

Warszawa, 09.12.2020

dr hab. Piotr Sankowski, prof. UW
Instytut Informatyki
Uniwersytet Warszawski
Ul. Banacha 2
02-097 Warszawa

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra Krzysztofa Nowickiego zatytułowanej
„On Spanning Trees and Small Cuts in Congested Clique and MPC”

Przedstawiona rozprawa doktorska dotyczy problemów obliczania spójności grafów w modelu Massively Parallel Computation (MPC) oraz w modelu Congested Clique. W szczególności rozważane są następujące problemy:

- problem wyznaczania drzewa rozpinającego oraz minimalnego drzewa rozpinającego,
- problem wyznaczania spójności krawędziowej grafu,
- problem znajdowania minimalnego przekroju w grafie.

Trzeba podkreślić, że badania nad powyższymi modelami obliczeń równoległych stały się w ostatnich latach bardzo istotne, bo wydaje się, że model te (w szczególności MPC) dużo lepiej opisują charakterystykę współcześnie istniejących maszyn równoległych składających się z wielu wspólnie współdziałających komputerów z których każdy ma do dyspozycji pamięć lokalną o rozmiarze większym niż stała. W tym modelu obliczeń nie rozumiemy jeszcze dokładnie złożoności wielu problemów. W szczególności okazało się już, że wiele problemów daje się w tym modelu obliczeń rozwiązać w asymptotycznie mniejszej liczbie rund niż w klasycznym modelu PRAM. Model PRAM w przeciwieństwie do MPC właśnie zakłada, że każda maszyna ma stałą lokalną pamięć.

Przejdę teraz do dokładniejszego omówienia trzech głównych wyników zawartych w tej rozprawie. Opis wyników poprzedzony jest rozdziałem pierwszym, w którym przedstawione są badane modele obliczeń, oraz zdefiniowane i omówione powyżej opisane problemy.

Rozdział drugi rozprawy dotyczy problemu obliczania minimalnego drzewa rozpinającego. Zawiera on dowód najciekawszego wyniku zawartego w tej rozprawie, a mianowicie pokazuje, że minimalne drzewo rozpinające może być obliczone w stałym równoległym czasie, tzn. w stałej liczbie rund, w modelu Congested Clique, oraz w modelu MPC przy założeniu, że każda maszyna ma pamięć $O(n)$. Trzeba zaznaczyć, że wynik ten rozwiązuje problem otwarty, który intrygował badaczy na przestrzeni ostatnich 15tu lat, tzn. czy istnieje algorytm dla minimalnego drzewa rozpinającego działający w czasie stałym. Wcześniej znany algorytm wymagał równoległego czasu $O(\log^* n)$. Dla przykładu o znaczeniu tego wyniku może świadczyć zaproszenie autora na konferencje Highlights of Algorithms w 2018 roku.

W kolejnym rozdziale tej rozprawy, tzn. rozdziale 3, zaprezentowana jest nowa technika losowych kontrakcji, która użyta jest do skonstruowania algorytmów obliczania spójności krawędziowej grafu, tzn. problemu wyznania minimalnego przekroju w grafie nieważonym. Technika ta pozwoliła autorowi otrzymać algorytmy obliczające minimalny przekrój w $O(1)$ rundach w modelu MPC oraz Congested Clique. Warto zaznaczyć, że technika ta zadziałała jednocześnie w obydwu modelach obliczeń dzięki swojej prostocie.

Rozdział 4 poświęcony jest natomiast problemowi wyznaczania minimalnego przekroju w grafie w modelu MPC. Czyli uogólnieniu na grafy ważne problemu rozważanego w rozdziale 3. Przedstawiony jest $O(1)$ -rundowy algorytm dla maszyn z prawie liniową lokalną pamięcią, oraz $O(\log n \cdot \log \log n)$ rundowy algorytm znajdujący $(2+\epsilon)$ -aproxymacyjne rozwiązanie gdy lokalna pamięć jest podliniowa. Obydwa algorytmy są

zbudowane na technice losowych kontrakcji stworzonych przez Kargera. Głównym wkładem doktoratu jest dostosowanie tych technik do modelu MPC tak aby działały w małej złożoności.

Ostatni piąty rozdział rozprawy opisuje inne zastosowania przedstawionych technik. W szczególności pokazuje on:

- jak obliczyć drzewo rozpinające w modelu Broadcast Congested Clique w złożoności $O(\log n / \log \log n)$,
- jak znaleźć minimalny przekroju w grafie w sekwencyjnym czasie $O(m \log n)$ oraz $O(m + n \log^2 n)$.

Obydwa te wyniki poprawiają złożoności wcześniej znanych algorytmów.

Ogólnie przedstawiona rozprawa jest bardzo dobrze napisana i przedstawia w bardzo zrozumiały sposób prezentowane algorytmy. Zawiera ona co prawda tylko drobne błędy składu tekstu, tzn. w niektórych miejscach brakuje spacji. Jednakże pewnym nieporządek można odnaleźć we wstępie do doktoratu. Dla przykładu, moim zdaniem nie można odnaleźć w nim stwierdzenia jakie były wcześniej znane algorytmy dla Broadcast Congested Clique. Prawdopodobnie bardziej spójne byłoby przedstawienie poprzednio znanych rezultatów w odniesieniu do każdego nowego wyniku prezentowanego w rozprawie, a nie najpierw wymienienie wyników odnoszących się do każdego problemu w każdym modelu obliczeń. Jednakże zarzut ten nie podważa jakości wyników prezentowanych w rozprawie.

Podsumowanie

Recenzowana rozprawa niewątpliwie zasługuje na miano rozprawy doktorskiej w dziedzinie nauk matematycznych w zakresie informatyki. Wyniki osiągnięte przez mgra Krzysztofa Nowickiego w rozprawie są imponujące – dla kilku ważnych i podstawowych problemów grafowych w równoległym modelu obliczeń pokazane zostały szybsze niż wcześniej znane algorytmy. Chciałbym podkreślić, że bardzo duża zaletą doktoratu jest to, że jego tematyka należy do bardzo ciekawej i w ostatnich latach intensywnie rozwijanej dziedziny algorytmiki, która ciekawi wielu badaczy na świecie. Wynika to z faktu, że badane modele obliczeń odpowiadają stosowanym praktycznie systemom. Co więcej, rozprawa doktorska stoi na bardzo wysokim poziomie technicznym, tzn. zawiera bardzo wiele nowych i ciekawych technik algorytmicznych. Rozprawa jest dobrze napisana i przedstawia wyniki w jasny i zrozumiały sposób. Czytanie jej i zapoznawanie się z zawartymi w niej wynikami było dla mnie wielką przyjemnością. **Rozprawę uważam za wybitną i wnioskuję o jej wyróżnienie. Podsumowując stwierdzam także, że autor zasługuje na dopuszczenie go do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Sorliorlu