

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»
(Самарский университет)

Институт информатики, математики и электроники
Факультет информатики
Кафедра технической кибернетики

ОТЧЕТ ПО ПРАКТИКЕ

Вид практики: *учебная*

Тип практики: *Научно-исследовательская работа*
(получение первичных навыков научно-исследовательской работы)

Сроки прохождения практики: с *06.07.2021* г. по *19.07.2021* г.

по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»
(уровень бакалавриата)
направленность (профиль) «Компьютерные науки»

Обучающийся группы № 6208-010302D _____ *Гусев* И.А. Гусев
Руководитель практики
от университета доцент кафедры
технической кибернетики, к.ф.-м.н. _____ *Ганчевская* С.В. Ганчевская
Дата сдачи 17.07.2021 г.
Дата защиты 19.07.2021 г.
Оценка *отлично*

СОДЕРЖАНИЕ

Задание (я) по практике для выполнения определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью (сбор и анализ данных и материалов, проведение исследований)	3
Введение	7
1 Обнаружение следов реконструкции цифровых изображений.....	8
1.1 Локализация диффузного окрашивания.....	8
1.1.1 Идея диффузионного метода рисования	10
1.1.2 Метод локализации диффузии.....	12
1.2 Локализация перерисовки на основе патчей	16
1.2.1 Алгоритм Criminisi	16
1.2.2 Сверточные нейронные сети – СНС	18
1.2.3 Метод локализации реконструкции на основе патчей.....	19
2 Результаты обнаружения ретуширования.....	22
2.1 Результаты обнаружения диффузного окрашивания.....	22
2.2 Результаты обнаружения перерисовки на основе патчей.....	24
Заключение.....	26
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	27

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»
(Самарский университет)

Институт информатики, математики и электроники
Факультет информатики
Кафедра технической кибернетики

Задание по практике для выполнения видов работ,
связанных с будущей профессиональной деятельностью
(сбор и анализ данных и материалов, проведение исследований)

обучающемуся Гусеву И.А. группы № 6208-010302D

Тема исследования: Обнаружение следов применения методов реконструкции цифровых
изображений

Направлен на практику приказом по университету от 02.07.2021 г. № 318-ПР в
Самарский университет на кафедру технической кибернетики

Планируемые результаты освоения образовательной программы (компетенции / индикаторы)	Выполнение видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью (сбор и анализ данных и материалов, проведение исследований)	Результаты практики (планируемые результаты обучения при прохождении практики)
ОПК-4 Способен решать задачи профессиональной деятельности с использованием существующих информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности. ОПК-4.1 Применяет знания об основных информационных технологиях и программных средствах для решения задач профессиональной деятельности	1. Поиск научных публикаций по выбранной теме исследования в сети Интернет, электронных библиотечных системах и базах данных	Знает основы информационных технологий и программных средств, необходимых для выполнения задания по научно-исследовательской работе. Умеет самостоятельно получить дополнительную информацию об информационных технологиях и программных средствах, необходимых для выполнения задания по научно-исследовательской работе. Владеет первичными навыками практического применения информационных

		технологий и программных средств, необходимых для выполнения задания по научно-исследовательской работе
<p>ПК-1 Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.</p> <p>ПК-1.1 Использует основные положения, законы и методы прикладной математики и информатики при решении задач профессиональной деятельности, знает основные научные методики, применяемые при разработке, информационных технологий и систем</p>	<p>2. Ознакомление с концепциями, терминологией, актуальностью выбранной темы исследования. Осмысление выбранной темы НИР бакалавра, консультируясь, если необходимо, со своим руководителем НИР</p>	<p>Знает основные математические понятия, методы и информационные технологии, необходимые для сбора, обработки и интерпретации данных в рамках проводимого научного исследования.</p> <p>Умеет осуществлять сбор и обработку информации в рамках проводимого научного исследования.</p> <p>Владеет навыками анализа результатов проведенного исследования и формулирования выводов по итогам исследования</p>
<p>УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.</p> <p>УК-1.1 Анализирует поставленную задачу и осуществляет поиск информации для ее решения</p>	<p>3. Перевод найденных публикаций на русский язык (если необходимо), анализ информации и отбор публикаций, в наибольшей степени соответствующих теме исследования (релевантных). Выстраивание структуры обзора публикаций, отбор (формулирование) конкретных аспектов темы исследования, которые затрагиваются в найденных и отобранных для обзора публикациях</p>	<p>Знает методологию анализа поставленной задачи с целью выбора способа ее решения.</p> <p>Умеет осуществить поиск информации о методах и алгоритмах решения поставленной задачи.</p> <p>Владеет навыками первичного анализа собранной информации о методах и алгоритмах решения поставленной задачи</p>
<p>УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых</p>	<p>4. Написание текста обзора в строгом соответствии с правилами русского языка. Совершенствование навыков использования компьютерной программы - редактора текста для ввода и оформления</p>	<p>Знает методы решения поставленной задачи, соответствующие имеющимся ресурсам и действующим ограничениям.</p> <p>Умеет планировать</p>

<p>норм, имеющих ресурсы и ограничений.</p> <p>УК-2.2 Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учётом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм</p>	<p>текста Отчета по практике. Оформление текста Отчета по практике в соответствии с требованиями к учебным текстовым документам, установленными в Самарском университете</p>	<p>реализацию решения поставленной задачи с учетом имеющихся ресурсов и действующих ограничений.</p> <p>Владеет навыками практического решения поставленной задачи в зоне своей ответственности</p>
<p>УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.</p> <p>УК-6.2 Определяет приоритеты собственной деятельности и личностного развития</p>	<p>5. Оформление библиографического аппарата обзора в соответствии с требованиями стандартов СИБИД: Реферата, Списка использованных источников, ссылок в тексте обзора на пункты (библиографические записи) Списка использованных источников. Контроль соотношения оригинального текста / правомерных заимствований / неправомерных заимствований</p>	<p>Знает приоритетные направления своей деятельности и личностного развития.</p> <p>Умеет планировать свою деятельность в процессе достижения профессиональных целей и совершенствования личностных качеств.</p> <p>Владеет навыками реализации своих планов при достижении приоритетных целей</p>

Дата выдачи задания 07.07.2021 г.

