




tekst: Tomasz Płosa

OWADY SPOŁECZNE I PTAKI

JAKO WZORCE INTELIGENCJI
ROZPROSZONEJ

A large flock of birds flying in a V-formation against a blue sky. The birds are small, dark silhouettes, and their collective movement creates a sense of fluidity and coordination. The sky is a clear, light blue, and the overall composition is dynamic and visually striking.

Bardzo możliwe, że każdy z nas przynajmniej raz w życiu był pod wrażeniem płynności, z jaką poruszały się lecące w kluczu dzikie ptaki lub przemieszczała się ławica kolorowych ryb, którą oglądaliśmy w filmie przyrodniczym. Zarówno ptaki, jak i ryby robią to w harmonijny i skoordynowany sposób, podążając w danym kierunku w symetrycznym układzie lub nagle zmieniając kierunek, a mimo to nie wpadając na siebie i nie łamiąc szyku. To prawdziwy przyrodniczy fenomen. I to właśnie takim fenomenom zaczęli przyglądać się badacze niekoniecznie związani z naukami przyrodniczymi, którzy na podstawie modeli matematycznych zaobserwowanych w świecie przyrody stworzyli algorytmy sztucznej inteligencji przydatne w rozwiązaniu konkretnych problemów optymalizacyjnych.

Kolektywny wzorzec zachowań indywidualów (czyli poszczególnych osobników) w samoorganizujących się systemach, takich jak klucze ptaków, ławica ryb czy kolonia, posłużył do stworzenia techniki sztucznej inteligencji zwanej inteligencją stadną (ang. *Swarm Intelligence*, SI).

- W polskiej nomenklaturze niechętnie używa się tego określenia, tak jakby przeważała negatywna konotacja słowa *stado*; *działać w stadzie* to 'działać bezwolnie, bezmyślnie', stosujemy u nas raczej pojęcie *inteligencji rozproszonej* - mówi prof. dr hab. Urszula Boryczka z Wydziału Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego, która w swojej pracy badawczej zajmuje się m.in. algorytmami metaheurystycznymi, w tym także algorytmami opartymi na fenomenach przyrodniczych. - Mówimy o metaheurystyce czy też o heurystyce wyższego poziomu, ponieważ takie algorytmy nie umożliwiają nam rozwiązania danego problemu, a jedynie podpowiadają, jak znaleźć algorytm do tego odpowiedni.

Czy poszukiwanie algorytmów metaheurystycznych można potraktować jako część bioniki? Nie, ponieważ bionika to zastosowanie w przemyśle konkretnych technologii bazujących na rozwiązaniach występujących w przyrodzie - jako przykłady można wymienić sonary ultradźwiękowe (wzorowane na echolokacji stosowanej przez nietoperze i delfiny) czy słynne stroje pływackie firmy Speedo, która na igrzyska olimpijskie w Sydney w 2000 roku przygotowała kostiumy przypominające fakturą skórę rekina (83% złotych medali zdobyli wówczas pływacy odziani w taki właśnie strój). W przypadku inteligencji rozproszonej mówimy raczej o mimetyzmie biologicznym lub biomimikrze.

- Niezależnie jednak, czy mówimy o bionice, czy o mimetyzmie biologicznym, warto patrzeć uważnie, co podpowiada nam natura. Stanisław Lem zwykł mawiać, że technologia jest przedłużeniem natury - dlatego kładziemy taki nacisk na poszukiwanie fenomenu w przyrodzie - stwierdza prof. Urszula Boryczka. - W efekcie mamy również algorytmy oparte na zjawisku bioluminescencji światełek czy na tańcu wywijanym pszczoł.

Przypomnijmy więc: najpierw zachodzi obserwacja tego, co dzieje się w naturze, następnie - poprzez analizę zachowania danej populacji, polegającą na znalezieniu mechanizmu komunikacji i interakcji pomiędzy jej pojedynczymi indywidualami - agentami, w ten sposób, w jaki uczą się one lepszych zachowań - tworzy się odpowiedni model matematyczny, na którym potem bazuje algorytm zastosowany do rozwiązania konkretnego problemu optymalizacyjnego, czyli związanego z efektywnością działania. I tak na przykład metoda optymalizacji stadnej cząsteczek (ang. *Particle Swarm Optimization*, PSO) - algorytm zaproponowany przez socjologa społecznego Jamesa Kennedy'ego i jego współpracownika inżyniera Russella C. Eberharta jako symulacja zachowań zbiorowych - służy do rozwiązywania problemów optymalizacji globalnej. Z kolei inspirując się sposobem poruszania się ptaków i ryb, Craig Reynolds już w latach 80. XX wieku stworzył algorytm stada, którego agentami są tzw. boidy. Ta technika sztucznej inteligencji została zastosowana po raz pierwszy w filmie *Król Lew* - w scenie, kiedy spłoszone przez hieny stado antylopy zbiega w dół wąwozu, w rezultacie czego ginie Mufasa. Algorytmu tego użyto kilka lat później w sławnej trylogii *Władca pierścieni* do poruszania oddziałami orków, ale na początku, w wyniku wprowadzenia niepoprawnych parametrów, orkowie Saurona rozpiechli się w różnych kierunkach. Konieczność dostrajania i regulacji parametrów jest bowiem największą przeszkodą w poprawnym zastosowaniu danej metaheurystyki.

