Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий

Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г. М. Цибульский

«» 2018г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Разработка информационной системы анализа плотностных характеристик годичных колец хвойных деревьев

09.04.02 «Информационные системы и технологии»

09.04.02.01 «Информационно-управляющие системы»

Руководитель_____ доцент каф. ИС, канд. пед. наук П.П. Дьячук
подпись, дата

Выпускник _____ Д. А. Мосин
подпись, дата

Рецензент _____ доцент каф. ИС, канд. пед. наук С. А. Виденин
подпись, дата

Красноярск 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
Глава 1. Анализ предметной области по теме «Разработка информационной системы анализа плотностных характеристик годичных колец хвойных деревьев» 6
1.1. Компьютерные методы анализа графических изображений 6
1.2. Актуальность измерения плотностных характеристик деревьев хвойных пород 8
1.3. Выявление проблем и актуальности 14
1.4. Анализ публикаций по теме «Разработка информационной системы анализа плотностных характеристик годичных колец хвойных деревьев» 17
1.5. Обзор существующих программных комплексов для определения параметров плотности годичных колец 27
Глава 2.Методы обработки графических изображений 31
2.1. Бинаризация изображения 31
2.2. Нахождение контуров и операции с ними 36
2.3. Метод Оцу 40
2.4. Метод скользящего среднего 48
Глава 3.Апробация программного продукта и сравнительный анализ полученных результатов с контрольными 51
3.1. Поиск экспериментальных данных 51
3.2. Обзор программного продукта 56
3.3. Эксперементальные данные 60
Заключение 65
Список использованных источников 67
Приложение А Слайды презентации 73

ВВЕДЕНИЕ

При проведении анализа обработки изображений в различных технических системах (например, системах мониторинга Земли, распознавания летательных аппаратов, медицинской диагностики, оценки качества продукции), наиболее значимо то, какие математических модели применяются для обработки получаемых данных. По мере усложнения математических моделей необходимо стремиться к повышению вычислительной мощности технических средств.

В связи с этим необходимо обеспечивать построение эффективных методов обработки, и передачи больших объемов информации, связанных с изображениями различной природы.

При анализе задач, необходимо определить адекватную модель наблюдения. Практика показывает, что в настоящее время не существует универсального способа решения задач для достаточно широкого диапазона характеристик. Поэтому исследователям приходится находить новые модели или исследовать эффективность применения существующих.

Изображения могут подвергаться воздействию различных помех. Применяются соответствующие методы обработки. Отметим некоторые из них.

1. Необходимо иметь довольно большой объем начальной информации.

2. Выделение отдельных областей на изображении и их обработка. Одним из примеров, по-видимому, может служить подбор контраста изображения.

3. Возможно сглаживание по наиболее неоднородной окрестности центральной точки.

4. Существует возможность аппроксимации характеристик изображения. При этом целое изображение разбивается на отдельные части, в каждой из которых проводится аппроксимация полиномом, например, на основе метода наименьших квадратов.

5. Возможно применение комбинированных методов обработки изображений.

Компьютерное зрение также применяется в дендрологии: при подсчете количества годичных колец, вычисления их радиальных длин и подсчета количества клеток в годичном кольце. С развитием информационных технологий появилась возможность получать и обрабатывать фотографии клеточных структур годичных колец и соответственно вычислять различные параметры клеток таких как, размер, площадь, периметр, радиальные и тангенциальные размеры люминов, размеры стенок клеток. В связи с этим, измерение плотностных характеристик годичных колец деревьев можно проводить не только с помощью традиционных методов, таких как рентгенографический, но ипри помощи технологий компьютерного зрения.

Физические факторы среды произрастания древесных растений оказывают влияние на рост и формирование годичных колец деревьев, существенно изменяя их строение. Связь структуры годичных колец с факторами окружающей среды легла в основу дендрохронологии – научной дисциплины, которая изучает информационное содержание, заключённое в структуре годичных колец. По мере своего развития дендрохронология стала родоначальницей целого спектра направлений исследования экологических проблем и проблем окружающей среды, объединённых под общим названием «дендроэкология» [1]. Название конкретного направления исследований отражает физический фактор внешней среды, хронология и степень воздействия которого фиксируется структурой годичного кольца (дендроклиматология, дендрогидрология, дендрохимия и т.п.). Все внешние факторы можно разделить на две группы. В первую группу можно включить те факторы, которые непосредственно влияют на ксилему годичных колец. Как правило, они связаны с катастрофическими событиями разного масштаба, происходящими вокруг дерева [4].

Актуальность темы «Разработка информационной системы анализа плотностных характеристик годичных колец хвойных деревьев» заключается в

том, разработан программный продукт, позволяющий измерять плотностные характеристики деревьев хвойных пород на основе пиксельного анализа фотоснимков что позволит сократить временные рамки получения результатов, сократить материальные затраты, увеличить скорость выполнения обработки данных.

Объект исследования – технологии обработки, улучшения фото снимков и анализ сцен, содержащих детали, подлежащие распознаванию.

Предмет исследования – анализ плотностных характеристик годичных колец хвойных деревьев на основе технологийобработки, улучшения фото снимков и анализ сцен, содержащих детали, подлежащие распознаванию.

Цельюмагистерской диссертации является выявления проблем анализа снимков клеточной структуры годичных колец хвойных деревьев и разработка информационной системы для определения плотностных характеристик.

Научная новизна заключается в том, что впервые алгоритмы и методы пиксельного анализа применяются в вычислении плотностных характеристик деревьев хвойных пород.

Практическая значимость заключается в том, что разработанный программный продукт является альтернативным рентгенографическому методу.

В рамках проекта решаются следующие задачи:

- анализ предметной области по теме магистерской диссертации;
- анализ методов распознавания изображений;
- разработка программного продукта;
- апробация программного продукта на предоставленных фотоснимках.

Глава 1. Анализ предметной области по теме «Разработка информационной системы анализа плотностных характеристик годичных колец хвойных деревьев»

1.1 Компьютерные методы анализа графических изображений

Любое изображение можно определить как двумерную функцию f(x, y), где x и y — координаты в пространстве (конкретно на плоскости) и значение f в любой точке, задаваемой парой координат (x, y), называется интенсивностью или уровнем серого изображения в этой точке. Если переменные x, y и f принимают итоговое число дискретных значений, то говорят о цифровом изображении. Под цифровой обработкой изображений понимается обработка цифровых изображений при помощи цифровых вычислительных машин (компьютеров). Цифровое изображение состоит из конечного числа элементов, которые располагаются в конкретных местах и принимают определенные значения. Данные элементы называются пикселями. Чаще всего для элементов цифрового изображения используется термин «пиксель».

Зрение наиболее совершенный из наших органов чувств и зрительные образы играют важнейшую роль в человеческом восприятии. Тем не менее, человек способен воспринимать электромагнитное излучение лишь в одном диапазоне, машинная обработка изображения охватывает весь электромагнитный спектр от гамма излучений до радиоволн. Обрабатываемые изображения могут порождаться такими источниками, которые для человека непривычно связывать с наблюдаемыми изображениями. Таковы, например, ультразвуковые изображения, изображения, получаемые в электронной микроскопии или генерируемые компьютером. Таким образом, цифровая обработка изображений охватывает широкие и разнообразные области применения.

Как таковой общепринятой точки зрения, где заканчивается обработка изображений и начинаются другие смежные области, например, анализ

изображений и машинное зрение. В некоторых случаях разграничение делается по принципу, что обработка изображений определяется как дисциплина, в которой на входе и на выходе процесса присутствуют изображения. Такое вычленение является ограниченным и отчасти искусственным. Например, в рамках этого определения даже такая тривиальная задача, как определение средней интенсивности по полю изображения (при решении которой ищется единственное число), не может рассматриваться как операция обработки изображения. С другой стороны, существуют такие области, как машинное зрение, где конечной целью является компьютерная имитация человеческого зрения, включая обучение, способность к умозаключениям и действиям на основе наблюдаемой информации. Эта область образует лишь одно из направлений искусственного интеллекта, целью которого является имитация интеллектуальной деятельности человека. Область, связанная с анализом изображений (иначе называемая «понимание» или «интерпретация» изображений), находится в промежуточном положение между обработкой изображений и машинным зрением.

В диапазоне от обработки изображений до машинного зрения нет четких границ, но можно различать в нем компьютеризованные процессы низкого, среднего и высокого уровня. Процессы низкого уровня касаются только простых операций, как пример, предобработки с целью уменьшения шума, повышения контраста или улучшения резкости изображений. Для низкоуровневых процессов характерно, что на входе и на выходе есть изображения. Обработка изображений на среднем уровне охватывает такие задачи, как сегментация (разделение изображения на области или выделение на нем объектов), описание объектов и сжатие их в удобную для компьютерной обработки форму, а также классификация (распознавание) отдельных объектов. Для процессов среднего уровня характерно наличие изображений только на входе, на выход же поступают признаки и атрибуты, извлекаемые из этих изображений (например, границы областей, линии контуров, отличительные признаки конкретных объектов). Наконец, высокоуровневая обработка

включает в себя «осмысление» набора распознанных объектов, как это делается в анализе изображений, и в пределе осуществление познавательных функций, которые принято связывать со зрением.

Естественным этапом перехода от обработки изображений к их анализу выступает распознавание отдельных областей или объектов на изображении. Таким образом, то, что называется «цифровой обработкой изображений», включает процессы с изображениями на входе и на выходе, а также процессы извлечения признаков из изображений, вплоть до (или включая) распознавания индивидуальных объектов.

1.2Актуальность измерения плотностных характеристик деревьев хвойных пород

На начальном этапе следует ознакомиться с основными понятиями по выбранной теме.

Предметная область — часть реального мира, рассматриваемая в пределах определенного контекста. Под контекстом здесь может пониматься, например, область исследования или объект некоторойдеятельности.

Дендрология — раздел ботаники, изучающий древесные растения — их внешнее и внутреннее строение, таксономическое положение, внутривидовую систематику и филогенез, физиологию, экологию (в т. ч. взаимоотношения между собой и с др. организмами), географич. распространение и хоз. значение.

Плотность — скалярная физическая величина, определяемая как отношение массы тела к занимаемому этим телом объёму.

Годичные кольца — области цикличного прироста тканей у деревьев, обусловленных неравномерностью развития организма в период воздействия внешних факторов, обычно в результате перепада температур, состоят из трахеид[1].

Трахеиды —мёртвые клетки длиной в несколько миллиметров, шириной в десятые и сотые доли миллиметра, с утолщёнными одревесневшими

оболочками, несущими поры, через которые происходит фильтрация и передача растворов внутри дерева [5].

Исходя из изменений структуры годичного кольца под воздействием различных факторов внешней среды можно определять изменения климата и условий среды на продолжительных временных промежутках. Использование годичных колец в качестве косвенных индикаторов эффективно по многим причинам. По причине чувствительности к внешним факторам, они имеют реакции на изменение климатических параметров среды. Как отметили авторы монографии (Ваганов, Шашкин, 2000), «… годичные кольца, с одной стороны, являются интеграторами влияния внешних условий, с другой - их характеристики регистрируют изменение скорости роста под воздействием этих изменяющихся условий, т.е. годичные кольца не только интегрируют результат процесса, но и регистрируют сам процесс». Также присутствует реконструкции события с точностью до года при использовании ширины годичного кольца, а при использовании структуры годичных колец появляется возможность реконструкции в пределах вегетационного периода. Важно отметить относительную легкость получения рабочего материала и возможность взять достаточное количество образцов для получения статистически достоверных измерений.

На рисунке 1 показаны гистометрические параметры годичных колец хвойных деревьев, используемые в задачах дендроэкологии. Наиболее легко измеряемый и обладающий высокой чувствительностью параметром годичных колец является ширина годичного кольца (TRW). Ширина годичного кольца прямо пропорциональна количеству клеток в годичном кольце (Ваганов, Шашкин, 2000) и отражает интегральное воздействие факторов внешней среды на дерево в течение вегетационного сезона.

На данный момент имеется очень большое количество работ по связи TRW с факторами внешней среды, т.к. дендрохронология использует этот параметр с конца позапрошлого–начала прошлого веков. Фактически любое внешнее воздействие на древесное растение приводит к изменению ширины

годичного кольца. Это могут быть температурный и гидрологический режимы места произрастания деревьев, индустриальные выбросы и лесохозяйственные мероприятия, сход снежных лавин и камнепады, вспышки массового размножения насекомых и пожары, извержение вулканов и падение метеоритов, ультрафиолетовое и проникающее ионизирующее излучение, радиоактивное и химическое загрязнение местности и т.п. (Ваганов, 1996; Шиятов, 1986; Fritts, 1976; Cook, 1990; Schweingruber, 1988, 1996). При ухудшении условий произрастания снижается частота деления боковой меристемы, это приводит к уменьшению ширины годичного кольца. В периоды сильной депрессии роста, годичное кольцо может быть представлено всего одной клеткой или отсутствовать вовсе на данном радиусе ствола дерева. Наличие общего фактора или факторов, которые воздействуют на деревья, произрастающие на одном участке, вызывает синхронное изменение у них TRW, что позволяет получать осреднённые для данного участка хронологии ширины годичного кольца с малым содержанием шумов и максимальным выделением полезного сигнала.

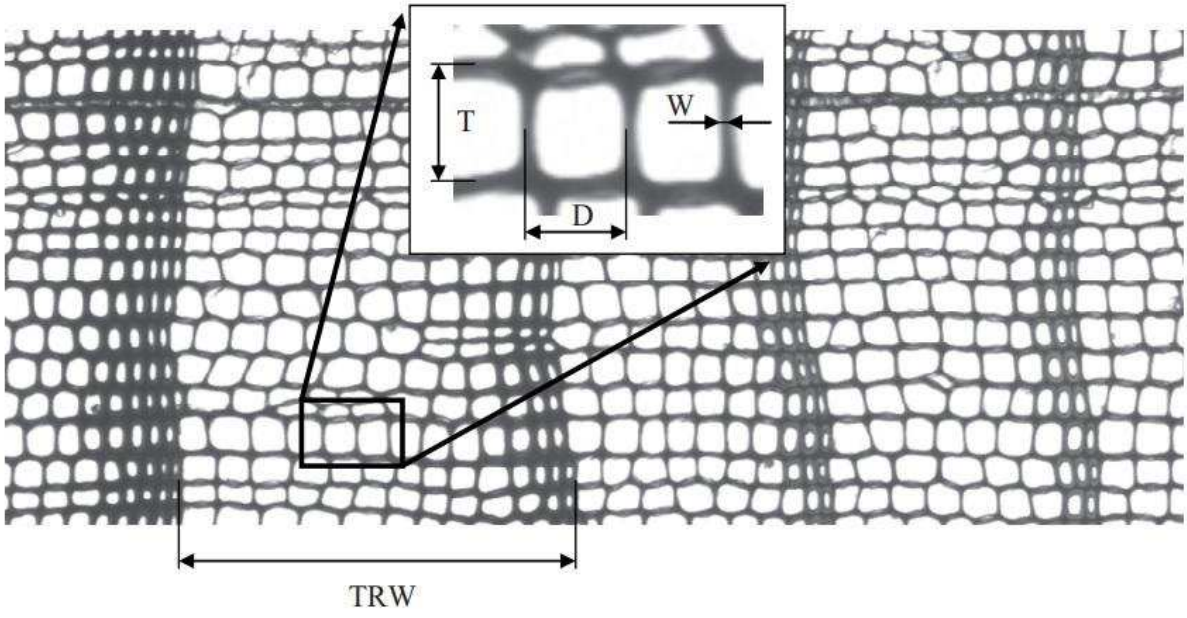


Рисунок 1 - Участок образца сосны

- TRW – ширина годичного кольца;
- D и T – радиальный и тангентальный размеры клетки;
- W – толщина двойной клеточной стенки.

В отличие от TRW, радиальный размер трахеид и толщина их клеточных стенок (рисунок 1) дают возможность регистрировать воздействие внешних факторов в течение вегетационного периода. В качестве примера рассмотрим так называемые ложные кольца, образуемые мелкими толстостенными клетками в начале зоны поздней древесины и более крупными, образованными позднее. Этот эффект получается в условиях недостаточной влажности и чётко обозначенного сезона дождей (Ваганов, Шашкин,2000). Влияние водного стресса на динамику сезонного роста годичных колец ели европейской исследовал К. Вильперт (Wilpert, 1990, 1991). В исследовании было показано, что уменьшение радиальных размеров трахеид обусловлено внутрисезонной засухой. Связь радиальных размеров трахеид с логарифмом водного потенциала нелинейная. С уменьшением логарифма водного потенциала размер клеток монотонно убывает, а потом резко снижается. Нехватка влажности сказывается на распределении радиальных размеров клеток в годичных кольцах деревьев (Ваганов и др., 1985; Высоцкая и др., 1985; Vysotskaya, Vaganov, 1989). Кривая распределения размеров клеток для сосны из проточных условий близка к нормальному распределению со слабой левосторонней асимметрией, тем временем как для умеренно увлажнённых мест появляется хорошо выраженная двухвершинность распределения, ещё более контрастная для сухого местообитания.

При резком похолодании в конце вегетационного периода проявляется образование клеток с тонкими клеточными стенками у деревьев, растущих в высоких широтах или на верхнем горном пределе (Schweingruber, 1993). Так называемые «светлые кольца», т.к. они хорошо визуально идентифицируются за счёт неразвитых клеток поздней древесины, в следствии чего такое кольцо выглядит более светлым по сравнению с остальными.

Зависимость клеточных размеров от климатических параметров среды обитания подробно изложена в работах (Ваганов и др., 1985; Ваганов, 1996), заложивших основы использования трахеидограмм в задачах дендроклиматологии и дендроэкологии. Чувствительность параметров клеточной структуры к изменению физических факторов окружающей среды легла в основу имитационной модели роста дерева (Ваганов, 1996; Ваганов и др., 1990, 1992), рассчитывающей основные структурные параметры годичных колец по изменениям интенсивности солнечной радиации, температуры воздуха и влагообеспечения. В следствие этого появилась возможность проводить численное моделирование реакции деревьев на изменение параметров окружающей среды.

Помимо гистометрических параметров годичных колец, с середины прошлого века стали прорабатываться новые физические методы и аппаратные комплексы для исследования влияния внешних факторов на рост деревьев. В особенности широкое применение на практике получил рентгенографический метод, за основу которого взята денситометрия с использованием негативных изображений образцов древесины, полученных в рентгеновском диапазоне длин волн, на рентгеновских плёнках (Polge, 1966; Schweingruber, 1988). Результат использования методов рентгеновской денситометрии показал, что изменение плотности древесины внутри годичных колец часто является лучшим индикатором условий среды, чем ширина годичного кольца (Polge, 1969, 1978; Schweingruber, et al, 1979; Schweingruber, 1980; Rothlisberger, 1980). Также следует отметить способ измерения плотности древесины через ослабление потока электронов (Phillips, 1960; Phillips et al, 1962), метод профилометрии древесного образца для оценки размеров элементов (Marian, Stumbo, 1960) и т.д. (Ваганов, Терсков, 1977; Fritts, 1976; Schweingruber, et al, 1979).

Наиболее близок к рентгенографическому методу исследования годичных колец считается микрофотометрический метод измерения оптической плотности древесных срезов в проходящем свете (Green, Worrell, 1964; Elliot,

Brook, 1967) и разработанный в Красноярске микрофотометрический метод анализа структуры годичных колец в отражённом свете (Спиров, Терсков, 1973; Ваганов, Терсков, 1977). Эти методы дают возможность получать профили яркости световых потоков годичных колец, проходящих через образец или отражённых от его поверхности (рефлектограмм). Обратная величина интенсивности этих колец имеет большое сходство с профилем плотности годичных колец, полученных с помощью рентгеновской денситометрии (Ваганов, Терсков, 1977).

Проведённые исследования показали, что возможно применение рефлектограмм годичных колец хвойных в исследовании строения и свойств древесины, анализе сезонного роста дерева, исследовании влияния на сезонный рост дерева погодных условий, насекомых-фитофагов и других факторов (Ваганов и др., 1972; Ваганов, Терсков, 1977; Терсков и др., 1972). Наиболее широкому применению данных методов препятствовали трудности, связанные с подготовкой образцов. Из которых можно указать на невозможность приготовления длинных микротомных препаратов, прерывистость окраски лучей и других клеточных элементов в годичном кольце, отличие отражательной способности в различных участках древесины в разных частях дерева (например, в заболони и в ядре).

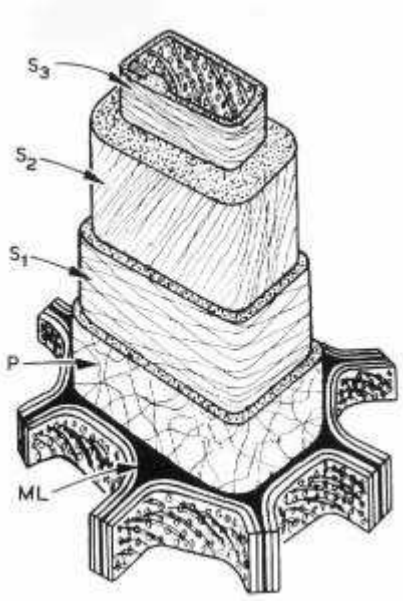


Рисунок 2 — Основные параметры трахеида

На рисунке 2изображена структура стенки трахеиды в разрезе. Первичная стенка (P) и три внутренних слоя (S1, S2, S3) вторичной стенки (S) состоят из микрофибрилл целлюлозы, направленных по спирали в различные стороны.Микрофибриллы, вторичные слои, а также первичные и вторичные стенки удерживает вместе гемицеллюлоз (с некоторым количеством лигнина). Лигнин связывает вместе трахеиды(с некоторым количеством гемицеллюлозы) в межклеточной пластинке (МП). Люмен называется полость внутри трахеиды, где собирается сок.Микрофибриллы целлюлозы водостойкие, тогда как гемицеллюлоза и лигнин чувствительны к воздействию воды[2,3].

Для расчета параметра плотности годичного кольца дерево, необходимо как можно точно проводить измерение клеточных структур, для этого необходимо получать четкие и контрастные изображения годичных колец. Оптимальным вариантом считается бинарное изображение, где люмен отображен абсолютно белым, а клеточная стенка в свою очередь была бы абсолютно черной [28].

1.3 Выявление проблемы и актуальности

Для того что бы выявить проблему мы должны ознакомится с данным понятием.

Проблемав широком смысле — сложный теоретический или практический вопрос, требующий изучения, разрешения [7];

Проблема в науке— противоречивая ситуация, выступающая в виде противоположных позиций в объяснении каких-либо явлений, объектов, процессов и требующая адекватной теории для её разрешения;

Проблема – объективновозникающийвходеразвитияпознаниявопрос илицелостный

комплексвопросов,решениекоторыхпредставляетсущественныйпрактическийил итеоретический интерес [9].

Для выявления проблем построим дерево проблем.

Термин «дерево» в данном контексте предполагает использование иерархической структуры, полученной путем разделения общей проблематики на основной тип проблематики (ствол), прочие присутствующие типы (ветви), подтипы (ответвления) и собственно проблемы (листы).

Метод «дерева проблем» ориентирован на получение относительно устойчивой структуры проблематики. Для достижения этого при построении первоначального варианта структуры учитываются закономерности и используются принципы формирования иерархической структуры.Основными достоинствами «дерева проблем» представления значительного объема информации о проблематики в компактной форме, а также позволяет увидеть соотношение и взаимодействие различных типов проблематики [10].

Дерево проблем по данной тематике представлено на рисунке 3.

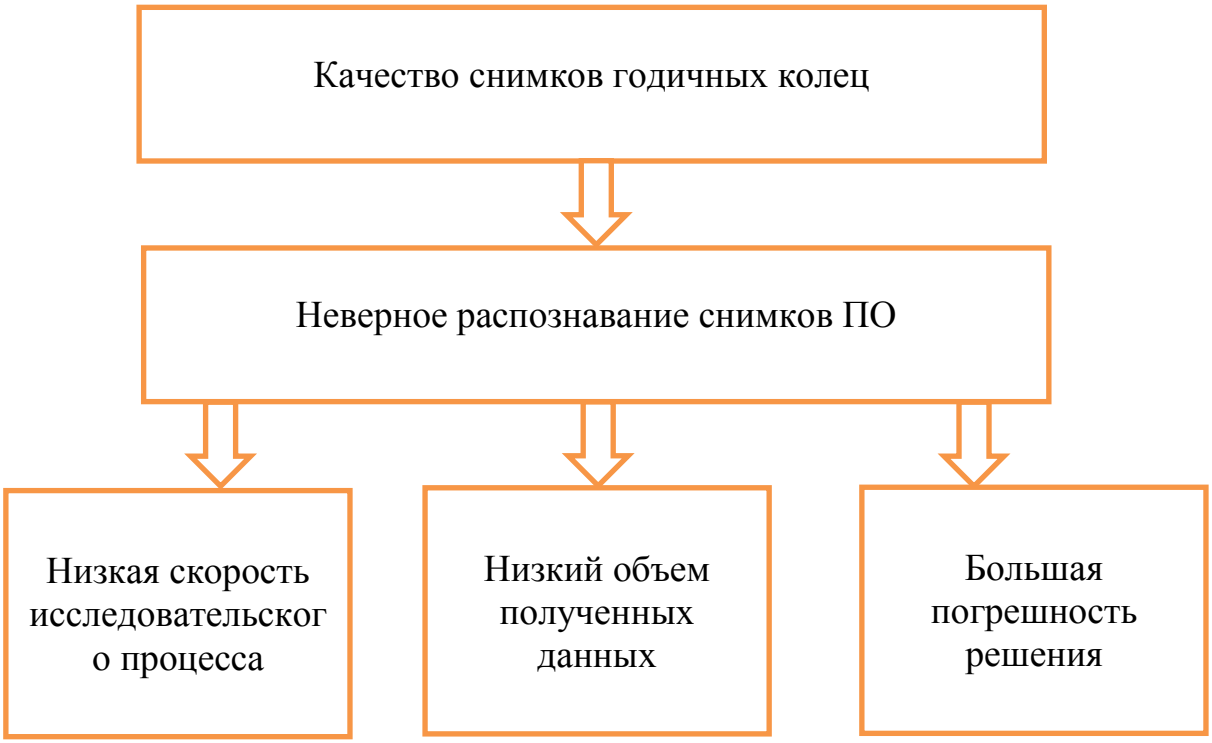


Рисунок 3 — Дерево проблем для темы распознавания параметров плотности годичных колец

Главной проблемой распознавания заключается в том, что имеющиеся аппаратные комплексы не могут с требующейся точностью распознавать структурные параметры годичных колец, что ставит под вопрос обоснованность любых выводов, полученных в ходе исследования.

Для выявления целей автоматической системы управления тепличным комплексом построим дерево целей [11].

Дерево целей— это структурированная, построенная по иерархическому принципу (распределенная по уровням, ранжированная) совокупность целей экономической системы, программы, плана, в которой выделены генеральная цель («вершина дерева»); подчиненные ей подцели первого, второго и последующего уровней («ветви дерева»). Название «дерево целей» связано с тем, что схематически представленная совокупность распределенных по уровням целей напоминает по виду перевернутое дерево [12].

На рисунке 4 представлено дерево целей.

