается в элемент матрицы весов, по индексу соответствующий номеру подобласти. Таким образом, исходное изображение будет представлено в виде набора подобластей размерности $n \times n$ элементов:</p> $P = \{P_{ij}\}, i \in X, j \in Y \quad (2.2)$ <p>где P_{ij} - область изображения размерности $n \times n$ пикселей; i, j – координаты левого верхнего угла области P_{ij}.</p> <p>Для выполнения первого этапа алгоритма, а именно принятия решения о наличии на изображении транспортного средства, нам необходимо провести предварительную обработку двух изображений. Первое изображение – эталон – пустая дорога. Эталонное изображение снимается с камеры раз в несколько часов в тот момент, когда в кадре долгое время не происходит значительных изменений, это позволит нам более точно производить расчёты без дополнительных поправок на освещённость. Второе изображение – это изображение, поступившее с камеры и предположительно содержащее в себе транспортное средство.</p> <p>2.2.2. Принятие решения о наличии в кадре транспортного средства</p> <p>Алгоритм принятия решения о наличии в кадре транспортного средства довольно прост и, главное, быстр. Выполнение этого этапа алгоритма позволит нам снизить вычислительную нагрузку, отбросив те области изображения, в которых точно нет номерных рамок, и работать только с областью, несущей информационную нагрузку.</p> <p>Для принятия решения о наличии в кадре транспортного средства и определения его положения необходимо лишь сравнить весовые матрицы, полученные на этапе предварительной обработки изображений. В случае, когда разность значений элемента по модулю превышает значение средней разности, мы можем говорить о том, что в кадре находится новый объект.</p> <p>Использование в алгоритме эталонного изображения позволит ускорить выполнение алгоритма за счёт отсечения тех частей изображения, которые не несут полезной для поиска информации и, следовательно, сокращения вычислительных затрат.</p> <p>Примеры исходных изображений, необходимых для выполнения первого этапа алгоритма приведён на рисунках ниже.</p>					
					Лист
					29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Перв. примен.	
Справ. №	



Рисунок 2.7. Изображение-эталон: пустая дорога.



Рисунок 2.8. Исследуемое изображение.

Матрица, содержащая результаты расчёта модулей разности элементов матриц визуальных масс эталонного изображения и изображения, предположительно содержащего транспортное средство, представлена в таблице ниже. Элементы матрицы разностей, которые оказались меньше средней разности матриц визуальных масс эталона и исследуемого изображения, были заменены нулями. Результирующие элементы указывают на расположение транспортного средства на исследуемом изображении.

Подпись и дата	
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инд. № подл.	

[illegible]

Результатом работы первого этапа алгоритма является обнаружение области исходного изображения, несущей необходимую для дальнейшей работы информацию, а именно - изображение транспортного средства. Областям результирующего изображения, не несущим полезной информации, было присвоено нейтральное значение, не мешающее дальнейшей работе с изображением.

