

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

Lublin, 18.01.2021 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Skrzyszewskiej

pt.: „**Model oceny efektywności działu utrzymania ruchu w aspekcie wdrożenia koncepcji Przemysłu 4.0**”.

(recenzja wykonana na podstawie Uchwały nr 47 Senatu Uniwersytetu Zielonogórskiego z dnia 30 października 2020 roku)

1. Obszar problemowy rozprawy – ocena celowości podjęcia tematu pracy

Obecne warunki rynkowe oraz konieczność konkurowania na rynkach globalnych stawiają przed przedsiębiorstwami wyzwania wymagające ciągłego doskonalenia realizowanych procesów podstawowych, pomocniczych i obsługowych. Obok konieczności wytwarzania odpowiednich jakościowo wyrobów przy możliwie najniższych kosztach, o pozycji konkurencyjnej coraz częściej decyduje zdolność do szybkiej (i przede wszystkim terminowej) realizacji zleceń produkcyjnych, która jest uwarunkowana nie tylko prawidłowymi działaniami w obszarze planowania i harmonogramowania produkcji, ale też (co jest traktowane jako warunek konieczny) koniecznością utrzymania wysokiego poziomu niezawodności posiadanego parku maszynowego oraz urządzeń transportowych i manipulacyjnych.

Druga połowa XX i początek XXI wieku zaowocowały niespotykanym dotąd rozwojem technicznym i technologicznym, przejawiającym się m.in. w automatyzacji, robotyzacji i cyfryzacji realizowanych procesów, określanych często w literaturze mianem czwartej rewolucji przemysłowej (definiowanych jako Industry 4.0 lub Przemysł 4.0). Utrzymanie ruchu, które przez wiele dekad rozumiane było jako „zło konieczne” obecnie traktowane jest jako jeden z kluczowych obszarów w każdym przedsiębiorstwie produkcyjnym, a w literaturze przedmiotu znajduje się coraz więcej pozycji poświęconych zagadnieniom niezawodności oraz doskonaleniu działań służb utrzymania ruchu, a na rynku dostępnych jest coraz więcej narzędzi (m.in. informatycznych) wspomagających pracę w tym zakresie. Niestety mimo szerokiego zakresu realizowanych prac badawczych w tym obszarze nadal brakuje odpowiednich

jakościowo rozwiązań, które pozwalają na identyfikację słabych stron i kierunków doskonalenia prac związanych z realizacją prac konserwacyjno-remontowych.

W świetle powyższego, opiniowana rozprawa, koncentrując się na budowie metody oceny efektywności działu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach produkcyjnych w aspekcie wdrożenia przedsiębiorstwa produkcyjnego do koncepcji Przemysłu 4.0 podejmuje ważny i aktualny problem oraz może stanowić fundament dla prawidłowego wspomaganie decyzji w zakresie identyfikacji i implementacji działań doskonalących w obszarze utrzymania ruchu. Uważam, że podjęcie przedstawionej problematyki jest w pełni uzasadnione zarówno ze względów poznawczych, jak i możliwości wielu innych potencjalnych zastosowań, np. adaptacji opracowanego rozwiązania dla potrzeb oceny efektywności prac realizowanych w innych obszarach funkcjonalnych przedsiębiorstw produkcyjnych.

2. Ocena struktury i zakresu pracy

2.1. Zakres i struktura pracy

Opiniowana praca liczy 200 stron i składa się z 8 rozdziałów, polsko- i angielskich streszczeń, wykazu przyjętych skrótów i terminów, spisu bibliografii, spisów: rysunków, tabel i wykresów oraz załączników ilustrujących przeprowadzone eksperymenty.

We wstępie (oznaczonym jako rozdział 1) oprócz wprowadzenia do tematyki pracy zamieszczono również genezę pracy (podrozdział 1.1), sformułowano problem badawczy (podrozdział 1.2), cel i zakres pracy (podrozdział 1.3) oraz sformułowano hipotezy badawcze.

Rozdział drugi poświęcono zagadnieniom przemysłu 4.0, charakteryzując w sposób szczegółowy to pojęcie, wskazując kierunki rozwoju przedsiębiorstw w świetle założeń tej koncepcji, a także dokonując analizy stopnia wykorzystania robotów przemysłowych w gospodarce światowej, europejskiej oraz polskiej. Rozdział ten wieńczy rozważania dotyczące znaczenia Przemysłu 4.0 w kontekście rozwoju działu utrzymania ruchu.

Trzeci rozdział pracy obejmuje swoim zakresem charakterystykę technologii informacyjnych wykorzystywanych w przedsiębiorstwach produkcyjnych. W sposób szczegółowy dokonano analizy rozwoju rynku w zakresie stosowania systemów klasy ERP (*Enterprise Resource Planning*) i MES (*Manufacturing Execution Systems*). Jeden z podrozdziałów (podrozdział 2.2) poświęcono zagadnieniom technologii informacyjnych i narzędzi informatycznych wykorzystywanych przez służby utrzymania ruchu.

W rozdziale czwartym podjęto problematykę wykorzystania sztucznych sieci neuronowych do oceny działu utrzymania ruchu. W szczególności dokonano w tym zakresie charakterystyki

sztucznych sieci neuronowych (podrozdział 4.1) oraz przedstawiono dostępne w literaturze rozwiązania w zakresie zastosowania sztucznych sieci neuronowych do oceny działalności przedsiębiorstwa produkcyjnego (podrozdział 4.2) i działu utrzymania ruchu (podrozdział 4.1).

Rozdział 5 obejmuje swoim zakresem wyniki zrealizowanych badań empirycznych oraz zaproponowany model referencyjny oceny działu utrzymania ruchu. W ramach rozdziału opisano zidentyfikowane procesy biznesowe i technologie informatyczne występujące w działach utrzymania ruchu, wykonano analizę statystyczną otrzymanych wyników badań empirycznych oraz przedstawiono główny algorytm opracowanego modelu oceny efektywności utrzymania ruchu.

W rozdziale 6 scharakteryzowano elementy autorskiej metody oceny efektywności MES w dziale utrzymania ruchu (EffectMES), której zastosowanie umożliwia określenie poziomu automatyzacji w przedsiębiorstwie produkcyjnym w dziale utrzymania ruchu. W niniejszym rozdziale opisano też wskaźniki efektywności na trzech poziomach zarządzania (strategicznego, taktycznego i operacyjnego) oraz przedstawiono wyniki badań zrealizowanych w działach utrzymania ruchu 3 przedsiębiorstw produkcyjnych mających na celu ustalenie poziomu automatyzacji z wykorzystaniem opracowanego modelu sztucznej sieci neuronowej.

Rozdział 7 został poświęcony weryfikacji opracowanej metody EffectMES i zawarto w nim kolejno: charakterystykę przedsiębiorstwa, w którym realizowano badania, opis eksperymentu badawczego, otrzymane wyniki oraz założenia strategii rozwoju przedsiębiorstwa w kontekście zrealizowanych prac badawczych.

Pracę kończą (oznaczone jako rozdział 8) podsumowanie i wskazane kierunki dalszych badań. W części tej dokonano weryfikacji sformułowanych w rozdziale pierwszym hipotez badawczych oraz przedstawiono użyteczne znaczenie zrealizowanych prac badawczych oraz możliwość wykorzystania opracowanego rozwiązania w warunkach przemysłowych.

2.2. Uwagi dotyczące struktury pracy

Układ i struktura pracy są odpowiednie. Opracowaną metodę oceny efektywności działu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach produkcyjnych poprzedza analiza literatury wskazująca celowość realizowanych prac badawczych. Moje uwagi krytyczne w odniesieniu do struktury pracy obejmują:

1. Brak wyraźnego podziału na część teoretyczną i praktyczną pracy. Mimo, iż układ pracy może wskazywać, iż pierwsze cztery rozdziały stanowią analizę literatury, pozostałe zaś tzw. wkład własny Autorki – w rozdziałach 5-7 znajduje się znaczna ilość treści

o charakterze definicyjnym i opisowym – zaczerpnięta z artykułów i książek naukowych lub też źródeł internetowych.

2. W początkowej części pracy zbyt dużo uwagi poświęcono problematyce rozwoju robotyzacji i stopnia robotyzacji procesów produkcyjnych w Polsce i na świecie. Biorąc pod uwagę tematykę, cel i istotę ocenianej pracy – poświęcanie tak dużej uwagi temu zagadnieniu – wydaje się dyskusyjne – może bowiem dawać mylne wrażenie, iż praca – mimo innego tematu - będzie poświęcona problemowi robotyzacji produkcji.
3. Brak jest jednolitości w sposobie syntetycznego przedstawienia zakresu treści zamieszczonych w poszczególnych rozdziałach. Czasami (jak np. w rozdziałach 2,3,5,6) Autorka na początku rozdziału robi krótkie wprowadzenie, wskazując na zagadnienia, które będą omówione w treści rozdziału; czasami – jak np. w rozdziale 1 – taka informacja znajduje się „w środku” rozdziału – s.18, a czasami (jak np. w rozdziałach 4 i 8) – w ogóle nie ma takiego „streszczenia/podsumowania”.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Oceniana rozprawa ma charakter badawczo-projektowy, a jej celem jest „*zbudowanie metody oceny efektywności działu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach produkcyjnych w aspekcie wdrożenia przedsiębiorstwa produkcyjnego do koncepcji Przemysłu 4.0*”.

Odpowiednio do celu pracy sformułowano dwie hipotezy badawcze, tj.:

1. Zastosowanie wskaźników oceny efektywności Działu Utrzymania Ruchu pozwala dokonać oceny wpływu zastosowania technologii MES na realizację procesów biznesowych przedsiębiorstwa produkcyjnego w kontekście koncepcji Industry 4.0;
2. Zastosowanie sztucznej sieci neuronowej pozwoli na opracowanie modelu poziomu automatyzacji przedsiębiorstwa produkcyjnego dla wyznaczonych wartości wskaźników oceny efektywności Działu Utrzymania Ruchu.

W ramach zrealizowanych prac przygotowawczych Doktorantka przeprowadziła badania ankietowe z wykorzystaniem autorskiego kwestionariusza ankiety na grupie 121 pracowników trzech przedsiębiorstw produkcyjnych z branży motoryzacyjnej. Wyniki tych badań umożliwiły zbudowanie bazy danych wskaźników efektywności oraz zdefiniowanie poziomów automatyzacji procesów dla poziomów: strategicznego, taktycznego i operacyjnego w dziale utrzymania ruchu.

Od strony merytorycznej pracę oceniam pozytywnie. Przyjęta metodologia badawcza jest właściwa, a opracowane rozwiązanie ma charakter oryginalnego rozwiązania naukowego. Celowość realizacji podjętych prac badawczych została potwierdzona w wyniku przeprowadzonej

analizy literaturowej, obejmującej swoim zakresem zarówno prace naukowe, jak też krajowe i zagraniczne raporty i zestawienia statystyczne. Zdefiniowane w pracy wskaźniki efektywności procesów w dziale utrzymania ruchu odzwierciedlają czasy czynności wykonywanych na strategicznym, taktycznym i operacyjnym poziomie zarządzania, a implementacja sztucznych sieci neuronowych daje możliwość oceny poziomu automatyzacji na każdym z tych poziomów. Na pozytywną uwagę zasługuje również użyteczna wartość opracowanego rozwiązania – może ono bowiem zaimplementowane w postaci programu komputerowego i wykorzystywane do diagnozy efektywności działów utrzymania ruchu w różnych przedsiębiorstwach produkcyjnych.

3.1. Elementy oryginalne

Opracowana i zaprezentowana w pracy metoda oceny efektywności działu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach produkcyjnych (nazwana jako EffectMES) stanowi niewątpliwie oryginalne osiągnięcie Autorki (brak jest bowiem w literaturze przedmiotu tożsamyh rozwiązań służących pomiarowi efektywności działań realizowanych przez służby utrzymania ruchu). W szczególności do oryginalnych elementów ocenianej pracy można zaliczyć:

- zdefiniowanie zbioru procesów biznesowych wspieranych przez technologie informatyczne w dziale utrzymania ruchu oraz opracowanie kwestionariusza umożliwiającego identyfikację procesów wspieranych przez systemy klasy MES w działach utrzymania ruchu,
- opracowanie zestawu wskaźników oceny efektywności wykorzystania systemu klasy MES przez pracowników działu utrzymania ruchu,
- opracowanie modelu oceny stopnia automatyzacji działu utrzymania ruchu z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych.

3.2. Uwagi dyskusyjne

Lektura treści pracy skłania do sformułowania następujących pytań i uwag o charakterze dyskusyjnym:

1. W pracy – w odniesieniu do opracowanego rozwiązania – zamiennie stosowane są pojęcia „metoda oceny efektywności działu utrzymania ruchu” i „model oceny efektywności działu utrzymania ruchu”. Jak jest uzasadnienie możliwości ich zamiennego stosowania (znaczenie obydwu tych pojęć jest bowiem nieco inne)?
2. Przeprowadzona analiza stopnia wykorzystania systemu MES oraz poziomu automatyzacji realizowanych procesów odnoszona jest do czynności zdefiniowanych na poziomach strategicznym, taktycznym i operacyjnym. Niestety w treści pracy brakuje wyjaśnienia jak

poziomy te zostały ustalone i w jaki sposób poszczególne procesy i czynności zostały do nich przypisane.

3. Opracowana metoda pozwala na określenie stopnia automatyzacji działu utrzymania ruchu na poziomach strategicznym, taktycznym i operacyjnym. Niestety, bazując wyłącznie na treści pracy trudno jest zrozumieć co kryje się pod pojęciem „automatyzacji” w kontekście opracowanego rozwiązania i w jaki sposób otrzymane dane wyjściowe mogą przyczynić się do zdefiniowania pożądanych działań naprawczych mogących służyć zwiększeniu efektywności prac służb utrzymania ruchu. Wydaje się celowym wyjaśnienie tej kwestii.
4. Na stronie 10 (wykaz przyjętych skrótów), skrót MTTR (*Mean Time to Repair*) jest zdefiniowany jako „średni czas od momentu wystąpienia awarii”. Czy jest to pełne (wystarczające) określenie tego skrótu?
5. W pracy (rozdział 6) zdefiniowano 7 wskaźników efektywności systemu MES. Sześć spośród nich określane jest z wykorzystaniem takiej samej formuły. Na jakiej podstawie opracowano te wskaźniki i czym będą różnić się wartości różnych wskaźników (np. dla tych samych procesów)?
6. Etap 5 opracowanej metody zakłada „Zdefiniowanie referencyjnych wartości wskaźników Działu Utrzymania Ruchu”. Niestety na podstawie treści pracy trudno jest jednoznacznie określić w jaki sposób te wartości są określane.
7. Na stronie 10 (wykaz przyjętych skrótów), skrót RM (*Reactive Maintenance*) został określony jako „konserwacja reaktywna”. Czy jest to stwierdzenie prawidłowe? Jeśli tak to co należy pod nim rozumieć?
8. Na stronie 22 Autorka pisze: „Przemysł 4.0, albo inaczej „Internet rzeczy i usług” jest uznawany... Czy pojęcia „Przemysł 4.0” i „Internet rzeczy i usług” na pewno oznaczają to samo? Bardzo proszę o komentarz w tej sprawie.
9. Na stronie 49 zawarto stwierdzenie, iż „W dobie „odchudzania produkcji poprzez wdrażanie *Lean Manufacturing*, niemal niezbędne stają się odpowiednie narzędzia informatyczne...”. W większości pozycji poświęconych problematyce *Lean Manufacturing* podkreśla się jednakże negatywny wpływ systemów informatycznych na możliwość „odchudzania procesów”. W jakim kontekście sformułowano więc powyższą tezę.
10. Na stronie 118 „dostępność” (jeden ze składników wskaźnika OEE) zdefiniowano jako „stosunek czasu zaplanowanego na realizację zadania, w stosunku do czasu, który w rzeczywistości na dane zadania jest realizowany). Czy taka definicja jest poprawna? Bardzo proszę o szczegółowe wyjaśnienie jak Autorka rozumie to pojęcie i w jakim kontekście ta definicja została sformułowana właśnie w taki sposób.

11. W rozdziale 6 Autorka operuje wyrażeniami „trenowanie sieci”, „uczenie sieci”, „szkolenie sieci”. Co w praktyce oznacza każde z tych pojęć? Czy są/mogą być one używane zamiennie?
12. W załączniku Z_2 przedstawiono zestawienie wyników badań empirycznych zgromadzonych na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych. Brakuje jednak wyjaśnienia co oznaczają wartości zawarte w tabelach.
13. W tabeli 5.1 (strona 78) przedstawiono wyniki porównawcze pięciu systemów MES, oznaczając je jako MES_1, MES_2,..., MES_5. Niestety brakuje informacji w jaki sposób i gdzie zostały przeprowadzone te badania i co kryje się pod poszczególnymi skrótami MES_1, MES_2,..., MES_5.

3.3. Uwagi szczegółowe

Redakcja pracy stanowi niestety jej słabą stronę. W pracy występuje wiele błędów o charakterze gramatycznym, stylistycznym i edytorskim. Do większości rysunków zamieszczonych w pracy brakuje odnośników w treści, a część z rysunków jest mało czytelna (niewyraźna). Utrudnia to w istotny sposób czytanie pracy (należy się bowiem domyślać co Autorka chciała pokazać umieszczając w danym miejscu określony rysunek czy też wykres).

Ze względu na dużą liczbę zidentyfikowanych błędów nie sposób wymienić je tu wszystkie. Niemniej jednak, jako „przykładowe błędy” można wskazać:

- błędy stylistyczne:
 - s. 11 – *„Efektywność procesów produkcji jest jednym z najważniejszych problemów współczesnego przedsiębiorstwa produkcyjnego”*,
 - s. 15 – *„Najbardziej zrobotyzowanym działem przemysłowym w polskiej gospodarce jest produkcja samochodów...”*
 - s. 20-21 – *„Bazę do tego stanowi Internet rzeczy, za którym stoją takie zalety jak...”*,
 - s. 21 – *„Większą znajomość tej koncepcji wykazywali duzi producenci (62%) niż średni (41%).”*,
 - s. 26 – *„Odnotowano wzrost o 30% tj. 381 315 sztuk do roku ubiegłego, co jest najwyższym szczytem po raz piąty z rzędu.”*,
 - s. 33 – *„Dlatego potrzebny jest bardziej dokładny wgląd ... aby mieć pewność, że działania serwisowe są odpowiednie i w odpowiednim czasie.”*,
 - s. 51 – *„Ponad jedna trzecia ankietowanych producentów zobaczyła wyniki już w ciągu trzech miesięcy...”*,

- s. 150 – „Sposób w jaki można to zrobić to przeprowadzić w przedsiębiorstwie ankietę, ... następnie poddać otrzymane dane diagramowi przedstawionemu na modelu... ”,
- błędy gramatyczne:
 - s. 2 – „Z analizy danych... zauważono... ”,
 - s. 11 – „...wprowadzanie zmian ... mających w celu... ”,
 - s. 12 – „Motywacją do podjęcia tematu dysertacji jest potrzeba polskich przedsiębiorstw produkcyjnych w aspekcie dostosowania się do wymogów koncepcji Industry 4.0 w celu zachowania swojej pozycji konkurencyjnej”,
 - s. 19 – „zbudowania modelu z wykorzystania sztucznej sieci neuronowej... do opracowania... ”,
 - s. 20 – „..., roboty komunikują się ze sobą oraz uczestniczącym w tym ludźmi w czasie rzeczywistym... ”,
 - s. 20 – „Możliwościom, jakie niesie rozwój..., można dostrzec... ”,
 - s. 21 – „Dla większości badanych idea Czwartej Rewolucji Przemysłowej była tematem istotnym, czynnikiem determinującym przewagę konkurencyjną przedsiębiorstwa dzięki przede wszystkim innowacyjność, większość twierdziła, że cyfryzacja jest zjawiskiem nieuchronnym.”,
 - s. 27 – „Spowodowane jest to utrzymującą się tendencją wzrostową do automatyzacji i ciągle innowacje techniczne w robotach przemysłowych.”,
 - s. 36 – „W celu zintegrowania i wspierania ... służą systemy klasy ERP... ”,
 - s. 37 – „Jedną z nich jest system, jako system orgnaizacji..., które są konieczne... ”,
 - s. 41 – „Wykorzystanie systemów typu ERP w przedsiębiorstwach produkcyjnej... ”,
 - s. 42 – „Systemy MES ... czyli tzw. systemy zarządzania produkcją nazywany również systemy realizacji produkcji... ”,
 - s. 49 – „Jednym z bardzo istotniejszych powodów... ”,
 - s. 50 – „Priorytety inwestycyjne w przemyśle w zakresie inwestycji w oprogramowanie (wykres 3.3). ”,
 - s. 64 – „... co do budowy sieci oraz doboru parametrów w celu umożliwia sieci neuronowej wykonywania określonego zadania.”,
 - s. 98 – „Na przedstawionym wykresu 5.7 widać... ”
 - s. 107 – „Dzięki temu możliwe staje się... ich raportowanie w dowolnym kontekście oraz za dowolny przedział czasowy... ”

- s. 152 – „*Hipoteza 1. Zastosowanie wskaźników oceny efektywności... pozwolą dokonać oceny wpływu...* ”
- s. 152 – „*Dzięki zastosowaniu modelu EffectMES o postaci (rysunek 5.5) możliwe jest wyznaczenie...* ”
- s. 155 – „*Wykorzystując zaproponowany model, jaki można otrzymać dzięki zastosowaniu sztucznej sieci neuronowej może przyczynić się do ułatwienia podjęcia decyzji, co do zakupu i wdrażanie nowoczesnych rozwiązań...* ”
- błędy o charakterze edytorskim:
 - s. 5 – braki znaków interpunkcyjnych (przecinki) przy wypunktowaniu,
 - s. 10 – jest „*Utrzymania ruchu*”, powinno być: „*Utrzymanie ruchu*”,
 - s. 17 – jest „*analiza literatury przedmioty...*”, powinno być: „*analiza literatury przedmiotu...*”
 - s. 18 – jest „*...utrzymania ruch;*”, powinno być: „*utrzymania ruchu;*”,
 - s. 19 – jest „*...zastosowanie sztucznej sieci neuronowej pozwali...*”; powinno być: „*...zastosowanie sztucznej sieci neuronowej pozwoli...*”
 - s. 20 – jest „*...mających na celu zwiększania wydajności...*”; powinno być: „*...mających na celu zwiększanie wydajności...*”
 - s. 37 – jest „*...procedury postępowanie...*”, powinno być: „*...procedury postępowania...*”
 - s. 37 – jest „*...poprzez zarządzanie...*”, powinno być: „*... poprzez zarządzanie ...*”,
 - s. 42 – jest „*...są ściśle powiązane...*”, powinno być: „*... są ściśle powiązane ...*”,
 - s. 70 – jest „*5.1 Procesy biznesowe działu utrzymania ruchem*”, powinno być: „*5.1 Procesy biznesowe działu utrzymania ruchu*”,
 - s. 76 – jest „*Wdrażania w przedsiębiorstwie...*”, powinno być: „*Wdrażanie w przedsiębiorstwie...*”,
 - s. 77 – jest „*...posiadają dużą ilość masz i urządzeń...*”, powinno być: „*...posiadają dużą ilość maszyn i urządzeń...*”,
 - s. 77 – jest „*W obecnym Świecie...*”, powinno być: „*W obecnym świecie...*”,
 - s. 84 – jest „*... zastososowania systemu MES.*”, powinno być: „*... zastosowania systemu MES.*”,
 - s. 95 – jest „*Zgłaszanie zapotrzebowania na części/materiały eksploatacyjne;*”, powinno być: „*Zgłaszanie zapotrzebowania na części/materiały eksploatacyjne;*”,
 - s. 105 – jest „*... sposobu je uczenia...*”, powinno być: „*... sposobu jej uczenia...*”,

- s. 116 – jest „... na trzech poziomach zarządzanie...”, powinno być: „...na trzech poziomach zarządzania...”,
- s. 118 – jest „... bezpośrednio maja wpływ...”, powinno być: „...bepośrednio mają wpływ...”,
- s. 122 – jest „1. Wskaźnik efektowności...” powinno być: „1. Wskaźnik efektywności...”,
- s. 127 – jest „... w każdym chwili;” powinno być: „... w każdej chwili;”,
- s. 141 – jest „Tabela 6.7. Wyniki pierwszego eksperymentu.” powinno być: „Tabela 6.7. Wyniki drugiego eksperymentu.”,
- s. 143 – jest „Przedsiębiorstwo Nr XY istniejąca w Polsce...” powinno być: „Przedsiębiorstwo XY istniejące w Polsce...”,
- s. 147 – jest „Stopnie automatyzacji zostały ustalony...” powinno być: „Stopnie automatyzacji zostały ustalone...”,
- s. 148 – jest „...zwiększają poziom automatyzacja przeprowadzania szkoleń...” powinno być: „...zwiększają poziom automatyzacji przeprowadzania szkoleń...”,
- s. 154 – jest „...na poziomie krajowym jak całej wspólnoty...” powinno być: „...na poziomie krajowym, jak i całej wspólnoty ...”,
- s. 154 – jest „Mogą posłuży do...” powinno być: „Mogą posłużyć do...”,
- s. 156 – jest „... a zwłaszcza na poziomi omie DUR...” powinno być: „... a zwłaszcza na poziomie DUR...”.

Ponadto w wielu miejscach występują podwójne lub brakujące spacje; nie usunięto też tzw. „sierot”, tj. pojedynczych liter znajdujących się na końcu wierszy. W treści pracy zdarzają się również (choć bardzo nieliczne kolokwializmy) – np. „Głównym motorem wzrostu był przemysł ogólny...” – s. 12, „...sprzedaż robotów ... była umiarkowana...” – s. 12, „Aplikacje MES, jeśli zostaną odpowiednio zakrojone...” – s. 50, „...formy zapisu i kalkulacji tego wskaźnika odchodzą do lamusa...” – s. 119.

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę całokształt ocenianej pracy stwierdzam, iż recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Skrzyszewskiej ma charakter projektowy i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydatki w dyscyplinie „Inżynieria mechaniczna” oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jako oryginalne rozwiązanie problemu naukowego należy uznać autorską metodę oceny efektywności działu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach produkcyjnych w aspekcie

wdrożenia przedsiębiorstwa produkcyjnego do koncepcji Przemysłu 4.0. Doktorantka wykazała się znajomością podstawowej literatury przedmiotu rozprawy, umiejętnością identyfikacji procesów biznesowych i czynników mających wpływ na ocenę efektywności służb utrzymania, modelowania procesów z wykorzystaniem sztucznej sieci neuronowej dla potrzeb określania poziomu ich automatyzacji, a także komputerowej implementacji opracowanych modeli w środowisku programowania klasy MATLAB i weryfikacji przyjętych założeń w wyniku zrealizowanych eksperymentów obliczeniowych. Zauważone w rozprawie doktorskiej nieprawidłowości nie mają zasadniczego znaczenia dla wartości merytorycznej pracy – dlatego też rozprawa w całości może być oceniona pozytywnie.

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

Adaldisz Gola