

Warszawa, 12 maja 2026 roku

Prof. dr hab. inż. Konrad Lewczuk
Wydział Transportu, Politechnika Warszawska
ul. Koszykowa 75,
00-662 Warszawa,
Konrad.Lewczuk@pw.edu.pl
Tel. +48 22 234 74 91

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra inż. Wojciecha Rupika
pt. Opracowanie metody oceny zależności między odpornością na zakłócenia systemu logistycznego, a niezawodnością dostaw wyrobów branży zaawansowanych technologii

Promotor prof. dr hab. inż. Lech Bukowski

1 Podstawa wykonania recenzji

Recenzja opracowana została na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Bezpieczeństwa Akademii WSB (pismo z dnia 3 marca 2025 r., uchwała nr 5/2025/2026 z dnia 24 lutego 2026 r. w sprawie powołania recenzentów rozprawy doktorskiej mgra inż. Wojciecha Rupika), na podstawie Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571).

Wraz z pismem przesłano w formie drukowanej rozprawę doktorską autorstwa mgra inż. Wojciecha Rupika pt. *Opracowanie metody oceny zależności między odpornością na zakłócenia systemu logistycznego, a niezawodnością dostaw wyrobów branży zaawansowanych technologii*.

Recenzja stanowi element postępowania o nadanie Panu mgr inż. Wojciechowi Rupikowi stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria bezpieczeństwa.

2 Ogólna charakterystyka pracy

Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest badanie zależności między odpornością na zakłócenia elementów systemu logistycznego firmy produkcyjnej (producent specjalistycznych wyrobów optycznych), a niezawodnością dostaw wyrobów gotowych firmy z wykorzystaniem modelu cyfrowego, symulacji oraz analizy scenariuszowej. Autor koncentruje się na łańcuchu dostaw przedsiębiorstwa z branży zaawansowanych technologii, identyfikując źródła zakłóceń, miary odporności i niezawodności oraz możliwe działania optymalizacyjne ukierunkowane na zwiększenie niezawodności procesów.

Temat został przedstawiony przez Doktoranta w formie rozprawy w języku polskim, która obejmuje:

- 165 stron tekstu zasadniczego wraz ze spisami, streszczeniami, załącznikami oraz oświadczeniami Promotora oraz Doktoranta (2 strony),
- bibliografię liczącą 167 pozycji, w większości będących artykułami, monografiami i materiałami konferencyjnymi w języku angielskim i niemieckim (bez pozycji współautorskich Doktoranta) oraz nieklasyfikowanymi materiałami internetowymi,
- 7 rozdziałów numerowanych, oddzielne Podsumowanie, spis tabel, spis wykresów i spis rysunków, załączniki oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

W egzemplarzu przekazanym do recenzji na końcu znalazły się także strony, które wydają się niezwiązane z treścią rozprawy i prawdopodobnie zostały dołączone omyłkowo.

Zasadnicza treść rozprawy zawarta jest w rozdziałach 4. – 7., częściowo 3. oraz w Podsumowaniu. Rozdziały 1. i 2. i częściowo 3. mają charakter wstępu teoretycznego. Rozprawa ma formę książkową, a jej układ jest zasadniczo zgodny z przyjętą dla dysertacji formą.

W rozprawie najpierw opisano zjawiska i okoliczności leżące u podstaw zagadnienia stanowiącego temat badań, następnie omówiono branżę i podmiot badań w zakresie zainteresowania rozprawy i sformułowano założenia metody oceny zależności między odpornością na zakłócenia systemu logistycznego firmy a niezawodnością dostaw jej wyrobów gotowych. Doktorant wykorzystał kilka różnych podejść badawczych, w tym metodę analizy systemowej IDEF0 i elementy symulacji (typu DES). Wyniki zastosowania metody zostały przedyskutowane i na tej podstawie sformułowano wnioski kończące rozprawę oraz rekomendacje dla badanego podmiotu obejmujące również kierunki dalszych prac. Rozprawa nie zawiera sformułowanego wprost przeglądu literatury/stanu wiedzy, ale jest on ujawniany w kolejnych rozdziałach, wraz z kolejnymi elementami tematu. Zastosowane przez Doktoranta podejście nie jest jednak uporządkowane.

W rozdziale 1.2 Doktorant sformułował cel badawczy, którym jest „opracowanie metody opartej na modelu cyfrowym pozwalającej na zapewnienie optymalnego poziomu odporności łańcucha dostaw przedsiębiorstwa z branży zaawansowanych technologii na możliwe zagrożenia” oraz zestaw celów cząstkowych. Doktorat wyraźnie oparty jest o analizę przypadku określonej firmy o nieujawnionej nazwie.

W kolejnych rozdziałach Autor realizuje swoje zamierzenie badawcze. Podstawowe elementy składowe rozprawy, sformułowanie celu, tezy i wniosków są ogólnie prawidłowe oraz pozostają w zgodności z przyjętymi zasadami pisania pracy naukowej, chociaż pewne uwagi w zakresie struktury rozprawy sformułowano w dalszej części recenzji.

Widoczny jest dość wyraźny podział na część poświęconą bieżącemu stanowi wiedzy oraz część praktyczną, w której Doktorant zaprezentował przykłady analityczne na bazie danych pozyskanych z firmy. Badania zostały udokumentowane za pomocą grafik oraz tabel.

Stwierdzam, że struktura pracy w ogólności odpowiada charakterowi dysertacyjnemu, a język rozprawy i dobór literatury świadczą o wystarczającej znajomości podjętej przez Doktoranta problematyki.

3 Ocena doboru tematu

Procesy logistyczne oraz łańcuchy dostaw odgrywają jedną z kluczowych ról w funkcjonowaniu przedsiębiorstw produkcyjnych, w tym sektorów strategicznych oraz gospodarki jako całości. Projektowanie procesów logistycznych nie ogranicza się wyłącznie do zapewnienia efektywnego przepływu materiałów, lecz obejmuje również utrzymanie ciągłości procesów produkcyjnych, zdolności realizacji zobowiązań wobec klientów oraz stabilności operacyjnej przedsiębiorstw w warunkach rosnącej niepewności. Współczesne łańcuchy dostaw są coraz bardziej rozproszone, wielopoziomowe i uzależnione od globalnych powiązań gospodarczych, technologicznych oraz politycznych, co zwiększa ich podatność na zakłócenia.

W ostatnich latach szczególnego znaczenia nabrał problem odporności łańcuchów dostaw na zakłócenia. Znaczące napięcia geopolityczne oraz wydarzenia globalne ostatnich lat ograniczające dostęp do surowców i komponentów oraz zaburzenia w transporcie międzynarodowym ujawniły ograniczenia wcześniejszych paradygmatów zarządzania logistycznego, w tym koncepcji Just in Time, minimalizacji zapasów i traktowania globalizacji jako instrumentu obniżania kosztów. Doświadczenia pokazały, że nadmierna koncentracja na efektywności kosztowej może prowadzić do obniżenia zdolności systemów logistycznych do absorpcji, adaptacji i odbudowy po wystąpieniu zakłóceń.

Duże znaczenie problem ten ma dla branży zaawansowanych technologii wytwarzającej produkty o wysokim poziomie złożoności, często przy niskiej powtarzalności, wysokiej indywidualizacji, ścisłych wymagań jakościowych oraz ograniczonej dostępności materiałów wejściowych. W takich warunkach zakłócenia w dostawach materiałów mogą bezpośrednio oddziaływać na stabilność produkcji i terminowość realizacji zamówień. Jednocześnie typowe rozwiązania planistyczne, wykorzystywane w bardziej powtarzalnych środowiskach produkcyjnych, mogą okazywać się niewystarczające dla systemów charakteryzujących się wysoką zmiennością asortymentową, technologiczną i popytową.

W świetle powyższego dobór tematu rozprawy należy ocenić jako trafny, również z punktu widzenia strategicznego znaczenia branży zaawansowanych technologii. W rozprawie szczególną uwagę zwrócono na system logistyczny producenta szklanych elementów optycznych oraz na segment CaF_2 , związany z wykorzystaniem kryształów fluorku wapnia w produkcji elementów optycznych stosowanych m.in. w technologiach ultrafioletowych, mikrolitografii oraz wytwarzaniu układów scalonych. Tak określony obszar badawczy jest wąski, ale jednocześnie uzasadniony, ponieważ dotyczy łańcucha dostaw o wysokiej specjalizacji, ograniczonej substytucyjności i znacznym potencjale aplikacyjnym.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że Doktorant nie ograniczył się do ogólnej analizy odporności łańcucha dostaw, lecz skoncentrował się na zależności między odpornością systemu logistycznego na zakłócenia a niezawodnością dostaw wyrobów gotowych. Jest to ujęcie istotne poznawczo, ponieważ pozwala przejść od ogólnego, często opisowego rozumienia odporności do próby jej operacjonalizacji i powiązania z mierzalnymi efektami. Jednocześnie jest to ujęcie istotne praktycznie, ponieważ niezawodność dostaw stanowi jedną z podstawowych kategorii oceny dostawcy przez klientów przemysłowych, zwłaszcza w relacjach B2B oraz w sektorach o wysokich wymaganiach jakościowych i terminowych.

Wybór problematyki badawczej należy uznać za aktualny także w kontekście rozwoju teorii i praktyki zarządzania odpornością systemów logistycznych. W praktyce obserwowane

jest przejście od podejść reaktywnych, skoncentrowanych głównie na zarządzaniu ryzykiem i planach ciągłości działania, do podejść ilościowych, modelowych i symulacyjnych, umożliwiających badanie wpływu różnych typów zakłóceń na system. W tym kontekście opracowanie metody opartej na modelu cyfrowym, umożliwiającej analizę scenariuszową i ocenę skutków zakłóceń jako zagadnienie badawcze odpowiada współczesnym kierunkom rozwoju logistyki, cyfryzacji procesów oraz zarządzania łańcuchem dostaw.

Pozytywnie należy ocenić potencjalny dobór narzędzi badawczych. W rozprawie postulowane jest wykorzystanie analizy strukturalnej w notacji IDEF0, modelowania cyfrowego, symulacji komputerowej i analizy scenariuszowej na danych rzeczywistych. Zestaw ten należy uznać za adekwatny do celu pracy. Wartościowe jest podejście zakładające badania nie pojedynczych, izolowanych zakłóceń, lecz ich kombinacji oraz interakcji, co lepiej odpowiada rzeczywistym warunkom funkcjonowania współczesnych łańcuchów dostaw.

Temat i jego zakres jest ambitny, ale zasadniczo prawidłowo ukierunkowany. Badanie konkretnego przedsiębiorstwa oraz wybranego segmentu materiałowego ogranicza uniwersalność wyników, jednak jednocześnie zwiększa ich wiarygodność aplikacyjną i pozwala na głębszą analizę rzeczywistego systemu logistycznego.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że temat rozprawy został dobrany trafnie, a jego realizacja wpisuje się w aktualne kierunki badań naukowych w obszarze logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw. Podjęta problematyka oferuje potencjał poznawczy, ponieważ dotyczy pomiaru i modelowania odporności systemu logistycznego, oraz potencjał aplikacyjny, ponieważ wyniki badań mogą wspierać decyzje dotyczące kształtowania zapasów bezpieczeństwa, planów dostaw, identyfikacji źródeł zakłóceń oraz ograniczania wrażliwości badanego łańcucha dostaw.

