

R E C E N Z J A

pracy doktorskiej

Pani mgr inż. Alicji Okuniewskiej

pt.

„Metodyka diagnozowania przyczyn powstawania wad wyrobów na podstawie zaawansowanego modelowania opartego na dużych zbiorach danych”

przedstawionej w dyscyplinie „Inżynieria Mechaniczna”

wykonanej pod opieką promotora Pana prof. dr hab. inż. Marcina Andrzeja Perzyka

opracowana na zlecenie

Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna
Politechniki Warszawskiej

(Pismo nr RND IM.521.19.2023 z dnia 19.04.2023

Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna PW)

1. Ocena ważności i celowości podjętej tematyki badawczej

Komputery i najróżniejsze systemy obliczeniowe funkcjonują już w każdym obszarze naszego życia i ich udział a zwłaszcza wpływ, jaki na nie wywierają, z roku na rok jest coraz większy. O ile jeszcze niedawno pytaniem było, czy komputery przejmą kontrolę nad większością aspektów funkcjonowania społeczeństwa, o tyle teraz pytanie to brzmi: *kiedy?* O ile wiele kontrowersji i obaw wzbudza coraz wyraźniejsza obecność różnych systemów sztucznej inteligencji w naszym codziennym życiu, o tyle w wielu dziedzinach gospodarki takie obawy o ile występują, są mocno ograniczone. W obszarze produkcji przemysłowej, dowolnej niemal branży, ale zwłaszcza tam, gdzie mamy do czynienia z ogromnymi ilościami różnorodnych danych zaleta, jaką jest niemal nieograniczona obecnie moc obliczeniowa i pojemność pamięci systemów informatycznych, jest niemożliwa do przecenienia. Procesy odlewnicze należą z pewnością do takich, wysoce skomplikowanych i bardzo nieprzewidywalnych, na które wpływa wiele, często bardzo trudnych do przeanalizowania

zmiennych. Z oczywistych przyczyn najwięcej parametrów i największe zbiory danych spotykane są w odlewniach wysoce zautomatyzowanych, zrobotyzowanych, wytwarzających odlewy w produkcji wielkoseryjnej lub masowej. Do takich należą z pewnością odlewnie wysokociśnieniowe stopów metali nieżelaznych, produkujące odlewy dla branży motoryzacyjnej. Według niektórych opracowań można wymienić ponad 80 (Doktorantka wspomina nawet o około 100) zmiennych, wpływających w istotny sposób na rezultat odlewania ciśnieniowego jakim jest wytwarzanie zdrowych odlewów bez wad. Zagadnieniem zaawansowanego modelowania opartego na dużych zbiorach danych w produkcji odlewów w technologii HPDC zajęła się właśnie Doktorantka w recenzowanej pracy doktorskiej.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że podjęty przez Autorkę temat jest niezmiernie ciekawy zarówno z naukowego jak i utylitarne punktu widzenia. Zwłaszcza w obliczu coraz większych obaw związanych z przejmowaniem kolejnych sfer decyzyjnych przez sztuczną inteligencję, celowe i zasadne jest pokazywanie jej bezpiecznego i niezmiernie pożytecznego oblicza. Należę do osób, które uważają, że już nie ma odwrotu i musimy pogodzić się z faktem, że AI w niedalekiej przyszłości będzie nie tylko naszym sprzymierzeńcem, ale i potencjalnym wrogiem dlatego musimy ją okiełznać, zrozumieć i docenić tam, gdzie w niespotykanym zakresie może nam ułatwić życie. Takie prace, jak opiniowana praca doktorska bardzo mocno się do tego przyczyniają.

Realizacja pracy wniosła istotną i nową wiedzę w obszar uczenia maszynowego i jak mi się wydaje, stworzyła podstawy do szerszego niż dotychczas wdrożenia metod zaawansowanego modelowania w odlewni, z której w ramach współpracy Doktorantka pozyskiwała dane do swoich analiz. **Mogę także bez wątpliwości stwierdzić, że opiniowana praca wpisuje się w dyscyplinę naukową *Inżynieria Mechaniczna*, w której została przedstawiona.**

2. Układ pracy i dobór źródeł literaturowych

Praca ma nieco inny układ niż większość z recenzowanych przeze mnie rozpraw, ale wynika to być może z formuły jej wydawania przez Politechnikę Warszawską jako mini-monografii. Zaczyna się *Streszczeniem* w języku polskim i angielskim wraz ze słowami kluczowymi a po *Spisie treści* zaczyna się jej zasadnicza część. Po ciekawej części wyjaśniającej motywy podjęcia takie tematu badawczego Doktorantka stawia od razu *Cel i hipotezę pracy*. Jest to także dość nietypowe, ponieważ w rozprawach doktorskich takie informacje znajdują się zwykle po przeglądzie literatury i na ogół wprost wynikają z jego podsumowania i wniosków. Następnie przedstawiony jest *Układ pracy*, w którym w kilku wersjach przedstawione są zagadnienia poruszane w poszczególnych rozdziałach. Następnie Autorka przedstawia swój publikacyjny i konferencyjny dorobek w zakresie tematyki rozprawy. Jak wspomniałem, takiego układu nie posiada większość rozpraw doktorskich, ale nie jest on oczywiście niewłaściwy i tłumaczę go powodami jak wyżej.

Zasadnicza część rozprawy składa się z 8 numerowanych rozdziałów i napisana jest na 273 numerowanych stronach przy czym ostatnie numerowane rozdziały tj. 7, 8 i 9 są to *Spis ilustracji*, *Spis tabel* oraz Literatura, które zazwyczaj nie podlegają numeracji. Objętość rozprawy jest znacznie większa od typowej, ale wynika to z jej specyfiki, czyli konieczności przedstawienie bardzo wielu tabel i wykresów.

Przegląd literatury zajmuje 37 stron i napisany jest ciekawie i syntetycznie. Doktorantka opisała w nim historię powstawania oraz stan aktualny wiedzy w obszarach sztucznej inteligencji zwłaszcza w obszarze uczenia maszynowego, sztucznych sieci neuronowych, drzew decyzyjnych oraz maszyny wektorów wspierających. Mimo, że są to zagadnienia bardzo skomplikowane i interdyscyplinarne, Autorka opisała je w przystępny sposób, zrozumiały nawet dla niespecjalisty w dziedzinie AI jakim jestem, będąc specjalistą w obszarze odlewnictwa, w którym prowadzone były eksperymenty pracy doktorskiej. Jedynie miejscami, przez używanie bardzo opisowego i barwnego języka, długie i skomplikowane zdania są trudniejsze w zrozumieniu zwłaszcza, że czasem Autorka gubi w nich gramatykę i styl, co zaznaczyłem w recenzenckim egzemplarzu pracy.

Doktorantka wykorzystała 153 pozycje literatury, co w przypadku pracy doktorskiej jest liczbą znaczącą, choć oczywiście ocenie powinna zawsze podlegać jakość a nie liczba cytowanych źródeł. Analizując wiek przytaczanych źródeł stwierdzam, że w pracy wykorzystano zarówno podstawowe pozycje z lat odległych jak i wiele, tj. 39 pozycji z ostatnich pięciu lat tj. okresu 2018-2022. Nie brałem tutaj pod uwagę dat dostępu do źródeł internetowych. Oczywiście jest to związane z samą nowością zagadnienia sztucznej inteligencji, ale wskazuje mimo wszystko na świeżość i aktualność przeglądu literatury. Stwierdzam tym samym, że Autorka zapoznała się z aktualnym stanem wiedzy bardzo starannie. Mocną stroną doboru źródeł jest ich różnorodność, ponieważ Autorka cytuje zarówno książki, artykuły naukowe, referaty konferencyjne oraz normy i inne dokumenty branżowe. Spis literatury wykonany jest starannie i jedynie w kilku pozycjach zauważyłem drobne błędy edytorskie. **Podsumowując ten aspekt oceny pracy stwierdzam, że dobór źródeł literaturowych oraz ich wykorzystanie dla opracowania przeglądu literatury, stoją na bardzo dobrym poziomie.**

3. Tezy i cele pracy

Jak wspomniałem wcześniej, w pracy nie ma postawionej tezy a *ogólna hipoteza badawcza*, jak ją nazywa Autorka, pojawia się już we wstępie. Następnie na stronie 56 gdzie zaczyna się opis *Badań własnych* pojawia się rozdział 5.1. *Sformułowanie problemu*, w którym ponownie jest mowa o *ogólnej hipotezie badawczej*. Mimo, że takie podejście nie jest błędne to jednak brakuje mi bardziej szczegółowej tezy / tez pracy, szczegółowych celów (zostały nadmienione w we wstępie) oraz zakresu pracy. Wszystkie te informacje w pracy się znajdują, ale niekoniecznie w miejscach, w których czytelnik rozprawy doktorskiej zwyczajowo ich szuka.

Właściwie dopiero po dłuższej i wnikliwej lekturze pracy można zrozumieć jaki obszar produkcji (odlewnictwo ciśnieniowe) jest wykorzystany do pokazania możliwości modelowania opartego na dużych zbiorach danych. Dopiero w drugim czytaniu rozprawy zrozumiałem (mam nadzieję właściwie) istotę takiego podejścia i sformułowania właśnie ogólnej hipotezy badawczej zamiast takiej, odnoszącej się do zagadnień HPDC. Autorka wykorzystwała olbrzymie zasoby danych tej technologii odlewniczej tylko i wyłącznie jako dane, którymi mogłyby być dowolne inne, podobne w istocie zbiory. Na ich przykładzie chciała pokazać, że zbadane przez Nią zależności i przedstawiona metodyka działania są możliwe do uogólnienia i powinny się sprawdzić dla innych, podobnych dużych zbiorów danych. To wyjaśnienie nie zaspokaja jednak mojej ciekawości jako inżyniera odlewnika i uważam, że mimo takiego, ogólnego podejścia w pracy za mało jest informacji o samej technologii odlewniczej, wykorzystywanych w odlewni maszynach, stopach metali itd. Poruszyłem to zagadnienie dalej w recenzji, gdzie przedstawiam uwagi szczegółowe do dyskusji.

Podsumowując stwierdzam, że mimo wymienionych i drobnych niedociągnięć, zarówno hipoteza jak i cel pracy sformułowane są właściwie, a lektura części badawczej pracy pozwala stwierdzić, że jej zakres został wykonany a hipoteza wiarygodnie udowodniona.

4. Ocena stosowanej metodologii, opisu badań własnych, dyskusji wyników oraz uwagi krytyczne o charakterze merytorycznym do dyskusji

Opis przeprowadzonych badań, przedstawienie ich wyników oraz analiza są na ogół bardzo jasne, czytelne i powinny być zrozumiałe nawet dla czytelników nieznających się dokładnie na omawianych zagadnieniach. Miejskami, gdy zdania są długie i wielokrotnie złożone, zdarzało się Autorce pomijać słowa, pisać niegramatycznie, niestylistycznie, czy też używać przecinka w miejscach, w których niefortunnie zmieniał on sens zdania i utrudniał jego zrozumienie. W kilku miejscach pojawia się też błędna pisownia nazwisk i nazw własnych a dobitnym tego przykładem jest pisownia nazwiska tak ważnej dla rozwoju AI osoby jaką był *Alan Turing*, który w pracy wielokrotnie podawany jest jako *Turning* np. dwukrotnie na str. 18. Tego typu błędy zaznaczyłem i skomentowałem w recenzenckim egzemplarzu pracy, który przekazałem Doktorantce do wykorzystania w doskonaleniu warsztatu naukowego.

Na szczególne pozytywne podkreślenie zasługuje fakt, że od początku do końca Autorka podąża przez kolejne etapy badań z kilkudziesięcioma zmiennymi, przedstawia je w dziesiątkach tabel i podobnej liczbie rysunków i nie gubi się w tym gąszczu liczb, algorytmów i analiz. Biegłe wykorzystuje profesjonalne oprogramowanie Statistica i jego moduły poświęcone sztucznych sieciom neuronowym a także możliwości, jakie daje w tym zakresie pakiet MS Excel. Ponadto bardzo trafnie opisuje osiągnięte wyniki a każdy z podrozdziałów, poświęcony innemu algorytmowi obliczeniowemu, kończy ciekawie sformułowanymi wnioskami.

W tym zakresie rozprawę oceniam bardzo dobrze i stwierdzam, że Doktorantka wykazała się bardzo dobrym warsztatem badawczym oraz adekwatną do jego zastosowania wiedzą, co pozwoliło Jej na uzyskanie wartościowych, ciekawych i unikalnych wyników.

Jak to zwykle bywa, Autorka nie ustrzegła się błędów i niedociągnięć, które jednak nie obniżają, jednoznacznie bardzo dobrej oceny rozprawy. Najważniejsze z nich przytoczyłem poniżej:

- Str. 5: W stwierdzeniu: „*Analiza ta oraz wykonane na jej podstawie podsumowanie jest jednym z najbardziej wieloaspektowych zestawień tego typu przedstawionych w dotychczasowej literaturze przedmiotu.*” może trochę zabrakło Autorce skromności.
- Str. 17: Co miała na myśli Autorka twierdząc, że artykuł miał na celu „*poprawić stan rzeczy?*”
- Str. 19: Szkoda, że nie podano, na jakiej konferencji zostało użyte po raz pierwszy przez Arthura Samuela w 1959 roku sformułowanie „*uczenie maszynowe*”.
- Str. 22: Co to jest *warstwa konwolucyjna*? Temat rozprawy jest na tyle nowy, że wiele pojęć nawet zainteresowany tematem czytelnik może spotkać po raz pierwszy. Być może niezłym pomysłem byłoby stworzenie słowniczka pojęć.
- Str. 43: „*...ponieważ standardowy proces produkcyjny odlewu składa się w przybliżeniu ze stu parametrów*” - warto byłoby poznać źródło tego stwierdzenia. Znam opracowania mówiące chyba o 85 parametrach dla odlewnictwa wysokociśnieniowego właśnie.
- Str. 57: „*Badania oparte będą na danych rzeczywistych pochodzących z procesu odlewania wysokociśnieniowego, bloków cylindrowych przez jedną ze współpracujących odlewni.*” I to jest wszystko co wiemy z pracy o pochodzeniu danych. Jest to zaledwie strzępek informacji. Z jakiego stopu wytwarzane są ww. bloki cylindrów? Sam gatunek stopu ma duży wpływ na skłonność do porowatości np. wodorowej. Poza tym nie wiadomo nic o procesie topienia, który może mieć decydujący wpływ na porowatość itd. Jeśli opiniowana praca miałaby służyć jako literatura podstawowa inżynierom z odlewni, obawiam się, że nie umieliby znaleźć powiązania i odniesienia do warunków procesu produkcyjnego. O rozszerzenie tej skąpej porcji informacji poproszę Doktorantkę podczas publicznej obrony chyba, że zawrze je w swojej prezentacji.
- Str. 57: tutaj jest mowa o 56 zmiennych a wcześniej Autorka wspomina, że bywa ich około 100. Skąd w tym przypadku taka rozbieżność?
- Str. 57: Pominięto na początku czyszczenia danych zmienną „*zmiany roboczej na której powstał*” odlew. Pominięcie tej zmiennej było być może niefortunne. Często na wady odlewów duży wpływ ma pracownik i jego kompetencje a to wyraża się w tym przypadku właśnie zmianą roboczą. Oczywiście, maszyna ciśnieniowa w najnowocześniejszym wydaniu pracuje niemal automatycznie, ale jeśli nie mamy w pracy informacji o tym, jaką maszynę analizowano, można mieć wątpliwości co do słuszności odrzucenia tej zmiennej.

- Str. 62: Zmienna „*czas dozowania stopu*” dotyczy tylko czasu zalewania komory prasowania, czy też całego procesu ruchu manipulatora z czerpakiem, czerpania, transportu, zalewania itd.?
- Str. 62: Czym różnią się te dwa *czasy dozowania stopu*? Czy jest tutaj przedstawiona analiza dla różnych odlewów? Powinna być pokazana geometria odlewu albo przynajmniej opisane jego parametry. Tych danych brakuje inżynierowi odlewnikowi jakim jest recenzent.
- Str. 64: Czym różni się *czas smarowania* od zmiennej na Rys.5.2.1.7. Wykres przebiegu zmiennej niezależnej: *czas cyklu smarowania* ?
- Str. 64: Czy parametr *dzienny numer wtrysku* mówi nam o dziennej liczbie dokonanych wtrysków, czyli obciążeniu maszyny? Zakładam i rozumiem, że nazwy tych wszystkich parametrów są oryginalne i pochodzą z odlewni. Nie zdecydowano się ich zmieniać na bardziej jednoznaczne i zrozumiałe ogólnie aby nie utrudniać potem pracownikom odlewni zrozumienia wyników?
- Str. 66: *Koncentrat* – czy chodzi o substancję nanoszoną na powierzchnię formy? Szkoda, że tych wszystkich zmiennych, nazywanych często żargonowo w odlewni, nie opisano na początku krótko w terminologii zrozumiałej powszechnie dla znających technologię HPDC.
- Str. 70: Czym różni się „*profil próżni 1*” od „*profil próżni 2*”?
- Str. 74 i dalej: Obwodów chłodzenia, co oczywiste, jest wiele. Warto było coś o tym wspomnieć. Zakładam, że w pracy nie skupiano się na "odlewniczym" charakterze zmiennych a każda z nich traktowana jest tak samo - jako kolejna zmienna.
- Str. 77: Dość duży zakres zmienności temperatury stopu. Rozumiem, że jest to temperatura zalewania komory prasowania?
- Str. 80: Czy są to cztery temperatury tej samej tulei (komory prasowania) jednej maszyny, czy też maszyn ciśnieniowych było 4?
- Str. 86 i dalej: Czy w każdej z tych tabel *wadą* jest porowatość? Lektura rozprawy w pewnym momencie sugeruje, że wadą/ problemem (a nie przyczyną) jest „*przeciek w obwodzie wysokiego ciśnienia*”.
- Str. 111: Dlaczego w opisany sposób potraktowano akurat zmienne *czas cyklu smarowania* i *poziom stopu w piecu* ? Warto było to w tym miejscu wyjaśnić.
- Str. 115: „*Wartości niektórych zmiennych wejściowych mogą być celowo wprowadzane przez pracowników jako reakcja na wartości innych zmiennych*”. Ten problem zasygnalizowałem już wcześniej gdy pytałem o to, jaki jest stopień automatyzacji maszyny ciśnieniowej z której uzyskano dane? Jeśli wiele jest ingerencji operatora lub operatorów, może to wprowadzać zakłócenia i niepewność wyników.
- Str. 168: „*Założeniem niniejszej rozprawy było opracowanie modelu będącego w stanie w jak najlepszy sposób przewidzieć powstawanie wady w produkcji, a więc przewidzieć wartość zmiennej wyjściowej, czyli przecieku w obwodzie wysokiego ciśnienia.*” Znow nie rozumiem, czy wadą produktu w tym przypadku jest *przeciek*? Czy nie chodzi tutaj

o wady odlewów ciśnieniowych, czyli o wspomnianą wcześniej porowatość odlewów? Czy też uznano na podstawie przedstawionych rozważań, że powodem występowania wad odlewów ciśnieniowych jest przede wszystkim *przeciek*?

- Str. 187: „*odpowiedniego kryterium stopu*” W tym przypadku chodzi o kryterium STOP, czyli zatrzymania działania sieci. W pracy o odlewnictwie trzeba być bardzo uczulonym na takie niuanse, ponieważ brak wyraźnego wyjaśnienia może spowodować niezrozumienie.
- Str. 201: „*Dzięki temu możliwa była optymalizacja parametrów procesu dla minimalnej wartości wycieku, a więc odlewu bez wady, oraz maksymalnej wartości wycieku, a więc odlewu z wadą.*” Czy "wyciek" to jest to samo co analizowany cały czas "przeciek"? Jeśli tak, to nie jest to przecież wada odlewu. Wciąż nie brzmi to dla odlewnika jednoznacznie i obawiam się, że zbyt nieuważne czytanie pracy może spowodować u wielu czytelników niezrozumienie przełożenia przyczyny na rezultat.
- Str. 231: „*Parametr ten jest kluczowym etapem w procesie, którego celem jest zmniejszenie porowatości skurczowej produkowanych odlewów, poprzez wymuszone podawanie ciekłego stopu do krzepnącego odlewu.*” W tym miejscu wreszcie jest napisane, być może po raz pierwszy tak wyraźnie w pracy, o jaką wadę dokładnie chodzi. Należało na samym początku wyjaśnić fizyczne zjawisko powstawania porowatości i dlaczego tak ważny jest proces, w którym wystąpienie *przecieku*, powoduje wadliwość odlewów (porowatość). Samo zjawisko przecieku powinno być też zostać dokładnie opisane. Brakuje w pracy przewodniego wątku opartego właśnie na mechanice procesu i fizyce zjawisk, o których mowa. Przez to brakuje wyraźnego odniesienia i przekonujących recenzenta (inżyniera odlewnika z zawodu) o istnieniu tych opisywanych i bardzo gruntownie przebadanych zależności.
- Str. 231: „wymuszone podawanie metalu” - Czy chodzi tutaj o fazę doprasowania tłoka? Czy może chodzi o doprasowanie punktowe tzw. pinami? Jeśli przeciek dotyczy tego właśnie obszaru maszyny ciśnieniowej (a tak chyba jest w istocie) to może to mieć rzeczywiście kolosalny wpływ na wystąpienie porowatości w tym miejscu odlewu. Ale jak wspomniałem mechanika i fizyka tych zjawisk nie została opisana, co powoduje niedosyt i wątpliwości.
- Str. 234: „*Interpretacja wpływu tego parametru nie jest prosta, również dla personelu technicznego odlewni i wymagałaby głębszych analiz i dodatkowych prób.*” To zdanie w powiązaniu z wcześniejszymi komentarzami odnośnie do niejednoznaczności nazw niektórych zmiennych, podkreśla konieczność wyjaśnienia wcześniej zagadnień technicznych w ramach specyfikacji badanej odlewni. Jeśli nawet dla pracowników odlewni niektóre zależności są niejasne, to czego oczekiwać po czytelnikach spoza odlewni?
- Str. 234 ostatnie dwa zdania: Moja niepewność co do zrozumienia istoty "przecieku" vs. wady porowatości jest wciąż taka sama. W tym miejscu Autorka wprost odnosi zmienną *przepływ w obwodzie chłodzenia 14* do niebezpieczeństwa pojawienia się

porowatości. Poza tym jest jeszcze pytanie jakiego typu porowatość była analizowana? Czy była to porowatość skurczowa? Gazowa? Mieszana? Nie wiemy nic o procesie wytopu, jakości metalurgicznej stopu, maszynie odlewniczej... nie wiemy niczego od strony odlewniczej. Może taka była idea aby analizować proces nic o nim nie wiedząc aby nie postąpić rutynowo i szablonowo?

- Str. 236: „*Warto zauważyć, że nawet bez takich pogłębionych analiz mogą one posłużyć personelowi odlewni do wprowadzenia bardziej rygorystycznych procedur kontrolnych tych właśnie parametrów.*” Czy w analizowanej odlewni sprawdzono doświadczalnie przedstawione w pracy wyniki? Czy dokonano modyfikacji / optymalizacji maszyny, jej ustawień, serwisu itp. aby poprawić wskaźniki jakości odlewów? Jeśli nie to, czy planowane jest takie działanie? Na ile w odlewni uznano przedstawione w pracy wyniki?
- Str. 240: „*Niniejsza praca dowiodła, iż tworzenie się wad w odlewach mimo, że często wydaje się przypadkowe, bez możliwości identyfikacji jego przyczyn...*” Tworzenie się wad w odlewach nigdy nie jest przypadkowe. Często po prostu nie znamy przyczyny, ale ona zawsze istnieje. Przypadek odgrywa tutaj najmniejszą rolę.

Wartość naukową rozprawy, mimo tych nielicznych uwag i różnorodnych błędów, które wymieniłem i tych, które zaznaczyłem w tekście pracy, oceniam jako bardzo dobrą a Doktorantkę proszę o pisemne odniesienie się do uwag zapisanych czcionką pogrubioną oraz wyraźnie wyartykułowanych wcześniej w treści recenzji.

5. Strona edycyjna pracy oraz poprawność językowa i stylistyczna

Zarówno strona edycyjna jak i poprawność językowa pracy stoją na wystarczająco dobrym poziomie. Czyta się ją bardzo dobrze, ponieważ stanowi spójną całość. Napisana jest na ogół zrozumiałym językiem, choć może ze zbyt dużą liczbą błędów stylistycznych i gramatycznych a także błędów edytorskich czy tzw. literówek. Błędów tego typu nie raportowałem w recenzji a jedynie przekazałem Doktorantce w egzemplarzu recenzenckim dla przeanalizowania i wyeliminowania w przyszłości. Jakość i estetyka grafiki stoją na wysokim poziomie (oprócz Rys.2.3.1.) z zastrzeżeniem, że rysunki oryginalne w języku angielskim powinny być zostać przetłumaczone na język polski.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Praca napisana jest na bardzo dobrym poziomie niemal w każdym ocenianym aspekcie. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą umiejętnością opracowania krytycznego przeglądu literatury i na jego podstawie sformułowała cele oraz ogólną hipotezę badawczą, którą następnie udowodniła w bardzo dobrze zaplanowanym i zrealizowanym planie badawczym.

Wykazała się biegłością w stosowaniu różnorodnych technik badawczych oraz umiejętnością analizy wyników i formułowania wniosków.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że praca doktorska Pani mgr inż. Alicji Okuniewskiej pt. *„Metodyka diagnozowania przyczyn powstawania wad wyrobów na podstawie zaawansowanego modelowania opartego na dużych zbiorach danych”* spełnia wymagania stawiane przez Rozporządzenie Ministra z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z dnia 30 stycznia 2018 r. poz. 261) oraz Ustawę z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw, wobec czego wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie Kandydatki do publicznej obrony.



.....