

Warszawa, dnia 11.07.2011 r.

dr hab. inż. Jacek Dytała
Instytut Pojazdów
Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
Politechnika Warszawska



Recenzja rozprawy

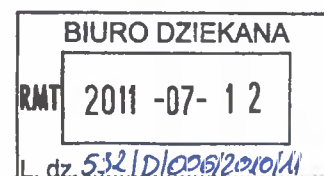
pt. „Metody oceny defektów powierzchni z wykorzystaniem technik analizy i rozpoznawania obrazów” autorstwa mgr inż. Anny Bzymek

Podstawą formalną opracowania recenzji było pismo Dziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej z dnia 06.04.2011 r. opatrzone sygnaturą RMT0-374/D/006/09/10.

1. Wprowadzenie

Zainteresowanie ośrodków naukowych i przemysłu możliwościami wykorzystania systemów wizyjnych w diagnostyce urządzeń oraz procesów stale rośnie. Przyczyn takiego stanu rzeczy należy upatrywać nie tylko w malejących kosztach urządzeń wizyjnych, ale również w konkurencji panującej pomiędzy wytwórcami, która skutkuje nieustannymi staraniami o właściwą jakość wyrobów i poziom kosztów. Starania te przejawiają się m.in. ewolucją systemów kontroli jakości zmierzającą do stopniowego zastępowania tradycyjnych służb kontroli jakości automatycznymi systemami. Nieniszcząca i bezkontaktowa natura badań diagnostycznych realizowanych przy pomocy systemów wizyjnych w połączeniu z możliwością ich ciągłej pracy oraz obiektywnością dokonywanej diagnozy sprawia, że coraz więcej producentów wyraża zapotrzebowanie na takie systemy, widząc w nich interesującą alternatywę dla tradycyjnej kontroli wizualnej. Realizacja tego zapotrzebowania wiąże się nieodłącznie z rozwojem i aplikacją metod analizy i rozpoznawania obrazów.

Przedstawiona do oceny praca opisuje poszukiwanie skutecznej metodyki detekcji, lokalizacji oraz oceny anomalii powierzchni obiektów technicznych metodami analizy i rozpoznawania obrazów. Tematyka przedłożonej rozprawy, obejmująca zagadnienie praktycznego zastosowania metod analizy i rozpoznawania obrazów do kontroli jakości powierzchni obiektów technicznych, jest interesująca ze względów poznawczych oraz użytkowych i może być przedmiotem dysertacji doktorskiej.



2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Autorka przedstawiła do oceny rozprawę liczącą 124 strony, bez dodatkowych załączników, podzieloną na 6 rozdziałów, uzupełnioną liczącym 124 pozycje spisem literatury (w tym 6 pozycji z własnym autorstwem lub współautorstwem).

W rozdziale pierwszym, mającym charakter wprowadzający, Autorka określiła cel rozprawy, zarysowała genezę i obszar badań oraz zawarła tezy rozprawy. W rozdziale tym przedstawiono także opis podstawowych pojęć z zakresu diagnostyki oraz przetwarzania, analizy i rozpoznawania obrazów.

Dwa kolejne rozdziały (drugi i trzeci) Autorka poświęciła dokonaniu przeglądu metod przetwarzania i analizy obrazów ukierunkowanego na zagadnienie analizy tekstur oraz przedstawieniu wybranych metod oceny defektów powierzchni.

W rozdziale czwartym przedstawiono opracowany sposób postępowania mający na celu „ocenę defektów powierzchni z zastosowaniem wybranych metod analizy obrazów, w tym analizy tekstur, oraz wybranych metod sztucznej inteligencji”. Zaprezentowany sposób postępowania składa się z trzech etapów (określenie typu tekstury, detekcja i lokalizacja anomalii, analiza i ocena anomalii), z których każdy został szczegółowo opisany. Przytoczony został również przykład zastosowania opracowanych procedur.

W rozdziale piątym Autorka prezentuje przykłady zastosowania opracowanego sposobu postępowania w kilku zadaniach dotyczących detekcji, lokalizacji oraz oceny anomalii powierzchni. Do badań weryfikujących proponowany sposób postępowania wykorzystano obrazy utworzone w programie graficznym, obrazy pochodzące z wybranych baz tekstur oraz obrazy uzyskane z własnej obserwacji obiektów technicznych (klepki parkietowe, połączenia spawane) w warunkach laboratoryjnych.

Rozdział szósty zawiera podsumowanie rozprawy oraz szczegółowe wnioski wyciągnięte na podstawie otrzymanych wyników badań. W tym miejscu Autorka precyzuje również kierunki przyszłych prac dotyczących zastosowania systemów wizyjnych oraz metod przetwarzania, analizy i rozpoznawania obrazów w diagnostyce, formułując zagadnienia, które wymagają dalszych badań.

