

доступу до ресурсу: <https://kommandotech.com/statistics/ecommerce-statistics/>.

3. Методы создания сайта: 3 способа создать сайт [Электронный ресурс] // *vechnost*. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://ravechnost.ru/metody-sozdaniya-sajta-3-sposoba-sozdat-sajt/>.

*Височанський В. Ю.,
Криворізький національний університет
Шаповалова Н. Н.,
ст. викладач, Криворізький національний університет*

АНАЛІЗ СТАНУ ЗУБІВ КОВША КАР'ЄРНОГО ЕКСКАВАТОРА ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Розроблено програмний модуль, що здатний оцінити стан зубів ковша кар'єрного екскаватора за допомогою застосування методу комп'ютерного зору — контурного аналізу, на основі якого відбувається розпізнавання та порівняння образів зубів ковша.

Кар'єрні екскаватори широко використовуються в гірничодобувній промисловості для видобування руди. Деякі елементи деталей кар'єрного екскаватора, зокрема зуби ковша, працюють під великим натиском, що може призвести до їх відламування і, відповідно, до серйозних проблем. Зламаний зуб може змішатися з рудою і бути завантаженим на вантажівку, яка направить його на дробарку. Зуби лопати можуть важити понад один центнер, що може призвести до заклинення дробарки. Видалення зуба з дробарки є небезпечною процедурою, яка вимагає декількох годин її простою, що призводить до значних фінансових втрат.

Оператор кар'єрного екскаватора, сидячи в кабіні машині, має дуже обмежене поле зору, тому він не може бачити всі зуби ковша під час роботи і перевірити їх стан, тим самим збільшуючи ймовірність потрапляння зламаного зуба в ланцюг переробки руди. Рішенням даної проблеми може стати застосування системи, яка базується на віддаленому та безконтактному моніторингу зубів ковша за допомогою комп'ютерного зору.

Задача полягає в тому, щоб розробити систему, яка отримує кожен хвилину кадри ковша, знаходить його контури, його зубів та

обчислює їх розміри. Виділені контури порівнюються з попередніми, якщо втрачений розмір критичний, то система видає попередження про можливе пошкодження ковша.

Для вирішення поставленої проблеми доречно використовувати контурний аналіз. Детектор контурів Кенні є оператором виявлення контурів.

Ідея алгоритму Кенні полягає у використанні фільтру розмиття по Гаусу (1) для усунення шумів [1].

$$H(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

де x та y — відстані від початку координат по горизонтальній та вертикальній осі відповідно, σ — стандартне відхилення Гаусового розподілу.

Наступним кроком алгоритму є знаходження градієнту інтенсивності згладженого зображення. Зображення фільтрується ядром Собеля як у вертикальному, так і горизонтальному напрямку, щоб отримати похідні у вертикальному I_y та горизонтальному I_x напрямках. Виходячи з цього, можна визначити контурний градієнт (2) та напрямок кожного пікселя (3).

$$|G| = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{I_y}{I_x}\right) \quad (3)$$

Після отримання величини та напрямку градієнта видаляються пікселі які не можуть бути контуром, шляхом повного сканування зображення. Кенні ввів поняття придушення немаксимумів, яке означає, що пікселями контурів називаються пікселі, в яких досягається локальний максимум градієнта в напрямку вектору градієнта. Якщо піксель не є локальним максимумом, то його значення буде подавлено.

Подвійна порогова фільтрація — наступний крок алгоритму, який спрямований на визначення трьох видів пікселів: сильних, слабких та нерелевантних. Для їх визначення потрібні два порогові значення, наведемо їх мінімальним та максимальним значенням. Будь-який піксель з градієнтом інтенсивності, що перевищує заданого максимального значення, буде рахуватись як сильний піксель, тобто, ми впевнені, що він вносить вклад у кінцевий контур. Пікселі, градієнт інтенсивності яких нижчий за задане мінімальне по-

рогове значення, класифікуються як нерелевантні, тому вони відкидаються. Ті пікселі, градієнт інтенсивності яких лежить між двома пороговими значеннями, оголошуються слабкими.

На основі результатів порогової фільтрації, відбувається аналіз контуру. Він полягає у перетворенні слабких пікселів у сильні, тоді і лише тоді, коли принаймні один із пікселів навколо оброблюваного є сильним. Після того як не залишилося жодного слабого пікселя — контур вважається побудованим.

Задачу реалізовано на основі бібліотеки комп'ютерного зору з відкритим кодом — OpenCV. Перед застосуванням методу для знаходження контуру, зазвичай використовують деякі методи обробки зображень, як наприклад, перетворення зображення в відтінки сірого, для зменшення обчислювальних витрат. Порогові значення, які використовуються на етапі подвійній пороговій фільтрації, були підібрані емпірично, виходячи з міркувань про зміст вхідного зображення.



Рис.1 Виявлення контурів зубів ковша кар'єрного екскаватору

ВИСНОВКИ

У процесі дослідження поставленої проблеми було проаналізовано використання методу для знаходження контурів — алгоритму Кенні. Розроблено модуль для аналізу стану зубів ковша кар'єрного екскаватору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Moeslund T. Canny Edge Detection [Електронний ресурс] / Thomas Moeslund. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: <https://bit.ly/2LWRuDY>.