УДК 674.8, 004.932

А.А. Богомолов, А.С. Сухов, М.М. Иготти, Е.И. Молодых, А.В. Андронов, Г.С. Тарадин, Т.В. Коваленко, Е.Г. Хитров

МОДЕЛЬ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КОРЫ НА СНИМКЕ ПОПЕРЕЧНОГО РАСПИЛА ДЕРЕВА

Введение. При переработке круглых лесоматериалов важно установить непосредственно объем древесины без коры: от этого будет зависеть выбор оптимальной схемы дальнейшей переработки. Ввиду сложной формы ствола дерева и вариативности его характеристик, определение объема сортимента без коры до ее механического удаления (окорки) является нетривиальной практической задачей. В существующей практике объем древесины без коры оценивают при помощи поправочных коэффициентов и таблиц с учетом породы дерева, сведений о регионе и условиях произрастания, среднего диаметра торцов сортимента в коре [Беляев, 2023]. По различным сведениям, объем коры может составлять 10 – 30% всего объема ствола дерева [Беляев, 2023; Kunickaya et al., 2022]. Справочная информация во многих случаях неполна либо устарела, что отмечают специалисты в области лесного хозяйства и лесопереработки [Беляев, 2023]. Возможное уточнение справочных сведений связано со значительными затратами времени и труда, а обмер каждого сортимента вручную в производственных условиях технологически неприемлем.

Визуально кора различима на торцевых снимках бревен. При допущении, что отношение площади коры к общей площади торца на цифровом снимке позволяет определить доли объема сортимента, приходящиеся на кору и на древесину, с приемлемой точностью, можно предположить, что автоматизированные методы оценки, основанные на использовании инструментов компьютерного зрения, представляют практический интерес.

Современные инструменты компьютерного зрения и, в более широком плане, глубокого обучения внедряются в лесную промышленность и уже позволяют успешно решать ряд практических задач, связанных с определением характеристик предмета труда. Например, известны решения в области распознавания дефектов лесоматериалов [Han et al., 2023; Wang et al., 2024], таких как трещины и гниль, а также модели глубокого обучения,

позволяющие определить породу древесины по структурным особенностям коры на снимке [Robert et al., 2020; Kim et al., 2022]. Однако направленный поиск в профильных изданиях показал [Богомолов и др., 2024], что вопросы сегментации коры и определения ее доли на торцевом снимке ствола дерева до настоящего времени практически не проработаны [Богомолов и др., 2024]. На настоящем этапе исследований происходит накопление эмпирической базы, раскрывающей аспекты использования различных инструментов компьютерного зрения применительно к решению обозначенной задачи. Также формируются концептуальные требования к программным решениям, разрабатываемым для автоматизированной оценки доли коры.

Практика различных отраслей промышленности показывает, что информационные модели глубокого обучения, использующие искусственные нейронные сети (ИНС), способны решать широкий спектр задач, связанных с определением параметров предмета труда. При этом следует заметить, что, с учетом недостаточной изученности проблематики исследования, вопрос о целесообразности применения таких ресурсоемких и сложных по структуре инструментов, как ИНС, остается открытым. Помимо точности, имеет значение быстродействие программного решения с учетом материальной базы предприятия и, что еще более важно, – возможность имплементации информационных моделей в производственный процесс. Известные ИНС с открытым кодом, предназначенные для сегментации и классификации объектов на снимках, поставляются с бесплатной лицензией для использования в образовательных и исследовательских целях, но не предназначены для коммерческого использования. В связи с этим разработка оригинального решения, базирующегося на моделях глубокого обучения, является отдельным перспективным направлением исследований.

С учетом состояния проблематики определения коры на снимках, представляет интерес изучение более простых по структуре моделей и инструментов, использующих «классические» алгоритмы компьютерного зрения и обработки снимков, реализованные в библиотеках с открытым исходным кодом, таких как OpenCV. Экспериментальные сведения об их эффективности могут использоваться как при разработке программных решений для автоматизированной обработки снимков, так и для дальнейшей настройки моделей глубокого обучения.

Ранее были представлены и обсуждались алгоритм и программное решение, предназначенные для определения доли коры по торцевому снимку

[Богомолов и др., 2024]. Выполненная апробация показала, что инструменты библиотек компьютерного зрения OpenCV, использующие бинаризацию снимков по методу одинарного порога, принципиально справляются с задачами распознавания коры. Показано [Богомолов и др., 2024], что в дальнейшем целесообразно совершенствовать представленный алгоритм для уточнения получаемых результатов. Решение должно учитывать широкий спектр особенностей цифровых снимков: фон, различную освещенность, угол съемки, разрешение снимков, а также характеристики предмета труда – породу древесины, форму поперечного распила, физическое состояние сортиментов, возможное наличие дефектов.

Целью работы является уточнение алгоритма бинаризации цифровых снимков поперечного распила круглых лесоматериалов, выполняемой при автоматизированной оценке доли коры, и тестирование методики настройки его параметров с учетом различных характеристик снимка и объекта.

Материалы и методы исследования. Программная реализация разработанного алгоритма и вычисления выполнены на языке Python, основные используемые функции реализованы в библиотеке OpenCV. Алгоритм бинаризации снимков, используемый при оценке доли коры, использует метод одинарного порога. Настройки параметров метода выполнены для авторских снимков поперечных распилов круглых лесоматериалов.

Для получения экспериментальных данных произведена съемка поперечного распила круглых лесоматериалов с разных ракурсов. В выборку, предназначенную для тестирования предлагаемого алгоритма и программного решения, вошли 130 снимков торцов диаметром 20–30 см; породы древесины – береза, ель, ольха. Съемка выполнена в зимних условиях, на заснеженном фоне при естественном освещении в отсутствие прямых солнечных лучей. Для съемки использован широкоугольный объектив камеры мобильного телефона iPhone 13 с фокусным расстоянием 5,1 мм, диафрагмой f/1.6 и автоматической выдержкой. Исходные снимки формата HEIC конвертированы в JPG (цветовое пространство RGB). Разрешение оригинальных снимков составляло 3024x4032 пикселей (72 dpi).

Результаты исследования. Изложим разработанный алгоритм, гипотетически учитывающий особенности фона, снимка и объекта – торцевого распила ствола дерева, и приведем основные результаты тестирования предлагаемого решения. Полностью результаты размещены в репозитории программы и доступны для ознакомления [Богомолов, 2025].

Процесс оценки доли коры на торцевом снимке поперечного распила подразделен на следующие этапы:

1. Определение контрольных пороговых значений параметров метода одинарного порога при работе алгоритма бинаризации снимка. Этап выполняется для снимка, предварительно обработанного в графическом редакторе с открытым исходным кодом; в настоящем исследовании использован редактор GIMP 2.10.38;

2. Предварительная обработка и подготовка снимков к детекции планов. Этап включает в себя следующие операции:

- уменьшение разрешения снимков;
- преобразование снимков в цветовых пространствах GRAY (оттенки серого) и HSV (Hue, Saturation, Value) (тон, насыщенность, значение) с последующим разделением каналов;
- определение уточненных пороговых значений параметров метода одинарного порога в алгоритме бинаризации снимков. Операция выполняется по гистограммам полученных предварительно обработанных изображений;

3. Первичная бинаризация снимка с использованием пороговых значений параметров метода одинарного порога, полученных на этапе 2; определение наибольшего контура с последующей отрисовкой на оригинале изображения. Наибольший контур используется для сегментации торца на снимке, отделяется объект от фона;

4. Вторичная бинаризация снимка с использованием пороговых значений метода одинарного порога, полученных на этапе 3; выделение наибольшего контура с последующей отрисовкой на оригинале изображения. Наибольший контур отделяет область объекта, изображающую древесину;

5. Вычисление соотношения площадей фигур, ограниченных полученными контурами, друг к другу; оценка доли снимка торца, приходящейся на кору;

6. Визуализация полученных результатов.

