

Wrocław, 18 października 2017 r.

dr hab. Jarosław Byrka  
Instytut Informatyki  
Wydział Matematyki i Informatyki  
Uniwersytet Wrocławski

**Recenzja rozprawy doktorskiej**  
**„Lower bounds under strong complexity assumptions”**  
**magistra Arkadiusza Socały**

Rozprawa poświęcona jest tematyce dowodzenia trudności badanych problemów obliczeniowych poprzez redukcje z problemów powszechnie uważanych za trudne. W szczególności wykorzystywane są postulowane trudności problemów  $k$ -CNF-SAT (Strong Exponential Time Hypothesis), All Pairs Shortest Paths, oraz 3SUM. Konstruowane redukcje dowodzą dolnych ograniczeń na czas działania algorytmów rozwiązujących badane problemy przy założeniu istnienia odpowiednich dolnych ograniczeń dla powyższych trzech problemów.

Uzyskane wyniki wpisują się w obecnie intensywnie rozwijany nurt badawczy określany angielską nazwą Fine-Grained Complexity, w ramach którego usiłuje się możliwie precyzyjnie ustalić ilość czasu potrzebną do realizacji popularnych zadań w podstawowym modelu obliczeniowym. Techniki używane w ramach opisanych badań częściowo wywodzą się z badań związanych z FPT (Fixed Parameter Tractability), dziedziną w której grupa badaczy z Uniwersytetu Warszawskiego stanowi jeden z najmocniejszych zespołów na świecie.

Jestem pod dużym wrażeniem staranności z jaką rozprawa została przygotowana. Pomimo iż większość prezentowanych wyników wymaga konstrukcji dość skomplikowanych instancji badanych problemów, argumenty wydają się być czytelne, a użyte w nich oznaczenia dobrze dobrane. Doceniam również redakcję pierwszych dwóch rozdziałów rozprawy, które mogą stanowić skuteczne wprowadzenie dla osób mniej doświadczonych w dowodzeniu dolnych ograniczeń na złożoność obliczeniową problemów kombinatorycznych.

Największą naukową wartość dostrzegam w pierwszych dwóch prezentowanych wynikach, t.j. dla problemów Channel Assignment oraz Subgraph Isomorphism.

Problem Channel Assignment jest naturalnym uogólnieniem standardowego problemu kolorowania grafów. Uzyskany wynik pozwala rozróżnić te dwa problemy pod względem złożoności obliczeniowej. Pokazano, że nie istnieje algorytm działający w czasie  $O(c^n)$ , podczas gdy dla kolorowania jest znany algorytm działający w czasie  $O^*(2^n)$ .

Subgraph Isomorphism to problem odpowiedzi na pytanie czy zadany graf jest izomorficzny z jakimś podgrafem innego grafu. Jest to uogólnienie większości popularnych problemów z klasy NP, takich jak 3-kolorowanie grafu czy znajdowanie cyklu Hamiltona. Badano wiele naturalnych podproblemów i pokazano dla nich istnienie algorytmów o czasie działania  $O(c^n)$ , a istnienie takiego algorytmu dla Subgraph Isomorphism pozostało naturalnym otwartym problemem. Wynikiem prezentowanym w rozprawie jest dowód, że taki algorytm nie istnieje przy założeniu ETH.

Pozostałe cztery badane zagadnienia, t.j. Rainbow Coloring, Low-Degree Monomial Testing, Minmax Approval Voting, oraz 4-opt detection for TSP również uważam za istotne. Pomimo że uzystane tam dolne ograniczenia na trudność problemów same w sobie nie wydają mi się przełomowe, stanowią one ważny element badań nad zagadnieniami rozpatrywanymi w najlepszych ośrodkach na świecie. Pewne zróżnicowanie metod użytych do konstrukcji ograniczeń dla poszczególnych problemów świadczy o szerokim wachlażu technik opanowanych przez autora.

Wyniki badań zostały opublikowane na konferencjach SODA, AAAI, i 3 x ESA, oraz w Journal of the ACM. W moim odczuciu wyniki negatywne, a takim jest poświęcona ta rozprawa, są dość trudne w publikacji na czołowych konferencjach algorytmicznych, tym bardziej warto docenić te publikacje.

### **Konkluzja**

Przedstawiona rozprawa doktorska i dorobek naukowy magistra Arkadiusza Socałę spełniają, an nawet przewyższają, wymagania określone w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*. Wnioskuje o dopuszczenie magistra Arkadiusza Socałę do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wysoko oceniam wartość naukową uzyskanych wyników a szczególnie wysoko redakcję samej rozprawy. W związku z tym wnioskuje aby komisja rozważyła wyróżnienie rozprawy doktorskiej Arkadiusza Socały.

*Jarostaw Byrka*