

dr hab. inż. Jerzy Konorski, prof. uczelni
Katedra Teleinformatyki
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska

Gdańsk, 6.7.2022 r.

**Recenzja osiągnięcia naukowego oraz ocena istotnej aktywności naukowej
dr inż. Agnieszki Pręgowskiej
w związku z postępowaniem habilitacyjnym w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja prowadzonym przez
Radę Naukową Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie**

Niniejszą recenzję wykonałem jako recenzent komisji habilitacyjnej powołanej decyzją Rady Doskonałości Naukowej (pismo nr DRKN.Z2.400.13.2022 z dnia 25.4.2022 r. podpisane przez prof. dr. hab. Grzegorza Węgrzyna, Przewodniczącego RDN) w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego dr inż. Agnieszce Pręgowskiej wszczętym w dniu 7.2. 2022 r. O powyższej decyzji zostałem poinformowany pismem z dnia 1.6.2022 r. podpisanym przez prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Ranachowskiego, Sekretarza Rady Naukowej IPPT PAN. Ocenę osiągnięcia naukowego i istotnej aktywności naukowej Habilitantki przeprowadziłem zgodnie z obowiązującymi uregulowaniami prawnymi, przyjmując za podstawę otrzymane pocztą w wersjach elektronicznej oraz papierowej dokumenty związane z postępowaniem habilitacyjnym. Obejmowały one m.in. wniosek habilitacyjny, wykaz osiągnięć naukowych i autoreferat w języku polskim i angielskim, kopie publikacji składających się na osiągnięcie naukowe wraz z oświadczeniami współautorów oraz kopie dyplomu doktorskiego Habilitantki i innych posiadanych dyplomów, patentów, potwierdzeń i certyfikatów różnych osiągnięć zawodowych, a także dokumentów potwierdzających prowadzenie badań w więcej niż jednej jednostce naukowej, w tym współpracę z jednostkami zagranicznymi.

Podstawowe informacje o Habilitantce

Dr inż. Agnieszka Pręgowska ukończyła studia na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej w 2008 r. W 2013 r. obroniła w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN pracę doktorską w dyscyplinie naukowej mechanika pt. *Półaktywne sterowanie układami mechanicznymi drgającymi skrętnie*. Od 2008 r. jest nieprzerwanie związana z Instytutem Podstawowych Problemów Techniki PAN, pracując kolejno na stanowiskach doktoranta, laboranta i adiunkta w Zakładzie Technologii Inteligentnych (Pracownia Sterowania i Dynamiki Układów), następnie Zakładzie Biosystemów i Miękkiej Materii (Pracownia Fizyki Płynów Złożonych) i obecnie w Zakładzie Informatyki i Nauk Obliczeniowych (Zespół Badawczy Neuroinformatyki).

Ocena przedłożonego osiągnięcia naukowego

Przedmiotem oceny osiągnięcia naukowego jest przedłożony jako załącznik do wniosku habilitacyjnego cykl pięciu niewielkich objętościowo, jednolitych tematycznie artykułów naukowych autorstwa lub współautorstwa Habilitantki, zatytułowany *Zastosowanie Teorii Informacji w Neuroinformatyce. Analiza efektywności transmisji. Wyzwania związane z kodowaniem neuronowym*. W dalszym ciągu recenzji odniesienia do artykułów zachowują numerację [A1]-[A5] zgodnie z wnioskiem habilitacyjnym. Artykuły te zostały przygotowane i opublikowane w latach 2014-2021, a więc już po uzyskaniu przez Habilitantkę stopnia naukowego doktora, w czasopismach nauko-

wych znajdujących się na listach Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W chwili publikacji prac Habilitantki dwa z nich były czasopismami o wysokiej renomie (punktacja ministerialna 140 punktów w skali 0-200 – artykuły [A2] i [A3]), zaś trzy o stosunkowo wysokiej lub średniej renomie (100 punktów w skali 0-200 – artykuł [A4], 25 i 30 punktów w skali 0-50, obecnie 70 punktów w skali 0-200 – artykuły [A1] i [A5]), co daje łącznie 520 punktów; wyliczony na podstawie załączonego spisu publikacji sumaryczny współczynnik wpływu (IF) wynosi 19,483. Habilitantka jest samodzielną autorką jednego artykułu ([A4]), w czterech pozostałych jest pierwszą autorką z decydującym udziałem, wahającym się od 60% do 75% według załączonych oświadczeń współautorów.¹ Wszystkie te artykuły zostały zauważone przez innych badaczy zajmujących się pokrewną tematyką (na dzień 6.7.2022 Google Scholar podaje łącznie 23 cytowania obce). Tak więc z punktu widzenia analizy bibliometrycznej omawiany cykl prezentuje się bardzo dobrze² i może stanowić podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Mocną stroną cyklu jest także całkowita odmienność tematyki, a nawet dyscypliny naukowej, w porównaniu z obronioną w 2013 r. rozprawą doktorską.

