

Dr hab. inż. Arkadiusz Gola, prof. uczelni
Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
Katedra Informatyzacji i Robotyzacji Produkcji
ul. Nadbystrzycka 36
20-618 Lublin

Lublin, 14.03.2023 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jerzego Patera

pt.: „Modelowanie przepływu strumienia wartości produkcji części lotniczych na elastycznej linii produkcyjnej”

(recenzja wykonana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna – dr hab. inż. Andrzeja Burghardta, prof. PRz nr RM-530-09-02 z dnia 30 listopada 2022 roku oraz Uchwały RD IMech Nr 06/11/2022 Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza z dnia 30 listopada 2022 r. w sprawie powołania recenzentów rozprawy doktorskiej mgr. inż. Jerzego Patera).

1. Obszar problemowy rozprawy – ocena celowości podjęcia tematu pracy

Rosnąca presja na krótkie terminy realizacji zleceń produkcyjnych oraz niskie ceny produkcji nakładają na projektantów systemów wytwórczych wymóg optymalnego projektowania przepływu w projektowanych lub istniejących systemach produkcyjnych w sposób umożliwiający zarówno maksymalne wykorzystanie posiadanych zdolności produkcyjnych, jak również minimalizację cyklu produkcyjnego wytwarzanych wyrobów. Ze względu na wysokie koszty weryfikacji przyjętych założeń projektowych w rzeczywistych systemach wytwórczych standardem staje się „sięganie” po specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające modelowanie i symulację przepływu produkcji (zarówno w procesach ciągłych, jak i dyskretnych). Tego typu podejście stanowi również kluczowy element cyfryzacji produkcji – będącej jednym z filarów Przemysłu 4.0.

W ocenianej pracy Autor podjął się zadania opracowania modelu i przeprowadzenia eksperymentów symulacyjnych elastycznej linii produkcyjnej do produkcji części lotniczych w celu poprawy efektywności realizacji procesu wytwórczego poprzez zwiększenie stopnia wykorzystania czasu pracy maszyn, minimalizacji czasu przejścia wyrobów oraz redukcji kosztów utrzymania produkcji w toku i kosztów narzędzi niezbędnych do realizacji procesu produkcyjnego. Do tego celu wykorzystał dostępne na rynku oprogramowanie Witness,

dedykowane do modelowania i symulacji procesów dyskretnych. Tego typu podejście należy uznać jako prawidłowe, m.in. ze względu na chęć realizacji ww. zadania bez konieczności rzeczywistej weryfikacji przyjętych założeń projektowych na rzeczywistym obiekcie (linii produkcyjnej). Ponadto opracowane podejście ma charakter cyfrowego bliźniaka, co stanowi istotny krok w kierunku cyfryzacji produkcji w analizowanym przedsiębiorstwie produkcyjnym. Tym samym można stwierdzić, iż podjęta przez Autora tematyka jest ważna i wpisuje się w bieżące potrzeby i trendy badawcze, a opracowany model symulacyjny umożliwiający zwiększenie stopnia wykorzystania czasu pracy maszyn, minimalizację czasu przejścia wyrobów przez wszystkie etapy procesu produkcyjnego, minimalizację kosztów utrzymania produkcji w toku oraz kosztów narzędzi jest uzasadniony zarówno ze względów poznawczych, jak i możliwości zastosowania prezentowanych rozwiązań w warunkach przemysłowych.

2. Ocena struktury i zakresu pracy

2.1. Zakres i struktura pracy

Opiniowana praca liczy 178 stron i składa się ze streszczeń (w języku polskim i angielskim), wstępu (oznaczonego jako rozdział 1), 7 rozdziałów, wniosków z badań, podsumowania, spisu bibliografii, spisu tabel, spisu rysunków i 3 załączników zawierających mapę VSM dla produktu kadłub – stan obecny (załącznik 1), mapę VSM dla produktu kadłub – stan przyszły (załącznik 2) oraz kody reguł wejścia i wyjścia do i z magazynu palet MP (załącznik 3).

We wstępie (oznaczonym jako rozdział 1) scharakteryzowano krótko motywację do napisania ocenianej pracy doktorskiej oraz przedstawiono zakres pracy, omawiając syntetycznie zakres zrealizowanych prac badawczych oraz zawartość poszczególnych rozdziałów pracy.

W rozdziale 2 – mającym charakter teoretyczny – zawarto krótką charakterystykę elastycznych systemów produkcyjnych, narzędzia statycznego i dynamicznego mapowania strumienia wartości, specyfikę produkcji lotniczej oraz najważniejszych wskaźników wykorzystywanych do oceny funkcjonowania linii produkcyjnej.

W rozdziale 3 zamieszczono zdefiniowaną tezę i cele pracy, a także jej zakres oraz dokonano opisu metodyki prac badawczych, które były wykonywane w ramach realizowanej dysertacji.

Rozdział 4 został poświęcony przeglądowi aktualnego stanu wiedzy w obszarze objętym tematem analizowanej pracy. W szczególności Autor przedstawił tu szczegółową metodykę

przeprowadzenia, plan realizacji i wyniki systematycznego przeglądu literatury, a także wnioski z przeprowadzonych badań literaturowych.

W rozdziale piątym dokonano charakterystyki obiektu badań. W szczególności przedstawiono w nim layout linii produkcyjnej będącej przedmiotem modelowania i symulacji, zaprezentowano produkowane z jej wykorzystaniem wyroby oraz sposób przepływu produktów (w tym opracowaną mapę przepływu produktów). Dopełnienie rozdziału stanowi charakterystyka zarządzania gospodarką narzędziową w analizowanym elastycznym systemie produkcyjnym oraz istota zarządzania danymi i stosowane wskaźniki oceny efektywności pracy linii.

Rozdział 6 pracy został ukierunkowany na zaprezentowanie problemów występujących na linii produkcyjnej scharakteryzowanej w rozdziale 5, co stanowi problem badawczy podjęty w pracy.

Rozdział 7 zawiera charakterystykę procesu przygotowawczego dla realizowanych prac badawczych. W szczególności przedstawiono w nim sposób przygotowania narzędzi do gromadzenia danych, sposób pozyskiwania i wyniki analizy danych historycznych oraz ocenę możliwości automatycznego zbierania danych.

Rozdział 8 został poświęcony problematyce modelowania elastycznej linii produkcyjnej będącej przedmiotem analizy. Przedstawiono w nim zdefiniowane założenia do opracowania modelu, zidentyfikowane parametry wejściowe i wyjściowe oraz szczegółowy opis opracowanego rozwiązania. Dopełnienie rozdziału stanowią wyniki dotyczące weryfikacji modelu i analizy błędów a także oceny jego adekwatności.

Rozdział 9 zawiera 9 wyniki badań oraz przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych. Zaprezentowano w nim przyjęte założenia do badań eksperymentalnych, plan a także wyniki zrealizowanych eksperymentów.

Rozdziały 9 i 10 stanowią dopełnienie pracy i zostały poświęcone wnioskowi z badań (rozdział 9) oraz podsumowaniu pracy (rozdział 10).

W końcowej części pracy zamieszczono spis bibliografii zawierający 78 pozycji polsko- i angielskojęzycznych, spis tabel, spis rysunków oraz trzy załączniki stanowiące dopełnienie treści prezentowanych w głównej części pracy.

2.2. Uwagi dotyczące struktury pracy

Układ i struktura pracy są właściwe a kolejne rozdziały stanowią logiczną całość. Zasadniczo pracę podzielono na trzy części: teoretyczną, poznawczą i praktyczną. W części

teoretycznej (obejmującej rozdziały 2 i 4) przedstawiono ważniejsze informacje dotyczące elastycznych systemów produkcyjnych, specyfiki produkcji w branży lotniczej a także przegląd aktualnego stanu wiedzy w obszarze objętym tematyką pracy. Część poznawcza (rozdziały 5 i 6) zawierają prezentację elastycznego systemu produkcyjnego będącego przedmiotem modelowania i symulacji (stanowiącego obiekt badań) oraz problemów występujących w realizowanych procesach produkcyjnych na ww. linii. Rozdziały 7-9 stanowią tzw. wkład własny Autora i zawierają dane wejściowe niezbędne dla potrzeb modelowania (rozdział 7), szczegółową charakterystykę opracowanego modelu symulacyjnego wraz z jego weryfikacją i oceną adekwatności modelu (rozdział 8) oraz założenia, plan i wyniki eksperymentów symulacyjnych zrealizowanych z wykorzystaniem opracowanego modelu (rozdział 9). Pracę kończą wnioski oraz podsumowanie zrealizowanych prac badawczych. Taki sposób przedstawienia treści nie budzi żadnych zastrzeżeń (układ pracy stanowi logiczną i przejrzystą strukturę, ułatwiającą czytanie pracy oraz zrozumienie kolejnych etapów realizacji zdefiniowanego celu).

