УДК 674.093.26, 004.932 EDN VVEFNE

Гибридная модель сортировки фанеры

Б.М. Шифрин*, Н.А. Иванов

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский переулок, 5, литер У, Санкт-Петербург, 194021, Россия

*E-mail: shifrinb@mail.ru

Аннотация. Сортировка является завершающей операцией производства фанеры и непосредственно влияет на выход продукции требуемого сорта, объем повторной обработки и число рекламаций. Качество наружных слоев оценивают по виду, размерам и количеству пороков древесины и дефектов обработки. На практике значительная часть этой работы выполняется визуально, поэтому результат зависит от опыта сортировщика, условий освещения, скорости подачи листов и утомляемости человека. При больших объемах выпуска обеспечить одинаковую оценку каждого листа сложно. В статье предлагается использовать два контура оценки: традиционная нейронная сеть с аннотированием количественных дефектов и эвристический модуль поиска неизвестных и трудно формализуемых аномалий поверхности, обучаемый преимущественно на изображениях нормальной фанеры, который запускается на исполнение в том случае, когда традиционная нейросеть с четкими количественными оценками не соответствует необходимому уровню точности даже после многократных перенастроек. Для анализа процесса сортировки фанеры на базе нейросети предлагается использовать основанную на процессном подходе IDEF-методологию функционального моделирования на уровне диаграмм, представляющую систему в целом как множество взаимозависимых действий или функций, а также потоки информации и материальных объектов.

Ключевые слова: фанера, машинное зрение, нейронная сеть, эвристический модуль.

Для цитирования: Шифрин, Б. М. Гибридная модель сортировки фанеры / Б. М. Шифрин, Н. А. Иванов // Модернизация, Инновации, Прогресс (MIP ENGINEERING-VII-2026): материалы VII Всероссийской (национальной) научной конференции (Красноярск, 11–12 сентября 2026 г.). – Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, 2026. – Т. 20. – С. 27-32. – EDN: VVEFNE.

Hybrid plywood sorting model

B.M. Shifrin*, N.A. Ivanov

Saint Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, Institute per. 5, Let. U, St. Petersburg, 194021, Russia

*E-mail: shifrinb@mail.ru

Abstract. Sorting is the final operation in plywood production and directly affects the yield of the required grade, the volume of rework, and the number of complaints. The quality of the outer layers is assessed by the appearance, size, and number of wood defects and machining flaws. In practice, a significant portion of this work is performed visually, so the result depends on the sorter's experience, lighting conditions, sheet feed speed, and human fatigue. With large production volumes, it is difficult to ensure consistent evaluation of each sheet. The article proposes using two evaluation loops: a traditional neural network with quantitative defect annotation and a heuristic module for searching for unknown and difficult-to-formalize surface anomalies, trained primarily on images of defect-free plywood, which is activated when the traditional neural network with clear quantitative estimates fails to achieve the required accuracy level even after multiple retunings. To analyze the neural-network-based plywood sorting process, the article suggests using the IDEF methodology of functional modeling based on a process approach, at the diagram level, which represents the system as a whole as a set of interdependent actions or functions, as well as information and material flows.

Keywords: plywood, computer vision, neural network, heuristic module.

For citation: Shifrin, B. M. Hybrid plywood sorting model / B. M. Shifrin, N. A. Ivanov // Modernization, Innovations, Progress (MIP ENGINEERING-VII-2026): Proceedings of the VII All-Russian (National) Scientific Conference (Krasnoyarsk, September 11–12, 2026). – Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Regional Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Public Associations, 2026. – Vol. 20. – P. 27-32. – EDN: VVEFNE.