Срок представления на кафедру отчета о практике 17.07.2021 г.

Руководитель практики
от университета доцент кафедры
технической кибернетики,
к.ф.-м.н.

Задание принял к исполнению
обучающийся группы № 6208-010302D


(подпись) С.В. Ганчевская


(подпись) И.А. Гусев

РЕФЕРАТ

Отчет об учебной практике: 28 страниц, 16 рисунков, 1 таблица, 10 источников.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, РЕТУШИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ЭКСПЕРТИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ, ОБНАРУЖЕНИЕ ОКРАШИВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Объектом исследования являются алгоритмы обнаружения следов реконструкции цифровых изображений

Цель работы – ознакомление с темой и изучение эффективных методов, обнаружения следов реконструкции цифровых изображений.

Описаны два подхода ретуширования. Описаны два метода распознавания ретуширования, основанные на представленных подходах ретуширования, первый применяется для обнаружения диффузного рисования, второй метод анализирует изображение на предмет появления рисования методами на основе патчей.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире с развитием цифровых технологий подделка изображений является очень распространённым явлением, что ставит под сомнение надёжность цифровой информации.

Исключить вероятность подделок невозможно, но учёные уделяют пристальное внимание возможности отслеживания модификаций изображений. Эта проблема является крайне актуальной, так как модификации изображений могут кардинально исказить информацию, представленную на нём, что может ввести в заблуждение большие массы людей, также государственные органы.

В данной работе рассмотрены распространённые методы ретуширования[1] и методы обнаружения реконструкции изображений в работах [2] и [3], где реконструкция понимается под ретушью изображения.

Приведены результаты обнаружения ретуширования с помощью описанных методов.

1 Обнаружение следов реконструкции цифровых изображений

Реконструкция изображений, она же ретушь оставляет очевидные следы, что ставит необходимостью разработать автоматизированные методы для обнаружения ретуши.

В данной учебной работе будут рассмотрены два метода ретуширования изображений, методы, основанные на диффузии и методы, основанные на патчах.

Методы, основанные на **диффузии**, заполняют отсутствующую область изображения, используя информацию из внешней части изображений. В алгоритмах диффузного рисования используется понятие изофоты, представляющей из себя кривую на освещённой поверхности изображения, которая соединяет точки с одинаковой яркостью [1].

Методы, основанные на **патчах**, производят поиск наиболее подходящей текстуры, и заполняют этой областью, дыру в изображении [1].

Эти методы рисования оставляют следы, которые часто заметны не вооруженным глазом в контексте изображения, но могут быть и неочевидными, что делает актуальной проблему их обнаружения.

Рассмотрим метод, обнаруживающий изменение изображений на основе диффузии.

1.1 Локализация диффузного окрашивания

Области, изменённые методами рисования на основе **диффузии** это чаще малые области изображения, так как при применении диффузии для реконструкции довольно большой части изображения результат представляет собой размытое пятно, что сильно заметно человеку при оценке изображения и очевидно противоречит контексту изображения (см. рисунок 1).



Рисунок 1 – Пример ретуши изображения методом на основе диффузии [2]

Область, выделенная контуром, представляет собой результат ретуширования изображения основанного на диффузии. Как видно из рисунка 1 при больших размерах наблюдается размытие, которое присутствует также и при ретушировании малых областей, но незаметно для зрительного восприятия.

Данную проблему и решает метод обнаружения **диффузного окрашивания** цифровых изображений, о котором автор пишет в [2].

В [2] автор для начала определяет, на что опираться при обнаружении окрашенной и неокрашенной областей на изображении. Процесс диффузии при рисовании оставляет заметные следы, которые отражаются в изменении направлении **лапласиана** (оператор Лапласа, производная маска второго порядка, выделяющая внешние и внутренние края изображения), перпендикулярного градиенту, в неокрашенных областях и окрашенных оно сильно различается. Далее создаётся набор функций, предназначенный для

анализа артефактов, возникающих при рисовании на основе диффузии, которые основаны на внутриканальных и межканальных локальных изменениях свойств областей изображения, что позволяет локализовать окрашенные области [2].

1.1.1 Идея диффузионного метода рисования

Изображение размером $N * M$, можно рассматривать как **двумерную функцию** I из области D , по формуле 1:

$$I: D \rightarrow R^m, \quad (1)$$

где $D = \{x = 0, 1, \dots, M; y = 0, 1, \dots, N\} \in R^2$, представляет собой двумерное пространство пикселей, а m количество цветовых каналов, при $m = 3$ имеем цветовой канал RGB [2].

Неокрашенное изображение I^0 , с известной областью S и неизвестной областью Ω (смотри рисунок 2).



Рисунок 2 – Неокрашенное изображение; чёрная область неизвестна [2]

Окрашивание производится с использованием известной области $S = D - \Omega$. Методы, основанные на диффузии, используют **дифференциальные уравнения** (PDE) для представления структуры изображения внешней известной и внутренней неизвестной[2].

При рисовании изображения на основе диффузии встают два вопроса, как описать область для рисования и направить размножение информации из внешней области.

Далее описан метод Бертальямио [1]. Лапласиан используется в качестве определения гладкости для описания локальной структуры изображения, направленного вдоль направления **изофот** изображения, которые перпендикулярны градиенту изображения в каждом пикселе. Алгоритм представим в виде следующего уравнения:

$$I^{t+1}(x, y) = I^t(x, y) + t' \times dI^t(x, y), \quad \forall (x, y) \in \Omega \quad (2)$$

где t – время итерации, t' – скорость обновления интенсивности пикселей и $dI^t(x, y)$ – сигнал обновления для $I^t(x, y)$, а $dI^t(x, y)$ представлена в виде следующей формулы:

$$dI^t(x, y) = \nabla(\Delta I^t(x, y)) \times \nabla I^{t\perp}(x, y), \quad (3)$$

где ∇ оператор градиента, ΔI изображение Лапласианы, а ∇I^\perp направление изофоты, перпендикулярное направлению градиента, $dI^t(x, y)$ – производная по изофотному направлению.