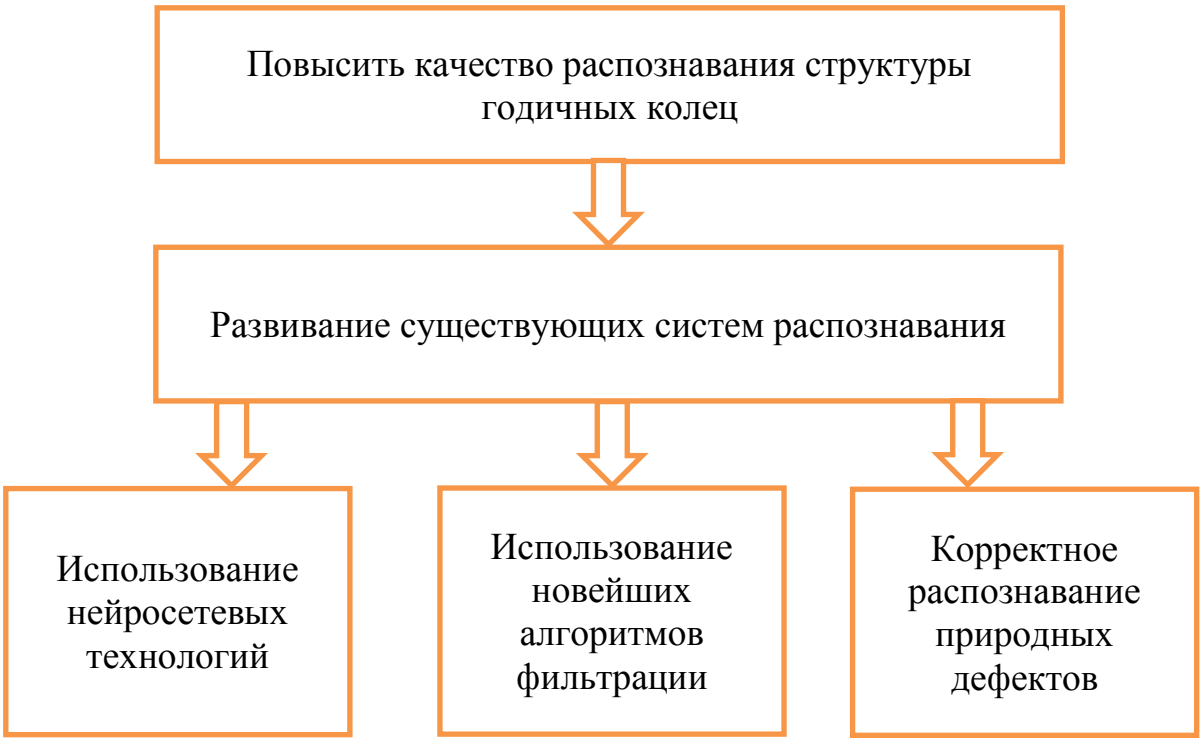


Рисунок 4 — Дерево целей для улучшения качества анализа годичных колец

Из выявленных проблем мы можем сформировать актуальность данной тематики, но для начала также изучим понятие актуальность.

Актуальность, важность, значительность чего-либо для настоящего момента [13].

Актуальность исследования– это степень его важности на данный момент и в данной ситуации для решения определенной проблемы, задачи или вопроса.

Актуальность проблемы исследования- это востребованность изучения и решения данной проблемы в обществе [14].

Актуальность темы - степень ее важности, значимости в настоящий момент и в данной ситуации для решения конкретной проблемы [14].

Актуальность выбранной темы состоит в том, что современные программные комплексы допускают большую погрешность, а также имеют низкую скорость работы и формируют малый объем получаемых данных, следовательно, если решить данные проблемы, то это приведет к значительному скачку в исследованиях, связанных с дендрологией.

1.4. Анализ публикаций по теме «Разработка информационной системы анализа плотностных характеристик годичных колец деревьев»

Для поиска информации воспользуемся электронным ресурсомELIBRARY.RU.

Потемемагистерской диссертации можно выделить две под темы «Плотностные характеристики годичных колец хвойных деревьев»и «Распознавание изображения, компьютерное зрение»

Потеме «Плотностные характеристики годичных колец хвойных деревьев» выделены ключевымслова и по ним

былпроизведенпоискинформации на сайте eLIBRARY.RU. Примерпоискапредставленнарисунке Выделенысследующиеключевыеслова, фразы:

- плотностные характеристики;
- годичные кольца.

Поэтимключевымсловам,на сайте eLIBRARY.RU,былпроизведенпоискинформации. Примерпоискапредставленнарисунке 5.

ВСЕГО НАЙДЕНО ПУБЛИКАЦИЙ: 132 из 25641208

№	Публикация	Цит.
1	**ОСОБЕННОСТИ F-РАДИОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДЕРЕВЬЕВ** *Замятина Ю.Л., Архангельская Т.А.* Естественные и технические науки. 2010. № 6 (50). С. 382-383.	0
2	**АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УДАЛЁННОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДЕРЕВЬЕВ** *Попов В.Н.* диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Томск, 2006	0
3	**ИЗУЧЕНИЕ ИСТОРИИ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА ОСНОВЕ F-РАДИОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДЕРЕВЬЕВ** *Замятина Ю.Л.* автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Томский политехнический университет. Томск, 2008	3
4	**МЕТОДЫ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ХВОЙНЫХ** *Силкин П.П.* Красноярск, 2010.	2
5	**МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ В ДЕНДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ** *Силкин П.П.* диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Институт биофизики Сибирского отделения РАН. Красноярск, 2009	2
6	**АНАЛИЗ ЦИКЛИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ШИРИНЫ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО** *Акимов П.В.* В сборнике: Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса межвузовский сборник научных трудов. под редакцией В. С. Петровского; Министерство образования Российской Федерации, Воронежская государственная лесотехническая академия. Воронеж, 2003. С. 41-44.	0
7	**МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ В ДЕНДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ** *Силкин П.П.*	5

Рисунок 5 — Результат поиска по ключевым словам

По данному запросу было найдено 132 публикации за все время.

А теперь рассмотрим научные публикации по данной теме за последние 5 лет (рисунок 6).

ВСЕГО НАЙДЕНО ПУБЛИКАЦИЙ: 56 из 25641208

№	Публикация	Цит.
1	**КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ МЕСТА ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ВЕЙМУТОВОЙ ПО ДАННЫМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ** *Румянцев Д.Е., Черакшев А.В.* Международный журнал экспериментального образования. 2017. № 3-2. С. 176-177.	0
2	**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРИРОСТ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «ДОЛИНА РЕКИ СЕТУНЬ»** *Жуков Р.С.* Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2014. № 5. С. 58-65.	2
3	**ДИНАМИКА ГОДИЧНОГО РАДИАЛЬНОГО РОСТА СТАРОВОЗРАСТНЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ (ПОС. УМБА)** *Гончарова О.А., Кузьмин А.В., Полоскова Е.Ю.* Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 2. С. 118-122.	0
4	**ВЛИЯНИЕ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРОИЗРАСТАНИЕ ИВЫ НА ЯМАЛЕ** *Николаев А.Н., Самсонова В.В.* Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2012. № 12. С. 195-203.	0
5	**ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА АНАТОМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ЛИСТВЕННИЦЫ ГМЕЛИНА НА СЕВЕРЕ СРЕДНЕЙ СИБИРИ** *Брюханова М.В., Кирдянов А.В., Свидерская И.В., Почебыт Н.П.* Лесоведение. 2014. № 4. С. 36-40.	1
6	**ИЗУЧЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ КАСМАЛИНСКОГО И БАРНАУЛЬСКОГО ЛЕНТОЧНЫХ БОРОВ МЕТОДОМ ПУНКТИРНОЙ ТРАНСЕКТЫ** *Рыгалова Н.В.* Известия Алтайского государственного университета. 2014. № 3-1 (83). С. 78-83.	0

Рисунок 6 — Результат поиска, по ключевым словам, за последние 5 лет

По данному запросу было найдено 55 публикаций за последние пять лет. Примерно половина публикаций по данной теме были сделаны за последние 5 лет.

С помощью ресурса eLIBRARY.RU была найдена монография П.П. Силкина «Методы многопараметрического анализа структуры годичных колец», которая выбрана за основу на начальном этапе изучения данной темы.

В данной монографии описано создание и использование методов многопараметрического анализа структуры годичных колец. С начала прошлого века основным измеряемым параметром годичных колец деревьев является ширина годичного кольца. С развитием техники появилась возможность проводить измерение параметров структуры годичных колец [15]. В основном это относится к измерению геометрических размеров структурных элементов клеток годичных колец (гистометрические измерения) и

рентгенографическое измерение плотности древесины годичных колец (денситометрические измерения).

Потеме«Распознавание изображения, компьютерное зрение»выделенысследующиеключевыеслова, фразы:

- распознавание изображения;
- компьютерное зрение.

Поэтимключевымсловам,на сайте eLIBRARY.RU,былпроизведенпоискинформации. Примерпоискапредставленнарисунке 7.

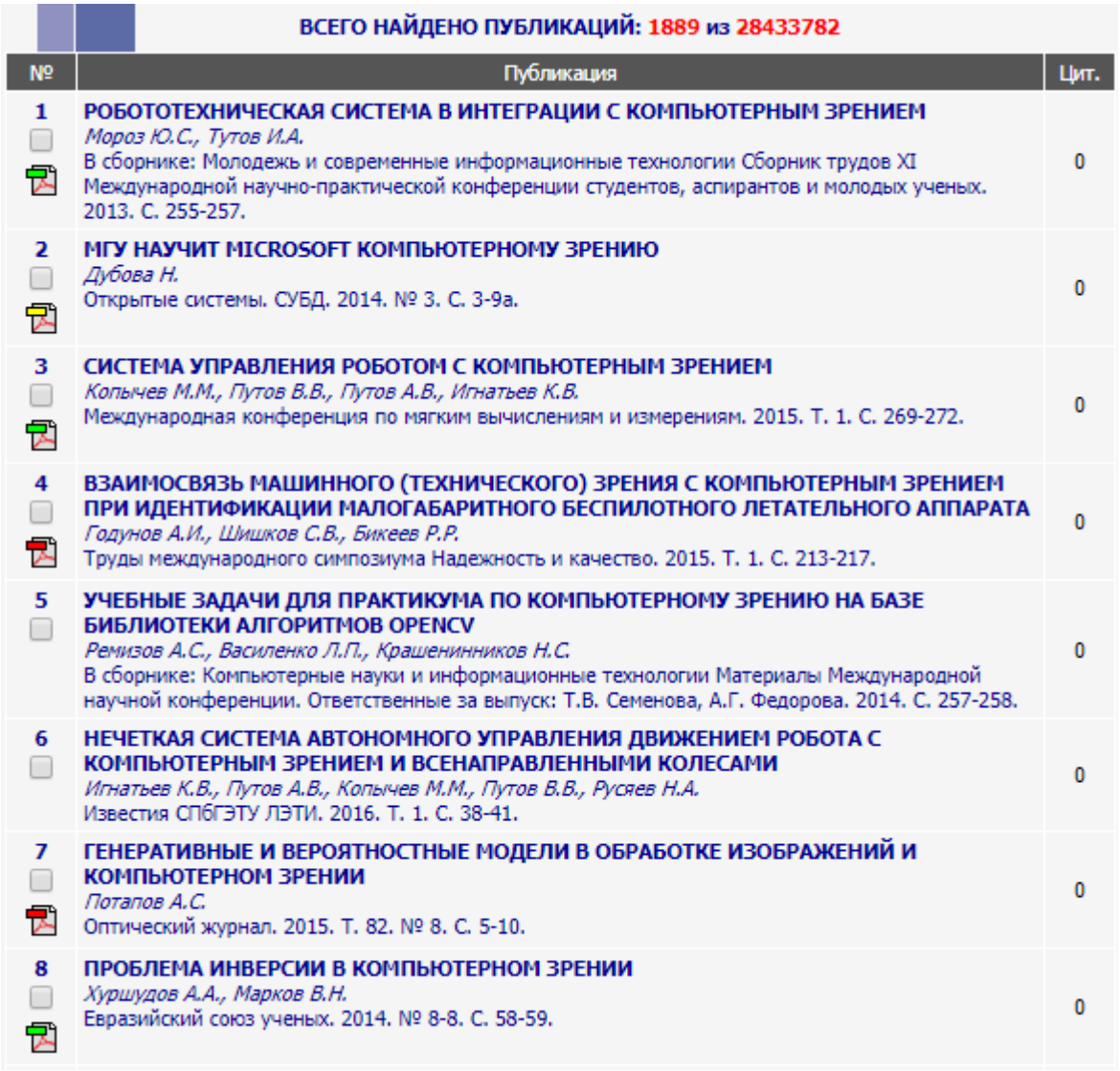
ВСЕГО НАЙДЕНО ПУБЛИКАЦИЙ: 2637 из 28433782

№	Публикация	Цит.
1	**РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СБОРОЧНЫЕ СТЕНДЫ С ТЕХНИЧЕСКИМ ЗРЕНИЕМ И КОМПЬЮТЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ** *Панов С.С., Мазеин П.Г., Смирнов В.А., Петрова Л.Н.* Сборка в машиностроении, приборостроении. 2010. № 12. С. 23-28.	1
2	**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СИГНАЛЬНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ "МУЛЬТИКОР"** *Петричкович Я.Я., Солохин А.А.* Вопросы радиоэлектроники. 2006. Т. 4. № 2. С. 3-16.	0
3	**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВНЕШНИХ УСЛОВИЯХ** *Петричкович Я.Я., Солохин А.А., Ахриев А.А.* Вопросы радиоэлектроники. 2006. Т. 4. № 2. С. 29-39.	1
4	**РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА В ИНТЕГРАЦИИ С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ** *Мороз Ю.С., Тутов И.А.* В сборнике: Молодежь и современные информационные технологии Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2013. С. 255-257.	0
5	**МГУ НАУЧИТ MICROSOFT КОМПЬЮТЕРНОМУ ЗРЕНИЮ** *Дубова Н.* Открытые системы. СУБД. 2014. № 3. С. 3-9а.	0
6	**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ** *Копычев М.М., Путов В.В., Путов А.В., Игнатьев К.В.* Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2015. Т. 1. С. 269-272.	0
7	**ВЗАИМОСВЯЗЬ МАШИННОГО (ТЕХНИЧЕСКОГО) ЗРЕНИЯ С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАЛОГАБАРИТНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА** *Годунов А.И., Шишков С.В., Бикеев Р.Р.* Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2015. Т. 1. С. 213-217.	0
8	**УЧЕБНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРАКТИКУМА ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ ЗРЕНИЮ НА БАЗЕ БИБЛИОТЕКИ АЛГОРИТМОВ OPENCV** *Ремизов А.С., Василенко Л.П., Крашенинников Н.С.* В сборнике: Компьютерные науки и информационные технологии Материалы Международной научной конференции. Ответственные за выпуск: Т.В. Семенова, А.Г. Федорова. 2014. С. 257-258.	0

Рисунок 7 — Результат поиска по ключевым словам

По данному запросу было найдено 2637 публикации за все время.

А теперь рассмотрим научные публикации по данной теме за последние 5 лет (рисунок 8).



ВСЕГО НАЙДЕНО ПУБЛИКАЦИЙ: 1889 из 28433782

№	Публикация	Цит.
1	**РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА В ИНТЕГРАЦИИ С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ** *Мороз Ю.С., Тутов И.А.* В сборнике: Молодежь и современные информационные технологии Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2013. С. 255-257.	0
2	**МГУ НАУЧИТ MICROSOFT КОМПЬЮТЕРНОМУ ЗРЕНИЮ** *Дубова Н.* Открытые системы. СУБД. 2014. № 3. С. 3-9а.	0
3	**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ** *Копычев М.М., Путов В.В., Путов А.В., Игнатьев К.В.* Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2015. Т. 1. С. 269-272.	0
4	**ВЗАИМОСВЯЗЬ МАШИННОГО (ТЕХНИЧЕСКОГО) ЗРЕНИЯ С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАЛОГАБАРИТНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА** *Годунов А.И., Шишков С.В., Бикеев Р.Р.* Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2015. Т. 1. С. 213-217.	0
5	**УЧЕБНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРАКТИКУМА ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ ЗРЕНИЮ НА БАЗЕ БИБЛИОТЕКИ АЛГОРИТМОВ OPENCV** *Ремизов А.С., Василенко Л.П., Крашенинников Н.С.* В сборнике: Компьютерные науки и информационные технологии Материалы Международной научной конференции. Ответственные за выпуск: Т.В. Семенова, А.Г. Федорова. 2014. С. 257-258.	0
6	**НЕЧЕТКАЯ СИСТЕМА АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ РОБОТА С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ И ВСЕНАПРАВЛЕННЫМИ КОЛЕСАМИ** *Игнатьев К.В., Путов А.В., Копычев М.М., Путов В.В., Русяев Н.А.* Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2016. Т. 1. С. 38-41.	0
7	**ГЕНЕРАТИВНЫЕ И ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ И КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ** *Потапов А.С.* Оптический журнал. 2015. Т. 82. № 8. С. 5-10.	0
8	**ПРОБЛЕМА ИНВЕРСИИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ** *Хуршудов А.А., Марков В.Н.* Евразийский союз ученых. 2014. № 8-8. С. 58-59.	0

Рисунок 8 — Результат поиска, по ключевым словам, за последние 5 лет

По данному запросу было найдено 1889 публикаций за последние пять лет. Аналогично, как и с «Плотностные характеристики годичных колец хвойных деревьев», больше половины публикаций сделаны за последние пять лет.

С помощью ресурса eLIBRARY.RU была найдена книга Л. Шапиро, Дж. Стокман «Компьютерное зрение».

Данная книга посвящена представлению наиболее важных базовых материалов по основным разделам компьютерного зрения. В книгу включены ряд алгоритмов и прикладные задачи на основе которых можно получить представление о некоторых исследованиях. Приведены примеры приложений в промышленности, медицине, землепользовании, мультимедиа и компьютерной графике.

Для доказательства актуальности темыбыл произведен обзор научных публикаций по двум выделенным под темам, взятых с сайта eLIBRARY.RU.

Анализ дендрохронологических и климатических данных для выявления периодичности природных процессов в зоне лесостепи (Лисецкий Ф.Н., Митряйкина А.М., 2012г.).

В статье выполнен анализ дендрохронологических и климатических данных за период инструментальных наблюдений, а также ширины рядов годичных колец дуба и сосны во второй половине XVIII века для выявления периодичности природных процессов в условиях лесостепной зоны. Гелиоклиматические связи лучше проявляются в устойчивых периодах изменения этих процессов. С использованием комплекса статистических методов установлено, что зависимость радиального прироста дуба от средней величины чисел Вольфа на восходящих ветвях периодической кривой солнечной активности имеет более тесную корреляционную связь, чем на нисходящих ветвях этого процесса. Увеличение ширины годичных колец дуба при благоприятных биоклиматических условиях проявляется на восходящих ветвях хода солнечной активности, если средние значения энергетических затрат климата не опускаются ниже среднемноголетней нормы[17].

Радиальный прирост сосны верховых болот как индикатор локальных изменений климата (Тишин Д.В., Чижиков Н.А., Чугунов Р.Г.,2014г.).

В данном учебном пособии выявлены тенденции перемена климатических параметров и расположенными на них лесными участками как показатель перестроек природной среды. Оптимальным выбором объекта для оценки подобных процессов являются деревья, которые с помощьюгодичных

колец способны фиксировать различную экологическую информацию. В результате перемен климатических условий, актуальным становится изучение природных экосистем в пессимальных условиях, где малейшее колебание метеопараметров (температуры и осадков) приводит к основательному изменению в жизнедеятельности растений. Целью исследования является оценка влияния климатических условий на рост деревьев, произрастающих на одном из крупных верховых болот Республики Татарстан, условия которого можно назвать пессимальными. Этот природный объект распологается на территории Волжско-Камского заповедника, на южной границе бореального экотона. В различной научной литературесобранвесомый фактический материал по влиянию климатических факторов на радиальный рост деревьев, тем не менее, современных сведений о приросте деревьев Волжско-Камского края, и в частности болотных местообитаний, недостаточно. В ходе работ по полученным данным была рассчитана скользящая корреляция между индексом прироста и каждым метеопараметром[20]. Она выявила, что климатический отклик радиального прироста на температуру июня и осадки января, определенные на основании предыдущего анализа как наиболее значимые для него факторы, не постоянна во времени. Сильнее это проявилось для реакции на осадки января. Важность такого факта, как запас влаги в почве связанный с количеством зимних осадков, становится более значимой для радиального прироста в последние десятилетия. Колебания отклика радиального прироста сосны на температуру и осадки, вероятнее всего, связан с региональным изменением климата, наблюдаемым в последнее десятилетия и фиксируемым по данным метеонаблюдений. Подобная реакция деревьев может быть связана не только с флуктуациями климата, но и с изменением режима грунтовых вод и ценогенезом самого верхового болота.

Особенности радиального прироста древесины в ослабленных сосняках-черничниках Брянской области, загрязненных радионуклидами. (Белова А.А., 2017).

В публикации демонстрируют результаты сравнительного анализа динамики радиального прироста деревьев в типичных приспевающих сосняках-черничниках Брянской обл. в зоне аварии на Чернобыльской атомной станции с высокой (155 Ки/км2) и умеренной (2,5 Ки/км2) плотностью загрязнения почвы цезием137. Проанализированы изменения общей ширины годичных колец и прироста ранней (весенней) и поздней (летней) древесины деревьев, отнесенных к категориям «сильно ослабленные» и «усыхающие», в зависимости от плотности загрязнения почвы радионуклидами [27].

Дендрохронология (Матвеев С.М., Румянцев Д.Е., 2013г.).

В учебном пособии говорится об основах дендрохронологии и дендроклиматологии, современном уровне науки и история развития. Освещены крупнейшие дендрохронологические школы в России и в мире. Разобраны особенности формирования прироста по диаметру и факторы, влияющие на его изменчивость, цикличность в динамике прироста деревьев и ее связь с солнечной активностью[25]. Большое внимание уделено принципам и методам анализа годичных колец деревьев. Продемонстрированы возможности использования методов дендрохронологического анализа в лесном хозяйстве, для реконструкции и прогнозирования климатических условий, для индикации антропогенных воздействий на лесные экосистемы.

Изменение плотности древесины ольхи черной под воздействием подтопления (Москаленко Н.В., Булко Н.И., Шабалева М.А., Митин Н.В., 2015г.).

В публикациииосвещены изменения процессов жизнедеятельности вследствие деструктивного воздействия подтопления связано с аккумуляцией растением токсических метаболитов и диоксида углерода из-за ограничения обмена газов в корнях между почвой и атмосферой. Реакция растений выражается в виде морфологических и анатомических изменений, связанных с адаптацией растений к условиям аноксии при чрезмерном увлажнении, выраженном в развитии полостей аэренхимы в различных тканях, способствующих улучшению транспорта кислорода к корням. Теоретически

древесина приобретает более рыхлую структуру, и ее плотность уменьшается. Исследования плотности древесины были выполнены в соответствии с ГОСТ 16483.1-84. Анализ плотности наружных слоев древесины, в лесных насаждениях ольхи черной, подвергшихся подтоплению, относительно контрольных насаждений показал, что плотность древесины в ослабленном подтоплением насаждении выше данного показателя в здоровых насаждениях. Оценка варьирования показателей плотности древесины, в годичных кольцах подтопленных насаждениях ольхи черной между наружными (после подтопления) и более ранними (до подтопления) внутренними слоями показал, что в ослабленных подтоплением насаждениях ольхи черной также наблюдается возрастание плотности древесины после подтопления. Вероятно, повышение плотности древесины связано с тем, что в условиях подтопления характерно увеличение относительной ширины кольца поздней древесины, так же меняется и соотношение между ранней и поздней древесиной в структуре годичного кольца, о чем свидетельствует анатомическое изменение структуры древесины[24]. В подтопленных насаждениях гораздо выше объемная доля сосудов, их количество больше относительно числа паренхимных клеток; диаметр сосудов в насаждении, испытывающем влияние подтопления, выше относительно данного показателя здоровых насаждений ольхи черной.

Выбранные статьи, после ознакомления, были определены как самые близкие к теме исследования. В каждой публикации содержится анализ влияния различных климатических факторов на годичные кольца деревьев.

Распознавание номерных знаков транспортных средств с помощью библиотеки компьютерного зрения OpenCV. (Недильченко О.С., 2015г.).

В статьерассказывается разработке и исследованию алгоритма распознавания автомобильных номерных знаков. Приведены примеры и выполнен анализ различных обработки изображений для поиска наиболее оптимального способа распознавания номерных знаков транспортных средств. Представлен алгоритм распознавания, основанный на поиске объектов по

заданным шаблонам, и производится его практическое исследование с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV.

Применение машинного зрения при анализе данных компьютерной томографии. (Саначев Ф.Е., Максимов П.В.,2014г.)

В статье исследуетсяиспользование методов компьютерного зрения при автоматическом анализе данных компьютерной томографии с дальнейшимопределением вероятного диагноза заболевания. Описаны алгоритмы анализа томографических снимков. Рассмотрена возможность применения нейронных сетей для обучения алгоритмов распознавания образов. В работе используется метод сканирующего окна.

Использование пороговых фильтров в OpenCV. (Ширабоков И.А., Щелканов А.В., Чумаченко И.М., 2015).

В статье описаны некоторые области применения пороговых фильтров на примере использования функций cvThreshold и cvAdaptiveThreshold. Функция cvAdaptiveThreshold выделяет монохромное изображение не путём задания порога, как cvThreshold, а с использованием адаптивного подхода. Представлено несколько примеров распознавания объектов на изображении с помощью данных пороговых фильтров. Рассмотрен принцип действия фильтра границ и контуров на основе оператора Кэнни.

Метод предварительной обработки для системы распознования сканированных документов. (Алагова Ю.О., 2018г.).

В публикации анализируются методы повышения качества распознаваемых изображений способом цветокоррекции и локализации текста. Предложены следующие методы обработки: метод логарифмической коррекции Retinex, адаптивная бинаризация с поиском порога по Оцу, поиск контурных линий методом Лапласа и морфологическая обработка изображения.

Методы распознавания образов на изображениях. (Сорокин М.И., 2017г.).

Статья посвящена базовым методам распознавания образов с помощью библиотеки компьютерного зрения OpenCV, позволяющая упростить процесс знакомства с принципами технического зрения. Приведены основные методы и

алгоритмы цифровой обработки на основе фильтрации изображений: бинаризация, фильтр высоких частот (ФВЧ), метод бинаризации Отсу, алгоритм Кэнни для выделения контуров. Так же рассмотрено создание масок, областей изображения и логические операции.

1.5. Обзор существующих программных комплексов для определения параметров плотности годичных колец

На данный момент плотностные характеристики древесины измеряют денситометром DENDRO-2003 производства швейцарской фирмы Walesch Electronic. DENDRO-2003 – это компьютеризированный измерительный комплекс. Для управления работой денситометра и обработкой измеренных данных используется компьютер Macintosh фирмы Apple.

На рисунках 9 и 10 показан общий вид и принципиальная схема прибора. Свет стабилизированного источника (галогеновая лампа 100 Вт) формируется оптической системой в пучок круглого сечения 1, проходит через рентгеновскую фотоплёнку 2 и далее через систему линз и зеркал 3 попадает на круглый матовый экран денситометра 4, имеющий возможность вращения. Блок поворачивающихся объективов позволяет изменять увеличение оптической системы (x1, x20, x50). Обычно на практике используют пятидесятикратное увеличение. В центре экрана 4 находится фотосенсор 5, измеряющий интенсивность падающего на него света, проходящего через измеряемый участок изображения годичного кольца. Фотосенсор представляет собой вертикально расположенную светочувствительную полоску, имеющую физические размеры 0,5x50 мм. Учитывая 50-кратное увеличение изображения, «виртуальные» размеры фотосенсора в плоскости изображения будут 10x1000 мкм.

Измерение плотности производится перемещением фотопластинки с шагом 3 мкм вдоль осей X и Y относительно фотосенсора 6. Во время измерения оператор перемещает фотопластинку и ориентирует угол наклона фотосенсора таким образом, чтобы он был всегда перпендикулярен радиальным

рядам трахеид. Этим достигается измерение плотности для большого количества рядов трахеид, а граница перехода профиля плотности от одного годичного кольца к другому становится максимально резкой. Оператор может «перемещать» фотосенсор вдоль радиального направления годичного кольца по любому пути, в том числе отступая назад, если это необходимо, соблюдая главное условие – перпендикулярность фотосенсора радиальным рядам. Это дает возможность оператору исключать из измерения участки годичного кольца, имеющие посторонние включения, дефекты проявки и особенности образца (например, смоляные ходы).

В процессе измерения компьютер денситометра определяет координаты положения фотопластинки и угол наклона фотосенсора для каждого измеренного значения плотности вдоль пути движения фотосенсора и по этим параметрам вычисляет перемещение фотосенсора вдоль линии, перпендикулярной границам годичного кольца, а, следовательно, параллельной радиальному направлению. Далее можно рассчитать значения ширины ранней и поздней древесины, а также ширину годичного кольца.

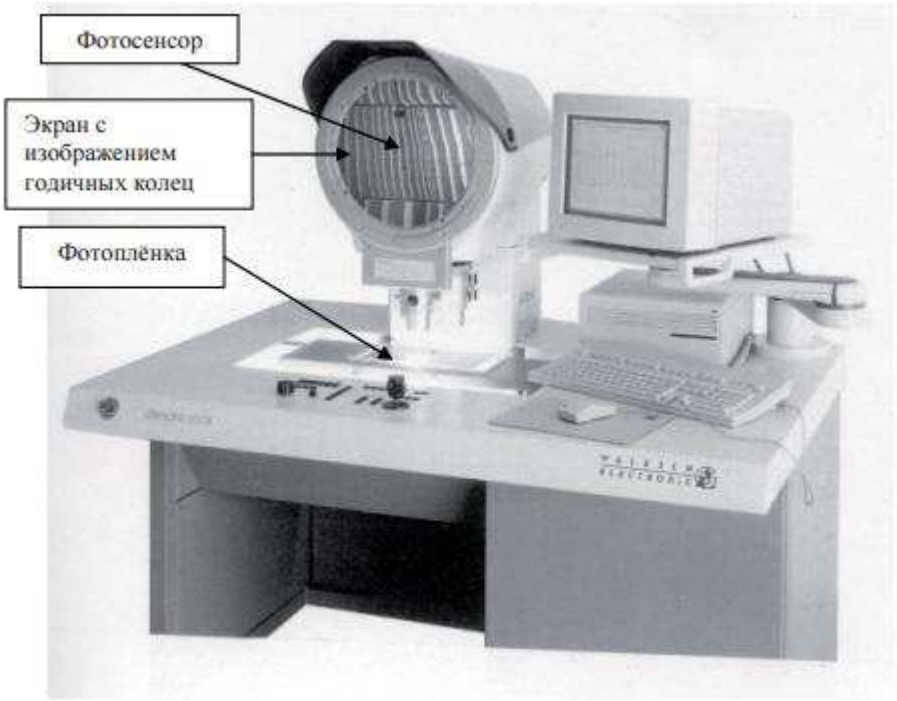


Рисунок 9 — Общий видденситометра «DENDRO-2003»

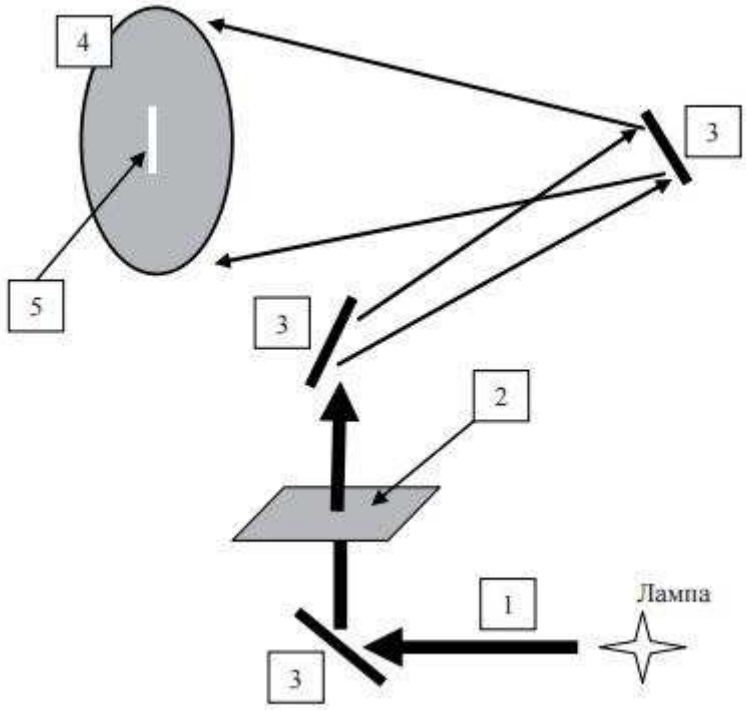


Рисунок 10 — Оптическая схема денситометра «DENDRO-2003»

Программное обеспечение денситометра позволяет получить измеренные данные, пригодные для импорта другими программами, в виде двух типов файлов. Оба имеют текстовый формат, но отличаются как расширением, так и представленной в них информацией. Файл с расширением *.sel предназначен для прямого использования в прикладных задачах денситометрии и содержит обработанные данные профиля плотности годичных колец. Файл с расширением *.t содержит полный первичный набор измеряемых денситометром данных и поэтому наиболее ценен в рамках настоящей работы. Первые 12 строк содержат общие описания образца и места его сбора. Далее идут строки записи информации, содержащие значения плотности годичного кольца в измеряемой точке, ее абсолютные (в пределах денситометра) координаты, угол поворота сенсора, год формирования годичного кольца, а также другая вспомогательная информация, такая как маркеры начала/ конца годичного кольца, «переноса» сенсора, отсутствия данных, символ-комментарий к точке и т.д.

Из минусов данного устройства следует отметить:

- Высокая стоимость оборудования;
- Сложность измерений;
- Высокая погрешность измерений;
- Определенный формат данных для обработки.

Глава 2. Методы обработки графических изображений

2.1. Бинаризация изображения

Изображение — это массив пикселей. На данный момент есть множество задач для выполнения которых требуется выбирать пиксель выше (ниже, между) определённого порогового значения. Для решения подобных задач применяем функцию cvThreshold()[31].

Если значение пикселя больше порогового значения, ему присваивается одно значение (может быть белым), иначе ему присваивается другое значение (может быть черным). Используемая функция равна порогу. Первый аргумент - это исходное изображение, которое должно быть полутоновым изображением. Второй аргумент - это пороговое значение, которое используется для классификации значений пикселей. Третий аргумент - maxVal, который представляет значение, которое должно быть задано, если значение пикселя больше (иногда меньше) порогового значения. OpenCV предоставляет разные стили порога и определяется четвертым параметром функции. Различныетипы：

- cv.THRESH_BINARY
- cv.THRESH_BINARY_INV
- cv.THRESH_TRUNC
- cv.THRESH_TOZERO
- cv.THRESH_TOZERO_INV
- cv. THRESH_OTSU

Документация четко объясняет, для чего предназначены каждый тип.

Ниже представлен код:

```
import cv2 as cv
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
img = cv.imread('gradient.png',0)
ret,thresh1 = cv.threshold(img,127,255,cv.THRESH_BINARY)
```

```
ret,thresh2 = cv.threshold(img,127,255,cv.THRESH_BINARY_INV)
ret,thresh3 = cv.threshold(img,127,255,cv.THRESH_TRUNC)
ret,thresh4 = cv.threshold(img,127,255,cv.THRESH_TOZERO)
ret,thresh5 = cv.threshold(img,127,255,cv.THRESH_TOZERO_INV)
titles = ['OriginalImage','BINARY','BINARY_INV','TRUNC','TOZERO','TOZERO_INV']
images = [img, thresh1, thresh2, thresh3, thresh4, thresh5]
for i in xrange(6):
plt.subplot(2,3,i+1),plt.imshow(images[i],'gray')
plt.title(titles[i])
plt.xticks([]),plt.yticks([])
plt.show()
```

CV_THRESH_BINARY

$$\texttt{dst}(x,y) = \begin{cases} \texttt{max_value} & \text{if } \texttt{src}(x,y) > \texttt{threshold} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

CV_THRESH_BINARY_INV

$$\texttt{dst}(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } \texttt{src}(x,y) > \texttt{threshold} \\ \texttt{max_value} & \text{otherwise} \end{cases}$$

CV_THRESH_TRUNC

$$\texttt{dst}(x,y) = \begin{cases} \texttt{threshold} & \text{if } \texttt{src}(x,y) > \texttt{threshold} \\ \texttt{src}(x,y) & \text{otherwise} \end{cases}$$

CV_THRESH_TOZERO

$$\texttt{dst}(x,y) = \begin{cases} \texttt{src}(x,y) & \text{if } \texttt{src}(x,y) > \texttt{threshold} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

CV_THRESH_TOZERO_INV

$$\texttt{dst}(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } \texttt{src}(x,y) > \texttt{threshold} \\ \texttt{src}(x,y) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Рисунок 11 — Методы бинаризации изображения

Если изображение имеет различные условия освещения в разных областях. В этом случае мы идем на адаптивное пороговое значение. При этом алгоритм вычисляет порог для небольших областей изображения [33]. Таким образом, мы получаем разные пороговые значения для разных областей одного и того же изображения, и это дает нам лучшие результаты для изображений с различным освещением. Он имеет три «специальных» входных параметра и только один выходной аргумент.

Адаптивный метод. Он определяет, как вычисляется пороговое значения.

cv.ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C: пороговое значение является средним значением области окрестности.

cv.ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C: пороговое значение представляет собой взвешенную сумму значений окрестности, где веса являются гауссовым окном.

BlockSize - размер окрестности (в пикселях), которая используется для расчёта порогового значения.

C - это просто константа, которая вычитается из среднего или взвешенного среднего значения.

Примеркода:

```
import cv2 as cv
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
img = cv.imread('sudoku.png',0)
img = cv.medianBlur(img,5)
ret,th1 = cv.threshold(img,127,255,cv.THRESH_BINARY)
th2 = cv.adaptiveThreshold(img,255,cv.ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,\
cv.THRESH_BINARY,11,2)
th3 = cv.adaptiveThreshold(img,255,cv.ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C,\
cv.THRESH_BINARY,11,2)
titles = ['Original Image', 'Global Thresholding (v = 127)',
'Adaptive Mean Thresholding', 'Adaptive Gaussian Thresholding']
images = [img, th1, th2, th3]
for i in xrange(4):
```

```
plt.subplot(2,2,i+1),plt.imshow(images[i],'gray')
plt.title(titles[i])
plt.xticks([]),plt.yticks([])
plt.show()
```

В глобальном пороговом значении используется произвольное значение для порогового значения. Для того что бы определить насколько хорошо выбран порог необходимо сделать несколько итераций по выбранному порогу. Но если рассмотреть бимодальное изображение (бимодальное изображение - изображение, гистограмма которого имеет два пика). Для этого изображения возможно приблизительно выбрать значение в середине этих пиков как пороговое значение. Это то, что делает бинаризация Otsu. Таким образомон автоматически вычисляет пороговое значение из гистограммы изображения для бимодального изображения. (Для изображений, которые не являются бимодальными, бинаризация не будет точной.) Для этого используется функция cv.threshold(), но с дополнительным флагом cv.THRESH_OTSU. Для порогового значения будет выполнен ноль. Затем алгоритм находит оптимальное пороговое значение и возвращает в качестве второго выхода retVal. Если порог Otsu не используется, retVal будет таким же, как и пороговое значение, которое использовалось изначально.

Пример бинаризации методом Оцу изображен на рисунке 12. Входное изображение - шумное изображение. В первом случае применено глобальное пороговое значение для значения 127. Во втором случае применен порог Otsu напрямую. В третьем случае отфильтровано изображение с 5x5 гауссовым ядром, чтобы удалить шум, а затем применен порог Otsu.

```
import cv2 as cv
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
img = cv.imread('noisy2.png',0)
# global thresholding
ret1,th1 = cv.threshold(img,127,255,cv.THRESH_BINARY)
# Otsu's thresholding
```

```
ret2,th2 = cv.threshold(img,0,255,cv.THRESH_BINARY+cv.THRESH_OTSU)
# Otsu's thresholding after Gaussian filtering
blur = cv.GaussianBlur(img,(5,5),0)
ret3,th3 = cv.threshold(blur,0,255,cv.THRESH_BINARY+cv.THRESH_OTSU)
# plot all the images and their histograms
images = [img, 0, th1,
img, 0, th2,
blur, 0, th3]
titles = ['Original Noisy Image','Histogram','Global Thresholding (v=127)',
'Original Noisy Image','Histogram',"Otsu's Thresholding",
'Gaussian filtered Image','Histogram',"Otsu's Thresholding"]
for i in xrange(3):
plt.subplot(3,3,i*3+1),plt.imshow(images[i*3],'gray')
plt.title(titles[i*3]), plt.xticks([]), plt.yticks([])
plt.subplot(3,3,i*3+2),plt.hist(images[i*3].ravel(),256)
plt.title(titles[i*3+1]), plt.xticks([]), plt.yticks([])
plt.subplot(3,3,i*3+3),plt.imshow(images[i*3+2],'gray')
plt.title(titles[i*3+2]), plt.xticks([]), plt.yticks([])
plt.show()
```

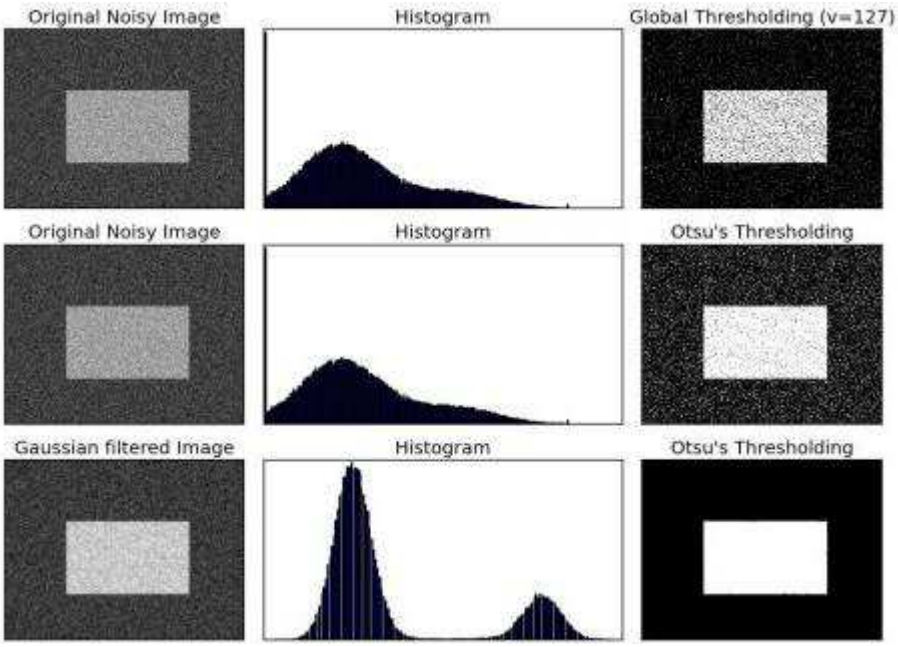


Рисунок 12 — Методы бинаризации изображения

2.2. Нахождение контуров и операции с ними

Контурный анализ — это один из значимых и очень полезных методов хранения, описания, сравнения,распознавания и поиска графических образов/объектов.

Контур— это внешние очертания предмета/объекта.Контуры можно объяснить просто как кривая, соединяющая все непрерывные точки (вдоль границы), имеющие одинаковый цвет или интенсивность. Контуры являются полезным инструментом для анализа формы и обнаружения, и распознавания объектов. Для лучшей точности используйте двоичные изображения. При контурном анализе предполагается, что контур содержит достаточный объеминформации о форме объекта,внутренние точки объекта не берутся в расчет.Вышеприведённые положения, накладывают ограничения на область применения контурного анализа, которые, в основном, связаны с проблемами выделения контура на изображениях:вследствие одинаковой яркости с фоном, у объекта может не быть чёткой границы, или может быть зашумлён помехами, это приводит к невозможности выделения контура.Перекрытие объектов или их группировка приводит к тому, что контур выделяется неправильно и не соответствует границе объекта. Переход к рассмотрению только контуров объектов позволяет перейти от пространства изображения – к пространству контуров, что существенно снижает сложность алгоритмов и вычислений. У контурного анализа довольно таки слабая устойчивость к помехам, и любое пересечение или лишь частичная видимость объекта приводит либо к невозможности детектирования, либо к ложным срабатываниям, но простота и быстродействие контурного анализа, позволяют вполне успешно применять данный подход (при чётко выраженном объекте на контрастном фоне и отсутствии помех) [54].

В OpenCV поиск контуров похож на поиск белого объекта с черного фона.Библиотека OpenCV реализует удобные методы для нахождения и

манипуляции с контурами изображения. Поиск контуров осуществляется с помощью функция cvFindContours().

Примеркода:

```
importnumpyasnp
import cv2
im = cv2.imread('test.jpg')
imgray = cv2.cvtColor(im, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
ret, thresh = cv2.threshold(imgray, 127, 255, 0)
im2, contours, hierarchy = cv2.findContours(thresh, cv2.RETR_TREE,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```

Есть три аргумента в функции cv2.findContours (), первая - исходное изображение, второе - режим поиска контуров, третий - метод приближения контуров. И он выводит измененное изображение, контуры и иерархию. Каждый отдельный контур представляет собой массив Numpy (x, y) координат граничных точек объекта.

Для рисования контуров используется функция cv2.drawContours. Его также можно использовать для рисования любой формы, если у вас есть ее граничные точки. Его первый аргумент - исходное изображение, второй аргумент - контуры, которые должны быть переданы как список, третий аргумент - индекс контуров, а остальные аргументы - цвет, толщина и т.п.

Чтобы нарисовать все контуры изображения:

```
cv2.drawContours(img, contours, -1, (0,255,0), 3).
```

Чтобы нарисовать индивидуальный контур, скажем, 4-й контур:

```
cv2.drawContours(img, contours, 3, (0,255,0), 3).
```

Но чаще всего используется этот метод:

```
cnt = contours[4] cv2.drawContours(img, [cnt], 0, (0,255,0), 3).
```

Выше говорилось о том, что контуры являются границами формы с той же интенсивностью. Третий аргумент сохраняет координаты (x, y) границы формы. Если будет пройден cv2.CHAIN_APPROX_NONE, все граничные точки будут сохранены.

method — методаппроксимации:

- CV_CHAIN_CODE 0 // цепной код Фридмана
- CV_CHAIN_APPROX_NONE 1 // все точки цепного кода переводятся в точки
- CV_CHAIN_APPROX_SIMPLE 2 // сжимает горизонтальные, вертикальные и диагональные сегменты и оставляет только их конечные точки
- CV_CHAIN_APPROX_TC89_L1 3 // применяется алгоритм
- CV_CHAIN_APPROX_TC89_KCOS 4 // аппроксимации Teh-Chin
- CV_LINK_RUNS 5 // алгоритм только для CV_RETR_LIST

offset — смещение, на которое сдвигать точки контура (полезно, если контуры извлекаются из ROI и затем должны анализироваться в контексте целого изображения)обратите внимание, что функция cvFindContours() может находить внешние и вложенные контуры и определять их иерархию вложения.

А отобразить найденные контуры можно с помощью функции cvDrawContours():

```
CVAPI(void)  cvDrawContours( CvArr *img, CvSeq* contour,
                    CvScalar external_color, CvScalar hole_color,
                    int max_level, int thickness CV_DEFAULT(1),
                    int line_type CV_DEFAULT(8),
                    CvPoint offset CV_DEFAULT(cvPoint(0,0)));—
```

нарисоватьзаданныеконтуры.

- img — изображение на котором будут нарисованы контуры;
- contour — указатель на первый контур;
- external_color — цвет внешних контуров;
- hole_color — цвет внутренних контуров(отверстие);
- max_level — максимальный уровень для отображения контуров.

Если величина отрицательная, то будут нарисованы контуры на предыдущем уровне перед contour.

thickness — толщина линии для отображения контуров (если величина отрицательная, то область, ограниченная контуром, заливается выбранным цветом).

line_type — тип линии.

Пример нахождения контуров с помощью функции cvFindContours():

```
#include <cv.h>
#include <highgui.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

IplImage* image = 0;
IplImage* gray = 0;
IplImage* bin = 0;
IplImage* dst = 0;

int main(int argc, char* argv[])
{
	// имякартинкизадаётсяпервымпараметром
	char* filename = argc >= 2 ? argv[1] : "Image0.jpg";
	// получаемкартинку
	image = cvLoadImage(filename,1);
	printf("[i] image: %s\n", filename);
	assert( image != 0 );
	// создаёмодноканальныекартинки
	gray = cvCreateImage( cvGetSize(image), IPL_DEPTH_8U, 1 );
	bin = cvCreateImage( cvGetSize(image), IPL_DEPTH_8U, 1 );
// клонируем
	dst = cvCloneImage(image);
	// окно для отображения картинки
cvNamedWindow("original",CV_WINDOW_AUTOSIZE);
	cvNamedWindow("binary",CV_WINDOW_AUTOSIZE);
	cvNamedWindow("contours",CV_WINDOW_AUTOSIZE);
	// преобразуемвградациисерого
	cvCvtColor(image, gray, CV_RGB2GRAY);
	// преобразуемвдвоичное
	cvInRangeS(gray, cvScalar(40), cvScalar(150), bin); // atoi(argv[2])
	CvMemStorage* storage = cvCreateMemStorage(0);
```

```
	CvSeq* contours=0;
// находимконтуры
	int contoursCont = cvFindContours( bin,
storage,&contours,sizeof(CvContour),CV_RETR_LIST,CV_CHAIN_APPROX_SIMPLE,cvPoint(
0,0));
	// нарисуемконтуры
	for(CvSeq* seq0 = contours;seq0!=0;seq0 = seq0->h_next){
		cvDrawContours(dst, seq0, CV_RGB(255,216,0), CV_RGB(0,0,250), 0, 1, 8); //
рисуемконтур
	}
	// показываемкартинки
	cvShowImage("original",image);
	cvShowImage("binary", bin);
	cvShowImage("contours", dst);
	// ждёмнажатияклавиши
	cvWaitKey(0);
	// освобождаемресурсы
	cvReleaseImage(&image);
	cvReleaseImage(&gray);
	cvReleaseImage(&bin);
	cvReleaseImage(&dst);
// удаляемокна
	cvDestroyAllWindows();
	return 0;
}
```

2.3. Метод Оцу

За последние двадцать лет цифровая обработка изображений стала представлять особый интерес для науки и технологии. Важность анализа данных из изображений очень актуальна в различных сложных системах и повседневные приложения, включая спутниковые системы, автоматизированный медицинский анализ, распознавания различного рода

(текста, изображения,личности). Обработка изображений описывает процессы, которые получают информациюиз входного изображения или из набора изображений,обрабатывают их для создания выходного изображения или набора выходных данных. Сегментация изображения заключается в разделении изображения на области или контуры, которые обычно соответствуют границам или объектам на изображениях. Обычно сегментацию производят путем определения общих свойств или нахождения различий между регионами. Это означает, что пиксели группируются в регионы или классы, которые имеют общее свойство (например, цвет, интенсивность и т. д.). Метод сегментации Оцу (названный в честь Nobuyuki Otsu) является глобальным алгоритмом порога изображения, обычно используется для нахождения порогового значения, бинаризации и сегментации. Он работает в основном с гистограммой изображения, исходя из значений пикселей и регионов, которые пользователь хочет сегментировать, вместо того, чтобы смотреть на края изображения. Алгоритм сегментирует изображение, считая минимальную дисперсию на каждый из классов. Алгоритм хорошо работает для изображений, содержащих два класса пикселей, после бимодального распределения гистограммы.

Сегментация изображений является зонтичным термином, который включает в себя набор методов для обработки изображений на основе применении стратегии разделения (т. е. одно изображение разделено на несколько частей). После процесса деления, каждый из компонентов изображения используется для определенной цели, например, для идентификации объектов или другой соответствующей информации. Для сегментации изображения используются несколько методов: пороговое значение, цветные, текстурные фильтры, кластеризация и другие. Один из самых популярных подходов к сегментации изображений - это пороговое значение. Thresholding принимает серое изображение и заменяет каждый пиксель черным, если его интенсивность меньше, чем некоторые фиксированная константа или белый пиксель, если интенсивность больше этой константы. Новое двоичное изображение отделяет темные от ярких областей.

Формально функцию g (x, y) можно определить по каждому значению пикселя исходного изображения f (x, y) который определяет новое пороговое изображение.

$$g(x,y) = \begin{cases} 1, & f(x,y) \geq T \\ 0, & x < T \end{cases} .(1.1)$$

Уравнение (1.1) определяет, что для каждого пикселя на исходном изображении будет назначено новое значение 0 или 1 к новому изображению, в зависимости от того, будет ли текущее значение пикселя больше определенного порогового значения T.

Было предложено несколько подходов к определению пороговых методов. Определены шесть стратегий:

- Методы формы гистограммы, которые используют информацию из гистограммы изображения;
- Методы кластеризации, которые группируют объекты в классах, например, фон и передний план;
- Энтропийные методы, которые используют энтропийную информацию для переднего плана и фона, иликросс-энтропия между исходным и двоичным изображениями;
- Методы атрибутов объекта, которые оценивают и используют сходства между оригиналом идвоичные изображения;
- Пространственные методы, которые используют распределение вероятностей более высокого порядка и / или корреляцию междупикселей;
- Локальные методы, основанные на адаптации порогового значения к локально определенным характеристикам.

Алгоритм Оцу является простым и популярным методом порога для сегментации изображений, который попадает в категорию кластеризации. Алгоритм делит гистограмму изображения на два класса с использованием порога. Таким образом, каждый класс будет более компактным.

Пространственный отношения между пикселями не учитываются, поэтому регионы, которые имеют одинаковые значения пикселей, но находятся в совершенно разных местах в изображении, будут объединены при вычислении гистограммы, алгоритм Оцу рассматривает их как одно и то же [41]. Предполагая, что пиксели классифицируются в двух классах, алгоритм пытается минимизировать взвешенные дисперсия внутри класса, определяемой выражением в уравнении (1.2). Переменная t является порогом, который обычно составляет от 0 до 255.

$$\sigma_w^2(t) = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t). \quad (1.2)$$

Вероятностная функция P получается для каждого пиксельного значение. Сначала вычисляется распределение гистограммы для изображения, а затем нормализация выполняется, чтобы гарантировать, что оно следует распределению вероятности. После этого значения пикселей делятся на два класса C1 и C2 порогом t, используя вероятностные функции класса $q_1(t)$ и $q_2(t)$, определенные в уравнениях (1.3) и (1.4).

$$q_1(t) = \sum_{i=1}^{t} P(i), \quad (1.3)$$

$$q_2(t) = \sum_{i=t+1}^{I} P(i). \quad (1.4)$$

Класс C1 представляет эти пиксели с уровнями интенсивности в [1, t], а класс C2 представляет эти пиксели с уровнями в интервале [t + 1, I], где I - наибольшее значение пикселя (обычно 255). Затем получаются средства для класса C1, $\mu_1(t)$ и класса C2, $\mu_2(t)$:

$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^{t} iP(i) \,/\, q_1(t), \quad (1.5)$$

$$\mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^{I} iP(i) \,/\, q_2(t), \quad (1.6)$$

После этого дисперсии для класса C1, $\sigma_1^2(t)$, а класс C2, $\sigma_2^2(t)$вычисляются

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^{t} \left[i - \mu_1(t)\right]^2 P(i) \,/\, q_1(t), \quad (1.7)$$

$$\sigma_2^2(t) = \sum_{i=t+1}^{I} \left[i - \mu_2(t)\right]^2 P(i) \,/\, q_2(t). \quad (1.8)$$

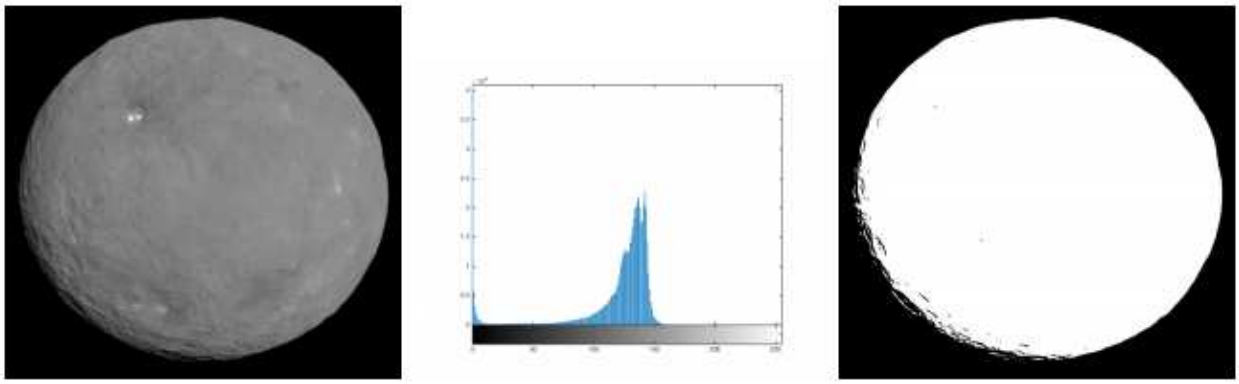
Уравнение (1.7) и уравнение (1.8) определяют взвешенную дисперсию внутри класса для C1 и C2 соответственно. Это значения, которые алгоритм Otsu пытается минимизировать.

Используя уравнения (1.2), (1.7) и (1.8), полная дисперсия может быть определена уравнением (1.9). Значение σ^2 постоянна, так как она не зависит отпорога (дисперсия изображения всегда является постоянным значением), что означает, что алгоритм должны сосредоточиться на минимизации $\sigma_w^2(t)$ или максимизации $\sigma_b^2(t)$.

$$\sigma^2 = \sigma_w^2(t) + \sigma_b^2(t), \text{ где } \sigma_b^2(t) = q_1(t)[1 - q_1(t)][\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2. \quad (1.9)$$

Чтобы лучше показать, как работает алгоритм, ниже представлен краткий пример.На рисунке 13 показано изображение карликовой планеты Цереры, а на рисунке 13b представлена соответствующая изображению гистограмма для. Из рисунка 13b следует бимодальное распределение, так какпиксельные серые уровни распределены по двум классам или режимам гистограммы: один класс соответствует карликовой планете, а другой - к фону (космос). Воспользовавшись этим пикселемраспределение, алгоритм Оцу способен найти соответствующее пороговое значение, а сегментированныйвыходное изображение четкое, как показано на рисунке 13c. Стоит отметить, что изображения с большим количествомшумов будет иметь почти равномерное

распределение гистограммы, что означает, что алгоритм может ненайти правильный порог для сегментации. Однако в тех случаях, когда речь идет о шумных изображениях,применению алгоритма Оцу может предшествовать шумоподавление и/или алгоритм фильтрации, который позволяет преобразовать плоскую (однородную) гистограмму в ту, где два классачетко различимы.



(a) Ceres (b) Ceres histogram (c) Segmented Ceres

Рисунок 13 — Изображение карликовой планеты Цереры

На данный момент есть несколько версии реализации алгоритма Оцу. Но некоторые из них не имеют документации и не указывают права использования, а другие не были просмотрены или подтверждены. Только некоторые из них объясняют теоретический фон алгоритма и как он работает.

Предлагаемая реализация алгоритма Оцу основана напримененении итерационного метод для вычисления и максимизации дисперсии между классами, определяемой уравнением (1.9). Прямым подходом к максимизации является изучение всех возможных значений путем итерации из наименьшего значение t (обычно 0) до самого высокого t (обычно 255), вычисление $\mathrm{q}_1(t)[1-q_1(t)]\left[\mu_1(t)-\mu_2(t)\right]^2$. Возвращается самое высокое значение.

Пример кода представлен ниже.

Входные данные: входное изображение (оттенки серого), переопределенный порог

Выходные данные: выходное изображение

1. read(input_image)
2. N = input_image.width × input_imnumberage.height
3. threshold, var_max, sum, sumB, q1 , q2 , μ1, μ2 = 0
4. max_intensity = 255
5. **for** i=0; i <= max_intensity; i++ **do**
6. histogram[value] = 0
7. **if** num_channels(input_image) > 1 **then**
8. **return** error
9. **for** i=0; i++ **do**
10. value = input_image[i]
11. histogram[value] += 1
12. **if** ‘порогвведенвручную’ **then**
13. threshold = overridden_threshold
14. **else**
15. **for** i=0; i<=max_intensity; i++ **do**
16. sum += i × histogram[i]
17. **for** t=0; t<=max_intensity; t++ **do**
18. q1 += histogram[t]
19. **if** q1 == 0 **then**
20. **continue**
21. q2 =N − q1
22. sumB += t × histogram[t]
23. μ1 = sumB/q1
24. μ2 = (sum - sumB)/q2
25. $\sigma_b^2(t) = \mathrm{q}_1(t)[1 - q_1(t)]\left[\mu_1(t) - \mu_2(t)\right]^2$
26. **if**$\sigma_b^2(t)$> var_max **then**
27. threshold = t
28. var_max = $\sigma_b^2(t)$
29. **for** i=0; i < N; i++ **do**
30. **if** input_image[i] > threshold **then**
31. output_image[i] = 1
32. **else**
33. output_image[i] = 0

34. **return** output_image

Рамка обработки изображения «Colom» используется для чтения входных изображений. Её структура помогает открывать изображения PNG и JPEG и позволяет работать с изображением как с одномерным вектором (один вектор для каждого цветного канала). Длина каждого вектора равна M × N, где M - количество строк изображения, а N - количество столбцов изображения соответственно; это представляет особый интерес при доступе к каждому пикселю на изображении и при вычислении гистограммы изображения. Эта структура также полезна для проверки параметров ввода алгоритма, используя возможности возврата ошибок, когда входные параметры отсутствуют или написаны с ошибкой.

Поскольку алгоритм Оцу работает с изображениями в оттенках серого, алгоритм предполагает, что вход изображение имеет один цветной канал; в случае, если это требование не выполняется, возвращается ошибка. Первый цикл (строки 9-11) выполняет итерацию по каждому пикселю, накапливая счетчики для каждого graylevel пиксель, чтобы вычислить гистограмму изображения. После этого полученная гистограмма используется для вычисления порогового значенияОцу, обновив $\mathrm{q}_i(t)$ и $\mu_i(t)$ (строки 15-24), которые используются для получения $\sigma_b^2(t)$ (строка 25). Как только пороговое значение найдено для входного изображения, создается новое выходное изображение, на котором применяется сегментирование порога по входному изображению с использованием вычисленного порогового значения (строки 29-33). Новое изображение, которое соответствует сегментированной версии входного изображения(строка 34). Алгоритм позволяет переопределить пороговое значение (ручной порог), чтобы увидеть, какой будет выход, если выбрано другое пороговое значение.

Что касается вычислительной сложности предлагаемой реализации, то количество операций задается четырьмя циклами в коде:

• Первый цикл (строки 5-6) в алгоритме соответствует инициализации гистограммы, требующей O(max_intensity+ 1);

• Второй цикл (строки 9-11) выполняется для вычисления гистограммы для входного изображения, требует операций O(N), N - произведением ширины и высоты входного изображения;

• Третий цикл (строки 15-28) используется для вычисления значений взвешенной дисперсии внутри класса $\sigma_b^2(t)$, он имеет сложность операций O(max_intensity+ 1); и наконец,

• Четвертый цикл, чтобы определить выходное изображение (строки 29-33), требует O(N) операций.

Таким образом, вся реализация C ++ для алгоритма Оцу включает операции O (max_intensity + N)то есть он является линейным по числу пикселей во входном изображении.

Этот алгоритм имеет ясный статистический смысл и, как показывает практика, является эффективным и устойчивым способом определения адаптивного порога для бинаризации бимодальных изображений.

2.4. Метод скользящего среднего

В статистике скользящее среднее (скользящее среднее или среднее среднее) представляет собой расчет для анализа точек данных путем создания ряда средних значений разных подмножеств полного набора данных. Он также называется движущимся средним (ММ) или средним числом прокатки и является типом фильтра конечной импульсной характеристики. Вариации включают: простые и кумулятивные или взвешенные формы.

Учитывая серию чисел и фиксированный размер подмножества, первый элемент скользящей средней получается путем усреднения исходного фиксированного подмножества рядов чисел. Затем подмножество

модифицируется «сдвигом вперед»; т. е. исключая первое число серий и включающее следующее значение в подмножестве.

Скользящее среднее обычно используется с данными временных рядов для сглаживания кратковременных колебаний и выделения долгосрочных тенденций или циклов. Порог между краткосрочными и долгосрочными зависит от приложения, и параметры скользящей средней будут установлены соответствующим образом. Например, он часто используется в техническом анализе финансовых данных, таких как цены на акции, доходы или объемы торгов. Он также используется в экономике для изучения валового внутреннего продукта, занятости или других макроэкономических временных рядов. Математически скользящее среднее является типом свертки, поэтому его можно рассматривать как пример фильтра нижних частот, используемого при обработке сигналов. При использовании с данными, не относящимися к временным рядам, скользящее среднее фильтрует высокочастотные компоненты без какого-либо конкретного соединения со временем, хотя обычно подразумевается какой-то порядок. Проще говоря, это можно рассматривать как сглаживание данных [46].

Простое скользящее среднее, определяемое как среднее арифметическое значение, вычисляется по следующей формуле, при условии, что$\boldsymbol{m}$— нечетное число:

$$\mathrm{y}_t = \frac{1}{\mathrm{m}} \sum_{i=t-\mathrm{p}}^{t+\mathrm{p}} \mathrm{y}_i, (2.1)$$

где y — фактическое значение 1-го уровня; $\boldsymbol{m}$ — число уровней, входящих в интервал сглаживания ($m = 2p + 1$); y_t— текущий уровень ряда динамики;i— порядковый номер уровня в интервале сглаживания; p — при нечетном $\boldsymbol{m}$ имеет значение $p = (\boldsymbol{m} - 1)/2$.

Интервал сглаживания, т.е. число входящих в него уровней $\boldsymbol{m}$, определяют по следующим правилам. Когда необходимо сгладить

незначительные, беспорядочные колебания, интервал сглаживания берут большим, если же требуется сохранить более незначительные колебания и освободиться, лишь от периодически повторяющихся выбросов — интервал сглаживания обычно уменьшают.

Если используемые данные не сосредоточены вокруг среднего значения, простая скользящая средняя отстает от последней точки отсчета на половину ширины выборки. Скользящее среднее также может быть непропорционально подверженному удалению старых точек данных или появлению новых данных. Одна из характеристик скользящего среднего заключается в том, что если данные имеют периодическую флуктуацию, то применение скользящего среднего этого периода устранит эту вариацию (среднее значение всегда содержит один полный цикл). Но совершенно регулярный цикл встречается редко.

Для ряда приложений выгодно избегать сдвига, вызванного использованием только «прошлых» данных. Следовательно, можно вычислить центральное скользящее среднее, используя данные, равномерно распределенные по обе стороны от точки в серии, где вычисляется среднее значение. Для этого требуется использование нечетного числа точек привязки в окне образца.

Практика показывает, что метод простого скользящего среднего позволяет выработать объективную стратегию и четко определенные правила. Именно поэтому данный метод положен в основу многих компьютерных систем.

Глава 3. Апробация программного продукта и сравнительный анализ полученных результатов с контрольными

3.1. Поиск экспериментальных данных

На рисунке 14 показаны гистограммы распределения величины плотности клеточной стенки для двух видов хвойных.

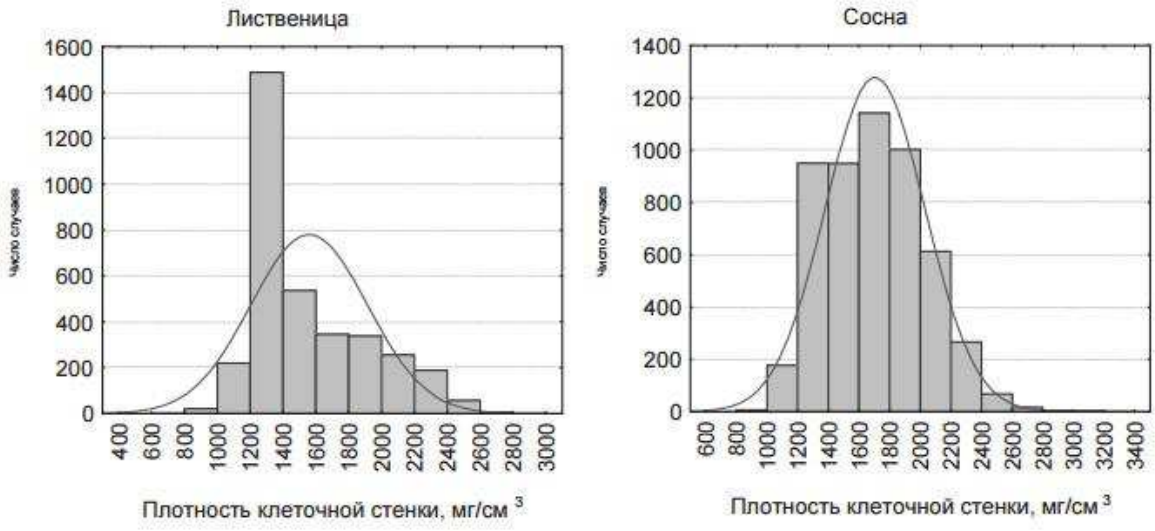


Рисунок 14 — Гистограммы распределения плотности стенок

Известно, что плотность клеточной стенки годичных колец хвойных имеет величину около 1,4 – 1,5 г/см3 (Haygreen, 1989) для клеток годичного кольца. На рисунке 8 видно, что измеренная плотность клеточной стенки варьирует в широких пределах, превышающих её абсолютную погрешность измерения. Максимальные значения могут достигать величин, сопоставимых с плотностью алюминия (2,7 г/см3).

Основные статистические характеристики плотности клеточной стенки древесины

Порода	Номер дерева	$P_{ж}$, мг/см^3	$\Delta P_{ж}$, мг/см^3	min $P_{ж}$, мг/см^3	max $P_{ж}$, мг/см^3	Кол-во клеток	σ
Лиственница	11	1494,15	11,9	891,1	2391,7	578	285,16
	22	1583,8	14,3	906,9	2702,13	761	394,6
	62	1465,3	11,6	781	2448,6	661	298,3
	121	1540,19	11,9	941,2	2661	754	327,4
	131	1661,8	15	986,9	2718,4	704	398,8
Сосна	51	1640,9	9,4	908,4	2584,2	1066	308,18
	61	1577,4	9,4	1049,7	2308,13	710	249
	81	1758,2	7,6	996,4	2596,6	1123	254,3
	112	1763,8	8,8	1030,6	2971	1480	338
	121	1813,2	9,7	1075,4	3145,4	1230	340,2

Примечание: $P_{ж}$ - средняя плотность клеточной стенки, $\Delta P_{ж}$ - стандартная ошибка средней плотности клеточной стенки, min $P_{ж}$ и max $P_{ж}$ - минимальная и максимальная плотность клеточной стенки, σ - среднеквадратическое отклонение.

Рисунок 15 — Таблица основных статистических характеристик плотности клеточной стенки древесины

Средняя величина плотности клеточных стенок в целом (рисунок 16) не сильно отличается от принятых значений для годичных колец лиственницы, но для годичных колец сосны уже заметно различие, хотя оно и не достигает критических значений, сопоставимых с плотностью металла. Как показал анализ полученных данных, существует определённая закономерность в распределении плотности клеточных стенок внутри годичныхколец, что и обусловливает вид частотного распределения на рисунке 15. Для обеих пород характерны высокие значения плотности клеточных стенок для ранней древесины и слегка заниженные для поздней зоны годичного кольца (рисунок 17).

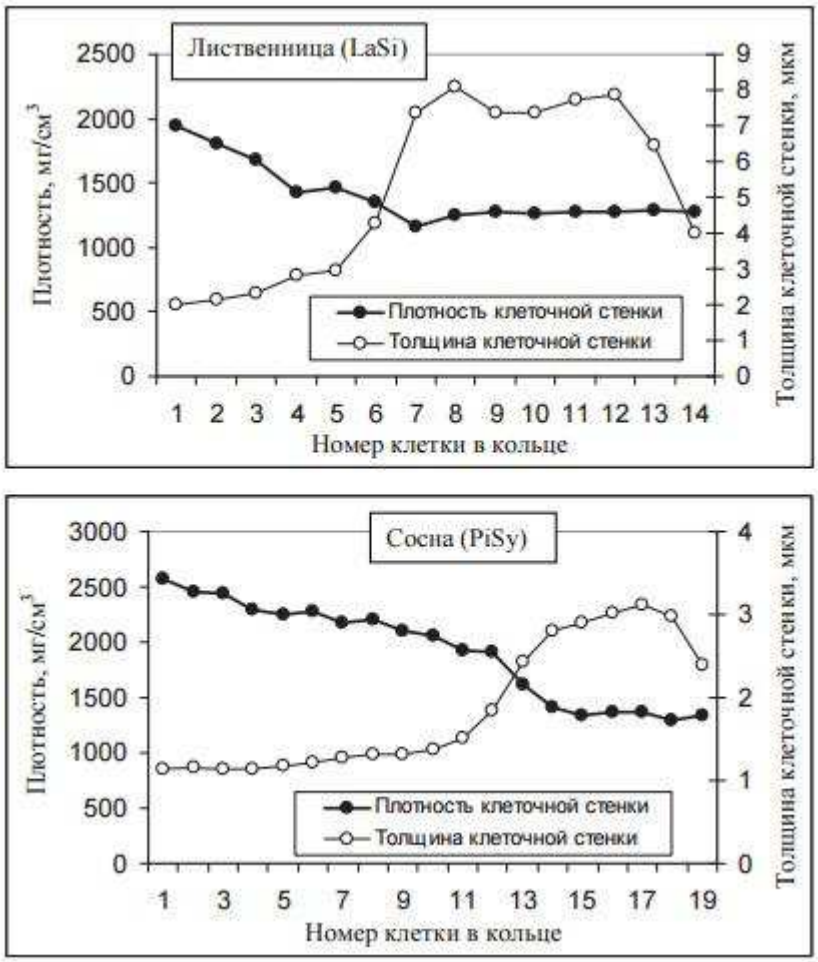


Рисунок 16 — Плотность и толщина клеточной стенки внутри годичного кольца лиственницы и сосны

В то же время в годичных кольцах сосны высокие плотности клеточных стенок иногда можно встретить в любой зоне годичного кольца. Данная закономерность хорошо прослеживается в связи с толщиной клеточной стенки. На рисунке 17 показан ход изменения толщины клеточной стенки. Видно, что графики плотности клеточной стенки находятся в противофазе с графиками толщины клеточной стенки. Резкое увеличение частоты встречаемости плотности клеточной стенки у лиственницы в диапазоне от 1200 – 1400 мг/см3 (рисунок 15) вызвано значительной долей поздней древесины в годичных кольцах лиственницы, для клеток которых характерны именно такие значения плотностей. В годичных кольцах сосны (рисунок 15) распределение плотности близко к нормальному, поскольку доля клеток поздней древесины небольшая, и

это сместило среднее значение плотности клеточной стенки в более высокую область. Факт связи плотности клеточной стенки с её толщиной хорошо прослеживается на рисунок 18. Интересной особенностью связи плотности клеточной стенки с толщиной клеточной стенки является то, что она одинакова для разных видов хвойных, несмотря на значительные различия в размерах структурных элементов годичных колец [3].

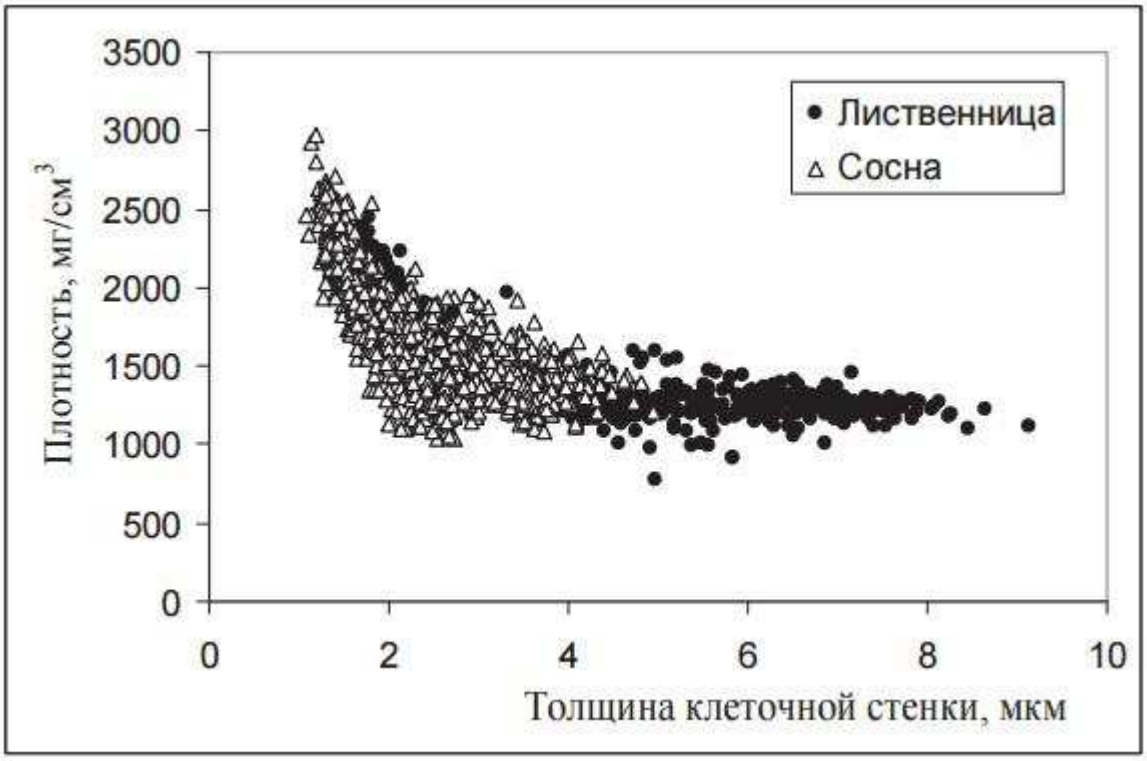


Рисунок 17 — Связь плотности клеточной стенки с её толщиной

С помощью разработанной информационной системы строим графики, отображающие ход изменения величины двойной стенки и радиуса люмена клетки (рисунок 18, рисунок 19). Сравнивая графики, мы видим, что разработанная информационная система дает очень точный результат вычислений.

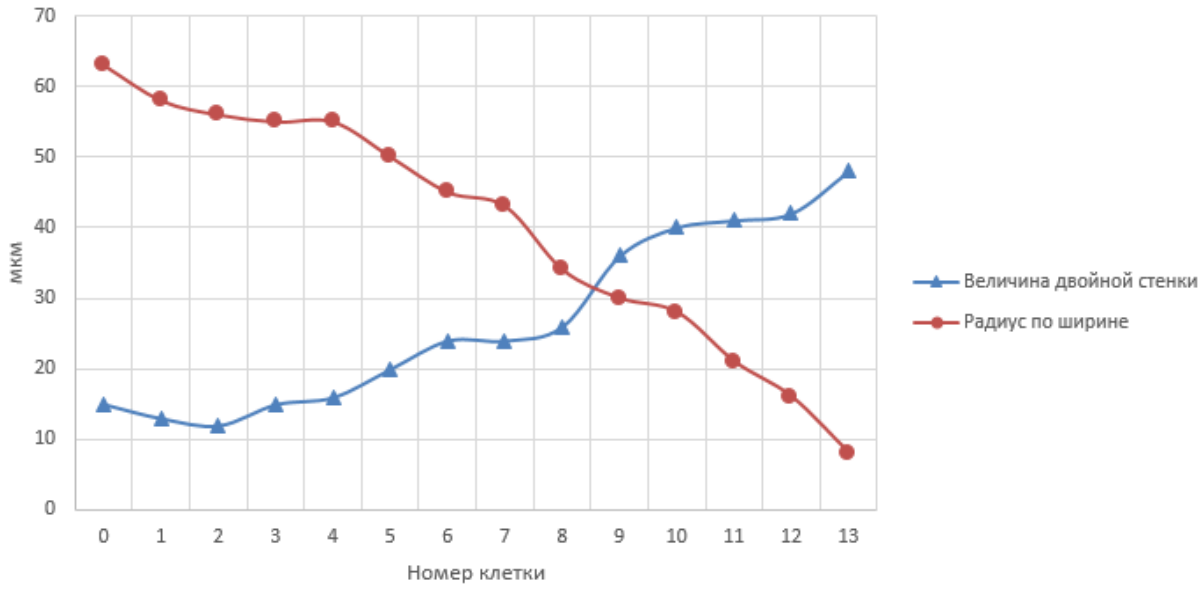


Рисунок 18 — Плотность и толщина клеточной стенки внутри годичного кольца лиственницы

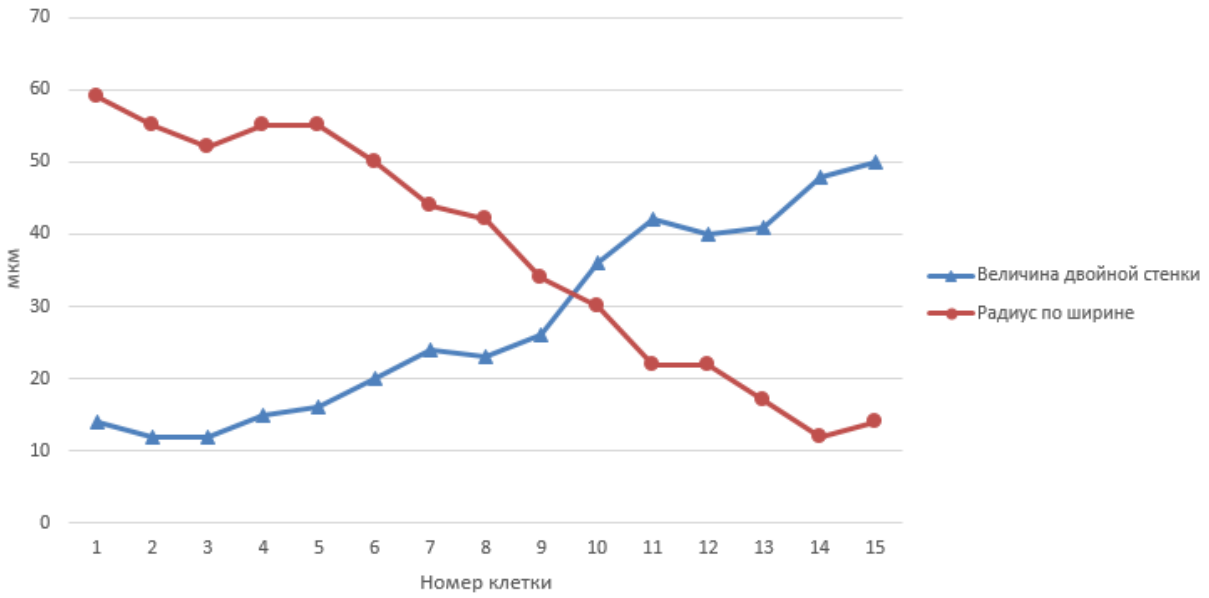


Рисунок 19 — Плотность и толщина клеточной стенки внутри годичного кольца сосны

3.2. Обзор программного продукта

Программный продукт реализован на языке программирования C++, с помощью библиотеки OpenCV.

C++ — компилируемый, статически типизированныйязык программированияобщего назначения. Применяемые парадигмы: процедурное программирование, объектно-ориентированное программирование, обобщённое программирование. Язык имеет общирную стандартную библиотеку, в которую включены распространённые контейнеры и алгоритмы, регулярные выражения поддержку многопоточности, ввод-вывод и другие возможности. C++ сочетает свойства как высокоуровневых, так и низкоуровневых языков. Широко используется для разработки программного обеспечения и является одним из самых популярных языков программирования. Применяется при создании операционных систем, драйверов устройств, разнообразных прикладных программ, высокопроизводительных серверов, а также приложений для встраиваемых систем. Существует множество реализаций языка C++, как бесплатных, так и коммерческих и для различных платформ. Например, наплатформе x86 это GCC, Visual C++, Intel C++ Compiler, Embarcadero (Borland) C++ Builder идругие. C++ повлиял на другие языки программирования, в первую очередь на Java и C#.

Синтаксис C++ похож на язык C. Одним из принципов разработки было сохранение совместимости с C. Тем не менее, C++ не является в строгом смысле надмножеством C, множество программ, которые могут одинаково успешно транслироваться как компиляторами C, так и компиляторами C++, довольно велико, но не включает все возможные программы на C.

OpenCV— библиотека алгоритмовкомпьютерного зрения, для обработки изображенийи численных алгоритмов общего назначения соткрытым кодом. Реализована с помощью языка программирования — C/C++. Может свободно использоваться в академических и коммерческих целях — распространяется в условиях лицензии BSD [61].

При открытии программы появляется окно рабочей области. Для работы необходимо загрузить изображение, программа позволяет загружать изображения определенного формата, а именно jpg. Помимо формата, есть ограничения на имя изображения, оно не должно содержать русских букв, а также в пути к изображению тоже должны отсутствовать русские буквы.

При открытии программы появляется окно рабочей области. Для работы необходимо загрузить изображение, программа позволяет загружать изображения определенного формата, а именно jpg. Помимо формата, есть ограничения на имя изображения, оно не должно содержать русских букв, а также в пути к изображению тоже должны отсутствовать русские буквы.

После загрузки изображение появится в рабочей области программы, где мы можем изменять масштаб изображения, поворачивать его с помощью скроллбара (рисунок 20).

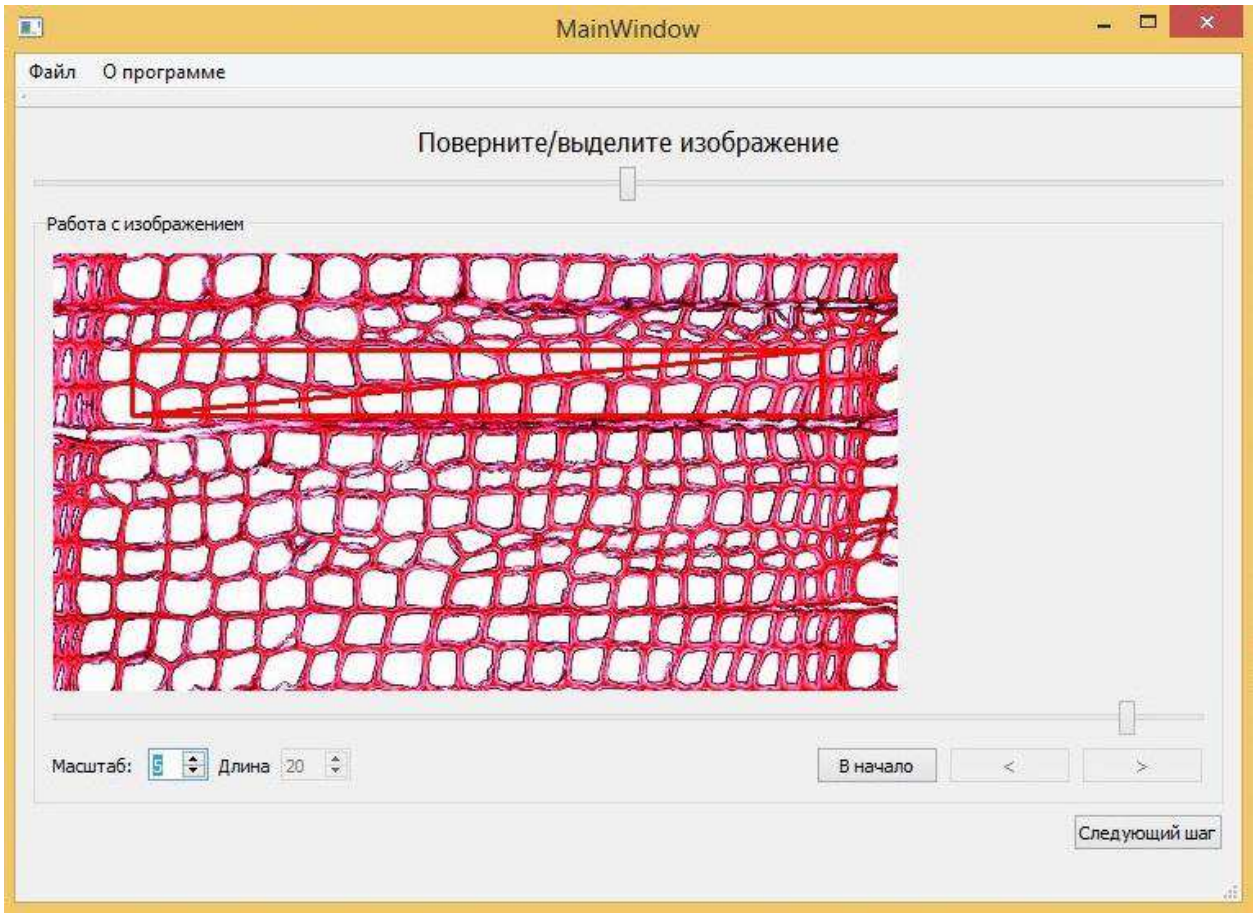


Рисунок 20 — Рабочая область программы

После выравнивания изображения, можно либо использовать далее всё изображение, либо выделить определенную область (рисунок 21). Если выделенная область будет слишком узкой, в следствие этого данные графика будут некорректны, для устранения этой проблемы используется метод скользящего среднего описанный выше для равномерного сглаживания диаграммы.

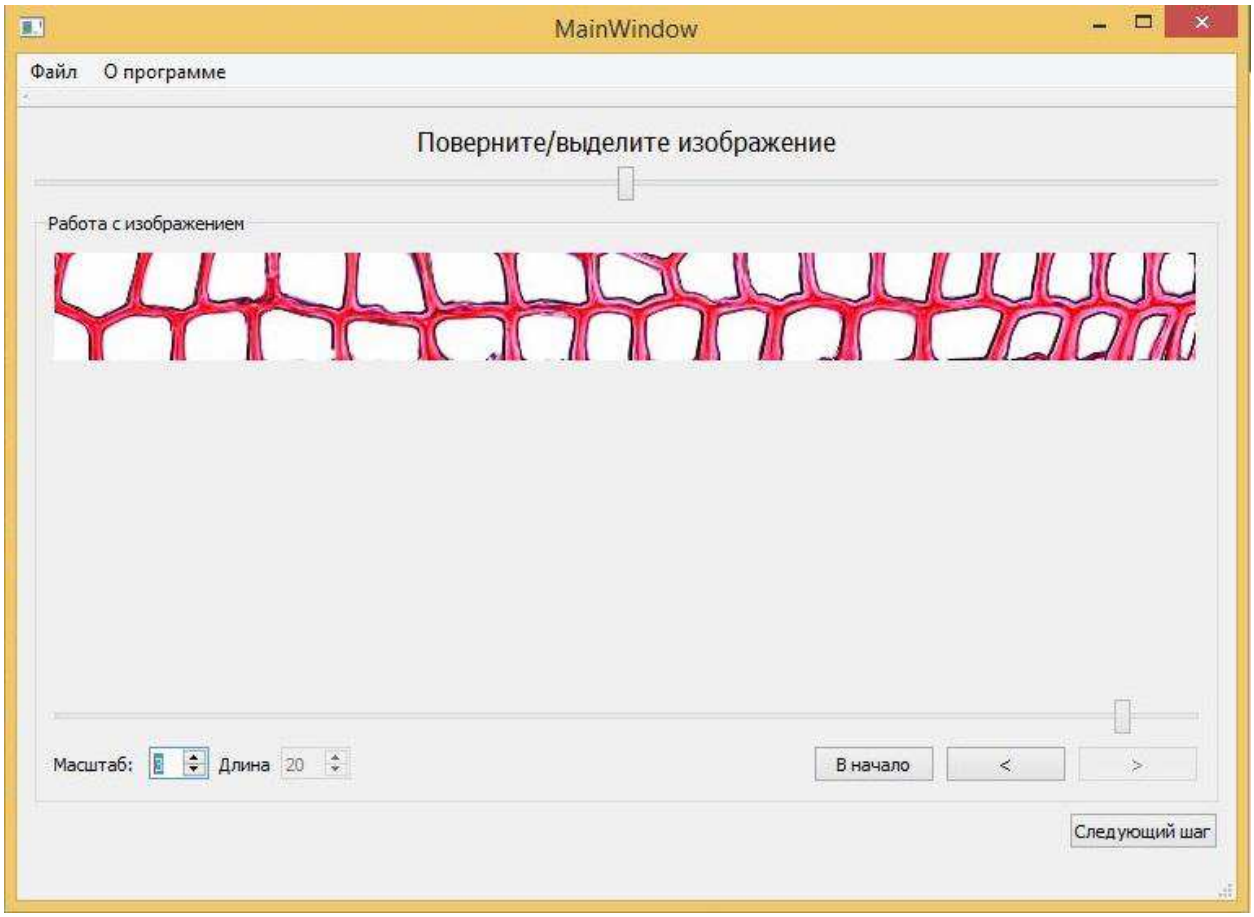


Рисунок 21 — Выделенная зона изображения

При следующем шаге происходит обработка изображения, фильтрация, наложения масок применение морфологии и бинаризация изображения с помощью метода Оцу описанного выше. Далее мы видим в рабочей области уже обработанное изображение, на данном этапе мы можем изменять измеряемый промежуток вручную (рисунок 22).

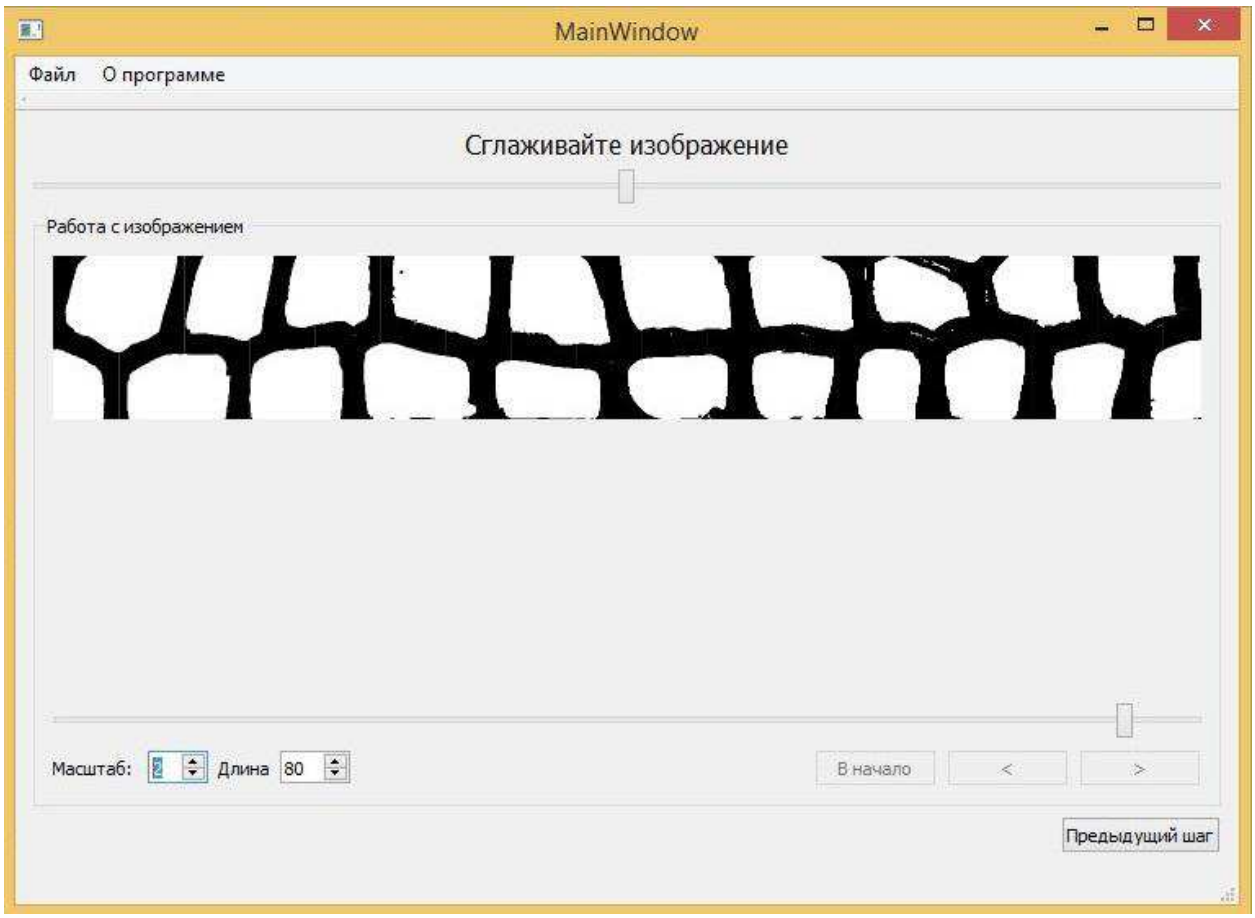
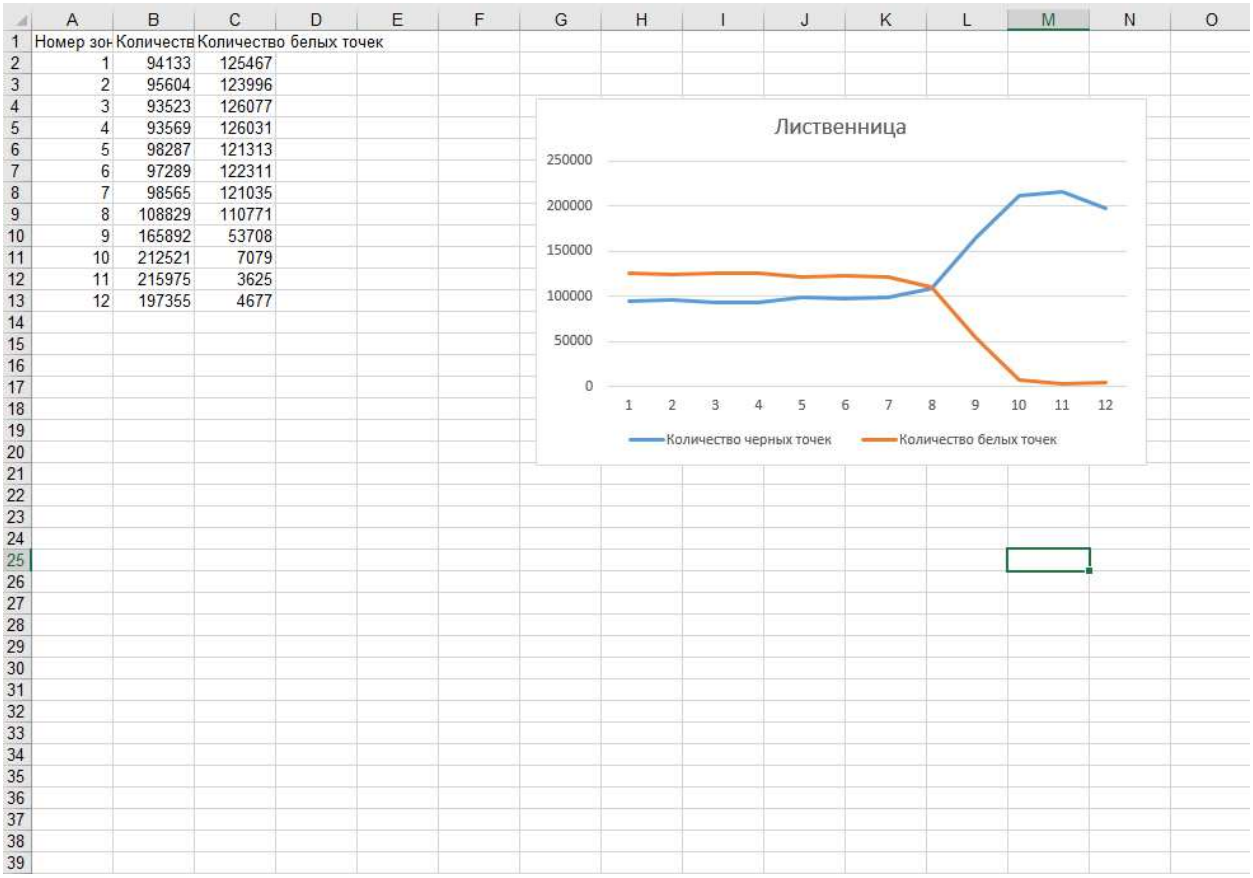


Рисунок 22 — Обработанное изображение

После того как все параметры выставлены переходим к выгрузке данных. Данные импортируются в файл Excel, с возможностью выбрать директорию для сохранения и имя файла. Рекомендуется не использовать русские буквы.

В файле содержится таблица из трех столбцов: «Номер зоны» (номер шага), «Количество черных точек», «Количество белых точек». По этим данным строим диаграмму для получения наглядного результата работы программы (рисунок 23).



	A	B	C
1	Номер зон	Количеств	Количество белых точек
2	1	94133	125467
3	2	95604	123996
4	3	93523	126077
5	4	93569	126031
6	5	98287	121313
7	6	97289	122311
8	7	98565	121035
9	8	108829	110771
10	9	165892	53708
11	10	212521	7079
12	11	215975	3625
13	12	197355	4677

Рисунок 23 — Результат в Excel

3.3. Экспериментальные данные

В данном параграфе мы рассмотрим результаты работы программы с различными снимками. На рисунке 24 изображена выделенная зона снимка годичных колец кедра, обработанный бальзамом. Далее на рисунке 25 представлен результат работы программы. Построен график для нахождения точки схождения и последующего анализа влияния различных условий внешней среды на плотностные характеристики годичных колец хвойных деревьев.

Ниже на рисунках 26, 28 также изображены выделенные зоны снимков годичных колец хвойных деревьев, обработанных различным реагентом, результат работы программы к этим выделенным зонам представлен на рисунках 27, 29 соответственно. На рисунке 30 для анализа было выделено все изображения. Как показывает график построенный по всему изображению

(рисунок 31), наилучшем вариантом работы с программой является выделение зон, для того что бы избежать появления нескольких точек схождения.

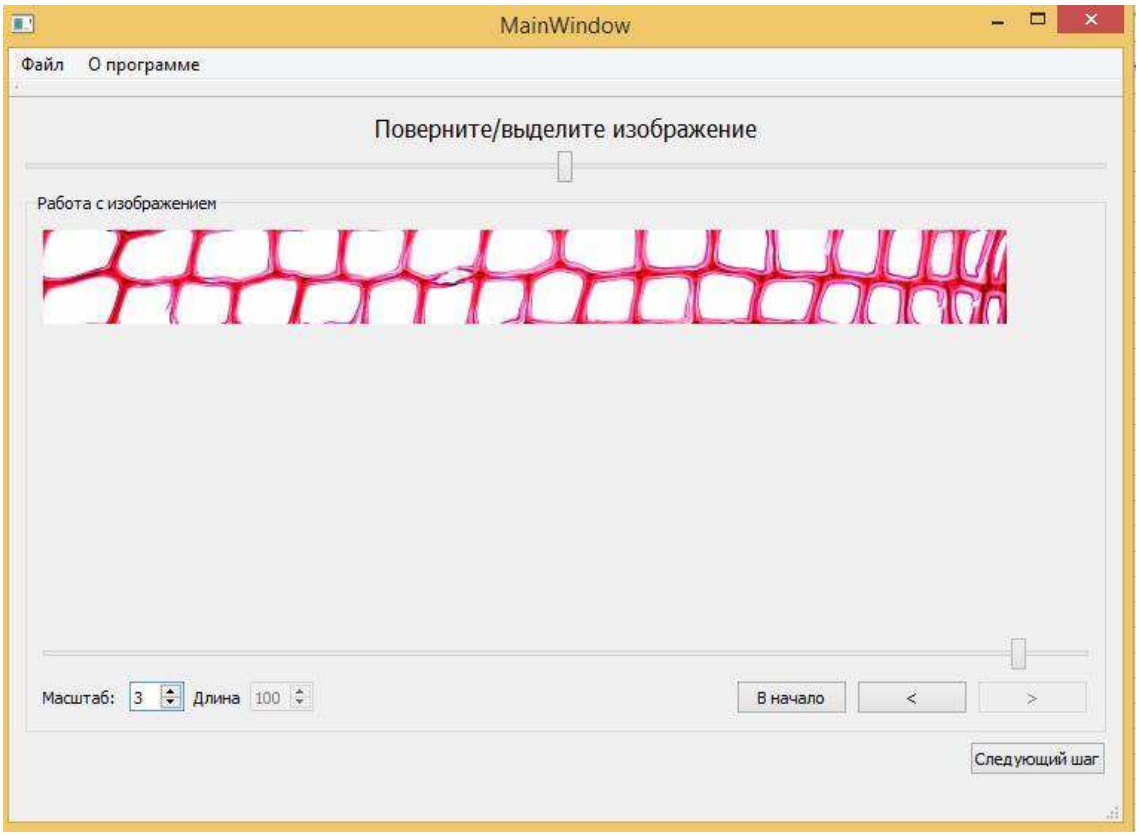


Рисунок 24 — Снимок годичных колец кедра обработанный бальзамом

Рисунок 25 — Диаграмма плотности годичных колец кедра

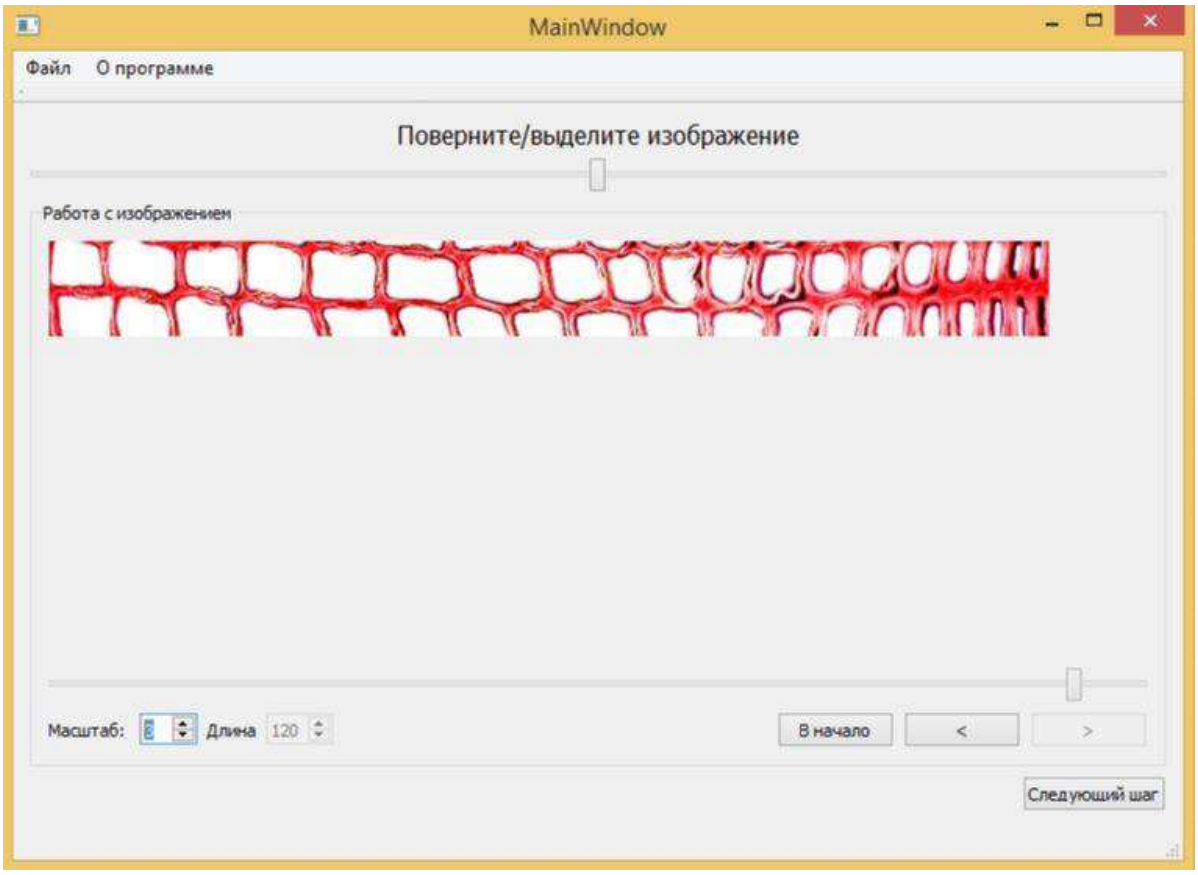


Рисунок 26 — Снимок годичных колец пихты обработанный глицерином

Рисунок 27 — Диаграмма плотности годичных колец пихты

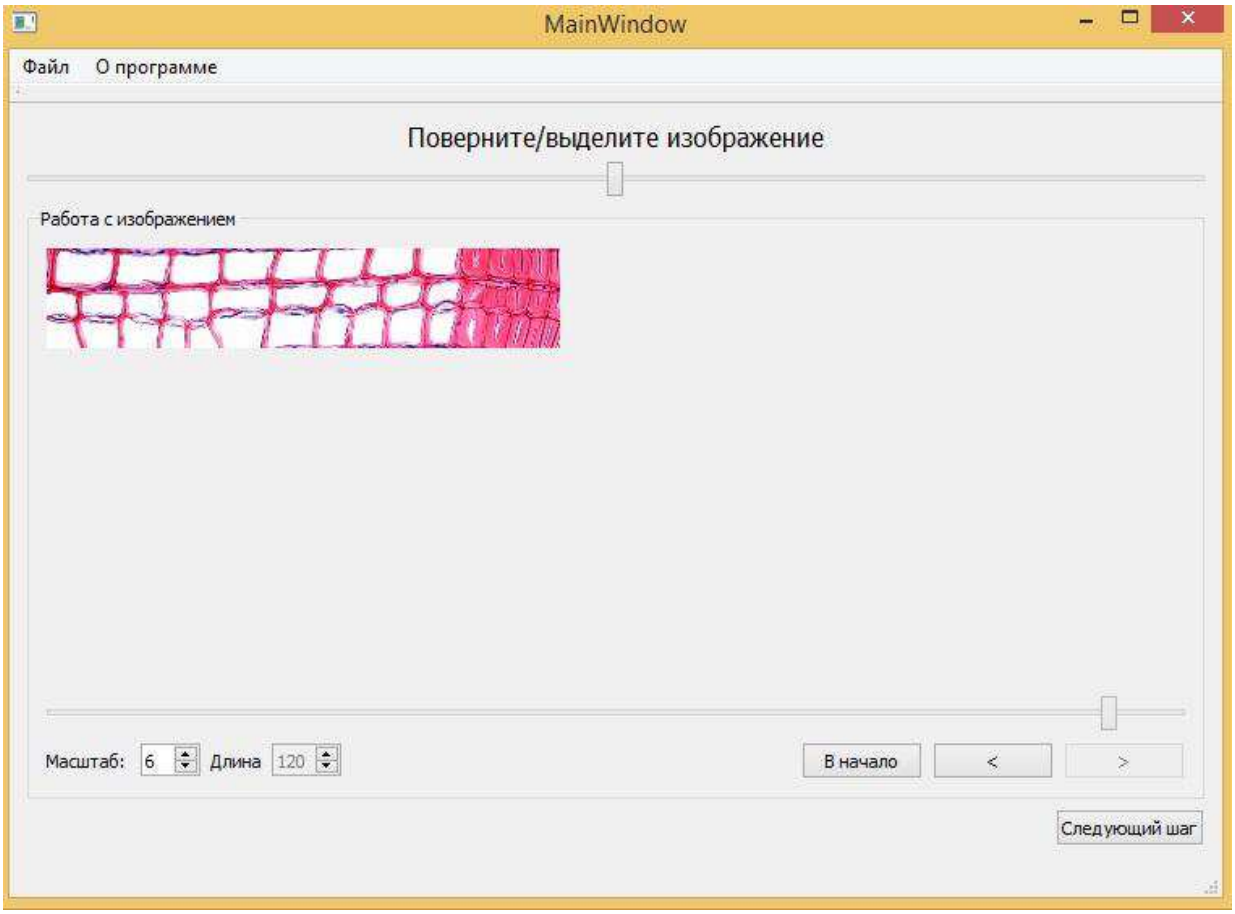


Рисунок 28 — Снимок годичных колец лиственницы обработанный бальзамом.

Рисунок 29 — Диаграмма плотности годичных колец лиственницы

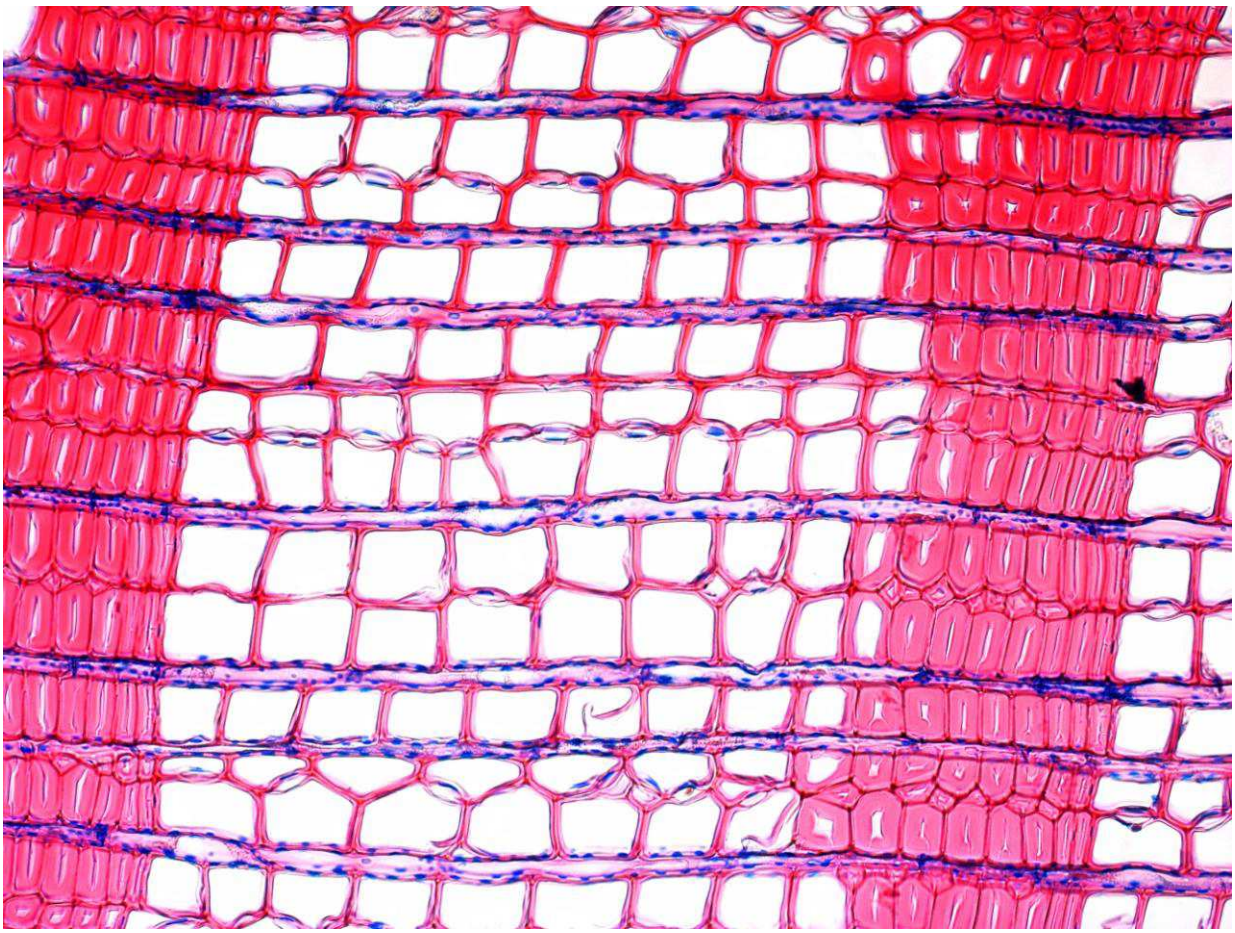


Рисунок 30 — Снимок годичных колец лиственницы обработанный бальзамом

Рисунок 31 — Снимок годичных колец лиственницы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой главе рассмотрена предметная область, выявлены проблемы и актуальность по выбранной теме научного исследования.

Главной проблемой распознавания заключается в том, что имеющиеся аппаратные комплексы не могут с требующейся точностью распознавать структурные параметры годичных колец, что ставит под вопрос обоснованность любых выводов, полученных в ходе исследования.

Актуальность темы «Разработка информационной системы анализа плотностных характеристик годичных колец хвойных деревьев» заключается в том, разработан программный продукт, позволяющий измерять плотностные характеристики деревьев хвойных пород на основе пиксельного анализа фотоснимков что позволит сократить временные рамки получения результатов, сократить материальные затраты, увеличить скорость выполнения обработки данных.

Так же в первой главе с помощью электронной библиотеки eLIBRARY.RUбыли найдены и рассмотрены научные публикации, соответствующие данной теме. Были выделены две под темы и по которым найдены публикации взятые для более глубокого изучения темы.

Во второй главе описаны методы обработки графических изображений. Выделен отдельный параграф под описание метода Оцу, так как он был выбран для анализа изображения.

В третьей главе представлен программный продукт, разработанный в ходе выполнения магистерской диссертации, проведена апробация программного продукта и сравнительный анализ полученных результатов с контрольными.

Итогом магистерской диссертации, стала готовая к использованию информационнаясистема, предназначенная для анализа плотностных характеристик годичных колец хвойных деревьев. Данные полученные в результате работы с информационной системы коррелируются с

традиционными методами и используются для анализафакторов, оказывающих влияние на сезонный рост деревьев, сезонная кинетика роста и формирования годичных колец хвойных деревьев, а также влияние внешних условий на дифференцировку ксилемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Силкин П. П. Методы многопараметрического анализа структуры годичных колец хвойных: монография/П. П. Силкин – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010. – 335 с.

2. Ваганов Е.А. Механизмы и имитационная модель формирования структуры годичных колец у хвойных /Е.А. Ваганов //Лесоведение. – 1996. – № 1. – С.3-15.

3. Ваганов Е.А. Значение раннелетней температуры и сроков схода снежного покрова для роста деревьев в субарктической зоне Сибири /Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов, П.П. Силкин //Лесоведение. – 1999. – №6. – С.3-14.

4. Ваганов Е.А. Погодные условия и структура годичного кольца: имитационная модель трахеидограммы /Е.А. Ваганов, И.В. Свидерская, Е.Н. Кондратьева // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С.37-45.

5. Ваганов Е.А. Фотометрический анализ структуры годичных слоёв древесины хвойных /Е.А. Ваганов, В.В. Спиров, И.А. Терсков //Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. – 1972. – Вып. 1. – №5. – С.132-138.

6. Ваганов Е.А. Анализ роста дерева по структуре годичных колец /Е.А. Ваганов, И.А. Терсков. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. - 93 с.

7. Ваганов Е.А. Рост и структура годичных колец хвойных /Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин. – Новосибирск: Наука, 2000. – 214 с.

8. Ваганов Е.А. Сезонный рост и формирование годичных колец: кинетический подход и имитационное моделирование /Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин, И.В. Свидерская //Биофизика клеточных популяций и надорганизменных систем. – Новосибирск: Наука. – 1992. – С.140-150.

9. Ваганов Е.А. Гистометрический анализ роста древесных растений /Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин, И.В. Свидерская, Л.Г. Высоцкая. – Новосибирск: Наука, 1985. – 104 с.

10. Ваганов Е.А. Дендрохронологическиеметодыв изучении истории климата Сибири /Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов //Проблемы реконструкции

климата и природной среды голоцена и плейстоцена Сибири. – Новосибирск, 1998. – С.56-63.

11. Ваганов Е.А. Роль дендроклиматических и дендрогидрологических исследований в разработке глобальных и региональных экологических проблем (на примере азиатской части России) /Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов //Сиб. экол. журн. – 1999. – Т. VI. – № 2. – С.111-115.

12. ВагановЕ.А. ДендроклиматическиеисследованиявУрало-Сибирской Субарктике /Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. – Новосибирск: Наука. Сиб. изд. РАН, 1996. – 324 с.

13. Воднев В.Т. Основные математические формулы /В.Т. Воднев, А.Ф. Наумович, Н.Ф. Наумович; под ред. Ю.С. Богданова. – Минск: Вышэйш. Шк., 1988. – 268 с.

14. Высоцкая Л.Г. Анализ распределения трахеид по размерам в годичных кольцах сосен, растущих в различных по увлажнению условиях /Л.Г. Высоцкая, А.В. Шашкин, Е.А. Ваганов //Экология. – 1985. – № 1. – С.35-42.

15. Гольдин Л.Л. Лабораторные занятия по физике / Л.Л. Гольдин, Ф.Ф. Игошин, С.М. Козел; под ред. Л.Л. Гольдина. – М.: Наука, 1983. – 704 с.

16. Горшкова Т.А. Растительная клеточная стенка как динамичная система / Т.А. Горшкова. – М.: Наука, 2007. – 429 с.

17. Демьянов Н.Я. Органическая химия /Н.Я. Демьянов. – М: Сельхозгиз, 1944. – С.347-348.

18. Дюран Б. Кластерный анализ /Б. Дюран, П. Одел. – М.: Статистика, 1977. – 150 с.

19. Ершов Ю.А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд, А.З. Книжник. – М.: Высш. шк., 2007. – 559 с.

20. Зайдель А.Н. Ошибки измерений физических величин /А.Н. Зайдель. – Л.: Наука, 1974. – 106 с.

21. Золотарёв К.В. Сканирующий рентгенофлуоресцентный анализ для исследования распределения элементов в древесных кольцах /К.В. Золотарёв,

Е.Л. Гольдберг, В.И. Кондратьев, В.Б. Круглов //Современные достижения в исследованиях окружающей среды и экологии. – Томск: STT, 2004. – С.236-241.

22. Зуев В.В. Взаимосвязь долгопериодной изменчивости озонового слоя атмосферы с обусловленной УФ-Б воздействием изменчивости плотности древесины /В.В. Зуев, С.Л. Бондаренко //Оптика атмосферы и океана. – 2001. – Т.14. – №12. – С.1-4.

23. Зуев В.В. Комплексные исследования значимых откликов в годичных кольцах хвойных деревьев на воздействие солнечной УФ-В-радиации /В.В. Зуев, С.Л.Бондаренко, Н.Е.Зуева, П.П.Силкин, А.В.Шашкин, К.В.Золотарёв, А.В.Шапоренко //Оптика атмосферы и океана. – 2007. – Т.20. – №5. – С.438-442.

24. Зуев В.В. Реконструкция палеоповедения озонового слоя из дендрохронологических данных с использованиемспутниковых данных TOMS /В.В. Зуев, С.Л. Бондаренко //Исследования Земли из космоса. – 2002. – №6. – С.19-24.

25. Зуев В.В. Реконструкция многовекового хода общего содержания озона на основе дендрохронологических данных /В.В. Зуев, С.Л. Бондаренко //Докл. Академии наук. – 2003. – Т. 392. – № 5. – С.682-385.

26. Зуев В.В. О методике реконструкции изменений общего содержания озона с использованием дендрохронологических и спутниковых данных /В.В. Зуев, С.Л. Бондаренко //Современные достижения в исследованиях окружающей среды и экологии. – Томск: STT, 2004. – С .198-205. 45. Кларксон Д. Транспорт ионов и структура растительной клетки /Д. Кларксон. – М.: Мир, 1978. – 368 с.

27. Клеточная стенка древесины и её изменения при химическом воздействии. - Рига: ЗИНАТНЕ, 1972. – 511 с.

28. Козубов Г.М. Радиобиологические и радиоэкологические исследования древесных растений /Г.М. Козубов, А.И. Таскаев. – СПб.: Наука, 1994. – 256 с.

29. Дэвид Форсайт, Жан Понс. «Компьютерное зрение. Современный

подход. -М.: «Вильямс», 2004. -928 с.

30. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Цифровая обработка видеоизображений. -М.: «Ай-Эс-Эс Пресс», 2009. -518 с.

31. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. -М.: Наука, 1974. -416 с.

32. Фомин Я.А. Распознавание образов: теория и применения//2-е изд. -М.: ФАЗИС, 2012. -429 с.

33. Фомин Я.А., Тарловский Г.Р. Статистическая теория распознавания образов. -М.: Радио и связь, 1986. -624 с.

34. Чэн Ш.-К. Принципы проектирования систем визуальной информации. -М.: Мир, 1994. -408 с.

35. Ackerman E., Guizzo E. DARPA Robotics Challenge: Amazing Moments, Lessons Learned, and What's Next. IEEE Spectrum, June 11, 2015. //Электронный ресурс: http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/humanoids/darpa-robotics-challenge-amazing-moments-lessons-learned-whats-next

36. Atkeson C. G., Babu B.P.W., Banerjee N. et al. No falls, no resets: Reliable humanoid behavior in the DARPA robotics challenge. IEEE-RAS 15th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids), 2015 DOI: 10.1109/HUMANOIDS.2015.7363436

37. Herault J. Vision: Images, Signals and Neural Networks-Models of Neural Processing in Visual Perception. WorldScientific, 2010.

38. Ömer Faruk Ertuğrul. Adaptive texture energy measure method. International Journal of Intelligent Information System, 2014, no 3(2), pp. 13-18.

39. Pfeifer R., Lungarella M., Iida F. The Challenges Ahead for Bio-inspired 'Soft' Robotics. Communications of the ACM, November 2012, vol. 55, no. 11 DOI: 10.1145/2366316.2366335

40. Rosenzweig J., Bartl M. A Review and Analysis of Literature on Autonomous Driving. The Making of Innovation, October 2015//Электронныйресурс: http://www.michaelbartl.com/co-creation/wp-content/uploads/Lit-Review-AD_MoI.pdf

41. REEM-C: робототехнические исследования//Электронный ресурс: http://pal-robotics.com/ru/products/reem-c/

42. Сорокоумов П.С. Учебный проект робота, управляющего автомобилем. Открытое образование. 2017;(2):4-13 DOI: 10.21686/1818-4243-2017-2-4-13

43. Шепелев, К.В. Сравнение эффективности применения алгоритмов детектора движения и распознавания образов методом Виолы -Джонса к решению задачи подсчета посетителей/"Научное обозрение"/2016/№1//Саратов, Изд-во ООО «Буква», 2016 г.

44. Bradsky G., Kaehler A. Learning OpenCV -O'Reilly, 2008. -гл.9.4

45. OpenCV, документация, электронный ресурс, http://docs.opencv.org/modules/core/doc/intro.html

46. Шашков Б.Д., Шепелев К.В. Комбинированный метод детектирования и классификации движущихся объектов в системах видеонаблюдения/Естественные и технические науки/2017/№4//Москва, издательство «Спутник+»/2017 г.

47. Шапиро, Л. Компьютерное зрение /Л. Шапиро, Дж. Стокман. //пер.с англ. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. -752 с.

48. Чубаров, А.С. Применение компьютерного зрения на предприятиях агропромышленного комплекса /А.С. Чубаров. -Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии и их инновационные решения». -Рязань, 2013. -С. 280-281.

49. Логунова, О.С. Автоматизированная оценка качества непрерывнолитой заготовки /О.С. Логунова, Б.Н. Парсункин, В.Г. Суспицын - Сталь. -2004. -№ 12. -С. 101-104.

50. Кухарев, Г.А. Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии: монография. -СПб: Политехника, 2013. -388 с.

51. Viola, P. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features/P. Viola, M. Jones. -Computer Vision and Pattern Recognition, Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on (Volume: 1). -2001. -P. 511-518.

52. Распознавания лиц на групповых фотографиях с использованием алгоритмов /А.И. Шерстобитов //Известия ЮФУ. Технические науки. -2013 -С. 66-73.

53. Алгоритмы обработки изображений серных отпечатков в системе оценки качества непрерывнолитой заготовки /И.А. Посохов -Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. -2017. -131 с.

54. Преобразование Хафа. OpenCV щаг за шагом. -Режим доступа: http://robocraft.ru (27.10.2017).

55. Нахождение контуров и операции над ними. OpenCV щаг за шагом. -Режим доступа: http://robocraft.ru (27.10.2017).

56. Буняков В. А., Юревич Е. И. Техническое зрение в робототехнике. СПб.: Астерион, 2008. 67 с.

57. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Бондаренко А. В., Ососков М. В., Моржин А. В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. М.: Физматкнига, 2010. 672 с.

58. Mahtani A., Sanchez L., Fernandez E. Effective Robotics Programming with ROS. -Packt Publishing, 2016. 468 c.

59. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library. -O'Reilly Media, Inc., 2008.

60. Гудаев О. А. Распознавание маркеров расширенной реальности ARGET робототехнической системой//Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2006. Т. 71. № 16.

61. Arbelaez P., Maire M., Fowlkes C., Malik J. Contour detection and hierarchical image segmentation//IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2011. Т. 33. N 5. С. 898-916.

62. OpenCV 2.4.13.1 documentation -Structural Analysis and Shape Descriptors, электронныйресурс http://docs.opencv. org/2.4/modules/imgproc/doc/structural_analysis_and_shape_descriptors.html (датаобращения 31.01.2017).

63. Hu M. K. Visual pattern recognition by moment invariants//IRE transactions on information theory. 1962. Т. 8. N. 2. С. 179-187.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Слайды презентации

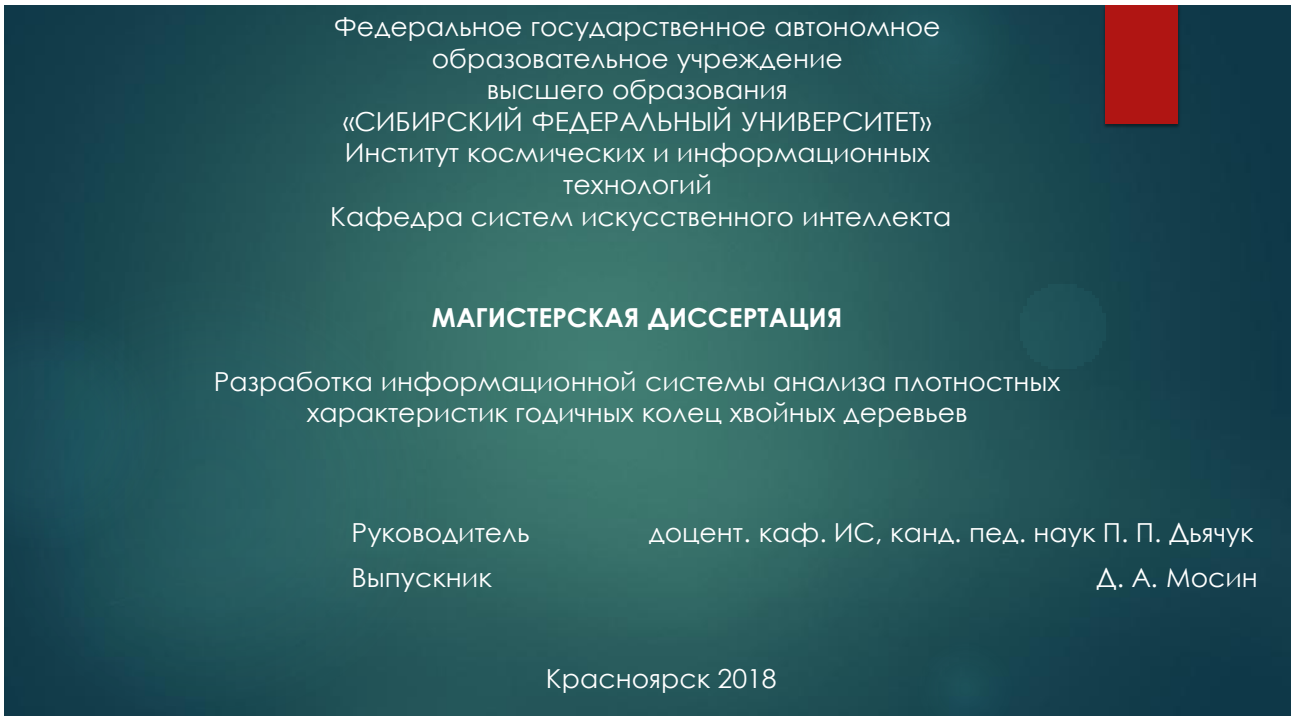


Рисунок А.1 — Слайд презентации № 1

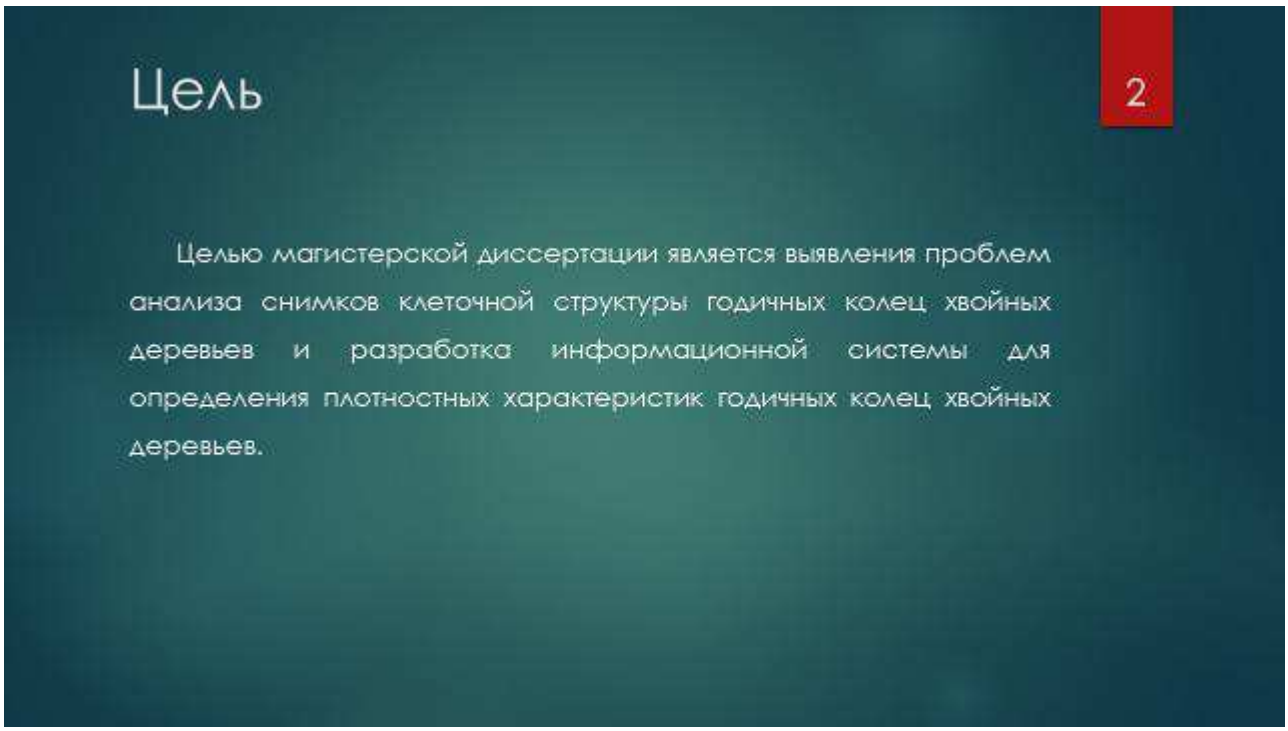


Рисунок А.2 — Слайд презентации № 2

Рисунок А.3 — Слайд презентации № 3

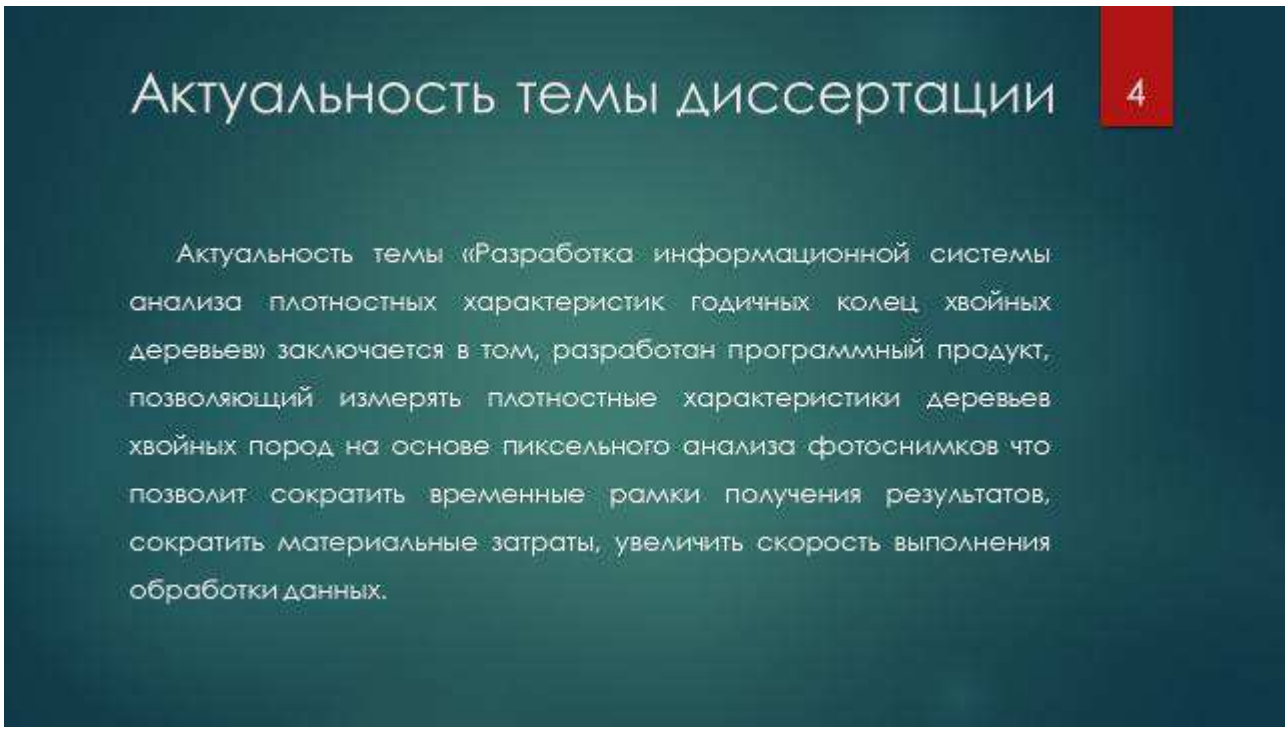


Рисунок А.4 — Слайд презентации № 4

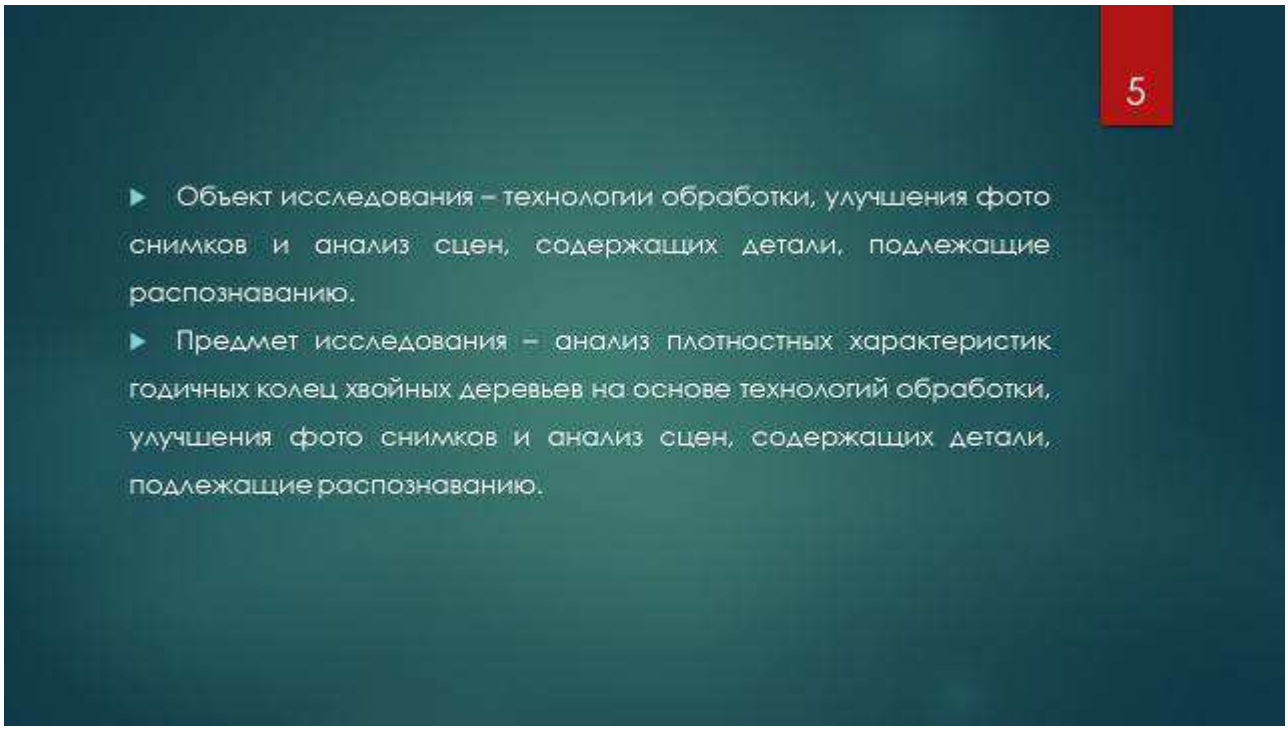


Рисунок А.5 — Слайд презентации № 5

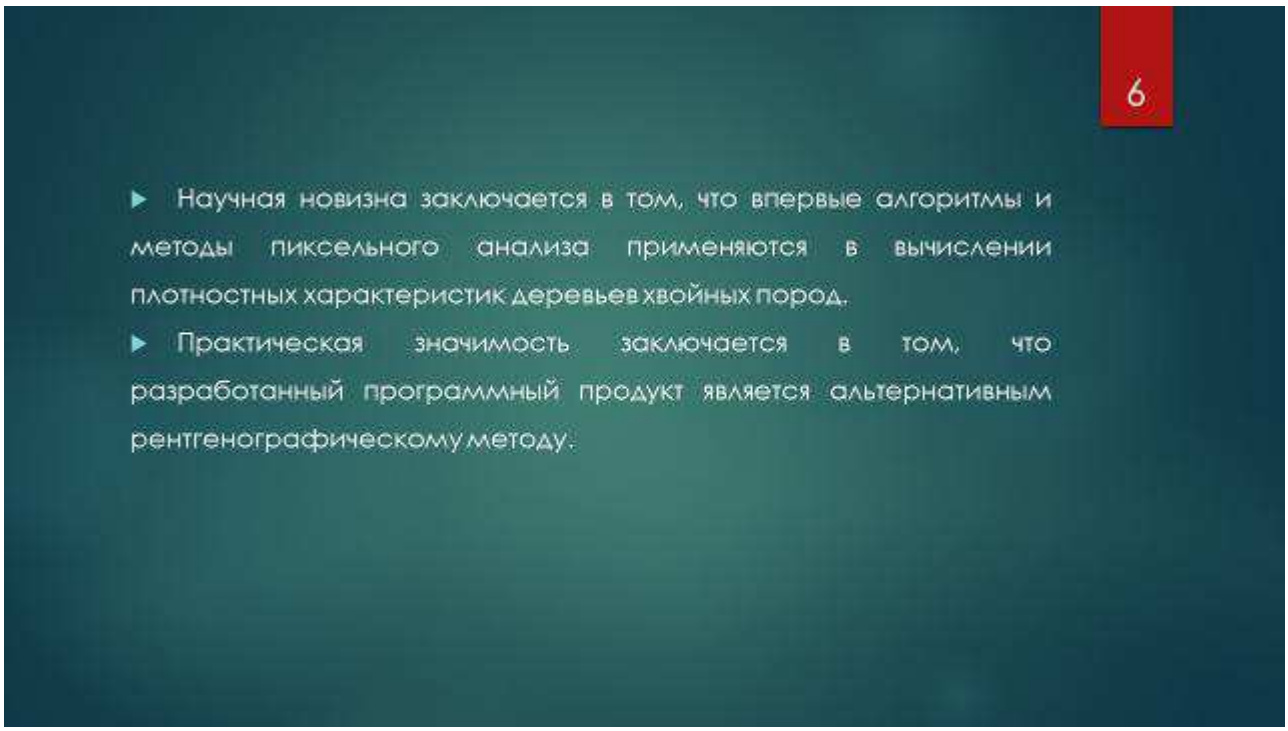


Рисунок А.6 — Слайд презентации № 6

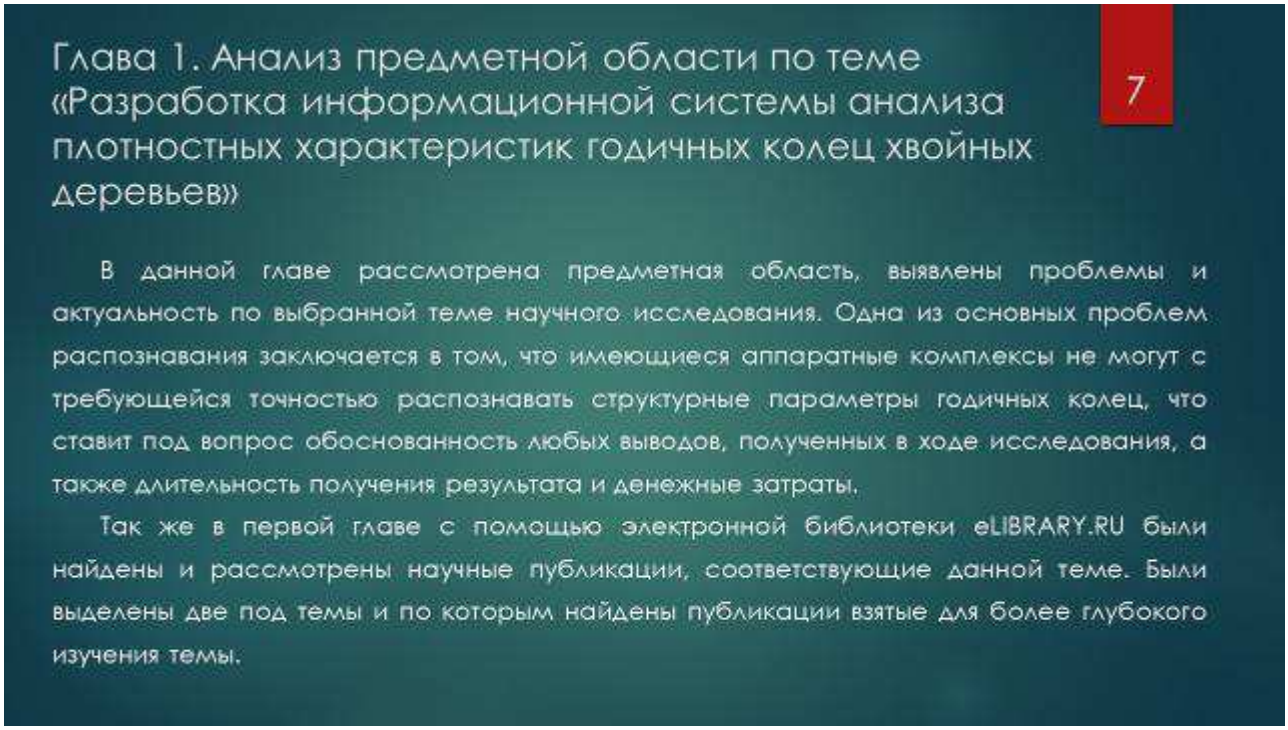


Рисунок А.7 — Слайд презентации № 7

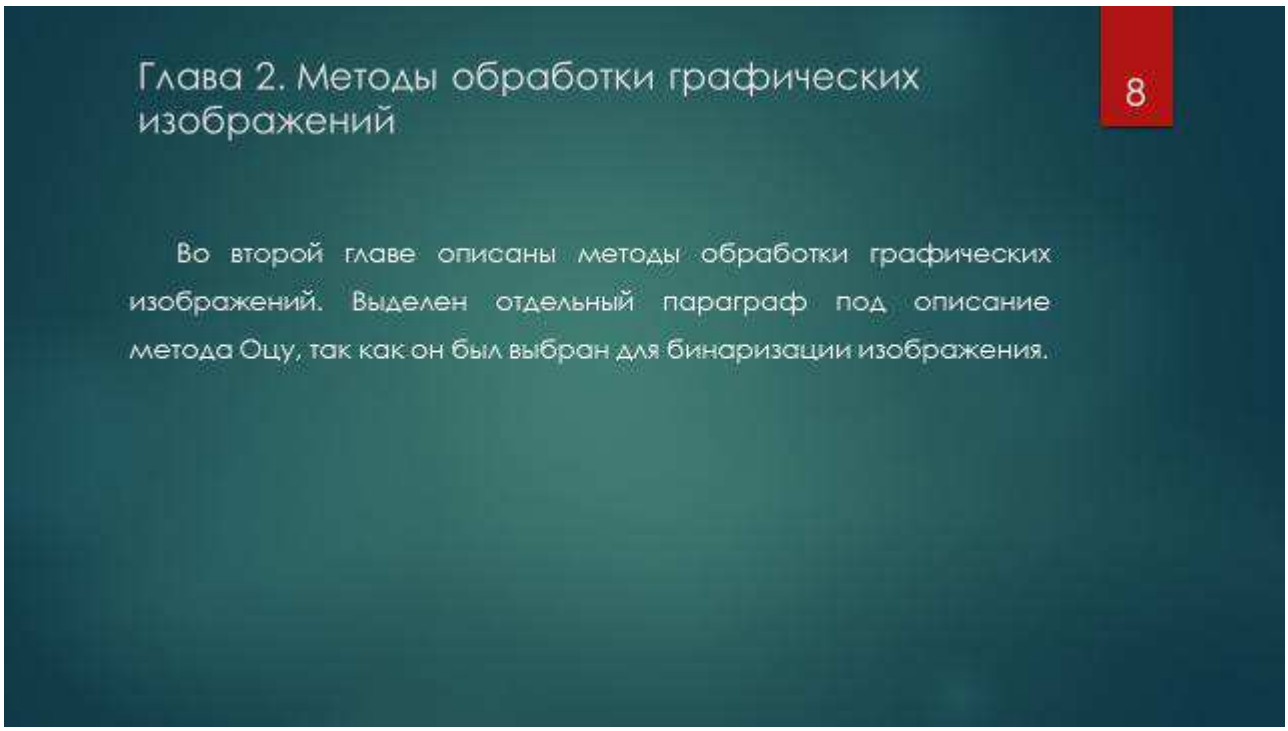


Рисунок А.8 — Слайд презентации № 8

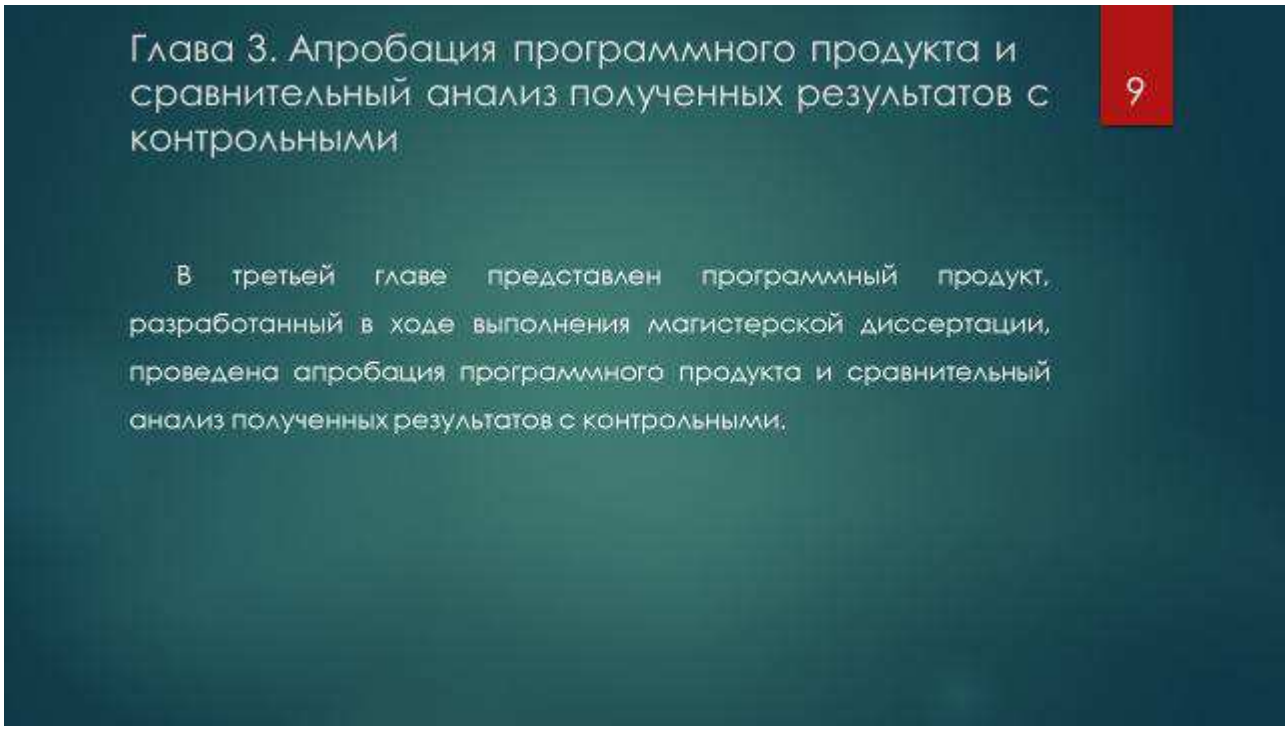


Рисунок А.9 — Слайд презентации № 9

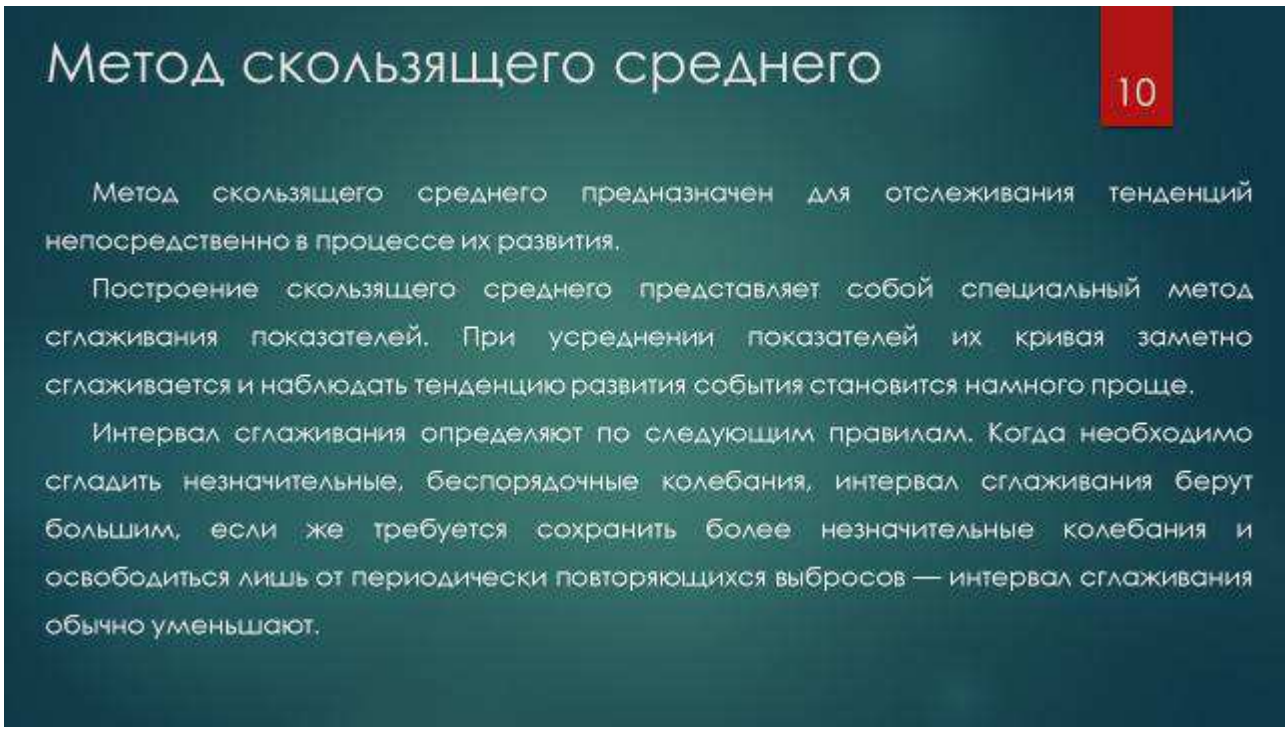


Рисунок А.10 — Слайд презентации № 10

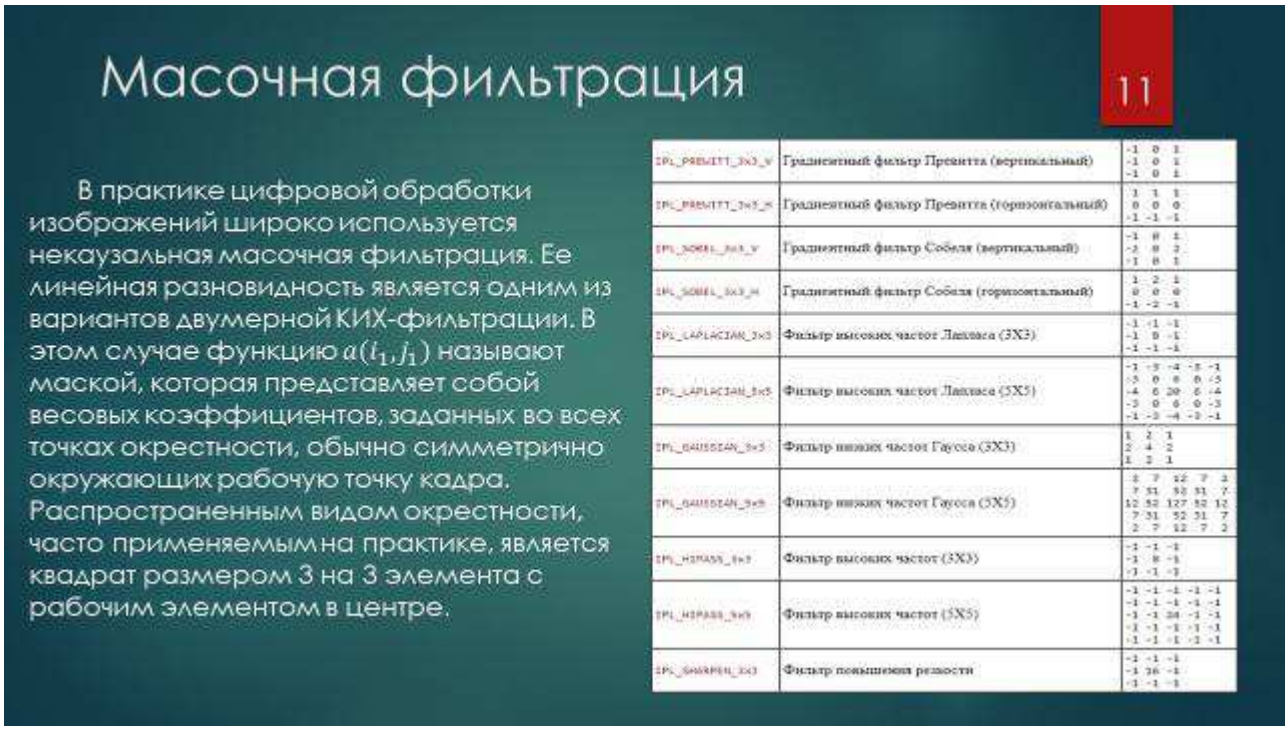


Рисунок А.11 — Слайд презентации № 11

Рисунок А.12 — Слайд презентации № 12

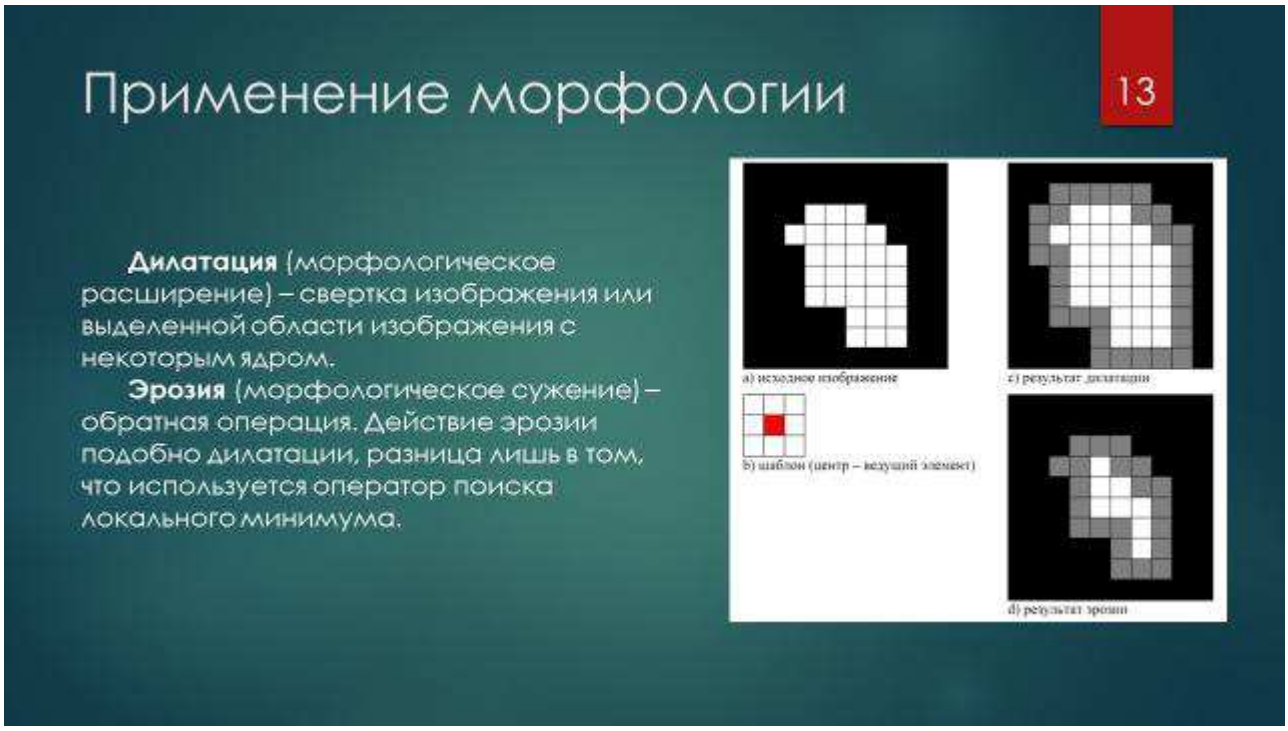


Рисунок А.13 — Слайд презентации № 13

Рисунок А.14 — Слайд презентации № 14

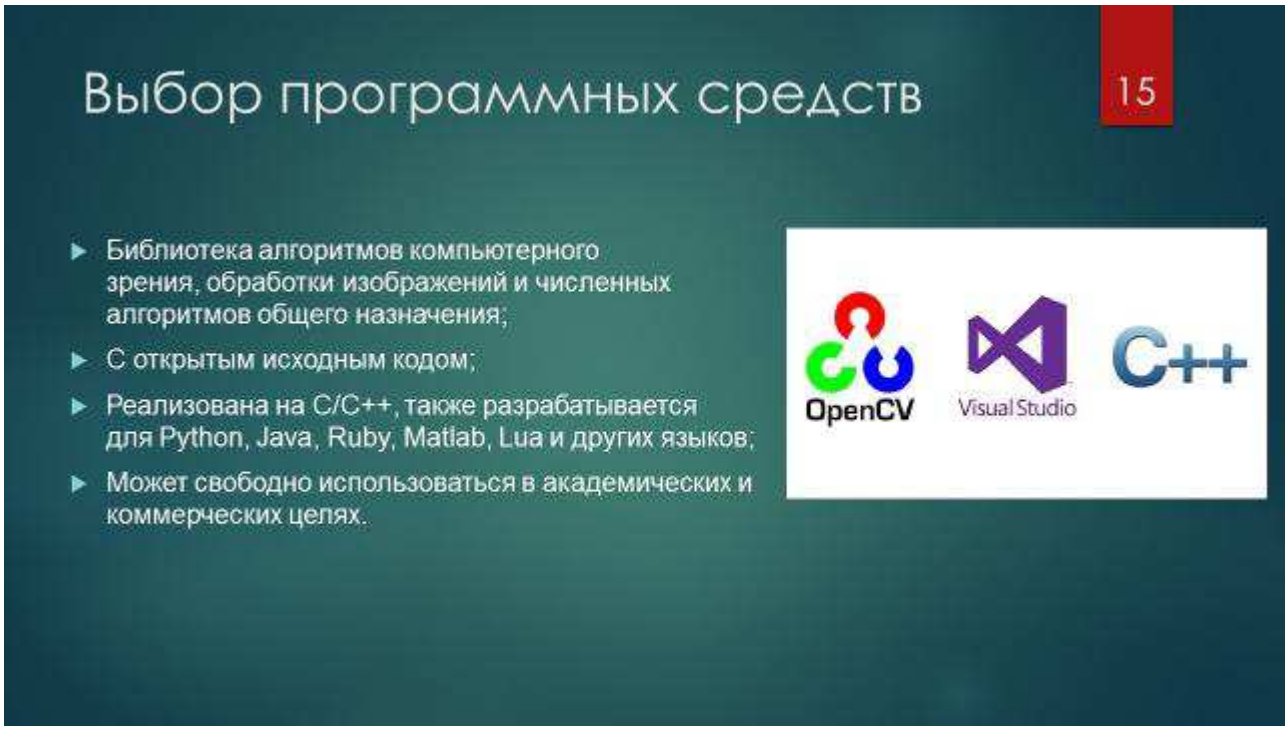


Рисунок А.15 — Слайд презентации № 15

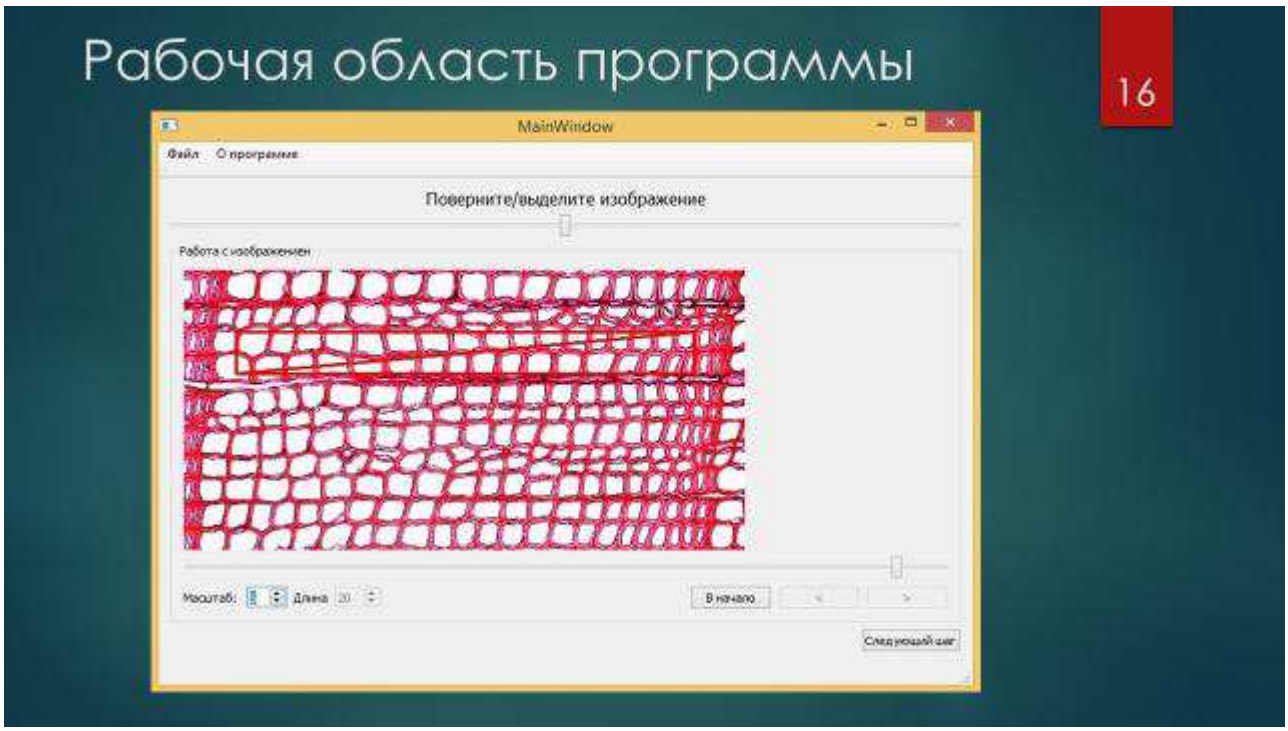


Рисунок А.16 — Слайд презентации № 16

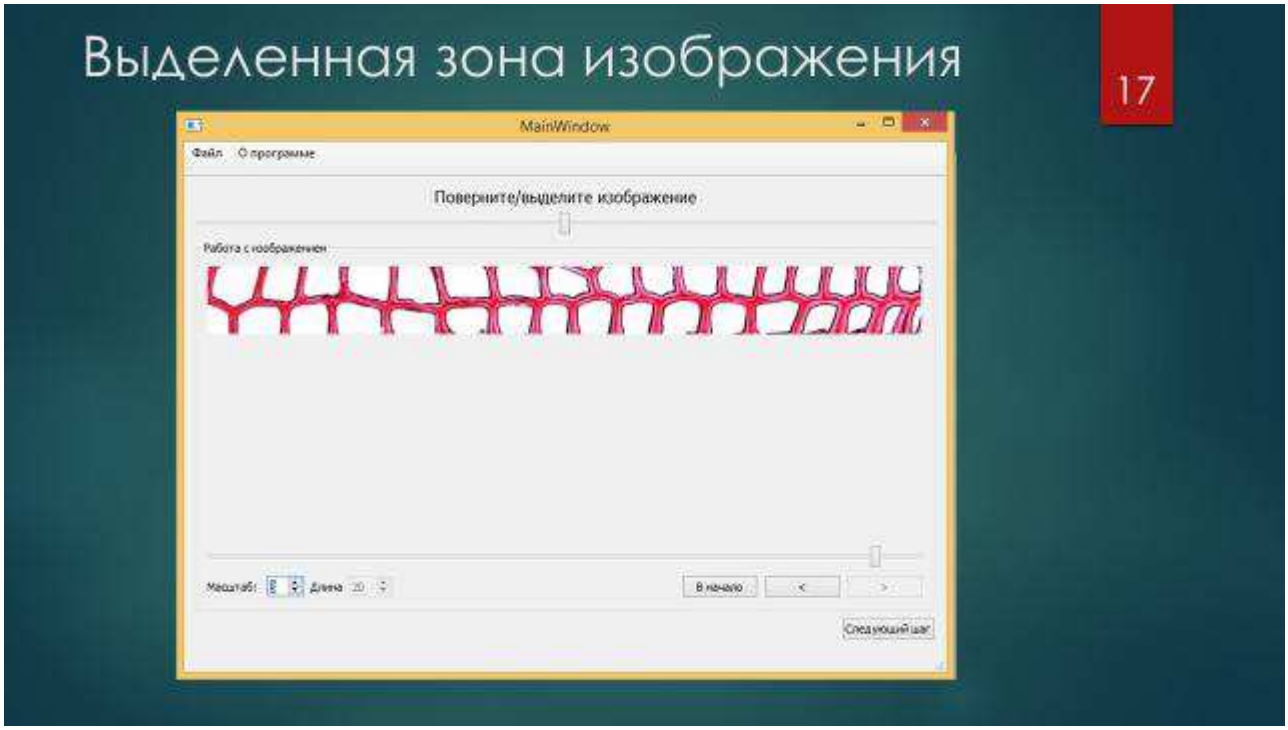


Рисунок А.17 — Слайд презентации № 17

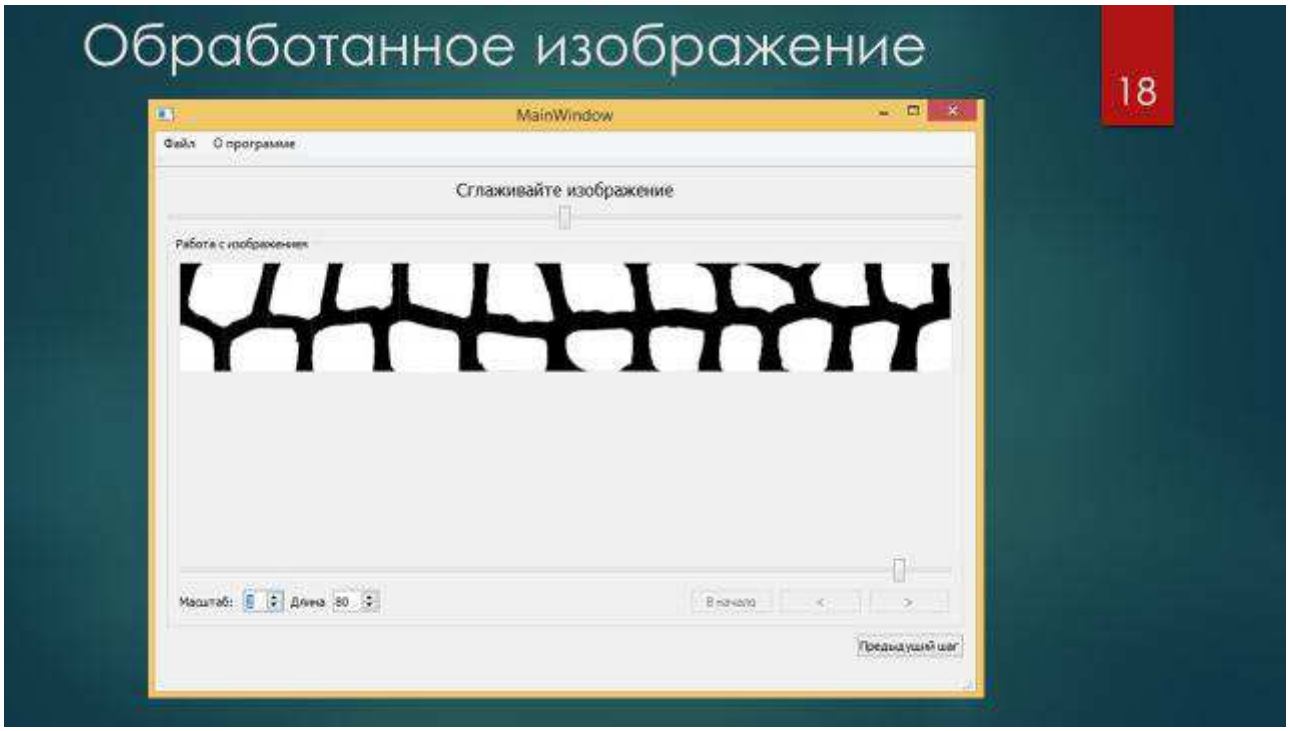


Рисунок А.18 — Слайд презентации № 18

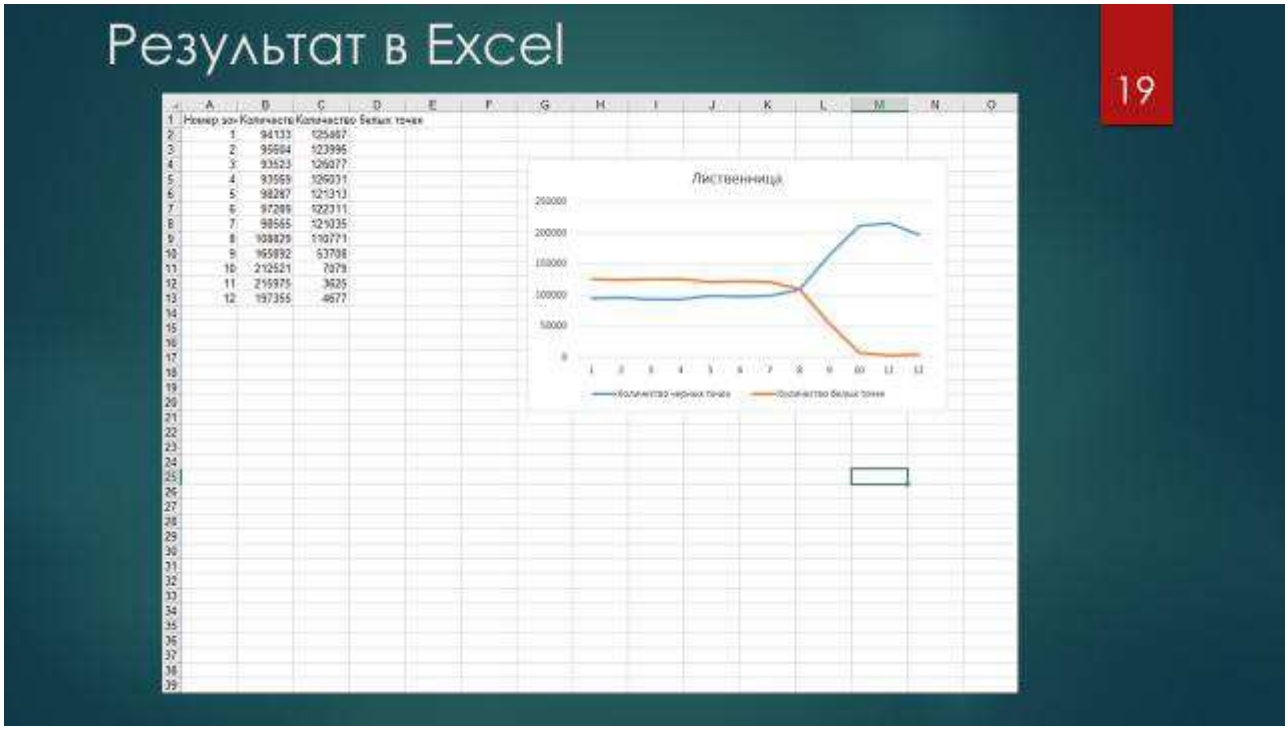


Рисунок А.19 — Слайд презентации № 19

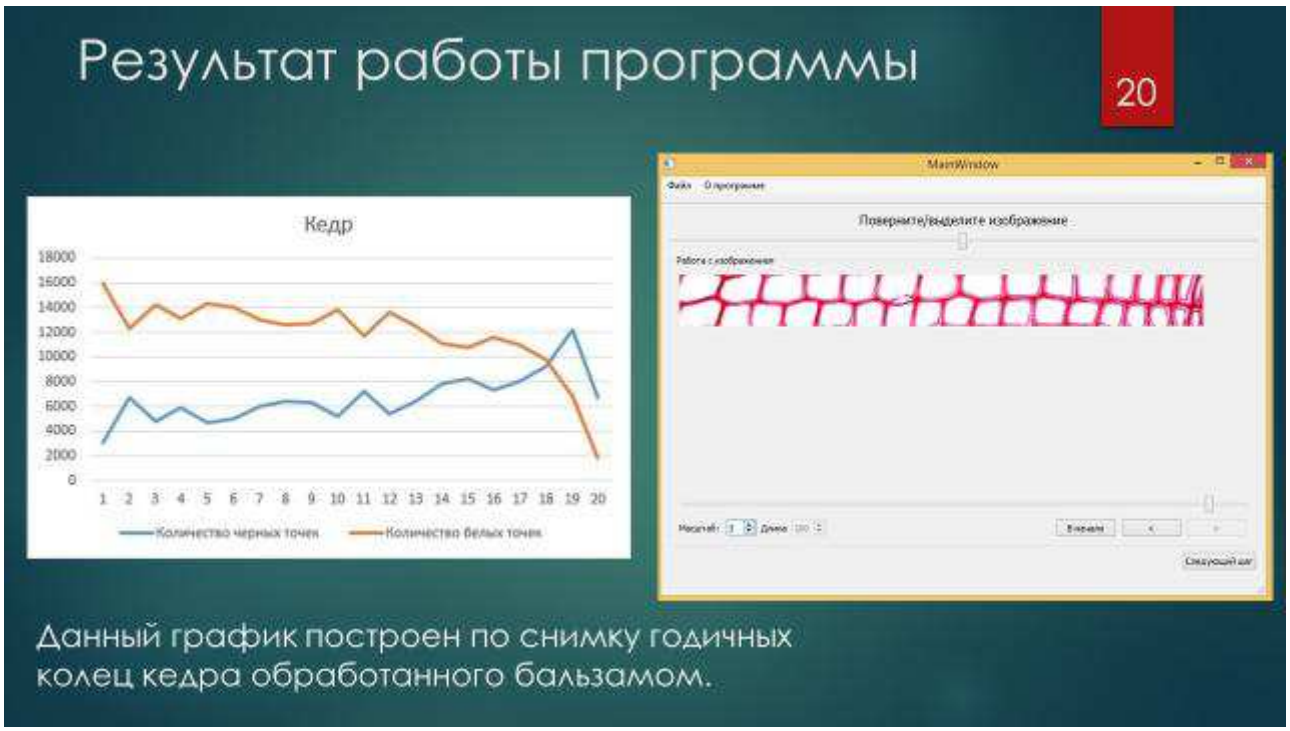


Рисунок А.20 — Слайд презентации № 20

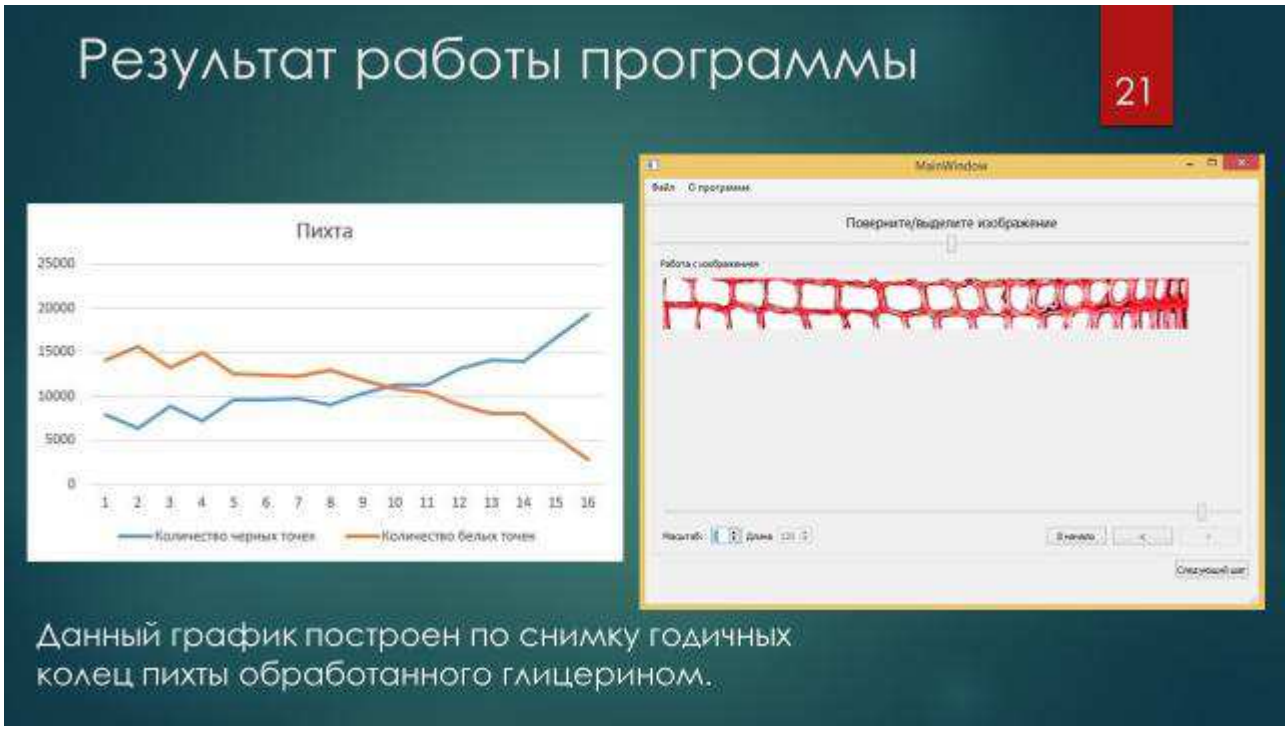


Рисунок А.21 — Слайд презентации № 21

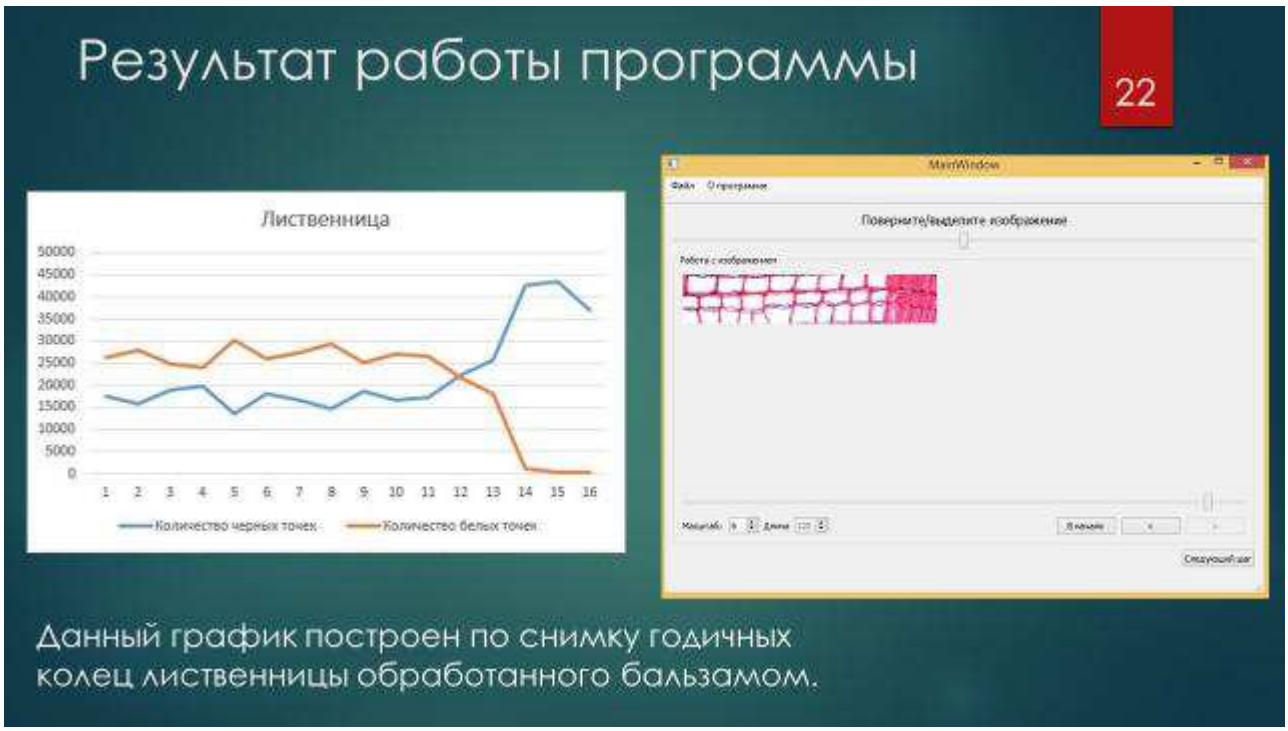


Рисунок А.22 — Слайд презентации № 22

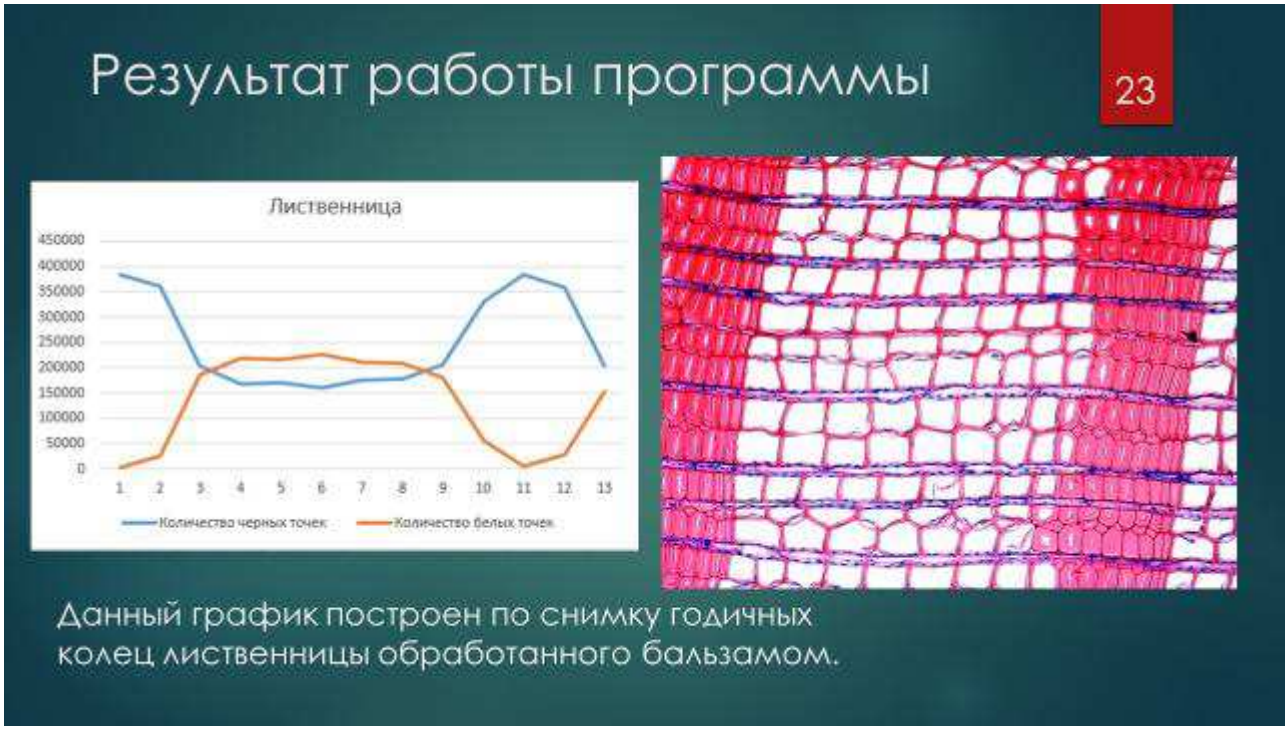


Рисунок А.23 — Слайд презентации № 23

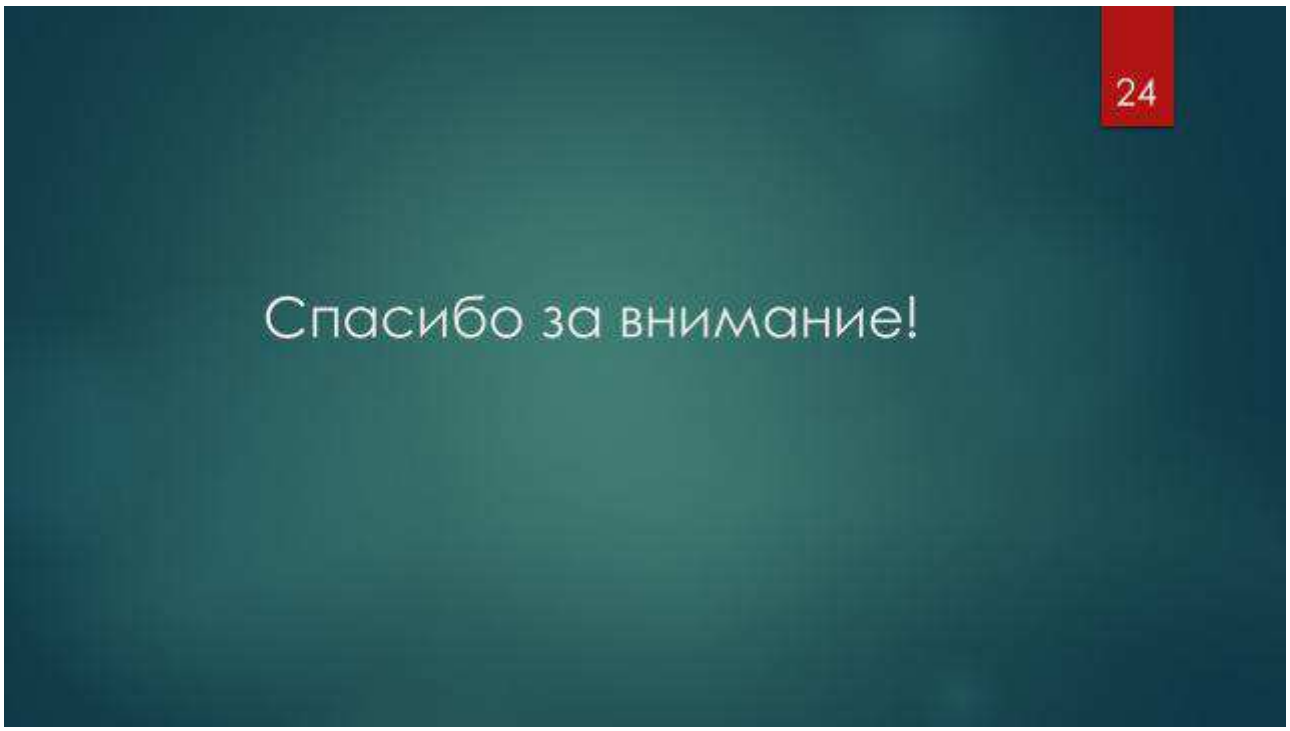


Рисунок А.24 — Слайд презентации № 24

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий

Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г. М. Цибульский
«09» 06 2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Разработка информационной системы анализа плотностных характеристик годичных колец хвойных деревьев

09.04.02 «Информационные системы и технологии»

09.04.02.01 «Информационно-управляющие системы»

Руководитель _____ 09.06.18 доцент каф. ИС, канд. пед. наук П. П. Дьячук
подпись, дата

Выпускник _____ 09.06.18 Д. А. Мосин
подпись, дата

Рецензент _____ 09.06.18 доцент каф. ИС, канд. пед. наук С. А. Виденин
подпись, дата

Красноярск 2018