

Katowice, 19.10.2010

prof. nzw. dr hab. inż. Tomasz Węgrzyn  
Wydział Transportu  
Politechniki Śląskiej



Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Rafała Wąsika pt. „Metoda automatycznej oceny żeliwa stosowanego na części maszyn, z wykorzystaniem sieci neuronowych” opracowana na zlecenie Rady Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej.

## 1. Charakterystyka pracy

Żeliwo jest ważnym materiałem stosowanym na części i elementy maszyn transportowych. W recenzowanej pracy zostało zaproponowane nowe podejście oceny parametrów żeliwa z wykorzystaniem najnowszych komputerowych technik analizy obrazów oraz metody automatycznego wspomagania diagnozy. W procesie diagnozowania obrazu graficznego struktury żeliwa wykorzystano sztuczne sieci neuronowe, przystosowane do wspomagania procesów diagnozowania w wyniku ich treningu wykorzystującego regułowe klasyfikatory diagnozowanych obiektów. Opracowanie metod diagnozowania zostało przeprowadzone dla wybranych danych dotyczących struktur i właściwości użytkowych żeliw sferoidalnych, wermikularnych i szarych. Opracowane w pracy metody ekstrakcji danych oraz nadzorowanego treningu sieci neuronowych są podstawą dla rozwoju dowolnego systemu automatycznego wnioskowania. Podjęty temat rozprawy jest aktualny i celowy.

Recenzowana praca jest obszerna, zawiera 126 stron i składa się z części teoretycznej i badawczej. Zamieszczona bibliografia zawiera 83 pozycje literaturowe, z czego większość stanowią aktualne publikacje zagraniczne, wydane po roku 2000. W pracy został dodatkowo zamieszczony załącznik pt. „*Elementy aplikacji metod wnioskowania i przygotowanie danych*”.

Rozdział pierwszy pt. „*Wprowadzenie*” zawiera krótkie uzasadnienie celowości podjęcia tematu pracy, przedstawia elementy modelu obiektu diagnozowania i metod wnioskowania jak również definicje podstawowych pojęć dotyczących tej pracy.

W rozdziale 2 pt. „*Żeliwa w budowie elementów maszyn transportowych*” Autor dokonał przeglądu aktualnych opracowań literaturowych dotyczących technologii wytwarzania żeliwa wraz z opisem właściwości materiałowych.

W rozdziale 3 pt. „*Metoda automatycznego wnioskowania*” zostały omówione pojęcia dotyczące sieci neuronowych jak również omówiono zasady ich wykorzystania w budowie komputerowego systemu automatycznej klasyfikacji żeliwa.

W rozdziale 4 pt. „*Teza, cel i zakres pracy*” Autor przejrzysto i poprawnie przedstawił cel i zakres pracy oraz sformułował tezę pracy:

*„Automatyzacja procesu oceny jakościowej oraz ilościowej rodzaju wydzielen grafitu w żeliwie jest możliwa na podstawie decyzji sieci neuronowej, wytrenowanej pod nadzorem regulowych klasyfikatorów cech charakterystycznych wydzielen grafitu w próbkach żeliw.*

*Opracowanie miar numerycznych dla cech charakterystycznych wydzielen grafitu w żeliwie, umożliwi zwielokrotnienie liczby danych wejściowych dla skutecznego wytrenowania sieci neuronowej.*”

W rozdziale 5 pt. „*Graficzne deskryptory wydzielen grafitu*” zostały opisane przekształcenia obrazu struktury wewnętrznej żeliwa oraz przeprowadzono dyskusję metod polegających na określeniu graficznych deskryptorów grafitu.

Rozdział 6 pt. „*Metoda określania rodzaju wydzielen grafitu*” Autor poświęcił opisowi metody określania rodzaju wydzielen grafitu jak również opisowi charakterystycznych cech poszukiwanych obiektów. W niniejszej pracy zaproponowana została metoda przetwarzania wieloetapowego, ze wstępną obróbką obrazu, która pozwala na eliminację zakłóceń na obrazie.

Rozdział 7 pt. „*Cechy charakterystyczne i parametryzacja obiektów*” zawiera opis metody parametryzacji cech charakterystycznych obiektów obrazu.

W załączniku do pracy pt. „*Elementy aplikacji metod wnioskowania i przygotowanie danych*” Autor opisał implementację opracowań, używanych aplikacji dla parametryzacji charakterystycznych cech obiektów. W załączniku zostały zawarte wyniki przeprowadzonej weryfikacji empirycznej metod wraz z oceną jakości wnioskowania. Jako praktyczny aspekt metody klasyfikacji Autor przedstawił wzorce elementów wydzielen grafitu wraz z ich klasyfikacją, przeprowadzoną według normy PN-EN ISO 945-1.

W rozdziale 8 pt. „*Podsumowanie i wnioski*” Autor dokonał dyskusji wyników uzyskanych podczas przeprowadzonych badań oraz uzasadnił i potwierdził zasadność postawionej w tej pracy tezy.

