

## Recenzja dorobku naukowego w postępowaniu habilitacyjnym doktora Bartosza Walczaka

Doktor Bartosz Walczak w postępowaniu habilitacyjnym jako osiągnięcie naukowe przedłożył zestaw pięciu prac, któremu nadal tytuł *Ograniczenia w problemach kolorowania grafów i wymiaru porządków*. Dla wygody, choć nie wiem, czy zgodnie z przyjętymi zwyczajami, będę ten zestaw nazywać rozprawą. W jej skład wchodzi następujące prace:

A1 Tomasz Krawczyk, Bartosz Walczak, *On-line approach to off-line coloring problems on graphs with geometric representations*, Combinatorica, praca w druku, 41 stron, DOI: 10.1007/s00493-016-3414-x.

Wersja konferencyjna:

Tomasz Krawczyk, Bartosz Walczak, *Coloring relatives of interval overlap graphs via on-line games*, 41st International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP 2014), Part I, Lecture Notes in Computer Science 8572, 738–750, Springer, 2014.

A2 Alexandre Rok, Bartosz Walczak, *Outerstring graphs are  $\chi$ -bounded*, 30th Annual Symposium on Computational Geometry (SoCG 2014), 136–143, ACM, 2014.

A3 János Pach, Bartosz Walczak, *Decomposition of multiple packings with subquadratic union complexity*, Combinatorics, Probability and Computing 25 (1), 145–153, 2016.

A4 Bartosz Walczak, *Triangle-free geometric intersection graphs with no large independent sets*, Discrete and Computational Geometry 53 (1), 221–225, 2015.

A5 Bartosz Walczak, *Minors and dimension*, Journal of Combinatorial Theory, Series B 122, 668–689, 2017.

Wersja konferencyjna:

Bartosz Walczak, *Minors and dimension*, 26th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA 2015), 1698–1707, SIAM, 2015.

Należy zauważyć, że wszystkie te prace zostały opublikowane w sprawozdaniach bardzo dobrych konferencji (SODA i SoCG mają najwyższą kategorię w klasyfikacji CORE, a ICALP - kategorię A) lub w co najmniej dobrych czasopismach (wszystkie są oczywiście na liście ministerialnej, co jednak nie stanowi podstawy dla mojej oceny ich jakości).

Bardzo rzetelną prezentację swoich wyników, obejmującą także ich kontekst, doktor Walczak zawarł w doskonale napisanym Autoreferacie. Pozwolę więc sobie na tylko bardzo skrótowy ich opis i ocenę.

Cztery pierwsze prace dotyczą problemów kolorowania grafów reprezentowanych geometrycznie, tematyki, która została zapoczątkowana w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku, a rozwijana jest od lat osiemdziesiątych, w tym w ostatnich latach bardzo intensywnie. Główne cele, jakie stawia sobie autor to zbadanie ograniczeń, zarówno górnych jak i dolnych, na liczbę chromatyczną tych klas grafów.

W pracy A1 podano górne i dolne ograniczenia na liczbę chromatyczną szeregu klas grafów reprezentowanych przez przecięcia bądź nachodzenia na siebie prostokątów, poddrzew czy też włókien przedziałowych. Wszystkie wyniki otrzymano przez zastosowanie pomysłowej i bardzo elegackiej techniki, opartej na dwuobowych grach online. Technika ta została wcześniej podana w pracy, która nie wchodzi w skład rozprawy, ale której doktor Walczak jest współautorem. W pracy A1 sformalizowano i uogólniono tę technikę, co stanowi dodatkową, a kto wie, czy nie najważniejszą wartość tej pracy. Należy podkreślić, że podane w pracy twierdzenia nie są prostym zastosowaniem tej techniki - ich dowody wymagały sporo inwencji, umiejętności algorytmicznych i sprawności technicznej.

Praca A2 dotyczy grafów reprezentowanych przez przecięcia tzw. krzywych uziemionych i stanowi pewne domknięcie niemal trzydziestu lat badań nad ograniczeniami liczby chromatycznej tych grafów. Pokazano, że klasa ta jest  $\chi$ -ograniczona, co oznacza, że liczba chromatyczna jest ograniczona przez stałą zależną jedynie od liczby klikowej (a niezależną od liczby wierzchołków). Wcześniej pokazywano, że tę własność mają pewne podklasy tych grafów. Dowód tego twierdzenia jest wysoce nietrywialny.

W pracy A3 udowodniono uogólnienie wyniku Pacha dotyczącego rodzin tak zwanych grubych figur wypukłych na płaszczyźnie, stanowiących wielokrotne upakowanie. Pach pokazał, że grafy przecięć takiej rodziny zawierają wierzchołek o stopniu ograniczonym tylko przez krotność upakowania. W A3 rozszerzono ten wynik na rodziny zwartych i łukowo spójnych zbiorów na płaszczyźnie o małej złożoności, mierzonej liczbą dziur w ich sumie. W tym przypadku graf przecięć takiej rodziny zawiera wierzchołek o stopniu ograniczonym przez stałą zależną jedynie od krotności upakowania i liczby dziur. Istnienie takiego wierzchołka implikuje  $\chi$ -ograniczoność tej klasy grafów przecięć.

W pracy A4 pokazano, że, wbrew powszechnemu przekonaniu, istnieją wolne od trójkątów grafy przecięć odcinków na płaszczyźnie, w których każdy niezależny zbiór wierzchołków zawiera mniej niż stałą ich frakcję (czyli, w języku kolorowania: do kolorowania takich grafów trzeba użyć wielu kolorów, ponieważ jednym kolorem nie można pomalować zbyt wielu wierzchołków). To jest częściową odpowiedzią na pytanie zadane przez Foxa i Pacha. W dowodzie tego twierdzenia zmodyfikowano konstrukcję z wcześniejszej pracy, której pan Walczak był współautorem.

Praca A5 dotyczy posetów o ograniczonym wymiarze. W ostatnich kilku latach podjęto wiele badań w celu scharakteryzowania tej klasy posetów, a w tym określenia jak najogólniejszych warunków implikujących ograniczoną wymiaru. W szczególności otrzymano wiele takich warunków zdefiniowanych w terminach strukturalnych własności grafów pokryw, takich jak planarność, szerokość drzewowa czy szerokość ścieżkowa. W tej pracy Bartosz Walczak udowodnił wynik znacznie rozszerzający wszystkie wcześniej uzyskane. Pokazał, że ograniczony wymiar mają wszystkie posety o ograniczonej

wysokości, których grafy pokryć nie zawierają jakiegoś ustalonego grafu jako minoru topologicznego. Mimo, że wcześniej stawiano hipotezę o tym, że podobne zawieranie może być prawdziwe, to jednak wynik pana Walczaka był dużym zaskoczeniem i, w moim przekonaniu, dokonał pewnego przełomu w badaniach. Dowód podany w A5 jest trudny i prawdziwie piękny. Mojego podziwu i uznania nie umniejsza fakt, że wkrótce po opublikowaniu tej pracy inni autorzy podali znacznie prostszy dowód a także pewne rozszerzenie tego wyniku.

**Ocena pozostałego dorobku naukowego.** W dorobku naukowym doktora Walczaka, poza pracami zawartymi w rozprawie, znajduje się kilkanaście prac. Część z nich dotyczy tematyki rozprawy. Są tam zarówno prace, które powstały przed pracami z rozprawy i zawierają wyniki, które stanowiły punkt wyjściowy dla wyników z rozprawy, jak i późniejsze prace, zawierające rozwinięcie tych wyników czy też odpowiedzi na pytania stawiane w rozprawie. Pozostałe prace dotyczą głównie szeroko pojętej teorii grafów i geometrii obliczeniowej. Liczba prac może nie jest imponująca, ale jest w zupełności satysfakcjonująca, a uwzględniając zawartość prac oraz fakt, że powstały w stosunkowo krótkim okresie czasu, dorobek należy uznać za bardzo solidny. Większość prac opublikowana została w bardzo porządnym czasopiśmie (m.in. Journal of Combinatorial Theory, Series B; Discrete and Computational Geometry; Computational Geometry: Theory and Applications; Journal of Graph Theory; Combinatorica; Discrete Mathematics) bądź sprawozdaniach dobrych konferencji (m.in. ESA, Symp. on Comp. Geometry). Wszystkie zawierają niebanalne wyniki i wnoszą istotny wkład w rozwój nauki.

Nie będę szerzej odnosił się do wskaźników typu liczba cytowań, ponieważ często dają one zafałszowany obraz i są błędnie interpretowane. Doktor Walczak współpracuje z wieloma naukowcami (baza DBLP wykazuje 22 współautorów jego prac). Najintensywniej współpracuje, co jest naturalne, z bardzo mocną w tej tematyce, grupą z Uniwersytetu Jagiellońskiego, ale spektrum współpracowników jest szerokie (od Alexandre Roka, który był jego magistrantem, po takich luminarzy nauki jak William T. Trotter czy Janos Pach). Badania doktora Walczaka dotyczą fundamentalnych problemów matematyki dyskretnej i informatyki. Wnoszą wiedzę, której znaczenie wykracza poza tematykę jego badań i które będzie mogło być ocenione dopiero po latach. W szczególności jestem mocno przekonany, że badania doktora Walczaka będą miały istotny wpływ na rozwój tej działy algorytmiki, która dla obliczeniowo trudnych (w ogólnym przypadku) problemów grafowych próbuje tworzyć wielomianowe algorytmy dla jak najszerszych klas grafów.

**Konkluzja.** Przedłożoną do recenzji rozprawę doktora Walczaka uważam za bardzo ciekawą i na bardzo wysokim poziomie naukowym, a wkład doktora Walczaka w powstanie prac, które złożyły się na nią – za bezdyskusyjny. Doktor Walczak prowadzi ważne badania, uczestniczy w międzynarodowym współzawodnictwie naukowym a jego prace wiele wnoszą do tego współzawodnictwa. Rozwiązują problemy stawiane przez innych, rozszerzają znane wyniki a także wytyczają nowe kierunki badań.

Nie mam żadnych wątpliwości, że zarówno rozprawa habilitacyjna, jak i cały dorobek naukowy doktora Bartosza Walczaka spełniają wymagania stawiane przy staraniach o

stopień doktora habilitowanego nauk matematycznych w dyscyplinie informatyka.

*Krzysztof Loryś*