



Białystok, 27 lipca 2022 roku

dr hab. inż. Katarzyna HALICKA, prof. PB
Wydział Inżynierii Zarządzania
Politechnika Białostocka

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Michała Pajęckiego

pt. *DIAGNOZOWANIE WYBRANYCH ZAGROŻEŃ BEZPIECZEŃSTWA PRACY*

W PRZEDSIĘBIORSTWACH PRODUKCYJNYCH Z ZASTOSOWANIEM TECHNIK EKSPLORACJI DANYCH

1. Podstawa opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Michała Pajęckiego zatytułowana *Diagnozowanie wybranych zagrożeń bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych z zastosowaniem technik eksploracji danych*. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Marzena NOWAKOWSKA, prof. PŚk, a promotorem pomocniczym dr inż. Sławomir KOCZUBIEJ.

Podstawą przygotowania recenzji jest pismo (nr MAA-510/86/2022) Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej dra hab. inż. Sławomira Błasiaka, prof. PŚk z dnia 15 czerwca 2022 roku w sprawie powołania mnie (zgodnie z Uchwałą Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 26 maja 2022 roku) na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra inż. Michała Pajęckiego nt. *Diagnozowanie wybranych zagrożeń bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych z zastosowaniem technik eksploracji danych*.

2. Charakterystyka ogólna rozprawy

Recenzowana rozprawa mieści się w szeroko rozumianej problematyce bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych. W szczególności obiektem zainteresowania Pana mgra inż. Michała Pajęckiego są przedsiębiorstwa należące do sekcji C działu 16 wg. Polskiej Klasyfikacji Działalności: Produkcja wyrobów z drewna oraz korka, z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania.

Autor podjął w rozprawie aktualny i ważny problem odnoszący się do zbudowania modeli dotyczących wybranych aspektów wypadkowości w przedsiębiorstwach produkcyjnych na poziomie krajowym. Zastosowano jedną z technik eksploracji danych – analizę klas ukrytych LCA. W mojej opinii podjęcie takiej tematyki jest zasadne i użyteczne, zarówno z punktu widzenia



nauki, jak i praktyki przemysłowej.

Uzasadniając wybór problematyki badawczej, Autor wskazał następujące przesłanki wskazujące na celowość podjętych w rozprawie badań (s. 41):

- niewielka liczba badań prowadzonych na podstawie próby obejmującej zdarzenia jednostkowe;
- sporadyczne zastosowanie techniki *data mining* do modelowania wybranych aspektów wypadkowości w odniesieniu do warunków polskich;
- niewielka liczba badań w obszarze analiz wypadków przy pracy w przetwórstwie przemysłowym.

Uwzględniając powyższe, Autor słusznie zauważa potrzebę opracowania modeli, które umożliwią zdiagnozowanie cech mających istotne znaczenie w generowaniu zagrożeń bezpieczeństwa pracy w odniesieniu do sekcji C, Przetwórstwo przemysłowe, działalności gospodarczej według klasyfikacji PKD.

Wykorzystanie utworzonych modeli może przyczynić się do lepszego zrozumienia istoty i przyczyny takich wypadków oraz podjęcia skutecznych kroków prewencyjnych. Uzyskane wyniki mogą posłużyć do wskazania zagrożeń w pewnej grupie przedsiębiorstw produkcyjnych oraz opracowania materiałów dotyczących wybranych zagadnień wypadkowości dla przedsiębiorców i służb BHP.

Biorąc pod uwagę zaproponowaną przez Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk klasyfikację obszarów prac naukowo-badawczych, które mieszczą się w dyscyplinie *inżynieria produkcji*, podjęta w rozprawie problematyka badawcza umiejscowiona została w obszarze *Ergonomia, bezpieczeństwo pracy, kształtowanie środowiska pracy*, a także *Systemy wspomagania decyzji. Zarządzanie wiedzą produkcyjną*¹. Przy czym dyscyplina *inżynieria produkcji* na podstawie Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. oraz Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. wchodzi obecnie w skład dyscypliny naukowej *inżynieria mechaniczna*.

Zaproponowany tytuł opiniowanej rozprawy *Diagnozowanie wybranych zagrożeń bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych z zastosowaniem technik eksploracji danych* odpowiada jego treści i jednoznacznie określa rozważany problem i zakres badań podjętych przez Autora.

¹ Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk, *Istota inżynierii produkcji*, Warszawa listopad 2020, https://kip.pan.pl/images/stories/dokumenty/KIP_PAN_prezentacja_-_istota_IP_2020.11.20a.pdf, [data wejścia: 26.07.2022].