В начальный момент $t = 0$ и $I^t = I^0$, после нескольких итераций производная по изофотному направлению $dI^t(x, y) = 0$ и окрашенное и внешнее изображение сливаются. После сходимости вариация лапласиана в направлении изофоты ∇I^\perp минимальна, что говорит о том, что это окрашенный регион.

Описанный выше процесс повторяется до тех пор, пока не достигнута граница заполняемой области.

1.1.2 Метод локализации диффузии

Артефакты, оставляемые рисованием на основе диффузии, представляют собой размытие, что очевидно на достаточно больших областях изображения, но на малых областях для зрительного восприятия эти артефакты могут быть незаметны, что и делает актуальной проблемой обнаружение ретуширования на основе диффузии. Однако неокрашенные области могут также определяться как окрашенные, если изображение содержит гладкие участки, что приводит к трудностям в обнаружении окрашенных областей [2].

На основании формул (2) и (3), было определено, что $dI^t = 0$, что значит, что **лапласианы** в направлении **изофот** постоянны, это свойство характеризует окрашенный регион. Чтобы оценить различие в окрашенных и нетронутых областях, сначала вычисляется изменение лапласиана в направлении изофот (смотри рисунок 3) [2].

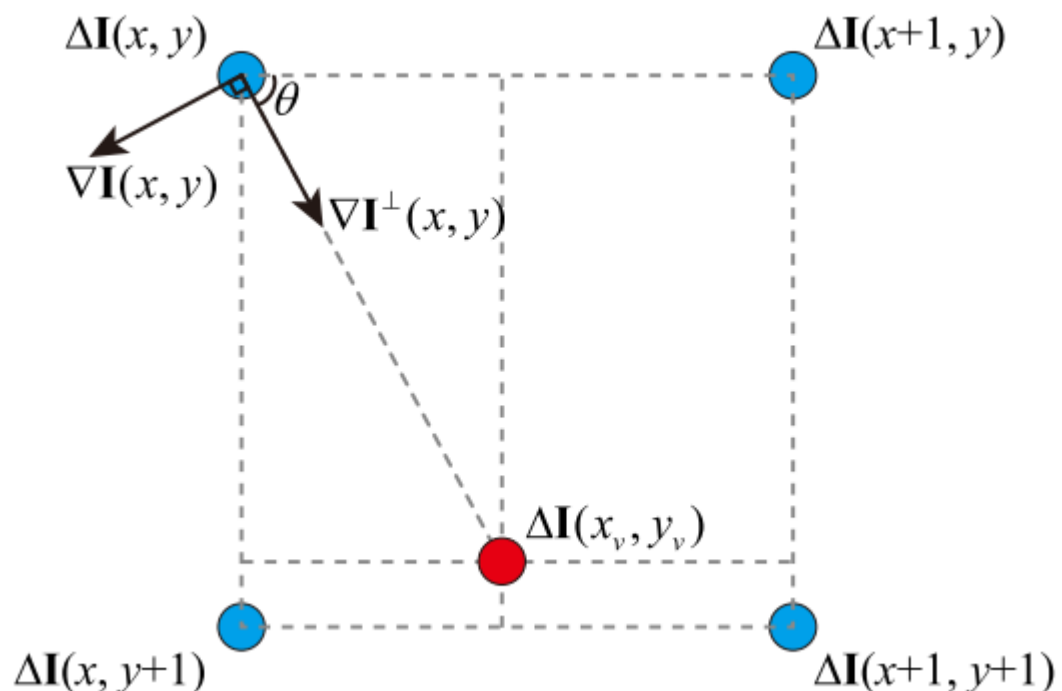


Рисунок 3 – Иллюстрация расчета изменения лапласиана, где ∇ – оператор градиента, а Δ – оператор Лапласа [2]

Для каждого пикселя изображения вычисляем карту $\delta_{\Delta I}(x, y)$ по формуле:

$$\delta_{\Delta I}(x, y) = \Delta I(x, y) - \Delta I(x_v, y_v), \forall (x, y) \in D, \quad (4)$$

где $\Delta I(x, y)$ – значение лапласиана для пикселя (x, y) , а $\Delta I(x_v, y_v)$, значение лапласиана для предполагаемого пикселя, который расположен в направлении перпендикулярном направлению градиента $\nabla I^\perp(x, y)$, расстояние между ним и пикселем $I(x, y) = 1$, (смотрите на красную точку рисунок 3) [2].

Координата пикселя (x_v, y_v) задаётся по формуле:

$$\begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x + \cos\theta \\ y + \sin\theta \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где соответственно $\tan\theta = \frac{|\nabla I_y^\perp(x, y)|}{|\nabla I_x^\perp(x, y)|}$, $\nabla I_y^\perp(x, y)$ и $\nabla I_x^\perp(x, y)$ – проекции изофоты на вертикальное и горизонтальное направления.

Значение $\Delta I(x_v, y_v)$ вычисляется следующим образом:

$$\Delta I(x_v, y_v) = \left(\frac{1 - \cos\theta}{\cos\theta} \right)^T \times N_{\Delta I} \left(\frac{1 - \sin\theta}{\sin\theta} \right), \quad (6)$$

$$N_{\Delta I} = (\Delta I(x, y) \ \Delta I(x + 1, y) \ \Delta I(x, y + 1) \ \Delta I(x, y + 1)), \quad (7)$$

По формуле для карты заданного изображения $\delta_{\Delta I}(x, y)$ можем получить абсолютные значения карты $|\delta_{\Delta I}(x, y)|$ (смотрите рисунок 4).

