

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Dariusza Felki pt.:

„Zastosowanie modelu neuronowo – rozmytego do diagnozowania i prognozowania wybranego zagrożenia w procesie produkcji górniczej”

1. Podstawa wykonania recenzji

Recenzję rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Dariusza Felki pt.: „Zastosowanie modelu neuronowo – rozmytego do diagnozowania i prognozowania wybranego zagrożenia w procesie produkcji górniczej”, opracowałem na podstawie pisma Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej w Gliwicach Pani prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak, z dnia 29 maja 2020 r. nr RD(IMe)-91/0062019/2020.

2. Charakterystyka i ocena zawartości merytorycznej rozprawy doktorskiej

Rozprawa składa się z ośmiu rozdziałów, streszczeń w języku polskim i angielskim, obszernej bibliografii zawierającej 295 pozycji literaturowych, wśród których jest 7 publikacji współautorskich Doktoranta i 1 samodzielna, z czego w bazie Scopus zamieszczone są 4 publikacje a w bazie Web of Science – 3 publikacje. Każdy rozdział kończy się krótkim podsumowaniem. Objętość pracy wynosi 233 strony. W pracy zamieszczono 126 rysunków i 77 tabel w treści pracy.

Tematyka rozprawy mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno–technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna i związana jest z bezpieczeństwem oraz efektywnością wydobywania w kopalniach węgla kamiennego. Proces ten nierozdzielnie związany jest z występowaniem wielu zagrożeń naturalnych spośród których, zagrożenie metanowe należy do najbardziej niebezpiecznych i najczęściej występujących. Wzrost intensywności eksploatacji węgla z coraz głębiej zalegających pokładów powoduje zwiększoną emisję metanu do wyrobisk górniczych. Wzrost stężenia metanu powoduje, dla pracującej załogi, zagrożenie zapłonu lub wybuchu.

Wybór tematu pracy przez Doktoranta, jest trafny i uzasadniony ponieważ dotyczy zarówno bieżącej oceny stanu zagrożenia metanowego jak i jego prognozy w danym rejonie. Z punktu widzenia ciągłości procesu produkcji górniczej bardzo istotne jest ograniczenie przerw w procesie wydobywania węgla, szczególnie w ścianach i przodkach górniczych.

W zakresie krótkoterminowego prognozowania zagrożenia metanowego, oceniana praca może istotnie poprawić ciągłość i bezpieczeństwo działalności górniczej. Skorelowanie efektów prognoz metanowości z możliwościami regulacji systemu wentylacyjnego lub intensywności urabiania może zasadniczo przyczynić się do poprawy stanu bezpieczeństwa w zakresie zagrożenia metanowego.

Oryginalnym rozwiązaniem jest zastosowanie do prognozowania i diagnozowania wielkości zagrożenia metanowego metod opartych o sztuczne sieci neuronowe oraz teorię zbiorów rozmytych. Obecnie brak jest w tym zakresie rozwiązań bazujących na podobnych narzędziach. Metody zwane sztuczną inteligencją są stosowane w różnych gałęziach przemysłu, również w górnictwie np. w badaniach wpływu różnych czynników na efektywność redukcji zapylenia, w badaniach stanu obrotowych noży stożkowych, czy też identyfikacji ruchów roboczych kombajnu chodnikowego lub sterowania wydajnością urabiania. Przegląd literatury dokonany przez Doktoranta pokazuje liczne eksperymentalne i przemysłowe zastosowania tych metod. Opisany w niniejszej pracy zakres, jest zupełnie nowym obszarem badawczym i świadczy o tym, że tematyka pracy właściwie wpisuje się jako nowy kierunek badań oparty o nowoczesne i inteligentne rozwiązania z zakresu sztucznej inteligencji.

Stwierdzam, że recenzowana praca zarówno w zakresie użytecznym jak i naukowym stanowi oryginalne podejście do rozwiązania bardzo ważnego i aktualnego problemu badawczego. Opracowana i zaprezentowana przez Doktoranta metodyka badawcza, oparta o model neuronowo-rozmyty, a także opracowane na tej podstawie narzędzie w postaci systemu informatycznego do diagnozowania i prognozowania stanu zagrożenia metanowego, w procesie wydobywania stanowi nowe i oryginalne podejście do problemu poprawy stanu bezpieczeństwa tego procesu.

Rozdział pierwszy, który jest wstępem, obejmuje ogólną charakterystykę problematyki jakiej dotyczy praca. Doktorant przedstawia ogólną koncepcję pracy oraz zaproponowany sposób rozwiązania problemu badawczego. Uzasadnia także celowość podjęcia tematyki i jej znaczenie dla procesu wydobywczego. Wskazuje na konieczność zastosowania odmiennego, bardziej złożonego, od obecnie stosowanych, podejścia do tematyki diagnozowania i prognozowania stanu zagrożenia metanowego i oparcia się na bardziej zaawansowanych, zaliczanych do inteligentnych metod tej oceny. Przedstawia zestawienia odnośnie do zdarzeń związanych z zapaleniem lub/i wybuchem metanu, odnosząc je do wielkości wydobywania węgla w polskich kopalniach węgla kamiennego. Doktorant przedstawił również przykładowe przebiegi czasowe pracy kompleksu ścianowego z występującymi przerwami spowodowanymi przekroczeniem dopuszczalnych stężeń metanu. Wstęp identyfikuje zakres tematyczny pracy.

W rozdziale drugim, Doktorant przedstawia syntetyczną analizę zagrożeń występujących w procesie eksploatacji górniczej i ich wpływ na efektywność oraz bezpieczeństwo tego procesu. Analiza obejmuje wszystkie zagrożenia naturalne występujące w trakcie eksploatacji górniczej z podaniem ich skutków w ostatnich latach. W jej wyniku Doktorant wysuwa jednoznaczne stwierdzenie, że zagrożenie metanowe jest obecnie najbardziej niebezpiecznym i najczęściej występującym w kopalniach, na którym uzasadnia podjęcie się tej tematyki pracy.

Dodatkowo w rozdziale scharakteryzowano proces eksploatacji górniczej i jego podstawowe składowe. Przedstawiono też przykładowe przebiegi czasowe pracy kombajnu ścianowego z zaznaczonymi przerwami jego pracy i zaburzeniem procesu wydobywania spowodowanymi przekroczeniem stężenia metanu. W rozdziale tym omówiono także metody do diagnozowania i prognozowania stanu zagrożenia metanowego, poparte szerokim przeglądem literatury w tym zakresie.

W rozdziale trzecim, Doktorant przedstawił cele, zakres oraz tezę pracy, które są zgodne z przyjętym przez Doktoranta sposobem rozwiązania przedstawionego problemu badawczego. Opracowanie modelu do diagnozowania i prognozowania zagrożenia metanowego w procesie wydobywania węgla kamiennego, z wykorzystaniem struktur neuronowo-rozmytych oraz wyników pomiarów parametrów wentylacyjnych niepodważalnie stanowi nowe i oryginalne podejście do tej tematyki. Proponowany sposób rozwiązania problemu badawczego poprzez opracowanie modelu

oraz metodyki badawczej, a w dalszej kolejności także narzędzia informatycznego stwarza warunki do praktycznego zastosowania wyników przeprowadzonych badań naukowych. Cele i teza pracy są właściwe i adekwatne do zrealizowanego zakresu pracy.

W rozdziale czwartym, Doktorant przybliży tematykę związaną z modelami neuronowo-rozmytymi, w ramach której omawia poszczególne elementy związane z teorią zbiorów rozmytych oraz sztucznymi sieciami neuronowymi. Opisuje struktury, sposoby wnioskowania oraz uczenia się sieci neuronowych. Sporo miejsca poświęca łączeniu sieci neuronowych i zbiorów rozmytych, co jest jednym z oryginalnych elementów recenzowanej pracy. W podsumowaniu wskazuje na możliwość zastosowania sieci neuronowych oraz wnioskowania rozmytego do diagnozowania i prognozowania stanu zagrożenia metanowego.

W rozdziale piątym Doktorant opisuje metodykę postępowania badawczego oraz opracowany model neuronowo-rozmyty. Doktorant opisał założenia opracowanej metodyki oraz kolejne kroki postępowania. Głównymi elementami tej metodyki są procedury w zakresie pozyskiwania i przygotowania danych, opis budowy i zasady działania systemu prognozowania i diagnozowania.

W poszczególnych podrozdziałach opisano założenia metodyki, omówiono metodę pozyskania danych parametrów wentylacyjnych, w tym systemy monitorowania zagrożenia wentylacyjnego oraz urządzenia pomiarowe wykorzystane do badań. W kolejnych podrozdziałach scharakteryzowano wskaźnik zagrożenia metanowego WZM i opisano metody klasteryzacji danych pomiarowych.

W dalszych rozdziałach omówiono budowę modeli neuronowo-rozmytych w zakresie diagnozowania i prognozowania zagrożenia metanowego. Doktorant szczegółowo omówił istotne elementy tego modelu. W podsumowaniu podkreślił, że poszczególne etapy opracowanej metodyki uwzględniają najnowsze dostępne rozwiązania i mimo jej dedykowania do branży górniczej zwraca uwagę na jej uniwersalną strukturę, która może z powodzeniem być stosowana także w innych branżach.

Rozdział szósty opisuje praktyczne zastosowanie opracowanej metodyki i modelu. Doktorant przedstawia w nim, opracowane narzędzie w postaci systemu informatycznego do diagnozowania i prognozowania zagrożenia metanowego. Rozwiązanie to stanowi główne osiągnięcie Doktoranta w zakresie praktycznego zastosowania przeprowadzonych badań i prac naukowych. W rozdziale przedstawione są poszczególne etapy budowy tego narzędzia. Logicznie przedstawiona jest jego koncepcja oraz funkcjonalność. Pokazuje to, że Doktorant posiada właściwe predyspozycje i wiedzę w zakresie praktycznego zastosowania narzędzi informatycznych. Przejrzyście przedstawia architekturę oraz opis interfejsu graficznego systemu wraz z poszczególnymi algorytmami. Całość kończy podsumowanie, w którym Doktorant zwraca uwagę na konieczność praktycznego podejścia przy opracowywaniu tego typu narzędzi.

W rozdziale siódmym omówiono proces diagnozowania i prognozowania, a także przedstawiono wyniki weryfikacji opracowanej metodyki. W tym zakresie Doktorant przeprowadził w bardzo szerokim zakresie badania opracowanego systemu informatycznego. Weryfikacja objęła zarówno proces diagnozowania jak i prognozowania zagrożenia metanowego dla pięciu zestawów danych pomiarowych. W rozdziale przedstawiono wyniki tej weryfikacji potwierdzające prawidłowość przyjętych założeń oraz opracowanych algorytmów. Należy podkreślić wysoką jakość uzyskanych wyników, przeprowadzonych analiz błędów oraz korelacji między uzyskanymi wynikami a mierzonymi parametrami wentylacyjnymi.

Cennymi, ze względów poznawczych, są dodatkowe analizy porównawcze Doktoranta, opracowanego systemu z innymi metodami do analizy dużych zbiorów danych. Badania te objęły dane wykorzystane w procesie diagnozowania jak i prognozowania stanu zagrożenia metanowego.

Uzyskane wyniki potwierdziły wartość opracowanego systemu i jego przewagę nad innymi metodami, co potwierdza wysoką jakość opracowanego modelu, metodyki i systemu informatycznego. Interesującym, z praktycznego punktu widzenia, są badania wpływu awarii czujnika oraz niepełnych danych na jakość pracy systemu. Również w tym aspekcie uzyskane wyniki są pozytywne i obiecujące. Mimo wprowadzonych zaburzeń, system informatyczny w sposób akceptowalny diagnozował i prognozował stan zagrożenia metanowego. W rozdziale przedstawiono także praktyczne aspekty użytkowania opracowanego systemu. W tym zakresie opisano możliwości systemu, funkcjonalność, interpretowalność wyników oraz adoptowalność systemu do zmiennych warunków. Podnosi to wartość utylitarną pracy.

Podsumowanie tego rozdziału syntetycznie streszcza treści rozdziału. Opracowany system i wyniki uzyskane w procesie jego weryfikacji potwierdzają zasadność założonych celów poznawczych i utylitarnego pracy.

W rozdziale ósmym Doktorant podsumował przeprowadzone badania oraz sformułował wnioski, a także określił przyszłe kierunki badań w zakresie ograniczenia skutków emisji metanu w procesie eksploatacji górnictwej.

Założone cele pracy zostały osiągnięte, a teza udowodniona. Opracowany model i metodyka umożliwiają wiarygodne diagnozowanie i prognozowanie stanu zagrożenia metanowego w procesie wydobywania.

3. Uwagi merytoryczne, ogólne i dyskusyjne do rozprawy doktorskiej

W wyniku recenzji pracy doktorskiej sformułowano kilka uwag merytorycznych oraz takich o charakterze ogólnym.

1. Autor kilkakrotnie pisze w tekście, że predykcja wskaźnika WZM lub też opracowane narzędzie informatyczne wykorzystujące model neuronowo-rozmyty zwiększy wydajność urabiania/wydobywania. Proszę o wyjaśnienie: na czym Doktorant opiera swoją tezę?
2. Czy prostsze modele, np. w oparciu o sztuczne sieci neuronowe byłyby wystarczające do diagnozowania lub/i prognozowania?
3. W streszczeniu Doktorant pisze zazwyczaj o produkcji węgla, produkcji ściany i kopalni jako przedsiębiorstwie produkcyjnym. W mojej ocenie węgiel nie jest produkowany a wydobywany, węgiel w kopalniach się wydobywa i eksploatuje, ponieważ jest to wybieranie złóż zdeponowanych w górotworze. Proponuję wziąć pod uwagę w przyszłości używanie zamiennych sformułowań.
4. We wstępie Doktorant opisuje występujące w tytule zagrożenia naturalne, jednak innym zagrożeniom niż metanowe poświęca jedynie 2 pierwsze akapity. Nie wspomina tu o zagrożeniu wodnym i zapyleniu. Nie nawiązuje do powodów szerokiego opisu zagrożenia metanowego.
5. Str. 15 - 5 i 6 akapit - przy ocenie ilości metanu należy pamiętać, że ilość wprowadzanego powietrza rozrzedzającego metan wpływa na prędkości powietrza, których wartości maksymalne są określone przepisami.
6. Str. 15 - ostatni akapit, pierwszy wiersz: istotne jest stężenie, które wyłącza maszyny a nie ilość metanu.
7. Str. 16 - 3 akapit - autor pisze o ręcznym zbieraniu wartości, jakby nie było dostępnych innych systemów a są różne, automatyczne systemy pomiarowe z pomiarem ciągłym lub innym, o których pisze autor i z których pozyskał dane. Istniejące ręczne systemy pomiaru stężenia metanu nie są przeważające jak sugeruje autor.

8. W opisie zagrożeń, zarówno we wstępie jak i rozdziale drugim, należy również pamiętać, że zagrożenie metanowe jest zagrożeniem skojarzonym, występuje z innymi zagrożeniami a jego wielkość zależy często od innych i skutkuje skumulowanym efektem. Sztukę oceny takich zagrożeń przybliży projekt Miss (EMAG).
9. Str. 96 - 2 akapit - jednosekundowy okres próbkowania dają lepsze możliwości... od czego - autor powinien to uzasadnić, że np. to najkrótszy okres próbkowania w kopalnianych urządzeniach pomiarowych i im krótszy tym lepiej odwzorowany obraz rzeczywistości.
10. Rozdział 7.2.2 - nie wskazano jaki wpływ lub brak wpływu ma słaba lub brak korelacji na budowę modelu. Brak w podsumowaniu jakie jest znaczenie i jakie wykorzystanie danych w przypadku braku i słabej korelacji pomiędzy WZM i wydatkiem metanu.
11. Tab. 7.41 - wyniki są porównywalne, a nie najlepsze dla c-środków dla uczenia, siatkowy dla testowania. Tab.7.44 i 7.45 - błędy nie są aż tak zdecydowanie mniejsze. Nie zgadzam się ze zdaniem autora.
12. Rozdz. 7.4 - należy rozpatrzyć różne poziomy użytkowania, bo inaczej osoba obsługująca może zepsuć prognozy zmieniając nieumyślnie lub umyślnie ustawienia sieci lub inne parametry wejściowe lub konfiguracyjne.
13. Rozdz. 7.5 - nie było praktycznego użytkowania przyjazności systemu, opisano jedynie jego interfejs i możliwości modyfikacji. Doktorant nie określił poziomu przyjazności/ użyteczności tego interfejsu.

Uwagi o charakterze ogólnym

Nieliczne przejęzyczenia i błędy literowe zaznaczono w tekście i przekazano do Doktoranta.

4. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Oceniając, recenzowaną pracę stwierdzam, że zawiera ona interesujące rozważania o charakterze teoretycznym i praktycznym. Doktorant wykazał się dużą wiedzą z zakresu obszarów naukowych objętych tematyką pracy zarówno w zakresie wiedzy dotyczącej zagrożeń górniczych, narzędzi informatycznych, jak i rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji. Prawidłowo przeprowadził proces badawczy i na jego podstawie sformułował zasadne wnioski. Wykazał się zatem umiejętnością samodzielnej identyfikacji i rozwiązania problemu badawczego, formułowania celów naukowych i utylitarnych, krytycznej analizy literatury w zakresie badanej tematyki oraz prawidłowym doбором metod badawczych, wnioskowania i formułowania wniosków.

Przyjęte przez Doktoranta cele i zamierzenia zostały zrealizowane, a założona teza pracy udowodniona. W szczególności dotyczy to celu naukowego pracy, który obejmował opracowanie modelu do diagnozowania i prognozowania zagrożenia metanowego, w procesie produkcji węgla kamiennego z wykorzystaniem struktur neuronowo-rozmytych oraz wyników pomiarów parametrów wentylacyjnych. Cel ten został w pełni osiągnięty. Również cel utylitarny pracy obejmujący opracowanie narzędzia w postaci systemu informatycznego umożliwiającego diagnozowanie i prognozowanie stanu zagrożenia metanowego w rejonie prowadzonej eksploatacji, poprzez praktyczne wdrożenie wiedzy pozyskanej w trakcie realizacji części poznawczej pracy, został w pełni osiągnięty.

Odnosząc się do merytorycznej oceny pracy, należy podkreślić, że główną jej wartością stanowiącą niewątpliwie oryginalne rozwiązanie jest opracowanie modelu neuronowo-rozmytego do diagnozowania i prognozowania stanu zagrożenia metanowego z wykorzystaniem rzeczywistych

danych pomiarowych. Model ten stanowi podstawę opracowanej metodyki badawczej, którą również należy uznać, jako bardzo cenne osiągnięcie naukowe Doktoranta.

Z praktycznego punktu widzenia, implementacja wyników tych badań, do praktyki górniczej w postaci opracowania systemu informatycznego do diagnozowania i prognozowania zagrożenia metanowego stanowi cenne osiągnięcie o charakterze użytecznym.

Należy także podkreślić, że przeprowadzone prace w istotny sposób poszerzają wiedzę w zakresie istoty zagrożenia metanowego, roli i znaczenia diagnozowania i prognozowania tego stanu oraz jego wpływu na bezpieczeństwo i efektywność funkcjonowania kopalń. Zastosowanie do tego celu bardzo zaawansowanych teorii zbiorów rozmytych oraz sztucznych sieci neuronowych stanowi oryginalne i nowe podejście do tej tematyki. Świadczy także o dobrym rozeznaniu przez Doktoranta zarówno aspektów praktycznych (identyfikacja problemu badawczego), jak i teoretycznych (sposób rozwiązania tego problemu) badanego problemu.

Oceniając recenzowaną pracę warto także podkreślić szeroki zakres badań jakie ona objęła. Zakres ten ma charakter interdyscyplinarny, niezwykle obecnie ceniony i konieczny przy rozwiązywaniu tak złożonych problemów badawczych. Rozprawa ta świadczy o dużej wiedzy Doktoranta w zakresie górnictwa podziemnego, miernictwa, informatyki, statystyki, komunikacji, mechaniki oraz inżynierii produkcji i zarządzania.

Bardzo cennym osiągnięciem pracy jest także przeprowadzenie analizy porównawczej uzyskanych wyników z wynikami uzyskiwanymi z innych metod. Świadczy to o doświadczeniu i metodycznym podejściu Doktoranta do pracy naukowej. Wyniki tej analizy wypadły bardzo korzystnie dla opracowanego systemu, również w przypadku zaburzeń w procesie pozyskiwania danych. Analiza takich przypadków świadczy o doświadczeniu praktycznym Doktoranta i o umiejętności przewidywania możliwości zaistnienia takich sytuacji w praktyce.

Pozytywnie oceniam także strukturę pracy, sposób formułowania treści oraz logiczne i metodyczne podejście do jej prezentacji.

Reasumując stwierdzam, że recenzowana praca stanowi samodzielne i oryginalne rozwiązanie przez Doktoranta istotnego problemu naukowego. Podjętą problematykę badawczą należy uznać za ważną i aktualną, a jej wybór za słuszny. Doktorant jednoznacznie udowodnił, że zagrożenie metanowe stanowi ogromny problem w procesie wydobywania, a na obecnym etapie brak jest opracowań naukowych umożliwiających skuteczne diagnozowanie i prognozowanie tego zagrożenia. Tematyka pracy wychodzi zatem naprzeciw naukowym oczekiwaniom branży, stwarzając możliwość poprawy bezpieczeństwa i efektywności działalności górniczej. Doktorant jednoznacznie wykazuje, że opracowane narzędzie będzie mogło wspomagać działania związane z profilaktyką metanową.

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Dariusza Felki pt.: „Zastosowanie modelu neuronowo – rozmytego do diagnozowania i prognozowania wybranego zagrożenia w procesie produkcji górniczej”, podejmuje istotny problem badawczy i jest wartościowym osiągnięciem naukowym, z dużym potencjałem aplikacyjnym.

Z formalnego punktu widzenia praca jest napisana poprawnie. Jej układ nie budzi zastrzeżeń, jasno określono cele dysertacji jej zakres i tezę, która została w pełni udowodniona. Wysoko należy także ocenić umiejętności Doktoranta w zakresie przygotowania pracy naukowej.

5. Konkluzja końcowa

Na podstawie przeprowadzonej recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Dariusza Felki pt.: „Zastosowanie modelu neuronowo – rozmytego do diagnozowania i prognozowania wybranego zagrożenia w procesie produkcji górniczej”, stwierdzam, że:

- a) rozprawa mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych i dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna oraz potwierdza dużą wiedzę teoretyczną i praktyczną Doktoranta w tej dyscyplinie,
- b) rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie przez Doktoranta problemu naukowego,
- c) rozprawa świadczy o dużych umiejętnościach Doktoranta w zakresie samodzielnego prowadzenia prac naukowych,

co stanowi spełnienie wymagań art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r., Nr 65, poz. 595 z późn. zm.) w zw. z art. 179 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. - Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669).

Uwzględniając powyższe, stawiam wniosek o przyjęcie recenzowanej rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Dariusza Felki i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