Innym bardzo znanym algorytmem bazującym na inteligencji rozproszonej jest algorytm mrówkowy (ang. *Ant Colony Optimization*, ACO) zaproponowany przez Marco Dorigo, Vittorio Maniezzo i Alberto Colorniego, wywiedziony z zachowania mrówek podczas furażowania, czyli poszukiwania pożywienia poza mrowiskiem. Otóż mrówki opuszczają swoją kolonię i, poruszając się w sposób całkowicie losowy, przeszukują pewną przestrzeń, zostawiając przy tym tzw. ślad feromonowy. Gdy powiedzie się ich misja, czyli znalezienie pokarmu, wracają do „bazy”, wzmacniając ów ślad na swojej ścieżce. Kiedy inne mrówki natrafiają na niego, zaczynają podążać tą samą drogą,

Fot. iStock





Fot. iStock

jeszcze bardziej wzmacniając ją feromonami, które „przyciągną” więcej ich pobratymców (dochodzi do zjawiska dodatniego sprzężenia zwrotnego, autokatalizy). Ślad feromonowy po pewnym czasie jednak wyparowuje, najpopularniejsze stają się zatem ścieżki najkrótsze – takie, którymi najszybciej będzie można przetransportować pożywienie do mrowiska, jednocześnie najbardziej wzmacniając je feromonami. Właśnie dzięki nim pomiędzy dwoma agentami zachodzi komunikacja pośrednia na zasadzie stygmergii – jeden agent modyfikuje otoczenie, a drugi odpowiada na to w nowym otoczeniu i w późniejszym czasie dochodzi do uczenia się przez wzmocnienie (ang. *Reinforcement Learning*).

Algorytm mrówkowy może pomóc w rozwiązaniu problemów optymalizacyjnych o reprezentacji grafowej, jak np. problem komiwojażera. Polega on na tym, że komiwojażer, wyruszając z punktu A, musi odwiedzić kilka innych punktów i wrócić do punktu A, ponosząc przy tym najmniejszy możliwy koszt. To dość abstrakcyjny przykład, ale ACO znalazło również zastosowanie w kreowaniu sieci transportowych (tak, aby omijać najbardziej zakorkowane miejsca lub te, gdzie doszło do wypadku) czy w automatycznym tworzeniu programów komputerowych (poprzez sformułowanie celów, jakie dany program powinien realizować – jest tzw. programowanie mrowiskowe). Warto zaznaczyć, że w dziedzinie algorytmiki dokonał się w ostatnich latach spory przełom. Jeszcze do niedawna uważano, że algorytm musi przeprowadzić nas od danych wejściowych poprzez zastosowanie procedur lub ograniczeń do konkretnego rezultatu. Skłaniano się więc ku determinizmowi, zupełnie pomijając losowość, na której pozytywny aspekt także zwracał uwagę w swoich pismach Stanisław Lem.

– Można to przedstawić za pomocą metafory szuflady ze skarpetkami – mówi prof. Urszula Boryczka. – Wyobraźmy sobie, że mamy jedną czarną skarpetkę i chcemy znaleźć w szufladzie, wśród wielu różnokolorowych, pasującą do niej drugą czarną. Dawniej algorytmika postulowałaby przeszukiwanie całkowite, które dałoby nam konkretny rezultat: albo znaj-

libyśmy drugą czarną do pary, albo stwierdzilibyśmy, że takiej w ogóle tam nie ma. Dzisiejsze algorytmy metaheurystyczne umożliwiają nam przybliżone przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań, dzięki któremu otrzymujemy rozwiązania satysfakcjonujące – stwierdzimy więc, że do czarnej możemy dobrać skarpetkę o zbliżonym kolorze, coraz modniejsze stają się przecież zakładanie dwóch różnych skarpetek.

Jakie wyzwania stoją przed algorytmiką? Prof. Boryczka nie ma wątpliwości, że największym jest stworzenie modelu matematycznego ludzkiej świadomości na potrzeby budowania sztucznej inteligencji. Na tym polu odniesiono już pewne sukcesy (zwycięstwo komputera IBM Deep Blue nad szachowym mistrzem świata Garrim Kasparowem w 1997 roku czy wygranie programu AlphaGo firmy DeepMind z zawodowymi graczami w starochińską grę go w latach 2015 i 2016), ale daleko jeszcze do odwzorowania działania naszego mózgu (którego fenomenowi przyglądamy się w algorytmice co najmniej od lat 60. XX wieku). Do tego potrzebny byłby opis tak nieuchwytnych elementów, jak intuicja, samoświadomość czy uczucia wpływające przecież na podejmowanie decyzji. Do tego celu można byłoby zastosować systemy naśladujące zachowanie pszczoły miodnej, które potrafią znaleźć konsensus (ang. *Bee Colony Optimization*, BCO).

Zdaniem prof. Urszuli Boryczki gdyby jednak udało się stworzyć pełny matematyczny opis procesu decyzyjnego, jaki zachodzi w naszych mózgach, byłibyśmy o krok od zrozumienia działania ludzkiego umysłu. *Deep Learning*, czyli głębokie uczenie z zastosowaniem sieci neuronowych wraz z algorytmami uczenia maszynowego, da nam w przyszłości podpowiedź, w jakim kierunku powinniśmy pójść.



Prof. dr hab. Urszula Boryczka
Instytut Informatyki
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski
urszula.boryczka@us.edu.pl