Problemy poruszane w artykułach Habilitantki znajdują się na pograniczu informatyki i nauk biologicznych; dotyczą modelowania matematycznego procesu transmisji informacji pomiędzy komórkami neuronowymi mózgu, w szczególności określenia sposobu kodowania informacji za pomocą ciągów impulsów nerwowych emitowanych w reakcji na pobudzenia zewnętrzne. O poznawczym i praktycznym znaczeniu tej problematyki dla nauk biologicznych można wnioskować z wielości publikacji cytowanych we wstępach do wszystkich artykułów ocenianego cyklu. Habilitantka zapoznała się z bogatą literaturą dotyczącą biologii transmisji impulsów nerwowych i na tej podstawie przekonująco umotywowała swe badania. Z punktu widzenia dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja kluczowa jest (dostrzeżona wcześniej przez innych badaczy) możliwość modelowania cyfrowego kolejnych aktywacji potencjałów czynnościowych neuronu, stymulujących transmisję impulsów nerwowych we włóknach nerwowych (aksonach), w postaci ciągów binarnych; symbol "1" reprezentuje obecność potencjału czynnościowego w przedziale czasu o ustalonej, niewielkiej długości. W cytowanej przez Habilitantkę literaturze przedmiotu ciągi takie interpretuje się jako realizacje pewnego stacjonarnego procesu stochastycznego, a zarazem jako ciągi kodowe pewnego dotąd niezbadanego *kodu neuronowego*. Odmiana, którą można nazwać *kodem częstościowym*, jako "nośnik" informacji wykorzystuje lokalną średnią częstość występowania symboli "1", zaś odmiana umownie tu nazywana *kodem temporalnym* – układ interwałów między nimi. Habilitantka argumentuje, że o naturze kodu neuronowego, tj. odmianie częstościowej bądź temporalnej, można wnioskować badając relacje pomiędzy zawartością informacyjną (w sensie shannonowskim) a różnymi parametrami określającymi zmienność statystyczną lub energię ciągów impulsów. W badaniach teoretycznych przedstawionych w pracach [A1]-[A4] punktem zainteresowania był neuron modelowany jako źródło informacji, a także transmisja impulsów pomiędzy neuronami poprzez binarny kanał komunikacyjny. W pracy [A5] przeprowadzono analizę danych eksperymentalnych uzyskanych dzięki współpracy z zagraniczną jednostką naukową.

Z perspektywy informatyki technicznej badania kodu neuronowego mają potencjalnie duże znaczenie praktyczne, przyczyniając się do rozwoju narzędzi sztucznej inteligencji, w szczególności do usprawnienia komunikacji pomiędzy elementami sztucznych sieci neuronowych; stanowią zarazem fascynującą tematykę naukową, której wybór również należy uznać za mocną stronę ocenianych artykułów. Jednak po ich lekturze i w świetle obowiązujących przepisów zmuszony

¹ Oświadczenie współautora pracy [A5] dr. A. Casti nie precyzuje udziału procentowego, a jedynie udział merytoryczny, dla którego podana w autoreferacie wartość 10% wydaje się odpowiednia.

² Być może powyższe wskaźniki sumaryczne należałoby zważyć udziałem własnym Habilitantki, co daje przyzwoity wynik 390,5 punktów oraz IF = 14,316.

jestem wyrazić opinię, że **pomimo przyzwoitych wskaźników bibliometrycznych i prezentacji wielu ciekawych spostrzeżeń prace Autorki nie stanowią na tyle znacznego wkładu do rozwoju dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja, by spełnić wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego**. Opinię tę uzasadniam poniżej krytycznymi uwagami odnoszącymi się do całego cyklu bądź poszczególnych artykułów. Wypada zaznaczyć, że:

- o w odniesieniu do tych artykułów można także wypowiedzieć sporo pochlebnych uwag dotyczących m.in. trafności wyboru zagadnień badawczych, staranności obliczeń, dobrej znajomości analizy (co prawda bardzo prostych) procesów losowych, czy też interdyscyplinarnego charakteru badań; uwagi takie z pewnością zgłosili recenzenci wydawnicy, skoro prace zostały przyjęte do druku, toteż tutaj ograniczam się do uwag krytycznych,
- o z punktu widzenia dyscypliny nauk biologicznych opinia o badaniach Habilitantki może być zupełnie inna, lecz nie czuję się kompetentny do jej formułowania.

