

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

Lublin, 07.08.2025 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Selmy Gutmen

pt.: „**A Novel Decision Making Framework for Robust-Reliable Aggregate Production Planning Problem**”

(recenzja wykonana na podstawie pisma Dziekana Wydziału Inżynierii Zarządzania
Politechniki Poznańskiej – Dra hab. inż. Marcina Butlewskiego, prof. PP nr WIZ-08/118/2025
z dnia 30 kwietnia 2025 roku).

1. Obszar problemowy rozprawy – ocena celowości podjęcia tematu pracy

Problematyka zagregowanego planowania produkcji należy do obszaru planowania taktycznego, odnoszącego się do średnioterminowego horyzontu tworzenia planów wykorzystania posiadanych mocy produkcyjnych. Choć w praktyce przemysłowej zagregowane plany produkcyjne stosowane są znacznie rzadziej aniżeli plany krótkoterminowe (harmonogramy produkcji; harmonogramy Gantta), mają one ogromne znaczenie, zwłaszcza w przypadku firm realizujących produkcję wyrobów charakteryzujących się dużym poziomem sezonowości.

W ogólnym ujęciu planowanie zagregowane umożliwia podejmowanie decyzji o wielkości zatrudnienia, poziomie zapasów i wykorzystaniu zdolności produkcyjnych. W klasycznym ujęciu jego celem jest opracowanie planu produkcji, który umożliwi realizację produkcji umożliwiającej zaspokojenie popytu w zdefiniowanym horyzoncie planowania, przy jednoczesnej minimalizacji całkowitych kosztów produkcji i magazynowania.

Chociaż problematyką projektowania zagregowanych planów produkcyjnych, zarówno naukowcy, jak i praktycy zajmują się od kilku dekad, nadal brakuje uniwersalnego rozwiązania

umożliwiającego uzyskanie optymalnego planu, uwzględniającego wszystkie czynniki mające wpływ na kształtowanie się kosztów produkcji i magazynowania. Związane jest to m.in. z NP.-trudnego charakteru zagadnienia, który uniemożliwia zastosowanie klasycznych metod optymalizacji. Podjęcie przez Autorkę próby opracowania modelu planowania uwzględniającego zagadnienia niezawodności, stabilności oraz wpływu czynnika ludzkiego na koszt realizacji planu jest bez wątpienia ważne, celowe i wpisuje się w aktualne trendy badawcze.

2. Ocena struktury i zakresu pracy

2.1. Zakres i struktura pracy

Opiniowana praca liczy (wraz z załącznikami 173 strony i składa się ze spisu treści, spisów tabel i rysunków, streszczeń (w języku angielskim i polskim), czterech części (rozdziałów), siedmiu załączników oraz spisu bibliografii.

W części pierwszej pracy (noszącej tytuł „Wprowadzenie”) zawarto uzasadnienie podjęcia tematu pracy, zdefiniowano problem badawczy, cele pracy, hipotezę, osiem pytań badawczych, a także opis struktury pracy.

Cześć druga pracy została poświęcona analizie literatury z zakresu metod projektowania zagregowanych planów produkcyjnych, znaczenia czynnika ludzkiego w problematyce planowania produkcji, a także istoty zagregowanego planowania produkcji w świetle paradygmatów Przemysłu 4.0 i Przemysłu 5.0. Ponadto w rozdziale tym przedstawiono wyniki analizy literatury z zakresu modeli matematycznych wykorzystywanych w projektowaniu zagregowanych planów produkcyjnych a także narzędzi statystycznych i narzędzi uczenia maszynowego. Ważnym elementem tej części pracy jest zdefiniowanie zidentyfikowanej luki badawczej a także przesłanek stojących u podstaw podjęcia tematyki będącej przedmiotem ocenianej pracy.

Rozdział trzeci (noszący tytuł „Metodologia”) został poświęcony prezentacji opracowanego podejścia do projektowania zagregowanych planów produkcyjnych. W szczególności przedstawiono w nim opracowany model matematyczny, metodologię badawczą jak również wyniki przeprowadzonego eksperymentu mającego na celu walidację proponowanego rozwiązania.

W rozdziale czwartym (pt. „Dyskusja i wnioski końcowe”) przedstawiono wyniki analizy wrażliwości opracowanego modelu, jego praktyczne zastosowania i możliwość wykorzystania w realnych warunkach przemysłowych. Ważnym elementem niniejszego rozdziału jest również

zamieszczony w nim opis ograniczeń proponowanego rozwiązania a także kierunki dalszych prac badawczych.

Dopełnieniem ocenianej dysertacji są załączniki prezentujące zarówno kwestionariusze wykorzystywane dla celu gromadzenia danych, jak również wyniki analiz numerycznych realizowanych na etapie walidacji i oceny wrażliwości prezentowanego modelu.

2.2. Uwagi dotyczące struktury pracy

Struktura pracy jest prawidłowa. Po wprowadzeniu zawierającym uzasadnienie podjęcia tematu pracy, problem badawczy, cele pracy, hipotezę, pytania badawcze i opis struktury pracy zawarto rozdział poświęcony analizie literatury z zakresu tematyki będącej przedmiotem ocenianej pracy. Elementem końcowym przeprowadzonej analizy literatury jest zidentyfikowana luka badawcza, która stanowiła przesłankę do podjęcia prac nad opracowaniem modelu w prezentowanej formie. Rozdział 3 ma charakter typowo praktyczny, w którym przedstawiono założenia proponowanego podejścia do projektowania zagregowanych planów produkcyjnych, a także wyniki eksperymentu mającego na celu jego ewaluację. Ostatni z rozdział ma charakter dyskusji podsumowującej zarówno mocne strony opracowanego rozwiązania, ale też jego ograniczenia, które mogą stać się obszarem dla dalszych prac badawczych.

Chociaż struktura pracy w ogólnym ujęciu nie budzi zastrzeżeń, w moim odczuciu spisy tabel i rysunków lepiej było by umieścić w końcowej części pracy. Ponadto spis bibliografii powinien zostać umieszczony przed załącznikami. Krytyczną uwagę budzi również wprowadzanie podrozdziałów w przypadku, gdy ich liczba w ramach danej części pracy wynosi 1 (konkretnie chodzi tu o podrozdziały 3.2.1 i 3.3.1). Ponadto wartościowym było by również zamieszczenie w początkowej części pracy wykazu użytych symboli i skrótów (wraz z ich wyjaśnieniem) – co ułatwiło by czytanie pracy.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Oceniana rozprawa ma charakter projektowy, a jej głównym celem (zdefiniowanym w punkcie 1.2) jest *„opracowanie ram decyzyjnych, które pomogą praktykom utrzymać zrównoważone i niezawodne systemy na dzisiejszych rynkach, uwzględniając jednocześnie czynniki ludzkie”*. Praca – korespondując z problematyką planowania i organizacji procesów produkcyjnych (z uwzględnieniem aspektów o charakterze społecznym) – bez wątpienia wpisuje się w obszar zainteresowań dyscypliny naukowej „Nauki o zarządzaniu i jakości”.

Od strony merytorycznej pracę oceniam w sposób jednoznacznie pozytywny. Na pozytywną uwagę zasługuje metodologiczny układ pracy. Autorka na podstawie analizy literatury oraz bieżących potrzeb dokonała uzasadnienia wyboru tematu pracy, zdefiniowała problem badawczy („rozkładając” go na osiem pytań badawczych), określiła cel i hipotezę pracy a także w sposób klarowny opisała wykorzystaną w pracy metodologię badawczą.

Same badania zostały podzielone na dwie części. W pierwszej części do opracowanego modelu włączone nowe dane (w tym czynniki ludzkie). Dane te zebrano za pomocą kwestionariuszy macierzowych w jednej z firm z branży motoryzacyjnej funkcjonujących na terenie Iranu. Aby rozszerzyć uzyskane dane, wykorzystano metody symulacji. Następnie - aby uzyskać najlepsze wartości dla najbardziej istotnych czynników - zastosowano metodę wielowymiarowej adaptacyjnej regresji MARS.. W tym celu przygotowano macierz wyników jako część wyników z modeli MARS, podając wartości procentowe istotności każdej zmiennej. Wartość wagi każdego czynnika obliczono na podstawie stosunku sumy ważonych wartości powiązanych kryteriów do sumy ważonych wartości wszystkich czynników. Określono najważniejsze czynniki według obliczonych wyników i uwzględniono te parametry w problemie APP. W drugiej części zastosowano uwzględnienie trzech nowych parametrów (tj. liczby produktów wytwarzanych podczas pracy normalnej i w godzinach nadliczbowych, kosztów szkolenia pracownika z grupy roboczej oraz współczynnika niezawodności pracownika z grupy roboczej w określonym dziale podczas zmiany roboczej). Dodatkowo, współczynnik niepewności zdefiniowano jako trójkątne liczby rozmyte. Proponowany model opracowano z wykorzystaniem programowania z celem ważonym i programowania rozmytego. Do znalezienia rozwiązania wykorzystano oprogramowanie CONOPT solver/GAMS. Na koniec zastosowano analizę wrażliwości, aby wykazać wpływ każdego parametru na wynik końcowy opracowanego planu.

Na pozytywną ocenę zasługuje przeprowadzona przez Autorkę analiza literatury. W ramach niniejszej analizy Autorka przeprowadziła szeroki przegląd opublikowanych dotąd prac – zarówno z obszaru modeli i metod projektowania zagregowanych planów produkcyjnych, jak również metod, modeli i narzędzi, które w nowatorski sposób zostały wykorzystane w niniejszej pracy. Sam, zaprezentowany w pracy model uważam jako nowatorski i uwzględniający aktualne wymagania i bariery występujące na etapie przygotowania zagregowanego planu produkcji.

Ważnym i cennym elementem pracy jest sposób identyfikacji czynników (aspektów) społecznych mających wpływ na niezawodność projektowanego planu produkcji, a także ich uwzględnienie w opracowanym modelu.

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

1. Jednym z kluczowych czynników oceny opracowanego planu produkcyjnego jest jego niezawodność. Wydaje się jednak, że pojęcie to nie zostało zdefiniowane wystarczająco precyzyjnie (zwłaszcza, że Autorka traktuje je jako pojęcie tożsame z pojęciem „jakości”).
2. Na rysunku 1 (strona 12) zamieszczono grafikę prezentującą cele a także dane na wejściu i na wyjściu w procesie projektowania zagregowanych planów produkcyjnych. Brakuje jednak źródła skąd zostały zaczerpnięte te dane.
3. Jako funkcje celu (page 17) w procesie projektowania planu zdefiniowano: (1) minimalizację kosztu całkowitego oraz (2) maksymalizację niezawodności. Brakuje jednak wyjaśnienia jaki całkowity koszt ma Autorka na myśli oraz co jest przedmiotem maksymalizowanej niezawodności.
4. Jak zostało to stwierdzone w hipotezie pracy celem przeprowadzonych prac badawczych jest określenie wpływu czynników ludzkich na koszt i niezawodność projektowanego zagregowanego planu produkcyjnego. W pracy analizie poddano wyniki pochodzące tylko z jednego przedsiębiorstwa, definiując konkretne czynniki mające wpływ na plan produkcyjny. W związku z powyższym pojawiają się pytania: Na ile te wyniki można przyjąć jako uniwersalne? Czy w przypadku przedsiębiorstw o innej wielkości lub z innej branży te czynniki nie będą się różnić od tych zidentyfikowanych w przeprowadzonym badaniu?
5. Przy opracowywaniu modelu badawczego, jako jedno z założeń przyjęto: *„Zapasy/niedobory powinny wynosić zero na koniec horyzontu planowania”*. W konsekwencji nie uwzględniono tu tzw. zapasu minimalnego (zabezpieczającego), który w klasycznym podejściu stanowi bufor zabezpieczający przed zmiennością popytu. Skąd więc takie założenie? Czy ma to związek z czynnikiem niezawodności uwzględnionym w proponowanym modelu?
6. Opracowany model uwzględnia 35 ograniczeń zdefiniowanych na stronach 47 i 48. Niestety nie wyjaśniono, jakie kryteria wzięto pod uwagę przy wyborze tych konkretnych ograniczeń (dlaczego akurat takie kryteria zostały wzięte pod uwagę przy projektowaniu planu).
7. Na stronie 49 Autor wyjaśnia, że „w niniejszej pracy logika rozmyta może być wykorzystana w planowaniu produkcji do zarządzania niepewnością związaną z popytem, zdolnością produkcyjną i terminami realizacji, a także do wspomagania menedżerów w podejmowaniu decyzji dotyczących planowania produkcji i alokacji zasobów”. Chociaż niepewność popytu i terminów realizacji jest oczywista, trudno zgadnąć, co Autor ma na myśli, mówiąc o „niepewności zdolności produkcyjnej”.

8. Do badania niepewnego charakteru parametrów popytu zastosowano rozmyte programowanie liniowe. W tym celu uwzględniono dwie konkretne wartości parametrów γ i α (tj. $\gamma = 0,3$ i $\alpha = 0,8$). Brakuje jednak wyjaśnienia na jakiej podstawie przyjęto akurat takie wartości tych parametrów?
9. W obu kwestionariuszach – MQ1 i MQ2 – uwzględnili Państwo określone czynniki (tj. 15 czynników w MQ1 i 35 czynników w MQ2). Brakuje jednak informacji w jaki sposób były wybierane te kryteria? Czy kryteria te są uniwersalne dla wszystkich firm, czy też powinny być każdorazowo dostosowywane do specyfiki firmy (np. wielkości, branży itp.).
10. W treści pracy Autorka wielokrotnie stwierdza, iż proponowane podejście ma pozytywny wpływ na środowisko (zrównoważony rozwój). Po zapoznaniu się z istotą opracowanego modelu trudno jednoznacznie stwierdzić, iż zapewnia on pozytywny wpływ na elementy zrównoważonego rozwoju. Dlatego też powinno to zostać wyjaśnione w bardziej szczegółowy sposób.

Podsumowując stwierdzam, że cała praca została przygotowana w sposób metodologicznie poprawny oraz stanowi oryginalne osiągnięcie Autorki. Zdecydowaną mocną stroną stanowi uwzględnienie w nim aspektów związanych z czynnikiem ludzkim w procesie planowania produkcji – w wielu bowiem przypadkach to właśnie one decydują o możliwości realizacji planu zgodnie z przyjętymi założeniami. Choć zaprezentowane rozwiązanie wydaje się trudne do aplikacji w rzeczywistych warunkach przemysłowych (związane z pracochłonnością pozyskania odpowiednich danych, oraz koniecznością wykorzystania specjalistycznego oprogramowania) – jego wartość naukową oceniam jako wysoką.

4. Ocena formalna pracy

Strona formalna pracy nie stanowi zastrzeżeń. Praca została przygotowana w staranny sposób a prezentowane treści w sposób umiemytny ilustrowane są tabelami, wykresami i rysunkami. Autorka posługuje się językiem właściwym dla prac naukowych, a błędy o charakterze edytorskim mają charakter bardzo sporadyczny. Jedyną uwagę krytyczną stanowi tylko słaba jakość streszczenia w języku polskim zamieszczonego na stronie 9.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę całokształt ocenianej pracy stwierdzam, iż recenzowana rozprawa doktorska mgr Selmy Gutmen stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje



ogólną wiedzę teoretyczną Kandydatki w dyscyplinie „Nauki o zarządzaniu i jakości” oraz umiejętność prowadzenia pracy naukowej. Jako oryginalne rozwiązanie problemu naukowego uznaję opracowany dwukryterialny model optymalizacji zagregowanych planów produkcyjnych, uwzględniających tzw. czynnika ludzki, a także stabilność i odporność projektowanego planu produkcyjnego. Przedstawiona do oceny praca potwierdza, iż Doktorantka wykazała się znajomością literatury z zakresu przedmiotu rozprawy, a także umiejętnością praktycznego wykorzystania dotychczasowych nowoczesnych metod i narzędzi dla potrzeb projektowania zagregowanych planów produkcyjnych. Zauważone w rozprawie doktorskiej nieprawidłowości 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 20 lipca 2018 *o stopniach i tytule naukowym* (Dz.U. z 2018, poz. 1668) w dyscyplinie „Nauki o zarządzaniu i jakości” i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Andrzej Gola