

Z wyczuciem, czyli po ludzku?

Użyty w tytule rzeczownik ma bardzo wiele znaczeń. W szczególności może odnosić się do umiejętności heurystycznego rozwiązywania problemów, czy też do kinestetycznej perfekcji ruchów. Możliwe, że to, między innymi, dzięki wykształceniu tych zdolności, pozwalających np. na skuteczny rzut kamieniem (bumerangiem?), człowiek osiągnął przewagę ewolucyjną.

Okazuje się, że taką przewagę nadal utrzymujemy, ale tym razem nad najefektywniejszymi algorytmami.

Przewaga ta zaczęła być ostatnio wykorzystywana do poprawy symulacji kwantowych [1]. Konkretnie chodzi o dobranie jak najlepszego sposobu przenoszenia pojedynczego atomu między dwoma węzłami sieci optycznej za pomocą tzw. optycznej pęsety (ang. *optical tweezer*) – silnie zogniskowanego promienia lasera, którym można przesuwac atomy. Jest to jedno z kluczowych wyzwań przy konstrukcji komputera kwantowego z uwięzionych w sieci optycznej atomów. Problem polega na tym, że trzeba to robić bardzo szybko, żeby zdążyć przed dekoherencją, ale znowu nie nazbyt gwałtownie, żeby atomy się za bardzo nie rozmywały (kwantowo).

Znalezione za pomocą symulacji najlepsze strategie pewnego przeniesienia (z prawdopodobieństwem powyżej 0,99) dawały czasy nie lepsze niż 0,24 jednostki (która, w przypadku atomów rubidu 87, odpowiada 39 ms).

Udział ludzi stał się możliwy dzięki specjalnie przygotowanej grze komputerowej *Quantum Moves* [2], w której wyzwaniem jest zadanie nazwane *BringHomeWater* [1] polegające na przeniesieniu zebranego w minimum potencjału płynu (kwadratu funkcji falowej) w określone miejsce, z jak najmniejszym „rozchlapaniem”. Potencjał jest wyobrażony za pomocą linii na ekranie. Za pomocą kursora można przemieszczać jego minimum (optyczną pęsetę) i regulować głębokość tego minimum (intensywność lasera), a kwadrat funkcji falowej zachowuje się jak wizualizowany płyn ograniczony od dołu linią potencjału. Dla ludzi czas został spowolniony czynnikiem 30 000.

Okazuje się, że najlepsze wyniki ludzi są lepsze niż najlepsze wyniki algorytmów. Po prostu szybko uczymy się intuicyjnie reagować na to, co widzimy. Jeszcze lepsze osiągi daje wspomnienie ludzkiego wyczucia wielokrotnymi modyfikacjami zarejestrowanego ruchu w poszukiwaniu najlepszego rozwiązania bliskiego znalezionemu przez człowieka. Tą metodą udało się skrócić czas ponad dwukrotnie.

W opiniach na temat omawianych wyników pojawiła się sugestia o udokumentowanej w ten sposób przewadze człowieka nad komputerem. Jest tylko jeden szkopał. *Quantum Moves*, w odróżnieniu od podobnie użytecznych zabaw np. w odgadywanie struktury białek (*Foldit*) czy RNA (*EteRNA*) jest grą (w ostatecznym rozrachunku) zręcznościową.

To może jeszcze lepsze byłyby w tym koty albo foki?

Lokalny realizm po kompresji

Lokalny realizm, którego oczywistość przywoływali Einstein, Podolski i Rosen w swoim słynnym paradoksie (EPR) w celu zakwestionowania przewidywań mechaniki kwantowej, nie wytrzymał doświadczalnych prób wykazujących łamanie wynikających z niego nierówności zaproponowanych (kilkadziesiąt lat później) przez Bella.

Jeżeli widać korelację między rozdzielonymi przestrzennie zdarzeniami, to lokalny realizm wymusza konkluzję, że to rozdzielenie jest tylko pozorne. Np. odnajdując w bagażu tylko lewy kapeć, od razu wiem, że w domu został prawy, ale tak było od momentu zamknięcia walizki! Natomiast zgodnie z mechaniką kwantową mogę np. przygotować tzw. singletowy stan splątany dwóch ortogonalnych qubitów, o których nic więcej (poza ortogonalnością) nie wiadomo. Jednak w momencie pomiaru jednego, natychmiast wiem jaki jest ten drugi. Żeby qubity odróżnić od kapci, trzeba je mierzyć w innej bazie, niż zostały przygotowane. Np. jeżeli początkowo były to polaryzacje fotonów: pionowa i pozioma, to należy je rejestrować za pomocą polaryzatorów przekreślonych o pewien (różny od $\frac{\pi}{2}$) kąt względem pionu, żeby pojedynczy wynik nie był z góry znany. Wtedy średni poziom korelacji między pomiarami będzie łamał nierówności Bella (o których można myśleć jak o nierównościach trójkąta). Wynik jest w takim przypadku rezultatem analizy statystycznej wielu pojedynczych pomiarów.

Okazuje się, że można to zrobić inaczej: odwołując się do złożoności Kołmogorowa ciągów wyników x i y . Złożoności tej, jako odpowiadającej najkrótszej sekwencji działań uniwersalnej maszyny Turinga generującej dany ciąg, zazwyczaj nie daje się obliczyć. Można ją jednak ograniczyć od góry przez długość $C(x)$ skompresowanego ciągu x , bo im większy stopień korelacji, tym krótszy zapis po kompresji.

W ten sposób można zdefiniować $NCD(x, y)$ (ang. *Normalized Compression Distance*), czyli „znormalizowaną odległość kompresyjną” dwóch ciągów x i y (w tym przypadku są to binarne ciągi pomiarów każdego qubitu z kolejnych par) w poniższy sposób

$$NCD(x, y) = \frac{C(x, y) - \min\{C(x), C(y)\}}{\max\{C(x), C(y)\}},$$

gdzie $C(x, y)$ jest skompresowaną długością połączonych ciągów x i y . Pomysł ten został pomyślnie przetestowany [3] z udziałem dwóch polskich fizyków. Stosowna nierówność okazała się być łamana.

Piotr ZALEWSKI

- [1] J.J.W.H. Sorensen, M.K. Pedersen, M. Munch, P. Haikka, J.H. Jensen, T. Planke, M.G. Andreasen, M. Gajdacz, K. Molmer, A. Lieberoth i J.F. Sherson; *Exploring the quantum speed limit with computer games*; *Nature* **532** (2016) 210; doi:10.1038/nature17620.
 [2] <https://www.scienceathome.org/games/quantum-moves/game>.
 [3] Hou Shun Poh, M. Markiewicz, P. Kurzyński, A. Cere, D. Kaszlikowski i Ch. Kurtsiefer; *Probing the quantum—classical boundary with compression software*; *New J. Phys.* **18** (2016) 035011; doi:10.1088/1367-2630/18/3/035011.