

KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ I MODELOWANIA

Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA
STASZICA W KRAKOWIE**

Dr hab. inż. Łukasz Rauch, prof. AGH

Kraków, 2022.09.13

Recenzja

pracy doktorskiej mgr inż. Piotra Cieplińskiego pt. "Metoda harmonogramowania produkcji małoseryjnej z uwzględnieniem zmiennych warunków realizacji operacji technologicznych". Zlecenie na opracowanie recenzji otrzymałem od Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Śląskiej otrzymując umowę o dzieło nr UMC/2280/2022 z dnia 20.07.2022. Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską mgr inż. Piotra Cieplińskiego przedstawiam poniższą opinię.

1. PRZEDMIOT OCENY I WSTĘPNE KOMENTARZE

Przedmiotem oceny jest praca doktorska składająca się z wprowadzenia, dziesięciu rozdziałów zasadniczych oraz podsumowania z wnioskami i spisu literatury. Spis literatury obejmuje 253 pozycje. Należy zauważyć, iż spis literatury jest bardzo obszerny, natomiast zawarto w nim ważne publikacje związane z tematyką rozprawy, które w przeważającej większości opublikowane zostały w ciągu ostatnich dwóch dekadach. Pracę uzupełniają streszczenia w języku polskim i angielskim. Spośród dziesięciu rozdziałów zasadniczych następujące można uznać za merytorycznie ważne:

- W rozdziale drugim przedstawione zostały systemy informatyczne wykorzystywane do zarządzania przedsiębiorstwem pod kątem różnych aspektów – w rozdziale tym można znaleźć zarówno systemy bardzo ogólne jak oprogramowanie klasy ERP, służące do kompleksowego zarządzania przedsiębiorstwem, jak również systemy dedykowane do specyficznych zadań jak np.: CAD, CAM, SCM, CRM, CMMS i ASP. Większość tych systemów ciężko jednak zaklasyfikować do grupy systemów wspomagających zarządzanie produkcją, jak wskazuje Autor, ponieważ są to systemy np.: do planowania kontaktów z klientem, projektowanie produkowanych elementów, czy też zarządzanie

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie | Wydział inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej | Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania**

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

tel. +48 12 617 38 75, fax +48 12 617 28 89

e-mail: isim@agh.edu.pl, www.isim.agh.edu.pl



KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ I MODELOWANIA

Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA
STASZICA W KRAKOWIE**

magazynem. Szczególną uwagę z racji tematyki pracy Autor poświęca systemom klasy APS (ang. *Advanced Planning and Scheduling*, skrót ten podobnie jak ERP powinien być rozwinięty dużo wcześniej – podczas pierwszego użycia skrót w tekście, a ma to miejsce w rozdziale wprowadzającym). Autor przedstawia za i przeciw wykorzystania systemów tej klasy dyskutując jednocześnie o ich możliwościach. Rozeznanie w tematyce dostępnych rozwiązań praktycznych jest cenną wiedzą, jednakże w rozdziale brakuje takiego podsumowania, które pokazałoby, jaki jest wkład tego przeglądu w treść niniejszej rozprawy. Najcenniejszym wkładem byłoby wskazanie JAK systemy opisane przez Autora wspomagają harmonogramowanie produkcji (tematyka pracy), jakie używają algorytmy – część tej wiedzy nie jest dostępna zwykle publicznie, niemniej jednak to, co jest, nie zostało opisane. W szczególności Autor powinien zwrócić uwagę na systemy wspomagające produkcje małoseryjne, ponieważ takie również istnieją, aczkolwiek nie znam systemów umożliwiających takie wspomaganie z uwzględnieniem zmiennych warunków realizacji operacji technologicznych. W tym miejscu upatruję wkładu własnego Autora, który powinien to mocniej zasygnalizować właśnie w tym rozdziale.

