

Wrocław, dnia 20.12.2018 r.

Dr hab. inż. Agnieszka Wyłomańska, Prof. uczelni

Politechnika Wrocławska

Wydział Matematyki

Ul. Janiszewskiego 14a, 50-370 Wrocław

Dyscypliny naukowe

matematyka, górnictwo i geologia inżynierska

specjalności

matematyka finansowa i ubezpieczeniowa, analiza procesów stochastycznych, analiza szeregów czasowych, przetwarzanie i analiza sygnałów, diagnostyka maszyn

RECENZJA

rozprawy doktorskiej pt.

„Ocena stanu technicznego połączeń taśm przenośnikowych z linkami stalowymi na podstawie analizy sygnałów magnetycznych”

Autor: mgr inż. Tomasz Kozłowski

Promotorzy: dr hab. inż. Radosław Zimroz, Prof. uczelni, dr inż. Ryszard Błażej

Podstawa formalna

Niniejsza Recenzja została opracowana na podstawie decyzji Rady Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej i w konsekwencji pisma skierowanego przez Panią Dziekan Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, prof. dr. hab. inż. Monikę Hardygóre z dnia 16.11.2018 r.

Ocena ogólna rozprawy

Znaczenie tematyki

Diagnostyka przenośników taśmowych jest niezwykle istotna w procesie technologicznym w kopalni. Odpowiednia diagnoza techniczna dotycząca różnych elementów przenośnika wpływa przede wszystkim na ciągłość i efektywność pracy. Nie jest to zadanie łatwe dlatego też coraz częściej w problemie diagnostyki elementów systemu transportu ciągłego w kopalniach stosuje się zaawansowane metody, które bardziej precyzyjnie i w odpowiednim czasie dadzą informacje na temat możliwych uszkodzeń. Tematem przedstawionej rozprawy jest opracowanie metod do pomiarów i analizy sygnałów magnetycznych dla połączeń taśm przenośnikowych z linkami stalowymi. Taśmy takie szczególnie podatne są na zużycie i uszkodzenia. Są one także najdroższym elementem przenośnika taśmowego. Brak odpowiedniej eksploatacji wpływa na zmniejszenie czasu pracy taśm przenośników, a także na zwiększenie ilości awarii, co z kolei prowadzi do nieoczekiwanych kosztownych postojów w produkcji. W warunkach kopalnianych stwierdzenie, że taśma ulegnie uszkodzeniu możliwe jest w wielu przypadkach dopiero, kiedy rzeczywiście dane uszkodzenie nastąpi. Wcześniej stwierdzenie zmniejszonej wytrzymałości taśmy możliwe jest dopiero podczas badań laboratoryjnych, które wymagają analizy wycinka taśmy z połączeniem. Uzasadnione zatem wydaje się być podjęcie tematu związanego z oceną taśm przenośnikowych. W przedstawionej rozprawie doktorskiej autor przedstawia szereg metod, które mogą być wykorzystane do oceny stanu technicznego taśm. Wyższością zaproponowanego podejścia

jest fakt, iż zaproponowane algorytmy mogą być zastosowane na obiektach rzeczywistych bez konieczności wykonania niszczących badań laboratoryjnych.

Z punktu widzenia dyscypliny „górnictwo i geologia inżynierska” diagnostyka połączeń taśm przENOŚNIKOWYCH jest niezwykle istotna. Celem przedstawionej rozprawy doktorskiej jest wykonanie pomiarów na obiektach rzeczywistych, opracowanie algorytmów do oceny stanu technicznego połączeń taśm przENOŚNIKOWYCH na bazie sygnałów magnetycznych oraz implementacja algorytmów w środowisku Matlab.

Mając na uwadze ogólne znaczenie wspomnianego kierunku badań w obszarze „górnictwo i geologia inżynierska” uważam podjęcie tego tematu za bardzo zasadne, przede wszystkim z praktycznego punktu widzenia.

Struktura. Analiza zawartości poszczególnych rozdziałów

Przedstawiona do recenzji praca składa się z 11 rozdziałów oraz dodatkowych 3 rozdziałów zawierających odpowiednio spis literatury, spis rysunków oraz spis tabel. **Struktura pracy jest poprawna**, treści zostały ułożone w sposób usystematyzowany. Rozprawa zdecydowanie ma charakter interdyscyplinarny, co wymusza od autora przedstawienia jednocześnie wielu aspektów omawianego problemu. Według mojej opinii doktorant w dobrym stopniu poradził sobie z przedstawieniem wielu wątków zagadnienia. W części merytorycznej rozprawy autor skupił się najpierw na opisie urządzeń do badań magnetycznych dla taśm przENOŚNIKOWYCH z linkami stalowymi oraz przedstawił stan wiedzy z zakresu badań magnetycznych dla taśm przENOŚNIKOWYCH. Opisał także badany obiekt oraz wykorzystany system pomiarowy. W kolejnej części dokładnie opisał dane pomiarowe z systemu HRDS, a następnie opisał dokładnie procedurę pozwalającą na wykrywanie połączeń w całej pętli taśmy. Kolejne części rozprawy, które według mojej opinii, są najbardziej naukowe i innowacyjne, autor zaproponował najpierw metody do synchronizacji analizowanych sygnałów magnetycznych oraz algorytmy do ekstrakcji parametrów diagnostycznych na podstawie sygnałów magnetycznych połączeń taśm przENOŚNIKOWYCH z linkami stalowymi. Pokazał także, w jaki sposób zaproponowane parametry mogą być wykorzystane w problemie oceny stanu technicznego taśm. Taki układ pracy stopniowo wprowadza czytelnika w temat, co znacznie ułatwia lekturę rozprawy.

W rozdziale 1 autor zawarł krótkie wprowadzenie w podejmowaną tematykę. Podkreśla tutaj znaczenie podejmowanego problemu w kontekście ciągłej i efektywnej pracy w kopalni, a także zwraca uwagę iż niewłaściwa diagnostyka połączeń taśm przENOŚNIKOWYCH może generować wymierne koszty przede wszystkim związane z ciągłością pracy. Autor omawia tutaj także przyczyny zmniejszenia wydajności połączeń zwracając uwagę na techniczne aspekty zagadnienia. Wskazuje także, iż w ostatnich latach temat dotyczący diagnostyki połączeń taśm przENOŚNIKOWYCH jest szeroko omawiany w literaturze. Jednakże nie opisuje tutaj proponowanych przez innych autorów rozwiązań. W kolejnej części rozdziału 1 autor opisuje możliwe połączenia wykonywane w taśmach przENOŚNIKOWYCH z linkami stalowymi.

Rozdział 2 zawiera opis urządzeń do badań magnetycznych stanu rdzenia taśm przENOŚNIKOWYCH z linkami stalowymi oraz przedstawia dotychczasowy stan wiedzy z zakresu badań magnetycznych taśm przENOŚNIKOWYCH. Według mnie, ta część rozprawy jest potraktowana dość pobieżnie. Doktorant przedstawiając istniejący stan wiedzy, jedynie wspomina o różnych podejściach, nie wskazując na ich wady i zalety. Brak szerszego opisu metod oraz ich analizy porównawczej. Warto byłoby wspomnieć, w jaki sposób zaproponowane w rozprawie metody, służące do diagnostyki stanu połączeń taśm przENOŚNIKOWYCH z linkami stalowymi, rozwijają obecnie stosowane podejścia.

W **rozdziale 3** autor przedstawia opis obiektu badań, wskazując iż były one przeprowadzone na trzech przenośnikach taśmowych w jednej z polskich kopalni odkrywkowych. Autor przedstawia podstawowe informacje o badanych taśmach przenośnikowych oraz wskazuje na to, iż badania były przeprowadzone trzykrotnie w okresie dwóch lat na 34 połączeniach dwustopniowych.

