

УДК 681.501:536

DOI: 10.18503/2306-2053-2020-8-1-23-30

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ ПРИ ЭКСПРЕСС ОЦЕНКЕ НАЛИЧИЯ ДЕФЕКТА ПОВЕРХНОСТИ ОЦИНКОВАННОГО ПРОКАТА**Гарбар Е.А., Николаев А.А.*

Аннотация. В работе рассматривается вопрос обработки информации при экспресс оценке наличия дефекта на поверхности оцинкованной полосы. Авторами проведено: описание наиболее распространенных поверхностных дефектов при производстве оцинкованного металлопроката и особое внимание уделено дефектам: гарт и плена. Для определения наличия дефекта выполняется предварительная обработка изображения – удаления шума, с помощью алгоритм размытия Гаусса. Объем экспериментальной выпорки составил более 10 изображений поверхности оцинкованного листа с дефектами различного вида. Изображения получены в условиях крупного металлургического предприятия. После предварительной обработки изображения применяется алгоритм адаптивной пороговой бинаризации с ядром 1D в двух направлениях. В результате сделан вывод о том, что данный метод не чувствителен к шумам на изображении, полученным в результате сбоя в работе канала связи, шума видеодатчика или дефекта камеры. Алгоритм может быть использован как самостоятельно, так и являться частью более сложного алгоритма, предполагающий не только определение наличия дефектов поверхности полосы, но и последующую классификацию. Перспективным направлением исследования является уточнение признаков для идентификации поверхностных дефектов оцинкованного металлического листа.

Ключевые слова: обработка изображения, контроль поверхности оцинкованного проката, распознавание дефектов, определение дефектов, классификация дефектов, автоматизированные системы контроля поверхности, инспектирование поверхности, машинное зрение, компьютерное зрение.

Введение

В последнее время в мире происходит перепроизводство плоского проката [1], а значит возрастает конкуренция среди производителей. Качество поверхности оцинкованного проката является важным качественным показателем. Для оценки качества поверхности используются как органолептические методы, так и автоматизированные системы распознавания дефектов.

Органолептические методы оценки поверхности и обнаружения дефектов имеют недостатки, связанные с тем, что технология производства оцинкованного проката непрерывная. Специалисту при органолептическом методе оценки необходимо продолжительное время наблюдать за поверхностью движущейся полосы, при этом он может уставать, терять концентрацию, отвлекаться, что влечет за собой недостаточный уровень контроля качества поверхности полосы. Альтернативным способом контроля является применение автоматизированных систем для контроля качества поверхности [2, 3]. У данного способа отсутствуют недостатки, перечисленные выше. Однако появляются другие, к которым можно отнести:

- ложноотрицательные срабатывания – данный способ может пропустить дефект;
- ложноположительные срабатывания – некоторые части поверхности распознаются как дефекты, при этом сам дефект отсутствует;
- неверная классификация дефекта – система определяет один класс дефекта, однако в лабораторных условиях данный дефект могут отнести к другому классу.

Методы*1 Описание исходных данных*

Концептуально определение наличия дефекта и его классификации можно представить в виде блок-схемы (рис.1). В блок-схеме изображено два этапа распознавания дефекта: детектирование непосредственно дефекта и его последующая классификация.

Такое разбиение на этапы связано с тем, что классификация дефекта требует больших вычислительных мощностей ЭВМ и для классификации дефектов на каждом изображении потребуются избыточные мощности. Для уменьшения необходимых мощностей ЭВМ пред-

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора Логуновой О.С.

варительно каждое изображение анализируется для определения наличия самого дефекта [4], таким образом дальнейшей классификации дефекта подвергаются только те изображения, на которых определено наличие дефекта.

