

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-289
УДК 004.896



Научные обзоры

ПРОБЛЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

К.М. Рыбаков, Р.М. Хамитов

Отбраковка металлопродукции является важным этапом производственного процесса, направленным на обеспечение лучшего качества конечного продукта.

Традиционные методы отбраковки, основанные на визуальном контроле или использовании простых автоматизированных систем, имеют свои ограничения и недостатки, такие как низкая скорость и точность классификации дефектов.

В работе рассматривается возможность применения различных методов машинного обучения для классификации дефектов в металлических изделиях. Проводится сравнительный анализ данных алгоритмов, а также их эффективности с целью определения наиболее подходящего подхода к автоматической отбраковке металлопродукции.

Ключевые слова: машинное обучение; нейронные сети; дефектоскопия; метод опорных векторов; металлообработка

Для цитирования. Рыбаков К.М., Хамитов Р.М. Проблемы поверхностной дефектоскопии металлов с использованием машинного обучения и пути их решения // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 1. С. 196-204. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-289

Scientific Reviews

PROBLEMS OF SURFACE DEFECTOSCOPY OF METALS USING MACHINE LEARNING AND WAYS FOR THEIR SOLUTIONS

K.M. Rybakov, R.M. Khamitov

Rejection of metal products is an important stage of the production process aimed at ensuring the best quality of the final product.

Traditional rejection methods, based on visual inspection or the use of simple automated systems, have their limitations and disadvantages, such as low speed and accuracy of defect classification.

The paper examines the possibility of using various machine learning methods to classify defects in metal products. A comparative analysis of these algorithms, as well as their effectiveness, is carried out in order to determine the most suitable approach to the automatic rejection of metal products.

Keywords: *machine learning; neural networks; flaw detection; support vector machine; metalworking*

For citation. *Rybakov K.M., Khamitov R.M. Problems of Surface Defectoscopy of Metals using Machine Learning and Ways for Their Solutions. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 196-204. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-289*

Введение

Традиционные методы отбраковки металлопродукции, такие как визуальный контроль и простые автоматизированные системы, имеют ограничения в точности и скорости отбраковки. Визуальный контроль требует участия оператора, что может привести к утомлению и снижению эффективности, а также подвержен человеческим ошибкам. Автоматизированные системы, в свою очередь, часто не способны обнаруживать сложные или неоче-

видные дефекты [2]. Системы автоматической отбраковки, основанные на методах машинного обучения позволяют обрабатывать большие объемы данных и автоматически выявлять дефекты на металлических изделиях с высокой точностью и скоростью. Такие системы используют различные типы датчиков и камер для сбора информации о поверхности продукции и алгоритмы машинного обучения для анализа полученных данных и классификации дефектов [3].

Материалы и методы исследования

В работе используются результаты зарубежных и отечественных научных исследований. Автором применяются теоретические методы исследования, связанные с поиском и анализом информации для выявления связей и получения уникальных выводов.

Результаты и обсуждение

Ключевыми характеристиками работы систем автоматической отбраковки металлопродукции являются скорость и адекватность выявляемых дефектов. При этом, следует учитывать, что если распознать хороший продукт как бракованный, вернуть его в логистическую цепочку после повторной проверки несложно, однако если пропустить брак на реализацию, последуют серьезные финансовые и репутационные потери предприятия [4].

Описание используемых алгоритмов машинного обучения

Для решения задачи автоматической отбраковки металлопродукции применяются различные алгоритмы машинного обучения. В рамках данной работы рассматриваются следующие подходы:

- Метод опорных векторов (Support Vector Machines, SVM)
- Сверточные нейронные сети с SVM
- SIFT с SVM

Метод опорных векторов (SVM):

SVM – это алгоритм обучения с учителем, который используется как для задач классификации, так и для регрессии. SVM

имеет большое преимущество в задачах классификации, так как проводится процесс взвешивания, который максимизирует границу разделения между ближайшими точками в этом пространстве данных, определяющем различные классы.

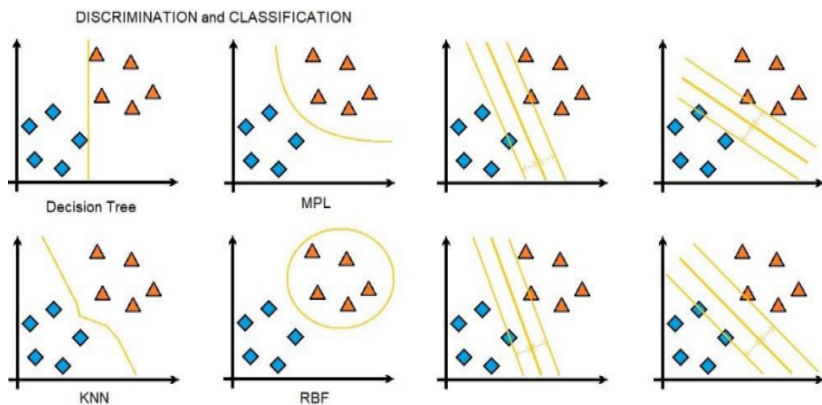


Рис. 1. Пример разделения на классы с SVM (справа) и без

Однако у данного подхода есть и свои минусы - алгоритм SVM хорошо работает в случаях где нужно однозначно сказать есть дефект или нет, в то время как определить какой именно это дефект уже затруднительно. То есть забраковать изделия используя только этот алгоритм можно, однако получить более детальную информацию не получится. Например, в имеющихся исследованиях [5] авторам удалось добиться поразительной точности в классификации – 99.78%.

Сверточные нейронные сети с SVM

На следующем уровне дефектоскопии стоят сверточные нейронные сети в комбинации с SVM.

CNN – это глубокие нейронные сети, специально разработанные для обработки изображений. В CNN с SVM, последний, как правило используется для поиска фрагментов, потенциально содержащих дефект. То есть, изображение разбивается на несколько секций, каждая секция прогоняется через SVM, затем те секции,

в которых потенциально есть дефект прогоняются через нейронную сеть для точной идентификации типа дефекта. Такой подход использовался в некоторых исследованиях [6], который позволил достигнуть точности в 99.3%, но уже с точным определением типа дефекта.

SIFT с SVM

SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) – это алгоритм компьютерного зрения, который используется для обнаружения и описания ключевых точек в изображениях. Подход с комбинацией SIFT и SVM с использованием стратегии голосования представляет любопытные данные. В исследовании исследованиях коллег [7] была предложена следующая архитектура сети:

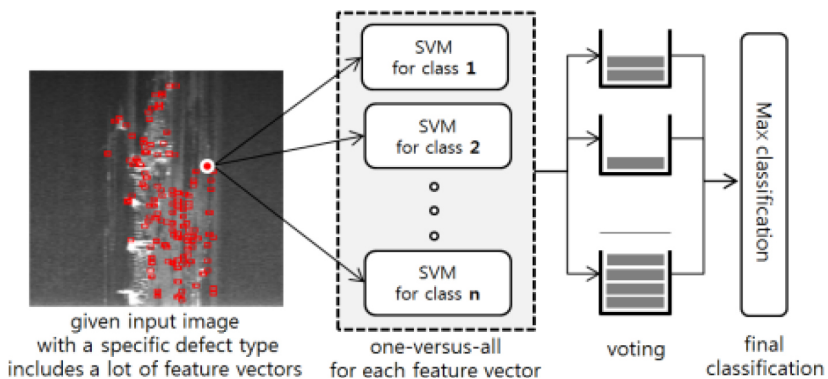


Рис. 2. Архитектура сети SIFT с SVM с использованием стратегии голосования

Выше в статье мы упомянули, что SVM по сути является классификатором двух классов. В задачах дефектоскопии как правило это классы “дефект” и “норма”. Здесь же предложено использование SIFT для генерации множества векторов признаков одного изображения. Поскольку SVM выдает вероятность принадлежности к конкретному классу, далее следует система голосования, в которой “побеждает” класс дефекта с наибольшим выходом из SVM.

Данная архитектура хорошо зарекомендовала себя для классификации различных дефектов. Ниже представлены результаты классификаций:

DFBL	DFLS	LSBL	LSS	DFBL	DFLS	LSBL	LSS
	70.59	81.75	71.72	4	13	17	6
92.11	67.92	81.75	70.29	2	4	8	17
				6	17	25	23
94.74	79.25	83.21	70.29	100% (2)	100% (4)	100% (8)	82% (14)
93.42	79.25	86.86	72.28				

Рис. 3. Классификация дефектов с использованием алгоритма SVM

Рис. 4. Классификация дефектов с использованием SVM и системы голосования

Мы можем заметить, что использование голосования значительно увеличило точность предсказания дефектов. Стоит также отметить, что здесь не были рассмотрены случаи с отсутствием дефектов, что, однако, предоставляет дополнительное пространство для собственных доработок такой архитектуры нейронной сети.

Заключение

Внедрение алгоритмов машинного обучения в процесс дефектоскопии металлов может значительно улучшить качество конечного продукта, снизить затраты на производство и повысить конкурентоспособность предприятий. Однако, для достижения оптимальных результатов необходимо тщательно выбирать и настраивать алгоритмы, учитывая специфику задачи и доступные данные. Комбинация SIFT и SVM с использованием стратегии голосования показала высокую точность классификации дефектов, что делает ее перспективным подходом для автоматической отбраковки металлопродукции.

Список литературы

1. Алексеев И.П. Перспективы применения капсульных нейронных сетей в распознавании объектов на изображениях / И. П. Алексеев, Т. В. Лаптева // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. 2022. № 1. С. 50-53.

2. Шорина Т.В. Распознавание визуальных образов средствами языка программирования Python / Т. В. Шорина, Р. М. Хамитов // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 639-641.
3. Салтанаева Е.А. Построение систем распознавания образов на основе искусственного интеллекта / Е. А. Салтанаева, С. М. Куценко // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 376-378.
4. Фахрутдинов Р.Р., Хамитов Р.М. Исследование методов распознавания дефектов на изображении для объектов топливно-энергетического комплекса // Сборник научных статей VIII международной научной конференции. Казань, 2021. С. 126-129.
5. Krzysztof Lalik, Mateusz Kozek, Paweł Gut, Marek Iwaniec, Grzegorz Pawłowski. June 22, 2022 SVM Algorithm for Industrial Defect Detection and Classification. URL: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2022/04/mateconf_mms2020_04004/mateconf_mms2020_04004.html (дата обращения: 15.02.2023).
6. Shuai Wang, Xiaojun Xia, Lanqing Ye, Binbin Yang. Automatic Detection and Classification of Steel Surface Defect Using Deep Convolutional. February 26, 2021. URL: Neural Networks <https://www.mdpi.com/2075-4701/11/3/388> (дата обращения: 18.02.2023).
7. Suvdaa B., Ahn J., Ko J. Steel surface defects detection and classification using SIFT and voting strategy. April 2, 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/293134660_Steel_surface_defects_detection_and_classification_using_SIFT_and_voting_strategy (дата обр.: 14.02.2023).

References

1. Alekseev I.P., Lapteva T.V. Prospects of application of capsule neural networks in object recognition on images. *KIP i avtomatika: obsluzhivanie i remont*, 2022, no. 1, pp. 50-53.
2. Shorina T.V., Khamitov R.M. Visual image recognition by means of the Python programming language. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzh'ya*, 2023, no. 12, pp. 639-641.
3. Saltanaeva E.A., Kutsenko S.M. Construction of pattern recognition systems based on artificial intelligence. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzh'ya*, 2023, no. 12, pp. 376-378.

4. Fakhrutdinov R.R., Khamitov R.M. Research of methods of defects recognition on the image for objects of fuel and energy complex. *Collection of scientific articles of the VIII International Scientific Conference*. Kazan, 2021, pp. 126-129.
5. Krzysztof Lalik, Mateusz Kozek, Paweł Gut, Marek Iwaniec, Grzegorz Pawłowski. June 22, 2022 SVM Algorithm for Industrial Defect Detection and Classification. URL: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2022/04/mateconf_mms2020_04004/mateconf_mms2020_04004.html (accessed 15.02.2023).
6. Shuai Wang, Xiaojun Xia, Lanqing Ye, Binbin Yang. Automatic Detection and Classification of Steel Surface Defect Using Deep Convolutional. February 26, 2021. URL: Neural Networks <https://www.mdpi.com/2075-4701/11/3/388> (accessed February 18, 2023).
7. Suvdaa B., Ahn J., Ko J. Steel surface defects detection and classification using SIFT and voting strategy. April 2, 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/293134660_Steel_surface_defects_detection_and_classification_using_SIFT_and_voting_strategy (accessed 14.02.2023).

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Рыбаков Кирилл Михайлович, студент 2-го курса магистратуры кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы»

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Российская Федерация

kotya.ribak@mail.ru

Хамитов Ренат Минзашарифович, доцент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Российская Федерация
hamitov@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Kirill M. Rybakov, 2nd year master's student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems
Kazan State Power Engineering University
51, Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation
kotya.ribak@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3781-5259>

Renat M. Khamitov, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Candidate of Technical Sciences
Kazan State Power Engineering University
51, Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation
hamitov@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9949-4404>

Поступила 28.02.2024

После рецензирования 10.03.2024

Принята 14.03.2024

Received 28.02.2024

Revised 10.03.2024

Accepted 14.03.2024