

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

Lublin, 06.02.2026 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra Piotra Bilon

**pt.: „Digitalizacja wybranych procesów w wielobranżowej firmie projektowej
z uwzględnieniem SI dla wybranych procesów”**

(opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria
Mechaniczna Politechniki Gdańskiej, Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej
i Okrętownictwa - prof. dr hab. inż. Mariusza Deji).

1. Obszar problemowy rozprawy – ocena celowości podjęcia tematu pracy

Planowanie prac projektowych stanowi jedno z kluczowych wyzwań organizacyjnych w firmach realizujących złożone przedsięwzięcia inżynierskie. Proces ten wymaga uwzględnienia złożoności projektów, które często łączą wiele dziedzin inżynierii oraz różnorodne wymagania techniczne i formalne. Niewłaściwe planowanie może prowadzić do opóźnień, wzrostu kosztów oraz obniżenia jakości rezultatów prac inżynierskich. Planowanie stanowi także podstawę do zarządzania zmianami, które często pojawiają się w trakcie realizacji prac inżynierskich. Brak spójnego planu może powodować chaos organizacyjny oraz obniżenie efektywności zespołu. Z kolei dobrze opracowany plan zwiększa przejrzystość procesu realizacji projektu. Wpływa on pozytywnie na jakość podejmowanych decyzji technicznych. Planowanie prac inżynierskich sprzyja ponadto terminowej realizacji zadań, a także pozwala na optymalizację kosztów oraz ograniczenie strat wynikających z błędów i nieefektywnych działań. W rezultacie stanowi ono fundament sprawnego i efektywnego funkcjonowania firm inżynierskich. Niestety ze względu na NP.-trudny charakter zadania optymalizacji procesu szeregowania zadań – nadal brakuje rozwiązań umożliwiających szybkie generowanie optymalnych planów – zarówno w sferze projektowania, produkcji, jak również innych obszarach działalności wymagających efektywnego zarządzania zasobami i czasem.

W świetle powyższego podjęcie przez Doktoranta próby opracowania narzędzia informatycznego wykorzystującego najnowsze technologie i wspierającego planowanie

i szybką korektę planu prac projektowych w przypadku wystąpienia zakłóceń wpisuje się bez wątplenia w bieżące potrzeby rynkowe oraz stanowi próbę wypełnienia istotnej luki w zakresie systemów doradczych wspomagających planistów prac projektowych. Tym samym celowość podjęcia tematu pracy jest bezdyskusyjna, a próba implementacji metod sztucznej inteligencji dla potrzeb zwiększenia efektywności procesu planowania potwierdza nowatorski charakter realizowanych prac badawczych.

2. Ocena struktury i zakresu pracy

W ogólnym ujęciu struktura pracy jest prawidłowa a układ prezentowanych w pracy treści jest logiczny. Praca została podzielona na dwie główne części: teoretyczną i praktyczną, co jest typowym (i prawidłowym) układem prac doktorskich. Do jedyńskich uwag o charakterze dyskusyjnym zaliczyć należy tylko:

- klasyfikację spisu symboli i skrótów oraz streszczenia jako rozdziałów pracy,
- brak celowości wydzielenia podrozdziału 8.1 (Omówienie zawartości rozdziału i metodyki przedstawionych badań), który zawiera tylko jedno zdanie,
- bardzo lakoniczne nazewnictwo poszczególnych rozdziałów i podrozdziałów pracy, uniemożliwiające identyfikację treści, które są przedmiotem poszczególnych rozdziałów (np. „Analiza literatury”, „Wyniki badań, dyskusja”, itp.).