3. Ocena rozprawy

Prezentowanie celu rozprawy oraz genezy i obszaru badań jest dosyć lakoniczne. Pewne zastrzeżenia mogą budzić również tezy pracy, których treść jest raczej charakterystyką opracowanego sposobu postępowania (metodyki) niż twierdzeniami, których próba

udowodnienia stanowi istotę rozprawy. Niewątpliwie cennym elementem wprowadzenia jest natomiast precyzyjne zdefiniowanie używanej w rozprawie terminologii z zakresu diagnostyki oraz przetwarzania, analizy i rozpoznawania obrazów.

Przegląd wybranych metod przetwarzania i analizy obrazów, podobnie jak opis wybranych metod oceny defektów powierzchni są napisane zwięźle, lecz przejrzycie.

Opracowany przez Autorkę sposób postępowania umożliwiający detekcję i lokalizację anomalii oraz ocenę defektów powierzchni został przedstawiony szczegółowo i zilustrowany przykładem. Zwraca uwagę opracowanie rozwiązania polegającego na wykorzystaniu prostej metody analizy obrazu (porównanie profili jasności) jako metody analizy nowości, która może być wykorzystana do detekcji i lokalizacji anomalii, w przypadku gdy dostępny jest obraz powierzchni bez anomalii. Na podkreślenie zasługuje również wykorzystanie do określania stopnia istotności defektu metody wnioskowania rozmytego w postaci systemu wnioskującego Mamdaniego.

Cennym elementem pracy są szeroko przeprowadzone badania weryfikujące proponowany sposób postępowania, w których wykorzystano nie tylko obrazy wygenerowane przy pomocy programu graficznego oraz obrazy zaimportowane z baz tekstur, lecz także obrazy uzyskane w ramach własnej akwizycji i dotyczące diagnostyki rzeczywistych obiektów technicznych w postaci klepek parkietowych i połączeń spawanych. Nieadekwatność opracowanych procedur w zakresie lokalizacji anomalii oraz oceny defektów powierzchni połączeń spawanych jest dla Autorki punktem wyjścia do rozważań nad metodami udoskonalenia opracowanego sposobu postępowania.

Podany spis literatury wskazuje na dobrą znajomość prac realizowanych w Polsce i na świecie oraz rozległość wiedzy Autorki dotyczącej tematyki analizy i rozpoznawania obrazów. Cytowana w rozprawie literatura jest adekwatna do rozważanych w rozprawie zagadnień, choć z treści rozprawy nie zawsze można wywnioskować, w jakim zakresie niektóre pozycje literaturowe są związane z badaniami zrealizowanymi przez Autorkę.

Zauważalny jest brak streszczenia rozprawy w języku angielskim i polskim.

Staranna lektura rozprawy prowadzi do następujących uwag i zapytań:

- a) Przedstawiona w pracy (str. 15) definicja anomalii: „Obszar na obrazie (obiekt) różniący się własnościami od pozostałej części obrazu (tła) – tekstury.” nie zakłada, że jest to obszar jednorodny. Niezrozumiałe w tym kontekście jest zatem stwierdzenie (str. 52): „Jeśli przewiduje się, że na obrazie możliwe jest występowanie większej liczby anomalii lub stwierdzenie o występowaniu jednej anomalii na obrazie nie jest

wystarczające do stwierdzenia o niezdatności obiektu, wskazany jest podział analizowanego obrazu na mniejsze obszary i dokonanie analizy wszystkich podobszarów z osobna. Dostosowanie opracowanego sposobu postępowania do detekcji i lokalizacji oraz oceny większej liczby anomalii będzie przedmiotem dalszych badań.”.

- b) Zaskakujący jest brak wykorzystania w pracy zaawansowanych metod selekcji informacji. Fakt pochodzenia Autorki rozprawy z zespołu, w kręgu którego powstają prace naukowe związane z tematyką redukcji informacji diagnostycznej czyni ten brak tym bardziej niezrozumiałym. Z drugiej strony Autorka dostrzega, że ograniczenie się do zastosowania jednej z „mniej skomplikowanych metod wyboru cech relewantnych, jaką jest analiza korelacyjna” jest poważnym mankamentem opracowanego sposobu postępowania i stwierdza, że „konieczne jest udoskonalenie zaproponowanych procedur wyboru cech relewantnych (spośród wszystkich cech wyznaczanych dla obiektu)”.
- c) Jakiego rodzaju obiekty zlokalizowane na obrazie były podstawą do przeprowadzenia wyboru cech relewantnych służących do klasyfikacji rodzaju i wielkości anomalii? Czy były to wyłącznie *pęknięcie* i *plama*?
- d) Nie jest do końca jasny sposób kodowania granicznych wartości wybranych 6 cech relewantnych dla wszystkich klas anomalii (str. 66÷67). Z jednej strony istnieje następujący opis tabeli 4.4: „Powyższa tabela przedstawia schemat podziału anomalii na klasy, w tabeli nie zostały podane konkretne wartości liczbowe, jedynie ich zapis symboliczny. Zapis oznacza wartość danej cechy będącą **górną** wartością graniczną dla danej anomalii.” Z drugiej strony kolejny zapis przynosi następującą interpretację zastosowanych w tabeli 4.4 oznaczeń: „Przykładowo zapis $w1c1$ oznacza **dolną** wartość graniczną cechy $C1$ dla anomalii *pęknięcie małe*. Dla anomalii *pęknięcie średnie* wartości cechy $C1$ należą do przedziału $\langle w2c1, w3c1 \rangle$. Dla anomalii *pęknięcie duże* wartość $w3c1$ to **dolna** wartość graniczna danej cechy $C1$, podobnie jak dla anomalii *plama duża* wartość $w6c1$ jest **dolną** wartością graniczną.”.
- e) Czy do rozróżniania takich rodzajów anomalii jak *pęknięcie* i *plama* nie wystarczyłoby, bazując na długości obwodu i polu powierzchni anomalii, współczynnik zwartości anomalii? Pole powierzchni anomalii dodatkowo określałoby wielkość anomalii.

- f) Czy rozpoznanie zdefiniowanego rodzaju anomalii jest równoznaczne z zakwalifikowaniem anomalii jako defektu? Przykładowo: czy *pęknięcie małe* zawsze jest defektem?
- g) Jak jest wyznaczany środek anomalii? Czy nie jest to środek ROI?
- h) Jednym z dwóch przyjętych kryteriów oceny istotności defektu jest położenie defektu, określone jako położenie środka defektu w stosunku do środka obrazu. W jaki sposób można tak rozszerzyć zaproponowaną procedurę wyznaczania stopnia istotności defektu, aby mogła działać w sytuacji, w której dopuszczalne położenie defektu zależy od jego wielkości?
- i) Jeśli wartość lingwistyczna zmiennej lingwistycznej *wielkość defektu* jest opisana przy użyciu przymiotników: *mały*, *średni*, *duży*, to w zapisie lingwistycznym reguł wnioskowania (str. 71) nie powinien pojawiać się warunek w postaci stwierdzenia: *"wielkość defektu jest bardzo duża"*.
- j) W przykładach zamieszczonych w rozdziale 5 odczuwalny jest brak podania wykorzystywanych funkcji przynależności.
- k) Analiza rysunków 5.11 i 5.13 wskazuje na to, że w przykładzie dotyczącym klepek parkietowych wykorzystano próbkę nr 2 z klasy IV, a nie próbkę nr 4 z klasy IV.

Niektóre uwagi edycyjne, które nasunęły się podczas lektury rozprawy:

- a) Podany spis literatury jest mocną stroną rozprawy, lecz niepozbawioną jednak niedociągnięć. Pozycja 17 spisu literatury ma niepełne dane. Jest to o tyle istotne, że jest to jedyna pozycja literaturowa, której wyłączną autorką jest Autorka rozprawy.
- b) Brak opisu zmiennych P_0 , P_1 , n_i , p_i , L , t używanych w wyrażeniach opisanych wzorami 2.3, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8.
- c) Tabela 5.13 zawierająca zestawienie wyników analizy zawiera błąd lub dowodzi nieskuteczności przeprowadzonej analizy. Wiersz drugi (P02) przedstawia bowiem sytuację wystąpienia dużego defektu ($SID = 0.9$) przy jednoczesnym braku wykrycia anomalii.
- d) Korzystne dla formy pracy byłoby zastosowanie innego niż w tekście podstawowym kroju lub chociaż rozmiaru czcionki podpisów rysunków.
- e) Na stronie 39 widnieje ciąg znaków „[?]” świadczący chyba o braku pozycji literaturowej.

- f) Na stronie 57 widnieje zapis: „Metoda SVD została przedstawiona w rozdziale 3.”. Tymczasem metoda SVD została przedstawiona w rozdziale 2 na stronach 32÷34.
- g) Brak opisów osi wykresu przedstawionego na rysunku 2.1.
- h) Należy rozważyć odejście od stosowania w rozprawie notacji liczb w systemie anglosaskim.
- i) Niektóre z zamieszczonych w rozprawie tabel (5.4, 5.9) wkraczają w obszar zarezerwowany na margines strony.
- j) Niektóre z zamieszczonych w rozprawie rysunków (np. 5.17, 5.18, 5.19) należałoby przedstawić w większym powiększeniu.

Ocena całości rozprawy autorstwa mgr inż. Anny Bzymek, mimo pewnych uwag krytycznych, jest jednoznacznie pozytywna. Wykazując się znajomością nowoczesnych metod analizy i rozpoznawania obrazów oraz poprawnie wykonując wiele eksperymentów, Autorka rozwiązała samodzielnie istotne zadanie naukowo-badawcze, dowodząc w ten sposób swoich umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz interpretacji uzyskanych wyników.

4. Wniosek końcowy

W moim przekonaniu dysertacja pt. „Metody oceny defektów powierzchni z wykorzystaniem technik analizy i rozpoznawania obrazów” autorstwa mgr inż. Anny Bzymek spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie o Stopniach i Tytule Naukowym z dnia 12.09.1990 r. wraz ze zmianami z dnia 14.03.2003 r. Wnoszę zatem o dopuszczenie pracy do jej publicznej obrony.

