

*О. С. Подскребко,*  
к. е. н., старший викладач кафедри економічної кібернетики,  
Національний авіаційний університет  
ORCID ID: 0000-0001-5282-4691

*Д. М. Квашук,*  
к. е. н., доцент кафедри економічної кібернетики,  
Національний авіаційний університет  
ORCID ID: 0000-0002-4591-8881

*А. К. Берідзе-Стаховський,*  
студент кафедри економічної, Національний авіаційний університет  
ORCID ID: 0000-0002-3963-5420

DOI: 10.32702/2306-6806.2019.6.46

## ТЕХНОЛОГІЇ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ПРОМИСЛОВІСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

*O. Podskrebko,*  
*PhD in Economics, senior lecturer at the department of economic cybernetics at the National aviation university*  
*D. Kvashuk,*  
*PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics, National Aviation University*  
*A. Beridze-Stakhovskiy,*  
*student of the Department of Economic Cybernetics, National Aviation University*

### TECHNOLOGIES OF MACHINE LEARNING IN MANUFACTURE WITH USING METHODS OF RECOGNITION OF IMAGES

*Метою статті є розгляд теоретичних та практичних аспектів з питань розвитку та вдосконалення технологій машинного навчання в промисловості. Зокрема досліджено сутність машинного навчання та його можливості в умовах сучасності.*

*Розглянуто нагальні потреби в підвищенні конкурентоспроможності промислових підприємств, які поступово схиляють вектор розвитку людства у бік застосування штучного інтелекту. Встановлено, що найбільш актуальною сферою постає промисловість, оскільки значну частину завдань, які мають бути вирішені для людства, потрібно виконувати в автоматизованому режимі. Досліджено економічний ефект від застосування машинного зору, який в десятки разів перевищує ефективність людської праці, що обумовлено витратами на оплату праці. Визначено ряд невирішених питань, які обумовлені специфікою застосування технологій машинного навчання.*

*Основну увагу в статті приділено можливостям застосування машинного зору в промисловій сфері. Розглянуто наукові підходи до розуміння технологій розпізнавання образів та використання систем штучного інтелекту в промисловості. Проаналізовано сфери практичного застосування методів розпізнавання образів на виробничих підприємствах та їх роль в економічній сфері. Проведено аналіз засобів реалізації машинного навчання в промисловості та визначено найбільш ефективні серед них.*

*Досліджено можливості застосування алгоритмічних мов програмування об'єктно-орієнтованого типу в технологічних процесах на виробництві. Представлено алгоритм розпізнавання іржі на рухомих поверхнях виробничого обладнання з використанням програмної бібліотеки "OpenCv".*

*Подальшого розвитку набули алгоритми застосування технологій машинного зору та їх програмна реалізація на промислових підприємствах.*

*Проведено аналіз літературних джерел, які описують принципи роботи технологічних підприємств, за критеріями прибутковості.*

*The purpose of this article is to consider the theoretical and practical aspects of the development and improvement of technology of machine learning in industry. In particular, the essence of machine learning and its possibilities in modern conditions are investigated.*

*The urgent needs for increasing the competitiveness of industrial enterprises, which gradually incline the vector of development of mankind towards the use of artificial intelligence are considered. It has been established that industry is the most urgent area, since a significant part of the tasks that must be solved for humankind should be performed in an automated mode. The economic effect from the use of machine vision, which is tens of times greater than the efficiency of human labor, is determined by the cost of labor remuneration. A number of unresolved issues determined by the specifics of the use of machine learning technologies have been identified.*

*The article focuses on the possibilities of using machine vision in the industrial field. The scientific approaches to the understanding of image recognition technologies and the use of artificial intelligence systems in the industry are considered. Areas of practical application of image recognition methods at industrial enterprises and their role in the economic sphere are analyzed. The analysis of the means of realization of machine learning in industry and the most effective ones among them are determined.*

*The possibilities of application of algorithmic programming languages of object-oriented type in technological processes at work are investigated. An algorithm for the identification of rust on moving surfaces of production equipment using the OpenCv software library is presented.*

*The algorithms of application of technologies of machine vision and their program realization at industrial enterprises have got further development.*

