



Dr Karol Capała

Rozmowa z autorem pracy: „Anomalna dynamika stochastyczna w obszarze nieprzetłumionym”

Co skłoniło Pana do zostania naukowcem?

Trudno mi to ubrać w jakąś historię, bo mam wrażenie, że ten plan miałem od zawsze. Od zawsze byłem głodny wiedzy. Kiedy w gimnazjum podjąłem decyzję, że chcę zostać fizykiem, wiedziałem, że nierozłącznie wiąże się to z pozostaniem wiernym nauce.

Pańskie zainteresowania ukierunkowały się więc bardzo szybko?

Dzięki mojemu tacie zawsze lubiłem matematykę i fizykę. Ich ustrukturyzowana natura idealnie pasuje do mojego sposobu myślenia. Jednocześnie lubię związek ze światem, jaki wykazuje fizyka, więc był to dla mnie wybór naturalny.

Moim ulubionym przedmiotem podczas studiów stała się mechanika klasyczna. Ćwiczenia z niej prowadził prof. Bartłomiej Dybiec. Zainteresowałem się czym naukowo zajmuje się Pan Profesor i to właśnie on „zaraził” mnie fascynacją procesami stochastycznymi. Nieprzetłumiona dyfuzja anomalna była słabo zbadanym zagadnieniem w momencie, kiedy rozpocząłem doktorat, więc postanowiłem ten stan zmienić.

Prosimy więc o nakreślenie problematyki, o której traktuje Pańska rozprawa doktorska.

Procesy stochastyczne stanowią ogromne pole badawcze na pograniczu matematyki i fizyki. Można się nimi zajmować w kontekście czysto matematycznym, na użytek uczenia maszynowego lub do tworzenia modeli zjawisk fizycznych, chemicznych, biologicznych czy socjo-ekonomicznych. Moje badania znajdują się gdzieś na pograniczu pierwszej i ostatniej kategorii. Zagadnienia te można sobie wyobrazić przy pomocy ruchu cząstki. Cząstką może być dowolny obiekt tak mały, że jego kształt nie ma znaczenia dla rozważanego problemu, na przykład pyłek jakiejś rośliny. Wyobraźmy sobie, że nasza cząstka, nasz pyłek, znajduje się w powietrzu i może się w nim swobodnie poruszać. Jest opisywana przez swoje położenie i prędkość. Jak wiemy, powietrze składa się z wielu cząsteczek, które same są w nieustannym ruchu, zderzają się i co dla nas ważniejsze, uderzają w nasz pyłek, przez co mogą zmieniać jego prędkość, zarówno jej wartość jak i kierunek. Ponieważ kolizji w takim układzie jest więcej niż bylibyśmy zdolni opisać przy pomocy nawet najpotężniejszych komputerów, łatwiej przedstawić układ jako naszą cząstkę (pyłek) i szum, losową siłę, która pochodzi z uśrednienia zderzeń ze środowiskiem. Między innymi badaniem takich układów złożonych z cząstki i szumu zajmują się procesy stochastyczne.

Pozostała jeszcze do omówienia kwestia szumów Lévy’ego. Ze względu na centralne twierdzenie graniczne, rozkład impulsów szumu, które są średnią ze zderzeń z otoczeniem, przeważnie jest gaussowski. Nie jest to jednak zawsze prawdą, założenia centralnego twierdzenia granicznego nie zawsze są spełnione. Dzieje się tak na przykład, gdy poza zderzeniami otoczenie może oddziaływać z cząstką również na odległość. Najprostszym przykładem byłoby tutaj chyba oddziaływanie elektromagnetyczne, jeżeli nasza cząstka i jej otoczenie są naładowane elektrycznie. W takim przypadku wypadkowa siła, z jaką otoczenie może zadziać na naszą cząstkę, nie jest już ograniczona i całkiem prawdopodobne stają się skrajne zdarzenia, dzięki którym cząstka może doświadczyć nagle bardzo dużej zmiany prędkości. Przykładem szumów, które mogą opisać tego typu zachowanie, są właśnie szумы Lévy’ego. Niestety zdolność do opisu skrajnych zjawisk szumu Lévy’ego „przypłacają” brakiem wariacji, a w wielu przypadkach również średniej.

Dla mojej rozprawy doktorskiej istotne było określenie, jak te ekstremalne zdarzenia wpływają na dwa klasyczne problemy w dziedzinie procesów stochastycznych: problem stanów stacjonarnych, czyli rozkładu prawdopodobieństwa znalezienia cząstki w danym punkcie przestrzeni po bardzo długim czasie oraz zagadnienie ucieczki, czyli – jak sugeruje nazwa – badanie tego, jak przebiega dla takiej cząstki proces opuszczenia badanego obszaru. Pierwsze z tych zagadnień jest istotne dla uczenia maszynowego ze względu na związek ze stochastyczną metodą gradientu prostego, zaś problemy ucieczki występują powszechnie w chemii czy biologii. W ramach mojej rozprawy doktorskiej pokazałem m.in., że w pewnej, szerokiej klasie potencjałów możliwe jest występowanie stanów stacjonarnych, dla których najbardziej prawdopodobne położenie nie jest położeniem o najniższej energii oraz że prędkość przejścia między dwoma stanami w potencjale dwudołkowym zależy zarówno od odległości między stanami jak i wysokości bariery energetycznej rozdzielającej je.

Prowadził Pan obliczenia komputerowe. Jak dużą część pracy one stanowiły?

W mojej dziedzinie istotną część badań stanowią symulacje, które mogą być praktycznie kompletnie zrównoleżone. Dlatego też komputery dużej mocy obliczeniowej są niezwykle przydatne i pozwalają wygodnie uzyskać rezultaty dla szerokiego zakresu parametrów w stosunkowo krótkim czasie. Pierwsze symulacje na komputerach Cyfronetu prowadziłem jeszcze do pracy licencjackiej. Wtedy pomocny był superkomputer Zeus. Podczas prac nad doktoratem korzystałem z mocy obliczeniowych superkomputera Prometheus. Pod względem wykorzystania oprogramowania w Cyfronecie nie byłem specjalnie wymagający, ponieważ symulacje, które uruchamiałem, przygotowywałem sam w C++. Oczywiście, polecam pracę z wykorzystaniem superkomputerów każdemu, kto potrzebuje wykonywać dużo obliczeń na komputerze. To zdecydowanie skraca czas oczekiwania na wyniki.

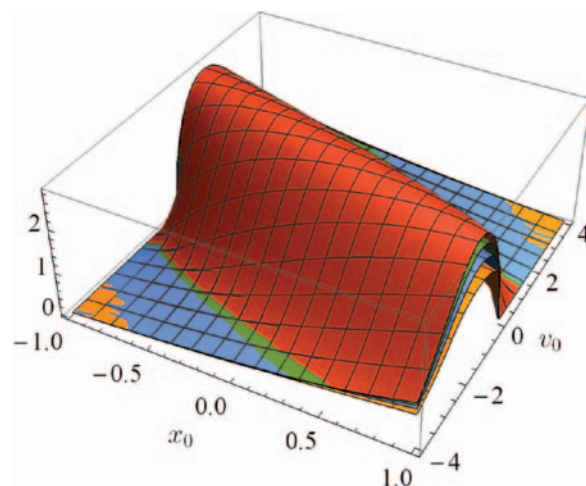
Jaki będzie kolejny krok, jeśli chodzi o Pana karierę naukową?

Planuję rozwój naukowy i habilitacja jest naturalnym, kolejnym krokiem na mojej ścieżce kariery. Aktualnie łączę moje badania nad procesami stochastycznymi z pracą w Sano – Centrum Zindywidualizowanej Medycyny Obliczeniowej, gdzie prowadzę badania w kierunku stworzenia algorytmu sztucznej inteligencji na potrzeby medycyny.

Niedawno zakończył Pan pewien etap. Czy dzisiaj jest coś, co chciałby Pan wiedzieć, zanim rozpoczął Pan doktorat?

Chyba jestem szczęściarzem, ponieważ jedyne co przychodzi mi do głowy, to że chciałbym wiedzieć, że po pierwszym roku studiów czeka mnie lockdown spowodowany pandemią – mógłbym wtedy lepiej zaplanować niektóre elementy mojego projektu. Wszelka inna wiedza, która okazywała się przydatna lub pomocna, została mi przekazana przez mojego promotora prof. Bartłomieja Dybca albo starszych kolegów. Dlatego chyba moją główną radą dla kolejnych młodych naukowców jest, żeby przy wyborze doktoratu kierowali się zarówno tematem jak i atmosferą w grupie, do której chcą dołączyć.

Dziękujemy za rozmowę.



Średni pierwszy czas wyjścia z przedziału $(-1,1)$ w funkcji początkowego położenia i prędkości dla różnych szumów Lévy'ego