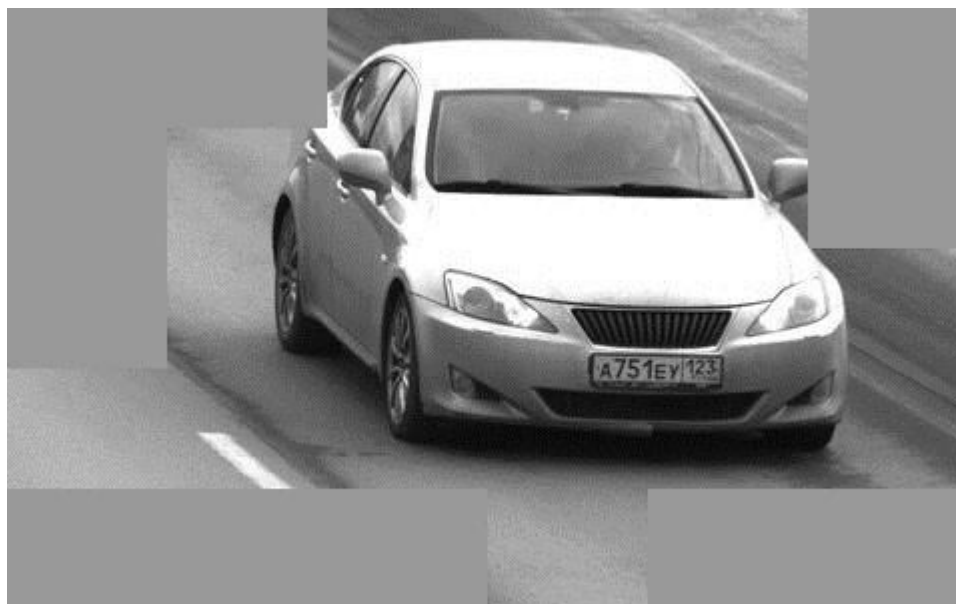


Рисунок 2.9. Часть исследуемого изображения, содержащая транспортное средство.

2.2.3. Поиск приблизительной области нахождения номерной пластины

Следующим этапом алгоритма является поиск приблизительного местоположения номерной пластины. Для его выполнения нам необходимо будет определить подходящий набор признаков, так как для поиска прямоугольной области пластины необязательно использовать значения, полученные с использованием всех шестнадцати фильтров.

Для определения полезного фильтра был проведён вычислительный эксперимент, показавший, что фильтр, значение спектрального коэффициента которого несёт в себе наиболее полезную информацию, это фильтр F2, представленный на рисунке ниже:

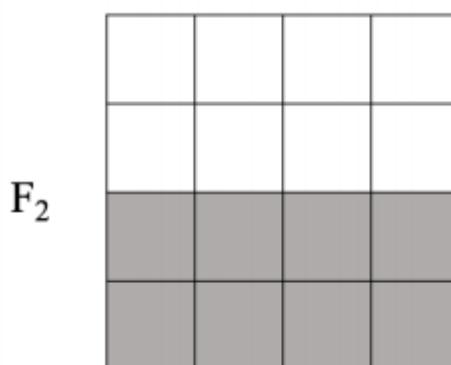


Рисунок 2.10. Фильтр, необходимый для расчёта признаков исследуемого изображения.

Справ. №

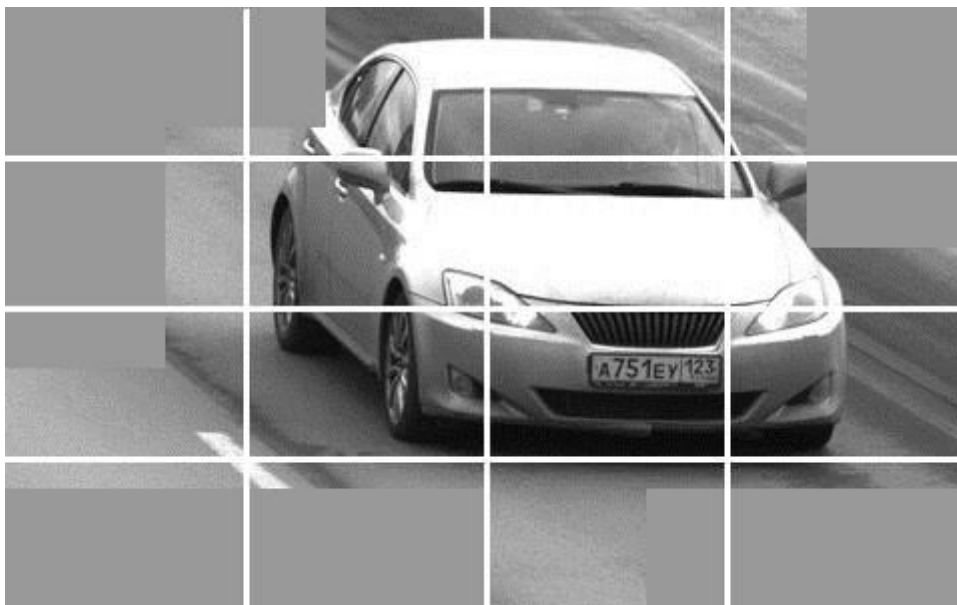


Рисунок 2.11. Разделение на подобласти изображения, содержащего транспортное средство.

Подпись и дата

ИНВ. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

ИНВ. № ПОДЛ.

Таблица 2.3. Спектральные коэффициенты исследуемого изображения по фильтру F2.