Metodologia. Habilitantka nie proponuje nowych metod ani modeli, lecz porusza się po dawno przetartych szlakach jednoźródłowych, jednokanałowych systemów informacyjnych, prostych modeli stacjonarnych binarnych procesów losowych i podstawowych własności entropii Shannona, z których wyprowadza wyniki analityczne w drodze nietrudnych przekształceń algebraicznych. W ten sposób zamyka sobie drogę do bardziej pogłębionych analiz i bogatszych modeli źródeł informacji, np. wielostanowych i niestacjonarnych z uczeniem, badań synergii informacyjnej w populacjach neuronów³, bardziej formalnej oceny natury kodu neuronowego, czy też wykorzystania innych niż shannonowska rodzajów entropii. W pracach prowadzących ku charakteryzacji kodu neuronowego dziwi zupełny brak odniesień do ogólnych metod przesyłania sygnałów w kanałach zaszumionych – teorii kodowania źródłowego, kodowania protekcyjnego i odbioru korelacyjnego. Mogłyby one być pomocne przy formalizacji wnioskowania o naturze kodu neuronowego na podstawie związków pomiędzy charakterystykami statystycznymi ciągów kodowych, której tu bardzo brakuje.

Poziom naukowy. Stopień trudności i innowacyjność przeprowadzanych analiz oceniam jako umiarkowane. Rozważane modele systemów informacyjnych są tak proste, że dostarczają interesujących charakterystyk w postaci zamkniętej, co umożliwia wyprowadzanie w takiejże postaci różnych związków między parametrami modelu na drodze zwykłych przekształceń algebraicznych. Znaczenie tych wyprowadzeń i związków moim zdaniem nie jest duże. Dla przykładu, w pracy [A1], rozważając transmisję impulsów nerwowych w kanale binarnym, Autorka wraz ze współautorami stawia pytanie, czy współczynnik korelacji Pearsona $\rho(X, Y)$ pomiędzy symbolem wejściowym X a wyjściowym Y odzwierciedla przepływność kanału wyrażoną przez shannonowską informację wzajemną $I(X: Y)$. Odpowiedź oparta na przemyślnie skonstruowanych kontrprzykładach brzmi: na ogół nie, co nie jest zaskakujące, biorąc pod uwagę znany fakt, że $\rho(X, Y)$ "wyłapuje" tylko niektóre rodzaje zależności statystycznej pomiędzy X a Y . Autorka wprowadza jeszcze trzecią miarę, którą nazywa współczynnikiem NSTC, a która jest w istocie względną różnicą warunkowego i bezwarunkowego prawdopodobieństwa odbioru impulsu (symbolu "1"). Ona także okazuje się mało skuteczna, czego należało oczekiwać, gdyż nie spełnia większości warunków stawianych miarom zależności statystycznej⁴, a jej wartościom liczbowym trudno nadać interpretację probabilistyczną. W świetle powyższych uwag zapowiedź "początku dyskusji o możliwości zastąpienia informacji wzajemnej przez współczynnik korelacji" we wstępie do [A1] wydaje się przesadna. Jako ważny wynik pracy (co prawda bez związku z głównym tokiem rozumo-

³ E. Schneidman, W. Bialek, M.J. II Berry, *Synergy, redundancy, and independence in population codes*, J. of Neuroscience, 23(37):11539–11553, 2003.

⁴ A. Rényi, *On Measures of Dependence*, Acta Math. Hungarica 10 (3-4): 441-451, 1959.

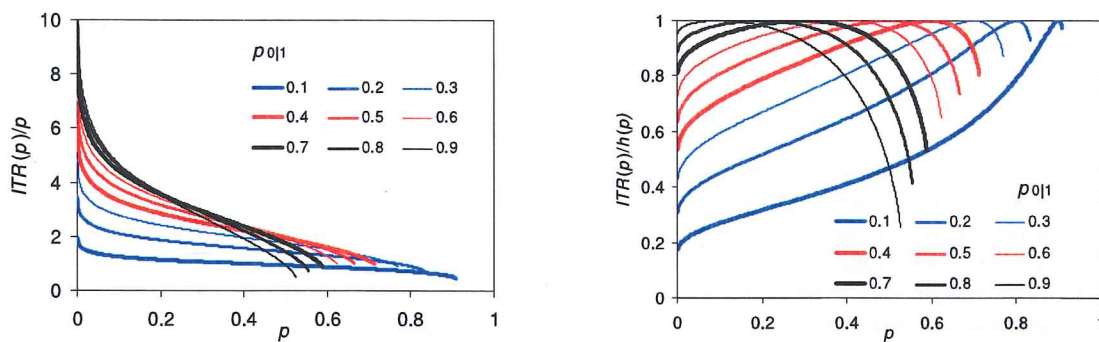
wania) Autorka formułuje Twierdzenie 1 orzekające, że niekorelowane zmienne losowe o binarnych rozkładach brzegowych są zarazem niezależne. Nie jest to jednak wynik nowy, natomiast na tyle oczywisty, że trudno ustalić jego autorstwo (bywa wykorzystywany jako ćwiczenie na kursach rachunku prawdopodobieństwa dla studentów). Źródłem nieporozumienia jest zapewne powtarzane w wielu miejscach stwierdzenie, że wyjątkiem od zasady iż brak korelacji nie implikuje niezależności statystycznej jest wielowymiarowy rozkład normalny, które może sugerować, że jest to *jedyny* wyjątek. Ślady dyskusji na ten temat zachowały się w archiwalnych forach internetowych⁵; interesujące, że co pewien czas spotyka się nowe "odkrycia" tego wyniku.⁶

W pracy [A2] Habilitantka wraz ze współautorami porównuje dwa modele neuronu jako źródła ciągów binarnych: model markowski (jednorodnego łańcucha Markowa I rzędu) oraz równoważny mu w sensie rozkładu stacjonarnego emitowanych symboli model bezpamięciowy (Bernoulliego). Rozważając kwestię natury kodu neuronowego (temporalnej bądź częstościowej) wychodzi z założenia, że kod neuronowy optymalizuje energetyczną efektywność transmisji informacji $ITR(p)/p$, gdzie ITR jest prędkością transmisji informacji, tj. średnią entropią Shannona przypadającą na symbol, zaś p – stacjonarnym prawdopodobieństwem emisji "1", proporcjonalnym do energii ciągu kodowego; w związku z tym poszukuje się optymalnych wartości p . Towarzystwu temu wyliczenia są rozwlekłe i mało ciekawe, gdyż operują wyłącznie definicjami występujących tam wielkości. Całokształt żmudnych oszacowań pochodnej $d(ITR(p)/p)/dp$ wydaje się niepotrzebny – prawe strony rys. 1 i 2 nie przynoszą istotnej nowej wiedzy w porównaniu z lewymi stronami. Sformułowane zostaje przypuszczenie, że kluczowy w rozpoznaniu natury kodu neuronowego jest parametr $s = p_{1|0} + p_{0|1}$, gdzie $p_{Y|X}$ – warunkowe prawdopodobieństwo przejścia z symbolu X na symbol Y w modelu markowskim, ponieważ ujawnia jakościową zmianę zachowania efektywności energetycznej: dla $s < 1$ spada ona wraz z p , zaś dla $s > 1$ występuje optimum p (graniczna wartość $s = 1$ odpowiada modelowi bezpamięciowemu). Nie jestem pewien, czy ta zmiana zachowania nie jest artefaktem, nie wynika bowiem z mechanizmów kodowania, lecz z przyjętego sposobu parametryzacji. Np. parametryzując alternatywnie względem $p_{0|1}$ otrzymuje się $ITR(p)/p = h(p_{0|1}) + p_{0|1}\eta(p_{0|1}p/(1-p))$, gdzie $h(\cdot)$ oznacza entropię binarną, zaś $\eta(x) = h(x)/x$ jest funkcją malejącą identyczną z przedstawioną na rys. 1c. Tak więc rodzina krzywych parametryzowana przez $p_{0|1}$ powstaje wyłącznie w wyniku skalowania funkcji $\eta(x)$ i nie wykazuje jakościowych zmian zachowania – por. lewa część ilustracji A poniżej. Podobne rozważania można znaleźć w pracy [A3] z tą różnicą, że przedmiotem zainteresowania jest tam iloraz $ITR(p)/h(p)$, tj. współczynnik redukcji zawartości informacyjnej ciągu ze źródła markowskiego w stosunku do źródła bezpamięciowego. Akcentując podobnie jak poprzednio rolę parametru s Autorka wraz ze współautorami pokazuje, że współczynnik ten jest ograniczony od dołu przez $\min\{s, 2-s\}$, czyli redukcja nie jest drastyczna, i wyciąga stąd wniosek, że neuron okazjonalnie może wykorzystywać bardziej efektywny energetycznie kod temporalny (można zapytać, jakiemu celowi służy wyprowadzenie górnego ograniczenia współczynnika redukcji). Znowu jednak rola parametru s jako ujawniającego jakościowe zmiany zachowania jest chyba przeceniana – alternatywna parametryzacja względem $p_{0|1}$ daje w wyniku rodzinę krzywych $ITR(p)/\eta(p) = (h(p_{0|1}) + p_{0|1}\eta(p_{0|1}p/(1-p)))/\eta(p)$, odpowiednie wykresy przedstawiono po prawej stronie ilustracji A. Podobnie jak w poprzednim przypadku parametryzacja względem $p_{0|1}$ jest nie mniej pouczająca niż względem s , a przy tym nie wymaga rozróżniania dwóch przypadków s , zaś dolną granicę współczynnika redukcji zawartości informacyjnej ciągu jest równie łatwo wy-

⁵ Por. np. <https://stats.stackexchange.com/questions/74410/for-which-distributions-does-uncorrelatedness-imply-independence>, 2013 (dostęp: 6.7.2022).

⁶ Ostatnio w: T. Ohira, *On Statistical Independence and No-Correlation for a Pair of Random Variables Taking Two Values: Classical and Quantum*, arXiv:1804.09248, 2018. (Pewnym usprawiedliwieniem autora jest użycie wspomnianego "odkrycia" do sformułowania analogicznego wyniku w dziedzinie mechaniki kwantowej.)

znaczyć w postaci zamkniętej. Inny zarzut dotyczy samej analizy: wydaje się, że szacując na str. 8 entropię przypadającą średnio na symbol Autorzy pokazali to, co zamierzali i dalsze długie obliczenia poczynając od wzoru (26), prowadzące do oszacowań (39) i (40), nie wnoszą już żadnej nowej wiedzy. Przy tym są one jedynie parafrazą podręcznikowych wyprowadzeń entropii łącznej ciągu losowego o skończonej długości n pochodzącego ze źródła z pamięcią. Zamiast nich wystarczy przytoczyć znaną równość⁷ $H(X_1, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^n \bar{H}(X_i | X_1, \dots, X_{i-1})$, gdzie $\bar{H}(\cdot)$ jest średnią entropią warunkową kolejnego symbolu przy znajomości poprzednich; reszta wynika bezpośrednio z własności Markowa. W zakończeniu pracy pojawia się niezdefiniowane pojęcie niezawodności transmisji (*transmission reliability*), zwykle używane w kontekście odporności na błędy transmisji, czego jednak się tutaj nie rozważa, a także wnioski, że redukcję zawartości informacyjnej ciągu całkowicie wyznacza parametr s , czemu wprost przeczy rys. 1, oraz że dla s zbliżonych do jedności zawartość informacyjna dla obu modeli źródła jest podobna, co brzmi trywialnie, skoro dla $s = 1$ modele te pokrywają się.



Ilustracja A

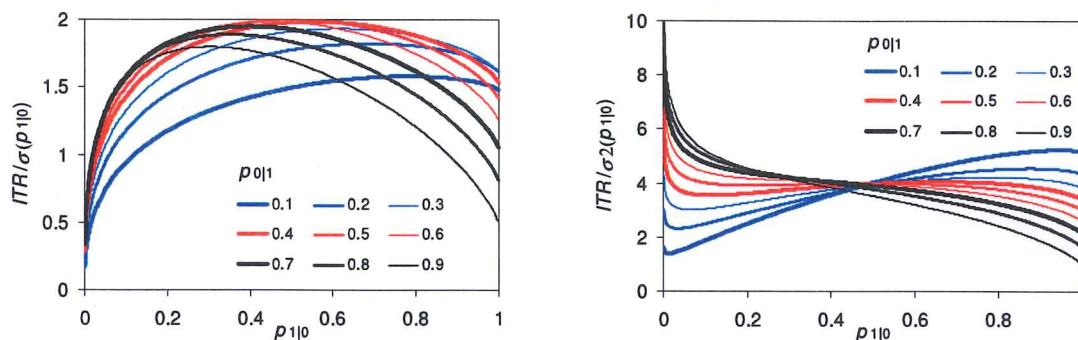
Praca [A4] jako jedyna jest samodzielnej autorstwa Habilitantki.⁸ Schemat rozumowania i obliczeń powiela koncepcje z prac [A2] i [A3] z tą różnicą, że efektywność transmisji z binarnego źródła markowskiego tym razem jest definiowana jako ITR/σ bądź ITR/σ^2 , gdzie σ jest odchyleniem standardowym rozkładu stacjonarnego symboli "0" i "1", tj. miarą fluktuacji w ciągach kodowych, oraz że wykresy tej wielkości przedstawia się w funkcji $p_{1|0}$, nie zaś p . O ile w poprzednich pracach iloraz $ITR(p)/p$ bądź $ITR(p)/h(p)$ miał wyraźny sens fizyczny i ekonomiczny, to tutaj nie jest wyjaśnione, dlaczego zawartość informacyjną ciągu odnosi się do miary fluktuacji i jakie to ma znaczenie dla poznania natury kodu neuronowego. Znowu kluczową rolę przypisuje się parametrowi s , z konkluzją że dla niewielkich wartości s zawartość informacyjna może maleć do zera, zaś dla większych – nie. Można jednak zauważyć, że owo informacyjne zero osiągane jest jedynie dla $p_{1|0} = 0$, co optymalny kod neuronowy powinien chyba wykluczać. Objętość artykułu znacznie powiększają dwa zabiegi, których motywacja jest niejasna, zaś walor poznawczy niewielki: wyznaczenie przebiegów $(ITR/\sigma)(p_{1|0})$ dla kilku różnych przybliżeń matematycznych funkcji $h(\cdot)$ (entropii binarnej), z oczywistą konkluzją że dla dobrych przybliżeń przebiegi te wyglądają podobnie, oraz zestawienie przebiegów $(ITR/\sigma)(p_{1|0})$ i $(ITR/\sigma^2)(p_{1|0})$ z konkluzją że przebiegi te wyglądają zupełnie odmiennie – co również jest oczywiste, skoro mamy do czynienia z dwiema odmiennymi funkcjami. Również tutaj parametryzacja względem $p_{0|1}$ byłaby bardziej naturalna, dając rodziny krzywych $(ITR/\sigma)(p_{1|0}) = \sqrt{p_{1|0}p_{0|1}}(\eta(p_{1|0}) + \eta(p_{0|1}))$ (por. ilustracja B, lewa część)

⁷ T. Cover, J. Thomas, *Elements of Information Theory*, Wiley 2006, rozdz. 4. (Podręcznik ten Habilitantka często cytuję.)

⁸ Praca ta została opublikowana w ubiegłym roku w czasopiśmie *Entropy* należącym do wydawnictwa MDPI, które ostatnio budzi kontrowersje z powodu stosunkowo wysokiej punktacji ministerialnej mimo stosunkowo niskiej selektywności. Nie wpływa to na przedstawione dalej uwagi.

[Podpis]

oraz $(ITR/\sigma^2)(p_{1|0}) = (p_{1|0} + p_{0|1})(\eta(p_{1|0}) + \eta(p_{0|1}))$ (ilustracja B, prawa część). We wnioskach z pracy pojawia się niezrozumiała interpretacja $p_{1|0}$ i $p_{0|1}$ w kategoriach przekłamań w binarnym kanale komunikacyjnym (świadczą o tym odniesienia ITR do przepustowości kanału i fluktuacji do szumów), choć są to przecież parametry źródła informacji.



Ilustracja B

Ostatnia w cyklu praca [A5] ma charakter eksperymentalny, aczkolwiek i tu czytelnik napotka obszerny opis zasad digitalizacji ciągu potencjałów czynnościowych oraz wprowadzenie do teorii informacji Shannona. Rejestrowana jest emisja potencjałów czynnościowych z neuronów wzrokowych w reakcji na bodźce świetlne, przy czym rozróżnia się neurony typu X-ON i X-OFF, reagujące odpowiednio na włączanie i wyłączanie bodźców. Dokonując zwykłymi metodami digitalizacji i bieżącej estymacji entropii powstałego ciągu binarnego oraz ruchomej średniej częstości potencjałów czynnościowych (symboli "1") Habilitantka wraz ze współautorami zauważa znacznie wyraźniejszą korelację wzajemną tych dwóch charakterystyk w przypadku neuronów typu X-OFF, co ma sugerować wykorzystywanie kodu neuronowego w odmianie częstościowej, podczas gdy neurony typu X-ON wydają się kodować informację przy pomocy bardziej efektywnego energetycznie kodu temporalnego. Mankamentem tej pracy jest niepowiązanie jej z analizami w pozostałych czterech pracach, a byłaby okazja zweryfikować te analizy. Rejestruje się współczynnik korelacji Pearsona pomiędzy zmiennymi w czasie wartościami ITR oraz p , podczas gdy w świetle przeprowadzonych uprzednio analiz bardziej interesujący byłby jakiś estymator ITR/p , którego wartości rozpatrywane jako funkcja p mogłyby, zgodnie z przesłaniem pozostałych prac, dostarczyć więcej wiedzy o naturze kodu neuronowego wykorzystywanego przez neurony typu X-ON i X-OFF. Z informatycznego punktu widzenia znaczenie pracy nie jest bezpośrednio widoczne – zastosowane metody są standardowe, zaś wyniki niepoparte formalnymi uogólnieniami można odebrać jako incydentalne. Natomiast całokształt rozważań, a zwłaszcza końcowa dyskusja wyników wskazuje, że praca może mieć znaczenie dla nauk biologicznych. W swoim autoreferacie Habilitantka stwierdza, że jest to pierwsze znane podejście wykorzystujące teorię informacji do badania aktywności neuronów wzrokowych typu X-ON i X-OFF, czego jako niespecjalista nie potrafię zweryfikować; jeśli tak, to może szkoda, że praca nie została opublikowana w bardziej renomowanym czasopiśmie.

Wartości poznawcze. Centralnym zagadnieniem cyklu prac jest opracowanie metod rozpoznawania "nośnika" informacji w kodzie neuronowym (odmiana temporalna bądź też częstościowa). Nie widać jednak żadnego formalizmu wnioskowania – określony charakter przebiegów statycznych funkcji $ITR(p)/p$ bądź $ITR(p)/h(p)$ może tylko pośrednio świadczyć o wykorzystaniu kodu o wyższej lub niższej efektywności energetycznej w warunkach zmiennych w czasie pobudzeń zewnętrznych. Wnioski są przez to mało przekonujące i niekiedy niejasne – co np. oznacza, że "istnieje relacja jeden do jednego pomiędzy kodem temporalnym a częstościowym" [A2] lub "porównywalność zawartości informacyjnej w przypadku sygnałów korelowanych i niekorelowanych

plu

sugeruje, że jeżeli neuron decyduje się na użycie kodu temporalnego, to trzeba uwzględnić wymienną niezawodności transmisji i kosztów energii" [A3]? Nasuwa się wiele pytań, na które czytelnik nie znajduje odpowiedzi: jak powinny wyglądać "wzorcowe" przebiegi badanych charakterystyk w przypadku idealnego kodu temporalnego i częstościowego? jeżeli "nośnikiem" informacji jest częstość symboli "1", nie zaś statystyki interwałów pomiędzy tymi symbolami, to jakie znaczenie ma *ITR*, czyli w ostatecznym rozrachunku średnia entropia warunkowa dla pary kolejnych symboli? jak formalnie, np. w języku parametrów modelu markowskiego, powinny być sformułowane postulaty co do optymalnego kodu neuronowego, względnie hipotezy o wykorzystywaniu określonej charakterystyki jako "nośnika" informacji? Rozpatrując łącznie prace [A1]-[A4] oceniam, że przedstawione analizy prostych modeli transmisji ciągów impulsów nerwowych nie przynoszą przekonujących wniosków co do natury kodu neuronowego, a jedynie ogólne, nieobudowane żadnym formalizmem sugestie oparte na związkach pomiędzy zawartością informacyjną a innymi charakterystykami statystycznymi ciągów. Również praca [A5], wprawdzie oparta na bardzo rzetelnej analizie materiału eksperymentalnego, formułuje w tym zakresie wnioski mało czytelne, odwołujące się raczej do intuicji niż do twardych danych.

Prezentacja. Wszystkie artykuły cyklu zaopatrzone są w obszerne przeglądy literatury dotyczącej biologii emisji i transmisji impulsów nerwowych, a także ich modelowania stochastycznego wraz ze wprowadzeniem do shannonowskiej teorii informacji. Czytelnik znajduje tam wiele powtórzonych myśli i chyba niepotrzebnych omówień szeroko znanych pojęć. Wynika to po części z faktu, że prace [A1]-[A4] (pomijając pracę [A5], która ma charakter eksperymentalny) są w istocie wariacjami na ten sam temat, tj. relacji pomiędzy zawartością informacyjną binarnego procesu losowego reprezentującego potencjały czynnościowe komórki neuronu a wybranymi charakterystykami odpowiednich rozkładów stacjonarnych: współczynnikiem korelacji, odchyleniem standardowym czy częstością występowania symboli "1". Rozbicie na cztery odrębne, tak podobne do siebie artykuły sprawia niekorzystne wrażenie; jest to do zaakceptowania w przypadku jednego lub dwóch referatów konferencyjnych poprzedzających publikację w renomowanym czasopiśmie, lecz tutaj negatywnie odbija się na jakości prac. Dodatkowo można zauważyć, że idee i metody wzmiankowane w początkowych fragmentach każdego z tych artykułów, zarówno w zakresie biologii neuronów jak i modelowania stochastycznego (kodowanie w populacji neuronów, ukryte łańcuchy Markowa, transformaty falkowe, algorytmy uczenia maszynowego, twierdzenia Shannona o ciągach typowych i o kodowaniu itd.), mają następnie niewielkie zastosowanie w analizach. Na dobrą sprawę fragmenty te mogłyby być znacznie skrócone bez szkody dla zrozumienia prac, a jeszcze lepiej byłoby, gdyby Autorka zaczekała, aż materiał przedstawiony w pracach [A1]-[A4] dojrzeje do publikacji w jednolitej formie po różnych kompresjach sugerowanych powyżej.

Niezależnie od wielu uwag i wątpliwości przedłożone osiągnięcie naukowe można zatem streścić następująco: analiza związków pomiędzy charakterystykami statystycznymi prostych modeli ciągów binarnych wykorzystująca klasyczną teorię informacji Shannona (podobne do siebie prace [A1]-[A4]) oraz nowatorska, choć ograniczona do konkretnego eksperymentu i wydaje się, że na razie interesująca głównie dla nauk biologicznych, analiza danych eksperymentalnych różniująca obserwowane zachowania neuronów typu X-ON i X-OFF (praca [A5]). W moim przekonaniu **nie można tego uznać za znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja.**

Ocena istotnej aktywności naukowej Habilitantki

Dr inż. Agnieszka Pręgowska wykazuje systematyczną, ponadprzeciętną aktywność naukową w wielu aspektach: publikacyjnym, organizacyjnym, patentowym, wykonawstwie i kierowaniu projektami naukowo-badawczymi, współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym, krajowej i

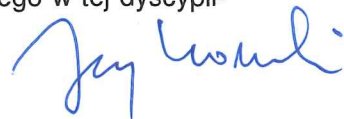
międzynarodowej współpracy naukowej; jest także znakomitą popularyzatorką nauki. Od czasu uzyskania stopnia naukowego doktora, tj. w latach 2013-2022, zgromadziła pokaźny dorobek publikacyjny, w niewielkiej tylko części związany tematycznie z przeddoktorskim etapem kariery – jest autorką lub współautorką 18 publikacji w czasopismach z listy JCR o łącznej wartości 1820 punktów w aktualnej tabeli ministerialnej oraz sumarycznym współczynniku wpływu (IF) 59,632. Są to bardzo wysokie wskaźniki, nawet biorąc pod uwagę ich rozmaite niedoskonałości oraz fakt, że 17 z tych publikacji to prace wieloautorskie, zaś w 10 Habilitantka nie jest pierwszym autorem.⁹ Według bazy Web of Science (stan w dniu 6.7.2022) Habilitantka posiada 133 cytowania obce i indeks Hirscha $H = 8$. Ponadto ma w swoim dorobku osiem innych artykułów w czasopismach mniejszej rangi, współautorstwo ponadstustronicowej monografii w języku angielskim na temat statystycznej analizy zaburzeń snu oraz rozdziałów w dwóch innych monografiach, a także kilka publikacji pokonferencyjnych różnej rangi oraz kilkanaście wystąpień na konferencjach krajowych i międzynarodowych.

Merytoryczny zakres prac Habilitantki jest szeroki i interdyscyplinarny; obejmuje m.in. zastosowania teorii informacji i uczenia maszynowego do diagnostyki i analizy biosygnalów, wybrane zagadnienia telekomunikacji optycznej, wybrane zagadnienia mechaniki płynów, sterowanie układami mechanicznymi i elektromechanicznymi oraz zastosowania technologii interaktywnych i wzbogaconej rzeczywistości (AR). Tak szerokie zainteresowania odzwierciedla udział w charakterze wykonawcy w siedmiu projektach naukowo-badawczych w kilku dyscyplinach naukowych (automatyka, elektronika i elektrotechnika, informatyka techniczna i telekomunikacja, inżynieria materiałowa, inżynieria mechaniczna) oraz w jednym, finansowanym przez NCN, z zakresu sterowania układami mechanicznymi, w charakterze kierownika i głównego wykonawcy, a także wielowątkowa współpraca z naukowcami z jednostek naukowych w kraju i za granicą. Trzeba podkreślić, że w każdym przypadku działalność taka przynosiła publikacje naukowe, zaowocowała też udziałem w dwóch przyznanych patentach krajowych i dalszych dwóch zgłoszeniach patentowych (w chwili pisania wniosku w trakcie procedowania bądź składania).

Habilitantka jest osobą rozpoznawalną w społeczności naukowej, o czym świadczy status eksperta Komisji Europejskiej i innych, głównie krajowych organizacji naukowych i gospodarczych, ponad 20 recenzji wykonanych dla renomowanych czasopism zagranicznych, uzyskane stypendia MNiSzW dla młodych naukowców (w tym cenione *Top 500 Innovators*) i liczne nagrody za działalność naukowo-badawczą przyznane przez macierzystą jednostkę naukową. Nie do przecenienia jest jej ogromnie bogata działalność popularyzatorska, w tym współautorstwo ponad 100 anglojęzycznych artykułów popularnonaukowych dostępnych online oraz organizacja szeregu przedsięwzięć popularyzujących naukę wśród młodzieży.

Konkluzja

Nie mam wątpliwości, że dr inż. Agnieszka Pręgowska ma predyspozycje do uzyskania formalnej samodzielności naukowej w nieodległej przyszłości, zaś jej ilościowy dorobek publikacyjny i aktywność naukowo-badawcza zasługują na wysoką ocenę. Przedłożonego w obecnej postaci osiągnięcia naukowego nie mogę jednak uznać za znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja, z tego względu nie mogę też poprzeć wniosku o nadanie dr inż. Agnieszce Pręgowskiej stopnia naukowego doktora habilitowanego w tej dyscyplinie naukowej.



⁹ Wskaźniki te prawdopodobnie byłyby wysokie nawet po zważeniu udziałem własnym Habilitantki. Warto zwrócić uwagę, że tematyka 14 spośród 18 publikacji z listy JCR należy do dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja.