

Gliwice, 29 czerwca 2026

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr. Pawła Nałęcza-Jaweckiego pt. *Information transmission rate in biological signaling pathways*

Promotor: prof. dr hab. Tomasz Lipniacki

Promotor pomocniczy: Dr Marek Kochańczyk

1. Problem naukowy rozpatrywany w pracy.

Poznanie mechanizmów komunikacji wewnątrz- i międzykomórkowej jest niezwykle istotne dla zrozumienia procesów związanych z powstawaniem chorób, odpowiedzią organizmu na nie, a w konsekwencji dla opracowania efektywnych protokołów terapii. Badania w tym nurcie ukierunkowane są z jednej strony na poznanie struktur biochemicznych układów regulacji, a z drugiej strony na poznanie ich dynamiki. W drugim z wymienionych przypadków jednym z ważnych aspektów jest określenie charakteru sygnałów, wykorzystywanych do przekazywania informacji, oraz oszacowanie ich parametrów, w tym pojemności informacyjnej oraz szybkości transmisji. Należy więc stwierdzić, że rozpatrywane w rozprawie zagadnienia są aktualne i dobrze wpisują się w nurt obecnie prowadzonych prac naukowych. Tematyka rozprawy idealnie wpasowuje się w dyscyplinę inżynieria biomedyczna.

Przedmiotem rozprawy jest kwantyfikacja przepustowości ścieżek sygnałowych na poziomie wewnątrzkomórkowym, w komunikacji międzykomórkowej oraz wpływ mutacji na tę przepustowość.

W rozprawie postawiono trzy hipotezy badawcze:

1. Przejściowe impulsy (w odpowiedzi nieustalanej) aktywności szlaku sygnałowego są na tyle powtarzalne, że pozwalają zakodować informacje wystarczające do sterowania procesami regulowanymi przez ten szlak.
2. Mutacje onkogenne mogą wpływać na dokładność czasu wywoływania impulsów, a tym samym zmieniać zdolność komórki do przekazywania informacji zakodowanych w impulsach.
3. W populacji komórek przejściowa aktywność szlaku, przekazywana do sąsiednich komórek poprzez interakcje pomiędzy stykającymi się komórkami, może tworzyć fale

aktywności, które mogą skutecznie przenosić informacje na duże odległości w całej populacji.

Hipotezy pierwsza i trzecia zostały bez wątpienia potwierdzone w pracy. Co do drugiej hipotezy można stwierdzić, że rozprawa dostarczyła silnych poszlak na jej potwierdzenie, jednak dyskusja otrzymanych wyników pozostawia pewne pytania otwarte. Niewątpliwie **rozprawa dokumentuje oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, którym jest przede wszystkim oszacowanie przepustowości informacyjnej wybranego szlaku sygnałowego na podstawie badań eksperymentalnych, symulacyjnych oraz zastosowania formalnej teorii informacji.

2. Struktura pracy i analiza źródeł

Rozprawa została napisana w języku angielskim i składa się z trzech spójnych tematycznie artykułów, w których Doktorant jest pierwszym współautorem, opublikowanych w uznanych czasopismach naukowych w latach 2024-2025, poprzedzonych autoreferatem podsumowującym osiągnięcia rozprawy. Do rozprawy dołączone zostały oświadczenia współautorów o ich wkładzie w powstanie opublikowanych prac. Z oświadczeń tych jasno wynika, że Doktorant był wiodącym autorem i opublikowane wyniki mogą stanowić podstawę ubiegania się przez niego o stopień naukowy doktora.

Oprócz literatury, cytowanej w opublikowanych pracach, Doktorant dołączył w autoreferacie spis 41 prac naukowych, związanych z tematyką rozprawy. Należy zwrócić uwagę na szeroki zakres tematyki tych prac oraz ich rozpiętość czasową, co świadczy o bardzo dobrym rozeznaniu zarówno w najnowszym piśmiennictwie, jak i w klasycznych pozycjach literatury. Taki dobór bibliografii zasługuje na szczególne uznanie, ponieważ w ostatnich czasach często zapomina się o oryginalnych źródłach, kładących podwaliny pod obecnie wykorzystywane metody.

Podsumowując, stwierdzam, że oprócz oryginalnego rozwiązania problemu naukowego, **recenzowana rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie inżynieria biomedyczna**, a w szczególności w obszarze przekazywania sygnałów wewnątrz żywych komórek i komunikacji międzykomórkowej.

3. Oryginalność i silne strony rozprawy.

Rozprawa stanowi znakomite połączenie metod formalnych, symulacji komputerowych oraz eksperymentów biologicznych. Zgodnie z załączonymi oświadczeniami, Doktorant co prawda nie przeprowadzał eksperymentów samodzielnie, ale brał udział w ich planowaniu, a następnie poddawał ich wyniki szczegółowej analizie. Za oryginalne osiągnięcia Doktoranta, istotne z naukowego punktu widzenia należy uznać:

- oszacowanie dolnej granicy przepustowości informacyjnej szlaku MAPK/ERK;
- weryfikację wpływu mutacji (genu EML4-ALK) na przepustowość wyżej wymienionego szlaku sygnałowego;
- oszacowanie tempa dalekozasięgowego przekazu informacji w populacji komórek i przebadanie wpływu na nie różnych czynników.

Logiczna spójność analiz, prawidłowe wykorzystanie metod matematycznych oraz poprawny proces wnioskowania, umiejętność wykorzystania różnych metod i narzędzi oraz oparcie się na dobrze dobranych źródłach literaturowych świadczą o **umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta**.

4. Słabsze strony rozprawy i uwagi do dyskusji

W mojej opinii hipotezy 2 i 3 rozprawy zostały sformułowane niezbyt szczęśliwie. O ile rozumiem intencje, które za nimi stoją, to jednak nie powinno się formułować hipotez opartych na słowie

„może”. Taka hipoteza jest niemal niefalsyfikowalna, i najczęściej mogłaby być przyjęta bez żadnego dowodu.

Natomiast z punktu widzenia zdefiniowanego celu badawczego rozprawa w zasadzie nie ma słabych stron. Jeśli jednak rozpatrywać ją na nieco szerszym tle, należałoby poddać dyskusji następujące kwestie:

- Jaki jest charakter przekazywanej informacji, rozpatrywanej w rozprawie? Wydaje się, że jest to informacja binarna, dotycząca wystąpienia lub braku wystąpienia określonego zdarzenia. W takim kontekście stosunkowo niska przepustowość, która została wyznaczona, powinna być wystarczająca. Czy jednak takie podejście do transmisji informacji w układzie biologicznym, jakim jest komórka, a na wyższym poziomie cały organizm, jest wystarczające?
- Do czego i w jaki sposób można wykorzystać wyniki, będące przedmiotem rozprawy? Jeśli miałbym wskazać słabą stronę pracy, to byłby nią brak wyczerpującego omówienia ich użyteczności.
- Analiza wrażliwości przedstawiona w pracy 3 opiera się na badaniu wpływu zmian pojedynczych parametrów na otrzymane wyniki. Jednakże w złożonych nieliniowych układach wpływ jednoczesnych niewielkich zmian wielu parametrów może prowadzić do znacznej zmiany zachowania układu. Dlaczego nie przeprowadzono szerszej analizy wrażliwości i czy w przypadku jej przeprowadzenia mogłaby ona zmienić ostateczne konkluzje?

Powyższe pytania mają jedynie charakter dyskusyjny. Chciałbym podkreślić, że nie wymagam w odpowiedzi przeprowadzenia dodatkowych eksperymentów biologicznych czy też obliczeniowych, a jedynie logicznej analizy postawionych kwestii.

5. Ocena końcowa rozprawy.

Podsumowując uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa spełnia z naddatkiem wymagania stawiane pracom doktorskim. Stwierdzam, że mgr Paweł Nałęcz-Jawecki wykazał się wiedzą i umiejętnościami uprawniającymi do ubiegania się o stopień doktora nauk w dyscyplinie inżynieria biomedyczna. Przedstawiona praca doktorska spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r (Dz.U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.). W szczególności, prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria biomedyczna, wykazuje umiejętność samodzielnej pracy naukowej, a jej przedmiotem jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, opisanego w punkcie 1 niniejszej recenzji, Doktorant posiada tytuł zawodowy magistra oraz jest współautorem dziesięciu artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowych, ujętych w odpowiednim wykazie. W związku z powyższym, **wniosuję do Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk o dopuszczenie mgr. Pawła Nałęcz-Jaweckiego do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.**

Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoki poziom przeprowadzonych badań, umiejętność łączenia różnych metod w analizie wyników oraz jakość czasopism, w których opublikowane zostały publikacje składające się na rozprawę, wniosuję o wyróżnienie rozprawy.