## **2. Uwagi ogólne**

W pracy doktorskiej zaproponowano wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych jako narzędzia klasyfikacji cech materiałowych żeliwa, co decyduje o możliwości zastosowania materiału na elementy części maszyn transportowych. Postawiona teza pracy prawidłowa, a jej sformułowanie poprzedzone jest starannym przeglądem literaturowym, informacje literaturowe są ważne i aktualne. Dobrze wypunktowany cel pracy. W części badawczej (dobrze zaplanowanej i przeprowadzonej) Autor dowiódł postawioną tezę:

*„Automatyzacja procesu oceny jakościowej oraz ilościowej rodzaju wydzielen grafitu w żeliwie jest możliwa na podstawie decyzji sieci neuronowej, wytrenowanej pod nadzorem regulowych klasyfikatorów cech charakterystycznych wydzielen grafitu w próbkach żeliw.*

*Opracowanie miar numerycznych dla cech charakterystycznych wydzieleni grafitu w żeliwie, umożliwi zwielokrotnienie liczby danych wejściowych dla skutecznego wytrenowania sieci neuronowej.*

Układ i dobór badań jest przejrzysty, logiczny, poprawny. Dobrze opracowane są rozdziały opisujące właściwości żeliwa, ze wskazaniem zastosowania tego materiału w budowie pojazdów samochodowych. Autor przedstawił technologię otrzymywania żeliw z różnymi postaciami (rodzajem wydzieleni) grafitu, porównał dokładnie właściwości analizowanych żeliw. Poprawnie wykorzystano technikę komputerowej analizy obrazu do oceny struktury materiału.

Niezrozumiałe są jednak pewne sformułowania:

1. *„Porównanie żeliwa z grafitem wermikularnym z żeliwem sferoidalnym daje wyniki odwrotne”*. Tylko intuicyjnie można wnioskować o jakie porównanie materiałowe chodzi doktorantowi (str 32).

2. *„Żeliwo wermikularne jest bardziej skłonne do tworzenia ferrytu w stanie surowym lub po obróbce cieplnej od żeliwa sferoidalnego z grafitem płatkowym”*. Czy ma to oznaczać, że ferryt jest fazą powstająca z żeliwa (str 34)?

3. *„Sieć neuronowa umożliwia klasyfikację i znajdowanie związków między zbiorami cech, dlatego można ją wykorzystać do analizy pomiędzy parametrami technologicznymi i strukturą oraz właściwościami”*. O jakie właściwości chodzi Autorowi?

4. *Jednym z ważniejszych zadań w badaniach dotyczących klasyfikacji żeliwa było wyznaczenie minimalnej liczby składników głównych i w zależności od tego zaprojektowanie dodatkowo sieci typu backprogramation lub rezygnacja z niej*, czy Doktorant dokonuje klasyfikacji żeliwa?

5. *„na rozróżnienie struktur/faz takich jak ferryt, perlit cementyt oraz grafit. Czy perlit jest fazą?*

**Proszę Autora o wyjaśnienia.**

### 3. Uwagi szczegółowe

Wytrzymałość na rozciąganie „ $R_m$ ,  $R_{0.2}$ ” oznacza się inaczej ( $R_m$ ,  $R_{0.2}$ ), (str 30, 31)

Niedopracowano stylistycznie pewne sformułowania:

1. „które w ostatnio” zamiast „które ostatnio”, str 6,
2. „proces klasyfikacji przeprowadza ekspert metalurg na podstawie numerycznych miar wnioskowania regałowego, popartego jego doświadczeniem metrologa i doświadczeniu zawodowym” str 10,
3. „Stawiana on diagnoza” zamiast „stawia on diagnozę”, str 10,
4. „jest forma pośrednią” zamiast „jest formą pośrednią”, str 11,
5. „Struktura i własności zależy” zamiast „Struktura i własności zależą”, str 21,
6. „wykorzystanym do badaniach” zamiast „wykorzystanym do badań”,
7. „po wstępnym przetworzeniu obrazu podajemy analizuje cechy obiektów pozostałych na obrazie”,
8. „ztem” zamiast zatem, str 83,
9. „w celu uzyskania mapy krawędzi zaproponowano przeprowadza się na obrazie źródłowym trzy kolejno następujące po sobie operacje”, str 87,
10. „znacznie utrudnienia proces” zamiast „znacznie utrudnia proces”, str 112

Błędy edycyjne: brak spacji przed nawiasami, po kropce, źle postawiony przecinek, brak przecinka, str 10, 49, 61, 65, 66, 68, 74, 111, 112, 113, 114, 116.

Brak jednostek w rys 2.17, 2.18 (powinno się podać wartość w nanometrach przy parametrach sieciowych komórki elementarnej).

Układ pracy byłby bardziej przejrzysty, gdyby zostały utworzone odpowiednie podrozdziały (np. po 3.1. Modele sieci neuronowych, powinny być podrozdziały:

- 3.1.1. Sieć jednokierunkowa jednowarstwowa,
- 3.1.2. Sieć jednokierunkowa jednowarstwowa, itp.).

#### 4. Ocena końcowa pracy

Podjęty w pracy temat jest aktualny i ważny. Badania wykonane przez Doktoranta w ramach pracy stanowią ważny wkład w aktualny stan wiedzy, bowiem zaproponowana przez niego metoda automatycznego wnioskowania może znaleźć wiele zastosowań tam, gdzie diagnoza jest oparta o graficzny obraz struktury materiału, np. w metaloznawstwie, spawalnictwie do przewidywania właściwości stopów.

Doktorant postawił tezę, dla udowodnienia, której wykonał liczne i prawidłowe badania. Postawiona teza została właściwie udowodniona. Doktorant wykazał się umiejętnością dobrego planowania i wykonywania badań oraz analizy merytorycznej wyników badań. Duża wartość naukowa i użyteczna rozprawy. Uwagi ogólne i szczegółowe nie mają wpływu na merytoryczną ocenę pracy.

#### 5. Wniosek końcowy

Opiniowana przeze mnie praca doktorska pt. „Metoda automatycznej oceny żeliwa stosowanego na części maszyn, z wykorzystaniem sieci neuronowych” mgra inż. Rafała Wąsika spełnia wszystkie ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim (Ustawa z dnia 14 III 2003 o stopniach i tytule naukowym) i na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie pana mgra inż. Rafała Wąsika do publicznej obrony rozprawy przed Radą Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej w Katowicach.

prof. nzw. dr hab. inż. Tomasz Węgrzyn