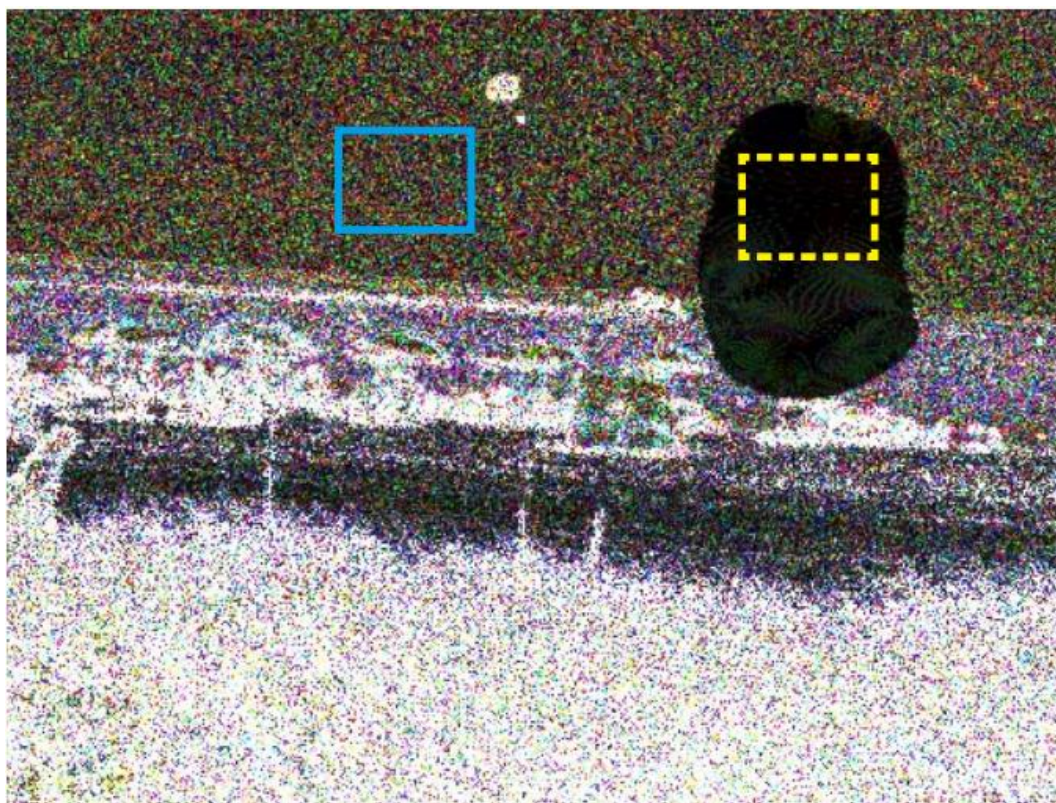


Рисунок 4 – Карта $|\delta_{\Delta I}(x, y)|$ [2]

Как видно по рисунку, в окрашенной области изменения **лапласианов** вдоль направления **изофот** имеют малую интенсивность, а в неокрашенной большую интенсивность.

Для исследования характеристических данных качества отображения карты $\delta_{\Delta I}$ вычисляется локальная дисперсия для всех непересекающихся блоков размером 8×8 . График эмпирических кумулятивных функций распределения для дисперсий (смотрите рисунки 5 и 6).

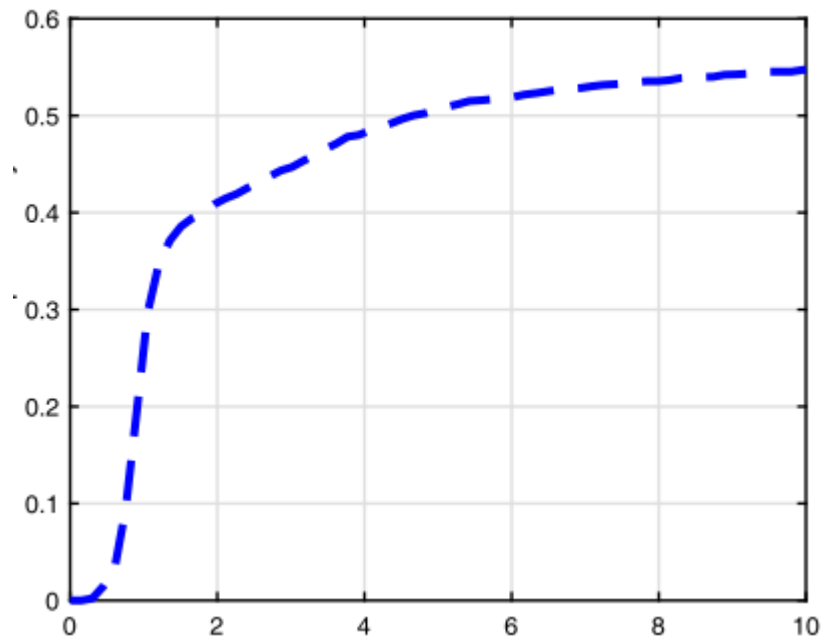


Рисунок 5 – Дисперсия нетронутой области [2]