Podjęte przez Doktoranta zagadnienie posiada wyraźny potencjał badawczy i jest dysertabilne. Temat odpowiada również idei badań stosowanych, ponieważ łączy rozwój metody oceny odporności systemu logistycznego z możliwością jej praktycznego wykorzystania w przedsiębiorstwie produkcyjnym działającym w sektorze zaawansowanych technologii.

4 Analiza treści rozprawy

Praca rozpoczyna się od rozdziału **pierwszego** pt. *Wprowadzenie* (5 stron), w którym Doktorant przedstawił skrótowo tło problemowe rozprawy, uzasadnił wybór tematu oraz wskazał potencjalną lukę badawczą i aplikacyjną pokrywającą się z obserwacjami omówionymi w punkcie 3. recenzji, związaną z oceną zależności między odpornością systemu logistycznego a niezawodnością dostaw w badanym typie przedsiębiorstwa. Doktorant sformułował kolejno: 1/ cel główny pracy, 2/ cele cząstkowe, 3/ etapy pracy. Dodatkowo postawił hipotezę badawczą, która może być interpretowana jako teza pracy. Doktorant wskazał konkretne metody badawcze: ankietę, obserwację naukową, analizę strukturalną (IDEF0), modelowanie cyfrowe, symulację komputerową i analizę scenariuszową, a także wykorzystanie danych historycznych firmy. Zakres metodyczny został określony poprawnie, choć już na tym etapie widoczne są pewne niekonsekwencje pojęciowe między odpornością systemu logistycznego i łańcucha dostaw czy bezpieczeństwem dostaw.

Rozdział **drugi** *Zarządzanie łańcuchem dostaw w świetle aktualnych badań* (23 strony) stanowi przegląd literatury dotyczącej logistyki, systemów logistycznych, łańcuchów dostaw, zarządzania łańcuchem dostaw oraz odporności organizacji na zakłócenia. Autor omawia rozwój logistyki, odwołując się do jej historycznych źródeł, następnie przedstawia podstawowe podsystemy logistyczne przedsiębiorstwa produkcyjnego: w obszarze zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji i zwrotów. Kolejno Doktorant przechodzi do koncepcji łańcucha logistycznego, łańcucha dostaw i sieci dostaw, a następnie omawia klasyczne oraz współczesne koncepcje zarządzania, w tym SRM, Just in Time, Lean Manufacturing i Print on Demand.

W dalszej części rozdziału przedstawia aktualnie dostępne rozwiązania w obszarze bezpieczeństwa dostaw oraz rolę zarządzania łańcuchem dostaw w kształtowaniu odporności organizacji na zakłócenia. Doktorant proponuje analizę SWOT obszaru zarządzania łańcuchem dostaw, gdzie wskazuje m.in. znaczenie digitalizacji, sztucznej inteligencji, dywersyfikacji sieci dostaw oraz zagrożenia wynikające z globalnego rozproszenia uczestników łańcucha. To pozwala na wskazanie sprzeczności celów w obszarze odporności, wydajności i zrównoważonego rozwoju. Rozdział ma charakter szerokiego wprowadzenia teoretycznego, w większości podręcznikowego. Część historyczna i definicyjna jest obszerna w relacji do zasadniczego celu rozprawy. Większą wartość dla dalszych badań miałyby bardziej syntetyczna koncentracja na miarach odporności, modelach odporności łańcucha dostaw oraz metodach oceny niezawodności dostaw.

Rozdział **trzeci** pt. *Branża zaawansowanych technologii* (15 stron) poświęcono omówieniu sektora, w którym funkcjonuje badany podmiot. Doktorant omawia specyfikę przedsiębiorstw zaawansowanych technologii, wskazując na wysoki poziom innowacyjności, złożoność techniczną produktów, wysokie nakłady R&D, wysokie wymagania jakościowe oraz funkcjonowanie na rynku B2B i B2C. Następnie przedstawia specyfikę sieci dostaw w branży. Autor słusznie zwraca uwagę na znaczenie surowców i komponentów krytycznych. Przedstawia również strategiczne postrzeganie branży zaawansowanych technologii, odwołując się do jej znaczenia w obszarze bezpieczeństwa. Rozdział uzasadnia wybór branży jako obszaru badań, choć miejscami tła tylko częściowo oddając specyfikę badanego podmiotu.

W rozdziale **czwartym** pt. *Przygotowanie do badań symulacyjnych* (19 stron) Doktorant przedstawia sytuację wyjściową, wskazując na wybrany podmiot i dokonuje analizy jego podsystemu logistycznego za pomocą metody IDEF0 w celu dekompozycji procesów oraz ujawnienia wewnętrznej dynamiki procesów. Część ta, w zamyśle Doktoranta, ma zbudować podstawę dla dalszego modelowania cyfrowego. Dalej Doktorant zestawia i klasyfikuje źródła danych do modelu cyfrowego. Wśród danych wejściowych wskazał m.in. strategię planowania produkcji, zapasy bezpieczeństwa, kontrakty zakupowe, prognozy zapotrzebowania, opis outsourcingu produkcji, zdolności produkcyjne, terminy ważności, ograniczenia magazynowe, czasy dostaw i gwarancje odbioru produktów. Rozdział ma charakter przygotowawczy, ale jest istotnym elementem rozprawy, ponieważ porządkuje dane i granice modelu symulacyjnego.

Rozdział **piąty** pt. *Przedsiębiorstwo z branży zaawansowanych technologii* (28 stron) zawiera opis badanego podmiotu – producenta szklanych, zaawansowanych elementów optycznych oraz sektor, w którym działa. W dalszej części analizuje stan istniejący segmentu CaF₂ w podmiocie, opisuje proces produkcyjny, strukturę materiałową oraz charakter produkcji seryjnej i jednorazowej. W rozdziale zdefiniowano także potencjalne zakłócenia, ustawienia parametrów modelu, wskaźniki oraz macierze wykorzystywane w dalszych badaniach.

Rozdział piąty jest obszerny i ma wartość empiryczną, chociaż dyskusyjna jest kolejność prezentowanych treści.

Rozdział **szósty**, pt. *Badania symulacyjne łańcucha dostaw* (28 stron) stanowi zasadniczą część badawczą rozprawy. Doktorant przedstawia swój model cyfrowy (w Microsoft Excel) oparty na statycznych danych wejściowych uwzględniający m.in. procesy produkcji jednorazowej oraz prognozy sprzedaży, dostaw oraz stanów magazynowych. W modelu uwzględniono poziomy materiału wejściowego, półproduktu oraz produktu gotowego. Dla oceny skutków zakłóceń zastosowano m.in. wskaźniki braków materiału wejściowego, odniesienia materiału i półproduktu do zapasu bezpieczeństwa oraz DIFOT. W dalszej części Doktorant dotyka problemu wrażliwości modelu, przedstawia scenariusze robocze („bardzo prawdopodobny”, „prawdopodobny” oraz „najbardziej ekstremalny przypadek”), w tym oparte na badaniach ankietowych, i podejmuje się ulepszenia modelu w celu ponownej symulacji. Zmiany obejmują m.in. wzrost zapotrzebowania materiałowego w produkcji jednorazowej, wzrost strat materiałowych, brak kompletności dostaw materiału wejściowego, opóźnienia dostaw, wydłużenie czasu wykonywania kroku produkcyjnego przez partnera, wydłużenie czasu produkcji oraz wzrost zapotrzebowania na produkty seryjne. Jest to zasadnicza część rozprawy, ponieważ integruje dane, wiedzę ekspercką Doktoranta, zaproponowany model cyfrowy i analizę scenariuszową w celu zbadania wpływu zakłóceń na niezawodność dostaw.

Próba optymalizacji modelu wynika z zaobserwowanych nieracjonalnych wyników analiz. Autor deklaruje wykorzystanie sztucznej inteligencji do dopasowania ustawień modelu, jednakże nie ma to pokrycia w rozprawie. Rozdział szósty należy uznać za główną część empiryczną rozprawy.

Rozdział **siódmy**, pt. *Wnioski* (12 stron) obejmuje obserwacje dokonane przez Doktoranta, opis metody, zalecenia dla badanego podmiotu oraz kierunki dalszych badań. W podrozdziale 7.2 przedstawia swoją pięcioetapową metodę oceny zależności między odpornością na zakłócenia systemu logistycznego a niezawodnością dostaw wyrobów gotowych. Ujęcie to porządkuje tok rozprawy i nadaje ustaleniom postać procedury potencjalnie możliwej do zastosowania w innych podmiotach gospodarczych o podobnym profilu. Z punktu widzenia struktury pracy należy zauważyć, że pełniejszy opis badanej metody pojawia się dopiero w rozdziale kończącym. Zalecenia praktyczne dotyczą m.in. korygowania zapasów bezpieczeństwa, planów dostaw, organizacji produkcji i systematycznego powtarzania analizy. Autor rekomenduje utworzenie zespołu zarządczego w firmie, regularną aktualizację oceny systemu, wprowadzenie narzędzia cyfrowego i rozszerzenie metody o kwestie finansowe. Kierunki te są zasadne, ponieważ obecna metoda wymaga wiedzy eksperckiej i znajomości specyfiki branży, a aspekt kosztowy jest niezbędny dla praktycznej implementacji rekomendacji.

Rozprawę kończy *Podsumowanie* (2 strony), w którym Doktorant dokonuje syntezy swoich osiągnięć: opracowania pewnych miar oceny odporności, budowy modelu cyfrowego, symulacji zakłóceń, opracowania metody oceny poziomu odporności sieci dostaw oraz identyfikację obszarów zabezpieczających utrzymanie bezpieczeństwa dostaw.

Literatura wykazana w *Spisie literatury* jest obszerna i obejmuje 167 pozycji. Zawiera publikacje naukowe, monografie, źródła branżowe, raporty roczne przedsiębiorstw oraz materiały internetowe. Dobór literatury jest odpowiedni do interdyscyplinarnego charakteru rozprawy. Widoczny jest znaczny udział literatury aktualnej, w tym pozycji z lat 2023-2025.

Jednocześnie część źródeł branżowych i internetowych powinna być traktowana pomocniczo, zwłaszcza tam, gdzie Doktorant formułuje wnioski o charakterze naukowym.

5 Ocena merytoryczna rozprawy i jej celu

Zamierzenie Doktoranta sformułowane w postaci celu rozprawy – „opracowanie metody opartej na modelu cyfrowym pozwalającej na zapewnienie optymalnego poziomu odporności łańcucha dostaw przedsiębiorstwa z branży zaawansowanych technologii na możliwe zagrożenia” można uznać za zrealizowane w stopniu dostatecznym, przede wszystkim w wymiarze metodyczno-aplikacyjnym, z pewnymi ograniczeniami w zakresie uniwersalizacji metody i formalizacji teoretycznej.

Cele rozprawy doktorskiej obejmowały realizację następujących celów szczegółowych:

- zdefiniowanie miary do oceny niezawodności dostaw oraz odporność łańcucha dostaw z uwzględnieniem (...) niepewności,
- opracowanie wskaźników do mierzenia niezawodności oraz odporności łańcucha dostaw z uwzględnieniem (...) niepewności,
- budowa modelu cyfrowego w celu symulacji wpływu zakłóceń i ich kombinacji,
- analiza związków przyczynowo-skutkowych między kombinacjami zakłóceń w obszarze dostawy, produkcji i dystrybucji a niezawodnością dostaw wyrobów gotowych,
- ocena oraz propozycje rozwiązań mających na celu zmniejszenie wrażliwości łańcucha dostaw badanego podmiotu na zakłócenia dostaw materiałów.

Tak postawiony cel można uznać za poprawny i spójny. Nakreśla on obszar badań Doktoranta oraz wskazuje zaplanowane do osiągnięcia wyniki teoretyczne i użytkowe. Teza badawcza sformułowana w rozdziale 1.4 (*Hipotezy badawcze*) została w stopniu dostatecznym uprawdopodobniona w granicach przyjętego modelu, badanego przypadku oraz założeń parametrycznych, a zaplanowany zakres prac zasadniczo zrealizowany z zastrzeżeniami sformułowanymi w punkcie 6. recenzji.

O oryginalności badań Doktoranta stanowią następujące osiągnięcia:

- opracowanie autorskiej procedury oceny zależności między odpornością systemu logistycznego na zakłócenia a niezawodnością dostaw wyrobów gotowych,
- opis odporności i niezawodności dostaw poprzez zestaw mierników możliwych do zastosowania w analizie symulacyjnej,
- propozycja modelu cyfrowego badanego systemu, opartego na danych empirycznych oraz parametrach odzwierciedlających rzeczywiste ograniczenia operacyjne,
- uwzględnienie kombinacji zakłóceń w badaniach symulacyjnych, a nie wyłącznie pojedynczych zdarzeń zakłócających, co zwiększa realizm analizy odporności systemu.

Oryginalność tych osiągnięć ma przede wszystkim charakter metodyczno-aplikacyjny, nie zaś teoretyczny.

Za zasadniczą część rozprawy oraz podstawę oceny jej oryginalności należy uznać rozdziały od 4. do 7., w których Doktorant opracowuje i stosuje własną procedurę badawczą. Plan i realizacja prac badawczych wystawiają Doktorantowi pozytywną ocenę w dziedzinie badania i modelowania zjawisk w systemach logistycznych. Rozprawa dostarcza pewnych nowych ustaleń naukowych z potencjałem implementacyjnym.

Komunikatywność rozprawy jest dostateczna –warstwa językowa, redakcyjna i stylistyczna, a zwłaszcza układ treści wymagałaby korekty. Pewne zastrzeżenia w tym zakresie sformułowano w punkcie 6. recenzji.

Reasumując, stwierdzam, że zarówno teoretyczny jak i praktyczny cel rozprawy został osiągnięty w wystarczającym stopniu, a moja ocena merytoryczna rozprawy jest pozytywna.

6 Uwagi do rozprawy i pytania

Sformułowane poniżej uwagi i pytania mają na celu uporządkowanie niektórych aspektów rozprawy oraz ukierunkowanie przyszłych prac Doktoranta.

Uwagi ogólne:

1. Tok rozprawy nie jest uporządkowany. Doktorant omawia wybrane zagadnienia niespójnie, powtarzając treści, robiąc znaczne skróty myślowe i nie zachowując ciągu przyczynowo-skutkowego. Część elementów uzasadniających i metodycznych pojawia się dopiero po ich aplikacyjnym wykorzystaniu. Luka badawcza (rozdz. 1.1 i 1.2) i teza (rozdz. 1.4) są formułowane już we wprowadzeniu, przed analizą stanu wiedzy, która znajduje się dopiero później (począwszy od rozdz. 2). We wstępie nie ma wprowadzenia do charakterystyki branży. Następnie analiza systemu logistycznego badanego podmiotu i przygotowanie do symulacji (rozdz. 4) poprzedzają opis przedsiębiorstwa oraz wybór segmentu branżowego (rozdz. 5), choć logicznie najpierw powinien zostać określony obiekt badań, a dopiero potem opisany jego system logistyczny. Również plan badań symulacyjnych (rozdz. 4.4) pojawia się przed zasadniczym zdefiniowaniem danych (rozdz. 5.4), parametrów, wskaźników i konstrukcji modelu, które są omawiane dopiero w kolejnych rozdziałach (rozdz. 5.4 i 6.1). Scenariusze badawcze (rozdz. 6.2) formułowane są dopiero po wstępnych badaniach symulacyjnych. Najpoważniejszym problemem strukturalnym jest jednak to, że formalny opis metody, będącej głównym rezultatem rozprawy (rozdz. 7.2), znajduje się dopiero po przeprowadzeniu badań symulacyjnych (rozdz. 6), zamiast przed jej zastosowaniem i weryfikacją. W konsekwencji rozprawa nie prowadzi czytelnika w klasycznej sekwencji zaczynającej się od zdefiniowania problemu badawczego, stanu wiedzy, przez zdefiniowanie luki badawczej, propozycję metody, sformułowanie modelu, aż do badań nad modelem, wyników i wniosków, lecz częściowo rekonstruuje metodę dopiero po przedstawieniu rezultatów. Czytelność i spójność rozprawy znacznie zwiększyłaby się po uporządkowaniu. Stan taki bardzo utrudnia percepcję treści i wymaga wysiłku od czytelnika. Tym samym styl pisarski rozprawy utrudnia odbiór pracy.
2. Doktorant w wielu miejscach rozprawy odnosi się do pojęcia „optymalności” (np. str. 6) jednocześnie nie dostarczając formalnych (tj. opartych na funkcji celu) podstaw stwierdzenia optymalności badanych kwestii. Pojęcie to stosowane jest w rozumieniu potocznym.
3. W tekście rozprawy Doktorant stosuje stylistycznie ryzykowne konstrukcje, np.: „zalecenia operatywne” (s. 6), „po lewej stronie łańcucha dostaw” (s. 18), „namnożeniu się międzynarodowych firm” (s. 22), „dizajn produktu, dizajn danych, techniczny dizajn” (s. 40) itp.

4. Definiując cel główny badań (s. 9) Doktorant pominął słowo „oceny”, które występuje w temacie rozprawy. Nie pojawia się ono też w tezie badawczej (s. 12). W celu rozprawy postuluje „opracowanie metody (...) pozwalającej na zapewnienie optymalnego poziomu odporności (...)”, zaś w tezie „opracowanie metody (...) która wskaże zależności między odpornością (...), a niezawodnością”. Pomimo, że rozprawa sama w sobie dotyczy oceny, to istotne jest ujęcie tego w celach, a następnie strukturze pracy. Aktualnie „ocena” wymieniana jest w rozprawie jako pewien kontekst, a nie punkt centralny. Nie zmienia to zasadniczo charakteru badań, ale wprowadza dysonans między tytułem a treścią.
5. Formułując cel i zakres pracy w rozdz. 1.2 Doktorant stwierdza, że „efektem będzie zaproponowanie (...) przedsięwzięć mających na celu zmniejszenie wrażliwości łańcucha dostaw badanego przedsiębiorstwa”, co nadaje rozprawie silnie aplikacyjny, miejscami doradczy charakter. Dopiero w rozdziale 7. dokonuje uniwersalizacji podejścia, która powinna być realizowana od początku badań. Dodatkowo wprowadza do celu badań pojęcie „wrażliwości” (ang. *vulnerability?*), które nie jest w rozprawie powiązane dostatecznie z pojęciem odporności.
6. Doktorant zamiennie używa pojęć wskaźnik i miara, podczas gdy pojęcia te nie są tożsame.
7. Rozdział 2.1. *Rozwój logistyki na przestrzeni lat* w dużej części przedstawia nadmiarowe z punktu widzenia celu rozprawy treści o charakterze podręcznikowym. Podobnie treści ogólne w dalszych rozdziałach (np. 3.1, 3.4, 4.2, 5.2 i kolejnych). Doktorant powinien raczej dokonać wyboru treści bezpośrednio związanych z badaniem odporności systemów logistycznych i następnie syntezy stanu wiedzy w tym zakresie.
8. W wielu przypadkach pojęcia „sieć logistyczna”, „łańcuch dostaw” i „system logistyczny” są używane zamiennie (np. s. 32). Korzystne byłoby wprowadzenie jednoznacznej klasyfikacji tych pojęć i konsekwentne wykorzystywanie. Niespójność pojęć utrudnia identyfikację rzeczywistego przedmiotu badań.
9. Analiza SWOT w tabeli 2 (s. 34) jest nieprecyzyjna. Pomieszczone zostały poziomy analizy, tj. cechy zarządzania łańcuchem dostaw, uwarunkowania globalne i problemy branżowe. Część czynników zaklasyfikowano błędnie, np. działania naprawcze jako mocne strony, a ryzyka sieci jako słabe strony. Analiza nie jest wykorzystywana w dalszej części rozprawy.
10. Plan budowy modelu symulacyjnego (rozdz. 4.4) ma niespójną strukturę. Wybór materiałów i wizualizacje poprzedzają formalne zdefiniowanie modelu, zmiennych, kryteriów i walidacji, a scenariusze tworzy się przed analizą ryzyka przez ekspertów. Symulacja poprzedza właściwą analizę wrażliwości, a ankieta ma korygować model dopiero po wynikach. Optymalizacja z wykorzystaniem AI nie ma jawnych kryteriów oceny. Występuje też zdublowana numeracja etapu XIX.
11. Część założeń dokonywanych przez Doktoranta ma charakter arbitralny, z pewnością poparty dużą wiedzą ekspercką, ale nie ustaleniami naukowymi (np. aktywacja parametrów w tabeli 4, wielkość zapasów bezpieczeństwa (s. 87), zakresy zmienności parametrów (tabela 7), dobór parametrów „optymalizacji” modelu itp.). W przyszłości pożądanym byłoby przeprowadzenie systematycznego badania zmienności parametrów i ich wpływu na wyniki metody, co zwiększyłoby wiarygodność i powtarzalność wyników.
12. Istotna część parametrów dana jest średnimi arytmetycznymi, co może w określonych warunkach obniżyć dokładność modelowania i rugować czynnik zmienności i wartości

- skrajne. Konieczne byłoby uzasadnienie stosowania takich wartości (np. ze względu na dostępność danych).
13. Macierze stanów systemu (rys. 23 i następne) w dużej części zawierają wartości binarne, dodatkowo podwójnie agregowane przez uśrednianie do wartości zbiorczych. Takie założenie ogranicza możliwość stopniowania charakterystyk systemu opisywanych macierzami (np. wielkości braków, wag braków komponentów poszczególnych typów itd.) i tym samym redukuje informację o skali zakłóceń oraz zmniejsza możliwość śledzenia wpływu parametrów systemu na niezawodność dostaw wyrobów gotowych (analizy wrażliwości modelu).
 14. Wartości parametrów w tabelach (np. tabela 8, 11 i inne) oraz na rysunkach (np. Wykres 11 i kolejne) nie mają precyzyjnie określonych jednostek miary, co utrudnia ich śledzenie.
 15. Zastosowanie IDEF0 jest miejscami metodologicznie niespójne. Autor miesza notację funkcjonalną z diagramem przebiegu procesu, nie klasyfikuje konsekwentnie wejść (na niższych poziomach diagramów) i nie zachowuje momentami rygoru dekompozycji między poziomami. Powiązanie diagramów z modelem symulacyjnym jest niejasne, przez co pełnią raczej funkcję ilustracyjną niż formalno-analityczną.
 16. Na s. 108 Doktorant stwierdza „Kolejnym etapem badań było przeprowadzenie symulacji (analizy wrażliwości).” Z tego stwierdzenia nie wynika jednak jasno, czy chodzi o analizę wrażliwości modelu symulacyjnego, czy rodzaj analizy wrażliwości systemu logistycznego na zmiany jego parametrów?
 17. Na s. 114 Doktorant stwierdza: „Na podstawie przeprowadzonej analizy wrażliwości wpływu pojedynczych zakłóceń na system logistyczny, stwierdzono iż posiada on bardzo wysoki poziom odporności.” Niestety, nie określono punktu odniesienia, ani miary liczbowej, która potwierdziła by „bardzo wysoki” poziom odporności. W tym przypadku raczej jest mowa o ocenie opisowej.
 18. Analiza prowadzona przez Doktoranta nie dotyczy kwestii finansowych. Pojawiają się one dopiero jako propozycja rozszerzenia badań. O ile jest to dopuszczalne założenie, to należałoby przedyskutować czynnik kosztowy jako jedną z kluczowych determinant organizacyjnych dowolnego procesu logistycznego oraz praktycznego wdrożenia rekomendacji.
 19. O ile usprawnianie modelu przez badacza (tu: rozdz. 6.3 *Optymalizacja modelu badawczego*) jest pożądane, to w tym przypadku korzystne byłoby wprowadzanie postulowanych usprawnień przed realizacją zasadniczego badania. Pozwoliłoby to na uzyskanie lepszych wyników już w pierwszej iteracji. Dodatkowo, jeżeli próba zastosowania „sztucznej inteligencji” nie powiodła się, nie jest konieczne opisywanie tego procesu w rozprawie. Należy uznać to za jeden z nietrafionych etapów budowy koncepcji badania. Opisany przez Doktoranta sposób wykorzystania AI nie nosi znamion metody naukowej.
 20. Na s. 126 (rozdz. 7.1 *Wyniki z badania*) Doktorant stwierdza: „Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono zależność między odpornością na zakłócenia systemu logistycznego, a niezawodnością dostaw wyrobów gotowych”. Wniosek taki wydaje się uzasadniony w ogólności na tle rozprawy, ale nie wskazano wystarczająco dokładnie jaki jest kierunek i siła tej zależności oraz jak wygląda zależność między badanymi zakłóceniami, a samą odpornością.

21. Wydaje się, że wyniki przeprowadzonej ankiety (sondaż, bez istotności statystycznej), dobrze wskazują czynniki zwiększania odporności systemu logistycznego firmy (s. 135). Korzystne byłoby przedyskutowanie wpływu tych czynników na mechanizm i skutki zakłóceń w dostawach surowców i półproduktów.

Uwagi polemiczne:

22. Doktorant stwierdza (s. 9), że „Tematyka nie została dostatecznie zbadana, a dotychczasowe ustalenia są niewystarczające by móc wykazać zależność między poziomem odporności łańcucha dostaw materiałów wejściowych, a niezawodnością dostaw wyrobów gotowych.” Tak kategoryczna teza o niedostatecznym stanie badań wymagałaby systematycznego, replikowalnego przeglądu literatury, a w rozprawie przedstawiono jedynie selektywną argumentację, która może wskazywać na lukę aplikacyjną w badanym przypadku, lecz nie dowodzi ogólnej niewystarczalności dotychczasowych ustaleń naukowych.
23. W rozdz. 1.2 oraz w dalszej części rozprawy Doktorant w większości przypadków utożsamia odporność łańcucha dostaw z przeciwdziałaniem zakłóceniom w tym łańcuchu. Takie ujęcie jest zawężające, ponieważ zdolność systemu do przeciwdziałania zakłóceniom jest jednym z komponentów odporności, odnoszącym się głównie do fazy prewencji i przygotowania. Trafną definicję odporności łańcucha dostaw autorstwa L. Bukowskiego Doktorant przedstawia na s. 31, ale nie korzysta z niej w pełni. Odporność systemu logistycznego powinna być rozumiana szerzej, jako zdolność do absorpcji zakłóceń, utrzymania funkcji krytycznych, adaptacji, rekonfiguracji oraz odtworzenia sprawności po wystąpieniu zdarzenia zakłócającego. Zdolność przeciwdziałania zakłóceniom można zatem traktować jako jedną z właściwości systemowych wpływających na odporność, ale nie jako jej pełny ekwiwalent.
24. W rozdz. 1.3 Doktorant stwierdza, że „W rozprawie doktorskiej zostaną wykorzystane metody analityczne oraz techniki przetwarzania danych dotychczas nie wykorzystywane w tym obszarze ...”. Stwierdzenie to nie jest uzasadnione, chociażby w świetle cytowanych źródeł literaturowych. Bezpieczniej byłoby stwierdzić, że nie były łączone w takim układzie.
25. Na s. 25 Doktorant stwierdza, że „następnym nowoczesnym rozwiązaniem jest Lean Manufacturing”. Należy zauważyć, że koncepcja Lean Manufacturing sięga lat 50. XX wieku.
26. W jakim celu omawiane są w rozprawie „systemy transportowe bez kierowcy” (s. 26), skoro nie mają one związku z obszarem rozprawy?
27. Brak działu logistyki w badanym podmiocie (s. 85) nie musi oznaczać automatycznie niedostatku uwagi poświęconej sprawom logistyki.
28. Symulacja komputerowa może być prowadzona za pomocą różnorodnych systemów, w tym za pomocą Microsoft Excel. Gdzie według Doktoranta przebiega granica między symulacją komputerową (np. *discrete event simulation*), a statycznym przeliczaniem danych? Jak definiuje się symulację komputerową?
29. W tabeli 10 Doktorant stwierdza kilkakrotnie „Brak pomysłów” w kolumnie „Przedsięwzięcie”. Prawdopodobnie wynika to z wewnętrznej perspektywy Doktoranta

względem podmiotu badanego. Należy jednak zauważyć, że propozycje w tym zakresie można sformułować i walidować stosując perspektywę zewnętrzną.

Uwagi techniczne:

30. W rozprawie znajdują się liczne błędy stylistyczne, gramatyczne i interpunkcyjne, a także omyłki pisarskie (powyżej 100). Ze względu na znaczną liczbę błędów zrezygnowano z ich bezpośredniego wskazywania w recenzji.
31. W rozprawie zastosowano nadmiarową formę odwołań do rysunków i tabel „na poniższym/powyższym rysunku X”, „w powyższej/poniższej tabeli Y”.
32. Sposób wykorzystania przestrzeni stron w sąsiedztwie większych rysunków jest nieracjonalny. Pozostawione są liczne, znaczne puste przestrzenie na stronach (np. w rozdz. 6.1).
33. Tabele przenoszone są na kolejne strony bez nagłówków.
34. Zapis formalny wzorów jest dalece uproszczony.

Pytania do Doktoranta:

Bardzo proszę o odniesienie się do uwag i polemik sformułowanych w punktach: 8, 18, 23, 28, a także wyjaśnienie, z czego wynika założenie o binarności wartości w macierzach, o których mowa w punkcie 13.

Przedstawione powyżej uwagi i pytania mają charakter dyskusyjny i nie przeważają nad ogólną pozytywną oceną osiągnięcia naukowego Pana mgra inż. Wojciecha Rupika.

7 Ocena metod stosowanych oraz samodzielności rozwiązania zagadnienia

Samodzielność rozwiązania zagadnienia przedstawionego w rozprawie nie budzi zastrzeżeń. Doktorant na podstawie analizy literatury oraz własnych doświadczeń wybrał odpowiedni aparat badawczy umożliwiający sformułowanie problemu oraz jego rozwiązanie. Zastosowane metody świadczą o dostatecznej umiejętności Doktoranta do samodzielnego rozwiązywania rzeczywistych problemów badawczych związanych z modelowaniem procesów logistycznych, a także oddziaływania między systemami logistycznymi.

Przedstawione metody modelowania, metody aplikacyjne oraz metody analizy wyników i syntezy uzyskanej wiedzy do postaci użytecznych zależności są w ogólności prawidłowo dobrane i prowadzą do oczekiwanego wyniku z uwagami sformułowanymi w punkcie 6. recenzji.

Przeprowadzony proces wnioskowania naukowego, opracowana metodyka oraz umiejętność formułowania i rozwiązywania problemów, jak również korzystania z techniki komputerowej, pozwalają na stwierdzenie o dostatecznym opanowaniu wiedzy w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej Inżynieria bezpieczeństwa.

8 Podsumowanie i konkluzja oceny rozprawy doktorskiej

Przeprowadzona analiza rozprawy doktorskiej uzasadnia opinię, że praca stanowi w stopniu wystarczającym oryginalne rozwiązanie problemu badawczego z zakresu modelowania i oceny odporności systemów logistycznych, w szczególności w odniesieniu do

systemów zaopatrzenia w wyspecjalizowanych przedsiębiorstwach produkcyjnych. Oryginalność rozprawy ma przede wszystkim charakter metodyczno-aplikacyjny i jest związana z próbą opracowania oraz zastosowania procedury oceny zależności między odpornością systemu logistycznego na zakłócenia a niezawodnością dostaw wyrobów gotowych.

Biorąc pod uwagę powyższe uważam, mimo pewnych zastrzeżeń metodologicznych, że rozprawa Pana mgra inż. Wojciecha Rupika pt. *Opracowanie metody oceny zależności między odpornością na zakłócenia systemu logistycznego, a niezawodnością dostaw wyrobów branży zaawansowanych technologii* prezentuje wymaganą ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie Inżynieria bezpieczeństwa oraz dowodzi podstawowych umiejętności prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa spełnia w stopniu dostatecznym wymagania przewidziane w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571).

Stawiam wniosek o przyjęcie opracowania przedstawionego do recenzji jako rozprawy na stopień doktora nauk w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej Inżynieria bezpieczeństwa i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

prof. dr hab. inż. Konrad Lewczuk