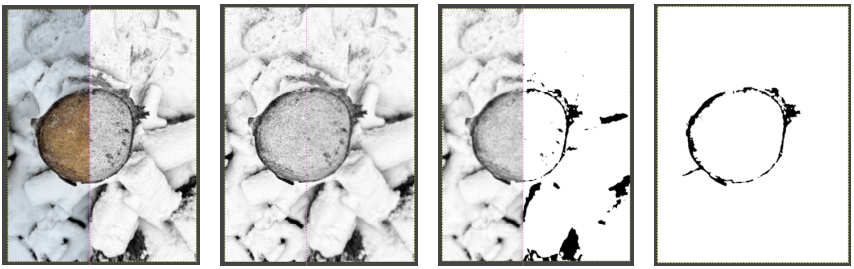
Опишем этапы подробнее и приведем примеры результатов работы разработанного программного решения. Проиллюстрируем результаты эксперимента на примере трех снимков (рис. 1) с различными визуально определяемыми характеристиками (диаметром, объемом коры и частично обледенелой поверхностью).

На этапе 1 для получения контрольных пороговых значений параметров метода бинаризации снимка выполняется обработка изображения в графическом редакторе GIMP; пример результатов обработки экспериментального снимка представлен на рис. 2.

a) b) c)

Рис. 1. Снимки распилов, использованные для иллюстрации результатов эксперимента: a) снимок №1 (неровный контур, фон доминирует на снимке); b) снимок №2 (относительно ровный контур); c) снимок №3 (частично обледенелая поверхность, неровный контур)

Fig. 1. Photos of the cuts used to illustrate the experiment results: a) image №1 (uneven contour, background dominates the photo); b) image №2 (relatively smooth contour); c) image №3 (partially icy surface, uneven contour)



a) b) c) d)

Рис. 2. Последовательность обработки изображения в графическом редакторе GIMP (снимок №1): a) конвертация снимка в градации серого; b) размытие изображения с использованием фильтра Гаусса (5x5); c) бинаризация снимка по пороговому значению; d) выделение наибольшего контура

Fig. 2. Sequence of image processing in GIMP graphics editor (image №1): a) converting the photo to grayscale; b) blurring the image using Gaussian filter (5x5); c) binarizing the photo using threshold value; d) selecting the longest contour

На этапе 2 при оценке пороговых значений для каждого снимка учитывается EXIF информация о снимке (метаданные) (глубина цвета, выдержка, светочувствительность, уровень яркости, экспокоррекция), а также контрольные пороговые значения (этап 1).

При предварительной обработке снимков выполнена оценка возможности снижения времени обработки снимков за счет уменьшения их разрешения. Эксперименты выполнены для трех вариантов разрешения снимков: оригинальное (3024×4032 pcs), уменьшенное в 4 раза (756×1008 pcs), уменьшенное в 8 раз (378×504 pcs). Замеренное время обработки каждого снимка указано в табл. 1.

Таблица 1

Время обработки снимков в зависимости от их разрешения, с

Time of image processing depending on their resolution, s

Разрешение	Снимок №1	Снимок №2	Снимок №3
1:1 (оригинал), 3024×4032 pcs	0,251	0,231	0,253
1:4, 756×1008 pcs	0,018	0,016	0,017
1:8, 378×504 pcs	0,005	0,006	0,005

Полученные результаты позволяют предположить, что в перспективе оптимальным разрешением обрабатываемого снимка является 756x1008 (1:4), что позволит ускорить процесс обработки снимка в 13–15 раз без существенной потери качества изображения (визуальная экспертная оценка). Вопрос потребует отдельной проработки, на настоящем этапе исследований следует учесть соотношение времени обработки снимка предлагаемым алгоритмом, замеренное экспериментально.

Для последующих шагов оригинальное изображение конвертируется в цветовое пространство (ЦП) HSV (Hue, Saturation, Value). В цветовом пространстве выделяется канал Saturation (насыщенность), выбор основан на результатах апробации алгоритма [Богомолов и др., 2024].

Метаданные для снимков, используемые при расчете пороговых значений, приведены в табл. 2. На основании полученных данных возможно произвести расчет корректирующих коэффициентов для более точной оценки пороговых значений, используемых при бинаризации снимков. Значения числа экспозиции по каждому из снимков, приведенные в табл. 2, вычислены по формуле:

$$EV = \log_2\left(L\cdot\frac{S}{K}\right), \quad (1)$$

где L – уровень яркости снимка, S – светочувствительность (ISO), K – экспонометрическая постоянная (при настройке экспонометрическая постоянная равна 1, так как во время съемки не производилась ручная регулировка экспозиции).

Таблица 2

Метаданные примеров снимков и результаты определения числа экспозиции для снимков

Metadata of the sample images and results of exposure value calculation

Показатель	Снимок №1	Снимок №2	Снимок №3
Скорость затвора, с	7,185	6,924	6,924
Выдержка, с	0,0068	0,0082	0,082
Светочувствительность, *S*	32	40	64
Уровень яркости снимка, *B*	5,754	5,368	4,520
Число экспозиции, *EV*	7,525	7,741	8,176

По полученным данным определяются значения соответственно верхнего и нижнего порога для автоматизированной бинаризации снимка и дальнейшего обнаружения на нем контуров. Используются следующие зависимости, установленные эвристическим путем:

$$T_{\text{upper}} = \frac{L_{\max}}{2}, \tag{2}$$

где $L_{\max}$ – максимальное значение яркости пикселя ($0 \le L_{\max} \le 255$),

$$T_{\text{lower}} = \frac{EV - B}{2}. \tag{3}$$

Входные параметры пороговых значений, рассчитанные по максимальной яркости пикселя на снимках (канал Saturation), приведены в табл. 3.

Таблица 3

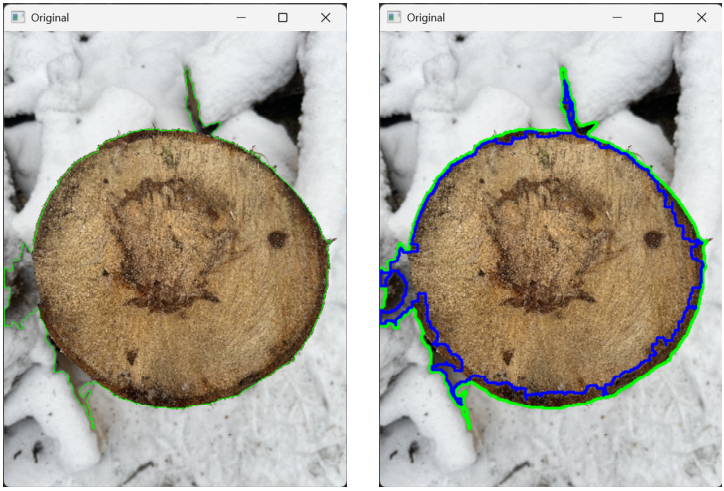
Результаты расчета входных параметров пороговых значений для бинаризации

Results of calculation of the input parameters of threshold values for the images binarization

Параметр	Снимок №1	Снимок №2	Снимок №3
$L_{\max}$	243	246	247
T_{upper}	121,5	123	123,5
T_{lower}	0,9	1,2	1,8

На этапе 3 полученные параметры используются для первичной бинаризации снимка. Бинаризация производится инструментами библиотеки OpenCV, а именно ее функцией *threshold.* Перед входом в функцию изображение по умолчанию размывается стандартным инструментом OpenCV *blur*, реализующим фильтр Гаусса с размером ядра 5×5. Наибольший обнаруженный контур наносится на исходное изображение (пример приведен на рис. 3a), что дает оценку площади распила в коре. В качестве порогового значения метода одинарного порога используется значение T_{upper} (табл. 3).

Вторичная бинаризация, выполняемая на этапе 4, и обнаружение наибольшего контура выполняются аналогично предыдущему шагу, но с тем отличием, что на вход в функцию *threshold* подается обработанное изображение, ограниченное контуром, полученным при первичной бинаризации. В качестве порогового значения используется значение T_{lower} (табл. 3). Пример результатов работы программы представлен на рис. 3b.



a) b)

Рис. 3. Пример результатов работы программы (снимок №2):
a) результат выполнения первичной бинаризации;
b) результат выполнения вторичной бинаризации

Fig. 3. Program results for the sample image (image №2):
a) result of primary binarization; b) result of secondary binarization

Несмотря на то, что модель ошибочно определила торец другого объекта в верхней части снимка, как контур «целевого» объекта, контуры, полученные на этапах 3 и 4, для этой области снимка близки, что связано с результатами настройки пороговых значений параметров при определении наибольших контуров.

Основные результаты работы программного решения – пример результатов расчетов, выполненных на этапе 5, – представлены в табл. 4.

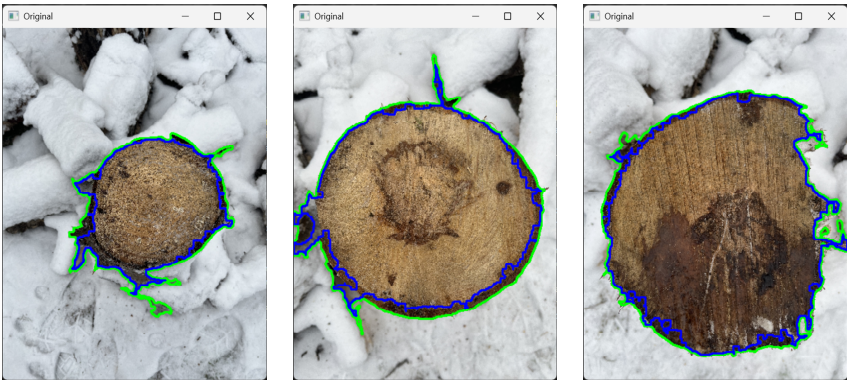
Таблица 4

Основные результаты работы программного решения

Main results of the program solution for the sample images

Показатель	Снимок №1	Снимок №2	Снимок №3
Время выполнения, с	0,008	0,007	0,008
Площадь торца, pcs	34775	82559	97100
Площадь коры, pcs	4887	10508	8185
Оценка доли коры, %	14,05	12,73	8,43

Пример визуализации результатов работы программного решения, выполняемой на этапе 6, представлен на рис. 4.



a) b) c)

Рис. 4. Пример визуализации результатов работы программного решения: a) снимок №1 (неровный контур, фон доминирует на снимке); b) снимок №2 (относительно ровный контур); c) снимок №3 (частично обледенелая поверхность, неровный контур)

Fig. 4. An example of visualization of the results of the program solution: a) image №1 (uneven contour, background dominates the image); b) image №2 (relatively smooth contour); c) image №3 (partially icy surface, uneven contour)

Визуально можем заключить, что алгоритм и программное решение позволяют удовлетворительно выполнить оценку площади снимка, представленной корой. Результаты обработки всех снимков, полученных в ходе экспериментальной съемки, доступны в репозитории программы [Богомолов, 2025]. Разработанное программное решение находится на стадии государственной регистрации и доступно для ознакомления.

Заключение. В результате проведенных исследований предложен уточненный алгоритм бинаризации цифровых снимков поперечного распила круглых лесоматериалов, выполняемой при автоматизированной оценке доли коры.

Алгоритм включает в себя настройку параметров метода бинаризации по одинарному порогу на основе информации о светочувствительности, уровне яркости снимка и числе экспозиции; обращение к методу выполняется дважды. Приведены эвристические зависимости для определения пороговых значений параметров метода для двух его итераций, выполняемых последовательно при отделении объекта от фона и дальнейшей сегментации коры на снимке. Приведены примеры результатов определения доли коры на снимках с неровным контуром и доминирующим фоном, с относительно ровным контуром поперечного распила на снимке, а также с частично обледенелой поверхностью распила с неровным контуром.

Возможная имплементация в технологический процесс, безусловно, требует экспериментальной верификации результатов оценки, получаемых с помощью разрабатываемого программного решения. Тем не менее, тестирование методики настройки параметров и алгоритма с учетом различных характеристик снимка и объекта на нем показало, что решение позволяет получить удовлетворительные результаты.

Выбор языка программирования, стека методов и библиотеки OpenCV для разработки связан с проведением дальнейших экспериментов с информационной моделью. Средства высокого уровня языка Python позволяют сравнительно быстро подготовить экспериментальный стенд и организовать эксперимент по настройке параметров модели. Полученные результаты далее будут учтены при разработке рабочей версии программного решения. Открытый исходный код и использование классических алгоритмов обработки изображений обеспечивают возможность подготовить код программы на языке C с идеей получить решение, отличающееся более высокой производительностью по сравнению с прототипом на языке Python, с уже известными диапазонами рекомендуемых значений управляемых параметров.

Вклад авторов. Богомолов А.А.: разработка информационной модели, настройка и реализация алгоритмов распознавания (45%); Сухов А.С.: реализация алгоритмов распознавания (5%); Иготти М.М.: реализация алгоритмов распознавания (20%); Молодых Е.И.: сбор и обработка экспериментальных данных (10%); Андронов А.В.: реализация алгоритмов распознавания (5%); Тарадин Г.С.: обработка экспериментальных данных (5%); Коваленко Т.В.: обработка экспериментальных данных (5%);Хитров Е.Г.: общее руководство работой (5%).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Беляев Н.Л. Повышение точности цифрового учёта круглых лесоматериалов: дис. … канд. техн. наук. Петрозаводск: ПетрГУ, 2023. 163 с.

Богомолов А.А., Сухов А.С., Трубников А.В., Хитров Е.Г. Инструменты библиотеки OpenCV для выявления коры на торцевом снимке поперечного распила дерева // Современное программирование: матер. Междунар. науч.-практич. конф. Нижневартовск, 2024. С. 412–416.

Богомолов А.А. Репозиторий программы для автоматического определения доли коры на цифровом снимке торца поперечного распила ствола дерева. 2025. URL: https://clck.ru/3LreKK

Han S., Jiang X., Wu Z. An Improved YOLOv5 Algorithm for Wood Defect Detection Based on Attention // IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 71800–71810. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3293864.

Kim T.K., Hong J., Ryu D., Kim S., Byeon S.Y., Huh W., Kim K., Baek G.H., Kim H.S. Identifying and extracting bark key features of 42 tree species using convolutional neural networks and class activation mapping // Sci Rep. 2022. Vol. 12. Art. no. 4772. DOI: 10.1038/s41598-022-08571-9.

Kunickaya O., Pomiguev A., Kruchinin I., Storodubtseva T., Voronova A., Levushkin D., Borisov V., Ivanov V. Analysis of modern wood processing techniques in timber terminals // Central European Forestry Journal. 2022. Vol. 68(1). P. 51–59.

Robert M., Dallaire P., Giguère Ph. Tree bark re-identification using a deep-learning feature descriptor // 17th Conference on Computer and Robot Vision (CRV). 2020. P. 25–32. DOI: 10.1109/CRV50864.2020.00012.

Wang R., Chen Y., Liang F., Wang B., Mou X., Zhang G. BPN-YOLO: A Novel Method for Wood Defect Detection Based on YOLOv7 // Forests. 2024. Vol. 15, iss. 7. Art. no. 1096. DOI: 10.3390/f15071096.

References

Beliaev N.L. Povyshenie tochnosti tsifrovogo ucheta kruglykh lesomaterialov: Diss. … Candidate of Technical Sciences. Petrozavodsk: PetrSU, 2023. 163 p. (In Russ.)

Bogomolov A.A., Sukhov A.S., Trubnikov A.V., Khitrov E.G. Instrumenty biblioteki OpenCV dlia vyiavleniia kory na tortsevom snimke poperechnogo raspila dereva. *Sovremennoe programmirovanie*: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Nizhnevartovsk, 2024, pp. 412–416. (In Russ.)

Bogomolov A.A. Repozitorii programmy dlia avtomaticheskogo opredeleniia doli kory na tsifrovom snimke tortsa poperechnogo raspila stvola dereva, 2025. URL: https://clck.ru/3LreKK (In Russ.)

Han S., Jiang X., Wu Z. An Improved YOLOv5 Algorithm for Wood Defect Detection Based on Attention. *IEEE Access*, 2023, vol. 11, pp. 71800–71810. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3293864.

Kim T.K., Hong J., Ryu D., Kim S., Byeon S.Y., Huh W., Kim K., Baek G.H., Kim H.S. Identifying and extracting bark key features of 42 tree species using convolutional neural networks and class activation mapping. *Sci Rep*, 2022, vol. 12, art. no. 4772. DOI: 10.1038/s41598-022-08571-9.

Kunickaya O., Pomiguev A., Kruchinin I., Storodubtseva T., Voronova A., Levushkin D., Borisov V., Ivanov V. Analysis of modern wood processing techniques in timber terminals. *Central European Forestry Journal*, 2022, vol. 68(1), pp. 51–59.

Robert M., Dallaire P., Giguère Ph. Tree bark re-identification using a deep-learning feature descriptor. *17th Conference on Computer and Robot Vision* (*CRV*). 2020, pp. 25–32. DOI: 10.1109/CRV50864.2020.00012.

Wang R., Chen Y., Liang F., Wang B., Mou X., Zhang G. BPN-YOLO: A Novel Method for Wood Defect Detection Based on YOLOv7. *Forests*, 2024, vol. 15, iss. 7, art. no. 1096. DOI: 10.3390/f15071096.

Материал поступил в редакцию 20.03.2024

Богомолов А.А., Сухов А.С., Иготти М.М., Молодых Е.И., Андронов А.В., Тарадин Г.С., Коваленко Т.В., Хитров Е.Г. Модель компьютерного зрения для распознавания коры на снимке поперечного распила дерева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 253. С. 244–259. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.253.244-259

Целью работы является уточнение алгоритма бинаризации цифровых снимков поперечного распила круглых лесоматериалов для автоматизированной оценки доли коры, а также тестирование методики настройки его параметров. Программная реализация уточненного алгоритма и вычисления выполнены на языке Python, основные используемые функции реализованы в библиотеке OpenCV. Алгоритм бинаризации снимков, используемый при оценке доли коры, использует метод бинаризации по одинарному порогу. Настройки параметров метода выполнены для авторских снимков поперечных распилов круглых лесоматериалов. Для получения

экспериментальных данных произведена съемка поперечного распила круглых лесоматериалов с различных ракурсов. В выборку, предназначенную для тестирования предлагаемого алгоритма и программного решения, вошли 130 снимков торцов диаметром 20 – 30 см; породы древесины – береза, ель, ольха. Съемка выполнена в зимних условиях, на заснеженном фоне при естественном освещении в отсутствие прямых солнечных лучей. Разрешение оригинальных снимков составляло 3024x4032 пикселей (72 dpi). Предложен алгоритм, который включает в себя настройку параметров метода бинаризации по одинарному порогу на основе информации о светочувствительности, уровне яркости снимка и числе экспозиции; обращение к методу выполняется дважды. Приведены эвристические зависимости для определения пороговых значений параметров метода для двух его итераций, выполняемых последовательно при отделении объекта от фона и дальнейшей сегментации коры на снимке. Приведены примеры результатов определения доли коры на снимках с неровным контуром и доминирующим фоном, с относительно ровным контуром поперечного распила на снимке, а также с частично обледенелой поверхностью распила с неровным контуром, и ссылка на репозиторий с экспериментальными снимками и программным решением, реализующим предлагаемый алгоритм. Тестирование методики настройки параметров и алгоритма с учетом различных характеристик снимка и объекта на нем показало, что решение позволяет получить удовлетворительные результаты.

Ключевые слова: библиотека OpenCV, метод одинарного порога, число экспозиции, сегментация изображения.

Bogomolov A.A., Sukhov A.S., Igotti M.M., Molodykh E.I., Andronov A.V., Taradin G.S., Kovalenko T.V., Khitrov E.G. Computer vision model for recognizing bark in a digital image of a tree cross-cut. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoj Akademii*, 2025, iss. 253, pp. 244–259 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.253.244-259

The aim of the study is refining the algorithm for binarization of digital images of cross-cut round timber for automated assessment of the bark ratio, as well as testing methodology for adjusting its parameters. The program implementation of the refined algorithm and calculations are performed in Python, the main functions used are implemented in the OpenCV library. The image binarization algorithm used to assess the bark ratio bases on the single threshold method. The method parameter settings are made for the author's images of cross-cut round timber. To obtain experimental data, cross-cut round timber was photographed from different angles. The sample intended for testing the proposed algorithm and software solution included 130 images of cross-cut timber with a diameter of 20–30 cm; wood species – birch, spruce, alder. The photographing was performed in winter conditions, on a snow-covered background

under natural light in the absence of direct sunlight. The resolution of the original images was 3024x4032 pixels (72 dpi). The algorithm proposed includes adjustment of the parameters of the single threshold binarization method basing on information about the photosensitivity, the brightness level of the image, and the exposure value; the method is called twice during the image processing. Heuristic dependencies are given for determining the threshold values of the single threshold method parameters for its two iterations performed sequentially when separating an object from the background and further segmenting the bark in the image. Examples of the results of determining the ratio of bark in images with an uneven contour and a dominant background, with a relatively smooth contour of a cross-cut in the image, as well as with a partially icy surface of a cut with an uneven contour, as well as a link to a repository with experimental images and the program solution implementing the proposed algorithm are given. Testing the method for adjusting the parameters and the algorithm taking into account various characteristics of the image and the object in it showed that the solution allows obtaining satisfactory results.

K e y w o r d s : OpenCV library, single threshold method, exposure value, image segmentation.

БОГОМОЛОВ Александр Алексеевич – учебный мастер кафедры автоматизации, метрологии и управления в технических системах Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: setalx@mail.ru

BOGOMOLOV Aleksandr A. – engineer of the Department of Automation, Metrology and Management in Technical Systems of the St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutskiy per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: setalx@mail.ru

СУХОВ Артем Сергеевич – магистрант научно-образовательного центра математики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО». ORCID: 0009-0002-2674-3884.

197101, Кронверкский пр., д. 49, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: sukhovtema@gmail.com

SUKHOV Artem S. – Master's student of the Scientific and Educational Center of Mathematics of the National Research University ITMO. ORCID: 0009-0002-2674-3884.

197101. Kronverkskii av. 49. St. Petersburg. Russia. E-mail: sukhovtema@gmail.com

ИГОТТИ Марта Михайловна – аспирант кафедры автоматизации, метрологии и управления в технических системах Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: m.igotti@mail.ru

IGOTTI Marta M. – PhD student of the Department of Automation, Metrology and Management in Technical Systems of the St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutskiy per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: m.igotti@mail.ru

МОЛОДЫХ Елизавета Игоревна – аспирант кафедры автоматизации, метрологии и управления в технических системах Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: mmu49@mail.ru

MOLODYKH Elizaveta I. – PhD student of the Department of Automation, Metrology and Management in Technical Systems of the St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutskiy per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: mmu49@mail.ru

АНДРОНОВ Александр Вячеславович – доцент кафедры лесного машиностроения, сервиса и ремонта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук. SPIN-код: 8345-3722. ORCID: 0000-0002-1035-9231.

194021, Институтский пер., д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: andronovalexandr@gmail.com.

ANDRONOV Aleksandr V. – PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Forestry Machinery, Service and Repair of St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 8345-3722. ORCID: 0000-0002-1035-9231.

194021. Institutskiy per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: andronovalexandr@gmail.com

ТАРАДИН Григорий Сергеевич – доцент кафедры лесного машиностроения, сервиса и ремонта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук. SPIN-код: 5247-6595.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: grisha190@mail.ru

TARADIN Grigory S. – PhD (Technical), Associate Professor of Forestry engineering, service and repair department, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 5247-6595.

194021. Institutskiy per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: grisha190@mail.ru

КОВАЛЕНКО Тарас Викторович – доцент кафедры промышленного транспорта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук. SPIN-код: 2565-3233. SCOPUS AuthorID: 211015.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: kovalenko.stl.spbftu@yandex.ru

KOVALENKO Taras V. – PhD (Technical), Associate Professor of Industrial Transport Department, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 2565-3233. SCOPUS AuthorID: 211015.

194021. Institutskiy per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: kovalenko.stl.spbftu@yandex.ru

ХИТРОВ Егор Германович – доцент Высшей школы программной инженерии Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, доктор технических наук. SPIN-код: 4663-5944. ORCID: 0000-0003-4569-9508.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: hitrov_eg@spbstu.ru

KHITROV Egor G. – DSc (Technical), Associate Professor of the Higher School of Software Engineering of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. SPIN-code: 4663-5944. ORCID: 0000-0003-4569-9508.

195251. Politekhnicheskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: hitrov_eg@spbstu.ru