Temat ma cechy dysertabilności, to znaczy jest oryginalny i istotny z punktu widzenia aktualnych trendów badawczych.

3. Struktura pracy

Recenzowana rozprawa liczy 158 stron, z czego 130 stron stanowi tekst zasadniczy. Struktura pracy obejmuje dziewięć rozdziałów zatytułowanych: 1. *Problematyka bezpieczeństwa pracy w Polsce*; 2. *Analiza literatury naukowej przedmiotu*; 3. *Cel i zakres pracy*; 4. *Odkrywanie wiedzy z danych*; 5. *Dane do badań*; 6. *Koncepcja wyboru najlepszego modelu LCA – rozwinięcie metody*; 7. *Identyfikacja wzorców wypadkowych*; 8. *Wykorzystanie modeli LCA w klasyfikacji ofiar wypadków przy pracy*; 9. *Podsumowanie i wnioski końcowe*. Integralnymi elementami pracy są również: *Wykaz wybranych definicji, skrótów i oznaczeń*; *Wprowadzenie*; *Literatura*; *Streszczenie w języku polskim i angielskim*; *Załączniki*; *Spis rysunków*; *Spis tablic*. Recenzowana rozprawa została przygotowana w języku polskim. W mojej opinii Autor niepotrzebnie numerował podsumowanie. Zazwyczaj tego typu rozdziały nie są numerowane.

Struktura recenzowanej rozprawy w większości jest prawidłowa, w sensie logiki i zasadności prezentowanych treści. Dwa pierwsze rozdziały (*Problematyka bezpieczeństwa pracy w Polsce*, *Analiza literatury naukowej przedmiotu*) oraz rozdział czwarty (*Odkrywanie wiedzy z danych*) o charakterze teoretyczno-przeglądowym stanowią, z jednej strony, wprowadzenie do podjętego przez Autora tematu badawczego, z drugiej podstawę do badań własnych Autora, których wyniki zawarto w rozdziale szóstym, siódmym i ósmym. W rozdziale trzecim przedstawiono cel i zakres pracy, a w rozdziale piątym szczegółowo omówiono dane wzięte do analizy. Moje zastrzeżenie budzi nierównomierne rozłożenie treści w poszczególnych rozdziałach oraz podrozdziałach. Przykładowo, rozdział pierwszy obejmuje 20 stron, a rozdziały trzeci oraz ósmy – zaledwie 3 strony. Przy czym w rozdziale ósmym tekst właściwy to około ½ strony, pozostałe 2 strony to tabele dotyczące charakterystyki poszczególnych pracowników. Uważam, że treści z rozdziału szóstego, siódmego oraz ósmego mogły być przedstawione w jednym rozdziale.

Literatura przedmiotu liczy 100 pozycji. Autor odwołuje się zarówno do dorobku polskiej, jak i zagranicznej literatury przedmiotu.

4. Problem badawczy, cele i hipotezy badawcze oraz ich oryginalność

Autor zidentyfikował następujące luki badawcze (s. 41):



- „liczba badań prowadzonych na podstawie próby obejmującej zdarzenia jednostkowe jest niewielka; większość prac (szczególnie krajowych) dotyczy analiz pojedynczych przypadków lub wykorzystuje dane zagregowane,
- techniki data mining do modelowania wybranych aspektów wypadkowości w odniesieniu do warunków polskich są wykorzystywane stosunkowo rzadko,
- w obszarze analiz wypadków przy pracy, skupienie badaczy jest skierowane z reguły na inne obszary działalności gospodarczej niż przetwórstwo przemysłowe (np. budownictwo, przemysł wydobywczy).”

Autor formułując luki badawcze używa nieprecyzyjnych sformułowań typu „liczba badań (...) jest **niewielka**”; „(...) **większość prac** (szczególnie krajowych) dotyczy (...)”; „techniki data mining (...) są wykorzystywane **stosunkowo rzadko**”. Stosowanie takich zwrotów powoduje, że luki badawcze nie są jednoznaczne i tak naprawdę nie wiadomo czy jest to luka, czy też nie.

W mojej opinii bardzo ważną luką, której Autor nie wskazał bezpośrednio, ale wynika ona z dalszej lektury pracy jest: brak modeli umożliwiających diagnozę wybranych zagrożeń bezpieczeństwa pracy.

Niestety Autor nie sformułował problemów, czy też pytań badawczych.

