

Łukasz Kowalik

adiunkt w Instytucie Informatyki UW

Data urodzenia 18 grudnia 1977

e-mail kowalik@mimuw.edu.pl

www <http://www.mimuw.edu.pl/~kowalik/>



Zaintersowania badawcze

- algorytmy dla grafów planarnych i grafów na powierzchniach,
- algorytmy aproksymacyjne,
- Algorytmy dokładne dla problemów NP-trudnych,
- teoria grafów.

Algorytmy dla grafów planarnych i grafów na powierzchniach

Grafy planarne lub grafy bliskie grafom planarnym modelują wiele istniejących wokół nas sieci. Ponadto są one niezwykle interesujące z teoretycznego punktu widzenia, gdyż można udowodnić szereg szczególnych własności takich grafów, a następnie wykorzystywać je do konstruowania algorytmów znacznie bardziej efektywnych niż algorytmy projektowane z myślą o dowolnych grafach. W ten nurt wpisują się moje prace [3, 4, 7, 10, 11, 12, 13].

Dla przykładu, w pracy [11], napisanej we współpracy z Maciejem Kurowskim, zajmujemy się wyszukiwaniem ścieżek o długości ograniczonej przez stałą. Dokładniej, celem jest zbudowanie struktury danych o rozmiarze liniowym względem rozmiaru grafu, z użyciem której można przetwarzać zapytania postaci „*zwróć najkrótszą ścieżkę między wierzchołkami u i v , o ile są one odległe o nie więcej niż c* ” (c jest stałą). Wcześniejsze wyniki dotyczące tego problemu (praca D. Eppsteina) wymagały kompromisu między rozmiarem struktury danych a czasem zapytań: przy optymalnym czasie zapytań (stałym) struktura danych zajmowała ponadliniowy rozmiar $O(n \log n)$, z drugiej strony struktura danych o optymalnym (liniowym) rozmiarze przetwarzała zapytania w czasie $O(\log n)$. W naszej pracy pokazaliśmy dość zaskakujący fakt: kompromis nie jest konieczny, tzn. można w czasie liniowym zbudować strukturę danych o liniowym rozmiarze, która przetwarza opisane zapytania w czasie stałym. Aby pokazać efektywność naszego algorytmu, sformułowaliśmy twierdzenie strukturalne mówiące, że dla każdego grafu planarnego istnieje jego orientacja o pewnych szczególnych własnościach. Jest to podejście zupełnie inne niż stosowane wcześniej metody.

Drugim, oprócz problemów ścieżkowych, obszarem moich zainteresowań w ramach algorytmiki grafów planarnych są problemy kolorowania. Staram się rozwijać efektywniejsze niż dotychczas

znane algorytmy dla najbardziej naturalnych wielomianowych problemów kolorowania (np. kolorowanie grafów niezawierających trójkątów [9], kolorowanie krawędziowe [3, 4]). Równie ekscytujące jest pokazywanie, że kolorowanie określoną liczbą kolorów w ogóle istnieje [2]. Jestem bardzo szczęśliwy, mając w dziedzinie kolorowania grafów liczną grupę współpracowników, do których należą Richard Cole, Krzysztof Diks, Maciej Kurowski, Jean-Sebastien Sereni, Riste Škrekovski.

Algorytmy dla problemów NP-trudnych

O niektórych problemach wiadomo, że są obliczeniowo trudne tzn. jedynie w ograniczonym zakresie można je rozwiązywać za pomocą komputera. Pasjonującym zajęciem jest wyznaczanie granic tego, co jednak *jest* możliwe. W praktyce można rozwiązywać takie problemy za pomocą algorytmów heurystycznych, o których można się spodziewać, że *zwykle* dają wynik bliski oczekiwaniom. Mnie najbardziej interesują jednak algorytmy, których jakość można udowodnić w *każdym* przypadku.

Rozwijane są dwa podejścia. Pierwsze z nich polega po prostu na poszukiwaniu możliwie szybkiego algorytmu, nawet gdyby miał on mieć złożoność wykładniczą. Dla przykładu, w pracy [6] zajmuję się problemem kolorowania krawędziowego (tym razem dany na wejściu graf nie musi być planarny). Rozważam pierwszą NP-trudną wersją problemu: gdy dostępne są 3 kolory. Naiwny algorytm dla tego problemu ma złożoność $O(2^{1.5n})$. Przede mną problem ten badali R. Beigel i D. Eppstein, otrzymując algorytm o złożoności $O(2^{0.5n})$. W mojej pracy pokazuję algorytm o złożoności $O(2^{0.427n})$. W pewnym uproszczeniu pozwala to na przetwarzanie w tym samym czasie grafów o 17% większych niż poprzednio. Z jednej strony to niewiele, jednak granice tego co możliwe znów zostały przekroczone.

Drugi kierunek badań nad problemami NP-trudnymi dotyczy problemów optymalizacyjnych. W wielu przypadkach okazuje się, że jeśli zgodzimy się, żeby wynik był jedynie *bliski* optymalnemu, to można go uzyskać szybko (w czasie wielomianowym). Jeśli potrafimy udowodnić, że taki algorytm zwraca *zawsze* wynik co najwyżej, powiedzmy, o 50% gorszy od optymalnego, mamy do czynienia z algorytmem aproksymacyjnym. Okazuje się jednak, że są problemy, dla których nie istnieje żaden algorytm aproksymacyjny, nawet taki, którego rozwiązania są 100 razy gorsze niż optimum. Przykładem jest problem komiwojażera. I tu znów pojawia się pytanie o granice możliwości. Okazuje się, że gdy przyjmiemy naturalne założenie, że odległości w tym problemie spełniają nierówność trójkąta, algorytm aproksymacyjny jest możliwy. Wspólnie z Marcinem Muchą [1] rozważaliśmy maksymalizacyjny wariant problemu komiwojażera z nierównością trójkąta i dopuszczający asymetryczność funkcji odległości. Udało nam się uzyskać algorytm o lepszej niż wcześniej gwarancji na jakość rozwiązania.

Wykształcenie i dalsza kariera zawodowa

- 2005 – adiunkt w Instytucie Informatyki, Uniwersytet Warszawski.
- 2005 – 2006 Stypendium podoktoranckie w grupie algorytmów i złożoności kierowanej przez Kurta Mehlhorna, Max Planck Institut für Informatik, Saarbrücken, Niemcy.
- 2001 – 2005 Studia doktoranckie w zakresie informatyki, Uniwersytet Warszawski
rozprawa doktorska *Algorytmiczne problemy ścieżkowe w grafach planarnych*
napisana pod kierunkiem dr. hab. Krzysztofa Diksa wyróżniona przez Radę
Wydziału MIMUW.
- 1999 – 2001 Etap magisterski studiów informatycznych na Uniwersytecie Warszawskim
praca magisterska *3-kolorowanie grafów planarnych* napisana pod kierunkiem
dr. hab. Krzysztofa Diksa.
- 1996 – 1999 Jednoczone studia informatyczno-matematyczne na Uniwersytecie Warszawskim, licencjat z matematyki.

Publikacje

- [1] Ł. Kowalik, M. Mucha. 35/44-approximation for asymmetric maximum TSP with triangle inequality, 2007. *Proc. 10th Workshop on Algorithms and Data Structures (WADS'07)*, wolumen 4619 serii *Lecture Notes in Computer Science*, strony 590–601. Springer-Verlag, 2007.
- [2] Ł. Kowalik, J.-S. Sereni, R. Škrekovski. Total-colouring of plane graphs with maximum degree nine, 2007. wysłane do *SIAM J. Discrete Math.*
- [3] R. Cole, Ł. Kowalik. New linear-time algorithms for edge-coloring planar graphs. [Przyjęte do druku w:] *Algorithmica*, 2007.
- [4] R. Cole, Ł. Kowalik, R. Škrekovski. A generalization of kotzig's theorem and its application. *SIAM J. Disc. Math.*, 21(1):93–106, 2007.
- [5] Ł. Kowalik. Approximation scheme for lowest outdegree orientation and graph density measures. *Proc. 17th Int. Symp. Algorithms and Computation (ISAAC 2006)*, wolumen 4288 serii *Lecture Notes in Computer Science*, strony 557–566. Springer-Verlag, 2006.
- [6] Ł. Kowalik. Improved edge coloring with three colors. F. Fomin, redaktor, *Proc. 32nd Int. Worksh. Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG 2006)*, wolumen 4271 serii *Lecture Notes in Computer Science*, strony 90–101. Springer-Verlag, 2006.
- [7] Ł. Kowalik, M. Kurowski. Oracles for bounded-length shortest paths in planar graphs. *ACM Trans. Algorithms*, 2(3):335–363, 2006.

- [8] Ł. Kowalik. *Algorytmiczne problemy ścieżkowe w grafach planarnych*. Praca doktorska, Uniwersytet Warszawski, 2005.
- [9] Ł. Kowalik. Fast 3-coloring triangle-free planar graphs. S. Albers, T. Radzik, redaktorzy, *Proc. 12th Annual European Symposium on Algorithms (ESA 2004)*, wolumen 3221 serii *Lecture Notes in Computer Science*, strony 436–447. Springer-Verlag, 2004.
- [10] Ł. Kowalik. More on light graphs in 3-connected plane graphs without triangular or quadrangular faces. Raport instytutowy 275, Institute of Informatics, Warsaw University, 2004.
- [11] Ł. Kowalik, M. Kurowski. Shortest path queries in planar graphs in constant time. *Proc. 35th Symposium on Theory of Computing*, strony 143–148. ACM, 2003.
- [12] Ł. Kowalik. Short cycles in planar graphs. H. Bodlaender, redaktor, *Proc. 29th Int. Worksh. Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG 2003)*, wolumen 2880 serii *Lecture Notes in Computer Science*, strony 284–296. Springer-Verlag, 2003.
- [13] K. Diks, Ł. Kowalik, M. Kurowski. A new 3-color criterion for planar graphs. L. Kucera, redaktor, *Proc. 28th Int. Worksh. Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG 2002)*, wolumen 2573 serii *Lecture Notes in Computer Science*, strony 138–149. Springer-Verlag, 2002.