W **rozdziale 4** opisany został system pomiarowy wykorzystywany podczas badań. Na uwagę zasługuje fakt, iż system do automatycznej diagnostyki taśm przenośnikowych z linkami stalowymi (HRDS) został opracowany wspólnie z pracownikami Wydziału Geoinżynierii Górniczej i Geologii Politechniki Wrocławskiej w oparciu o istniejący system firmy rEscan. W rozdziale 4 przedstawiono dokładnie możliwości wykorzystanego systemu. Autor wskazał także na jego funkcjonalność polegającą na skopiowaniu danych bezpośrednio z tabletu na komputer, co umożliwiło przeprowadzenie zaawansowanych analiz sygnałów magnetycznych. Podkreślił także zalety nowej funkcjonalności w systemie HRDS, wskazując (Tabela 3, str. 18) na jego możliwości w przypadku, gdy aplikacja przeznaczona jest jedynie na tablet oraz w przypadku, gdy przeznaczona jest także na komputer.

W **rozdziale 5** doktorant uzasadnił podjęcie tematu. Przedstawił także cel, tezy oraz zakres pracy. Rozdział ten jest niejako wprowadzeniem do właściwej części merytorycznej rozprawy i systematyzuje podejmowane wątki.

W **rozdziale 6** doktorant omówił problem wykrywania pojedynczej pętli taśmy. Przedstawił także jakiego rodzaju dane z systemu HRDS kopiowane są na komputer PC. Dane te są analizowane na potrzeby diagnostyki połączeń taśm przenośnikowych. Algorytm do identyfikacji pełnej pojedynczej pętli taśmy został przedstawiony tutaj bardzo dokładnie, a schemat blokowy umożliwi zastosowanie algorytmu w podobnych aplikacjach. Doktorant wskazuje także na podobieństwa i różnice pomiędzy sygnałami w przypadku wykrytego uszkodzenia.

Rozdział 7 poświęcony jest opisowi algorytmu pozwalającego na wykrycie lokalizacji połączeń. Algorytm ten bazuje na sygnałach magnetycznych z pętli taśmy. Pojedyncze pętłe zostały wykryte na podstawie algorytmu omówionego w rozdziale 6. Nowy algorytm do wykrywania połączeń bazuje na sumowaniu amplitud ujemnych dla całej długości taśmy przenośnikowej. W opisie algorytmu łatwo zauważyć kilka słabych punktów. Na Rys. 17, str. 26 nie jest wyraźnie podane co jest argumentem funkcji f występującej w algorytmie. W analizie danych autor zaproponował jedynie sumowanie amplitud z kanałów 4-21. Uzasadnił ten wybór, aczkolwiek pojawia się pytanie, czy w przypadku innych pomiarów zawsze byłyby to te same kanały. Brakuje tutaj opisu tego zagadnienia. Właściwy algorytm do lokalizowania połączeń taśmy przedstawiony został na Rys. 19, str. 28. Jednakże brak tutaj wytycznych, w jaki sposób użytkownik powinien ustawić próg. Dla analizowanych danych próg ten został przyjęty na poziomie -30V. Brak informacji od czego zależy ta wartość. W rozdziale tym autor przedstawił także algorytm do usuwania sygnałów z odcinków taśmy oraz przedstawił wynik dla danych z systemu zastosowania algorytmu wykrywającego połączenie oraz zademonstrował wykryte połączenia wraz z usuniętymi informacjami o odcinku taśmy między połączeniami. Tak przygotowane dane zostały poddane dalszej analizie.

W **rozdziale 8** zajęto się problemem synchronizacji analizowanych sygnałów. Synchronizacja sygnałów jest niezbędna w dalszych analizach w kontekście diagnostyki połączeń taśm przenośnikowych. Brak synchronizacji wynika z faktu, iż połączenia wulkanizowane w taśmach z linkami stalowymi wykonywane są często ze skosem, którego długość podstawy

wynosi 0,3 lub 0,4 szerokości taśmy. Sygnały magnetyczne z kolejnych kanałów, które pochodzą z tego rodzaju połączeń, są dodatkowo przesunięte względem siebie w funkcji czasu. Brak synchronizacji takich sygnałów uniemożliwia dalszą analizę, która głównie bazować będzie na wykrywaniu podobieństw i różnic analizowanych sygnałów. W rozdziale 8 autor rozprawy zaproponował trzy podejścia do problemu synchronizacji sygnałów. Pierwsze z nich polega na synchronizacji manualnej. Zaproponowano tutaj algorytm, który jednak posiada wiele słabych stron. Autor sam zaznacza, że była to pierwsza próba synchronizacji analizowanych sygnałów. Poza tym wadą z korzystania metody manualnej jest jej czasochłonność oraz brak kryteriów do wyznaczania optymalnych wektorów przesunięć dla sygnałów z kolejnych kanałów pomiarowych. Dlatego też w kolejnej części rozdziału 8 zaproponowano dwie alternatywne metody służące do synchronizacji sygnałów z taśm. Pierwszy z nich polega na synchronizacji względem punktu. Algorytm ten jest automatyczny, aczkolwiek także posiada swoje słabe strony. Jedną z nich jest wprowadzenie wartości amplitudy A , którą użytkownik powinien ustalić sam. Autor rozprawy pokazuje wynik zastosowania metody synchronizacji względem punktu dla wybranej amplitudy A . Warto byłoby pokazać wyniki synchronizacji dla różnych wielkości A . Pokazywałoby to, w jakim zakresie wielkość ta powinna być rozpatrywana. Ostatnia z zaproponowanych metod służących do synchronizacji sygnałów bazuje na algorytmie genetycznym. Cały algorytm autor rozprawy opisał bardzo dokładnie. W jednym z kroków algorytmu autor wskazuje, iż „ewaluacja osobników oparta jest w oparciu o błąd RMS...” Warto byłoby tutaj podać definicję błędu RMS. W algorytmie genetycznym na potrzeby pracy przyjęto liczbę wszystkich generacji 200 przy limicie 20 pokoleń, a każda populacja liczyła 450 osobników. Według mojej opinii warto byłoby uzasadnić przyjęte wielkości. Ponadto autor wskazał, iż „algorytm wykorzystał metodę ruletki do selekcji osobników”. Warto byłoby na tym etapie opisać tę metodę lub chociaż podać odpowiednie referencje. Podobnie jak powyżej funkcja celu ustawiona jest jako suma błędów RMS. Brak odpowiedniej definicji. Podobnie jak przy poprzedniej metodzie synchronizacji sygnałów autor pokazał wyniki uzyskane dla analizowanych sygnałów. Jako podsumowanie porównał wyniki uzyskane dla dwóch metod automatycznych. Bardziej szczegółowe uwagi do podrozdziału 8.4 znajdują się w sekcji „Uwagi szczegółowe do pracy”. Podrozdział 8.5 zawiera podsumowanie metod synchronizacji. Autor wskazuje tutaj, iż jedną z najbardziej informacyjnych miar podobieństwa sygnałów jest współczynnik korelacji wyznaczany pomiędzy sygnałami z różnych kanałów. Podejrzewam, iż jest to klasyczny współczynnik korelacji Pearsona, aczkolwiek nie został on tutaj zdefiniowany. Następnie podobieństwo pomiędzy sygnałami (w stanie prawidłowym i nieprawidłowym) analizowane jest na podstawie sumy współczynników korelacji dla sygnałów. Według mojej opinii bardziej adekwatna byłaby analiza średniego współczynnika korelacji dla danego sygnału. Następnie wybrano progi, na podstawie których możliwa była analiza podobieństwa sygnałów. Zaproponowana metoda jest innowacyjna, jednakże posiada pewne niedociągnięcia. Autor nie tłumaczy dlaczego taki poziom progów na współczynniki korelacji został ustalony. Wskazuje jedynie, że była to metoda empiryczna („metoda prób i błędów”). Autor pokazuje wyniki dla analizowanych sygnałów i wskazuje na słabe strony metody. W kolejnej części rozdziału 8 autor analizuje „przedziały ufności” dla sygnałów uzyskanych z połączenia w stanie prawidłowym w celu pokazania, iż sygnały z kanałów pomiarowych reprezentujących prawidłowy stan techniczny połączenia charakteryzują się zbliżonymi przebiegami. Nie wskazano tutaj w jaki sposób przedziały ufności są tworzone i na jakim poziomie ufności. Niewiele wynika z Rys. 47, str. 58 bez odpowiedniej interpretacji. Na końcu rozdziału 8 napisane jest, że „informacja o wąskim przedziale ufności w sygnałach magnetycznych z wąskimi współczynnikami korelacji została wykorzystana do opracowania wzorcowego przebiegu sygnału w kolejnym rozdziale pracy”. Jednakże nie zostało to w kolejnych rozdziałach poprawnie opisane.

W **rozdziale 9** autor rozprawy przedstawił szereg parametrów z sygnałów z połączeń taśm, na podstawie których możliwa będzie ich szczegółowa diagnostyka. Najpierw omówił metodę wyznaczania punktów charakterystycznych w sygnale magnetycznym, a następnie omówił problem samopodobieństwa sygnałów magnetycznych. Następnie autor podjął próbę parametryzacji sygnałów magnetycznych ze względu na kilka istotnych aspektów. Wyszczególnił tutaj parametry informujące o stanie technicznym na początku i końcu połączenia, parametr informujący o stanie technicznym pomiędzy stopniami połączenia, parametry informujące o stanie technicznym stopni połączenia na podstawie kształtów połówek oraz trzy parametry opracowane na potrzeby pomiaru długości, wydłużenia względnego w czasie oraz pomiaru skośności połączeń. Dla wszystkich zaproponowanych parametrów autor podał interpretację i wskazał zachowania dla analizowanych sygnałów. Niestety nie podjął próby klasyfikacji sygnałów na podstawie opracowanych parametrów. Temat ten wydaje się być ciekawy w dalszych analizach.

Rozdział 10 poświęcony jest konwersji połączeń oraz zebraniu uzyskanych wyników na podstawie analizowanych sygnałów. Autor podjął się próby analizy statystycznej opracowanych w rozdziale 9 parametrów obserwując ich podstawowe statystyki. Moja uwaga dotyczy analizy niektórych parametrów. Takim przykładem jest współczynnik **RATIO**, który został zaprezentowany na Rys. 70 (dolny panel). Dla współczynnika tego wyznaczono estymator jądrowy gęstości. Nie podano jego definicji, nie podano także z jakiego jądra autor korzystał. Ponadto Rys. 70 (dolny panel) sugeruje, że współczynnik **RATIO** nie powinien być traktowany jak realizacje niezależnych zmiennych losowych o tym samym rozkładzie, a przy takim założeniu wyznaczany jest estymator jądrowy gęstości. Dużo bardziej adekwatnym narzędziem byłby tutaj histogram częstości, który może być wyznaczany dla ogólnych danych, niekoniecznie niezależnych. Ciekawe wydają się analizy parametrów sygnałów z połączeń taśm oraz badanie ich współzależności, która może wskazać na anomalie w sygnałach. Jest to innowacyjne podejście w tego typu zagadnieniu. Na końcu rozdziału brakuje podsumowania uzyskanych wyników wskazującego, w jaki sposób badane statystyki i zależności mogą przyczynić się o oceny stanu technicznego połączeń taśm przenośnikowych.

Ostatni **rozdział 11** zawiera podsumowanie i wnioski rozprawy.