1. Введение

Машинное зрение позволяет перевести визуальную оценку в измеряемую форму: определить тип дефекта, его контур, размеры, количество и положение на листе. Для этого формируют набор фотографий обеих пластей фанеры и выполняют разметку известных дефектов. Вместе с тем система, обученная только на заранее заданных классах, может не заметить редкое или ранее не встречавшееся нарушение. Поэтому наряду с обычным детектором предлагается использовать модуль поиска аномалий. Он будет сравнивать структуру, цвет, локальный контраст и многомасштабные признаки поверхности с нормальным состоянием фанеры. Если участок заметно отличается от изученных бездефектных образцов, но не относится к известному классу, система должна обозначить его как неизвестную аномалию и передать на проверку специалисту, а не считать лист годным.

Кроме того, машинное зрение вносит ключевой вклад в безопасность и охрану труда на фанерных производствах, воздействуя на два основных аспекта: замену человека на тяжелых и опасных работах и интеллектуальный мониторинг производственной среды [1-6].

2. Постановка задачи

Методы машинного зрения уже применяются для сортировки шпона и обнаружения известных поверхностных дефектов [7-10]. Большинство таких решений работает с заранее заданным перечнем классов. Вопрос выявления неизвестных или плохо формализуемых отклонений рассматривается в промышленной диагностике методами обучения на бездефектных образцах [11, 12], но применительно к естественно изменчивой текстуре фанеры требует отдельного исследования.

В статье предлагается использовать два контура оценки: традиционная нейросеть с аннотированием количественных дефектов и эвристический модуль поиска неизвестных и трудноформализуемых аномалий поверхности, обучаемый преимущественно на изображениях нормальной фанеры, который запускается на исполнение в том случае, когда традиционная нейросеть с четкими количественными оценками не соответствует необходимому уровню точности даже после многократных перенастроек.

3. Методы и материалы исследования

Для построения модели будем использовать основанную на процессном подходе IDEF-методологию функционального моделирования на уровне диаграмм, представляющую систему в целом как множество взаимозависимых действий или функций, а также потоки

информации и материальных объектов. Применение данной методологии для моделирования деревообрабатывающих производств достаточно удобно [13-16].

4. Полученные результаты

Разработанные модели IDEF0 и IDEF3 приведены на рисунках 1-3.

Рисунок 1. Общая модель оценки качества фанеры.

