

Dr hab. Rafał Czajkowski  
Pracownia Pamięci Przestrzennej  
Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN  
Pasteura 3  
02-093 Warszawa

Rada Naukowa  
Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska  
Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego

## RECENZJA

Zgodnie z literą art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.) przedstawiam recenzję dysertacji doktorskiej mgr Bartosza Barana pt. „*Percepcja geometrycznych cech środowiska w zachowaniach nawigacyjnych owadów na przykładzie świerszcza domowego (Acheta domestica)*”, przygotowanej na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego. Promotorem rozprawy jest dr hab. Mirosław Nakoneczny, prof. UŚ, promotorem pomocniczym jest dr hab. Mateusz Hohol, prof. UJ.

### **1. Ocena ogólnej wiedzy teoretycznej mgr Bartosza Barana, ubiegającego się o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie „nauki biologiczne” (art. 187.1).**

Po zapoznaniu się z przedstawioną dysertacją oceniam, że ogólna wiedza teoretyczna mgr Bartosza Barana jest zaprezentowana w sposób w pełni odpowiadający wymaganiom dla rozprawy doktorskiej.

#### Uzasadnienie

Treść przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej wskazuje na dogłębną i szeroką znajomość zagadnień związanych z tematyką percepcji przestrzeni, pamięci i orientacji przestrzennej oraz nawigacji. Na szczególną pochwałę zasługuje wstęp, w którym autor bardzo szczegółowo przedstawia rozwój badań nad tymi zagadnieniami oraz obecny stan nauk behawioralnych. Widoczne jest zamiłowanie autora do aspektów filozoficznych oraz etologicznych, a także szeroka wiedza na temat najnowszych badań w modelach ssaczy. O dziwo, nieco mniej obszernie przedstawiona jest tematyka neurofizjologii i neuroanatomii pamięci przestrzennej u owadów. Bardzo skrótowo przedstawione są wyniki wieloletnich badań na modelu *Drosophila*, m. in. rola ciał grzybkowatych oraz ciała centralnego. Szkoda, że nie zostało szerzej rozwinięte lakoniczne stwierdzenie, że „głównym źródłem informacji o strukturach (...) są badania histologiczne”. Również badania

behawioralne nad pamięcią przestrzenną i nawigacją u *Drosophila* są potraktowane dość pobieżnie. W szczególności razi brak szerszej dyskusji nad pracami blisko związanymi z tematyką i metodologią rozprawy (Foucaud et al. 2010, Ofstad et al. 2011). Druga z tych prac, mimo, że opublikowana w jednym z najbardziej renomowanych czasopism naukowych, nie jest cytowana w ogóle. Podobny problem wystąpił w przypadku innej cytowanej publikacji (Wessnitzer et al. 2008), gdzie zastosowano niemal identyczną metodologię oraz zbliżony model owadzi. Praca ta powinna być zostać szerzej omówiona we Wstępie, a następnie przedyskutowana w świetle otrzymanych wyników. Ten brak jest o tyle dziwny, że lektura całości dysertacji wskazuje, że doktorant posiada szczegółową wiedzę na temat najnowszych badań i że znakomicie orientuje się w zagadnieniu. Szkoda, że nie zechciał przedstawić tego wąskiego wycinka wiedzy w sposób bardziej zorganizowany. Wziąwszy jednak pod uwagę złożoność problemu i ograniczoną objętość klasycznej rozprawy doktorskiej, można traktować tę lukę jako incydentalną.

Zawartość części metodycznej przedstawionej do recenzji rozprawy dowodzi, że w trakcie realizacji projektu doktorant szczegółowo zapoznał się z całym repertuarem badań behawioralnych dostępnych w modelach zwierzęcych i że do realizacji zadania badawczego wybrał optymalny paradygmat, pozwalający na uzyskanie odpowiedzi na postawione pytanie, jednocześnie umożliwiając interpretację wyników na bardzo szerokim tle. Znakomicie wykonanym elementem części metodycznej, wskazującym na dogłębną wiedzę autora, jest opis etologiczny modelu zwierzęcego, *Acheta domestica*, zawierający informacje pozwalające właściwie zinterpretować użyte później podejście eksperymentalne. W teoretycznym opisie modelu badawczego autor nie umieścił ważnej informacji dotyczącej zasadniczej różnicy pomiędzy zastosowanym paradygmatem a tzw. „labiryntem Morrisa”, a mianowicie celowej asymetryczności tego ostatniego, uniemożliwiającej stosowanie strategii opartych na symetrii. Ta różnica jest oczywista i zrozumiała dla uważnych czytelników pracy, niemniej jednak gwooli poprawności powinna być zostać stwierdzona *explicite*.

Należy podkreślić również, że wiedza teoretyczna doktoranta została udokumentowana współautorstwem publikacji teoretycznej (Hohol i wsp. 2017), która zarysowała przyszłe zagadnienia badawcze podjęte w trakcie studiów doktoranckich i przedstawione w niniejszej dysertacji.

## **2. Ocena umiejętności prowadzenia samodzielnej pracy naukowej przez mgr Bartosza Barana (art. 187.1).**

*Na podstawie przedstawionej do recenzji rozprawy oceniam, że mgr Bartosz Baran posiada adekwatną umiejętność formułowania celów badawczych, planowania i prowadzenia samodzielnych eksperymentów, ich analizy oraz prawidłowej interpretacji wyników, spełniając ustawowy wymóg dla uzyskania stopnia doktora.*

### Uzasadnienie

Zarówno zasadniczy cel pracy, jak i cele szczegółowe zostały zdefiniowane klarownie i czytelnie. Część metodyczna opisuje przeprowadzone eksperymenty w sposób umożliwiający ich bezproblemową replikację. Na szczególną pochwałę zasługuje schemat blokowy całości zrealizowanego projektu, który ułatwia późniejsze śledzenie wyników. W tej części brakuje jednak informacji o liczebności grup badanych oraz o sposobie jej ustalenia, w szczególności nie zostały wskazane metody statystyczne ani stosowne odnośniki literaturowe. Ponadto, w opisie

eksperymentów brakuje bardzo istotnej informacji dotyczącej sposobu umieszczania zwierząt w arenach oraz lokalizacji miejsc startowych w poszczególnych sesjach. Biorąc pod uwagę postulowaną zbieżność paradygmatu Tennessee Williams z labiryntem wodnym Morrisa, taka informacja jest konieczna do pełnego opisu metodyki. Bardzo starannie sporządzono opisy aparatury badawczej, a także rejestracji i sposobu przetwarzania danych behawioralnych. Wskazują one na wysokie umiejętności techniczne i manualne, a także na biegłość w statystycznej analizie danych.

Zasadnicze eksperymenty behawioralne (Badanie I oraz II), na których opiera się praca doktorska zostały przeprowadzone w sposób staranny i przemyślany. Dobór kształtów aren jest bez zarzutu, na pochwałę zasługuje użycie grupy kontrolnej z zaślepionymi oczami. Dodatkowo wykonany eksperyment kontrolny (bodziec zbliżający się) potwierdza niezależność nawigacji od bodźców wzrokowych. Wyniki tych badań opracowane i przedstawione są w większości starannie i przejrzysto. Wątpliwości budzi jedynie nadmierna parametryzacja wyników, będąca prawdopodobnie związana z dogłębną analizą danych dla potrzeb specjalistycznej publikacji naukowej (Baran i wsp. 2022). W dysertacji doktorskiej z pewnością powinno znaleźć się miejsce dla pokazania całego procesu przetwarzania wyników, w tym danych niemalże surowych. W szczególności zaskakuje brak przedstawienia nieprzetworzonych danych behawioralnych (krzywa uczenia). Rycina 14 (oraz tab. 1) pokazuje nachylenia krzywych regresji czasu spędzonego w celu i latencji oraz zmiany tych parametrów w czasie treningu. W tego typu pionierskich badaniach wartościowe jest przedstawienie danych surowych: indywidualnych krzywych uczenia dla każdego z osobników. Tak zresztą postąpiono w późniejszych rozdziałach (Ryc. 20 i 21). Dyskusyjny jest również sposób przedstawienia danych na Ryc. 15. Jako kontroli użyto danych z areny niepodgrzewanej, wydaje się, że dużo bardziej sensowne byłoby pokazanie map termicznych z eksploracji areny podgrzewanej, albo najlepiej z obydwu warunków. Ponadto, panele na Ryc. 15 zostały spłaszczone, co daje wrażenie niesymetryczności aren 1-3. Bardzo ciekawy element pracy stanowi analiza trajektorii ścieżek podejścia do celu i wydzielenie czterech odmiennych klastrów. Podjęcie tego zagadnienia oraz sposób jego realizacji świadczą o dobrej orientacji doktoranta w najnowszych technikach analizy behawioralnej. Interesującym wariantem tej analizy byłoby przedstawienie proporcji poszczególnych strategii jako funkcji postępu uczenia (podział na sesje treningowe zamiast na kształty aren).

Oceniając retrospektywnie przeprowadzone badania można dyskutować nad tym, czy kolejny etap projektu został wybrany w sposób optymalny. Naturalną kontynuacją eksperymentów I-II wydawałaby się systematyczna próba sprawdzenia w jaki sposób manipulacja symetrią środowiska w trakcie uczenia wpłynie na zdolność zwierząt do nawigacji w ciemności. Doktorant podjął natomiast ambitną próbę zaatakowania nowego, niezwykle trudnego problemu jakim jest transfer wiedzy o środowisku pomiędzy modalnościami centralnego układu nerwowego. Doktorant miał świadomość faktu, że zastosowany przez niego model nie jest optymalny (brak pełnej separacji modalności wzrokowej i dotykowej a także skototaksja wpływająca na wynik transferu ciemność – światło), niemniej jednak wykazał się brawurą i przeprowadził pełny cykl doświadczalny. Jego wyniki są niejednoznaczne, ale niezwykle intrygujące, wskazując obszary do dalszej eksploracji. Zaskakującym jest, że doktorant nie przedstawił w formie graficznej głównej obserwacji wspierającej postulat międzymodalnego transferu informacji w układzie światło – ciemność. Pomimo wyższych niż estymowane latencji, czas na odnalezienie celu jest nadal istotnie niższy niż u zwierząt naiwnych. Można to było zobrazować na wykresie, np. w rycinach 23 i 25, dzięki czemu nie byłyby one redundantne względem ryc. 22 i 24. Nie ma jednak najmniejszych wątpliwości, że całość uzyskanych

w tym etapie wyników budzi ciekawość oraz wzmacnia zainteresowanie tematyką podjętą przez doktoranta. Bez wątplenia należy docenić i interpretować te wysiłki w świetle wcześniejszych publikacji promotora pomocniczego (Hohol i wsp. 2017).

Dyskusja przedstawionych wyników jest obszerna ale zrównoważona, autor nie wyciąga zbyt dalece idących konkluzji, omawiając większość możliwych ścieżek interpretacji wyników. Format i styl pracy jest prawidłowy, dostrzeżone nieliczne błędy techniczne i językowe nie wpływają na jej wartość merytoryczną, nie były zatem przedmiotem oceny.

### **3. Ocena czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego (art. 187.2)**

Przedstawiona do recenzji rozprawa bez wątplenia zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i w pełni spełnia wymogi ustawowe w tym zakresie.

Uzasadnienie

Nawigacja przestrzenna u bezkręgowców stanowi niezwykle ciekawy obszar badawczy, a wyniki badań w nim prowadzonych mają potencjalne praktyczne zastosowanie w informatyce oraz inżynierii. Wiele aspektów pamięci przestrzennej i nawigacji owadów nie ma swojego odpowiednika u kręgowców, a rozwiązania wykształcone w procesie ewolucji są równie skuteczne, mimo, że realizowane przez pozornie prostą „jednostkę obliczeniową”. Doktorant postawił przed sobą zasadnicze pytanie badawcze i wyczerpująco na nie odpowiedział, opracowując paradygmat badawczy a następnie wykonując serię dobrze przemyślanych eksperymentów, w tym niezbędne doświadczenia kontrolne. Wyniki tej części rozprawy zostały już ocenione przez środowisko naukowe jako wartościowe, poprzez niedawną publikację w renomowanym czasopiśmie (Baran i wsp. 2022). Dodatkowo doktorant zidentyfikował kolejne istotne zagadnienie i uzyskał solidne wstępne wyniki, pozwalające na późniejszą kontynuację i rozwój projektu. Całość uzyskanych rezultatów stanowi znaczący wkład do badań nad kognicją u owadów, w szczególności stanowiąc ważny przyczynek do debaty nad multimodalnością owadziego behawioru. Zawarte w poprzednich punktach uwagi krytyczne nie wpływają na wysoką ocenę dysertacji.

**Podsumowując, w świetle art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.) dysertacja pt. „Percepcja geometrycznych cech środowiska w zachowaniach nawigacyjnych owadów na przykładzie świerszcza domowego (*Acheta domestica*)” spełnia warunki wymagane dla rozprawy doktorskiej. W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska Wydziału nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego o dopuszczenie mgr Bartosza Barana do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie, mając na uwadze wysoki poziom naukowy rozprawy oraz dojrzałość naukową autora, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy.**