54,48387	49,49194	807,9355	177,8105
-37,99597	92,875	-1047,907	-182,4516
-254,5685	123,4919	1255,746	792,621
225,0323	-40,38306	-520,9113	-283,379

Как видно из результатов, приведённых в таблице 2.3., наибольшее значение отклик по фильтру F2 имеет в подобласти изображения с индексом (3,2).



Рисунок 2.12. Примерная область расположения номерной рамки автотранспортного средства.

Дальнейшая работа по локализации номерной рамки будет выполняться именно на этой области.

2.2.4. Принятие решения о точном местоположении номерной пластины

Выполнение поиска точного местоположения пластины номера автотранспортного средства выполняется по следующему алгоритму:

1. Производится проверка размеров участка изображения, содержащего номер, и, в случае необходимости, к изображению добавляются области нейтрального цвета таким образом, чтобы его можно было разделить на равные участки размером 16×16 пикселей.
2. Изображение разбивается на равные участки, и для каждого участка вычисляется отклик по шестнадцати фильтрам (спектральные коэффициенты).
3. На основе сформированных признаков описаний для каждой подобласти изображения формируется среднее отклонение без учёта отклика по фильтру F0 по следующей формуле:

$$s_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (d_i - d_{cp})^2} \quad (2.3),$$

где s_{ij} - среднее отклонение спектральных коэффициентов, $n=15$ - количество учитываемых спектральных коэффициентов, d_i - i -й спектральный коэффициент, а d_{cp} - среднее арифметическое для спектральных коэффициентов подобласти.

4. Производится поиск такой области изображения, которая удовлетворяла бы двум критериям: критерию предполагаемой размерности номерной рамки (а именно имеет размерность 2×5 подобластей) и критерию максимальной яркости на исследуемом участке изображения (сумма значений средних отклонений для подобластей, расположенных справа и снизу от текущей подобласти, должна быть максимальной).
5. Производится окончательная локализация номерной рамки автотранспортного средства путём соединения точек, лежащих в центрах выбранных на прошлом этапе подобластей.

Рассмотрим результаты выполнения каждого этапа приведённого выше алгоритма подробнее и приведём примеры.

Результатом этапа проверки и правки размеров участка изображения, предположительно содержащего номер, является скорректированное по размерам изображение. Пример представлен на рисунке 2.14. Размер этого изображения составляет 80×128 пикселей.



Рисунок 2.13. Скорректированный участок изображения, содержащий номерную рамку.

В результате разбиения скорректированного изображения на подобласти размером 16×16 пикселей получилось 40 подобластей, с которыми и будет вестись дальнейшая работа.



Рисунок 2.14. Разбиение на подобласти участка, содержащего номерной знак.

Таблица, приведённая ниже, содержит значения средних отклонений, рассчитанные для каждой подобласти исследуемого изображения.

					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Таблица 2.4. Средние отклонения спектральных коэффициентов, рассчитанные для участка изображения, содержащего номерной знак.

12,113	10,683	12,034	5,2491	0,889	1,3138	1,4227	6,3531
3,2312	3,8494	5,0964	7,3662	4,0894	5,8663	5,7029	10,38
4,1662	5,3511	8,1975	7,6788	8,5634	9,0629	9,7544	4,6465
7,5104	5,2413	3,9111	3,3227	4,4436	3,3613	3,4298	3,6652
3,8617	3,8551	3,9215	3,9819	4,0459	4,0536	3,9939	4,2138

В результате выполнения алгоритма поиска области изображения, сумма средних отклонений которой будет максимальна, а размерность будет соответствовать ожидаемой размерности номерной рамки будет получен список подобластей, соединив центры которых мы очертим искомую область нахождения рамки номерного знака автотранспортного средства.



Рисунок 2.15. Область нахождения рамки номерного знака.

2.3. Выводы по главе 2.