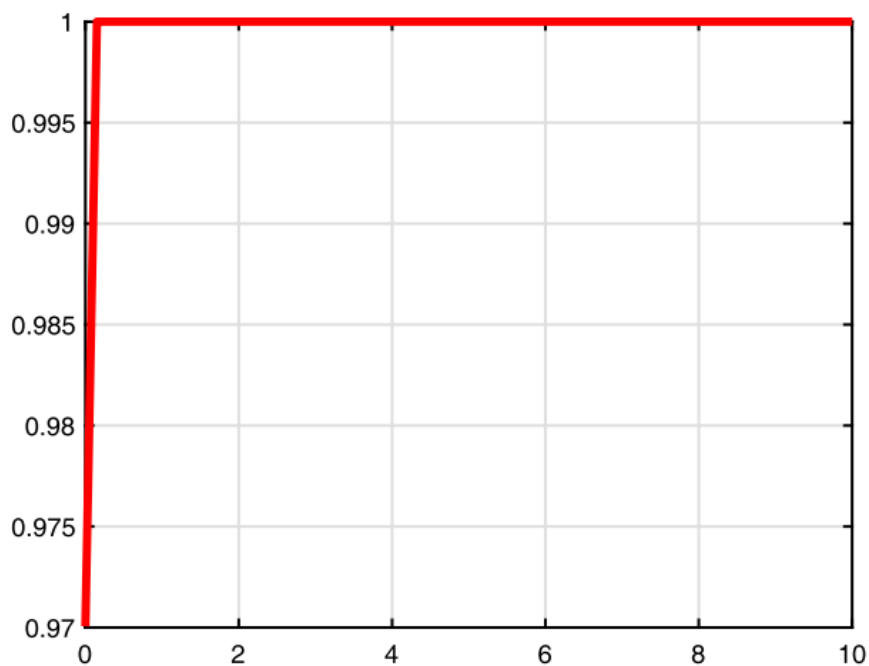


Рисунок 6 – Дисперсия окрашенной области [2]

На основании фактов, приведённых выше, можно сделать вывод о том, что изменения лапласианы вдоль направления изофоты, то есть карты $\delta_{\Delta I}(x, y)$ могут фиксировать артефакты оставленные рисованием основанном на методе диффузии. Таким образом, основная идея метода обнаружения ретуширования состоит в анализе **диффузной картины изображения**.

1.2 Локализация перерисовки на основе патчей

Рисование на основе **патчей** часто используется для удаления или вставки объектов, чтобы изменить семантику изображений (см. рисунок 7) [3].



Рисунок 7 – Пример ретуши изображений методом на основе патчей.

1.2.1 Алгоритм Criminisi

Алгоритм предложен **Criminisi** в 2003 году. Данный алгоритм предназначен для ретуширования изображения методом на основе патчей.

Этот алгоритм сочетает в себе анализ структуры изображения и генерацию текстур, для рисования. Сначала производится поиск области, на которой требуется ретуширование, затем эта область заполняется наиболее подходящим кандидатом из внешней области, относительно анализируемого участка, изображения (смотрите рисунок 8).

Алгоритм состоит из трёх шагов[4]:

Сначала определяется функция приоритета $P(p)$ целевого участка ψ_p для окрашивания по формуле:

$$P(p) = C(p) \times D(p), \quad (8)$$

где $C(p)$ – элемент кандидат и $D(p)$ данные, вычисляемые по следующим формулам (9) и (10):

$$C(p) = \sum_{q \in \psi_p \cap \Phi} C(q) / |\Psi_p|, \quad (9)$$

$$D(p) = |\nabla I_p^\perp \times n_p| / \alpha, \quad (10)$$

где p – точка на границе $\delta\Omega$ анализируемого участка изображения, $|\Psi_p|$ – площадь участка Ψ_p , n_p – нормированный коэффициент, n_p – единичный вектор нормали к точке p , ∇I_p^\perp – вектор изофот в точке p перпендикулярный градиенту ∇ .

Очевидно что, начальное значение $C(p)$ принимает следующие значения:

$$C(p) = \{0, \forall q \in \Omega \ 1, \forall q \in \Phi \ , \quad (11)$$

Далее, когда все приоритеты на границе анализируемого патча определены, происходит поиск участка Ψ_p' , имеющего максимальный приоритет, затем происходит поиск наиболее подходящего образца во внешней области изображения Ψ_q' по формуле:

$$\Psi_q' = \text{argd}(\Psi_p', \Psi_q), \quad (12)$$

$$d(\Psi_p', \Psi_q) = \sum_{i=1}^n [(I_R - I_R')^2 + (I_G - I_G')^2 + (I_B - I_B')^2], \quad (13)$$

где $d(\Psi_p', \Psi_q)$ представляет собой различие между пикселями в формате RGB, I и I' представляют собой значения цвета соответствующих пикселей Ψ_p' и Ψ_q .

Продолжается процесс сведения к минимуму $d(\Psi_p', \Psi_q)$ пока обрабатываемый участок не будет заполнен, элемент кандидат в процессе будет изменяться:

$$C(p) = C(p'), \quad (14)$$

где $p \in q \in \Psi_p' \cap \Omega$.

