

THE USE OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS IN TRIBOLOGICAL RESEARCH

Summary

The development of the world around us accelerates. To ensure security of new technologies, to introduce improvements of those already in existence and to eliminate undesirable events during construction phase and operation of new machines that aid our evolution, we have to devise new and faster methods of researching the processes. The combination of computer image analysis with experiences of a relatively new branch of science, yet much needed one, such as tribology, is justified. Current computerized vision systems, replace and support people in multiple processes of analysis and object class recognition in such branches of science as: crystallography, metallography, medicine, agricultural engineering and others. By using this method, the range of perception of our sight is expanded to notice differences that cannot be detected during direct observation, moreover, it also enables automatic and mass analysis, with classification of hundreds of thousands of images based on various criteria, without limitations that a human being is prone to, such as emotions or fatigue. The article presents a method of using computer image analysis to assess quantitative and qualitative wear of belt tensioner rollers.
Keywords: computer image analysis, tribology

ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU W BADANIACH TRIBOLOGICZNYCH

Streszczenie

Rozwój otaczającego nas świata staje się coraz szybszy. Aby zapewnić bezpieczeństwo nowych technologii, wprowadzać usprawnienia już istniejących i eliminować zjawiska niepożądane przy konstruowaniu i eksploatacji maszyn wspomagających naszą ewolucję musimy dostarczać nowych, szybszych metod przeprowadzania badań za to odpowiedzialnych. Połączenie komputerowej analizy obrazu z doświadczeniami stosunkowo młodej dziedziny nauki, jednak bardzo potrzebnej, takiej jak tribologia, ma swoje uzasadnienie. Obecnie skomputeryzowane systemy wizyjne już zastępują i wspomagają ludzi w wielu procesach analizy i rozpoznawania klas obrazów w takich dziedzinach nauki jak krytalografia, metalografia, medycyna, inżynieria rolnicza i inne. Dzięki wykorzystaniu tej metody rozszerza się zakres percepcji naszego wzroku poprzez dostrzeganie różnic niewykrywalnych podczas bezpośredniej obserwacji, po wtóre umożliwia ona automatyczną a zarazem masową analizę i klasyfikację setek tysięcy obrazów w oparciu o różne kryteria bez ograniczeń, które posiada człowiek, takich jak emocje czy też zmęczenie. W artykule zaprezentowana została metoda wykorzystania komputerowej analizy obrazów do oceny ilościowej i jakościowej zużycia rolek napinaczy.

Słowa kluczowe: komputerowa analiza obrazów, tribologia

1. Wprowadzenie

W życiu codziennym bardzo często dokonujemy oceny naszego otoczenia i na tej podstawie podejmujemy decyzje o klasyfikacji obserwowanej sytuacji. Czynimy to w oparciu o obserwację otoczenia jak również napływającą z różnych źródeł informację z wykorzystaniem posiadanej wiedzy i zdolności. Proces ten jest dla nas całkowicie naturalny. Jeżeli jednak chcemy podobne zadanie zlecić systemowi komputerowemu to wówczas musimy wykonać wiele kroków, które pozwolą w części odwzorować za pomocą oprogramowania ludzką zdolność do obserwacji, uczenia się i dokonywania podejmowania ostatecznej decyzji w oparciu o posiadaną wiedzę. Wzrastający poziom komplikacji informacji wywołuje rosnące zapotrzebowanie na systemy zdolne do rozpoznawania i dokonywania klasyfikacji prezentowanych im obiektów [3].

Teoria rozpoznawania obrazów powstała i rozwijała się wraz z badaniami nad sztuczną inteligencją. Jest to stosunkowo nowa gałąź informatyki. Głównym celem tych badań jest doprowadzenie do sytuacji, by za pomocą urządzeń automatycznych, takich jak komputery, roboty, systemy wizyjne uzyskiwać działania maszyn podobne do tych, jakie realizuje człowiek za pomocą swojej inteligencji. Sformułowanie „roz-

poznawanie obrazów” jest pewnego rodzaju skrótem. Dokładniejsze określenie powinno brzmieć „automatyczne określenie przynależności obiektów fizycznych do zadanych klas abstrakcji na podstawie ich obrazów [7]. W ostatnim czasie systemy wizyjne odgrywają dużą rolę w wielu gałęziach gospodarki. Coraz częściej przy wykorzystaniu obrazów i odpowiednim przetwarzaniu informacji zawartych w obrazie uzyskuje się informacje, które nie mogą być rejestrowane przez system wzrokowy człowieka. Dziedzinami nauki i techniki są między innymi: metalografia, geologia (powierzchnia skał), medycyna (zdjęcia rentgenowskie, obrazy tomografów), rolnictwo precyzyjne [2, 4, 6].

Tribologia (określana również jako trybologia) jest to nauka o procesach, które zachodzą w ruchomym styku pomiędzy ciałami stałymi. Zakres tribologii obejmuje badania nad tarciem, zużyciem i smarowaniem ruchomych zespołów w celu zapoznania się z tymi procesami i sterowania nimi. Istnieje szereg metod badań tribologicznych, takich jak:

- badania radiograficzne,
- badania ultradźwiękowe,
- badania penetracyjne,
- badania magnetyczne,
- badania wiroprądowe,

- endoskopia optyczna.

W dziedzinie tribologii stosunkowo niewiele publikacji świadczy o wykorzystaniu komputerowej analizy obrazów, chociaż stale postępująca automatyzacja i robotyzacja procesów obróbki i monitorowania stanu eksploatowanych maszyn, jak również ciągły rozwój badań tribologicznych umożliwiają zapotrzebowanie na rozwijanie metod automatycznej komputerowej analizy obrazów powierzchni uczestniczących w procesach tarcia [5].

Komputerową analizę obrazu w badaniach tribologicznych możemy podzielić na dwa rodzaje:

- a) analizę obrazów powierzchni,
- b) analizę obrazów cząstek, które powstają w procesie zużycia, tzw. *wear debris*.

Metoda ta może mieć zastosowanie w następujących procesach tribologicznych:

- obróbce ubytkowej,
- zużyciu powierzchni par ciernych w trakcie eksploatacji,
- przeniesieniu materiału przy tarcii ślizgowym.

Jednym z przykładów zastosowań komputerowej analizy obrazów przy ocenie stanu powierzchni w procesie obróbki ubytkowej jest metoda oceny gładkości powierzchni podczas procesu polerowania. Zastosowano w niej analizę anizotropii obrazów. Kolejnym przykładem może być ocena zużycia narzędzi, np. noży tokarskich. Przy badaniach zużycia ich powierzchni razem z analizą obrazu wykorzystuje się sieci neuronowe [1, 3, 5]. Na podstawie obrazu cyfrowego analizuje się kąt zużycia krawędzi skrawającej. Po przekroczeniu dopuszczalnej wartości nóż uznaje się za zużyty i dokonuje wymiany. Dodatkowo badania te pomagają w wypracowaniu metod odpowiedniej obróbki skrawaniem, a także przeprowadzane przez producentów noży, pozwalają na udoskonalanie produktów. Istotną rolę, analiza obrazu odgrywa przy badaniach mediów zmniejszających tarcie, co w dzisiejszych czasach jest niezwykle istotnym zadaniem z punktu widzenia chociażby ekonomicznego. Mniejsze tarcie w parach kinematycznych równa się mniejszemu zużyciu, a co za tym idzie dłuższej żywotności części maszyn. Dzięki prowadzeniu badań za pomocą analizy obrazu niektórych par kinematycznych, jak np. metal-polimer, mogą znacznie rozwinąć technologie wytwarzania odpowiednich materiałów łączonych w takie pary. Wykorzystuje się tu zjawisko filmu transferowego, który zmniejsza tarcie i zwiększa odporność np. łożysk na zużycie [4, 5].

Celem pracy było opracowanie metody badawczej oraz zaprojektowanie i wytworzenie aplikacji, której zadaniem jest umożliwienie opisu ilościowego i jakościowego zużycia powierzchni wskutek działania pary kinematycznej pasek-rolka.

2. Metodyka badań

Do realizacji celu pracy wykorzystane zostały cyfrowe obrazy uszkodzonych rolek napinaczy pasków transmisyjnych montowanych w maszynach rolniczych (rys. 1). Uszkodzenia obejmowały przemieszczenia materiału, zużycie powierzchni wskutek działania pary kinematycznej pasek-rolka oraz ubytki powierzchni. Zdjęcia pozyskano przy wykorzystaniu aparatu cyfrowego Nikon. Parametry aparatu cyfrowego podczas akwizycji zdjęć: tryb fotografowania manualny, oświetlenie – światło sztuczne białe, balans bieli 3000 °K, tryb wykonywania zdjęć – makro, czułość ISO – 50, ogni-

skowa obiektywu $F = 34,7$ mm, przesłona $f = 7,8$, czas otwarcia migawki $1/8$ s.

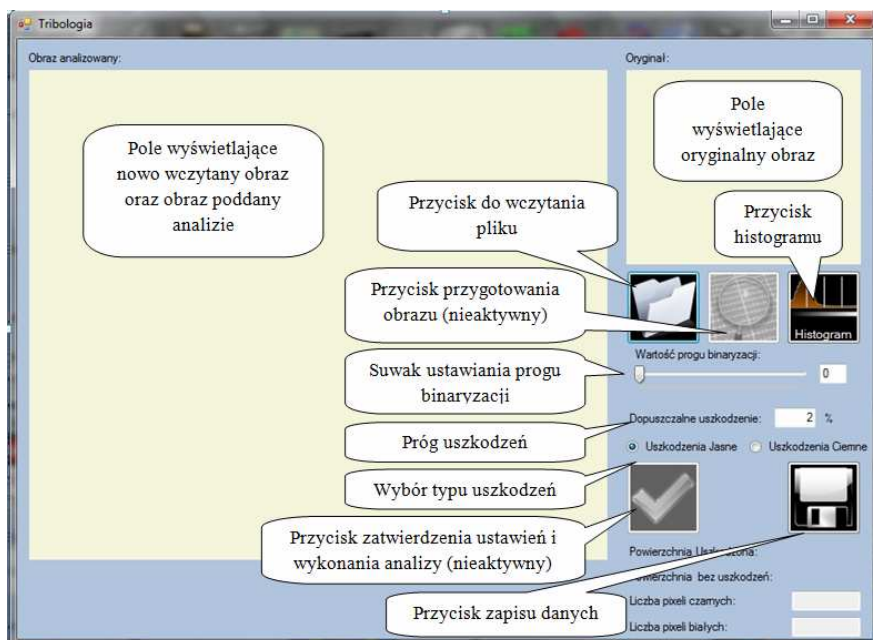


Rys. 1. Zużyte rolki wykorzystane do badań (źródło: badania własne)

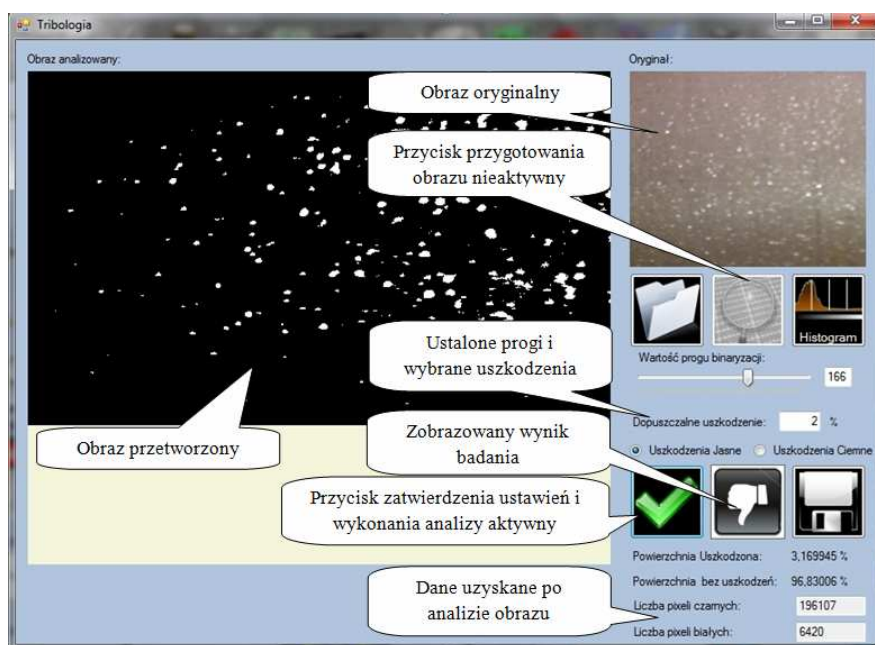
Fig. 1. Worn belt tensioner rollers used for research (source: own work)

Na potrzeby badań zaprojektowano i wykonano program komputerowy przeznaczony do analizy obrazów cyfrowych (rys. 2). Tworzenie aplikacji przebiegało etapami – od projektu, poprzez programowanie, testy i poprawki do wersji finalnej. Podczas tworzenia kodu natrafiono na kilka problemów związanych z biblioteką *AForge*, jednak wszystkie napotkane przeszkody udało się usunąć. W module zastosowano także przechwytywanie wyjątków, które są zgłaszane użytkownikowi wraz z sugerowanym rozwiązaniem, aby ten mógł bezproblemowo korzystać z wytworzonego oprogramowania. Aplikacja służy do badania obrazu powierzchni, w tym wypadku rolki napinacza. Przy projektowaniu modułu wzięto pod uwagę charakterystykę uszkodzeń tribologicznych. Analiza opiera się głównie na obliczaniu udziału powierzchni uszkodzonej w całej powierzchni wycinka danej próbki.

Po wczytaniu obrazu cyfrowego przedstawiającego próbkę do analizy, obraz ładowany jest do pamięci komputera. Następnie po kliknięciu na przycisk „Przygotowanie do analizy”, w miejscu uprzednio wczytanego obrazu pojawia się nowy, po wstępnej obróbce oraz binaryzacji z odgórnie ustalonym progiem. Po prawej stronie natomiast wyświetlony zostaje pomniejszony obraz oryginału dla lepszego porównania (rys. 3). Użytkownik oprócz możliwości ustalenia progu binaryzacji, może określić dopuszczalny limit uszkodzeń wyrażony w procentach. Domyślny próg uszkodzeń został ustalony na 2%. Po tym pozostaje zaznaczyć jedną z dwóch opcji: W przypadku gdy uszkodzenia są jaśniejsze niż badany materiał, należy zaznaczyć „Uszkodzenia Jasne”, analogicznie w przypadku gdy uszkodzenia są ciemniejsze od materiału. Po ustawieniu wszystkich parametrów i kliknięciu przycisku analizy pojawiają się wyniki, wraz ze zobrazowanym stopniem uszkodzenia. Podane są również wartości poszczególnych zmiennych, takich jak liczba białych pikseli, liczba czarnych pikseli oraz procentowe uszkodzenia powierzchni wyliczone na ich podstawie. Ostatnim krokiem przeprowadzenia badań jest zapis danych. Przycisk zapisu danych otwiera okno dialogowe, w którym musimy wybrać lokalizację zapisu. Dodatkowo aplikacja dodaje do nazwy oryginalnego badanego pliku obrazu przedrostek mówiący o uszkodzeniu. Wystarczy kliknąć przycisk zapisz i dane zostają zapisane w postaci pliku z rozszerzeniem *.jpg (rys. 3).



Rys. 2. Wygląd modułu Tribologia przed wczytaniem danych (źródło własne)
 Fig. 2. The appearance of Tribology module before loading of data (source: own work)



Rys. 3. Moduł tribologia po wykonaniu analizy (źródło własne)
 Fig. 3. Tribology module after the analysis (source: own work)

3. Podsumowanie

Zrealizowane badania pozwoliły na opracowanie metody w zakresie wykorzystania komputerowej analizy obrazów do oceny ilościowej i jakościowej zużycia rolek napinacza. Metoda ta polegała na akwizycji obrazu wybranych próbek oraz komputerowej analizie obrazów, pozwalającej na obliczenie udziału zużytych obszarów rolek napinacza. Wstępne opracowanie algorytmu komputerowej analizy obrazów, wskazują, iż może on stanowić dogodnie narzędzie analityczne, przydatne do obiektywnej kontroli właściwości eksploatacyjnych części maszyn. Warunkiem uzyskiwania odpowiednich wyników jest odpowiednia akwizycja obrazów.

4. Bibliografia

- [1] Batchelor B., Waltz F.: Intelligent machine vision. London: Springer-Verlag, 2001.
- [2] Korbicz J., Obuchowicz A., Uciski D.: Sztuczne sieci neuronowe – Podstawy i zastosowania. Warszawa: Akad. Oficyna Wyd. RM., 1994.
- [3] Koszela K., Weres J.: Neuronowa klasyfikacja obrazów suszu warzywnego. Kraków: Inżynieria Rolnicza, 2009, nr 8 (117).
- [4] Korzyński M., Sep J.: Komputerowe wspomaganie badań tribologicznych. Radom: Zagadnienia eksploatacji maszyn, 2007, nr (3) 151.
- [5] Rudnicki Z.: Metody komputerowej analizy obrazów w badaniach tribologicznych. Kraków: Wydawnictwo AGH, 2010.
- [6] Tadeusiewicz R., Korohoda P.: Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów. Warszawa: Fundacja Postępu i Telekomunikacji, 1997.
- [7] Wojciechowski K.: Rozpoznawanie obrazów. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Skrypty uczelniane, 1997.