

Warszawa, 13.05.2019

Prof. dr hab. inż. Marcin Perzyk
Wydział Inżynierii Produkcji
Politechnika Warszawska
Narbutta 85, 02-524 Warszawa
Tel.: 509093935
E-mail: mperzyk@wip.pw.edu.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. **Kamila Schmalenberga**

p.t. „Wieloetapowa optymalizacja zestawiania wsadu do pieców odlewniczych z zastosowaniem materiałów wsadowych o zróżnicowanej kawałkowatości”

1. Ocena tematyki i zawartości rozprawy

Recenzowana praca doktorska poświęcona jest ważnemu zagadnieniu sterowania procesami przemysłowymi, którego jakość w wielu przypadkach decyduje o jakości wyrobów oraz ekonomice ich wytwarzania. O ile zagadnienia sterowania różnego typu obiektami są przedmiotem ogromnej liczby prac o charakterze zarówno naukowym jak i technicznym, to zagadnieniom sterowania procesami wytwarzania poświęcono mniej uwagi. Wiele z nich podlega istotnym wahaniom wartości zmiennych wejściowych do procesu i warunków zewnętrznych, często trudnych do przewidzenia i wobec tego traktowanych jako jego zakłócenia. Opiniowana rozprawa zajmuje się sterowaniem takimi właśnie procesami, którymi niewątpliwie są odlewnicze procesy wytopu stopów metali. Z uwagi na duże jej znaczenie praktyczne, wynikające ze znacznej kosztocłonności procesu i wymagań odnośnie wyniku końcowego w postaci stopu o składzie chemicznym mieszczącym się w stosunkowo wąskich przedziałach, temat rozprawy należy uznać za niewątpliwie bardzo ważny. Stanowi ona znaczącą kontynuację wieloletnich badań prowadzonych pod kierunkiem promotora rozprawy, które pozwoliły mu na zajęcie uznanej pozycji naukowej w zakresie sterowania procesami odlewniczymi. Opiniowana praca doktorska prezentuje kompleksowe rozwiązanie problemu naukowego, jakim jest optymalizacja zestawiania składu wsadu do przemysłowego wytopu dowolnych stopów odlewniczych, uwzględniająca jakość stopu

(požadany skład chemiczny) oraz koszty materiałów wsadowych. Postawione przez Autora zadanie należy uznać za trudne, bardzo złożone, co wynika z naturalnych warunków i ograniczeń procesu produkcyjnego.

3. Najważniejsze zalety i osiągnięcia pracy

Praca doktorska pana mgr inż. Kamila Schmalenberga stanowi moim zdaniem znaczące osiągnięcie naukowe i posiada szereg bardzo cennych cech, z których najważniejsze wymieniono poniżej.

- Kompleksowość i dogłębność potraktowania problemu. W szczególności należy tu podkreślić dobre rozeznanie literaturowe przedmiotu rozprawy oraz wyjątkową wręcz wnikliwość, logiczność i konsekwencję prowadzonych analiz.
- Bardzo dobrze uzasadniony, zaprojektowany i zaprezentowany algorytm wieloetapowej, adaptacyjnej optymalizacji zestawiania wsadu, uwzględniający m.in. opracowany przez Autora wskaźnik kolejności ważenia.
- Idea optymalizacji z uwzględnieniem m.in. odchyłek i błędów ważenia lub dozowania materiałów wsadowych, z zastosowaniem podejścia opartego na rozmytej regresji liniowej. Jest to stosunkowo proste, ale bardzo dobre podejście, umożliwiające zastosowanie metod optymalizacji liniowej (sympleksów).
- Uniwersalność zaproponowanego sposobu rozwiązania problemu, skutkująca szerokim zakresem stosowania opracowanego algorytmu, w praktyce dla wszystkich stopów. Można także sądzić, że pewne idee zastosowane przy tworzeniu tego algorytmu mogą być wykorzystane przy optymalizacji zupełnie innych procesów, w których musimy sobie radzić z wieloma niepewnościami wynikającymi z bardzo różnych przyczyn.
- Bardzo szczegółowa, wielostronna i precyzyjnie opisana weryfikacja działania algorytmu oparta na jego zastosowaniu do kilku przykładowych wytopów prowadzących do wytworzenia dwóch gatunków żeliwa.
- Jednoznaczne udowodnienie postawionych tez rozprawy oraz jasne i precyzyjne przedstawienie wynikających z niej wniosków

- Klarowny i logiczny układ pracy, będący rezultatem poprawnego i wnikliwego sposobu rozumowania Autora, a także poprawny język i dobrze odbierany przez czytającego styl oraz staranne przygotowanie edytorskie drukowanej wersji pracy.

3. Krytyczna ocena rozprawy

Lektura pracy ujawnia zdaniem recenzenta kilka jej usterek oraz nasuwa pewne uwagi dyskusyjne, wymienione i omówione poniżej.

1. W zakresie prezentacji stanu wiedzy brak jest merytorycznego (a nawet formalnego) odniesienia się do podstawowej pracy dotyczącej wieloetapowego sterowania rozmytego autorstwa J Kacprzyka „Wieloetapowe sterowanie rozmyte” (w opiniowanej rozprawie poz. literaturowa [18]).
2. Rozdział 2.5. *Podsumowanie analizy literatury dotyczącej tematyki rozprawy* zawiera inną treść, niż sugeruje to jego tytuł, a mianowicie omówienie zagadnienia pomiarów składu chemicznego materiałów wsadowych.
3. O ile sama idea i zastosowanie liniowej regresji rozmytej jest w godne pochwały, to jednak recenzentowi trudno zgodzić się z niektórymi argumentami podnoszonymi w tym zakresie przez Autora. Uzyskał on zaskakujący, także dla niego samego wynik mówiący, że dopasowanie prostej regresji przy założeniu braku wyrazu wolnego (przecięcie w początku układu współrzędnych) dało mniejsze wartości R^2 , niż z jego uwzględnieniem. Przypisuje on to faktowi występowania kilku wartości zmiennej zależnej dla tej samej wartości zmiennej niezależnej. Zdaniem recenzenta wyliczone przez Autora wartości dla przypadku braku wyrazu wolnego są nieprawidłowe, zaś sytuacja, w której występuje kilka wartości pomiarów dla jednego przypadku nie ma, ogólnie rzecz biorąc, wpływu na poprawność obliczeń współczynników regresji liniowej.
4. Przy wyznaczaniu wartości granicznych b_1 i b_2 regresji rozmytej wykorzystano pojedyncze skrajne punkty pomiarowe, natomiast nie rozważono przyjęcia wartości opartych na jakiejś statystycznej mierze rozrzutu punktów (np. uśrednionym, szerokim przedziale ufności, czy po prostu kilkusiłmowej odległości od linii średniej wyznaczonej dla wszystkich punktów pomiarowych). Wydaje się, że podejście oparte na założonym statystycznym prawdopodobieństwie znalezienia się wewnątrz linii granicznych mogłoby być bardziej ogólne i zarazem wiarygodne, jako mniej wrażliwe na przypadkowe wyniki

pomiarów, zwłaszcza w przypadku ograniczonej ich dostępnej liczby, jak to ma miejsce w przypadku badań zamieszczonych w rozprawie.

5. W rozprawie zabrakło krytycznej oceny własnych rezultatów, np. wskazania ich ograniczeń, a także kierunków i możliwości ewentualnych udoskonaleń opracowanego algorytmu.

Należy podkreślić, że wymienione powyżej uwagi krytyczne mają w znacznej mierze charakter dyskusyjny, zaś recenzent ma nadzieję, że mogą stanowić inspirację dla dalszej działalności naukowej i zawodowej Autora.

4. Podsumowanie recenzji i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa stanowi niewątpliwie oryginalne rozwiązanie problemu naukowego wynikającego z rzeczywistych procesów przemysłowych. Praca charakteryzuje się znaczną zawartością intelektualną połączoną ze zmysłem praktycyzmu. Sposób, w jaki Autor poradził sobie z problemem optymalizacji w warunkach znacznej niepewności i zmienności szeroko rozumianych parametrów procesu, obejmujących postać i własności materiałów, obarczone różnego typu błędami wyniki pomiarów oraz zróżnicowane pożądane wyniki procesu, należy uznać za imponujący. W kontekście innych znanych mi prac ze zbliżonych obszarów badawczych jej poziom uważam za wyróżniający się.

Biorąc powyższe pod uwagę, jak również fakt, iż doktorant wykazał należytą wiedzę teoretyczną z zakresu reprezentowanej przez siebie dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia prac badawczych uważam, że rozprawa doktorska pana mgr inż. Kamila Schmalenberga bezdyskusyjnie spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami. Wnioskuje zatem o przyjęcie rozprawy oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony.