

Osobliwa dynamika współoddziałujących cząstek

JAN PESZEK

Co wspólnego mają ze sobą stada ptaków, dystrybucja dóbr i działalność gangów w Los Angeles? Te pozornie całkowicie odmienne zjawiska są doskonałym przykładem fascynującej elastyczności, z jaką matematyka opisuje otaczający nas świat. Okazuje się bowiem, że opisu powyższych zjawisk można dokonać za pomocą wspólnej klasy matematycznych modeli zwanych **modelami współoddziałujących cząstek** (*models of collective dynamics*). Modele te opisują zjawiska, w których grupa osobników (zwanych przez nas cząstkami) oddziałuje ze sobą w sposób nielokalny, czyli np. za pomocą komunikacji werbalnej lub wzrokowej. Co ciekawe, z matematycznego punktu widzenia, takie oddziaływania są bardzo zbliżone do innego nielokalnego oddziaływania, którego wszechobecných skutków doświadczamy na co dzień – **oddziaływania grawitacyjnego**.

Celem projektu jest **wieloskalowa** analiza modeli współoddziałujących cząstek w dwóch szczególnie trudnych przypadkach. Po pierwsze, w przypadku, gdy intensywność oddziaływań między osobnikami, które są bardzo blisko siebie, może rosnać bez ograniczeń (**oddziaływania osobliwe**). Po drugie, gdy **oddziaływania** między osobnikami **mają ograniczony zasięg** (co, mimo że z praktycznego punktu widzenia jest bardzo naturalne, z matematycznego – nastęrcza wielu niespodziewanych trudności).

Analiza prowadzona w projekcie jest **wieloskalowa**, co można porównać do obserwacji i przewidywania zjawisk **pod mikroskopem, gołym okiem i z lotu ptaka**. Najbardziej trafna analogia pochodzi z obserwacji wody. **Pod mikroskopem**, woda jest mieszaniną ogromnej liczby małych cząstek, które, niczym kule bilardowe, nieustannie odbijają się od siebie, pozostając w nieprzewidywalnym, chaotycznym ruchu. **Gołym okiem** nie widzimy poszczególnych cząstek, ale dostrzegamy ruch samej cieczy, tworzącej pomniejszych wiry, fale i strumienie. Jeżeli zaś, obserwujemy np. Ocean Atlantydzki **z dużej odległości**, nie widzimy niewielkich zawirowań i fal, ale dostrzegamy potężne prądy morskie i inne wieloskalowe zjawiska. Matematyka oferuje możliwość opisu, w jaki sposób nieskończenie chaotyczny ruch małych cząstek wody przeradza się w wiry, fale i wreszcie w potężne prądy morskie — jest to jednak zagadnienie bardzo trudne i do dzisiaj niewpełni rozwiązane. Inny przykład podobnego przejścia między różnymi skalami opisu zjawisk pochodzi z **ekonomii**, gdzie każda decyzja podejmowana przez indywidualnych uczestników rynku przeradza się w zbiorcze oddziaływanie między wspólnotami i firmami w ramach rynków i giełd, które z kolei oddziałują między sobą na arenie międzynarodowej.

Podjęcie tej tematyki badawczej jest uzasadnione zarówno w odniesieniu do klasycznych zagadnień matematycznych związanych ze wspomnianą wyżej wieloskalową analizą cieczy, jak i z punktu widzenia zastosowań modeli współoddziałujących cząstek. A możliwości zastosowań jest przytłaczająco wiele: od stad ptaków, ławic ryb i wykwitów alg po kształtowanie się języków w kulturach pierwotnych i dystrybucję dóbr. Od sterowania sieciami czujników i bezzałogowymi pojazdami i robotami, po przewidywanie przestępczości związanej z działalnością gangów. Ostatnio, szczególnie istotne zastosowania modeli współoddziałujących cząstek znajdujemy w *machine learningu* i programowaniu sztucznych inteligencji, gdzie decyzje podejmowane przez daną sztuczną inteligencję traktowane są jako rywalizujące i współpracujące ze sobą cząstki. Znaczenie badań nad modelami współoddziałujących cząstek od wielu lat rośnie wraz z rozwojem technologii i mocy obliczeniowej komputerów. Można domniemywać, że nadal dopiero zaczynamy odkrywać prawdziwy potencjał tej dziedziny.