3. Ocena oryginalności i wartość merytoryczna rozprawy

3.1. Ocena merytoryczna rozprawy

Oceniana rozprawa ma charakter projektowo-analityczny, a jej głównym celem (zdefiniowanym w punkcie 3.2) jest *„przeprowadzenie symulacji funkcjonowania elastycznej linii produkcyjnej, aby umożliwić optymalną organizację pracy linii zapewniając jak największy stopień wykorzystania czasu pracy maszyn (U), najkrótszy czas przejścia wyrobu przez wszystkie procesy produkcyjne (LT), jak najmniejsze koszty utrzymania produkcji w toku (WIP) oraz jak najmniejsze koszty narzędzi”*. Jako etapy wyznaczające etapy prac niezbędne do realizacji celu głównego przyjęto dziewięć celów szczegółowych, tj.:

1. Przegląd i pozyskanie informacji na temat modelowania przepływu strumienia wartości na linii produkcyjnej.
2. Identyfikacja czynników wejściowych i wyjściowych dla linii produkcyjnej.
3. Identyfikacja etapów procesu produkcyjnego.
4. Identyfikacja elementów systemu elastycznego oraz zależności występujących pomiędzy nimi.
5. Przygotowanie i analiza danych do opracowania modelu.
6. Opracowanie wirtualnego modelu linii produkcyjnej.
7. Ocena adekwatności modelu.

8. Zaplanowanie i przeprowadzenie eksperymentów symulacyjnych.
9. Opracowanie rekomendacji dla organizacji produkcyjnej w celu optymalizacji pracy elastycznej linii produkcyjnej.

Praca niewątpliwie wpisuje się w obszar badawczy „cyfryzacja i automatyzacja procesów produkcyjnych - komputerowe wspomaganie procesów wytwarzania” zdefiniowanego przez Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk jako obszar zainteresowań *Inżynierii produkcji* (wchodzącej obecnie w skład dyscypliny naukowej *Inżynieria mechaniczna*).

Od strony merytorycznej pracę oceniam w sposób pozytywny. Autor, na podstawie konkretnych potrzeb analizowanego przedsiębiorstwa produkującego części dla branży lotniczej oraz badań literatury, w sposób jednoznaczny zidentyfikował istniejący problem, uzasadniający konieczność opracowania modelu umożliwiającego zwiększenie stopnia wykorzystania elastycznej linii produkcyjnej oraz efektywności realizowanych na niej procesów produkcyjnych. Biorąc pod uwagę specyfikę branży opracował wirtualny model systemu oraz przeprowadził jego weryfikację z wykorzystaniem danych z konkretnego procesu produkcyjnego komponentów lotniczych przekładni akcesoriów ADT.

3.2. Ocena oryginalności pracy

Biorąc pod uwagę całokształt opiniowanej pracy, poziom jej oryginalności uznaję jako „umiarkowany”. Mimo, iż opracowany przez Autora model ma charakter nowatorski – odniesienie go do konkretnego systemu produkcyjnego oraz wykorzystanie do jego budowy standardowych narzędzi mocno zawęża uniwersalność przedstawionego w pracy rozwiązania – a tym samym jego wartość naukową. W mojej ocenie wartość dodaną ocenianej pracy stanowi szczegółowy opis budowy modelu symulacyjnego oraz wskazane w pracy sposoby jego adekwatności, przedstawiona metoda realizacji eksperymentów oraz sposób wnioskowania, które mogą być zaimplementowane w innych przedsiębiorstwach produkcyjnych realizujących procesy wytwórcze z wykorzystaniem elastycznych systemów produkcyjnych.

3.3. Uwagi dyskusyjne

Mimo, iż praca jest napisana w sposób zrozumiały, lektura treści pracy skłania do sformułowania następujących pytań i uwag o charakterze dyskusyjnym lub wymagających dodatkowych wyjaśnień:

1. Na stronie 10, cytując pozycję [19] zawarto sformułowanie, iż „przegląd literatury uwzględni wszystkie wyniki badań danego zagadnienia”. Wydaje się (biorąc pod uwagę

- ilość publikowanych wyników prac badawczych - w różnych językach i w różnych miejscach) tego typu założenie nie jest możliwe do osiągnięcia (niemożliwym jest bowiem przeanalizowanie wszystkich wyników badań udostępnianych na całym świecie).
2. Na stronie 13 Autor, charakteryzując elastyczny system produkcyjny zamieszcza stwierdzenie, iż „maszyny i systemy komputerowe można konfigurować do wytwarzania różnorodnych części i obsługi zmieniającej się wielkości produkcji”. W świetle powyższego (oraz analizowanego w ramach pracy systemu klasy ESP) rodzą się następujące pytania: *Co Autor ma na myśli pod „możliwością konfiguracji maszyn i systemów komputerowych”? Na czym polega zmiana konfiguracji maszyny w takim rozumieniu elastycznego systemu produkcyjnego? Czy analizowany w pracy elastyczny system produkcyjny ma możliwość zmiany konfiguracji maszyn i oprogramowania – i jeśli tak to na czym one polegają?*
 3. Na stronach 14 i 15 dokonano charakterystyki elastycznego gniazda i elastycznej linii produkcyjnej, stanowiących formy elastycznego systemu produkcyjnego. W obydwu ww. strukturach występuje robot. W świetle powyższego pojawiają się pytania: *Czy robot jest „obowiązkowym” elementem elastycznego gniazda/elastycznej linii produkcyjnej?; Czy jest możliwa konfiguracja elastycznego gniazda lub elastycznej linii produkcyjnej bez użycia konieczności implementacji robota?*
 4. Na stronie 22 Autor formułuje stwierdzenie, iż „Największą zaletą symulacji jest możliwość sprawdzenia skutków danego usprawnienia jeszcze przed jego wdrożeniem. Analiza różnych rozwiązań pozwala na wybór tego optymalnego, w krótkim okresie czasu”. Tego typu sformułowanie wydaje się „na wyrost” – metody symulacji komputerowej nie należą bowiem do grupy metod optymalizacyjnych, a ich wykorzystanie (z założenia) umożliwia, po wykonaniu eksperymentów symulacyjnych, znalezienie i wybór rozwiązania suboptymalnego.
 5. Jednym z pytań badawczych postawionych dla potrzeb analizy literatury było „*Jakie matematyczne modele są prezentowane w literaturze w zastosowaniu do mapowania strumienia wartości w kontekście elastycznych systemów produkcyjnych?*” Tak zadane pytanie wydaje się bardzo dyskusyjne – bowiem mapowanie strumienia wartości, z założenia nie wymaga wykorzystywania żadnych modeli matematycznych. Co więcej prezentowane w pracy podejście nie ma na celu zarówno identyfikacji modeli matematycznych umożliwiających osiągnięcie założonego celu pracy, jak również doskonalenie metody mapowania strumienia wartości. W związku z powyższym bardzo

- proszę o wskazanie celowości tak sformułowanego problemu badawczego w odniesieniu do realizowanych badań literaturowych.
6. Zgodnie z informacją zamieszczoną na stronie 40 - przegląd literatury (wyszukiwanie) ograniczało się do artykułów z czasopism, konferencji i książek napisanych w języku angielskim. Brakuje jednak wyjaśnienia czym podyktowany był akurat taki dobór pozycji do przeglądu literatury. Bardzo proszę o komentarz w tej sprawie.
 7. Na stronie 42 zawarto informację, iż „w wyniku systematycznego przeglądu literatury oraz dokonaniu oceny jakościowej otrzymanych wyników wyodrębniono 29 publikacji do przeprowadzenia szczegółowej analizy. Brakuje tu jednak informacji na jakiej podstawie (jakie były kryteria do wyodrębnienia) akurat tych pozycji bibliograficznych. Bardzo proszę o komentarz w tej sprawie.
 8. Na stronie 62, cytując pozycję [56] przedstawiono wzór na obliczenie parametru produktywności (P). Nie wskazano jednakże co należy rozumieć jako sumę czasów dostępnych, występujących w mianowniku. Wydaje się również (co nie zostało jednoznacznie wskazane), że tak sformułowana formuła nie jest rzeczywistym, a normatywnym miernikiem produktywności realizowanych procesów produkcyjnych. Bardzo proszę o komentarz w tej sprawie.
 9. W pracy Autor stosuje sformułowanie „standardowe cykle produkcyjne”, nie określając co należy rozumieć pod tym pojęciem. Bardzo proszę o wyjaśnienie tego pojęcia.
 10. W celu oceny możliwości wykorzystania danych historycznych dla potrzeb eksperymentów symulacyjnych (test normalności) wykorzystano metodę Ryan-Joinera. Dlaczego akurat wybraną tą (i tylko tą) metodę? Dlaczego zdecydowano się na przeprowadzenie akurat/tylko 28 testów?
 11. W tabeli 7.7 przedstawiono status brakujących narzędzi dla poszczególnych operacji dla poszczególnych części i maszyn. Brakuje jednak analizy przyczyn wystąpienia tych braków. Taka analiza mogła by być pomocna przy realizacji działań usprawniających (również w odniesieniu do planowanych eksperymentów symulacyjnych). Bardzo proszę o komentarz w tej sprawie.
 12. W rozdziale 8.1 (Założenia do opracowania modelu) brakuje zarówno danych szczegółowych dotyczących poszczególnych elementów linii ESP (maszyny technologiczne, robot, itp.) oraz technologii produkcji poszczególnych części w systemie (informacja, na których maszynach realizowane są poszczególne operacje w produkcji poszczególnych części, jakie są czasy jednostkowe dla poszczególnych operacji).

W konsekwencji bardzo trudnym staje się weryfikacja zgodności opracowanego modelu symulacyjnego z rzeczywistym systemem i procesem produkcyjnym.

13. W ramach przyjętych założeń dla opracowanego modelu (Tabela 8.1) przyjęto, iż czas przebrojenia dla każdej operacji procesu technologicznego równa się 0. Czy takie założenie nie jest zbyt dużym uproszczeniem (pomija się bowiem czas zmiany narzędzi w trakcie realizacji procesu produkcyjnego)?
14. Do analizy korelacji danych symulacyjnych z danymi rzeczywistymi wybrano analizę Pearsona. Brakuje jednak uzasadnienia wyboru akurat tej metody? Czy analiza korelacji tylko tą metodą może zostać uznana jako wystarczająca?
15. W założeniu 3 do badań eksperymentalnym przyjęto, iż „*w pierwszej kolejności wdrażane są brakujące operacje na maszynach, na których określone części już mogą być obrabiane w innych operacjach oraz dla których koszty wdrożenia są jak najmniejsze*”. Co w tym kontekście oznaczają „najmniejsze koszty wdrożenia”? Jak one były/są ustalane?
16. W założeniu 6 do badań eksperymentalnym przyjęto, iż „*start każdego eksperymentu był ustawiony w wirtualnym modelu na 2 stycznia 2023 i trwał 20 tygodni odliczając pierwsze 24 godziny tzw. rozgrzewki, które nie były wliczane do wyników eksperymentu*”. W świetle powyższego rodzi się pytanie – na jakiej podstawie ustalono zarówno czas eksperymentu symulacyjnego (20 tygodni) oraz długość okresu „rozgrzewki” (24 godziny). Czy takie założenia są wystarczające dla weryfikacji pracy linii dla okresu całego roku?
17. Jak wynika z informacji zamieszczonej na stronie 137 „*do poprawnej oceny wyników poszczególnych zestawów eksperymentów w etapie drugim dla wskaźników*” przyjęte zostały wartości wag 0,7, 0,15 i 0,15 dla odpowiednio U, WIP i LT”, uzasadniając ogólnie, iż „*wartości poszczególnych wag wynikają z przyjętej polityki firmy*”. Bardzo proszę o uszczegółowienie uzasadnienia tych wskaźników (zwłaszcza w kontekście możliwości zastosowania tego typu podejścia w innych przedsiębiorstwach produkcyjnych).

3.3. Uwagi szczegółowe

Strona estetyczna pracy stanowi zdecydowanie jej mocną stroną. Praca została przygotowana bardzo starannie, a prezentowane treści ilustrowane są umiejętnie rysunkami, tabelami i wykresami – co znacznie zwiększa przejrzystość i ułatwia czytanie pracy. Autor posługuje się językiem właściwym dla prac naukowych (jedynym zastrzeżeniem w tym zakresie jest stosowanie w niektórych miejscach formy osobowej, np. „...możemy...” – s. 13, 29, 31, „...obliczamy...” – s. 31, „przyjmujemy” – s. 106, co raczej nie powinno mieć miejsca

w tego typu opracowaniach). Pojawiające się w pracy błędy o charakterze stylistycznym i edytorskim mają charakter bardzo sporadyczny a ich przykładami są np.:

- błędy stylistyczne i gramatyczne:
 - s. 9 – „*W kolejnym kroku opisane zostały wskaźniki funkcjonowania linii produkcyjnej*”,
 - s. 10 – „*Pozwoliło to na otworzenie możliwości...*”,
 - s. 11 – „*Jest on ściśle powiązany z tezą pracy oraz celem głównym i celami cząstkowymi*”. *Zrealizowanie ich pozwoli na...*”,
 - s. 11 – „*Dodatkowo przeprowadzono 2 sample T-Test dla obu zestawów wskaźników...*”,
 - s. 16 – „*Krok drugi to decyzja, jak wyeksploatować ograniczenie...*”,
 - s. 17 – „*Trzecim krokiem jest przyporządkowanie wszystkiego wcześniejszym dwóm decyzjom*”.
 - s. 19 – „*Na podstawie zsumowanie czynności dodających wartość ...*”,
 - s. 72 – „*... brak napelnienia produkcji...*”,
 - s. 77 – „*kolejnym etapem było sprawdzenie czy dane te nadają się do użycia w symulacji...*”,
 - s. 81 – „*Pierwszy z nich (MES) jest swojego rodzaju łącznikiem...*”,
 - s. 89 – „*...parametr WIP przedstawia...*”,
 - s. 91 – „*Trzecia grupa zmiennych to elementy wspomagające przebieg symulacji. Są to różnego rodzaju liczniki i przełączniki...*”,
 - s. 102 – „*...model odzwierciedla rzeczywistość i jest zdatny do przeprowadzenia eksperymentów...*”,
 - s. 109 – „*Przeprowadzone eksperymenty dadzą dane...*”
- powtórzenia:
 - s. 34. – „*zgromadzenie*”, „*zgromadzone*”,
 - s. 97. – „*odzwierciedlać rzeczywistość*”, „*odzwierciedla rzeczywistość*”,
- błędy o charakterze edytorskim:
 - s. 53 – jest: „*... analizowane...*”, powinno być: „*... analizowanej ..*”,
 - s. 72 – jest: „*... Linii ESP...*”, powinno być: „*... linii ESP...*”,
 - s. 88 – jest: „*... załadowczo-wyładowczych...*”, powinno być: „*...załadowczo-wyładowczych...*”.

Ponadto w niektórych miejscach brakuje lub podwójnie zastosowano znaki interpunkcyjne (przecinki, kropki) oraz nie usunięto tzw. „sierot” na końcach wierszy. W niektórych przypadkach w sposób niewłaściwy zaklasyfikowano obiekty typu rysunek do kategorii tabel – np. tab. 7.4 na stronie 72.

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę całokształt ocenianej pracy stwierdzam, iż recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Jerzego Patera stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę Kandydata w dyscyplinie „Inżynieria mechaniczna” oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jako oryginalne rozwiązanie problemu naukowego (choć nie zostało to wyeksponowane w treści pracy) uznaję opracowaną metodę modelowania, oceny adekwatności modelu oraz realizacji eksperymentów symulacyjnych mających na celu organizację pracy elastycznej linii produkcyjnej w sposób zapewniający maksymalizację stopnia wykorzystania czasu pracy maszyn, minimalizację czasu przejścia wyrobu przez wszystkie procesy produkcyjne oraz minimalizację kosztów utrzymania produkcji w toku i narzędzi niezbędnych do realizacji procesów produkcyjnych.

Po zapoznaniu się z treścią pracy stwierdzam, iż Doktorant wykazał się znajomością podstawowej literatury przedmiotu rozprawy, umiejętnością praktycznego wykorzystania dotychczasowych zdobyczy nauki dla potrzeb rozwiązania realnych problemów z obszaru inżynierii produkcji. Zauważone w rozprawie doktorskiej nieprawidłowości oraz wskazane w punktach 3.2 i 3.3 uwagi nie mają zasadniczego znaczenia dla wartości merytorycznej pracy, odpowiadającej współczesnemu standardowi prac doktorskich. Dlatego też rozprawa w całości może być oceniona pozytywnie.

Konkludując uważam, że opiniowana praca spełnia warunki stawiane przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 *o stopniach i tytule naukowym* (Dz.U. z 2017, poz. 1789 ze zm.) w dyscyplinie „Inżynieria mechaniczna” i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Adwiniusz Gola