Sformułował jeden cel główny w postaci (s. 42): „Identyfikacja wzorców wypadków przy pracy (tj. wzorców wypadkowych) w przedsiębiorstwach produkcyjnych na podstawie cech charakteryzujących poszkodowanych przy wykorzystaniu zasobów danych o wypadkach zaistniałych w przeszłości i technik data mining.” Podał również sześć następujących zadań (można traktować je jako cele szczegółowe) umożliwiających osiągnięcie celu głównego (s. 42):

- „pozyskanie jednostkowych, zanonimizowanych danych dotyczących poszkodowanych w wypadkach przy pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych,
- wstępna eksploracja, przygotowanie danych i wybór zmiennych do analiz,
- wykorzystanie wybranej techniki data mining – analizy klas ukrytych LCA – do budowy modeli w celu identyfikacji wzorców definiujących zagrożenia bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych,
- ranking cech według ich znaczenia w identyfikacji wzorców,
- charakterystyka i porównanie wzorców wypadkowych,
- wykorzystanie zbudowanych modeli do klasyfikacji ofiar wypadków przy pracy.”

Uważam, że cel główny został sformułowany jasno i prawidłowo.



Autor w pracy sformułował jedną hipotezę badawczą w postaci (s. 42): „Wykorzystując cechy charakteryzujące poszkodowanych w wypadkach przy pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych można zbudować modele służące do diagnozy wybranych zagrożeń bezpieczeństwa pracy.” W moim odczuciu została ona sformułowana „na siłę”. Jest to raczej oczywiste, że na podstawie pewnych cech można zbudować pewne modele. Zdecydowanie korzystniej byłoby aby ta teza nie została podana.

Na podkreślenie zasługuje graficzne przedstawienie na rysunku 13 koncepcji prowadzenia badań (s. 41). Jednak uważam, że koncepcja ta powinna być bardziej szczegółowo opisana w dalszej części rozdziału.

W mojej opinii Autor nie sprecyzował klarownie metodyki prac nad doktoratem (na przykład w postaci schematu, czy też tabeli). W mojej opinii, należałoby początkowo sformułować pytania badawcze, a następnie zadania badawcze umożliwiające odpowiedź na postawione pytania oraz osiągnięcie założonych celów. Czy też przyporządkować celom pracy konkretne metody i narzędzia badawcze oraz powiązać cele pracy z poszczególnymi częściami pracy zaznaczając jednoznacznie, które cele odnoszą się do części teoriopoznawczej, a które do badawczej.

5. Ocena merytoryczna rozprawy

Ocenę merytoryczną rozprawy dokonałam analizując zakres merytoryczny treści poszczególnych rozdziałów pracy. Zachowuję numerację podaną przez Autora.

Rozdział pierwszy dotyczy problematyki bezpieczeństwa pracy w Polsce. Autor początkowo wymienił sekcje Polskiej Klasyfikacji Działalności, wskazał wypadkowość w poszczególnych sekcjach i prawidłowo uzasadnił dlaczego w dalszej części swoich badań skoncentrował się tylko na dziale 16 (Produkcja wyrobów z drewna oraz korka, z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania) sekcji C PKD. Przedstawił również zagadnienia związane z wypadkami przy pracy wynikające z przepisów prawnych, obowiązki pracodawcy w zakresie przepisów BHP oraz wybrane aspekty istoty badań zjawiska wypadkowości. Wskazał źródła danych o wypadkach przy pracy, a także omówił dostęp danych dla potrzeb badań naukowych oraz statystyczną kartę wypadu. Ważnym elementem tego rozdziału jest przejrzyste i szczegółowe uzasadnienie wyboru działu 16 sekcji C do dalszych badań. Mankamentem tego rozdziału jest pobieżne, często popularnonaukowe a nie naukowe opisanie pewnych zagadnień, takich jak np. dostęp danych dla potrzeb badań naukowych.

W **rozdziale drugim** (obejmującym 5 stron) Autor przedstawia przegląd literatury naukowej przedmiotu z podziałem na krajową oraz światową. Autor skoncentrował się przede wszystkim na



publikacjach z zakresu zagrożeń bezpieczeństwa pracy, w których to autorzy wykorzystywali techniki eksploracji danych oraz jednostkowe zbiory danych niezagregowanych. W mojej opinii analiza bibliometryczna została wykonana zbyt pobieżnie – jak na pracę naukową. Przykładowo Autor mógł przedstawić na wykresie liczbę publikacji z tego zakresu, z dostępnych baz danych. Mógł również przygotować mapę bibliometryczną, dokonać oceny współwystępowania słów i ich współklasyfikacji w publikacjach wykorzystując dostępne narzędzia takie jak VOSviewer.

Rozdział trzeci dysertacji dotyczy celu i zakresy pracy. Autor sformułował cel główny rozprawy oraz zadania cząstkowe. Uzasadnił również ulokowanie tematu pracy w obszarze *inżynieria produkcji*, która na podstawie Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.² oraz Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r.³ oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r.⁴, wchodzi obecnie w skład dyscypliny naukowej *inżynieria mechaniczna*.

Rozdział czwarty rozprawy dotyczy analizy danych i *data mining*. Autor początkowo wyjaśnia pojęcie eksploracji danych. Przedstawia również proces odkrywania wiedzy w danych, w których eksploracja danych stanowi jeden z ważnych etapów. Wymienia również najczęściej wykorzystane metody eksploracji danych, opisuje także bardziej szczegółowo jedną (jednak nie uzasadnia dlaczego ta metoda została wybrana) z metod eksploracji danych – metodę analizy klas ukrytych LCA.

Rozdział piąty rozprawy dotyczy procesu eksploracji i przygotowania danych do badań, są to dane pozyskane od Głównego Urzędu Statystycznego i dotyczą pracowników poszkodowanych w wypadkach przy pracy w latach 2008-2017 na terenie całej Polski. Do budowy modeli wybrał dane o pracownikach związanych bezpośrednio z procesem produkcji w przedsiębiorstwach działu 16 Produkcja wyrobów z drewna oraz korka, z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania sekcji C Przetwórstwo przemysłowe. Autor poprawnie wykonał testy statystyczne implikujące potrzebę niezależnych analiz dla dwóch podzbiorów danych obejmujących przedsiębiorstwa mikro i małe (zatrudniające do 49 osób – wk1) oraz średnie i duże (zatrudniające 50 osób lub więcej – wk2). W mojej opinii rozdział ten został dobrze napisany i wyczerpuje zagadanie z tego zakresu.

W rozdziale szóstym, obejmującym 5 stron dysertacji, Autor zaprezentował koncepcję wyboru

² Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U. 2018 poz. 1668.

³ Ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U. 2018 poz. 1669.

⁴ Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych.



najlepszego modelu LCA do definicji wzorców dla wejściowego zbioru danych. Autor przedstawił autorski algorytm selekcji zmiennych obserwowanych do budowy modelu LCA. Zaprezentował również opracowany wskaźnik zdolności dyskryminacyjnej AR dla zmiennych obserwowalnych i jego wykorzystanie w propozycji sposobu wyboru zmiennych do budowy modelu. Podał także dyskusji proces doboru liczby klas ukrytych w modelu LCA. Treści zaprezentowane w tym rozdziale oceniam bardzo wysoko. Na podkreślenie zasługuje autorski algorytm selekcji zmiennych obserwowalnych do budowy modelu LCA (s. 85).

W **rozdziale siódmym** Autor przedstawił proces budowy modeli LCA i identyfikacji wzorców wypadkowych, niezależnie dla obu rozpatrywanych grup przedsiębiorstw (wk1 – przedsiębiorstwa mikro i małe; wk2 – przedsiębiorstwa średnie i duże). Wartościowym elementem tego rozdziału są mapy cieplne wzorców wypadków przy pracy dla wk1 i wk2.

W **rozdziale ósmym**, obejmującym 4 strony, Autor przedstawił możliwość wykorzystania zbudowanych modeli LCA do przypisania ofiary wypadku przy pracy do określonej klasy ukrytej na podstawie cech charakteryzujących tę ofiarę. Ponadto Autor utworzył i zaprezentował przykładowe sylwetki poszkodowanych pracowników dla obu rozważanych grup przedsiębiorstw (wk1 – przedsiębiorstwa mikro i małe; wk2 – przedsiębiorstwa średnie i duże). W mojej opinii rozdział szósty, siódmy oraz ósmy można połączyć w jeden.

W **rozdziale dziewiątym** Autor przedstawił wnioski z badań, wkład własny oraz ograniczenia. W tej części pracy sformułował także pewne zalecenia w zakresie bezpieczeństwa pracy dla pracodawców i służb BHP. Na podkreślenie zasługuje sposób w jaki Autor przedstawił wzorce zdarzeń wypadkowych (rysunek 28, s. 125). Ważnym elementem rozdziału są też przedstawione kierunki dalszych działań naukowych.

Dobrą praktyką przy pisaniu rozpraw doktorskich jest bezpośrednio odniesienie się w końcowej części pracy (zakończenie, podsumowanie) do postawionych pytań, przyjętych celów i hipotez badawczych, z jednoczesnym stwierdzeniem ich stopnia osiągnięcia, weryfikacji lub confirmacji. Takich informacji zabrakło w recenzowanej pracy.

Pewne zagadnienia poruszane w rozprawie wymagają uszczegółowienia, dlatego też proszę **aby podczas publicznej obrony Autor odniósł się do następujących kwestii:**

- (1) Jakimi były przesłanki wybrania przez Pana metody analizy klas ukrytych LCA?
- (2) Jakimi jeszcze inne metody, oprócz metody analiz klas ukrytych LCA, można byłoby wykorzystać do budowy wzorców wypadkowych oraz modeli umożliwiających diagnozę wybranych zagrożeń bezpieczeństwa pracy? Jakimi są ograniczenia tej metody w kontekście



tematyki pracy?

- (3) Czy Pana zdaniem zaproponowane wzorce zdarzeń wypadkowych (s. 125) można uogólnić? Jeśli tak, to w jaki sposób?
- (4) Czy zaproponowane modele oraz wzorce zdarzeń wypadkowych są również prawdziwe dla przedsiębiorstw produkcyjnych z innych działów sektora C, a może też innych sektorów niż sektor C według PKD?

6. Ocena rozprawy pod względem techniczno-redakcyjnym

Pod względem techniczno-redakcyjnym praca została napisana poprawnie, estetycznie i logicznie. Zauważone przeze mnie błędy o charakterze językowym są jednostkowe.

W pracy występuje wiele rysunków i tablic, ale są one przedstawione w bardzo czytelny sposób. Autor odnosi się też bezpośrednio w tekście rozprawy do wszystkich tablic i rysunków. Do każdego rysunku i tablicy odwołuje się bezpośrednio w tekście, na przykład poprzez sformułowania typu: „na rysunku X.Y przedstawiono”, „w tabeli X.Y zestawiono...” lub poprzez podanie numeru rysunku czy numeru tablicy na końcu zdania.

7. Wniosek końcowy

Mimo wskazanych niedociągnięć rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim, jest poprawna pod względem formalnym i merytorycznym. Za najistotniejsze walory poznawcze recenzowanej pracy należy uznać:

- ważność podjętej tematyki badawczej;
- własne badania, których celem było opracowanie wzorców wypadków przy pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych na podstawie cech charakteryzujących poszkodowanych przy wykorzystaniu zasobów danych o wypadkach zaistniałych w przeszłości i technik *data mining*;
- opracowanie wskaźnika zdolności dyskryminacyjnej AR dla zmiennych obserwowalnych modelu LCA;
- autorski algorytm selekcji zmiennych obserwowalnych do budowy modelu;
- zbudowanie modeli umożliwiających diagnozę wybranych zagrożeń bezpieczeństwa pracy;
- wyodrębnienie wzorców zagrożeń bezpieczeństwa pracy i sformułowanie zaleceń



dla pracodawców i służb BHP.

Autor rozprawy podjął się rozwiązania oryginalnego problemu naukowego, dotychczas nierozpoznanego w literaturze przedmiotu.

Recenzowana rozprawa Pana mgra inż. Michała Pajęckiego spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w zakresie wykazania się przez Kandydata ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej *inżynieria mechaniczna* oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W rozprawie samodzielnie rozwiązano oryginalny problem naukowy.

Uwzględniając fakt, że Pan mgr inż. Michał Pajęcki podjął się aktualnej i ważnej problematyki naukowej oraz osiągnął sformułowane w pracy cele naukowe, wnoszę o dopuszczenie Pana mgra inż. Michała Pajęckiego do kolejnych etapów postępowania o nadanie stopnia naukowego w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*.

Biorąc pod uwagę merytoryczną ocenę pracy doktorskiej Pana mgra inż. Michała Pajęckiego pt. *Diagnozowanie wybranych zagrożeń bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych z zastosowaniem technik eksploracji danych* stwierdzam, że pomimo kilku kwestii dyskusyjnych, spełnia ona wymagania stawiane pracom doktorskim i wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej o dopuszczenie mgra inż. Michała Pajęckiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Katarzyna Halicka

dr hab. inż. Katarzyna Halicka, prof. PB