

Wrocław, 26 grudnia 2016

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

Recenzja Rozprawy Doktorskiej mgr. Marcina Rybaka

„Symulacje konkurencyjnych procesów kontaktowych na sieciach”

Wstęp

Przedstawiona do oceny rozprawa dotyczy analizy prostych modeli kinetycznych należących do szerokiej klasy modeli kontaktowych, na sieciach złożonych. Zarówno wybrane modele, jak i typy sieci, na których analizowane są te modele, są na tyle uniwersalne, że znajdują zastosowania do opisu wielu różnych zagadnień, w tym biologicznych, ekonomicznych, społecznych i innych. Z tego punktu widzenia rozprawa ma charakter wysoce interdyscyplinarny i dobrze wpisuje się w intensywnie rozwijany dział badań polegający na analizie i modelowaniu układów złożonych. Wyniki przedstawione w rozprawie zostały opublikowane w cyklu trzech prac w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

Opis i ocena rozprawy

Wprowadzenie do rozprawy autor rozpoczyna od przedstawienia celu badań, za który to cel mgr. Rybak postawił sobie zbadanie jak struktura sieci, reguły przejścia pomiędzy stanami pojedynczych węzłów sieci oraz warunki początkowe wpływają na dynamikę różnych procesów kontaktowych. Trzeba tu zaznaczyć, że chociaż wiele z prostych procesów kontaktowych, przede wszystkim różnego rodzaju modele epidemiologiczne, jest już gruntownie przebadana na sieciach złożonych, to procesy bardziej złożone (np. opisujące dynamikę opinii społecznej) nadal zostały poznane dość słabo.

W dalszej części wprowadzenia autor przybliży czytelnikowi podstawowe pojęcia z zakresu teorii grafów, a następnie opisuje kilka podstawowych modeli sieci, w tym graf losowy Erdősa-Rényiego (ER), sieć bezskalową Albert-Barabásiego (BA, ponieważ zwykle tą sieć nazywamy w literaturze Barabásiego- Alberta) oraz sieć małego świata Watts-Strogatza (WS). Moim zdaniem nieco mylący jest opis tej ostatniej sieci (strona 17). Mgr. Rybak pisze o regularnej sieci WS, a jest to po prostu sieć jednowymiarowa z cyklicznymi warunkami brzegowymi i zasięgu oddziaływań $k/2$. Mam też zastrzeżenia do ciągłości narracji. Autor najpierw opisuje sieć ER w podrozdziale 1.2.3, następnie w 1.2.4 opisuje model sieci BA i algorytmy umożliwiające sterowanie współczynnikiem gronowania BA (1.2.5), w kolejnym podrozdziale przechodzi do opisu sieci WS, a potem znów wraca do ER. Do sposobu generowania sieci powraca w rozdziale 3.1 (sieci WS), 4.1 (sieci BA), 5.1 (graf ER). Być może był w tym jakiś głębszy zamysł, ale ja poczułam się nieco zdezorientowana. Moim zdaniem, znacznie łatwiej czytałoby się prace gdyby

autor poświęcił cały jeden rozdział opisowi różnych sieci, ich charakterystyk i sposobów ich generacji, niż „skakał” od tematu do tematu.

W kolejnym podrozdziale wprowadzenia autor opisuje różne procesy kontaktowe, w tym epidemiologiczne oraz słynny model Ziffa-Gulariego-Barshada, który jest niezwykle istotny z punktu widzenia teorii nierównowagowych przejść fazowych. Tu również mam pewne zastrzeżenia do struktury logicznej – zaczęłabym raczej ten podrozdział od zdefiniowania czym jest proces kontaktowy, a tego dowiadujemy się dopiero na piątej stronie tej części (23 strona rozprawy). Ponadto nie rozumiem po co tak wiele miejsca autor poświęca procedurze tworzenia rysunku 1-15, opisując przy okazji jednowymiarowy automat komórkowy Wolframa, co moim zdaniem jest zupełnie niepotrzebną dygresją i zaburza czytanie rozprawy. W kolejnych podrozdziałach mgr. Rybak opisuje model wyborcy, inwazji oraz model Sznajdów. Tu przy okazji mam pytanie o różnicę pomiędzy modelem wyborcy, inwazji i epidemiologicznym modelem SIS. Czy to nie są w gruncie rzeczy takie same modele i w jakich sytuacjach mogłyby być widoczne różnice pomiędzy tymi modelami.

W rozdziale drugim rozprawy autor analizuje różne składowe algorytmów i ich wpływ na wyniki symulacji. Sama idea sprawdzenia jak na wyniki wpłynie (1) sposób uśredniania (wiele prób na tej samej sieci czy mniejsza liczba prób na większej liczbie sieci) czy (2) sposób wyboru węzłów do aktualizacji (sekwencyjny deterministyczny, sekwencyjny losowy czy sekwencyjny losowy bez powtórzeń) jest bardzo cenna. Niestety sposób jej realizacji w moim odczuciu pozostawia trochę do życzenia. Przede wszystkim wyjaśnienia wymaga wybór zmiennej n_S^* jako testowej do porównania wyników. W pracy zmienna ta została zdefiniowana jako „udział węzłów typu S w sieci dla którego połowa symulacji kończy się przewagą udziału węzłów tego typu w sieci a druga połowa przewagą udziału węzłów typu D”. Być może czegoś nie zrozumiałam, ale przecież we wszystkich badanych modelach mamy absorpcyjny stan ferromagnetyczny. To zaś oznacza, że symulacja zawsze kończy się w stanie, w którym wszystkie węzły są w stanie S lub D. Można oczywiście zadać pytanie o to jakie jest prawdopodobieństwo osiągnięcia stanu absorpcyjnego typu S, dla którego udział węzłów S w chwili początkowej wynosi n_S^* . Prawdopodobieństwo to nosi angielską nazwę *exit probability* (EP) i jest od dawna znane zarówno dla modelu votera (wyborcy), Sznajdów i innych modeli należących do szerokiej klasy tzw. *binary-state dynamics*. Jeśli jednak przyjmiemy tą drugą definicję, związaną z EP, wówczas wiadomo, że dla dowolnego z opisanych modeli $n_S^* = 0.5$. Natomiast w tabeli 2-1 widzimy wartość 0.424, co nie jest dla mnie zrozumiałe. Dodatkowo nigdzie w podrozdziałach 2.2-2.3 nie dowiadujemy się dla jakiego modelu (wyborcy, inwazji, Sznajdów, itd.) zostały przeprowadzone testy. Nawet jeśli dla wszystkich, to z pewnością wyniki przedstawione w tabelach 2-1 i 2-2 dotyczą jakiegoś konkretnego modelu. Podobne wątpliwości mam w stosunku do określenia tzw. „warunku stopu”, swoją drogą wydaje mi się, że znacznie szczęśliwszą nazwą byłby „warunek zatrzymania”. Jeśli faktycznie układy posiadają stany absorpcyjne to tzw. *exit time* powinien wyznaczać czas symulacji.

Kolejne rozdziały, tj. trzeci i czwarty, poświęcone są symulacji modelu Sznajdów na sieciach BA i WS. Nie do końca rozumiem czym jest proces kontaktowy opisany w rozdziale 3.2. Jakie zjawisko mógłby opisywać taki proces? Element badań, który oceniam bardzo pozytywnie to

analiza wpływu warunków początkowych na ewolucje i stany stacjonarne układu. Wiadomo, że warunki początkowe mogą mieć fundamentalne znaczenie, a jest to zagadnienie często pomijane w badaniach. Jeśli chodzi o ten rozdział to mam jedynie pytanie do sformułowania „przejście skokowe”. Czy autor ma tu na myśli przejście fazowe nieciągłe? Na czym polega „skokowość”? Czy autor próbował przeprowadzić na przykład skalowanie skończonego rozmiaru (np. dla wyników przedstawionych na rysunku 3-11) i na tej podstawie określić typ przejścia?

W rozdziałach 5 i 6 mgr. Rybak przedstawia i analizuje model z sąsiedztwem na sieciach ER i WS. Podobnie jak w modelu analizowanym w rozdziałach 3 i 4, również w tym modelu każdy z węzłów może znajdować się w jednym z dwóch stanów. Zabrakło mi tu dyskusji o różnicach i podobieństwach między modelami z rozdziałów 3 i 4 oraz 5 i 6. Wprawdzie w rozdziale 9 autor porównuje zachowanie obu modeli na sieciach WS, ale mi chodziłoby raczej o komentarz na czym polegają różnice w konstrukcji modeli. Zabrakło mi również ponownie komentarza dotyczącego potencjalnych zastosowań modelu.

Rozdział siódmy poświęcony jest porównaniu zachowania modelu z sąsiedztwem na sieciach ER i WS. Natomiast rozdział ósmy poświęcono porównaniu zachowania modelu Sznajdów na sieciach WS i BA. Tego zabiegu znowu nie rozumiem. Przecież model Sznajdów na WS i BA był opisywany w rozdziałach 3 i 4. Nie logiczniej wobec tego byłoby porównać modele Sznajdów w rozdziale 5 a potem przejść do modeli z sąsiedztwem? Jeśli jednak mgr. Rybak chciał pozostawić porównania na koniec to czy nie lepiej byłoby zacząć od modelu Sznajdów w rozdziale 7, a potem napisać o modelu z sąsiedztwem w rozdziale 8, skoro w takiej kolejności modele były przedstawiane? Nie rozumiem też dlaczego model Sznajdów był analizowany tylko na sieciach WS i BA, natomiast model z sąsiedztwem na ER i WS. Badania byłyby znacznie bardziej kompletne gdyby oba modele były przebadane na wszystkich trzech rodzajach grafów. Pozwoliłoby to również na pełne porównanie modeli, co jak rozumiem było głównym celem rozprawy.

Podsumowanie

Mam sporo zastrzeżeń do tej rozprawy. Po pierwsze sprawia na mnie wrażenie niekompletnej, o czym pisałam powyżej. Po drugie, struktura logiczna rozprawy jest daleka od ideału i utrudnia czytanie pracy. Ja przynajmniej miałam wrażenie przeskakiwania z tematu na temat, a z drugiej strony powracania do tematów, które już były opisane wcześniej. Nie jest również bardzo pomocne nazywanie tak samo kilku różnych rozdziałów czy sekcji – np. zarówno 3.2 i 4.3 noszą nazwę „Symulacja procesu kontaktowego”. Nie robi na mnie również najlepszego wrażenia rozpoczynanie podrozdziału od słowa „Następnie”. Takich nieciągłości w narracji jest w tej rozprawie niestety sporo. Z drugiej strony nie mogę nie docenić podjęcia trudnego i ważnego tematu, jakim jest analiza wpływu mikroskopowych detali modeli, struktury sieci czy warunków początkowych na makroskopową ewolucję układu pod wpływem procesów kontaktowych, znacznie bardziej złożonych niż najpopularniejsze w literaturze procesy epidemiologiczne typu SIS czy SIR. Podoba mi się też idea wprowadzenia modeli ze współzawodnictwem dwóch dynamik. Szkoda tylko, że autor nie pokusił się o interpretację zaproponowanych modeli. Niektóre fragmenty rozprawy uważam za szczególnie cenne, na przykład podjęcie problemu sposobu uśredniania.

Dlatego stwierdzam, że przedstawiona rozprawa spełnia zwyczajowe i ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie mgr. Marcina Rybaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Helena Wernik