В данной главе были рассмотрены теоретические основы метода локализации номерной рамки транспортного средства на изображении на основе теории активного восприятия. Были предложены варианты

Перв. примен.	<p>реализации каждого из этапов решения задачи локализации объекта на изображении:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Предварительная обработка изображения – разбиение изображения на области, расчёт матриц визуальных масс. • Принятие решения о наличии в кадре транспортного средства – сравнение матриц визуальных масс. • Поиск приблизительной области нахождения номерной пластины – теория активного восприятия (U-преобразование) • Принятие решения о точном местоположении номерной пластины – теория активного восприятия (средние отклонения признаков). <p>Использование данного набора вариантов реализации каждого из этапов решения задачи локализации объекта на изображении 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>				
Подпись и дата	Инов. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инов. № подл.	<p align="center">Глава 3. Вычислительный эксперимент.</p> <p>Для того чтобы проверить положение об успешности работы разработанной в главе 2 информационной модели, необходимо провести вычислительный эксперимент. Его результаты позволят сделать вывод о том, насколько успешно предложенный метод справляется с решением задачи</p>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<p align="center">ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</p>
					<p align="right">Лист</p> <p align="right">37</p>

Перв. примен.					
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
<p>локализации номерной рамки автотранспортного средства по сравнению с известными аналогами, необходимы ли доработки метода, имеет ли смысл его практическое применение, и так далее. В данной главе будет приведено описание проведенного вычислительного эксперимента и анализ его результатов.</p> <p style="text-align: center;">3.1. Описание эксперимента</p> <p>Исходными данными для проведения вычислительного эксперимента послужила база, содержащая 2000 изображений, полученных с дорожной камеры, включающая в себя как изображения пустой дороги, так и изображения различных транспортных средств. Количество транспортных средств на изображениях разнится в диапазоне от 1 до 5, так же разнится освещённость. Имеются изображения, снятые в тёмное время суток. Большая часть изображений базы снята дорожной камерой, расположенной под углом 40 градусов к дорожному полотну, так же в базе имеются изображения, снятые вручную. Все изображения в базе имеют формат JPEG и размер, не превышающий 1280x 963 пикселя.</p> <p>Предлагаемый метод локализации номерной рамки транспортного средства на изображении в качестве выходных данных выдаёт изображение, предположительно содержащее транспортное средство (при наличии), а так же прямоугольную область предполагаемого местонахождения номерной рамки, границы которой выделены белым цветом.</p> <p>Результатом сравнения координат выделенной области с координатами реального местоположения номерной рамки на оригинальном изображении будет вывод о степени точности локализации рамки.</p> <p>Возможны следующие варианты результата работы предлагаемого алгоритма:</p> <p>1.1. Рамка номера локализована в верной позиции</p> <p>1.2. Рамка номера локализована на изображении, на котором она присутствует, однако в неверной позиции.</p> <p>Отдельно стоит отметить возможные исходы первого этапа алгоритма, а именно:</p> <p>2.1. Транспортное средство локализовано верно</p> <p>2.2. Транспортное средство локализовано неверно (либо выделенный фрагмент не содержит изображения транспортного средства, либо изображение обрезано и не содержит рамки номера)</p> <p>В данном случае корректной работе алгоритма будет соответствовать сочетание вариантов 1.1 и 2.1, вариант 2.2 будет являться ошибкой первого рода (ложноположительное срабатывание), и станет причиной дальнейшей неверной работы алгоритма, вариант 1.2 соответствует ошибке второго рода (ложноотрицательное срабатывание).</p>					
					Лист
ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)					38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Перв. примен.	<p>Предложенный метод локализации рамки номера на изображении имеет следующие входные параметры, существенно влияющие на результат эксперимента:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Количество квадратных областей, на которые разбивается изображение на этапе поиска местоположения транспортного средства. Значения: 16, 64, 256 • Фильтры, на основе которых рассчитываются спектральные коэффициенты, используемые для вынесения решения о предварительном местоположении номерной рамки. Значения: F2, F5, F10. • Размерность окна, используемого для поиска местоположения номерной рамки. Значения: 2x5, 3x6. <p>В результате комбинации всех указанных параметров запуска алгоритма были определены 18 конфигураций запуска. Результаты работы предлагаемого метода были получены путём его тестирования в нормальных условиях. Для каждой конфигурации запуска алгоритма были рассчитаны следующие данные:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Точность локализации - процент исходных изображений, на которых объект был локализован верно. • Доля изображений, на которых были допущены ошибки первого рода. • Доля изображений, на которых были допущены ошибки второго рода. <p>В ходе проведения этого этапа эксперимента была выявлена конфигурация с наилучшим значением точности локализации, и именно она была использована для окончательного тестирования различных типов исходных изображений.</p>														
	Справ. №														
Подпись и дата		Изн. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Изн. № подл.										
<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>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</div> <div>Лист</div> <div>39</div>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата											