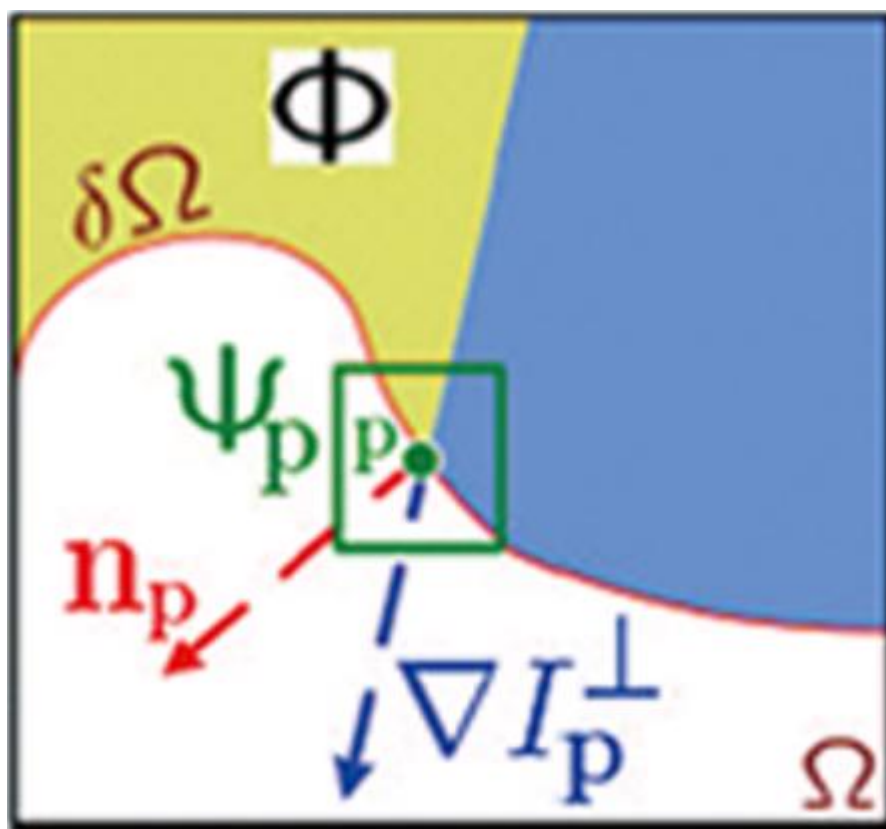


Рисунок 8 – Схема алгоритма Criminisi [4]

Алгоритм **Criminisi**, также как и рисование на основе методов диффузии оставляет следы, и ретушированная область изображения будет отличаться от нетронутой части, встаёт задача необходимости обнаружения этих областей [4].

1.2.2 Сверточные нейронные сети – СНС

Сверточная нейронная сеть (СНС) – это одна из прогрессивных форм **искусственных нейронных сетей (ИНС)**. СНС преуспели в решении задач анализа изображений. Принцип работы СНС состоит в том, что анализируемая область изображения проходит через череду свёрточных слоёв, каждый из которых является фильтром, отслеживающим определённые характеристики изображения, например фильтр, покажет, что на изображении кривая и т. д, после прохождения очередного слоя, на вход следующему, более глубокого уровня поступает, информация от предыдущего[5].

Ознакомимся с понятиями, которые пригодятся нам дальше, **Р-СНС** – это подход СНС, выделения региона-кандидата, на котором вероятно

содержится объект [6]. **Р-СНС** имеет ряд недостатков, связанные с временными издержками обнаружения, **ускоренная Р-СНС** – ускоренный вариант **Р-СНС**, состоит из двух этапов, на первом этапе происходит генерация региона-кандидата, на втором этапе извлечение признаков региона-кандидата методом RoIPool [7].

1.2.3 Метод локализации реконструкции на основе патчей

Для решения проблемы распознавания ретуширования на основе патчей, в работе [3] используется подход, основанный на обнаружении объектов и создания маски сегментации, то есть определение множества пикселей, соответствующих объектам на изображении.

Алгоритм содержит в себе [3]:

- Управляемую локализацию
- Управляемое распознавание
- Семантическую сегментацию

Работающие вместе для обнаружения объекта.

В качестве магистральной сети в работе [3] используется, основанная на глубоком обучении **маска Р-СНС** [6] – это структура сегментации экземпляров объектов, она выполняет функцию определения множества пикселей, которые представляют объект на изображении. **Маска Р-СНС** расширяет **ускоренную Р-СНС** [7], путём добавления параллельно существующей ветки прогнозирования маски сегментации, для каждой анализируемой области, что позволяет эффективно обнаружить объект на изображении и определить соответствующее объекту множество пикселей [7].

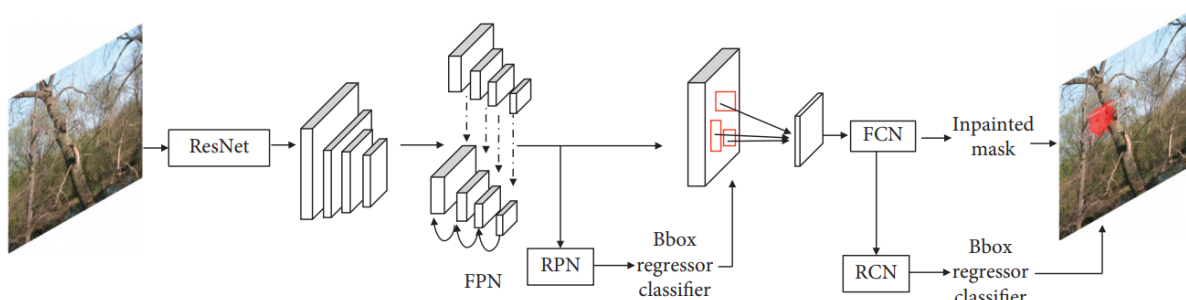


Рисунок 9 – Схема предлагаемого метода [3]

Процесс работы метода из работы [3] описывается следующим образом. Согласно схеме на рисунке 9, используется остаточная сеть **ResNet**[3] – нейронная сеть, разделяющая изображение на слои и реализующая пропуск соединений, для перехода через некоторые слои, что упрощает обучение сети [3].

ResNet получает признаки изображения методом **RoIAlign**, который делится на две ветви: одна ветвь получает ограничивающую рамку объекта и класс объекта, а вторая получает результаты семантической сегментации через расчёт свёрточного слоя. Функция свёрточного слоя заключается в извлечении признаков и составлении карты признаков[3].

Согласно схеме на рисунке 9, пирамида признаков сети (**ППС**) извлекает общие функции анализируемой области, которые называются характеристиками [9], после получения карты функций, прогнозируется классификация объектов и ограничивающая рамка для каждой области. Следующим этапом идёт процесс обнаружения регион-кандидата с помощью **сети региональных предложений (СПР)**. **СПР** принимает карту функций в качестве входных данных и выводит набор предложенных прямоугольных объектов, каждый из которых имеет оценку объективности [7]. Архитектура **СПР** для ознакомления представлена на рисунке 10.