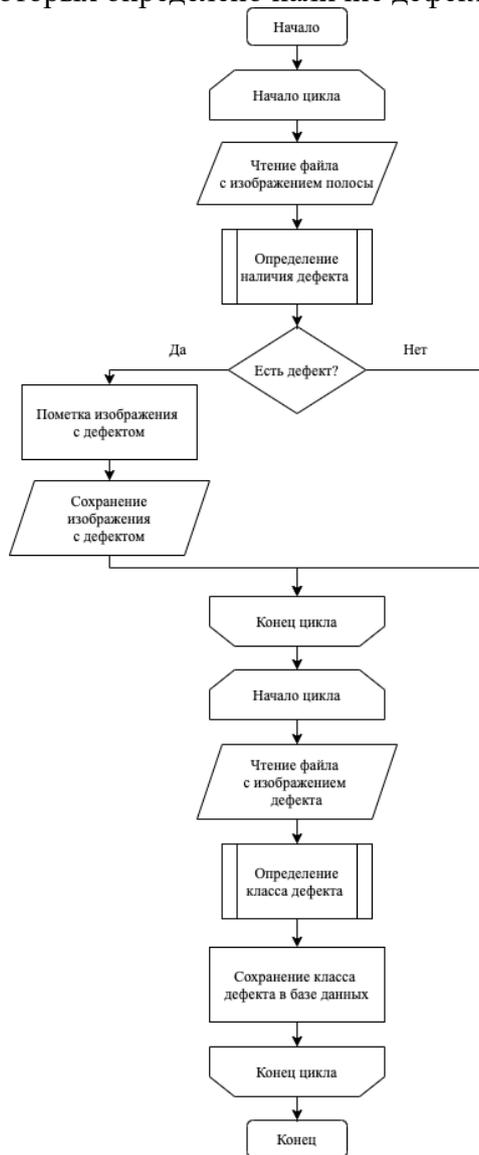


Рис. 1. Блок-схема определения класса дефекта

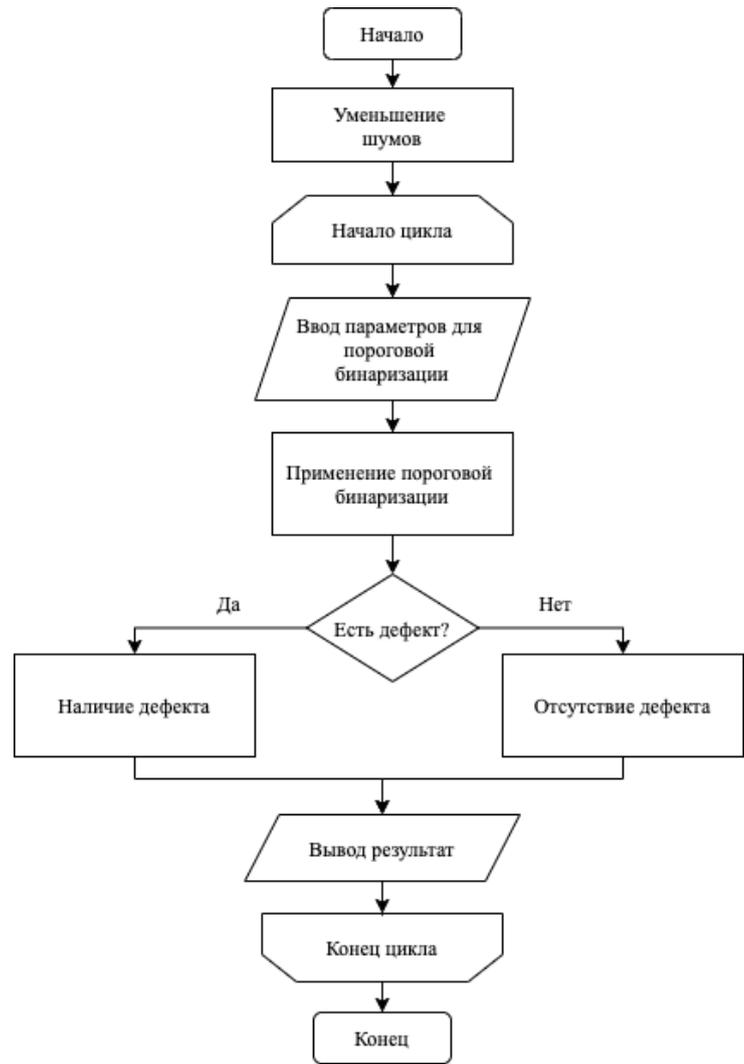


Рис. 2. Блок-схема определения наличия дефекта

Особенностью этапа определения дефекта является то, что его результат может допускать ложное определение наличия дефекта, так как доуточнение произойдет на следующем этапе. Но не может допускать ложное определение отсутствия дефекта, так как в этом случае изображение не попадет на следующий этап и дефект будет пропущен. Также данный этап должен быть быстрым, так как с камеры поступают изображения с большой скоростью, при этом обрабатывается каждое изображение. Таким образом анализ каждого изображения должен использовать минимальные вычислительные мощности ЭВМ.

Для реализации первого этапа предлагается использовать метод адаптивной пороговой бинаризации [5-7] с предварительным удалением шумов с изображения [8].

Рассмотрим изображения основных дефектов, полученных с устройства инспекции полосы. На данное устройство помещаются оцинкованные рулоны после агрегатов АНО/ГЦ или АНГЦ, производится перемотка рулонов, при этом поверхность полосы с обеих снимается камерами.

На рис. 3 изображен один из наиболее частых дефектов – плена [9]. К примеру, при производстве автомобильного листа 67% дефектов от всей отсортировки является плена. ГОСТ 21014 – 88 [10] детерминирует плену как – дефект поверхности в виде отслоения язы-

кообразной формы, частично соединенный с основным металлом, образовавшегося от раската окисленных брызг, заплесков и грубых неровностей поверхности слитка, обусловленных дефектами внутренней поверхности изложницы, в том числе образовавшийся вследствие раскатки рванин, подрезов, следов глубокой зачистки дефектов или сильной выработки валков, а также грубых механических повреждений.

