

Opis popularnonaukowy

W największym skrócie w rozprawie doktorskiej staramy się rozróżnić jakie problemy są łatwe a jakie trudne do obliczenia. W projekcie staramy się scharakteryzować problemy, które bazują na programowaniu dynamicznym.

Rozprawa doktorska skupia się na połączeniu dwóch dziedzin informatyki teoretycznej: algorytmiki oraz złożoności obliczeniowej. W szczególności używamy innych założeń o trudności od hipotezy $P \neq NP$ żeby wytłumaczyć brak postępu w poprawie czasu działania dla problemów, które mają naiwny algorytm oparty na programowaniu dynamicznym.

Prawdopodobnie jedną z najbardziej popularnych miar trudności problemu jest to czy istnieje dla niego algorytm działający w czasie wielomianowym. Zwykle uważa się wtedy że algorytm wielomianowy jest w pewnym sensie szybki. Jednak w praktyce trudno jest powiedzieć, że algorytm działający chociażby w czasie $\mathcal{O}(n^{100})$ jest efektywny, w szczególności gdy ilość danych wejściowych jest mierzona w gigabajtach. Z tego powodu ostatnie badania nad bogatszą charakteryzacją problemów w P cieszą się dużym zainteresowaniem, a prace z tej dziedziny są regularnie przyjmowane na najbardziej prestiżowe konferencje informatyki teoretycznej. Badania nad dolnymi granicami algorytmów często pozwalają wzbogacić nasze intuicje algorytmiczne i wskazać najtrudniejszą instancję problemu. Z tego powodu bardzo często rozważania te, skutkują przyspieszeniem obecnie znanych algorytmów i udowodnieniu że nie się ich poprawić.

Programowanie dynamiczne narodziło się w latach 50, gdy pokazano pseudowielomianowy algorytm $\mathcal{O}(nt)$ dla problemu plecakowego. Algorytm ten jest wykładany na większości wstępnych kursach programistycznych. Pozostało jednak jedno, uporczywe pytanie, na które do niedawna nie było jasnej odpowiedzi: *Czy możemy znaleźć jeszcze szybszy algorytm?* Ostatnio udało nam się uzasadnić, że *raczej nie* ponieważ zaprzeczyłoby to pewnej hipotezie. W rozprawie zaproponowaliśmy nowe techniki, które pozwoliły nam na dowodzenie trudności pewnej klasy problemów.

Dla problemu plecakowego istnieją bardzo wydajne algorytmy aproksymacyjne, które pozwalają w czasie wielomianowym otrzymać przybliżone rozwiązanie. Używając zaproponowanych przez nas nowych technik, dla pewnego wariantu problemu plecakowego udało nam się poprawić 40 letni algorytm aproksymacyjny. Wyniki te przełożyły się również na poprawę algorytmów aproksymacyjnych dla innych ważnych problemów i pozwoliły nam udowodnić że naszych algorytmów raczej nie da się poprawić.

Badamy również praktyczne zastosowania teoretycznych rozważań o programowaniu dynamicznym. Skupiamy się na poprawie algorytmów służących do analizy sieci społecznościowych. Udało nam się przyspieszyć algorytm znajdowania cykli w grafach poprzez użycie technik z algebry liniowej oraz poprawiliśmy gwarancję algorytmów wykrywania najbliższych sąsiadów które znajdują zastosowania w machine learningu i systemach rekomendacyjnych. Na końcu badaliśmy własności sieci społecznościowych i zaproponowaliśmy nowy, teoretyczny model rozchodzenia się informacji.