

Wrocław, 2.11.2020

Prof. dr hab. Katarzyna Sznajd-Weron
Katedra Fizyki Teoretycznej
Wydział Podstawowych Problemów Techniki
Politechnika Wrocławska

Recenzja Rozprawy Doktorskiej mgr. Piotra Górskiego
„Równowaga strukturalna oddziaływań wieloagentowych
dla różnych topologii sieci”

Praca mgra Piotra Górskiego należy do nurtu badań interdyscyplinarnych leżących na pograniczu nauk społecznych i fizyki statystycznej. Celem pracy jest odpowiedź na trzy pytania, wypunktowane przez autora we wstępie do pracy, które moim zdaniem można by zawrzeć w jednym nadrzędnym, a mianowicie: „Jak różne czynniki związane zarówno z relacjami pomiędzy agentami, jak i atrybutami agentów wpływają na osiągnięcie równowagi strukturalnej?”. Autor wprowadza i analizuje trzy modele mikroskopowe (agentowe, z punktu widzenia nauk społecznych), w którym podstawowymi elementami układu są umieszczeni w węzłach sieci agenci, opisani wektorami atrybutów. Narzędziem badawczym użytym w pracy są metody fizyki statystycznej, w tym równanie Fokkera-Plancka oraz elementy teorii przemian fazowych i procesów pierwszego przejścia (First-Passage Processes). Analizowane są, między innymi, nierównowagowe przemiany fazowe pomiędzy fazą aktywną a stanami absorpcyjnymi czy czasy dochodzenia do stanów absorpcyjnych. Ponadto rozprawa wpisuje się w rozwijaną intensywnie tematykę procesów dynamicznych na sieciach wielowarstwowych. Z tego punktu widzenia może się przyczynić nie tylko do rozwoju teorii nierównowagowych przemian fazowych, ale też nauki o sieciach.

Opis i ocena rozprawy

Rozprawa bazuje na trzech artykułach, w tym jednym opublikowanym w tym roku w Physical Review Letters, jednym opublikowanym w 2017 roku w Scientific Reports oraz jednej nieopublikowanej jeszcze pracy. We wszystkich trzech pracach mgr Piotr Górski jest pierwszym autorem ze złamaniem kolejności alfabetycznej.

Rozprawa składa się z pięciu rozdziałów: wstępu, trzech rozdziałów w których zaprezentowano oryginalne wyniki (każdy z nich poświęcony jest innemu modelowi) oraz podsumowania. Muszę przyznać, że o ile oceniam bardzo pozytywnie zawartość merytoryczną rozprawy, o tyle nie zachwyca mnie styl w jakim została ona napisana. Na przykład, na początku wstępu (strony 17-19), będącym ogólnym wprowadzeniem do pracy, pojawiają się bez wyjaśnień pojęcia: homofilia, równowaga strukturalna, krawędź, znak krawędzi, itd. Czytelnik nie wie jeszcze co

to jest krawędź, a już tym bardziej nie wie co to jest "znak krawędzi". To wyjaśnia się dopiero w dalszej części wstępu – podrozdziały 1.1-1.5 zawierają wprowadzenie podstawowych pojęć z teorii grafów i nauk społecznych, wykorzystywanych w rozprawie. Oczywiście specjalista w tematyce sieci zrozumie o czym pisze autor, a należy mieć nadzieję, że recenzenci są takimi specjalistami, jednak taki sposób pisania pracy nie należy do "najlepszych praktyk" i znacząco ogranicza zbiór potencjalnych odbiorców.

Podobnie, zrozumienie pracy utrudniają takie stwierdzenia jak „zakłada się bardziej podstawowe wyobrażenie układu”. Co to właściwie znaczy? Generalnie, we wprowadzeniu do rozprawy, brakuje mi jasnego sformułowania, bez użycia specjalistycznych pojęć, jakie problemy i w jaki sposób są rozwiązywane w ramach rozprawy. Rozdziały 2-4 zawierają oryginalne wyniki. Każdy z nich poświęcony jest jednemu z trzech artykułów, wchodzących w skład rozprawy.

W rozdziale drugim opisany został model dynamiczny, będący rozwinięciem modelu Kułakowskiego, na multipleksie, tzn. sieci składającej się z M warstw, z których każda zawiera dokładnie ten sam zbiór węzłów (każdy z węzłów ma swoje repliki we wszystkich warstwach), a połączenia między różnymi węzłami zachodzą jedynie w ramach konkretnej warstwy. Chociaż opisano ogólny model M -warstwowy to dokładnie przeanalizowany został jedynie przypadek dupleksu (tzn. $M=2$), co nie jest zarzutem, bo nawet taki model jest dość złożony. Zaproponowany model, wg. słów autora i mojej wiedzy, jest pierwszym modelem poświęconym równowadze strukturalnej w sieci wielowarstwowej. Za szczególnie interesujący wniosek płynący z modelu uważam ten dotyczący pojawiania się RS tylko w jednej warstwie ale nie w całym układzie. Ten wynik pokazuje, że faktycznie agregacja struktur wielowarstwowych do sieci jednowarstwowej nie zawsze jest uprawniona i może powodować utratę znacznej części informacji o układzie.

Moje pytanie do tego rozdziału jest natury technicznej i dotyczy numerycznej analizy układu, opisanej na stronie 38. Na marginesie, na górze tej strony znalazłam literówkę „*styuacji*”. Pytanie zaś jest następujące: czy sprawdzono jak epsilon, wprowadzony do obliczeń numerycznych wpływa na wyniki? Skąd taka a nie inna wartość epsilon? Dodatkowo w warunku zatrzymania założono wartość 0.99. Pytanie analogiczne jak w przypadku epsilon. Czy sprawdzono jak zmiana tej wartości na inną, np. 0.999 wpływa na wyniki? Skąd akurat taka wartość? W końcu, obliczenia były zatrzymywane gdy czas przekroczył arbitralnie przyjętą wartość $t_{\max}=1000$. Skąd możemy mieć pewność, że taki czas jest wystarczający? To pytanie jest o tyle istotne, że jak wiadomo w pobliżu punktów krytycznych następuje krytyczne spowolnienie i układ po takim czasie może jeszcze nie osiągnąć stanu stacjonarnego.

W rozdziale trzecim wprowadzono bardzo interesujący model, łączący procesy równowagi strukturalnej i homofilii. W tym modelu, podobnie jak w słynnym modelu Axelroda, każdy z agentów opisany jest przez wektor cech. W rozprawie rozważono jedynie cechy binarne i założono, że wagi połączeń pomiędzy dwoma agentami maleją wraz z rosnącą odległością Hamminga. W zaproponowanym modelu, podobnie jak w modelu Antala i innych (2005), sieć połączeń ewoluuje w czasie. To co jest nowe w zaproponowanym modelu, to że nie są zmieniane same linki pomiędzy agentami, ale stany agentów i dopiero to one

wpływają na polarność (znak) linku. Takie podejście wydaje się bardzo realistyczne z punktu widzenia nauk społecznych. Model, podobnie jak ten przedstawiony w rozdziale drugim, jest analizowany zarówno numerycznie, jak i analitycznie. Wyprowadzony zostaje diagram fazowy w granicy termodynamicznej i dokładnie przebadane przejście fazowe pomiędzy stanem kwazistacjonarnym a stanem rajy, w którym wagi wszystkich krawędzi wynoszą 1, co można interpretować jako relacje "przyjacielskie". Taki układ jest więc nie tylko w stanie równowagi strukturalnej, ale też w stanie maksymalnie "przyjacielskim".

W przypadku tego rozdziału moje pytania dotyczą rozważań dotyczących układu jednej triady. Zaczę od tego, że nie rozumiem tytułu podrozdziału 3.6 "*Brak przejścia fazowego w układzie jednej triady*", który wskazuje na to, że potencjalnie w takim układzie przejście mogłoby mieć miejsce. To jednak oznaczałoby wystąpienie przemiany w układzie o rozmiarze $N=3$, a jak wiemy przemiany fazowe występują jedynie w granicy termodynamicznej. Wobec tego jestem ciekawa jak w ogólności autor definiuje przemianę fazową. Kolejne pytanie dotyczy niemonotonicznego zachowania prawdopodobieństwa osiągnięcia rajy, które przedstawiono na Rysunku 3.8: Jakim szczególnym wartościami G odpowiadają ekstrema na panelach (b) i (c)? Tak na marginesie, to w podpisie rysunku napisano, że „*Rysunki przedstawiają prawdopodobieństwo osiągnięcia rajy PP w funkcji parametru p dla różnych liczb atrybutów G .*”, podczas gdy panele (b) i (c) to zależność prawdopodobieństwa osiągnięcia rajy od liczby atrybutów G .

W rozdziale czwartym, wprowadzono ciągły, deterministyczny model zawierający procesy zgodne z teoriami równowagi strukturalnej i homofilii. Rozważono wpływ atrybutów na osiągnięcie zarówno silnej jak i słabej równowagi strukturalnej, co pozwoliło na określenia, czym jest tzw. stan „piekła” (tj. stan przeciwny do rajy, czyli z wszystkimi krawędziami ujemnymi). Ponadto analizowane były stany polaryzacji, do których wprowadzone zostały dwie miary, jedna określająca polaryzację lokalną, druga globalną.

W tym rozdziale, podobnie jak w rozdziale drugim, rozważono strukturę multipleksu, w której rozróżniono warstwę relacji (wagi oznaczają relacje przyjacielskie lub wrogie) oraz warstwę atrybutów (tu wagi są związane z podobieństwem pomiędzy agentami). Dynamika krawędzi w warstwie relacji jest rozszerzeniem dynamiki Kułakowskiego, jak w modelu z rozdziału 2. Natomiast w warstwie atrybutów wagi są stałe, ale jak zauważono mogłyby podlegać takiej dynamice jak w modelu z rozdziału 3. Tym razem rozważono różne typy atrybutów (binarne, uporządkowane, kategoryczne i ciągłe) i przeanalizowano wpływ rodzajów i liczby atrybutów na prawdopodobieństwa osiągnięcia stanów równowagi strukturalnej słabej i silnej, oraz stanów polaryzacji.

Jak zauważył w podsumowaniu autor „*Uzyskane wyniki są użyteczne dla problemów spotykanych w różnych instytucjach i grupach społecznych.*” Autor podaje dwa przykłady wykorzystania wyników, jeden dotyczy poprawy stosunków w firmach, drugi zmniejszenia polaryzacji społecznej, np. pomiędzy Demokratami a Republikanami. W obu przykładach chodzi o identyfikację podobieństwa pomiędzy członkami spolaryzowanych grup – uwydatnienie podobieństw powinno, zgodnie z wynikami modelu, prowadzić do zmniejszenia polaryzacji. I tu natychmiast nasuwa się prowokacyjne pytanie, jakie często można zadać

w tego typu badaniach: „Czy do wyciągnięcia takiego wniosku potrzebny jest skomplikowany model matematyczny i zaawansowana analiza numeryczna? Czy może wystarczyłby zdrowy rozsądek?” Pomimo świadomości, jak prowokacyjne jest to pytanie, jestem ciekawa opinii autora rozprawy, również w kontekście innych wyników otrzymanych w ramach rozprawy. Chciałabym również otrzymać odpowiedź na pytanie w pewnym sensie komplementarne, który z otrzymanych wyników był najbardziej nieprzewidziany/zaskakujący?

Podsumowanie

Jak napisałam wcześniej, mam pewne zastrzeżenia co do stylu w jakim rozprawa została napisana, chociaż zdaję sobie sprawę, że to jest w pewnym stopniu kwestia gustu. Doceniam jednak bardzo warstwę merytoryczną. Szczególnie podoba mi się modyfikacja modelu Antala i innych (2005) polegająca na zmianie stanów agentów, zamiast bezpośrednio połączeń. Taki model prowadzi do interesujących wyników zarówno z punktu widzenia nauk społecznych, jak i fizyki statystycznej. W szczególności pokazano w ramach modelu, że homofilia może utrudniać osiągnięcie zrównoważonego stanu globalnej kooperacji, a istnienie przejścia fazowego ze stanu kwazistacjonarnego do stanu rajy zależy od wykładnika wiążącego ze sobą liczby atrybutów G i węzłów N .

Podsumowując, uważam że rozprawa doktorska mgr. Piotra Górskiego spełnia wymogi stawiane przez Ustawę tego typu rozprawom. Wnoszę zatem o dopuszczenie jej do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

