

dr hab. Piotr Zawadzki  
Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki,  
Politechniki Śląskiej w Gliwicach,  
ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice  
e-mail: Piotr.Zawadzki@polsl.pl  
tel. +48 322372901

Gliwice, 4 kwietnia 2017

## Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Łukasza Paweli pt.: „Open systems in quantum informatics”.

Niniejszą recenzję wykonano na zlecenie Dyrektora Instytutu Informatyki Teoretycznej i Stosowanej Polskiej Akademii Nauk w Gliwicach w związku z oceną wniosku o nadanie stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie Informatyka. Zasadność wniosku zbadano w oparciu o regulacje zawarte w Ustawie ”O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 r. zwanej dalej Ustawą i Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 30 października 2015 r. ”W sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora” nazywanego dalej Rozporządzeniem.

### 1 Aspekty formalne

Jako rozprawę doktorską mgr inż. Łukasz Pawela przedstawił cykl spójnych tematycznie artykułów opublikowanych w czasopiśmie z tzw. listy filadelfijskiej i zajmujących się obszarem wiedzy, której dotyczy wniosek. Ustawa w Art. 13, ust. 2 dopuszcza taką formę rozprawy. Przedstawione do recenzji artykuły mają wielu autorów, zatem należy je uznać za pracę zbiorową. W rozprawie zawarto oświadczenia podpisane przez współautorów określające wkład kandydata w powstanie każdego z przedstawionych artykułów. Przedstawiona rozprawa doktorska umożliwia ocenę **indywidualnego** wkładu kandydata, i w konsekwencji, spełnia wymogi narzucone przez Ustawę i Rozporządzenie.

Celem niniejszej recenzji jest ocena czy indywidualny wkład kandydata w powstanie przedstawionej rozprawy: a) można uznać za oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, b) dokumentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata, c) dowodzi umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

### 2 Ocena merytoryczna

Rozdziały 2 do 6 stanowią dokumentację rozwiązania pewnego szczególnego przypadku sterowalności układów kwantowych. Przedstawione wyniki należy zaliczyć do kategorii *proof of concept*, dowodzących słuszności postawionych hipotez badawczych. Koncepcja badań opiera się na spostrzeżeniu udokumentowanym w rozdziale drugim, że uzupełnienie układu kwantowego o układ zewnętrzny, który z nim oddziałuje umożliwia sterowanie układu podmiotowego.

To ogólne spostrzeżenie zastosowano w pozostałych rozdziałach do opracowania metody sterowania prostego układu kwantowego. Jej idea polega na uzupełnieniu układu sterowanego o dodatkowy, oddziałujący z nim qubit. Impulsy sterujące są aplikowane tylko do jednego qubitu, zatem oddziaływanie qubit pobudzany – układ sterowany pełni rolę propagatora wprowadzonego zaburzenia. Celem przedstawionej metody jest zmuszenie sterowanego układu do zadanej ewolucji unitarnej, co jest równoważne z możliwością wykonywania obliczeń kwantowych.

Jako metodę badawczą zastosowano modelowanie numeryczne, którego główną osią jest rozwiązywanie równania Lindblada w różnych konfiguracjach. W rozdziale 3 impulsy sterujące zamodelowano jako funkcję sklejaną, odcinkami stałą i pokazano, że w takiej konfiguracji osiągnięcie postawionego celu jest możliwe. Niestety, taki model funkcji sterującej jest нефизyczny, ze względu na nieciągłą pochodną. W kolejnych rozdziałach zastosowano bardziej realistyczny model pobudzenia, stosując filtrację dolnoprzepustową funkcji sterującej i badając jednocześnie wpływ takiego zabiegu na możliwość osiągnięcia celu. Stwierdzono, że pożądaný wynik sterowania jest nadal osiągalny, zatem proponowana metoda sterowania może być, co do zasady, wykorzystana w praktyce. W konsekwencji, rozdziały 2-6 stanowią dokumentację **oryginalnego** rozwiązania problemu badawczego. Jakość przedstawionych wyników nie budzi żadnych wątpliwości, bowiem wszystkie wyniki opublikowano w renomowanym czasopiśmie zajmującym się informatyką kwantową. Obecnie lokuje się ono w kwartyle Q1, zatem uzyskane wyniki są najwyższej jakości.

Pozostaje zatem zbadać, czy **indywidualny** wkład kandydata jest wystarczający. Z oświadczeń autorskich wynika, że kandydat był odpowiedzialny za numeryczny aspekt rozwiązania modelu matematycznego w każdym z rozdziałów. Jednak w rozprawie bardzo mało miejsca poświęcono temu aspektowi działalności naukowej kandydata. W rezultacie trudno ocenić czy wykorzystane metody noszą znamiona oryginalności. Niewątpliwie jednak umiejętność samodzielnego numerycznego odwzorowania aparatu pojęciowego mechaniki kwantowej dowodzi jego ogólnej orientacji w podjętej tematyce badawczej. Z punktu widzenia oceny wkładu indywidualnego kandydata najważniejszy jest rozdział 3. Rozdział ten stanowi punkt wyjściowy dla bardziej szczegółowych rozważań prowadzonych w rozdziałach 4÷6 i jednocześnie stanowi kluczowy element metod tamże stosowanych. Na uwagę zasługuje fakt, że to właśnie kandydat jest odpowiedzialny za sformułowanie problemu oraz stworzenie modelu matematycznego umożliwiającego jego rozwiązanie, co dowodzi jego samodzielności naukowej. Metoda zastosowana w tym rozdziale stanowi również silnik służący do rozwiązania problemów postawionych w rozdziałach 4÷6 i, co najważniejsze, metoda wzbudziła zainteresowanie środowiska naukowego, na co wskazuje kwerenda bazy WoS. Kandydat wniósł również istotny wkład w rozwiązanie problemów natury teoretycznej poruszanych w ostatnim rozdziale, samodzielnie dowodząc niektórych twierdzeń. Jest to niewątpliwý dowód samodzielności naukowej i znakomitego rozumienia aparatu matematycznego mechaniki kwantowej.

Niestety, zawartość pierwszego rozdziału jest niespójna z pozostałą częścią rozprawy. O ile fragmenty służące jako przewodnik po osiągnięciach kandydata zawartych w zebranych artykułach jest jak najbardziej zasadna, o tyle część wprowadzająca elementarne pojęcia mechaniki kwantowej, moim zdaniem, nie znajduje sensownego uzasadnienia. Oczywiście takie wprowadzenie ma sens, gdy rozprawa ma formę spójnego raportu dokumentującego osiągnięcia kandydata i stosuje się ją w celu ustalenia notacji w pozostałej części tekstu. Jednak przyjęta przez kandydata forma rozprawy polegająca na zebraniu powiązanych tematycznie artykułów takiego wprowadzenia nie wymaga, bowiem każdy z nich jest autonomiczną całością, która zagadnienia notacyjne rozwiązuje samodzielnie. Również argument polegający na zwiększeniu dostępności prezentowanych wyników dla szerszego grona czytelników nie wytrzyma próby, bowiem wiele

zagadnień pominiętych w treści artykułów nie znalazło swego objaśnienia w części wstępnej. W mojej opinii właśnie część wstępna powinna posłużyć do zamieszczenia wyników które „nie zmieściły” się w publikacjach. Na przykład, w żadnej z nich nie objaśniono szczegółowo, jakimi metodami numerycznymi rozwiązywano równanie różniczkowe Lindblada. Szersze omówienie tego zagadnienia w części wstępnej stanowiłoby spoinę dokonań kandydata prezentowanych w kolejnych rozdziałach. Co więcej, w wielu przypadkach jest to problem nietrywialny i moim zdaniem zasługuje na więcej uwagi, tym bardziej, że kandydat w oświadczeniach autorskich za każdym razem wspomina, że symulacje numeryczne leżały w jego gestii podczas prac badawczych. Oznacza to, że uważa on symulacje numeryczne za istotny element procesu rozwiązywania problemów badawczych. Brak stosownych objaśnień nie pozwala stwierdzić, czy ten aspekt działań kandydata zawierał pierwiastek oryginalności, a to jest właśnie meritum procesu recenzji.

Oczywiście przedstawione wyżej uwagi krytyczne dotyczą wyłącznie formy prezentacji, i w żaden sposób nie umniejszają dorobku kandydata, który na tym etapie rozwoju kariery naukowej należy uznać za **wybitny**, bowiem jest on współautorem w sumie dwunastu artykułów w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

### 3 Wniosek końcowy

Uważam, że oceniana rozprawa doktorska „Open systems in quantum informatics” spełnia wymogi narzucone przez Ustawę i Rozporządzenie, a w szczególności, że **samodzielny** wkład autorski kandydata stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, zatem wnoszę o dopuszczenie mgra inż. Łukasza Paweli do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

Piotr Zawadzki

