

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym dra Bartłomiej Boska

Dr Bartłomiej Bosek jest adiunktem na Wydziale Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. W roku 2019 dr Bosek złożył wniosek o przeprowadzenie na ww. Wydziale postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk matematycznych, w dyscyplinie informatyka. Podstawą postępowania jest osiągnięcie naukowe zatytułowane „Algorytmy dla częściowych porządków oraz gier na grafach – kolorowanie i skojarzenia”.

1. Ocena osiągnięcia naukowego

Oceniane osiągnięcie dotyczy dwóch fundamentalnych problemów algorytmicznej teorii grafów – kolorowania grafów i znajdowania najliczniejszych skojarzeń. Problemy te od dziesięcioleci przyciągają uwagę badaczy ze względu na ich praktyczne pochodzenie, jak też trudności obliczeniowe, które nadal nie są do końca dobrze poznane i zrozumiane. Dodatkowym walorem badanej przez wnioskodawcę problematyki jest z jednej strony prostota i naturalność wyzwań badawczych, a z drugiej to, że osiągnięcie interesujących wyników wymaga pomysłowości i wykorzystania zaawansowanych technicznie metod z analizy kombinatorycznej i algorytmiki.

Na oceniane osiągnięcie składa się 9 współautorskich prac opublikowanych w recenzowanych, liczących się w środowisku międzynarodowym wydawnictwach. Choć wszystkie zgłoszone prace są współautorskie, to z załączonych oświadczeń współautorów oraz z autoreferatu autora wniosku wynika, że odegrał on w powstaniu tych prac niepoślednią rolę. Co więcej, wśród współautorów dra Boska znajdziemy tak renomowanych badaczy w obszarach kombinatoryki i algorytmicznej teorii grafów, jak profesorowie: Stefan Felsner, Jarosław Grytczuk, Henry Kierstead, Piotr Sankowski, co tylko dobrze świadczy o istotności podjętej tematyki badawczej oraz jakości badań prowadzonych przez dra Boska.

Osiągnięcie wskazane przez autora wniosku zostało podzielone na trzy części, każda składająca się z trzech prac.

1.1. Kolorowanie grafów i zbiorów częściowo uporządkowanych

Ta część dotyczy „klasycznego” kolorowania, którego celem jest minimalizowanie liczby użytych kolorów. W pracy

KD

A1: Marcin Anholcer, Bartłomiej Bosek, Jarosław Grytczuk, *Majority Choosability of Digraphs*, Electronic Journal of Combinatorics, 24 (3), P3.57, 2017

autorzy zajmują się problemem *kolorowania większościowego* grafów skierowanych. W tym kolorowaniu wierzchołki grafu należy pokolorować w taki sposób, żeby dla każdego wierzchołka v , co najwyżej połowa wierzchołków, do których prowadzą krawędzie z v , otrzymała ten sam kolor co v . Wiadomo, że każdy graf skierowany jest większościowo 4-kolorowalny (4 kolory wystarczają do większościowego pokolorowania). W pracy A1 autorzy wzmacniają nietrywialnie ten wynik dowodząc, że większościowe kolorowanie jest możliwe nawet wtedy, jeśli każdemu z wierzchołków zadamy dowolną listę 4 kolorów, z których można wybierać kolor dla tego wierzchołka. Problemem otwartym pozostaje, czy możliwe jest większościowe kolorowanie 3 kolorami. Autorzy pracy A1 zbliżają nas do potwierdzenia tej hipotezy dowodząc, że możliwe jest kolorowanie z list 3-elementowych, gdy pozwolimy, żeby co najwyżej $2/3$ sąsiadów, do których prowadzą krawędzie z v , miało ten sam kolor.

Praca

A2: Bartłomiej Bosek, Sebastian Czerwiński, Jarosław Grytczuk, Paweł Rzażewski, *Harmonious coloring of uniform hypergraphs*, Applicable Analysis and Discrete Mathematics, 10 (1), 73-87, 2016

dotyczy naturalnego uogólnienia harmonijnego kolorowania grafów na hipergrafy. Główny wynik tej pracy to nietrywialne (asymptotycznie optymalne) ograniczenie górne na liczbę harmonijną (minimalna liczba kolorów niezbędnych do prawidłowego pokolorowania) dla k -jednorodnych hipergrafów o ograniczonym maksymalnym stopniu. Dla uzyskania tego wyniku zastosowano zaawansowaną metodę „kompresji entropii”.

W pracy

A3: Bartłomiej Bosek, Stefan Felsner, Kolja Knauer, Grzegorz Matecki, *On the Duality of Semiantichains and Unichain Coverings*, Order 33 (1), 29-38, 2016

autorzy zajęli się ponad 30-letnią hipotezą postawioną przez Saksę i Westa a dotyczącą występowania relacji minimaksowej między maksymalnym semi-antyłańcuchem, a minimalnym pokryciem uni-łańcuchowym w dowolnym iloczynie kartezyjskim dwóch posetów. Dowiedziono, że w ogólności relacja minimaksowa nie jest spełniona. Z drugiej strony podano warunki jakie muszą spełniać posety, żeby relacja minimaksowa zachodziła oraz zidentyfikowano kilka nowych rodzin, dla których hipoteza jest prawdziwa.

Prace omówione w tej części pokazały, że wnioskodawca z sukcesem atakuje otwarte problemy z obszaru kolorowania posługując się przy tym zaawansowanymi metodami analizy kombinatorycznej.

1.2. Kolorowanie online zbiorów częściowych uporządkowanych

Ta część dotyczy się analizy jakości algorytmów online pokrywania łańcuchami zbiorów częściowo uporządkowanych. Odpowiada to kolorowaniu online grafów nieporównalności. Oczywiście celem jest minimalizacja liczby łańcuchów. Wnioskodawca, wraz ze

100

współautorami, osiągnął wyniki, które w ostatnich latach należą do jednych z najważniejszych w tej tematyce.

W pracy

B1: Bartłomiej Bosek, Tomasz Krawczyk, Grzegorz Matecki, *First-Fit Coloring of Incomparability Graphs*, SIAM Journal on Discrete Mathematics, 27 (1), 126-140, 2013

autorzy badają najbardziej naturalny algorytm kolorowania on-line – algorytm first-fit. Charakteryzują w pełni klasy posetów, dla których liczba użytych kolorów (łańcuchów pokrywających poset) jest funkcją szerokości posetu.

Można pokazać, że w ogólności algorytm first-fit zachowuje się bardzo źle – ograniczenie na szerokość posetu nie gwarantuje pokrycia on-line na ograniczoną liczbę łańcuchów. Kierstead pokazał jednak, że istnieje algorytm on-line, którym pozwala ograniczyć wykładniczo pokrycie on-line łańcuchami w zależności od szerokości. Prace

B2: Bartłomiej Bosek, Tomasz Krawczyk, *A subexponential upper bound for the on-line partitioning problem*, Combinatorica, 35, 1-38, 2015

oraz

B3: Bartłomiej Bosek, Henry Kierstead, Tomasz Krawczyk, Grzegorz Matecki, Matthew Smith, *An Easy Subexponential Bound for Online Chain Partitioning*, Electronic Journal of Combinatorics, 25 (2), P2.28, 2018

dokumentują postępy w poszukiwaniu algorytmu pokrycia on-line w kierunku znalezienia pokrycia posetu, w którym liczba łańcuchów będzie wielomianowo zależała od szerokości tego posetu. Uzyskano wyniki podwykładnicze, a dalsze prace autora wskazują, że pokrycie wielomianowe jest już bliskie. O wadze i jakości prac w tej części świadczy chociażby to, że wstępna wersja pracy B2 ukazała się w sprawozdaniach z jednej z najważniejszych konferencji informatycznych, jaką bez wątpienia jest IEEE Symposium of Foundations of Computer Science (FOCS).

1.3. Dynamiczne skojarzenia

Z subiektywnego, recenzenckiego punktu widzenia najciekawsza jest część trzecia. Dotyczy ono problemu obliczania najliczniejszego skojarzenia w grafach dwudzielnych. Problem obliczania najliczniejszego skojarzenia jest jednym z najważniejszych i najczęściej badanych w algorytmicznej teorii grafów. Jego badania przyczyniły się do odkrycia nowych metod projektowania i analizowania algorytmów grafowych. Każdy ciekawy wynik w tej dziedzinie jest wydarzeniem w świecie algorytmicznym. Do takich wydarzeń należy zaliczyć wyniki otrzymane przez dra Boska i współpracowników przedstawione w pracach:

C1: Bartłomiej Bosek, Dariusz Leniowski, Piotr Sankowski, Anna Zych, *Online bipartite matching in offline time*, 55th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS 2014), 384-393, IEEE Computer Society, 2014

117

C2: Bartłomiej Bosek, Dariusz Leniowski, Piotr Sankowski, Anna Zych-Pawlewicz, *Shortest Augmenting Paths for Online Matchings on Trees*, Theory of Computing Systems, 62 (2), 337-348, 2018

C3: Bartłomiej Bosek, Dariusz Leniowski, Piotr Sankowski, Anna Zych-Pawlewicz, *A Tight Bound for Shortest Augmenting Paths on Trees*, 13th Latin American Theoretical Informatics Symposium (Latin 2018), LATIN 2018: Theoretical Informatics, 10870, 201-216, Springer, 2018

W swoich pracach autorzy zajmują się utrzymywaniem najliczniejszego skojarzenia w grafie dwudzielnym, który podawany jest on-line. Po otrzymaniu każdego nowego wierzchołka (klienta) wraz z informacją o jego sąsiadach w grafie (serwerach), znajdowana jest ścieżka rozszerzająca w grafie o początku w dodanym wierzchołku, w cel powiększenia aktualnego skojarzenia. Proces dodawania nowego klienta należy tak zorganizować, żeby łączna liczba zmian serwerów przypisanych klientom była jak najmniejsza. Ograniczenie dolne na liczbę zmian jest rzędu $n \log n$. Trywialne ograniczenie górne, to n^2 . W pracy C1, najważniejszej z trzech, autorzy dowodzą górnego ograniczenia rzędu $n^{3/2}$. Dla mnie dużo ciekawsza jest implementacja zaproponowanego algorytmu w czasie $mn^{1/2}$. Jest to czas najlepszego znanego algorytmu off-line! Należy podkreślić, że praca ta została zaprezentowana na prestiżowej konferencji FOCS. Prace C2 i C3 odnoszą się do drzew i ilustrują zmagania autorów w dążeniu do zbliżenia się do dolnej granicy $n \log n$ zmian serwerów. W C2 dpokazano ograniczenie górne $n \log^2 n$, a w C3 osiągnięto optymalne ograniczenie $n \log n$.

Podsumowując: przedstawione wyniki badań składające się na osiągnięcie naukowe wnioskodawcy są znaczące i mogłyby być podstawą awansu naukowego w każdej dobrej uczelni w świecie.

2. Ocena pozostałego dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego.

Dr Bartłomiej Bosek jest aktywnym badaczem w obszarze teorii grafów i kombinatoryki. Badane problemy, albo bezpośrednio znajdują zastosowanie w informatyce, albo informatyka jest ich źródłem. Baza DBLP informatycznych prac naukowych odnotowuje 19 prac dra Boska w czasopismach o randze międzynarodowej. Znajdziemy wśród nich czołowe dla obszaru badań wnioskodawcy: Order, Discrete Mathematics, Combinatorica. Wnioskodawca ma niewiele prac konferencyjnych, które to w informatyce są podstawową wymianą myśli naukowej. Należy jednak wskazać dwie prezentacje na jednej z najlepszych w świecie konferencji informatycznych – FOCS. Za swoje osiągnięcia naukowe dr Bartłomiej Bosek został wyróżniony w roku 2010 nagrodą „Open Mind” dla najlepszego polskiego, młodego kombinatoryka. O jakości prowadzonych przez niego badań świadczą też między innymi grant Sonata z NCN oraz liczne wystąpienia autora w kraju i zagranicą. Dr Bosek odbył też kilka krótkoterminowych staży w dobrych ośrodkach zagranicznych. Kilka razy został poproszony o

zrecenzowanie publikacji zgłoszonych do ważnych, międzynarodowych konferencji lub czasopism.

Dr Bartłomiej Bosek występuje jako promotor pomocniczy w trzech przewodach doktorskich. Wypromował 4 licencjatów i 4 magistrów.

3. Podsumowanie

Dr Bartłomiej Bosek jest niewątpliwie jednym z najlepszych, młodych polskich kombinatoryków, którego badania mają swoje źródło w informatyce lub znajdują bezpośrednie zastosowanie w informatyce. W swoich badaniach atakuje problemy, które żywo interesują międzynarodową społeczność naukową z obszarów kombinatoryki, teorii grafów i algorytmiki. Osiągnięcie naukowe przedstawione przez wnioskodawcę oceniam niezwykle wysoko. Zawarte w nim wyniki świadczą, że dr Bartłomiej Bosek osiągnął poziom samodzielnego pracownika naukowego. Osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne dra Boska nie są już tak spektakularne, ale świadczą o jego możliwościach w tym zakresie.

Podsumowując, gorąco rekomenduję nadanie wnioskodawcy stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk matematycznych w dyscyplinie informatyka (przy nowych rozwiązaniach prawnych w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie informatyka).

K. Witek