Перв. примен.	<h3>3.2. Описание программного продукта</h3> <p>С целью реализации описанного в разделе 3.1 вычислительного эксперимента был разработан программный продукт на языке программирования R. Этот язык обладает широким инструментарием для работы с графическими данными, обработки статистических данных, а также возможность высокой расширяемости за счёт использования различных пакетов.</p> <p>Рассмотрим основные модули программы, реализующие алгоритм локализации номерной рамки автотранспортного средства на изображении.</p> <p>1. getAuto() - функция поиска автотранспортного средства на исходном изображении.</p> <p style="text-align: center;">Таблица 3.1. Описание функции getAuto()</p> <table border="1"> <tr> <th>№</th> <th>Имя параметра</th> <th>Тип параметра</th> <th>Комментарий</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>imageBackground</td> <td>Входной</td> <td>Эталонное изображение</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>autoImage</td> <td>Входной</td> <td>Изображение, предположительно содержащее автомобиль</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>autoPart</td> <td>Выходной</td> <td>Часть изображения, содержащая автомобиль</td> </tr> </table> <p>2. getNumPart() - функция, предназначенная для осуществления поиска части изображения, содержащей номер</p> <p style="text-align: center;">Таблица 3.2. Описание функции getNumPart()</p> <table border="1"> <tr> <th>№</th> <th>Имя параметра</th> <th>Тип параметра</th> <th>Комментарий</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>autoPart</td> <td>Входной</td> <td>Часть изображения, содержащая автомобиль</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>partWithNum</td> <td>Выходной</td> <td>Часть изображения, содержащая номер</td> </tr> </table> <p>3. normalisePart() - функция нормализации изображения, содержащего номер (включает в себя нормализацию размеров изображения и расчёты для подходящего деления на области исходя из новых высоты и ширины)</p>					№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий	1	imageBackground	Входной	Эталонное изображение	2	autoImage	Входной	Изображение, предположительно содержащее автомобиль	3	autoPart	Выходной	Часть изображения, содержащая автомобиль	№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий	1	autoPart	Входной	Часть изображения, содержащая автомобиль	2	partWithNum	Выходной	Часть изображения, содержащая номер
	№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий																													
1	imageBackground	Входной	Эталонное изображение																														
2	autoImage	Входной	Изображение, предположительно содержащее автомобиль																														
3	autoPart	Выходной	Часть изображения, содержащая автомобиль																														
№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий																														
1	autoPart	Входной	Часть изображения, содержащая автомобиль																														
2	partWithNum	Выходной	Часть изображения, содержащая номер																														
Справ. №																																	

Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Перв. примен.					
Справ. №					
Подпись и дата					
И/в. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
И/в. № подл.					

Таблица 3.3. Описание функции normalisePart()

№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий
1	partWithNum	Входной	Часть изображения, содержащая номер
2	partWithNumNorm	Выходной	Нормализованное по размерности изображение, содержащее номер
3	aPHeight	Выходной	Новая высота участка изображения
4	aPWidth	Выходной	Новая ширина участка изображения

3. getNum() - функция локализации номерной рамки (включает в себя расчёт пула признаков описаний для каждой области и средних отклонений, вычисленных на их основе).

Таблица 3.4. Описание функции getNum()

№	Имя параметра	Тип параметра	Комментарий
1	partWithNumNorm	Входной	Нормализованный участок изображения, содержащий номер
2	aPHeight	Входной	Высота входящего участка
3	aPWidth	Входной	Ширина входящего участка
4	partWithNumRes	Выходной	Участок, содержащий автомобиль, с отмеченной областью, содержащей номер

В результате работы алгоритма программным продуктом формируется результат работы в виде изображения, содержащего часть автомобиля с номерной рамкой, где местоположение номера отмечено белым цветом. Прямоугольная область, содержащая в себе рамку номера формируется соединением центров участков области, содержащей в себе максимальную сумму средних отклонений.

Примеры результатов работы алгоритма представлены на изображениях ниже.

					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 3.1. Пример входящих изображений.



Рисунок 3.2. Найденный участок изображения, содержащий автомобиль.



Рисунок 3.3. Часть изображения автомобиля, содержащая номер (нормализованная).



Рисунок 3.4. Изображение с найденной рамкой номера.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Перв. примен.	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td>256</td> <td>64,4</td> <td>23,7</td> <td>11,9</td> </tr> </table>							256	64,4	23,7	11,9											
			256	64,4	23,7	11,9																
Справ. №	<p>Из приведённой выше таблицы видно, что наилучшая точность локализации номерной рамки на изображении была достигнута при следующей конфигурации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Количество квадратных областей, на которые разбивается изображение на этапе поиска местоположения транспортного средства: 256 2. Фильтр, на основе которых проводится расчёт спектральных коэффициентов, используемых для вынесения решения о предварительном местоположении номерной рамки: F2 3. Размерность окна, использующегося для поиска местоположения номерной рамки: 2x5 <p>Точность, достигнутая при этой конфигурации, составила 95,5%.</p> <p>Полученный результат обусловлен повышением точности алгоритма за счёт разбиения исходного изображения на достаточно большое количество областей, позволяющее наиболее точно локализовать транспортное средство, наиболее удачного выбора фильтра и размерности окна поиска.</p> <p>Учитывая, что в базе изображений присутствуют изображения, отличающиеся от стандартных наличием одновременно нескольких транспортных средств, а так же изображения, отличающиеся расположением камеры относительно дороги и степенью освещённости, можно сказать, что разработанный алгоритм является устойчивым к подобным изменениям.</p> <p>Стоит отметить так же заметное по таблице 3.5 превосходство ошибок первого рода, обусловленных, в первую очередь, неверной локализацией транспортного средства, над ошибками второго рода, вызванных неверной локализацией номера. Это можно объяснить тем, что при появлении ошибки первого рода дальнейшее выполнение алгоритма блокируется, в то время как если этап локализации транспортного средства прошёл успешно, алгоритм получает возможность дальнейшей работы, и на этапе точной локализации номерной рамки уже преобладают ошибки второго рода.</p> <p>Сравним наилучший полученный результат с результатами работы известных алгоритмов, рассмотренных в главе 1.</p>																					
	Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="2">ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td>44</td> </tr> </table>										ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
										ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист											
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	44																	

Перв. примен.	<p>Таблица 3.6. Сравнительная таблица точности работы известных методов локализации номерных рамок.</p> <table border="1"> <tr> <th>Название метода</th> <th>Точность локализации, %</th> </tr> <tr> <td>Выделение границ (операторы Кэнни, Собеля и Робертса)</td> <td>85-90</td> </tr> <tr> <td>Преобразование Хафа</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>Гистограммный анализ регионов</td> <td>88</td> </tr> <tr> <td>Метод Виолы-Джонса</td> <td>98</td> </tr> </table> <p>Опираясь на полученные результаты тестирования разработанного алгоритма, можно делать вывод о том, что представленный в данной работе метод имеет точность локализации номерной рамки транспортного средства на изображении, сопоставимую с точностью рассмотренных в главе 1 известных методов.</p>					Название метода	Точность локализации, %	Выделение границ (операторы Кэнни, Собеля и Робертса)	85-90	Преобразование Хафа	95	Гистограммный анализ регионов	88	Метод Виолы-Джонса	98
						Название метода	Точность локализации, %								
Выделение границ (операторы Кэнни, Собеля и Робертса)	85-90														
Преобразование Хафа	95														
Гистограммный анализ регионов	88														
Метод Виолы-Джонса	98														
Справ. №															
Изм. № подл.	Подпись и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	<div> <div>ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</div> <div> <div>Лист</div> <div>45</div> </div> </div>										
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										

Перв. примен.		<div>3.4. Выводы по главе 3</div> <p>Третья глава исследования была посвящена описанию проведённого вычислительного эксперимента и его результатов, а так же описанию разработанного программного продукта. Так же в данной главе была описана база входных изображений и её свойства. Были предложены различные конфигурации запуска алгоритма, и на их основе выявлена конфигурация, дающая оптимальный результат. Точность локализации номерной рамки транспортного средства на изображении с использованием разработанного алгоритма составила 95,5%. Было так же проведено сравнение полученного значения точности локализации с результатами работы известных алгоритмов, описанных в главе 1. Результаты сравнения говорят о том, что предлагаемый метод задачи локализации номерной рамки имеет точность, вполне сопоставимую с точностью существующих методов, а значит, разработанный алгоритм является конкурентоспособным по сравнению с аналогами.</p>									
							Справ. №				
Подпись и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подпись и дата				Инв. № подл.	
							Изм.	Лист			
ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)											Лист
											46

Для реализации предложенного метода был разработан программный продукт на языке R. В ходе проведённого вычислительного эксперимента было проведено тестирование алгоритма на различных наборах входных данных. Полученные в результате вычислительного эксперимента результаты свидетельствуют о корректной работе предложенного метода при решении задачи локализации рамки номера на изображении. Значение точности локализации рамки при использовании разработанного метода оказалась вполне сопоставимо с точностью рассмотренных в обзоре методов, а в некоторых случаях даже выше. Это означает, что данный метод является конкурентоспособным и пригодным к использованию на практике. 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.

Перв. примен.	Список литературы																
	<p>1. Kuo-Ming Hung, Ching-Tang Hsieh. A Real-Time Mobile Vehicle License Plate Detection and Recognition. // Tamkang Journal of Science and Engineering. – 2010 – Т. 13, № 4. – С. 433-442</p> <p>2. Fernandes L.A.F., Oliveira M.M. Real-time line detection through an improved Hough transform voting scheme. // Pattern Recognition. – Т. 41, №1. – С. 299–314</p> <p>5. Viola and Jones, Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. // Computer Vision and Pattern Recognition. – 2001.</p> <p>6. Haar-like feature – Wikipedia. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Haar-like_feature</p> <p>7. Елизаров А.И., Афанасенко А.В. Методика построения систем распознавания автомобильного номера — Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2006 – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-postroeniya-sistem-raspoznaniya-avtomobilnogo-nomera</p> <p>8. Распознавание номеров: от А до 9 — Блог компании Recognitor – URL: https://habrahabr.ru/company/recognitor/blog/221891/</p> <p>9. Утробин В.А. Элементы теории активного восприятия изображений // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. – 2010. – Т. 81, №2. – С. 61-69.</p> <p>12. Fukunaga K., Hostetler L. The Estimation of the Gradient of a Density Function, with Applications in Pattern Recognition. // IEEE Transactions on Information Theory. – 1975. – Т. 21, №1. – С. 32-40.</p> <p>15. Утробин В.А. Компьютерная обработка изображений. Анализ и синтез. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2003. – С. 228.</p> <p>16. Утробин В.А. Компьютерная обработка изображений. Принятие решений в пространстве эталонов. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2004. – С. 221. Изм. Лист № докум. Подпись Дата Лист 57 ВКР-НГТУ-09.04.01-(М15-ИВТ-3)-021-2017 (ПЗ) Перв. примен. Справ. № Подпись и дата Инв. № дубл. Взам. инв. № Подпись и дата Инв. № подл.</p> <p>17. Утробин В.А. Компьютерная обработка изображений. Информационные модели этапа понимания. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2006. – С. 247.</p> <p>18. Утробин В.А. Информационные модели системы зрительного восприятия для задач компьютерной обработки изображений. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2001. – С. 234.</p> <p>19. Утробин В.А. Физические интерпретации элементов алгебры изображения // Успехи физических наук. – 2004. – Т. 174, № 10. – С. 1089-1104.</p> <p>20. Наумов Н. Метод Виолы-Джонса как основа для распзнавания лиц – URL: https://habrahabr.ru/post/133826/</p>																
Справ. №																	
Подпись и дата																	
Инв. № дубл.																	
Взам. инв. №																	
Подпись и дата																	
Инв. № подл.																	
<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)</td><td rowspan="2">Лист 48</td></tr><tr><td>Изм.</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подпись</td><td>Дата</td></tr></table>											ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист 48	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
					ВКР-НГТУ-09.04.01-(М16-ИВТ-3)-003-2018(ПЗ)	Лист 48											
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата													