

Opinia o pracy doktorskiej pana magistra Tomasza Werona

Praca, którą trzymam w ręku została napisana w języku angielskim i nosi tytuł *Mathematical methods in modeling the diffusion of renewable energy sources*. Jej promotorem jest dr hab. Janusz Szwabiński, a promotorem pomocniczym — dr hab. Katarzyna Maciejowska, piastujący stanowiska profesorów Politechniki Wrocławskiej. Tytułowa *dyfuzja*, inaczej niż w teorii procesów stochastycznych, rozumiana jest tu jako *rozprzestrzenianie się* w sieci społecznej wiadomości, idei, czy poglądów. Autora szczególnie interesuje proces rozchodzenia się informacji o innowacyjnych technologiach, takich jak fotowoltaika, w wyniku którego budowane są kolejne instalacje, źródła energii odnawialnej.

1 Rozprawa

Tekstowi nadano klarowną — choć raczej niecodzienną, znaną mi raczej z rozpraw habilitacyjnych — strukturę. Po wstępie, zawierającym między innymi społeczne i środowiskowe motywacje do zajmowania się wspomnianym wyżej zjawiskiem, znajdujemy bowiem, bardzo swoją drogą sympatyczne, wprowadzenie do podstawowych modeli i metod używanych w pracy, a po nim — streszczenie najważniejszych wyników. Potem jeszcze krótki rozdział poświęcony innym результатам autora oraz praktycznie jednostronicowe podsumowanie całości. I koniec. Szczegóły przeniesiono do dodatku, na który składają się cztery artykuły doktoranta w ich oryginalnym brzmieniu. Jak wspomniałem wyżej, struktura to raczej typowa dla dokumentów w przewodzie habilitacyjnym: rozdziały 1–3 pełnią rolę autoreferatu.

Dzięki wysiłkom autora lektura jest przyjemna. Ze swadą omawia on kolejne zagadnienia i modele, bogato okraszając swoje rozważania rysunkami, diagramami, algorytmami i wykresami. Jasno stawia cele i charakteryzuje otrzymane wyniki. Ponadprzeciętnie dobrze radzi sobie przy tym z językiem angielskim, który ewidentnie mu w pracy nie przeszkadza; choć fakt ten dziwić u młodego intelektualisty nie powinien, godny jest odnotowania.

Wstęp, poza wspomnianymi wyżej motywacjami, zawiera skrótową charakterystykę *agent-based modeling*¹ jako opcji dla podejścia zbiorczego, które prowadzi do analizy równań różniczkowych. Autor tłumaczy tu jak ważna jest struktura kontaktów między osobnikami, struktura, która przy podejściu zbiorczym przestaje być widoczna, a w *agent-based modeling* jest zachowana; równania różniczkowe mogą mieć w istocie niewiele wspólnego ze światem realnym jeśli odbiega ona od tej panującej na przykład w grafie pełnym.

Dokładniejszy, choć z natury skrótowy, opis *agent-based modeling* znajdujemy na początku rozdziału drugiego, a po nim szczegóły modelu Katarzyny Sznajd i modelu głosowania. Ten sam rozdział zawiera też uwagi o, alternatywnych dla Metody Monte Carlo, metodach analitycznych ich rozbiór.

W rozdziale trzecim poznajemy już wyniki uzyskane (oczywiście przy czynnym udziale współautorów, w tym promotorów) przed doktoranta. Podrozdział 3.1 poświęcony został uogólnionemu modelowi K. Sznajd: jego sedno polega na tym, że czasami diametralnie różne reakcje osobnika na wyniki obserwacji otoczenia można, jak się okazuje, sprytnie uchwycić przy pomocy jednego parametru, nazwijmy go, jak w pracy, p . Śledząc wyniki komputerowych symulacji udało się znaleźć zgrabne przybliżenia wzorów na prawdopodobieństwo ustalenia się jednej opinii jako funkcji początkowej frakcji osobników tę opinię wyznających. Wspomniane wzory są niezależne od p (o ile tylko $p < 1$, dla $p = 1$ do konsensusu dojść nie musi), ale różne w dwóch rozważanych przypadkach: w pierwszym z nich wyznawcy danej opinii są początkowo zgrupowani, w drugim — rozmieszczeni losowo. Ciekawe wydaje mi się to, że dla $p > \frac{1}{2}$ omawiane prawdopodobieństwo jest w drugim scenariuszu większe niż w pierwszym, a dla $p < \frac{1}{2}$ — odwrotnie. Doktorant analizuje też czas do ustalenia się poglądu w całej populacji i konkluduje — potwierdzając, że jego matematyka ma w zamierzeniu odpowiadać na pytania spoza niej samej — iż warto wymieniać opinie, nawet jeśli się ze sobą nie zgadzamy.

Podrozdział 3.2 to efekt zainteresowania doktoranta mechanizmami powstawania polaryzacji poglądów. W rozważanym tu modelu mamy do czynienia z dwiema antagonistycznymi, równolicznymi grupami: wewnątrz nich osobnicy przyjmują opinie tych, z którymi się kontaktują, natomiast skonfrontowani z kimś z grupy zewnętrznej przyjmują od niego stanowisko skrajnie odmienne. Autor bada w szczególności to w jaki sposób na dynamikę takiej populacji wpływa możliwość pojawienia się jednostek, które wyłamują się z opisanych wyżej reguł i będą działać niezależnie (tu w znaczeniu: losowo). Jego narzędzia to z jednej strony Metoda Monte Carlo, a z drugiej numeryczna analiza pewnego ukła-

¹Jeśli wierzyć Wikipedii, termin ten tłumaczy się na polski jako *modelowanie agentowe* lub *modelowanie oparte na agentach*. Brzmi to tak idiotycznie i tak niewiele mówi o naturze omawianego tu podejścia, że służyć może jako klasyczny przykład, iż terminów naukowych tłumaczyć słowo w słowo nie wolno (rzeczownik *agent* choć wygląda tak samo w języku polskim, jak i w angielskim, w tym pierwszym ma znacznie węższe znaczenie niż w drugim). Ta sama Wikipedia tłumaczy już sensowniej, że chodzi o modelowanie zachowań i interakcji pomiędzy autonomicznymi jednostkami, zwanymi agentami. Nie moim zadaniem jest wprowadzanie nowej terminologii (choć troska o nią — już tak), ale wydaje mi się, że znacznie lepiej brzmiałoby, i oddawało istotny sens, coś w rodzaju *modelowania na poziomie osobniczym* lub *modelowania zachowań osobniczych*.

du równań różniczkowych zwyczajnych, którego rozwiązania przy sensownych założeniach dobrze przybliżają dynamikę frakcji pozytywnych opinii w każdej z antagonistycznych grup.

Podrozdział kolejny stanowi, ale tylko do pewnego stopnia, wątek poboczny — piszę „do pewnego stopnia”, bo w istocie wpisuje się on bardzo dobrze w zainteresowania kandydata do stopnia doktora i w treść rozprawy. Na tapecie leży tu problem na ile dwa modele głosowania — w pierwszym z nich osobnicy mający wpływać na postawę danej jednostki losowani są ze zwracaniem, w drugim bez — prowadzą do różnych wyników. Podobnie jak poprzednio wgląd w zagadnienie daje Metoda Monte Carlo i numeryczna analiza wyprowadzonych w tym celu równań różniczkowych zwyczajnych (i ich układów), których rozwiązania przybliżają dynamikę ważnych charakterystyk rozważanych populacji.

W podrozdziale czwartym i ostatnim dochodzimy wreszcie do tytułowego modelowania rozprzestrzeniania się instalacji fotowoltaicznych. Rozważany tu model zakłada dwa poziomy wpływy na osobnika: jego decyzja o zakupie i budowie instalacji może być wynikiem zarówno pozytywnych opinii przyjaciół i znajomych, jak i widoku paneli na posesjach w okolicy, w której mieszka; poglądów ich właścicieli znać nie musi, przemawiają do niego skutki ich działań. Co ciekawe, autor rozważa też możliwość, że posiadacz instalacji, nabrawszy o niej złej opinii, może z niej zrezygnować. Rozważania kandydata do stopnia doktora zdają się sugerować, że — zgodnie z naszą intuicją — uwidoczniła się tendencja do takiej rezygnacji może poważnie zastopować rozprzestrzenianie się źródeł energii odnawialnej, a jej brak wpłynąć na rozprzestrzenianie to pozytywnie.

2 Drobne uwagi

Choć p. mgr Weron dobrze sobie radzi z językiem angielskim, nie ustrzegł się kilku błędów. Najważniejszy z nich to użycie w kilku miejscach *allow for* zamiast *allow*. Otóż mądrzy ludzie twierdzą, że o ile sam czasownik *to allow* można przetłumaczyć jako *pozwalać, zezwalać na coś, umożliwiać coś*, dodatnie do niego *for* powoduje, iż nabiera on znaczenia *brania czegoś pod uwagę, uwzględniania czegoś, wliczania czegoś do kalkulacji*. Tak więc, przykładowo, na stronie 20. zdanie *This approach allows mathematical treatment* miałoby sens, ale widniejące tam *This approach allows for mathematical treatment* go nie ma. Zapewne dlatego, że w języku polskim *zezwałać* silnie łączy się z *na* wydaje się nam, wychowanym w polskim środowisku, że po *allow* powinno być *for*, ale tak po prostu nie jest.

Po drugie, w kilku miejscach posłużył się niewłaściwym rodzajnikiem, lub nie użył go wcale. Na przykład na stronie 19. brakuje mi *a* przed *wide*, a na stronie 7. niewątpliwie zamiast *an huge* powinno być *a huge*. Nieco uwiera mnie też, być może niezupełnie bez powodu, rodzajnik określony przed *diffusion* w tytule rozprawy. Na stronie 28. wreszcie zamiast *in opposition* napisałbym raczej *in contrast*. Ale to jednak, wobec ogólnego bardzo dobrego wrażenia, drobiazgi. Większość z nich więc pomijam.

Poza angielszczyznę problemem w kilku miejscach są także oznaczenia. Na przykład na stronach 13. i 16. autor pisze $p \ll 1$, co zwykle rozumieć ja-

ko „ p jest dużo mniejsze od 1, zwykle o rząd wielkości”. W omawianej pracy jednak, jak sędzę z kontekstu, znaczy to chyba po prostu $p < 1$ (w artykule, z którego omawiane tu wyniki pochodzą znajduje się ten ostatni zapis). Nie bardzo rozumiem, dlaczego użyto tu \ll zamiast $<$. Na stronie 16. mamy też $p \rightarrow 1$, co zwykle oznacza „ p dąży do 1”, ale w tym miejscu oznaczenie to jest niezrozumiałe; zapewne chodzi o to, że p ma być bliskie 1.

Coś jest ponadto fundamentalnie nie tak ze sformułowaniem twierdzenia 3.2 (ta sama uwaga dotyczy tw. 3.4). Czytamy w nim *Let c be the concentration of positive opinions and the probability of choosing an agent with a positive opinion. Under the assumption that these events are independent . . .*. Otóż nie można pisać o *these events* skoro w poprzednim zdaniu żadne zdarzenia, które mogłyby być niezależne nie zostały opisane. Mylące jest też sformułowanie *Under the additional assumption . . .* Skoro założenie, o którym tu mowa jest *dotatkowe*, to dalsza część zdania mówić powinna o szczególnym przypadku sytuacji opisanej wyżej (losowania ze zwracaniem); tymczasem mówi ona w istocie o modelu losowania bez zwracania.

Bardzo dziwne jest wreszcie zdanie pod ww. twierdzeniem: *In order to find the stationary states . . . we must satisfy . . .*

3 Podsumowanie

Wystarczy rzut oka na pracę doktorską p. mgr Tomasza Werona, by przekonać się, że nie traktuje ona o matematyce czystej. Choć znajdujemy w niej kilka twierdzeń, zazwyczaj mówią one o tym, że pewne skomplikowane równania różniczkowe zwyczajne mogą w pewnych specyficznych warunkach przybliżyć dynamikę istotnych charakterystyk populacji rozwijających się zgodnie z interesującymi autora regułami w ramach *agent-based models*. Brak w pracy typowych dla wspomnianej matematyki wyników mówiących o istnieniu i jedności rozwiązań, brak informacji o ich aproksymacji czy zbieżności. A nawet dowody twierdzeń wyżej scharakteryzowanych bliższe są heurze niż ścisłemu wnioskowaniu.

Niemniej mamy tu do czynienia z matematyką, tyle tylko, że stosowaną. Jedną z wielu możliwych definicji tej ostatniej mówi, że chodzi o to, by używając metod matematycznych wnioskować o pozamatematycznej rzeczywistości. W rozprawie p. mgra Werona właśnie tak się rzeczy mają: poprzez analizę sieci sztucznych, chcemy zrozumieć funkcjonowanie olbrzymich sieci społecznych, telekomunikacyjnych, czy też tych występujących w fizyce statystycznej (a w szczególności w modelu Isinga). Doktorantowi zatem nie zależy na tym, by udowodnić eleganckie twierdzenie, lecz pojąć istotę zjawiska w swej naturze nieuchwytnego, jakim jest złożony proces podejmowania tysięcy, powiązanych ze sobą charakterystycznymi więzami, decyzji prowadzących do powstawania nowych instalacji fotowoltaicznych. A skoro ścisłe metody analityczne, ze względu na wspomnianą złożoność przestrzenną i socjologiczną, mają tu ograniczone zastosowanie, używa metod symulacyjnych.

Szczególnie podoba mi się w omawianej rozprawie to, że jej środek ciężkości leży bliżej troski o stworzenie adekwatnego modelu niż jego dogłębnej analizy. Cieszę się dlatego, że w mojej ocenie w Polsce znaleźć można zupełnie sensowną grupę matematyków, którzy potrafią, często bardzo zaawansowanymi metodami, analizować struktury i równania wykoncypowane przez innych. Znacznie mniej jest naukowców, którzy sensowne, mające realne odbicie w rzeczywistości modele potrafią tworzyć; umiejętność to rzadka i cenna. Przebijająca z szeregu sformułowań doktoranta świadomość — spotykana nie tak często u tych, którzy matematyką stosowaną nie parają się na co dzień — że każdy model jest badanego zjawiska jedynie przybliżeniem, że każdy ma swoje wady i zalety oraz ograniczony zakres stosowalności, świadomość, że wspomniane wady i zalety należy dogłębnie poznać i kwantyfikować, by ujrzeć większy obraz, świadomość ta napawa mnie nadzieją, że p. mgr Weron do opisanego wyżej elitarnego grona niedługo dołączy.

Na razie stwierdzam z satysfakcją, że umiejętność tworzenia i analizowania modeli posiadał w stopniu uzasadniającym dopuszczenie go do dalszych etapów przewodu, który w moim przekonaniu doprowadzi do nadania mu stopnia doktora nauk matematycznych. Jednocześnie proponuję wyróżnienie rozprawy.

A. Bobrowski
Adam Bobrowski