*The analysis of literary sources, describing the principles of technological enterprises, on the criteria of profitability is carried out.*

*Ключові слова: машинне навчання, розпізнавання образів, промисловість, підприємство, програмне забезпечення, прибуток.*

*Key words: machine learning, image recognition, industry, enterprise, software, profit.*

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Економічні реформи, що проведені в Україні характеризуються відсутністю системних рішень, що недостатньо для виведення країни з кризи. В умовах ринку присутня жорстка конкуренція, значний рівень загроз та невизначеності зовнішнього середовища. Тому підприємству для того, щоб стати лідером, потрібно своєчасно впроваджувати в процес виробництва сучасні інформаційні технології (ІТ). Це дозволяють покращити ефективність функціонування та розвитку.

Управління підприємством має бути спрямоване на зменшення дефіциту ресурсів та отримання прибутку з мінімальними витратами. Сама система управління повинна ефективно вирішувати питання оцінки виробничого потенціалу підприємства, формувати правильні виробничі структури та бути адаптивною до сучасних викликів та загроз.

Відповідати виробничим вимогам, вітчизняні підприємства можуть лише забезпечуючи собі належний технологічний рівень. Так, на сьогоднішній день найбільш інноваційними та ефективними в світі можна вважати технології машинного навчання з використанням методів розпізнавання образів, покликання яких — заміна людини в багатьох виробничих сферах, від сортування продукції та виявлення браку, до розпізнавання зношування виробничого обладнання, аварійних ситуацій, контролю за поведінкою працюючих та технологічного процесу загалом.

Четверту технологічна революція не може омиту українських промисловців, оскільки темпи приросту ІТ в Україні з кожним роком збільшуються [1]. Проте не вирішеною залишається проблема інформатизації промислових підприємств та виведення їх на новий сучасний технологічний рівень. Разом з тим, шляхи інтеграції промислової спільноти до Європейських співтовариств промисловців та підприємців, безумовно, вирішують багато проблем. Але відсутність єдиної централізованої державної програми для модернізації української промисловості негативно відображаються не тільки на рентабельності підприємств, а й на загальному рівні промислового розвитку країни. Тому доступність сучасних технологій, що обумовлена відкритістю наукової спільноти, може бути використана для впровадження остатніх світових напрацювань у виробничі процеси підприємств України.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Розглядаючи промислові підприємства, як самостійний суб'єкт господарювання з характерними властивостями, що пов'язані з процесами прийняття управлінських рішень [2, с. 59], можна виділити ряд необхідних умов для його подальшого розвитку. А саме:

- технологічних розвиток;
- розширення ринкових можливостей;
- покращення організаційних аспектів.

Кожен з зазначених пунктів не може бути вирішений без застосування сучасних інформаційних технологій інтегрованих у виробничі процеси.

Також промислове підприємство можна характеризувати як комплекс засобів виробництва, для вирішення питань здійснення технологічного процесу та виготовлення певної продукції [3, с. 124].

Таким чином, розглядаючи певні терміни під промисловими підприємствами — будемо розуміти комплекс засобів виробництва, що необхідні — для реалізації виробничого процесу з метою виготовлення продукції. Тому саме технологічні фактори відіграють вирішальну роль в процесі отримання прибутку.

На сьогодні проблема технологічної оптимізації виробничих процесів лежить не лише в якості обладнання, його відмовостійкості, що виражені в показниках зношування виробничих фондів, існує досить значна потреба саме в оптимізації виробничих процесів, розподілення ресурсів, оптимізації використання засобів виробництва, оптимального розподілу праці, тощо.

Метою управління промисловими підприємствами є досягнення поставлених перед виробничою системою цілей, задоволення потреб споживачів та, в результаті, отримання максимально можливого прибутку. Все це може бути виражено такими показниками: величина очікуваного прибутку та витрати ресурсів [4, с. 94].

Виходячи із зазначеного, можна зробити висновок про необхідність автоматизованого аналізу навколишнього середовища з метою адаптації до мінливих умов [5].

Сьогодні найбільш прогресивними засобами такого автоматизованого аналізу та покращення технологічних процесів можна вважати технології машинного навчання та машинний зір, який реалізується на базі останніх.

Технології машинного навчання, на базі яких успішно вирішуються промислові потреби мають коло свого

розповсюдження не лише в цій сфері, Так, машинний зір успішно застосовується в: медицині та соціальній сфері, авіації, сільському господарстві та ін. Не виключенням є й авіабудування. Міністерство транспорту Великобританії оприлюднило прогноз до 2030 року щодо збільшення обсягів реалізації авіаційної продукції, в тому числі безпілотної авіації до 2030 р. на 16 млрд фунтів. Водночас економія складає 42 млрд фунтів стерлінгів. За даними прогнозу, в результаті такої модернізації буде створено, приблизно 600000 робочих місць [6].

З допомогою машинного зору вдається дослідити ряд характеристик візуальних об'єктів, а його активний розвиток бере свій початок ще з 80-х років. Широке застосування технології машинного зору набули в промисловості, авіації, сільському господарстві, тощо.

Є безліч позитивних прикладів проте, разом із розвитком технологій машинного навчання, машинних зір є одним з найбільш перспективних методів автоматизації промисловості. Системи машинного зору дають можливість перетворювати дані, використовуючи різні операції — на основі цих даних [7, с. 39].

Технологія розпізнавання образів складається з двох компонентів: камери та програмного забезпечення [8, с. 84]. Камери, що використовуються в системах машинного зору діляться на: камери спеціального призначення — швидкісні камери); тепловізори (камери для зйомки в інфрачервоному діапазоні хвиль); камери, що передають відео без втрат в якості. Розглядаючи програмне забезпечення, слід виділити програмну бібліотеку для машинного зору OpenCV (Open Source Computer Vision Library), яка є найбільш поширеною, має приблизно 1000 методів розпізнавання геометричних форм, що можуть бути комбінованими та розглядатися в динаміці. Крім того, вона має широке коло інструментів для розпізнавання кольорової гамми, з використанням різних моделей. Крім того, вона поставляється з відкритим вихідним програмним кодом за ліцензією BSD, що дає широкі можливості для дрібних підприємців. Вчений Г. Брадський присвятив свою працю вивченню можливостей цієї бібліотеки, поділившись власним досвідом її використання [9]. Також є потужна підтримка на сайті розробників [10]. Єдина вимога до ліцензії — наявність у документації відомостей про дану бібліотеку. Її функціональність доступна на різних мовах: C, C++, Python, CUDA, Java та ін. Підтримуються такими операційними системами: Windows, Linux, Mac, Android, iOS.

Отже, серед дослідженого можна виділити такі важливі аспекти:

- на сьогоднішній день, успішність підприємства залежить від технологічної оснащеності;
- можливості реалізації технологій машинного зору в промисловості не є закритими для широкого кола підприємців;
- їх освоєння є простим та дешевим.

## ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Серед виробників промислової продукції, значний інтерес привертають можливості технологічного розвитку та інтеграції сучасних інформаційних технологій в процес виробництва. Все це, а також вибір оптимальних алгоритмів діагностики, автоматизації та контролю виробництва вимагають швидко та ефективно адаптувати систему контролю підприємством до нових умов.

У багатьох випадках ідентифікувати загрозу в технологічних процесах завдяки стандартним засобам контролю не завжди вдається. Так, наприклад, діагностувати стану робочої поверхні рухомих механізмів на предмет виникнення іржі. Хоча це робиться шляхом візуального огляду механіка, людський фактор завжди присутній на виробництві. І не можна не погодитись із тим, що майбутнє підприємства без застосування штучного інтелекту буде мати не конкурентоздатні позиції

на ринку товарів та послуг. Ці потреби обумовлюють розробку нових сучасних підходів у застосуванні технологій розпізнавання образів в промисловості та визначення ефективних інструментів для їх реалізації.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Над задачами створення ефективних засобів розпізнавання пошкоджень під час виробничих процесів працює значна частина вчених технологів, економістів та управлінці. Саме пошкодження виробничого обладнання набуло широкого застосування для виявлення іржі на зовнішніх частинах рухомих виробничих об'єктів.

Існують різні підходи до ідентифікації таких небезпечних явища, проте виявлення змін на зовнішніх рухомих частинах виробничого обладнання може бути реалізована за допомогою розпізнавання таких пошкоджень.

Оскільки іржа на робочих поверхнях виробничого обладнання характеризується виникненням певних плям специфічного кольору, то спрямувавши на поверхню світло та відеокамеру на об'єкт дослідження можна ідентифікувати такі прояви рядом машинних алгоритмів для аналізу графічних змін.

Відповідна процедура може бути реалізована з використанням методів детектування кольору в графічних зображеннях, які містяться в програмній бібліотеці OpenCv. Отже, задача зводиться до співвідношення зображення, яке було до виникнення іржі, та змінами цього зображення за її наявності. Важливим аспектом у постановці задачі є оптимальне спрямування відеокамери. Вона має охоплювати всю зону дослідження.

Для вирішення цієї задачі може бути здійснено порівнянням масивів даних, які описують графічний об'єкт, використовуючи майже будь-яку мову програмування. З використанням мови програмування Python існує така можливість.

Функція `imread` бібліотеки OpenCv, дає можливість растове зображення перетворити в масив даних, де кожен піксель має свою числову характеристику. Передавши створені масиви в функцію `calcHist` цієї ж бібліотеки, є можливість отримати сумарне значення усіх цифрових значень кольорів. Після чого порівняти їх гістограми, використовуючи функцію `compareHist`. Для співвідношення зображень, можна застосувати функцію `matchTemplate`. Результати, які повертають обидві функції, можуть бути співвіднесені у вигляді суми, що характеризує кількісну міру розбіжностей цих зображень. Таким чином, можна визначити робочої поверхні виробничого обладнання, якщо на ній починає з'являтися іржа.

Програмну реалізацію зазначеного алгоритму, наведено нижче.

Таким чином, проблема пошкоджень на поверхнях виробничого обладнання, може бути вирішена з використанням технологій розпізнавання образів.

Мовою програмування Python це може бути реалізовано так:

Імпортується бібліотека OpenCv та бібліотека для роботи з масивами точок.

```
import cv2
import numpy as np
Відбувається перетворення зображення в масив точок
```

```
rust_image = cv2.imread(rust_leaves.jpg').
Функція inRange() застосовується для виділення зображення. Її мета перетворення зображення в чорно-білий колір, де білим кольором виділяються точки, які потрапили в діапазон дослідження, а чорним кольором, ті, які не відповідають критеріям пошуку кольору ідентичного з іржею.
```

Так, можна реалізувати процес виділення іржі на поверхні металу виробничого обладнання.

```
low_red = (16,51,111)
```

```
high_red = (100,1401,181)
only_rust = cv2.inRange(rust_image, low_red,
high_red)
cv2.imshow('only_fon', only_rust)
cv2.waitKey(0).
```

Для більш детального розпізнавання іржі, можна застосувати функцію `cvtColor`, яка містить шаблони кольорів формату HSV.

```
rust_hsv = cv2.cvtColor(rust_image,
cv2.COLOR_BGR2HSV)
rust_color_low = (8,41,61)
rust_color_high = (19,255,201)
only_rust_hsv = cv2.inRange(rust_hsv, rust_color_low, rust_color_high).
```

Реалізуючи процедуру ідентифікації, можна вивести зображення в графічному редакторі цієї ж бібліотеки, з використанням наступних функцій:

```
cv2.imshow('rust_color_hsv', only_rust_hsv)
cv2.waitKey(0).
```

Таким чином, з застосуванням технологій розпізнавання образів, в автоматизованому режимі, можна діагностувати пошкодження поверхонь виробничого обладнання шляхом ідентифікації виникнення іржі за певними критеріями, які характеризуються специфічним кольором.

## ВИСНОВКИ

Використовуючи технології розпізнавання образів на промислових підприємствах, можна отримати економічний ефект від скорочення людської праці, попередження, загроз та ризиків технологічного характеру та забезпечення контролю технологічного процесу. На прикладі розпізнавання іржі виробничого обладнання у статті представлено можливості технологій машинного зору в промисловості, які виражені в простоті, доступності, невисокій вартості програмних та апаратних засобів, а також доступності інформації щодо їх використання.

### Література:

1. IT-індустрія в Україні вийшла в лідери з експорту (2019) [Електронний ресурс] // Корреспондент. — Режим доступу до ресурсу: <https://ua.korrespondent.net/business/companies/4060086-IT-industriia-v-ukraini-vyishla-v-lidery-z-eksportu>.
2. Харрінгтон Х.Дж. Бенчмаркінг в лучшем виде! 20 шагов к успеху / Х.Дж. Харрінгтон, Дж.С. Харрінгтон; Пер. с англ. под ред. Б. Резниченко. — М.: Питер, 2004. — 176 с.
3. Овечко А.В. Модели и методы адаптивной экономики: Учебное пособие / А. В. Овечко, В.Л. Петренко, В.Н. Тимохин. — Донецк: ООО "ЮгоВосток, Лтд", 2003. — 156 с.
4. Организационные структуры управления производством / Под общ. ред. Б.З. Мильнера. — М.: Экономика, 1975. — 319 с.
5. Такеда Х. Синхронизированное производство (The synchronized Production system) / Хитоси Такеда. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. — 288 с.
6. Taking Flight: The Future of Drones in the UK (2018), Department for Transport, url: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/729458/taking-flight-the-future-of-drones-in-the-uk.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/729458/taking-flight-the-future-of-drones-in-the-uk.pdf)
7. Форсайд Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайд, Ж. Понс. — М.: Изд-во Вильямс, 2004. — 928 с.
8. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман — М.: Изд-во Лаборатория знаний, 2006. — 752 с.
9. Bradski G.R. Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ with the OpenCV Library / Dr. Gary Rost Bradski, Adrian Kaehler — Изд.: O'Reilly Media, Inc., 2017. — 1024 с.

10. Сайт офіційної підтримки бібліотеки OpenCv, [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://opencv.org/>

### References:

1. The official site of paper Correspondent (2019), "IT industry in Ukraine emerged as an export leader", available at: <https://ua.korrespondent.net/business/companies/4060086-IT-industriia-v-ukraini-vyishla-v-lidery-z-export> (Accessed 29 May 2019).
2. Harrington, H. J. (2004), Benchmarking at its best: 20 steps to success, Peter, Moscow, Russia.
3. Ovechko, A.V., Petrenko, V. L. and Timokhin, V.N. (2003), Modeli i metody adaptivnoy ekonomik: uchebnoye posobiye [Models and methods of adaptive economics: study guide], South East Ltd., Donetsk, Ukraine.
4. Milner, B. (1975), Organizatsionnyye struktury upravleniya proizvodstvom [Organizational structure of production management], Economy, Moscow, Russia.
5. Takeda, H. (2008), Sinkhronizirovannoye proizvodstvo [Synchronized Production], Institute of Complex Strategic Studies, Moscow, Russia.
6. Department for Transport UK (2019), "Taking Flight: The Future of Drones in the UK", available at: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/729458/taking-flight-the-future-of-drones-in-the-uk.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/729458/taking-flight-the-future-of-drones-in-the-uk.pdf) (Accessed 29 May 2019).
7. Forsyd, D. (2008), Komp'yuternoe zrenye. Sovremenniy podkhod [Computer vision], Publishing House Williams, Moscow, Russia.
8. Shapiro, L. and Stockman, J. (2006), Komp'yuternoe zrenye [Computer vision], Publishing house of the Laboratory of knowledge, Moscow, Russia.
9. Bradski, G. (2017), Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ with the OpenCV Library, O'Reilly Media, Inc. USA.
10. The site of the office of the OpenCv Library (2019), "Documentation", [Electronic resource], available at: <https://opencv.org/> (Accessed 29 May 2019).

Стаття надійшла до редакції 19.06.2019 р.

[www.dy.nayka.com.ua](http://www.dy.nayka.com.ua)

Електронне фахове видання

**ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ**  
удосконалення та розвиток

**Виходить 12 разів на рік**

Видання включено до переліку  
наукових фахових видань України  
з ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ

e-mail: [economy\\_2008@ukr.net](mailto:economy_2008@ukr.net)

тел.: (044) 223-26-28

(044) 458-10-73