

dr hab. inż. Mirosław Świercz, prof. PB
Katedra Automatyki i Robotyki
Wydział Elektryczny
Politechnika Białostocka

Białystok, 9 października 2020 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pana

mgr. inż. Marcina Jarmołowicza

pt. „**Metody interpolacyjne w algorytmach zmiany częstotliwości próbkowania sygnałów dyskretnych**”

(zlecenie Prorektora ds. Nauki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego, z dnia 2 lipca 2020 r.)

1. **Ogólna charakterystyka, przedmiot, teza i cel rozprawy**

Rozprawa doktorska mgr. inż. Marcina Jarmołowicza zawiera 172 strony i została podzielona na następujące części:

- wstęp, w którym Autor przedstawia w skrócie motywację do podjęcia badań opisanych w rozprawie, formułuje tezy pracy oraz charakteryzuje treść poszczególnych rozdziałów rozprawy;
- pięć rozdziałów merytorycznych, prezentujących działanie znanych algorytmów interpolacji sygnałów dyskretnych oraz osiągnięcia własne Autora rozprawy;
- rozdział końcowy, zawierający podsumowanie uzyskanych wyników oraz nakreślenie wybranych kierunków dalszych badań;
- spis literatury, zawierający 99 pozycji, w tym 2 pozycje autorstwa Doktoranta oraz 4 pozycje, których był On współautorem.

W rozdziale pierwszym („Wstęp”) na stronie 11 Autor formułuje cztery tezy rozprawy:

1. „Interpolacja spektralna, działająca w oparciu o zmianę długości widma sygnału wejściowego, generuje mniejsze zniekształcenia niż algorytmy działające w dziedzinie czasu dyskretnego i jest podatna na modyfikacje”;
2. „Istnieje możliwość przeprowadzenia takiej korekcji widma sygnału wejściowego, aby uzyskać lepsze odzwierciedlenie cech charakterystycznych dla spektrum sygnału idealnie przepróbkowanego, a tym samym zwiększyć dokładność resamplingu widmowego”;
3. „W przypadku upsamplingu realizowanego w dziedzinie częstotliwości, odpowiednia eliminacja skokowych zmian amplitudy pomiędzy spektrum oryginalnym a dopisanym wektorem zerowych próbek widma zwiększa dokładność działania algorytmu”;
4. „Jakość działania dowolnych algorytmów zmiany szybkości próbkowania zależy od struktury częstotliwościowej sygnału”.

Powyższe tezy, może za wyjątkiem czwartej (dość oczywistej – nawet dla kogoś, kto jedynie w praktyce wykorzystuje algorytmy aproksymacji funkcji/sygnału), posiadają cechę oryginalności, zostały sformułowane poprawnie, a podjęta w pracy próba ich doświadczalnego potwierdzenia jest niewątpliwie zadaniem naukowym odpowiadającym wymaganiom stawianym rozprawie doktorskiej.

M. Świercz

Ogólnym celem, jaki postawił przed sobą Autor rozprawy, była poprawa wyników działania algorytmów interpolacji sygnałów dyskretnych, tj. poszukiwanie wartości nowych próbek sygnału na podstawie próbek istniejących, z powodu wymaganej zmiany częstotliwości próbkowania sygnału analogowego. Celem badań podjętych przez Doktoranta było zmniejszenie zniekształceń tak „przepróbkowanego” sygnału w stosunku do sytuacji, w której sygnał analogowy byłby od razu próbkowany z częstotliwością docelową.

Doktorant, po wszechstronnej analizie metod interpolacji sygnałów w dziedzinie czasu (dokonywanej za pomocą układu interpolatora i decymatora) i częstotliwości, uzasadnił wybór najbardziej odpowiedniego algorytmu „resamplingu” działającego w dziedzinie częstotliwości oraz zaproponował własne modyfikacje tego algorytmu. Ponadto wpływ na jakość procesu „przepróbkowania” różnych parametrów sygnału, np. szerokości i położenia pasma, stosunku oryginalnej i docelowej częstotliwości próbkowania, długości sygnału i liczby składowych jego widma częstotliwości. Jakość działania zmodyfikowanego algorytmu „resamplingu spektralnego” Doktorant zilustrował na kilku przykładach praktycznych.

Realizacja celu pracy stanowi oryginalny wkład do teorii przetwarzania sygnałów, a możliwość praktycznego zastosowania opracowanych przez Doktoranta algorytmów „resamplingu” ilustrują opisywane w rozprawie przykłady rzeczywistych zagadnień technicznych. Można więc z pewnością stwierdzić, że podjęta i rozwinięta w rozprawie problematyka badawcza ma znaczenie – zarówno z teoretycznego, jak i z praktycznego punktu widzenia. Recenzent nie ma zatem wątpliwości, że problem badawczy, którego rozwiązanie przedstawił Doktorant w swojej pracy, jest adekwatny do poziomu rozprawy doktorskiej i jak dotychczas nie doczekał się kompleksowego rozwiązania.

W rozdziale pierwszym rozprawy Autor przedstawia krótki opis rozważanych w pracy problemów badawczych oraz formułuje wymienione powyżej tezy. W tym rozdziale Doktorant zamieszcza również krótkie streszczenie kolejnych rozdziałów rozprawy doktorskiej. Rozdział drugi zawiera omówienie i charakterystykę najczęściej stosowanych interpolacyjnych algorytmów „resamplingu”, działających w dziedzinie czasu i częstotliwości. Rozdział trzeci jest obszernym raportem z wykonanych przez Doktoranta eksperymentów symulacyjnych, poświęconych zbadaniu i ilościowej ocenie wielkości zniekształceń wybranego sygnału testowego, poddawanego procesowi „resamplingu” za pomocą algorytmów opisanych w poprzednim rozdziale. W czwartym rozdziale rozprawy Autor prezentuje proponowane modyfikacje algorytmów konwersji częstotliwości próbkowania, realizowanej w dziedzinie częstotliwości. W rozdziale piątym Autor, na podstawie licznych symulacji, dokonuje oceny jakości działania proponowanych modyfikacji algorytmu „resamplingu widmowego”. Rozdział szósty przedstawia wyniki działania zmodyfikowanego algorytmu „przepróbkowania” w wybranych zastosowaniach praktycznych. W ostatnim, siódmym rozdziale rozprawy, Doktorant dokonuje podsumowania rezultatów, osiągniętych w pracy. Prezentuje również pewne otwarte problemy, które nie zostały wyczerpująco rozwiązane w pracy oraz nakreśla kierunki dalszych prac nad zaproponowanym podejściem do interpolacji sygnałów dyskretnych.

2. Ocena rozprawy – najważniejsze osiągnięcia Autora

Autor rozprawy prawidłowo sformułował problem badawczy (którego poziom, jak wspomniano wyżej, jest adekwatny do wymagań stawianych rozprawom doktorskim) i przedstawił w treści rozprawy jego rozwiązanie. Słuszność sformułowanych na początku rozprawy tez Doktorant potwierdził wnosząc pewien wkład teoretyczny do zagadnień przetwarzania sygnałów dyskretnych i zweryfikował za pomocą metod symulacyjnych, co wymagało rozwiązania szeregu dość trudnych problemów teoretycznych i praktycznych, adekwatnych do poziomu rozprawy doktorskiej. Doktorant wykazał się przy tym dobrą

znajomością współczesnego stanu wiedzy w obszarze bezpośrednio związanym z tematem rozprawy, jak również w obszarach zbliżonych tematycznie do głównego nurtu rozprawy. Przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską oceniam zatem jednoznacznie pozytywnie.

Za główne osiągnięcia Doktoranta, które nie zostały jednak jawnie wskazane przez niego samego w treści pracy, uważam:

- przeprowadzenie licznych i wszechstronnych eksperymentów symulacyjnych, pozwalających na ocenę dokładności algorytmów „resamplingu”, działających zarówno w dziedzinie czasu, jak i częstotliwości – niezależnie od uwag krytycznych, jakie formułuję niżej w odniesieniu do tego aspektu rozprawy doktorskiej;
- opracowanie oryginalnych modyfikacji algorytmu „resamplingu widmowego” oraz symulacyjna weryfikacja jakości tych modyfikacji.

3. Uwagi krytyczne, dyskusyjne i komentarze do rozprawy

Oprócz ogólnie jak najbardziej pozytywnej opinii na temat jakości rozprawy doktorskiej, podczas jej lektury nasuwa się również kilka uwag krytycznych. Recenzent proponuje, aby podczas publicznej obrony rozprawy Doktorant ustosunkował się do sformułowanych poniżej uwag dyskusyjnych.

3.1. Wybór sygnałów używanych w testach algorytmów zmiany częstotliwości próbkowania.

W testach oceniających jakość szerokiej grupy algorytmów „resamplingu” Doktorant wykorzystuje relatywnie krótki fragment sygnału składającego się z 60 harmonicznym o losowo dobranych częstotliwościach, amplitudach i fazach (str. 45). Długość tego analogowego sygnału testowego wynosi ok. 23 milisekund, sygnał został spróbkowany z częstotliwością 44,1 kHz, a jego pasmo o szerokości ok. 1,1 kHz jest stosunkowo wąskie. Odwołanie do literatury (poz. (77)) sugeruje, że sygnał testowy może być wykorzystywany w geofizyce (lub pochodzić ze zjawisk badanych w tym obszarze nauki). Doktorant nie pokazuje w pracy kilku przykładowych realizacji takiego sygnału (wykresów w dziedzinie czasu i częstotliwości), co prowokuje pytania o powody wyboru właśnie takiej klasy sygnałów do testów znanych algorytmów. Sygnały wykorzystywane w kolejnych rozdziałach pracy do oceny algorytmów interpolacji, które zostały zaproponowane przez Doktoranta, są w istocie modyfikacjami sygnału, o którym mowa powyżej.

Zdaniem recenzenta, znacznie bardziej użyteczna byłaby ocena właściwości algorytmów „resamplingu” w odniesieniu do sygnałów należących do klas bardziej typowych dla *dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika*. Można oczywiście odwrócić rolę w dyskusji, stawiając pytanie „A jakie to klasy sygnałów są typowe dla tej dyscypliny wiedzy i praktyki?”, niemniej jednak recenzent nie znalazł w treści rozprawy próby uzasadnienia przez Doktoranta sensowności jego wyboru.

3.2. Eksperymenty symulacyjne – badania jakości algorytmów interpolacji.

W celu oceny jakości algorytmów interpolacji (rozdz. 3 rozprawy) Doktorant wykonał ogromną, sięgającą blisko 28 tys., liczbę symulacji. Badania miały ustalony scenariusz, w którym te same kryteria oceny stosowano do wszystkich wybranych przez Doktoranta algorytmów. Niemniej jednak zasadne jest pytanie o sens niektórych symulacji – dlaczego, na przykład, długość sygnału miałaby wpływ na jakość aproksymacji w metodach Newtona i Lagrange'a, które wykorzystują krótkie okna (3 i 5 próbek)? Jakie są fizyczne mechanizmy, które powodują, że długość sygnału powoduje zmianę jakości interpolacji algorytmu, który w każdej chwili czasu „widzi” jedynie kilka próbek? Zdaniem recenzenta brak takiej zależności widać np. na wykresach

w środkowej części str. 78, gdzie zmiana wartości błędów „resamplingu” wynika najprawdopodobniej z losowości parametrów harmoniczných składowych sygnałów.

W tym miejscu pojawia się pytanie o poziom „uniwersalizmu” ocen i wniosków zaprezentowanych przez Doktoranta w tym rozdziale oraz wyników, które uzyskał po dokonaniu własnych modyfikacji algorytmów. Intuicyjnie jest dość oczywiste, że gdyby badany sygnał był kwadratową funkcją czasu, algorytm Newtona wykorzystujący 3-punktowe przesuwane okno czasowe dawałby doskonałą interpolację (zakładając brak w sygnale losowych zakłóceń). Doktorant wspomina wprawdzie w treści rozprawy, że sam kształt sygnału (jego struktura widmowa) ma wpływ na jakość interpolacji za pomocą konkretnego algorytmu, niemniej jednak nie rozwija szerzej tego wątku w treści rozprawy. Natomiast dla użytkownika, którego przedmiotem zainteresowania jest określona klasa sygnałów (np. w problemach regulacji, sterowania układami napędowymi, itp.) istotna jest odpowiedź na pytanie, który algorytm „resamplingu” jest najbardziej efektywny w odniesieniu do tej klasy sygnałów.

3.3. Sformułowanie i rozwiązanie zadania optymalizacji.

Rozdział 4 rozprawy nosi tytuł „Optymalizacja algorytmów resamplingu widmowego pod kątem jakości przetwarzania”. Nawet tak „nietechniczna” publikacja, jaką jest „Słownik Języka Polskiego PWN” definiuje termin „optymalizacja” jako „poszukiwanie za pomocą metod matematycznych najlepszego, ze względu na wybrane kryterium, rozwiązania danego zagadnienia gospodarczego, przy uwzględnieniu określonych ograniczeń”. Bliższe dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika podręczniki określają optymalizację jako poszukiwanie najlepszego rozwiązania (tzw. rozwiązania optymalnego), dającego najmniejszą lub największą wartość pewnego wyrażenia, nazywanego funkcją celu (wskaźnikiem jakości, kryterium jakości, kryterium optymalizacji, funkcjonalem jakości).

Niestety, w treści rozdziału 4 recenzent nie znalazł prawidłowego, formalnego sformułowania problemu optymalizacji – postaci funkcji celu, ograniczeń, wyróżnienia zmienných decyzyjnych, wyboru algorytmu optymalizacji oraz analizy uzyskanego rozwiązania optymalnego (globalne/lokalne, jednoznaczne, itp.). O dość swobodnym traktowaniu przez Doktoranta ścisłego i precyzyjnego terminu „optymalizacja” świadczy również tytuł rozdziału 6.1: „Optymalizacja struktury spektralnej sygnałów diagnostycznych”, w treści którego nie można znaleźć jakichkolwiek formalizmów matematycznych. Zastrzeżenia recenzenta co do prawidłowości sformułowania zadania optymalizacji potwierdzają również sformułowania użyte przez Doktoranta w innych fragmentach pracy, np.: „Zakładając (podkr. moje – M. Świercz), że optymalna wartość współczynnika ...” (str. 116), czy „Ocena wpływu wartości progowej (istotnej z punktu widzenia ilościowej oceny rozwiązania, czyli optymalności rozwiązania – M. Świercz) na poziom błędów resamplingu ... jest mocno utrudniona” (str. 119).

3.4. Prezentacja i ocena jakościowa wyników eksperymentów symulacyjnych.

Jak podkreślono w punkcie 3.2 recenzji, dla celów rozprawy Doktorant wykonał ogromną liczbę eksperymentów symulacyjnych, które stanowią istotną część pracy. Jakość prezentacji tych wyników jest więc ważnym elementem, wpływającym na ocenę rozprawy. Jako podstawowe formy prezentacji wyników symulacji Doktorant wybrał tabele i wykresy (w dwu- i trójwymiarowym układzie współrzędnych). Wykresy zamieszczone w rozprawie są dość czytelne (pomimo stosunkowo niewielkich rozmiarów), jednakże lepsze efekty porównawcze dałoby zastosowanie tego samego zakresu liczb na osi rzędnych (np. na wszystkich wykresach czterostronicowego rys. 3.2, str. 50-53). Jednakże, zdaniem recenzenta, czytelność tabel jest dość słaba – na przykład zestawienie niemal 300 liczb w Tabeli 3.6 (str. 67-68), gdzie liczby są reprezentowane przez pięć cyfr po przecinku, a większość cyfr stanowią zera, powoduje u czytelnika poczucie zniechęcenia i zaburza odbiór tekstu rozprawy. O wiele lepszy efekt dałoby przedstawienie tych

liczb np. w postaci $12,3 \cdot 10^{-4}$ oraz $0,3 \cdot 10^{-4}$, przy czym wspólnego mnożnika bazowego (10^{-4}) można by w ogóle nie umieszczać w komórkach tabeli, a jedynie w nagłówkach (tytułach) kolumn. Można było również rozważyć przeniesienie wszystkich tabel ze szczegółowymi wynikami eksperymentów do dodatku – zdaniem recenzenta bez straty dla ciągłości narracji.

Drugim problemem jest komentarz do wyników, zaprezentowanych w tabelach oraz na wykresach, który (zdaniem recenzenta) powinien zawierać jakościową analizę tych danych liczbowych, próbę wyjaśnienia przyczyn obserwowanych rezultatów badań oraz wnioski, które wynikają z dwóch pierwszych elementów komentarza. Zdaniem recenzenta, komentarze Doktoranta są zbyt lakoniczne, a wnioski są raczej oczywistymi spostrzeżeniami wynikającymi z przebiegu wykresów, niż próbą odpowiedzi na pytanie, dlaczego tak się dzieje (na przykład akapit na str. 135, będący komentarzem do Tabeli 5.5).

3.5. Dobór literatury źródłowej.

Spśród 93 pozycji bibliograficznych opublikowanych przez innych autorów, zdecydowana większość, bo 70 pozycji, powstało w XXI wieku – taki dobór literatury należy uznać za ogólnie poprawny. Najstarsza publikacja wymieniona przez Doktoranta pochodzi z 1946 r., co można uznać za przytoczenie źródła historycznej koncepcji, rozwijanej w późniejszych latach. Nie bardzo można jednak zrozumieć cel odwołania się do pracy „A-d and d-a converters: Their effect on digital audio fidelity” z 1971 roku, pomimo „pomnikowej” postaci jej autora – Thomasa Greenway’a Stockhama Jr. Podobne zastrzeżenia recenzent odnosi do prac dotyczących cyfrowego przetwarzania sygnałów wydanych 20-25 lat temu, czy pracy [69], traktującej m.in. o sprzętowych implementacjach algorytmów konwersji szybkości próbkowania (w wielkiej skali integracji), wydanej w roku 1995.

3.6. Wskazanie własnych osiągnięć Doktoranta.

W rozprawie brakuje wyraźnego wskazania, które jej elementy są indywidualnymi, oryginalnymi osiągnięciami Doktoranta. Niezależnie od zaprezentowanego wyżej stwierdzenia, że recenzent nie ma problemu z precyzyjnym wyodrębnieniem tej części rozprawy, która stanowi indywidualny dorobek Doktoranta, warto, aby Autor przedstawił takie zestawienie podczas obrony, ułatwiając końcową ocenę wartości jego dokonań. Treść rozdziału „Podsumowanie” nie jest, zdaniem recenzenta, klarowną, jednoznaczną prezentacją dorobku Doktoranta przedstawionego w treści rozprawy.

Autor nie ustrzegł się również pewnych mniej istotnych usterek, skrótów myślowych i uproszczeń, wymienionych poniżej:

- Str. 21 – rysunki zamieszczone w tym rozdziale (np. rys. 2.8 czy rys. 2.9) nie są oryginalnym dorobkiem Autora rozprawy; trudno również uznać, że funkcjonują w publikacjach naukowych na zasadzie wykresu funkcji liniowej – toteż, zdaniem recenzenta, Doktorant powinien zamieszczać odnośniki do literatury źródłowej, z której zaczerpnął te rysunki.
- Str. 24 – Doktorant wielokrotnie stosuje w rozprawie rozmyte, nieprecyzyjne określenia, które utrudniają czytelnikowi obiektywną ocenę właściwości algorytmów, np. „Proponowany algorytm cechuje ... umiarkowana dokładność” (*podkreślenie moje – M. Świercz*).
- Str. 26 – w zdaniu poniżej wzoru (2.31) powinno być „Funkcja $S(t)$ realizuje interpolację sześcienną zachowującą kształt ...”.
- Str. 26 – zwrot „niemniej”, jako „spójnik przyłączający zdanie lub inne wyrażenie, którego treść jest niezgodna z tym, co można wywnioskować z wcześniejszego kontekstu” (wg *Słownika Języka Polskiego PWN*) pisze się łącznie, również w wyrażeniach: *niemniej jednak*, *niemniej przeto* – w odróżnieniu od rozdzielnej pisowni zwrotów typu: „nie mniej niż sto stron”; błąd ten występuje w rozprawie kilkakrotnie, np. na str. 114.

- Str. 26 – w tytule podrozdziału „2.4.5 Zmodyfikowana metoda Akima” (oraz w treści tego rozdziału) powinno być „Akimy”, gdyż w mianowniku imię i nazwisko tego autora brzmi: Hiroshi Akima.
- Str. 31 – przy wyjściach skrzynki decyzyjnej w schemacie blokowym algorytmu (rys. 2.12) nie podano warunków logicznych (T/N), które powodują wybór określonego wyjścia bloku.
- Str. 36 – w mianownikach obydwu wyrażeń definiujących pierwszą i drugą pochodną funkcji $x(n)$ (wzór (2.68)) wystąpią jedyńki.
- Str. 43 – we wzorze (3.3) indeksem sumowania powinno być 'n' (nie 'm!').
- Str. 68 – kolejnym przykładem braku precyzji sformułowań Doktoranta jest zdanie: „Dodatkowo, w porównaniu z poprzednim testem, błędy spektralne są w jeszcze mniejszym stopniu skorelowane z czasowymi” – czy przy tak dużej liczbie wyników zamieszczonych w tabelach poprzedzających ten wniosek Autor posłużył się jakąś obiektywną miarą stopnia skorelowania, czy też jedynie „wizualną” analizą wyników?
- Str. 70 – poprawna pisownia czasownika „mieć”, występującego w liczbie pojedynczej, trzeciej osobie rodzaju nijakiego w trybie przypuszczającym – to „miałoby” (pisane łącznie).
- Str. 76 – w objaśnieniach do wzoru (3.19) nie podano zakresu zmienności indeksu 'k'. Ta sama uwaga dotyczy wzoru (3.20) na str. 84, niezależnie od tego, że zakres zmienności tego indeksu w w/w wzorach jest dość oczywisty.
- Str. 86-88 – ze względu na to, że H_{min} i H_{max} są wielkościami mianowanymi, wielkość $g(k)$ jest również mianowana, czego Autor nie uwzględnił w opisach osi na rys. 3.7.
- Str. 92 – słowo „ilość” stosuje się do rzeczowników niepoliczalnych (np. ilość wody), zaś do rzeczowników policzalnych stosuje się słowo „liczba” (np. liczba pomiarów).
- Str. 118 – słowo „niekoniecznie” pisze się łącznie, podobnie jak słowo „wymagałoby” (str. 120) oraz „nieistotny” (str. 128).
- Str. 120 – fragment tekstu powinien brzmieć „... wyznaczonej dla zadanej długości ...”.

4. Podsumowanie oceny rozprawy doktorskiej

Treść rozprawy dotyczy zagadnień przetwarzania sygnałów dyskretnych, a więc problematyki, która ma istotne znaczenie praktyczne. Zdaniem recenzenta, Autor za pomocą imponującej liczby eksperymentów symulacyjnych, ich wszechstronnej analizy oraz dzięki zaproponowanym modyfikacjom algorytmów aproksymacji sygnałów w dziedzinie częstotliwości potwierdził tezy sformułowane na str. 11 rozprawy. W treści rozprawy Autor w sposób wyczerpujący, dostatecznie jasny i precyzyjny przedstawił wyniki eksperymentów numerycznych i wnioski, które z tych eksperymentów wypływają. Doktorant wykorzystał w swych badaniach wiedzę źródłową dostępną w historycznych i współczesnych publikacjach naukowych, co świadczy o jego dobrej znajomości tematyki, której dotyczy rozprawa. Zadania badawcze, które postawił przed sobą Doktorant, charakteryzują się poziomem merytorycznym adekwatnym do wymagań stawianych rozprawom doktorskim i zostały sformułowane i rozwiązane w poprawny sposób. Doktorant dobrał właściwe, nowoczesne i zaawansowane technicznie metody osiągnięcia zamierzonych celów rozprawy.

W treści rozprawy można wyodrębnić oryginalny i samodzielny dorobek Autora, jakkolwiek w pracy brakuje jednoznacznego zestawienia i podsumowania osiągnięć własnych Autora rozprawy (zdaniem recenzenta, rozdział „Podsumowanie” jedynie w ograniczonym stopniu spełnia takie zadanie). Należy oczywiście podkreślić fakt, że niektóre wątki poruszane w rozprawie zostały rozwinięte w sześciu publikacjach autorskich i współautorskich Doktoranta (z których artykuł opublikowany w *International Journal of Electronics and Telecommunications* wydaje się być najpoważniejszą pracą). Można więc uznać, że tezy rozprawy oraz wybrane rezultaty osiągnięte przez Autora zostały w dużej części

pozytywnie zweryfikowane przez specjalistów, zajmujących się tematyką zbliżoną do zakresu rozprawy doktorskiej.

Pewna liczba uwag polemicznych oraz krytycznych komentarzy, zamieszczonych w poprzednim rozdziale recenzji, wynika przede wszystkim z samego problemu naukowego, który nie doczekał się jak dotąd jednoznacznego rozwiązania. Doktorant podjął więc trudny problem o charakterze teoretyczno-praktycznym i wniósł interesujący przyczynek do pogłębienia wiedzy na temat algorytmów zmiany częstotliwości próbkowania sygnałów dyskretnych. Przedstawione powyżej uwagi o charakterze polemicznym i krytycznym są warte rozważenia i ewentualnego uwzględnienia w dalszych pracach Doktoranta, nie wpływają jednak w decydujący sposób na ocenę opiniowanej rozprawy doktorskiej.

Opiniowana praca stanowi samodzielne i oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, potwierdzając umiejętność prowadzenia przez Doktoranta pracy naukowej. Treść rozprawy świadczy o dobrym poziomie wiedzy Doktoranta w podstawowej dyscyplinie naukowej, jak również o odpowiednim poziomie jego wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych w pokrewnych obszarach nauki. Redakcja pracy jest na ogół staranna (zauważone przez recenzenta usterki i błędy redakcyjne zostały wymienione powyżej), zaś układ rozprawy jest poprawny.

5. Wniosek końcowy

Zgodnie z zaprezentowaną powyżej oceną merytoryczną rozprawy Pana mgr. inż. Marcina Jarmołowicza stwierdzam, że opiniowana praca spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w Artykule 13, ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 z 2003 r., poz. 595 z późn. zm.) oraz stosownych przepisach wykonawczych wydanych na podstawie w/w Ustawy.

W związku z Art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669) stawiam zatem wniosek o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Marcina Jarmołowicza do publicznej obrony, zgodnie z procedurą określoną w Uchwale nr 113 Senatu ZUT w sprawie określenia sposobu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie.