- Rozdział trzeci poświęcony został metodologii (a w zasadzie metodyce) pozyskiwania wiedzy w procesie produkcyjnym – w pierwszym z podrozdziałów Autor zwraca uwagę na wiedzę ekspercką, z czym na pewno należy się zgodzić. Natomiast w rozdziale 3.2 wymienia najczęściej wykorzystywane inne technologie (a w zasadzie techniki) gromadzenia danych w procesach produkcyjnych. Autor poświęca również uwagę automatyzacji pobierania danych procesowych; w mojej opinii słusznie, niemniej szkoda, że nie wspomina o problematyce danych typu Big Data (BD) oraz problematyce związanej z klasyfikacją danych BD (jak np.: podejście 4V lub 7V), z gromadzeniem tych danych oraz ich przetwarzaniem. Aspekty te mają znaczący wpływ na możliwość planowania produkcji ze względu na niską wydajność przetwarzania trudnych danych pomiarowych takich jak np.: multimedia, o których m.in. wspomina Autor w swojej rozprawie. Rozdział 3.3 to rozdział poświęcony eksploracji danych. Doktorant przedstawia tu bardzo szeroki przegląd literatury, który jednocześnie sprawia wrażenie bardzo chaotycznego – (i) często zdania są ogólnikami jak np.: „przyjmuje się, iż w przyszłości przełomem w zbieraniu danych ...”, przy czym nie wiadomo, o jaką przyszłość chodzi i skąd Autor wziął te informacje; (ii) przy jednym zdaniu/stwierdzeniu Doktorant potrafi zacytować aż cztery publikacje np.: [56, 89, 94-95], przez co zupełnie nie wiadomo, co wnoszą te pozycje literaturowe do niniejszej rozprawy (w mojej opinii

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie | Wydział inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej | Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania**

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

tel. +48 12 617 38 75, fax +48 12 617 28 89

e-mail: isim@agh.edu.pl, www.isim.agh.edu.pl



KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ I MODELOWANIA

Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej

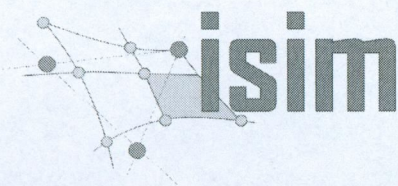
**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA
STASZICA W KRAKOWIE**

znacznie lepszy efekt byłby osiągnięty, gdyby Autor przeanalizował mniej pozycji literaturowych, ale zrobił to dogłębnie wskazując, co cytowany artykuł wnosi do pracy i gdzie upatrywać można swój wkład własny). W tym rozdziale również bardzo brakuje podsumowania, które wskazałoby, po co cały ten przegląd – moim zdaniem rozdział ten byłby kluczowy, gdyby osiągnięcie pracy weryfikowane było na danych pochodzących z funkcjonującego przedsiębiorstwa, a nie na przykładzie wirtualnej firmy.

- W czwartym rozdziale opisany został problem harmonogramowania oraz algorytmy dedykowane do rozwiązywania tego problemu. Rozdział jest bardzo poprawnie skonstruowany, a przedstawione w nim sposoby klasyfikacji problemów harmonogramowania, szacowanie czasu trwania operacji oraz metody rozwiązywania problemów są wskazane trafnie. Ostatni podrozdział (4.3) omawia różne metody, w tym również optymalizacyjne. Opisane algorytmy są z grupy najpopularniejszych, jednak warto zwrócić byłoby jeszcze uwagę na algorytmy hybrydowe będące połączeniem algorytmów deterministycznych oraz inspirowanych naturą; zwykle to właśnie te rozwiązania osiągają najlepsze wyniki w przypadku harmonogramowania zadań.
- Piąty rozdział identyfikuje czynniki mające wpływ na harmonogramowanie produkcji – Doktorant wskazuje tu czynniki związane z: (i) pracownikami, w tym wpływ czasu pracy, doświadczenia i wydajności, (ii) maszynami i narzędziami oraz (iii) ułożeniem operacji.
- Rozdział szósty obejmuje opis procesów przemysłowych, które Autor wybrał jako reprezentatywne do dalszej analizy. We wprowadzeniu do rozdziału można przeczytać, że wybrane zostały „typowe operacje produkcyjne”, dla których wpływ czynników związanych z pracownikami i maszynami jest kluczowy. Autor pomija jednak trzeci z czynników, który wcześniej wskazał jako istotny, czyli „ułożenie operacji”. Wybór Autora padł na procesy spawania, obróbki ubytkowej jak i ręcznego montażu. Zróżnicowanie wybranych procesów wpływa korzystnie na ocenę pracy, niemniej czytelnik może się zastanawiać, skąd taki dobór? Z jednej strony bardzo precyzyjnie wskazane procesy spawania, z drugiej zaś strony w grupie procesów montażu ręcznego można wskazać bardzo dużo podprocesów. Ponadto, wybór procesów powinien stanowić podstawę dalszej analizy oraz studium przypadków, które wykorzystane byłoby do udowodnienia, że opracowane przez Autora podejście jest poprawne i wartościowe. Ciężko jednak doszukiwać się dalej efektów takiego wyboru procesów, co powoduje, iż rozdział sprawia wrażenie „odklejonego” od głównego nurtu pracy.
- Rozdział siódmy poświęcony został koncepcji wirtualnego przedsiębiorstwa. Jak na dość

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie | Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej | Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania**

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
tel. +48 12 617 38 75, fax +48 12 617 28 89
e-mail: isim@agh.edu.pl, www.isim.agh.edu.pl



KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ I MODELOWANIA

Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA
STASZICA W KRAKOWIE**

ważny rozdział pracy, jest on stosunkowo krótki i opisany pobieżnie. Również i w tym rozdziale brakuje mocnego powiązania z nurtem pracy. W mojej opinii dobrze byłoby pokazać, jak wykorzystana zostanie koncepcja wirtualnego przedsiębiorstwa na potrzeby pracy. Z pewnością precyzyjniejszy dobór procesów w poprzedzającym rozdziale byłby pomocny w przygotowaniu podstaw koncepcji wirtualnego przedsiębiorstwa.

- Rozdziały 8 i 9 zawierają opis tezy i celów pracy oraz zakresu badawczego.
- W rozdziale dziesiątym poruszony został temat przyjętej metodyki badawczej. W rozdziale znaleźć można informacje o sposobie ankietyzacji badanych przedsiębiorstw, zaprojektowanej przez Autora strukturze danych oraz metodzie harmonogramowania produkcji, w tym również o przyjętym algorytmie optymalizacji.
- Rozdział jedenasty to badania własne Doktoranta – jest to rozdział najbardziej rozbudowany, obejmujący przeszło pięćdziesięciostronicowy opis wykonanych analiz uwarunkowań i procesów technologicznych. Rozdział zawiera również wyniki zastosowania zaproponowanego algorytmu.
- Rozdział dwunasty to podsumowanie i wnioski.

Łączna objętość tekstu pracy wraz ze spisem literatury wynosi 185 stron.

2. OCENA PRACY

Praca porusza tematykę trudną i jednocześnie bardzo aktualną. Trudność wynika przede wszystkim z faktu, iż harmonogramowanie zadań produkcyjnych, których liczebność serii jest niska, jest sama w sobie problemem obliczeniowym o wysokim stopniu złożoności. W niniejszej pracy został on dodatkowo skomplikowany poprzez zastosowanie zmiennych warunków realizacji operacji technologicznych. Jest to zatem problem, z którym w rzeczywistości boryka się większość przedsiębiorstw produkcyjnych stosując najczęściej rozwiązania quasi optymalne. Autor podjął się opracowania podejścia, które na pewno nie jest remedium na wszystkie problemy przedsiębiorstw związane z planowaniem i harmonogramowaniem produkcji, ale pozwala wykonać analizę i optymalizację funkcjonowania firmy biorąc pod uwagę aspekty ludzkie oraz maszynowe.

Tytuł pracy „Metoda harmonogramowania produkcji małoseryjnej z uwzględnieniem zmiennych warunków realizacji operacji technologicznych” jest precyzyjny – czytelnik domyśla się, co będzie przedmiotem badań i jaki będzie efekt docelowy.

Postawiona w pracy teza „Uwzględnienie w metodzie harmonogramowania i planowania

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie | Wydział inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej | Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania**

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

tel. +48 12 617 38 75, fax +48 12 617 28 89

e-mail: isim@agh.edu.pl, www.isim.agh.edu.pl



KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ I MODELOWANIA

Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA
STASZICA W KRAKOWIE**

produkcji wpływu doboru zasobów produkcyjnych na czas realizacji oraz zużycie materiałów i energii poszczególnych operacji technologicznych pozwala na polepszenie jakości uzyskiwanego harmonogramu rozumiane jako zwiększenie wydajności i obniżenie kosztu produkcji” na pierwszy rzut oka wydaje się trywialna, jednak jest stwierdzeniem niekoniecznie oczywistym, ponieważ wprowadzenie czynników uszczegółwiających obraz przedsiębiorstwa w algorytmach numerycznych może oczywiście poprawić wydajność produkcji, niemniej niekoniecznie musi doprowadzić do obniżenia kosztów, gdyż są to bardzo często kryteria przeciwstawne w procedurze optymalizacji z rozwiązaniem w sensie Pareto. Zarówno teza jak i cele pracy oraz zakres wykonanych zadań przedstawione w rozdziale 8 i 9 oceniam jako poprawnie sformułowane, niemniej patrząc na przeprowadzoną w pracy analizę i otrzymane wyniki mam wątpliwości w odniesieniu do spójnika „i” pomiędzy dwoma wymienionymi w tezie pracy kryteriami optymalizacji.

Układ rozdziałów utrzymany jest w klasycznej konwencji – najpierw przedstawiony jest stan literaturowy, czyli część analityczna, a następnie część syntetyczna zawierająca badania przeprowadzone przez Doktoranta oraz ich wyniki. Przede wszystkim nie mam zastrzeżeń do sposobu przeprowadzenia badań doświadczalnych oraz do ich interpretacji. W mojej opinii liczba oraz różnorodność wykonanych analiz i ich wariantów jest godna uznania. Szczegółowa analiza poszczególnych badań opisanych w pracy budzi jednak pewne wątpliwości. Moje główne krytyczne lub dyskusyjne uwagi są następujące:

1. Autor wybrał do analizy pięć procesów technologicznych wytwarzania ostrogorynny, klapy zamykającej w dwóch wariantach, rozdzielnicy typu RG oraz kalandrowanej samoprzylepnej folii PVC. Wyjaśnienia wymaga sam dobór tych procesów jak i również ich oparcie w analizie literaturowej oraz ich osadzenie w grupie procesów małoseryjnych. Przypominam, iż w rozdziale 6 procesy te nie są nawet wspomniane, natomiast opisane są dość dokładnie procesy spawania, obróbki ubytkowej oraz montażu ręcznego.
2. Wyjaśnień wymaga również dobór ankietowanych przedsiębiorstw, szczególnie tych z branży artykułów spożywczych i chemii, przemysłu środków transportu i materiałów budowlanych. Skoro w części przeglądu literaturowego opisywane są procesy takie jak spawanie czy obróbka ubytkowa, dlaczego Autor nie skupił się głównie na branży metalowej? Liczba przedsiębiorstw zarówno dużych jak i tych z grupy MŚP, które mogły zostać przeanalizowane pod kątem optymalizacji produkcji małoseryjnej, jest w samym województwie śląskim na tyle duża, że mogłaby stanowić wartościową próbę statystyczną.

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie | Wydział inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej | Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania**

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

tel. +48 12 617 38 75, fax +48 12 617 28 89

e-mail: isim@agh.edu.pl, www.isim.agh.edu.pl



KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ I MODELOWANIA

Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA
STASZICA W KRAKOWIE**

3. Z rozdziału 10.3.4 wynika, iż Autor wybrał i zaimplementował metodę Monte Carlo jako metodę optymalizacji. Metoda, jak stwierdza Autor, zapewnia teoretycznie rozwiązanie problemu przy nieskończonej liczbie prób, natomiast oczywistym jest, że prób tych nie policzył nieskończenie wiele. Istotne byłoby przedstawienie, ile wymiarów miała przestrzeń poszukiwania rozwiązania optymalnego i jak wiele prób zostało wykonanych dla poszczególnych analiz. Pozwala to stwierdzić, czy gęstość próbkowania jest na tyle duża, że warto przerwać kolejne iteracje algorytmu optymalizacji, jeśli nie spada wartość funkcji celu.
4. Sam algorytm zaimplementowany na potrzeby pracy przedstawiony na rysunku 37 wydaje się być wyjściem z pierwszego warunku „Czy rozplanowano wszystkie zlecenia produkcyjne?” – jeśli nie, to raczej powinno się wylosować nierozplanowane zlecenia, niż wyznaczać wartość kryterium. Prawdopodobnie te wyjścia są zamienione.
5. Wracając do tezy pracy i wątpliwości związanych ze spójnikiem „i” pomiędzy kryteriami, spójnik ten oznacza w logice zdań, że oba warunki powinny być spełnione, aby teza była prawdziwa. Tymczasem oba kryteria analizowane są w pracy osobno – rozdział 11.2 weryfikuje wpływ uwzględnienia zmiennych warunków realizacji operacji produkcyjnych na wartość kryterium długości uszeregowania zadań, natomiast rozdział 11.3 ocenia wpływ na kryterium kosztu realizacji zadań. Interesujące byłoby sprawdzenie czy w przypadku wybranych procesów poprawie uległy zarówno wydajność produkcji jak i jej koszt.
6. Sama definicja kryterium długości uszeregowania zadań (równanie 19) jest dla mnie niejasna – dlaczego czas zakończenia operacji 1 zależy tylko od zasobów produkcyjnych ZP_1 , natomiast czas zakończenia operacji n liczony jest w funkcji zasobów ZP_1-ZP_n ?
7. Definicja kryterium kosztu realizacji procesu produkcyjnego również jest błędna. W mojej opinii brakuje nawiasów, które obejmowałyby wszystkie elementy wchodzące w skład wzoru oznaczone indeksem i .
8. Skąd Autor wziął wycenę czasu i kosztów poszczególnych operacji, czy są to realne wartości podane przez przedsiębiorstwa produkcyjne, czy wartości zasymulowane na potrzeby wirtualnego przedsiębiorstwa? Prosiłbym również o wyjaśnienie, czy w przypadku wyznaczenia harmonogramu optymalnego dla wariantu A (czasy/koszty maksymalne) i podstawieniu do niego wartości poszczególnych czasów zadań z wariantu B (czasy indywidualne) bez zmiany zasobu maszynowego i pracownika nie nastąpi polepszenie jakości harmonogramu. Czy nie zawsze zostanie otrzymana lepsza wartość przyjętych kryteriów, czy tylko w niektórych przypadkach?

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie | Wydział inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej | Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania**

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
tel. +48 12 617 38 75, fax +48 12 617 28 89
e-mail: isim@agh.edu.pl, www.isim.agh.edu.pl



KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ I MODELOWANIA

Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA
STASZICA W KRAKOWIE**

9. Na stronie 48 Autor przedstawia wykres rocznego wahania wydajności (w tym samym rozdziale przedstawia również inne wykresy wpływu różnych czynników na wydajność). Czy wykresy te znalazły gdzieś zastosowanie w algorytmie harmonogramowania? Jeśli tak, to czy są one prawdziwe dla każdej grupy społecznej, dla każdego kraju, dla każdej branży, itd.? Czy nie byłoby wskazane wykonanie takich analiz dla wybranej grupy pracowników, a następnie wprowadzenie ich do algorytmu harmonogramowania (innymi słowy, czy zależności te nie powinny stanowić danych konfiguracyjnych proponowanego algorytmu)?

Podsumowując ogólną ocenę pracy stwierdzam, że Doktorant udowodnił bardzo dobre przygotowanie do prowadzenia oryginalnych interdyscyplinarnych badań naukowych, a w szczególności w zakresie badań nad optymalizacją pracy przedsiębiorstw produkcyjnych. Potwierdził On swoją wiedzę i zrozumienie problemów w tym zakresie. Wykazał się biegłością w stosowaniu zaawansowanej metodyki badawczej, metod tworzenia modelu wirtualnego przedsiębiorstwa, analizy procesów produkcyjnych oraz ich optymalizacji. Czytając pracę można odnieść wrażenie, że Doktorant chciał przekazać całą swoją wiedzę i umiejętności w niniejszej pracy, przez co niektóre rozdziały (co wspominałem wcześniej w tej recenzji) są zbyt rozbudowane i nie zawsze pasują do głównego nurtu pracy. W pracy jest kilka aspektów wymagających wyjaśnienia, jednak te niedociągnięcia nie podważają faktu, iż Autor samodzielnie rozwiązał istotne problemy naukowe. Stąd sumaryczna ocena pracy jest pozytywna.

3. UWAGI EDYTORSKIE

Praca napisana jest przejrzysto w aspekcie merytorycznym. Od strony edytorskiej również przygotowana jest starannie. Ciężko znaleźć potknięcia Autora lub niedomówienia, które uchybiałyby pracy w sposób znaczący, natomiast sporo jest drobnych pomyłek, błędów gramatycznych, językowych i stylistycznych. Pomijając te błędy, główny zarzut edytorski dotyczy sposobu cytowania literatury, które w niniejszej pracy jest bardzo chaotyczne. Zwykle przyjmuje się, iż spis literatury sporządzony jest alfabetycznie lub w kolejności cytowania. W przypadku niniejszej pracy żadna z tych opcji nie została zastosowana, co znacząco pogarsza czytelność od strony edytorskiej i utrudnia weryfikację, czy wszystkie wymienione w spisie pozycje zostały zacytowane. Natomiast cytowanie więcej niż jednej pracy w jednym odniesieniu jest oczywiście akceptowalne, jednak bardzo utrudnia zrozumienie, co wybrana ze spisu publikacja wnosi do danego zdania, akapitu lub wypunktowania.

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie | Wydział inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej | Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania**

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
tel. +48 12 617 38 75, fax +48 12 617 28 89
e-mail: isim@agh.edu.pl, www.isim.agh.edu.pl



KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ I MODELOWANIA

Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA
STASZICA W KRAKOWIE**

4. WNIOSEK KOŃCOWY

Podsumowując niniejszą opinię należy stwierdzić, że Doktorant:

- wykazał się umiejętnością prowadzenia badań naukowych obejmujących analizę procesów przemysłowych oraz ich optymalizację,
- bardzo dobrze zna warsztat metod umożliwiających przeprowadzenie analizy statystycznej, harmonogramowania i planowania, opracowania relacyjnej bazy danych oraz metod implementacji algorytmiki,
- biegle porusza się w obszarze związanym z charakterem pracy ludzi w przedsiębiorstwach produkcyjnych, z czynnikami mającymi kluczowy wpływ na efektywność pracy, z wykorzystywanymi maszynami oraz ze składowymi podprocesami analizowanych procesów produkcyjnych,
- przeprowadził skrupulatną analizę wyników w aspekcie porównania klasycznego oraz zaproponowanego wariantu planowania i harmonogramowania przedstawiając wyniki swoich badań dla pięciu wybranych procesów produkcyjnych.

Recenzja pracy zawiera uwagi krytyczne i dyskusyjne komentarze, ale nie umniejszają one sumarycznej merytorycznej ocenie pracy. Praca, co podkreślałem w trakcie recenzji, jest bardzo obszerna. Doceniam warsztat badawczy i dobór metod, którymi posłużył się Autor pracy i uważam, że pozytywne aspekty przeprowadzonych przez Autora badań oraz wykazane przez Niego umiejętności w rozwiązywaniu problemów naukowych przeważają nad krytycznymi uwagami do pracy. Sumaryczna ocena pracy jest pozytywna, a rozprawa stanowi samodzielne rozwiązanie problemu naukowego w dyscyplinie inżynierii mechanicznej i spełnia wymagania zawarte w odpowiedniej ustawie. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie Pana mgr inż. Piotra Cieplińskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie | Wydział inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej | Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania**

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
tel. +48 12 617 38 75, fax +48 12 617 28 89
e-mail: isim@agh.edu.pl, www.isim.agh.edu.pl