Ocena realizacji celu naukowego

Cel naukowy pracy został osiągnięty poprzez:

- Opracowanie oraz zaimplementowanie algorytmów wykrywających pełną pętlę taśmy.
- Opracowanie oraz zaimplementowanie algorytmu wykrywającego połączenie w pełnej pętli taśmy.
- Opracowanie procedury zapisywania wykrytych połączeń do oddzielnych plików.
- Opracowanie dwóch metod do automatycznej synchronizacji połączeń.
- Opracowanie procedury badania podobieństwa sygnałów z wykorzystaniem współczynnika korelacji.
- Opracowanie parametrów umożliwiających ocenę stanu technicznego połączeń taśm przenośnikowych
- Przeprowadzenie analizy statystycznej opracowanych wskaźników na potrzeby oceny stanu technicznego połączeń taśm.

Warto jeszcze raz podkreślić, iż praca ma charakter interdyscyplinarny. Doktorant wykazał się doświadczeniem w opracowywaniu metodyki pomiarów. Opracował dwie automatyczne metody synchronizacji sygnałów i porównał uzyskane wyniki. Opracował także szereg parametrów bazujących na podobieństwie sygnałów, które mogą posłużyć do oceny stanu technicznego taśm przenośnikowych. Wyniki analizy statystycznej wskazują na fakt, iż doktorant nabył tego typu umiejętności, a poznane metody potrafił wykorzystać w praktyce. Przedstawiona interpretacja wyników także na to wskazuje.

Doktorant w dobrym stopniu nakreślił obszar badawczy i niniejsza rozprawa potwierdza jego znajomość tematu. Według mojej opinii zaproponował właściwe metody, wykazał się także dobrą znajomością tematyki. Doktorant wykazał się samodzielnością we wszystkich aspektach działalności naukowej niezbędnej do prowadzenia prac badawczych.

Uwagi szczegółowe do pracy

Pomimo, iż ogólna ocena rozprawy jest pozytywna i bez wątpienia zaproponowane metody są nowatorskie sama rozprawa jednak zawiera kilka niedociągnięć. Poniżej przedstawione zostaną uwagi szczegółowe.

- Podrozdział 2.1 – Rozdział dotyczący dotychczasowego stanu wiedzy jest zdecydowanie pobieżnie potraktowany. Autor rozprawy powinien bardziej szczegółowo omówić wybrane publikacje i zwrócić uwagę, w jaki sposób jego podejście rozwija dotychczasowe osiągnięcia w tym zakresie.
- Rozdział 7 – Autor zwraca uwagę, iż „Jako kryterium wykrywania połączeń może być zadanie odpowiedniej wartości progu dodatniego lub ujemnego”. Jest to bardzo nieprecyzyjne stwierdzenie, które wymaga rozwinięcia.
- Rys. 17 – co jest argumentem funkcji x ?
- Rys. 19 – warto byłoby określić, w jaki sposób użytkownik powinien ustalać wielkość progu. W takim wydaniu zaproponowany algorytm nie jest w pełni automatyczny. Dla analizowanych sygnałów został on przyjęty na poziomie $-30V$, jednakże autor rozprawy nie wyjaśnia dlaczego. Warto byłoby dokonać analizy porównawczej dla różnych wielkości progów.
- Doktorant często używa bardzo ogólnych stwierdzeń, które wymagałyby doprecyzowania, np., str. 34, „Instrukcję tę można wykonywać wielokrotnie, aż do osiągnięcia zadowalającego efektu”.
- Rys. 29 – algorytm przeprowadzania automatycznej synchronizacji względem punktu – brak jawnego przepisu wyboru amplitudy A . Brak analizy porównawczej wyników przy różnych wielkościach A .
- W synchronizacji za pomocą algorytmu genetycznego przyjęto wielkości na liczbę wszystkich generacji, limit pokoleń i liczbę osobników w populacji. Warto byłoby wytłumaczyć dlaczego wykorzystano takie wartości.
- Algorytm genetyczny wykorzystał metodę ruletki. Warto byłoby chociaż w kilku zdaniach opisać ta metodę lub podać odpowiedni odnośnik do literatury.
- Prawdopodobieństwo mutacji genów w wykorzystanym algorytmie genetycznym ustawiono na poziomie 1%. Proszę wyjaśnić dlaczego.
- Brak definicji funkcji celu RMS w algorytmie genetycznym i następnie w analizie porównawczej metod synchronizacji sygnałów.
- Podrozdział 8.4. – autor pisze, iż do „oceny obu algorytmów skorzystano z kryterium liniowości”. Proszę opisać na czym to kryterium tutaj polega. W podrozdziale tym

faktycznie przeprowadzana jest analiza z wykorzystaniem estymowanej funkcji liniowej, jednakże brak opisów kryterium powoduje, że analiza ta jest mało czytelna. W podrozdziale tym autor pisze „kolejnym kryterium oparte było na obliczaniu błędu RMS pomiędzy sygnałami ze wszystkich kanałów a medianą”. Warto doprecyzować z czego mediana de facto była wyznaczana.

- Podrozdział 8.5- w podsumowaniu metod synchronizacji autor pisze, iż „im lepsza synchronizacja pomiędzy kanałami pomiarowymi, tym mniejszy wynik błędu RMS”. Warto to zdanie rozwinąć.
- W podrozdziale 8.5.1 brak definicji współczynnika korelacji. Podejrzewam, że chodzi o współczynnik korelacji Pearsona, który opisuje zależność liniową pomiędzy dwoma wielkościami.
- Podrozdział 8.5.1 – w jaki sposób ustalono progi na współczynnik korelacji. Stwierdzenie, że progi te zostały ustalone empirycznie lub „metodą prób i błędów” jest nieprecyzyjne. Podejście bazujące na przedziałach ufności właściwie jest nie opisane. W jaki sposób te przedziały ufności wyznaczono, na jakim poziomie ufności. Ten aspekt wymagałby doprecyzowania. Brak wykorzystania tego podejścia w dalszych analizach, mimo zapowiedzi na końcu podrozdziału.
- Rozdział 10- analiza statystyczna parametrów służących do oceny stanu technicznego -w niektórych przypadkach nieuzasadnione wydaje się być wykorzystanie estymatora jądrowego gęstości (ksdensity), gdyż w analizowanych danych widoczne są trendy lub zależności. Brak definicji estymatora gęstości jądrowej, jakie jądro było wykorzystane tutaj?

Inne uwagi szczegółowe

W pracy można znaleźć drobne błędy językowe oraz literówki. Drobne usterki nie obniżają pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy.

Wniosek końcowy.

Recenzowana rozprawa zawiera nowe i bez wątplenia wartościowe wyniki badań. Należy podkreślić interdyscyplinarny charakter pracy oraz wielowątkowość omawianego zagadnienia. Rozprawa stanowi oryginalne zrealizowanie celu badawczego postawionego przez doktoranta. Ma ona przede wszystkim duże znaczenie aplikacyjne. Opracowane w ramach rozprawy algorytmy mogą być z powodzeniem wykorzystane w praktyce. Naukowy charakter pracy podkreślony został poprzez opracowanie różnych algorytmów służących do synchronizacji analizowanych sygnałów oraz wyznaczania parametrów umożliwiających ocenę stanu technicznego połączeń taśm przENOŚNIKOWYCH. Analiza statystyczna wspomnianych parametrów pokazuje, iż doktorant w dobrym stopniu opanował techniki analizy danych oraz potrafi na podstawie uzyskanych wyników wyciągnąć wnioski.

Autor wykazał się dobrym zrozumieniem problematyki oraz znajomością literatury naukowej i technicznej dotyczącej przedmiotu badań. Podsumowując, stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska mgra inż. Tomasza Kozłowskiego pt. „Ocena stanu technicznego połączeń taśm przENOŚNIKOWYCH z linkami stalowymi na podstawie analizy sygnałów magnetycznych” stanowi oryginalną interdyscyplinarną pracę mieszczącą się w dyscyplinie *górnictwo i geologia inżynierska* i odpowiada warunkom określonym w Ustawie

(art. 13 ustęp 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach w zakresie sztuki) .Wnioskuje zatem o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Agnieszka Wyłomańska

Wyłomańska