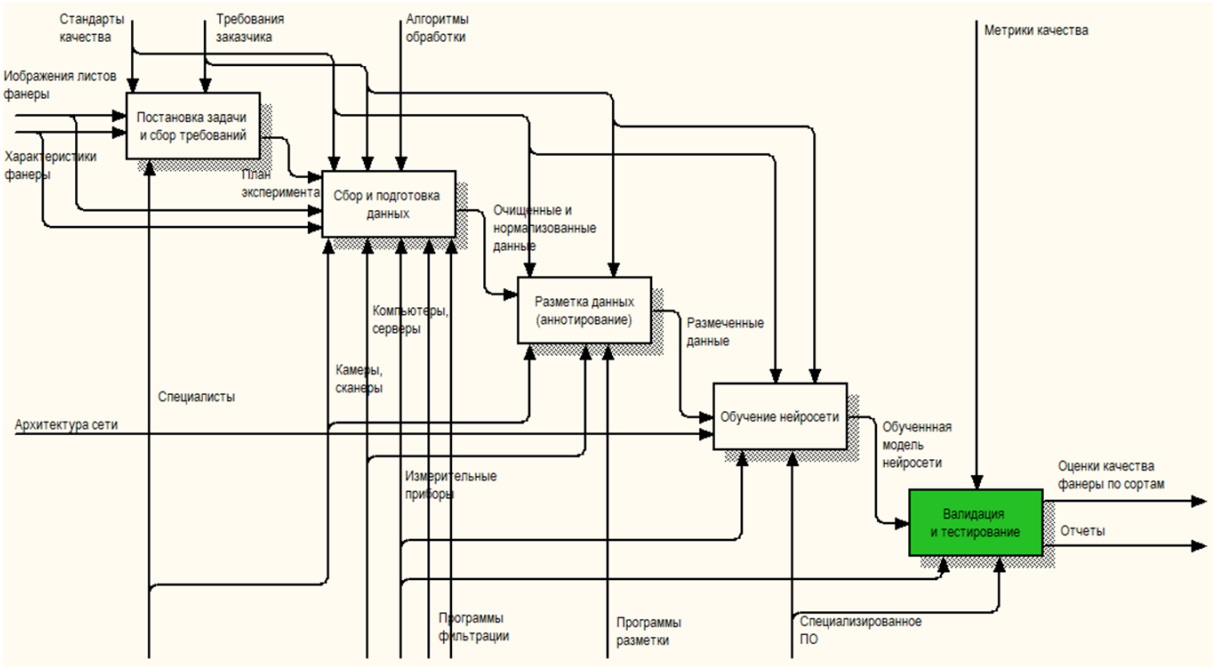

Рисунок 2. Детализация оценки качества фанеры.

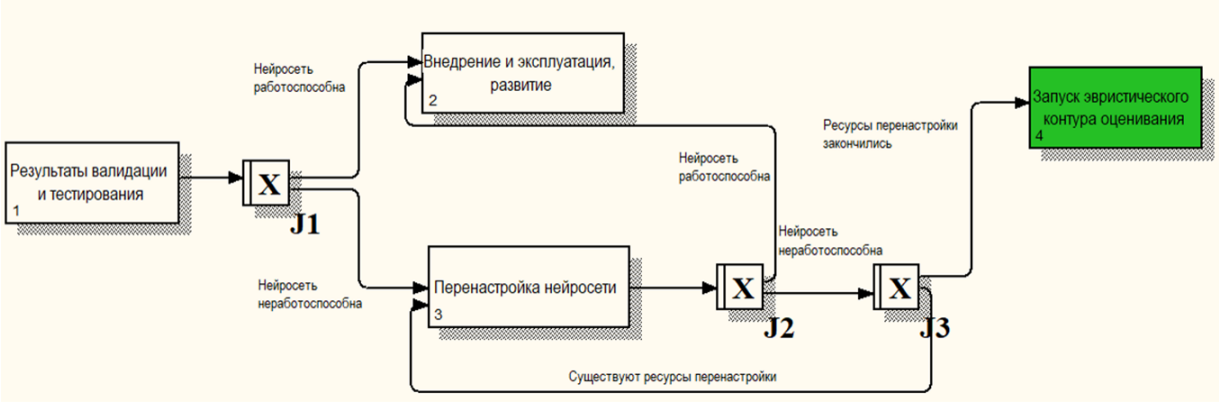

Рисунок 3. IDEF3-диаграмма.

5. Выводы

В статье предлагается для оценки качества фанеры помимо традиционной нейросети с аннотированием количественных дефектов внедрение эвристического модуля поиска неизвестных и трудноформализуемых аномалий поверхности.

Это особенно ценно в следующих производственных ситуациях: пограничные дефекты, когда размер или количество дефектов находятся на границе допусков; сомнительные или слабоконтрастные дефекты; сочетание нескольких незначительных дефектов; аномалии, не распознанные детектором; гибкая настройка под требования заказчика.

Список литературы

1. Робот «Яша» ускорил сортировку фанеры на мантуровском комбинате «Свеза»: сайт // CNews. – URL: https://www.cnews.ru/news/line/2025-11-24_robot_yasha_uskoril_sortirovku (дата обращения: 24.07.2026).
2. Фанерный комбинат в Костромской области автоматизировал сортировку фанеры: сайт // Лесной комплекс. – URL: https://forestcomplex.ru/wood-based/fanernyj-kombinat-avtomatiziroval-sortirovku/ (дата обращения: 24.07.2026).
3. Lumber Handling: сайт // Sage Automation Inc. – URL: https://www.sagerobot.com/lumber/ (дата обращения: 24.07.2026).
4. Machine Vision Technology In Furniture Manufacturing Process: сайт // FDMAsia. – URL: https://www.fdmasia.com/index.php/technology/item/964-machine-vision-technology-in-furniture-manufacturing-process?tmpl=component&print=1 (дата обращения: 24.07.2026).