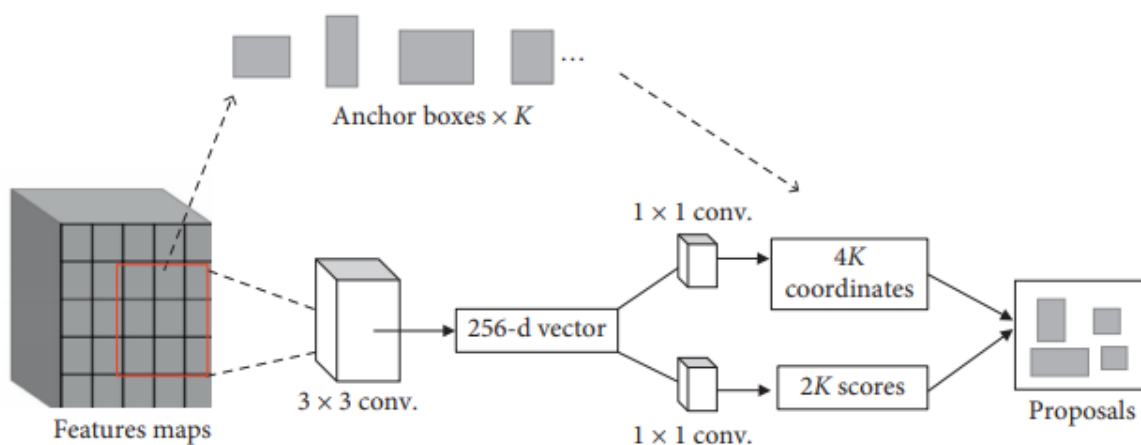


Рисунок 10 – Архитектура СПР [3]

Итоговый регион-кандидат проходит фильтрацию методом **не Максимального Подавления (НМП)** [8], происходит сортировка, на основе оценок объективности, сгенерированных СПР объектов, выбирается блок с максимальной оценкой, а другие блоки в соответствии с заранее определённым порогом подавляются, наконец, происходит вывод результата обнаружения [3].

2 Результаты обнаружения ретуширования

2.1 Результаты обнаружения диффузного окрашивания

В данном разделе приведены эксперименты, проведённые в работе [2] описанным алгоритмом, для обнаружения трёх различных методов рисования, основанных на диффузии[2]:

- 1) Изотропный
- 2) Ориентированный на ребро
- 3) Ориентированный на Делоне

Производительность алгоритма оценивается по уровню F по следующей формуле:

$$F = 2 \times \frac{\text{точность} \times \text{память}}{\text{точность} + \text{память}} = \frac{2 \times \text{ИР}}{2 \times \text{ИР} + \text{ЛОР} + \text{ЛПР}}, \quad (15)$$

где ИР – истинный результат, ЛОР – ложноотрицательный результат, ЛПР – ложноположительный результат.

В экспериментах использовалось 1338 цветных изображений размером 384×512 из базы данных **UCID**. Каждое изображение случайным образом раскрашивалось тремя разными алгоритмами, областями размером 8×8 , 16×16 , 32×32 , соответствующих квадратным изображениям размером 64, 256, 1024, 4096, что составляет 0.33, 1.30, 5.21, 2.08% от размера самих изображений [2].



Рисунок 11 – Результат обнаружения окрашенной области 8×8 [2]



Рисунок 12 – Результат обнаружения окрашенной области 16×16 [2]



Рисунок 13 – Результат обнаружения окрашенной области 32×32 [2]

Анализируя рисунки, можно увидеть, что некоторые гладкости, могут восприниматься за ретушированные области, что сказывается на результате обнаружения, предложенным методом.

Оценка производительности F алгоритма, была рассчитана в работе [3] по формуле (15), приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментов, полученные на базе данных UCID

Алгоритм	Изотропный			Ориентированный на ребро			Ориентированный на Делоне		
Формат	квадрат	круг	произвольное	квадрат	круг	произвольное	квадрат	круг	произвольное
4096-px	0.9015	0.8980	0.8861	0.8938	0.8906	0.8753	0.8211	0.8714	0.8350
1024-px	0.8131	0.8097	0.7831	0.8023	0.7978	0.7654	0.6194	0.7038	0.6815
256-px	0.6964	0.6961	0.6533	0.6863	0.6856	0.6302	0.3359	0.3399	0.4042
64-px	0.428	0.5230	0.1831	0.3339	0.4389	0.1582	0.0975	0.1262	0.0763

Анализируя значения в таблице, можно сделать вывод о том, что метод, предложенный в работе [2], лучше справился с обнаружением изотропного

окрашивания, что интуитивно понятно, так как сам алгоритм основан на отслеживании изменения интенсивности лапласиана изображений.

2.2 Результаты обнаружения перерисовки на основе патчей

В данном разделе приведена для ознакомления малая часть результатов обнаружения рисования на основе патчей, описанным алгоритмом в работе [3], на цветных изображениях из базы данных **UCID**, раскрашенных с помощью алгоритма **Criminisi** [4].

Зелёная область – это область ретуширования на изображениях (смотрите рисунок 14).

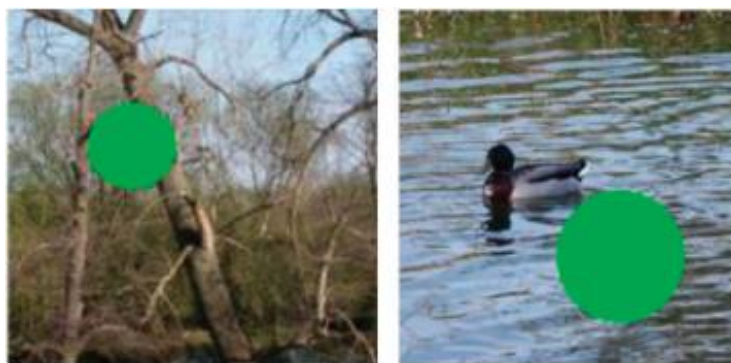


Рисунок 14 – Области регулярной перерисовки с помощью метода Criminisi

Красная область – результат обнаружения ретуширования, описанным методом отмечена на рисунках 15 и 16.

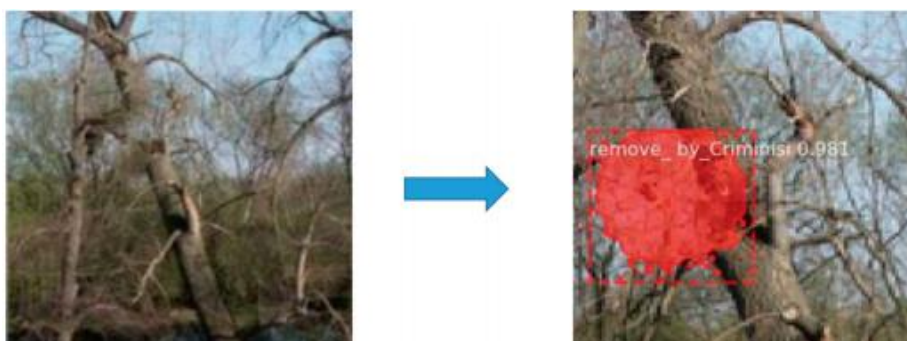


Рисунок 15 – Результат обнаружения ретуширования

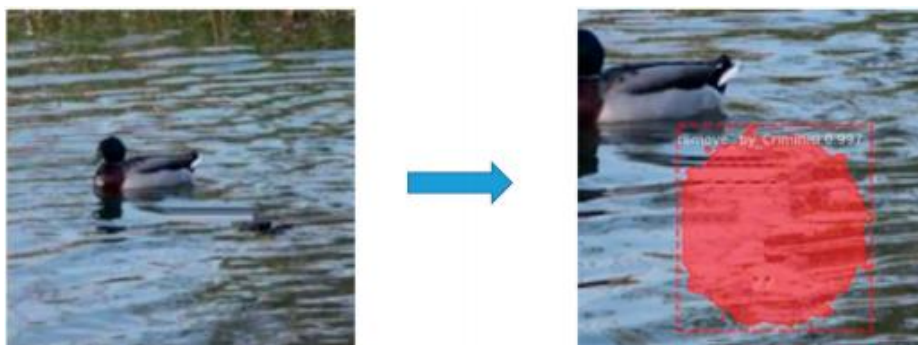


Рисунок 16 – Результат обнаружения ретуширования

Анализируя приведённые примеры, можно сделать вывод о том, что метод, предложенный автором, справляется с обнаружением перерисовки изображений на основе патчей и результат обнаружения фактически повторил форму изменённой области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, хочется повторно отметить актуальность проблемы и важность создания и разработки методов обнаружения следов реконструкции изображения, мне самому приходилось часто сталкиваться в интернете с поддельными изображениями, это путает и вводит в замешательство.

В ходе работы мною были найдены различные источники с помощью поисковых систем Google и Google Scholar. Было получено представление о выбранной теме, о существующих методах решения поставленных задач.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 David Josué Barrientos Rojas. A Review on Image Inpainting Techniques and Datasets [Электронный ресурс] / David Josué Barrientos Rojas, Bruno José Torres Fernandes, Sergio Murilo Maciel Fernandes. – Porto de Galinhas : 33rd SIBGRAPI Conference, 2020. – 8 p. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9265979> (дата обращения 7.07.21).

2 Н. Li. Localization of Diffusion-Based Inpainting in Digital Images [Электронный ресурс] / На. Li, W. Luo, J. Huang : IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 2017. – Vol. 12. – P. 3050-3064. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7987733/authors#authors> (дата обращения 7.07.21).

3 X. Wang. An Intelligent Forensics Approach for Detecting Patch-Based Image Inpainting [Электронный ресурс] / X. Wang, H. Wang, Shaozhang Niu. – Nanjing : Beijing University of Posts and Telecommunications, 2020. – 10 p. – URL: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2020/8892989/> (дата обращения 7.07.21).

4 Y. He. Color Image Inpainting By an Improved Criminisi Algorithm [Электронный ресурс] / Y. He, X. Tang. – Guangzhou : 4th Annual International Conference ITA, 2017. – 6 p. – URL: https://www.itm-conferences.org/articles/itmconf/abs/2017/04/itmconf_ita2017_05023/itmconf_ita2017_05023.html (дата обращения 9.07.21).

5 Что такое свёрточная нейронная сеть [Электронный ресурс] // Хабр. 2016. – URL: <https://habr.com/ru/post/309508/> (дата обращения 10.07.21).

6 Mask R-CNN [Электронный ресурс] / К. He [и др.]. – Venice : IEEE International ICV, 2017. – URL: https://openaccess.thecvf.com/content_iccv_2017/html/He_Mask_R-CNN_ICCV_2017_paper.html (дата обращения 10.07.21).

7 Faster R-CNN: towards real-time object detection with region proposal networks [Электронный ресурс] / S. Ren [и др.]. – Toronto : IEEE PAMI, 2016. –

Vol. 39. – 6 p. –URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7485869> (дата обращения 10.07.21).

8 SoftNMS—improving object detection with one line of code [Электронный ресурс] / N. Bodla [и др.]. – Venice : IEEE CVPR, 2017. – P. 5561-5569. – URL: https://openaccess.thecvf.com/content_iccv_2017/html/Bodla_Soft-NMS_-_Improving_ICCV_2017_paper.html (дата обращения 11.07.21).

9 Feature Pyramid Networks for Object Detection [Электронный ресурс]: Tsung-Yi Lin [и др.]. – Honolulu : IEEE CVPR, 2017. – P. 2117-2125. – URL: https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/html/Lin_Feature_Pyramid_Networks_CVPR_2017_paper.html (дата обращения 11.07.21).

10 J. Long. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation [Электронный ресурс] / J. Long, E. Shelhamer, T Darrel. – Boston : IEEE CVPR, 2015. – P. 3431-3440. – URL: https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2015/html/Long_Fully_Convolutional_Networks_2015_CVPR_paper.html (дата обращения 13.07.21).