Wyżej wymienione uwagi nie mają jednakże charakteru krytycznego, wpływającego w negatywny sposób na całościową, pozytywną ocenę pracy.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Oceniana rozprawa obejmuje swoim obszarem problematykę digitalizacji procesu planowania prac projektowych w wielobranżowych firmach projektowych. Przeprowadzone przez Doktoranta prace miały na celu zbadanie możliwości i skutków wdrożenia narzędzi cyfrowych, wykorzystujących technologie sztucznej inteligencji dla potrzeb procesów planowania i korekty planów w związku z występującymi zaburzeniami w trakcie realizacji pierwotnie przygotowanego planu. Od strony merytorycznej pracę oceniam jako dobrą. Metodologicznie praca jest poprawna a zaprezentowane rozwiązanie jest nowatorskie, spójne i mające wysoką wartość utylitarną. Niestety koncepcja implementacji modeli sztucznej inteligencji dla potrzeb planowania została opisana w sposób bardzo ogólny, co uniemożliwia jednoznaczną ocenę jej wartości naukowej a także generuje wiele pytań.

Do kluczowych uwag i pytań, które pojawiły się w trakcie czytania pracy należy zaliczyć:

1. W moim odczuciu sam tytuł pracy jest zbyt ogólny. Jako, że przedmiotem digitalizacji są procesy planowania prac projektowych, sam tytuł mógłby być sprecyzowany w sposób jednoznacznie wskazujący właśnie na te procesy. Ponadto stosowanie skrótów w tytule pracy (SI) nie powinno być stosowane.
2. W początkowej części rozdziału czwartego Autor wyjaśnia co znaczy analiza literatury. Nie ma potrzeby zamieszczania tego typu treści w pracy doktorskiej (celem pracy nie jest bowiem edukowanie czytelnika w takim zakresie).
3. W zakresie analizy literatury Autor wskazuje na „nurt literatury związany z rozpatrywaniem portfela produktów”. Jest to nie spotykane sformułowanie – dlatego też bardzo proszę o wyjaśnienie co Autor rozumie przez „rozpatrywanie portfela produktów”.
4. Na stronie 24 zawarto zdanie „*Modele stage-gate sugerują serię etapów, w których zespoły dostarczają wymagane informacje, a następnie dokonywane są decyzje na bramkach*”. Wydaje się to swoistego rodzaju skrótem myślowym. Dlatego też bardzo proszę o rozwinięcie i bardziej szczegółowe wyjaśnienie tej kwestii.
5. Na stronie 27 zawarto zdanie „*Podsumowanie zawiera sugestię, że dalsze prace powinny uwzględnić niestabilność i zmienność danych ludzkich w związku z różnymi działaniami, postawami, cechami i umiejętnościami...*”. Po jego przeczytaniu nasuwa się pytanie: Co Autor rozumie przez „zmienność danych ludzkich”?
6. Na stronie 28 (rysunek 2) zamieszczono schemat organizacyjny wielobranżowej, okrętowej inżynierskiej firmy projektowej. Jak się wydaje schemat ten przedstawia strukturę konkretnej firmy. Jeżeli tak jest w tytule rysunku lub treści pracy powinno być wskazane jakiej firmy jest to struktura (w przeciwnym wypadku można by odnieść wrażenie, że taka struktura występuje w każdej wielobranżowej, okrętowej inżynierskiej firmie projektowej).
7. Na rysunku 7 przedstawiono przebieg realizacji cyklu Deminga, podpisując go, iż jest to przebieg w wielobranżowej inżynierskiej firmie projektowej. Biorąc pod uwagę fakt, iż rysunek ilustruje uniwersalny cykl Deminga – podpis wskazujący na konkretną firmę – może wprowadzać w błąd czytelnika (bowiem pojawia się pytanie: „*Czym on się różni od cyklu Deminga stosowanym np. w firmie produkcyjnej?*”).
8. Jako jedną z trudności, z jakimi „mierzą się osoby odpowiedzialne za zarządzanie procesem projektowania na wszystkich szczeblach projektowych wskazano: „Braki w zakresie standaryzacji i rozproszenie informacji powoduje, że czas niezbędny do zbudowania transparentnego obrazu jest bardzo długi, a odpowiedzi na zadane pytania, z uwagi na czas opracowania są nieaktualne w momencie ich dostępności, czyli zazwyczaj kilka, kilkanaście

dni od momentu przekazania zapytania i prezentują one stan na dzień zapytania”. Sformułowanie to wydaje się niezrozumiałe. Zwłaszcza rodzą się pytania” (1) Co Autor ma na myśli pod pojęciem „transparentnego obrazu”? i (2) O jakie „odpowiedzi na zadanie pytania” tutaj chodzi? (tj. kto, komu i jakie pytania zadaje?).

9. Do wszystkich ze sformułowanych hipotez zostały dodane odnośniki do literatury, wskazujące na to, iż hipotezy te zostały zaczerpnięte z określonych pozycji literaturowych. Analiza pozycji literaturowych, do których zawarto odnośniki nie wskazuje jednakże na bezpośrednie sformułowanie tego typu hipotez w treści tych prac. Dlatego też pojawia się pytanie: „W jaki sposób zostały sformułowane te hipotezy i czy są one autorskimi hipotezami Doktoranta, czy też zostały zaczerpnięte z literatury?”
10. Omawiając wyniki ankiet (str. 68) Autor wskazuje iż otrzymane wyniki były poddawane analizie m.in. testem chi-kwadrat, ilorazem szans oraz testem Fischera. Niestety w pracy brak jest jakichkolwiek danych potwierdzających niniejsze informacje, a tym samym umożliwiające weryfikację ich poprawności.
11. Na zaprezentowanym na str. 72 (rys. 8) algorytmie występują błędy logiczne. Dla przykładu w przypadku pola „Dane akceptowalne” występują trzy wyjścia, podczas gdy tylko przy dwóch z nich istnieją warunki wyjścia „Tak” i „Nie”. Takie rozwiązanie nie daje możliwości przejścia do kroku „Analiza przebiegu projektów i dokumentowanie wyników w oparciu o listę zdarzeń. Podobna (choć nieco inna) sytuacja dotyczy algorytmu przedstawionego na rys. 19 (str. 119), gdzie po wyjściu z pola decyzyjnego „Czy wystąpiło zdarzenie 1” poprzez uzyskanie odpowiedzi „Tak” jest możliwość przejścia do dwóch alternatywnych ścieżek (pole „Zapis obrazu danych przed zmianą” lub „Zapis obrazu danych po zmianie”) bez określenia warunku wejścia.
12. Jak wynika z dyskusji dotyczącej efektywności wykorzystania modelu sztucznej inteligencji dla potrzeb planowania „*Dla zmiany zakresu pracy, wstrzymania realizacji projektu i opóźnienia realizacji projektu w wygenerowanych przez SI planach krótkoterminowych nie została zachowana logiczna sekwencja realizacji projektu statku*”. Brakuje jednak interpretacji tego wniosku. Nasuwa się bowiem pytanie: „*Jaka może być przyczyna braku zachowania logicznej sekwencji realizacji projektu?*”, „*Czy jest to błąd systemowy, czy po prostu nie uwzględniono odpowiednich ograniczeń na etapie definiowania zadania optymalizacji?*”.
13. W podrozdziale 9.2 zamieszczono informacje o potwierdzeniu sformułowanych w początkowej części pracy hipotez. W moim odczuciu rezultaty przedstawione w treści pracy uniemożliwiają jednoznaczne potwierdzenie hipotezy szczegółowej 3 oraz hipotezy

szczegółowej 4. O ile implementacja modelu SI potwierdza zwiększenie efektywności samego procesu planowania (zarówno jeżeli chodzi o sam czas planowania, jak i jakość opracowanych planów), o tyle brakuje jednoznacznych dowodów wskazujących na fakt, iż sama standaryzacja danych „zwiększa jakość planów generowanych przez modele SI wykorzystujące predykcję i pozwala precyzyjniej przewidywać skutki zmian i zakłóceń” (wydaje się wręcz, że bez standaryzacji danych nie było by w ogóle możliwe efektywne planowanie prac projektowych z wykorzystaniem modeli SI). W uzasadnieniu potwierdzenia hipotezy szczegółowej nr 4 Autor pisze, iż „*Badania ankietowe wykazały wysoką akceptację użytkowników dla systemów SI, o ile pozostawiają one ostateczną decyzję po stronie człowieka. Funkcjonalności wdrożone w systemie Wayman wspierały proces decyzyjny, nie zastępując go, co zwiększyło zaufanie użytkowników*”. Tyle tylko, że sama hipoteza podkreśla potrzebę intuicyjności i potrzeby postrzegania opracowanego rozwiązania jako przydatnego – a to niestety nie zostało w mojej ocenie poddane bezpośredniej weryfikacji w ramach prowadzonych badań ankietowych.

14. W opisie efektów naukowych pracy zawarto stwierdzenie, iż „*Wyniki badań empirycznych jednoznacznie wskazują, że zastosowanie rozwiązań opartych na SI pozwala na usprawnienie procesów planistycznych, zwiększenie efektywności operacyjnej oraz ograniczenie ryzyka wynikającego z nieprzewidywalności i złożoności projektów*”. Sformułowane to wydaje się pewnego rodzaju skrótem myślowym – bowiem nie określono jakiego typu ryzyko jest ograniczane poprzez zastosowanie rozwiązań wykorzystujących sztuczną inteligencję.
15. W podrozdziale 9.3 zamieszczono wniosek, iż „*Trzecim istotnym efektem naukowym jest udokumentowanie wpływu standaryzacji danych projektowych na zwiększenie jakości predykcji oraz odporności planów na zakłócenia*”. Niestety – w moim odczuciu – jest on nieco „na wyrost” - na podstawie zaprezentowanych w pracy wyników trudno jest ocenić jaki wpływ ma standaryzacja danych projektowych na jakość predykcji oraz odporności wygenerowanych planów prac projektowych na możliwe zakłócenia.

Podsumowując stwierdzam, że cała praca została przygotowana w sposób metodologicznie poprawny a jej zdecydowanie mocną stroną stanowi jej wysoka wartość użyteczna. Na bardzo pozytywną ocenę zasługuje też rzetelna dyskusja dotycząca osiągniętych rezultatów – obejmująca nie tylko zalety opracowanego rozwiązania, ale (co jest bardzo rzadko spotykane w pracach doktorskich) również jego słabe strony. Jako mankament pracy można zaliczyć bardzo pobieżny sposób prezentacji sposobu implementacji sztucznej inteligencji dla potrzeb digitalizacji procesu

planowania prac projektowych w wielobranżowych firmach projektowych (tak naprawdę po przeczytaniu pracy nawet nie wiadomo jakie metody sztucznej inteligencji zostały wykorzystane dla potrzeb zwiększenia efektywności procesu planowania). Ponadto pewne zastrzeżenia budzi również niska jakość wykonanych badań ankietowych. O ile próba badawcza jest imponująca – o tyle sam kwestionariusz ankiety jest bardzo ogólny i w moim odczuciu nie daje możliwości osiągnięcia (zdefiniowanego na stronie 57) celu tego etapu badań (tj. Weryfikacja tezy dotyczącej wyboru procesu planowania jako cechującego się największym potencjałem na zwiększenie efektywności przy użyciu SI i metod statystycznych).

4. Ocena formalna pracy

Strona estetyczna pracy nie stanowi zastrzeżeń. Praca została przygotowana starannie, a prezentowane treści ilustrowane są umiejętnie rysunkami i tabelami – co znacznie zwiększa przejrzystość i ułatwia czytanie pracy (choć niektóre z rysunków (jak np. rys. 3 na str. 38 czy rys. 26 na str. 26)) są mało widoczne. Autor posługuje się językiem właściwym dla prac naukowych (choć w niektórych fragmentach pracy zamiennie forma bezosobowa i forma osobowa). Pojawiające się w pracy błędy o charakterze stylistycznym i gramatycznym mają charakter bardzo sporadyczny a ich przykładami są np.:

- błędy stylistyczne:
 - s. 24 – „*Aktualnie teoretycy zwracają uwagę na potrzebę poszerzenia tego rozumienia...*”,
 - s. 25 – „*... nie są to badania, które pozostają w linii z celem analizy.*”,
 - s. 25 – „*Widoczna luka badawcza zaczyna się uwidaczniać...*”,
 - s. 26 – „*Nowe cechy modelu zostały przetłumaczone na dodatkowe elementy strategii...*”,
 - s. 31 – „*Wielobranżowa firma projektowa w wyniku sinusoidalnego w czasie charakteru obciążenia...*”,
 - s. 34 (tytuł podrozdziału 5.6) – „*Analiza potencjału procesów na implementację rozwiązań opartych na SI*”,
 - s. 84 – „*Funkcją celu była minimalizacja opóźnień i równoważne obciążenie projektantów*” (chyba Autor miał na myśli „*równomierne obciążenie projektantów*”),
 - s. 141 – „*...że w trakcie edycji przez użytkownika planu terminowego moduł przechwytyje każde zdarzenie...*”.

- błędy gramatyczne:
 - s. 33 – tytuł podrozdziału 5.7: „*Wpływ zintegrowanych systemów zarządzania*” (brakuje określenia „na co ten wpływ”,
 - s. 47 – „*Mając na uwadze niski poziom marży jakim dysponują wielobranżowe inżynierskie firmy projektowe (zazwyczaj około 6%),*
 - s. 92 – „*W toku realizowanych badań i prac wdrożeniowych wybrano rozwiązanie API firmy OpenAI. Które zdobyło w toku badań ankietowych prowadzonych w firmie Wayman 84% możliwych punktów*”,
 - s. 94 – „*Kierownicy projektów, kierownicy pracowni projektowych, wiodący projektanci branżowi.*” (to nie jest zdanie),
 - s. 95 – „*Modułu usprawniającego ręczną segmentacją i proces kwalifikowania danych oraz modułu realizującego te same czynności przy użyciu narzędzi opartych o model SI*”.
- błędy o charakterze edytorskim:
 - s. 24 – jest: „*Te podejście...*”, powinno być: „*To podejście...*”,
 - s. 27 – jest: „*...(Cyber-Physical systems)...*”, powinno być: „*...(Cyber-Physical Systems)...*” lub „*...(cyber-physical systems)...*”,
 - s. 32 – jest: „*...stosowane jest zróżnicowana terminologia*”, powinno być: „*...stosowana jest zróżnicowana terminologia*”,
 - s. 34 – jest: „*Opis potencjału poszczególnych procesów... zostało wykonane...*”, powinno być: „*Opis potencjału poszczególnych procesów... został wykonany...*”,
 - s. 37 – jest: „*... jednostka obciążenia jest miesiąc...*”, powinno być: „*... jednostką obciążenia jest miesiąc...*”,
 - s. 44 - jest: „*...dlatego powszechnie wymagane jest dokumentacja...*”, powinno być: „*...dlatego powszechnie wymagana jest dokumentacja ...*”,
 - s. 45 - jest: „*Nie dziwi zatem zainteresowanie środowiska naukowego tą tematyką.*”, powinno być: „*Nie dziwi zatem zainteresowanie środowiska naukowego tą tematyką.*”,
 - s. 56 - jest: „*Badania realizowane były w celu opracowania, przetestowania i wdrożenie narzędzi wspierających...*”, powinno być: „*Badania realizowane były w celu opracowania, przetestowania i wdrożenia narzędzi wspierających...*”,
 - s. 57 - jest: „*...(zdanie wdrożeniowe I)...*”, powinno być: „*...(zadanie wdrożeniowe I)...*”,
 - s. 64 - jest: „*...w ramach procesu reakcji na zaburzenia...*”, powinno być: „*...w ramach procesu reakcji na zaburzenia...*”,

w wielobranżowych firmach projektowych. Przedstawiona do oceny praca potwierdza, iż Doktorant wykazała się znajomością literatury z zakresu przedmiotu rozprawy, a także umiejętnością doboru i praktycznego wykorzystania istniejących metod i narzędzi dla potrzeb projektowania systemów doradczych. Zauważone w rozprawie doktorskiej nieprawidłowości nie mają charakteru krytycznego, a oceniana praca odpowiada współczesnemu standardowi prac doktorskich. Dlatego też uważam, iż opiniowana praca spełnia warunki stawiane przez art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.) w dyscyplinie „Inżynieria mechaniczna” i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Aleksander Gola