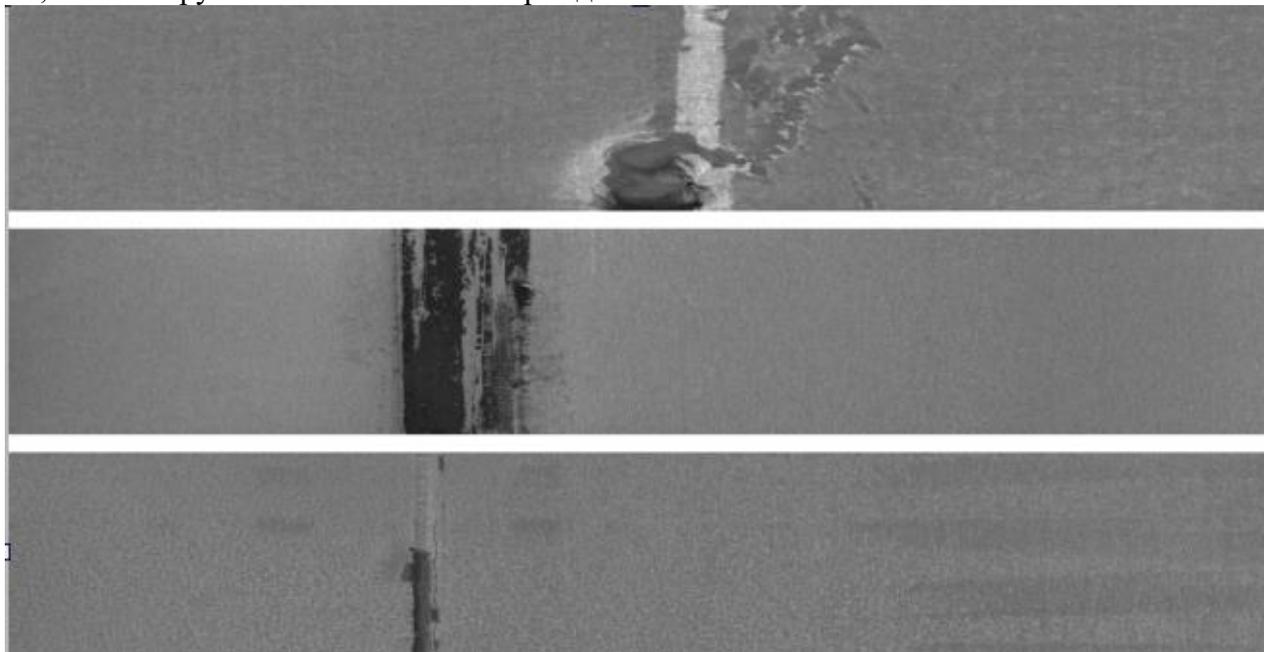


Рис. 3. Вид дефекта плена на поверхности оцинкованного проката

На рис. 4 приведены изображения дефекта кромки. Дефект кромки – дефект проката в виде выступов и углублений различной формы и глубины, выходящие за номинальную ширину более, чем на половину поля допуска по НД [11].

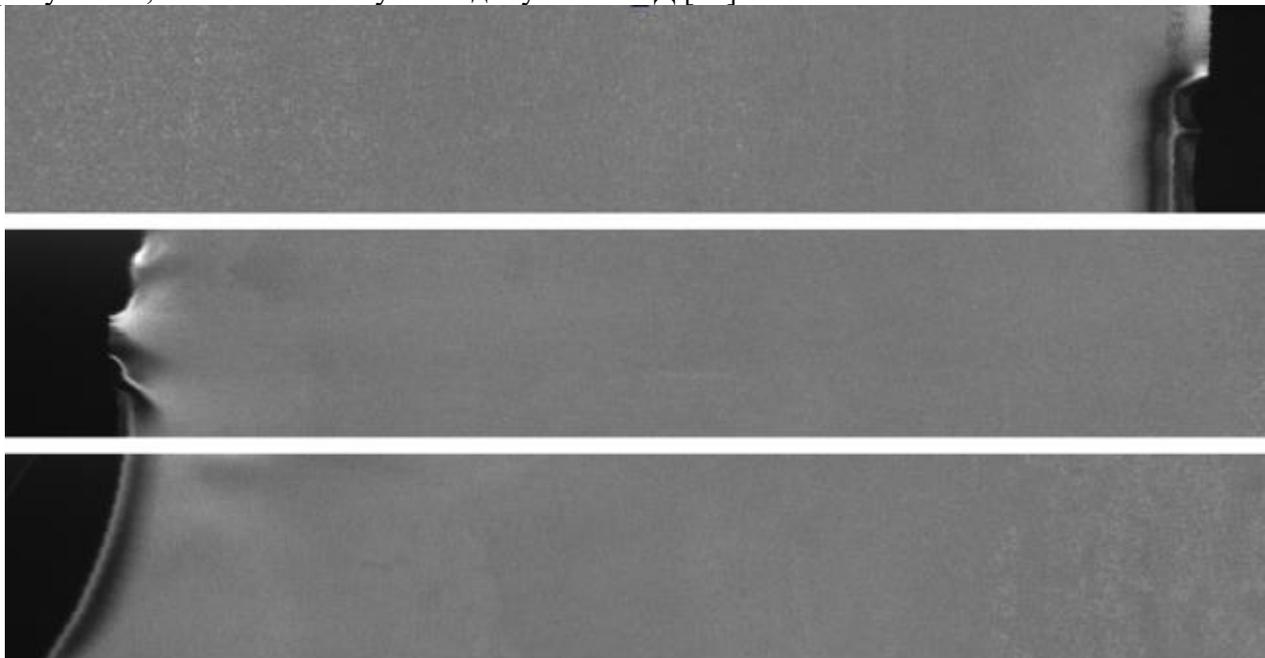


Рис. 4. Вид дефекта кромки на поверхности оцинкованного проката

На рис. 5 приведены изображения окалина. Окалина образуется преимущественно путем вкатывания остатков печной окалина [12], формирующейся при нагреве слябов в нагревательной печи перед горячей прокаткой на непрерывных широкополосных станах горячей прокатки, в поверхностный слой раскатов.

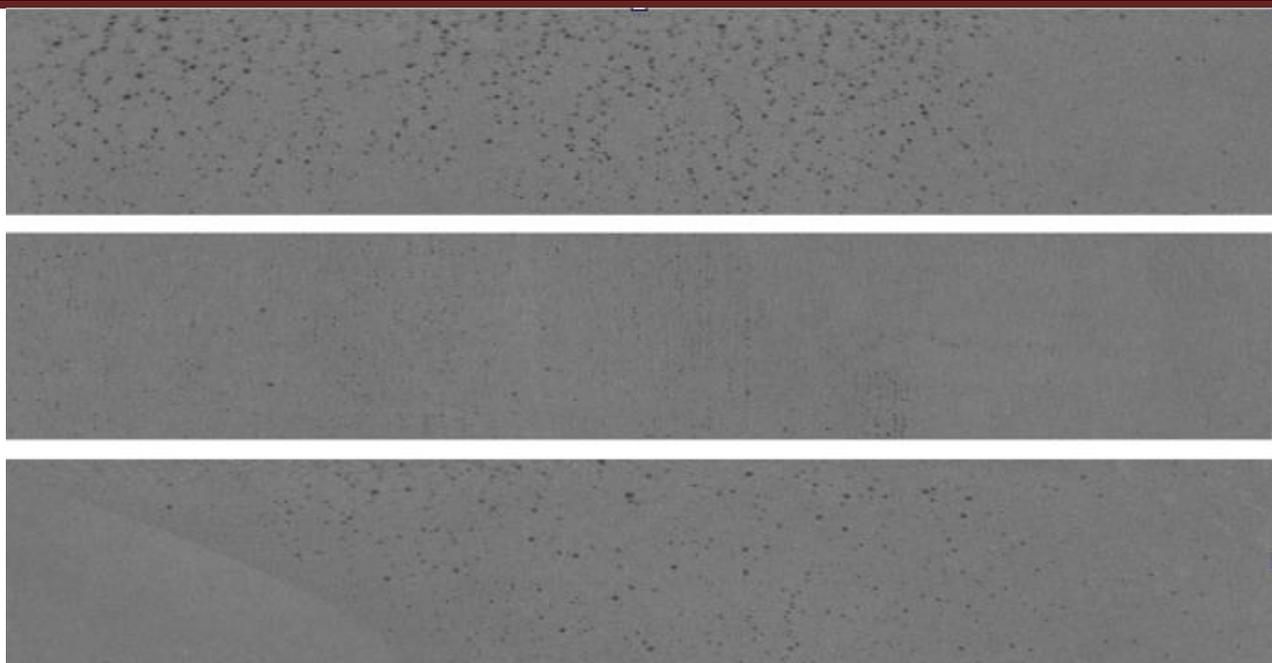


Рис. 5. Вид дефекта окалин на поверхности оцинкованного проката

На рис. 6 приведены изображения гарта. Гарт или шероховатое покрытие по всей поверхности или на отдельных ее участках, в виде мелких густо расположенных бугорков.

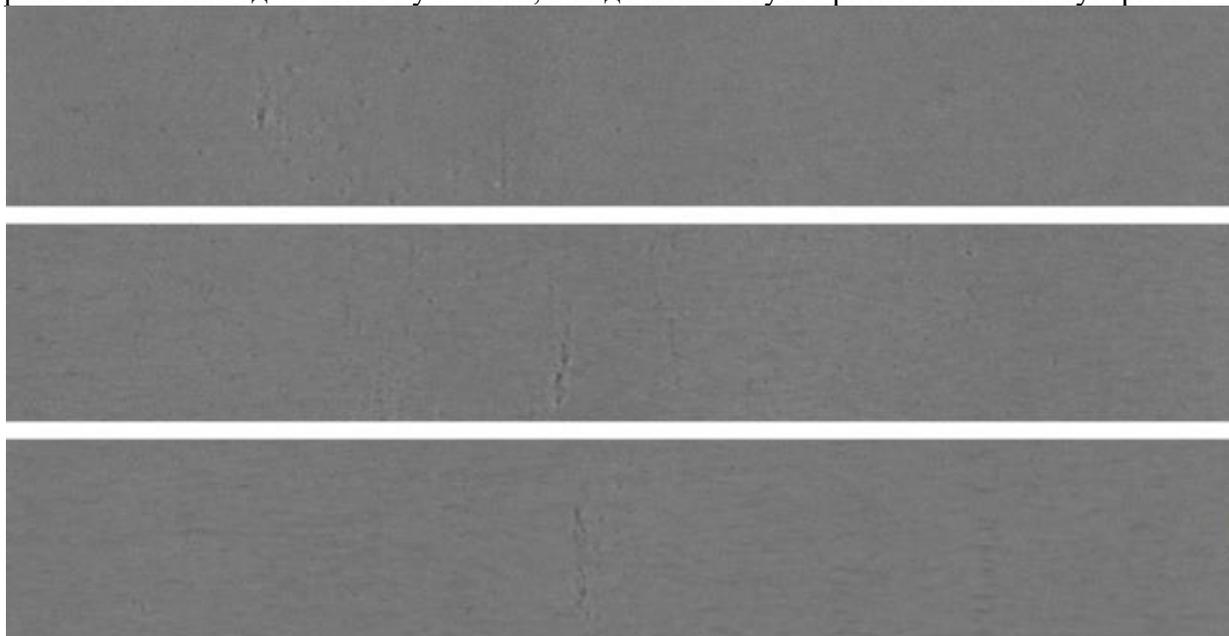


Рис.6. Вид дефект гарт на поверхности оцинкованного проката

Причинами возникновения гарта являются:

- высокая шероховатость поверхности подката и, как следствие, неравномерный рост железоцинкового сплава на микровыступах;
- загрязнение расплава цинка частицами гартцинка;
- наличие на поверхности холоднокатаных полос загрязнений или пятен СОЖ;
- повреждение поверхности основы – наличие в большом количестве мелких рисок на полосе.

На рис. 7 приведены изображения надрывов. Надрыв или продир – дефект поверхности в виде широких продольных углублений, образующихся от резкого трения проката о детали прокатного и подъемно-транспортного оборудования.

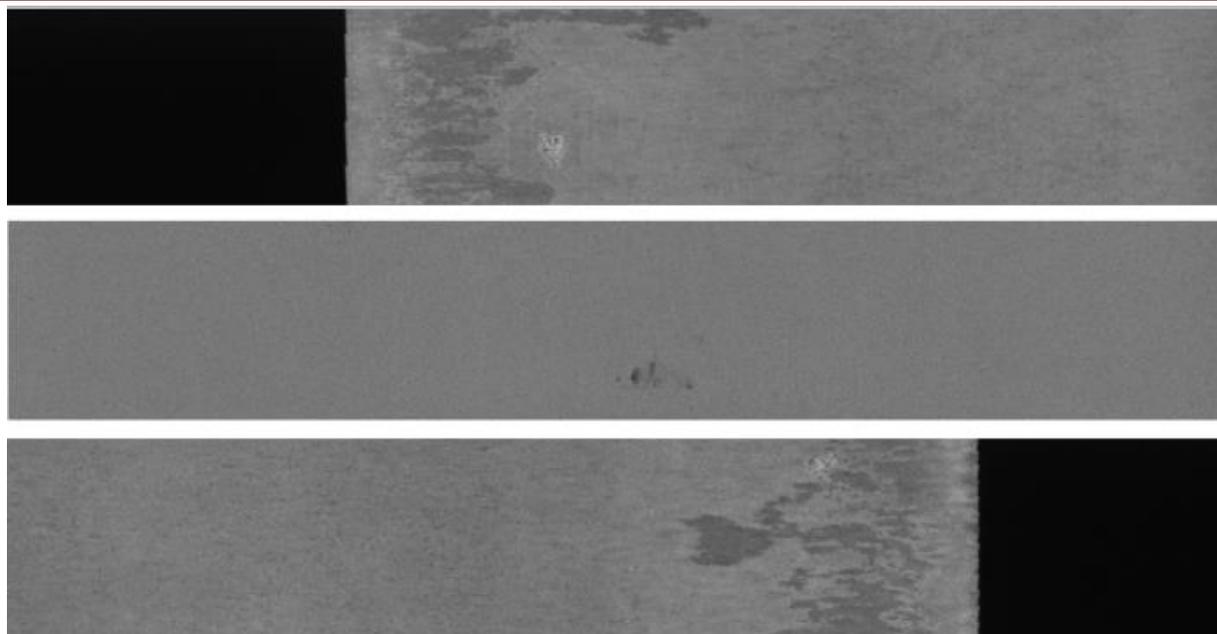


Рис. 7. Вид дефекта надрыв на поверхности оцинкованного проката

На рис. 8 приведены изображения сквозных разрывов или дыр. Причинами возникновения являются: наличие на подкате плен, усадочных раковин, пузырей и неметаллических включений.

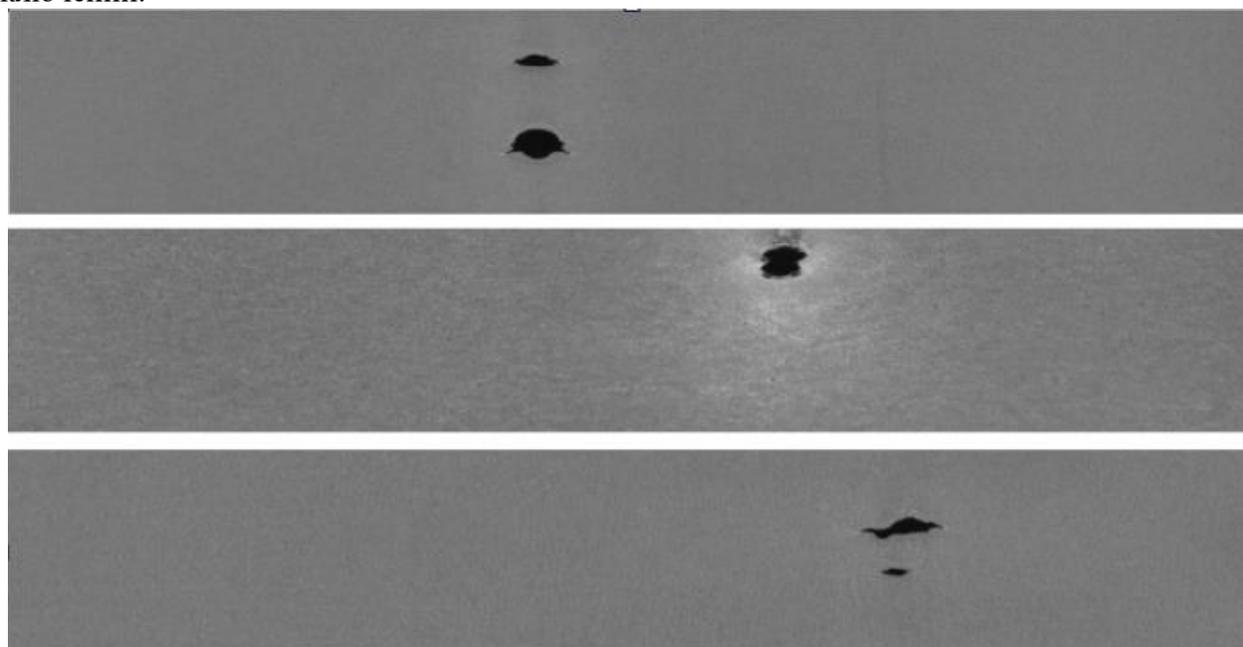


Рис. 8. Вид дефекта сквозные разрывы на поверхности оцинкованного проката

2 Результаты обработки изображений

Все изображения, полученные с устройства инспекции полосы хранятся в виде двумерной матрицы в градациях серого, то есть имеющие значения от 0 до 255, где 0 это черный, а 255 соответствует белому цвету. Размер изображений 780×128 пикселей.

На изображениях помимо дефектов присутствует шум, который влияет на точность распознавания наличия дефекта, при этом непосредственно не является источником информации для анализа, так как отсутствует непосредственно на поверхности оцинкованного проката. Причинами возникновения шума на изображении являются сбои в работе канала связи, шум видеодатчика, дефект камеры [13].

Для удаления шума используется сглаживание Гаусса. Используя данный фильтр можно уменьшить с расстоянием влияние пикселей друг на друга. Ядро фильтра 1D выражается формулой:

$$G_i = a \cdot e^{-\frac{\left(\frac{i-n-1}{2}\right)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где $i = 0..n - 1$; n – размер ядра, σ – среднеквадратичное отклонение.

Выберем $\sigma = 0,3 \cdot ((n - 1) \cdot 0,5 - 1) + 0,8$, при $n = 5$, $\sigma = 1,1$. К изображению применим свертку с полученной матрицей размерностью 5×1 в двух направлениях: по оси x и по оси y . Свертка делается по формуле:

$$g(x, y) = G * f(x, y), \quad (2)$$

где $f(x, y)$ – первоначальное изображение; G – ядро фильтра.

Результаты размытия представлены на рис. 9, видно, что шумы значительно уменьшены, что позволит с большей точностью выполнить следующее преобразование – адаптивную пороговую бинаризацию [14].

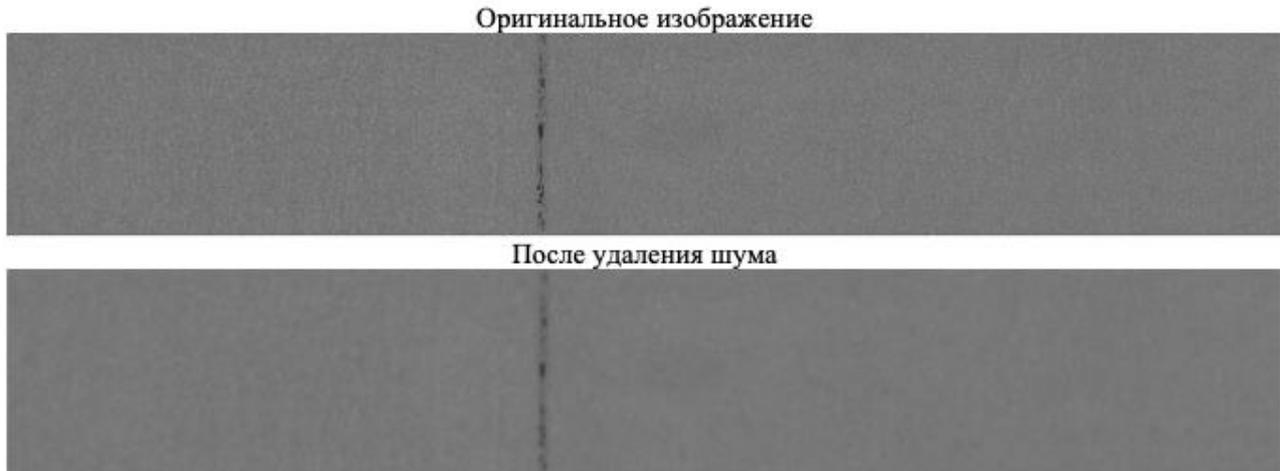


Рис. 9. Результаты удаления шума

Изображения получаются в условиях реального производства, то есть могут иметь разную освещенность на разных частях полосы. Чтобы нивелировать разную освещенность, используется адаптивная пороговая бинаризация. При этом алгоритм вычисляет порог для небольших участков изображения. Таким образом, получаются разные пороги для разных областей одного и того же изображения, и это дает лучшие результаты для изображений с разным освещением. Рассмотрим математическое описание адаптивной пороговой бинаризации [15]:

$$L(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } g(x, y) > T(x, y) - C; \\ 0, & \text{если } g(x, y) \leq T(x, y) - C, \end{cases} \quad (3)$$

где $T(x, y)$ – локальный порог бинаризации, вычисленный как среднее значение точек в окрестности k ; C – коэффициент отклонения.

Эмпирическим путем лучших результатов удалось добиться при значении $k = 99$ и $C = 9$.

Результат применения адаптивной пороговой бинаризации на рис. 10.

В случае если в матрице L присутствует значение отличное от 255, на рис. 10 это черные точки, можно сделать вывод что на изображении присутствует дефект. К этому изображению применяется алгоритм классификации для уточнения класса дефекта.

Результаты

Из полученных результатов работы алгоритма можно сделать вывод, что алгоритм является не чувствительным к наличию шума на исходном изображении, так как предварительно выполняется удаление шума, что существенно снижает количество нежелательных артефактов. Дополнительно стоит отметить, что алгоритм является достаточно простым для применения в системах автоматизации, робототехники и других отраслях, требующих идентификации объектов. Данный алгоритм может быть использован как самостоятельно, так и

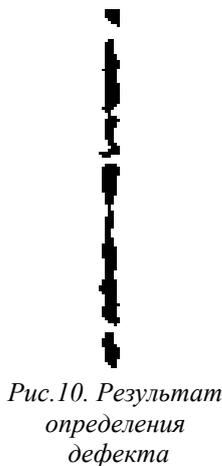


Рис.10. Результат определения дефекта

являться частью более сложного алгоритма, предполагающий не только детектирование наличия дефектов, но и их классификацию.

Список использованных источников

1. Гарбар, Е.А. Цифровизация в оценке качества поверхности листового проката // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2019. – Т. 7. – №. 2. – С. 30-34.
2. Миков, А.Ю. Математическое обеспечение и структура системы интеллектуальной поддержки системы управления оценкой качества поверхности холоднокатаного проката. / А.Ю. Миков, О.С. Логунова, А.В. Маркевич. // Электротехнические системы и комплексы. – 2016. – №. 1. – С. 45-51.
3. Мазур, И.П. Контроль качества поверхности листового проката / И. П. Мазур. // Инновационные технологии в металлургии и машиностроении : материалы 6-й международной молодежной научно-практической конференции «Инновационные технологии в металлургии и машиностроении. Уральская научно-педагогическая школа имени профессора А.Ф. Головина», [г. Екатеринбург, 29 октября - 1 ноября 2012 г.]. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. – 2013. — С. 359-365.
4. Егорова, Л.Г. Системы распознавания изображений в потоке / Л.Г. Егорова, Е.А. Гарбар, А.А. Николаев // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2019. – Т. 7. – №. 1. – С. 42-43.
5. Chow, C.K. Automatic boundary detection of the left-ventricle from cineangiograms / C.K. Chow, T. Kaneko // Comput. Biomed. Res., vol. 5, 1972. – Pp. 388-410.
6. Francis, H.Y. Lam, Hui Zhu Adaptive Thresholding by Variational Method / H.Y. Francis, F.K. Chan // IEEE Transactions on Image Processing, vol. 7, No. 3, March, 1998. – Pp. 468-473.
7. Jain, R. Machine Vision. / R. Jain, R. Kasturi, B.G. Schunk // New York: McGraw-Hill, 1995. – Pp. 50-56.
8. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. // пер. с англ. [Текст] – М.: Бином. Лаборатория знаний. – 2006.
9. Вдовин, К.Н. Изучение причин образования дефекта «плена» / К.Н. Вдовин, Н.И. Мельник, Е.С. Воротинцева // Новые проекты и технологии в металлургии: сб. науч. тр. К 85 – летию ОАО «Уралгипромез». – Екатеринбург. – 2010. – 636 с.
10. ГОСТ 21014-88. Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 16.11.88 № 3724: дата введения 1990-01-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-21014-88> (дата обращения: 10.12.2019). – Текст: электронный.
11. Классификатор дефектов для потребителей горячеоцинкованной металлопродукции: сформирован на основе «Классификатора дефектов для потребителей горячеоцинкованной продукции», утвержденного начальником технологического департамента ОАО «ММК». – 15.09.2016, редакция №0.
12. Сычков, А.Б. Идентификация дефекта поверхности листового проката типа "Вкатанная окалина". ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ. / А.Б. Сычков, Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова, А.В. Жлоба, Г.Я. Камалова // Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – 1(11). – С. 72-76.
13. Апальков, И.В. Удаление шума из изображений на основе нелинейных алгоритмов с использованием ранговой статистики. / И.В. Апальков, В.В. Хрящев. // Ярославский государственный университет. – 2007.
14. Авилова, А.Д. Фильтр Гаусса. / А.Д. Авилова, Р.В. Беляев. // Информатика: проблемы, методология, технологии. – 2018.
15. Пелевин, Е.Е. Использование метода Adaptive Threshold в системе технического зрения. / Е.Е. Пелевин, С.В. Балясный // *Juvenis scientia* 1. – 2017.

Материал поступил в редакцию: 11.11.2020

Материал принят к публикации: 05.12.2020

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

EXPRESS EVALUATION OF GALVANIZED ROLLED STEELS SURFACE DEFECT

Garbar E.A., Nikolaev A.A.

Abstract. This article discusses the issue of express evaluation of the presence of a defect on the surface of a galvanized strip. A review of the most common defects in the production of galvanized metal products, including roughness and seam, has been made. To determine the defect, image pre-processing is used - noise removal using Gaussian blur. After pre-processing of the adaptive thresholding algorithm by the 1D kernel in two directions. As a result, it was concluded that this method is not sensitive to image noise resulting from a communication channel failure, video sensor noise, or camera defect. This algorithm can be used both independently and as part of a more complex algorithm, which involves not only the determination of strip surface defects, but also the subsequent classification.

Keywords: surface inspection of galvanized steel, defect recognition, defect detection, defect classification, automated surface inspection systems, surface inspection, machine vision, computer vision.

References

1. Garbar, E.A. (2019) *Matematicheskoe i pro-grammnoe obespechenie sistem v promyshlennoj i social'noj sferah*. 7. – №. 2. – S. 30-34.

2. Mikov, A.YU. Matematicheskoe obespechenie i struktura sistemy intellektual'noj podderzhki sistemy upravleniya ocenкой kachestva poverhnosti holodnokatanogo prokata. / A.YU. Mikov, O.S. Logunova, A.V. Mar-kevich. // Elektrotekhnicheskie sistemy i kompleksy. – 2016. – №. 1. – S. 45-51.
3. Mazur, I.P. Kontrol' kachestva poverhnosti listovogo prokata / I. P. Mazur. // Innovacionnye tekhnologii v metallurgii i mashinostroenii : materialy 6-j mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchno-prakticheskoy konfe-rencii «Innovacionnye tekhnologii v metallurgii i mashinostroenii. Ural'skaya nauchno-pedagogicheskaya shkola imeni professora A.F. Golovina», [g. Ekaterinburg, 29 oktyabrya - 1 noyabrya 2012 g.]. — Ekaterinburg : Izd-vo Ural. un-ta. – 2013. — S. 359-365.
4. Egorova, L.G. Sistemy raspoznavaniya izobrazhenij v potoke / L.G. Egorova, E.A. Garbar, A.A. Nikolaev // Matematicheskoe i programmnoe obespechenie sistem v promyshlennoj i social'noj sferah. – 2019. – T. 7. – №. 1. – S. 42-43.
5. Chow, C.K. Automatic boundary detection of the left-ventricle from cineangiograms / C.K. Chow, T. Kaneko // Comput. Biomed. Res., vol. 5, 1972. – Pp. 388-410.
6. Francis, H.Y. Lam, Hui Zhu Adaptive Thresholding by Variational Method / H.Y. Francis, F.K. Chan // IEEE Transactions on Image Processing, vol. 7, No. 3, March, 1998. – Pp. 468-473.
7. Jain, R. Machine Vision. / R. Jain, R. Kasturi, B.G. Schunk // New York: McGraw-Hill, 1995. – Pp. 50-56.
8. SHapiro, L. Komp'yuternoe zrenie / L. SHapiro, Dzh. Stokman. // per. s angl. [Tekst] – M.: Binom. Laboratoriya znaniy. – 2006.
9. Vdovin, K.N. Izuchenie prichin obrazovaniya defekta «plena» / K.N. Vdovin, N.I. Mel'nik, E.S. Vorotinceva // Novye proekty i tekhnologii v metallurgii: sb. nauch. tr. K 85 – letiyu OAO «Uralgipromez». – Ekaterinburg. – 2010. – 636 s.
10. GOST 21014-88. Prokat chernyh metallov. Terminy i opredeleniya defektov poverhnosti: utverzhden i vveden v dejstvie Postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartam ot 16.11.88 № 3724: data vvedeniya 1990-01-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-21014-88> (data obrashcheniya: 10.12.2019). – Tekst: elektronnyj.
11. Klassifikator defektov dlya potrebitelej goryacheocinkovannoj metalloprodukcii: sformirovan na osno-ve «Klassifikatora defektov dlya potrebitelej goryacheocinkovannoj produkcii», utverzhdenogo nachal'ni-kom tekhnologicheskogo departamenta OAO «MMK». – 15.09.2016, redakciya №0.
12. Sychkov, A.B. Identifikaciya defekta poverhnosti listovogo prokata tipa "Vkatannaya okalina". CHERNAYA METALLURGIYA. / A.B. Sychkov, N.V. Kopceva, YU.YU. Efimova, A.V. ZHloba, G.YA. Kamalova // Byulleten' nauch-no-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informacii. – 2018. – 1(11). – S. 72-76.
13. Apal'kov, I.V. Udalenie shuma iz izobrazhenij na osnove nelinejnyh algoritmov s ispol'zovaniem rango-voj statistiki. / I.V. Apal'kov, V.V. Hryashchev. // YAroslavskij gosudarstvennyj universitet. – 2007.
14. Avilova, A.D. Fil'tr Gaussa. / A.D. Avilova, R.V. Belyaev. // Informatika: problemy, metodologiya, tekhnologii. – 2018.
15. Pelevin, E.E. Ispol'zovanie metoda Adaptive Threshold v sisteme tekhnicheskogo zreniya. / E.E. Pelevin, S.V. Balyasnyj // Juvenis scientia 1. – 2017.

ОБ АВТОРАХ:

Гарбар Евгений Александрович – аспирант кафедры вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

E-mail: evgenyjam@yandex.ru.

Николаев Антон Андреевич – студент кафедры вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

E-mail: aanton2001@gmail.com

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Гарбар, Е.А. Обработка информации при экспресс оценке наличия дефекта поверхности оцинкованного проката / Е.А. Гарбар, А.А. Николаев // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2020. – Т.8. – № 1. – С. 23-30. DOI: 10.18503/2306-2053-2020-8-1-23-30.

Garbar E.A. and Nikolaev A.A. (2020) Express evaluation of galvanized rolled steels surface defect. Software of systems in the industrial and social fields. 8 (1): 23-30. DOI: 10.18503/2306-2053-2020-8-1-23-30.