5. ИИ в ЛПК: безопасность, сортировка и учёт лесосырья: сайт // СБЕР Про. – URL: https://sber.pro/publication/proizvodstvo-bez-slepih-zon-kak-ii-menyaet-upravlenie-bezopasnostyu-i-kachestvom-v-lesopererabotke/#layout_2_3 (дата обращения: 24.07.2026).
6. Система KSM Vision на базе ИИ обнаруживает дефекты пиломатериалов // Журнал «ЛПК Сибири». – URL: https://lpk-sibiri.ru/news/sistema-ksm-vision/ (дата обращения: 24.07.2026).
7. Создание комбинированной модели сортировки листового шпона / М. С. Липатов, О. Г. Матвеева, Б. М. Шифрин [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2025. – № 3(67). – С. 73-79. – https://doi.org/10.18324/2077-5415-2025-3-73-79. – EDN: JAQTDK.
8. Shifrin, B. M. Developing the model of an automated rotary-cut veneer sorting system / B. M. Shifrin, I. V. Eliseev, V. A. Sokolova, N. V. Melamed, S. A. Voinash // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 450, No. 4. – Art. 042007. – https://doi.org/10.1088/1757-899X/450/4/042007.
9. Ge, Y. Wood Veneer Defect Detection Based on Multiscale DETR with Position Encoder Net / Y. Ge, D. Jiang, L. Sun // Sensors. – 2023. – Vol. 23, No. 10. – P. 4837. – DOI 10.3390/s23104837. – EDN: GOUIIL.
10. Defect Detection of Industry Wood Veneer Based on NAS and Multi-Channel Mask R-CNN / J. Shi, Zh. Li, T. Zhu [et al.] // Sensors. – 2020. – Vol. 20, No. 16. – P. 4398. – https://doi.org/10.3390/s20164398. – EDN: GZBCQU.
11. Bergmann, P. MVTec AD – A Comprehensive Real-World Dataset for Unsupervised Anomaly Detection / P. Bergmann, M. Fauser, D. Sattlegger, C. Steger // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2019. – P. 9592–9600. – https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00982.
12. Roth, K. Towards Total Recall in Industrial Anomaly Detection / K. Roth, L. Pemula, J. Zepeda, B. Schölkopf, T. Brox, P. Gehler // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2022. – P. 14318–14328. – https://doi.org/10.1109/CVPR52688.2022.01392.
13. Модель движения материальных и информационных потоков технологического процесса производства фанеры / Б. М. Шифрин, И. В. Елисеев, М. С. Липатов, В. А. Марков // Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий (НТО-VI-2025): сборник научных статей по материалам VI Всероссийской (национальной) научной конференции, Красноярск, 06–07 ноября 2025 года. – Красноярск: Общественное учреждение «Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений», 2025. – С. 229-237.

14. Шифрин Б.М. Регулирование параметров расхода кислорода при изготовлении целлюлозы / Б. М. Шифрин, О. Г. Матвеева, В. А. Марков // Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий (НТО-V-2024): Материалы V Всероссийской (национальной) научной конференции, Красноярск, 07–08 ноября 2024 года. – Красноярск: Общественное учреждение «Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений», 2024. – С. 28-33.
15. Моделирование и оптимизация химического потребления кислорода при производстве целлюлозы / Б. М. Шифрин, О. В. Федорова, С. А. Войнаш [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2024. – № 4(64). – С. 67-74. – https://doi.org/10.18324/2077-5415-2024-4-67-74. – EDN: QBQVFC.
16. Шифрин, Б. М. Разработка информационной модели производства сульфатной целлюлозы / Б. М. Шифрин // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2024. – № 40. – С. 71-74. – DOI 10.26160/2474-5901-2024-40-71-74. – EDN: TOZWOY.