Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym Dra Adama Woryny

A. Informacje ogólne. Dr Woryna jest w autorem 21 prac opublikowanych w czasopismach recenzowanych przez Mathematical Reviews, w tym 17 w czasopismach objętych przez Journal Citation Reports. Wśród tych ostatnich są wszystkie prace wchodzące w zakres rozprawy; ukazały się one w wymagających pismach o dobrej renomie. Rozprawa (czy inaczej: osiągnięcie wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r.) składa się z następujących samodzielnych prac, opublikowanych w latach 2011-2016 (kopiuję z Autoreferatu):

[H1] The rank and generating set for iterated wreath products of cyclic groups, Communications in Algebra, 39 (7) (2011), 2622–2631; IF 0.347,

[H2] The rank and generating set for inverse limits of wreath products of Abelian groups, Archiv der Mathematik, 99 (6) (2012), 557–565; IF 0.376,

[H3] The topological decomposition of inverse limits of iterated wreath products of finite Abelian groups, Forum Mathematicum, 25 (6) (2013), 1263-–1290; IF 0.733,

[H4] The automaton realization of iterated wreath products of cyclic groups,Communications in Algebra, 42 (3) (2014), 1354–1361; IF 0.388,

[H5] On the automaton complexity of wreath powers of non-abelian finite simple groups, Journal of Algebra, 405 (2014), 232–242; IF 0.599,

[H6] On some universal construction of minimal topological generating sets for inverse limits of iterated wreath products of non-Abelian finite simple groups, Journal of Algebraic Combinatorics, 42 (2) (2015), 365-–390; IF 0.874,

[H7] The Characterization by Automata of Certain Profinite Groups, Journal of Pure and Applied Algebra, 219 (5) (2015), 1564–1591; IF 0.669,

[H8] On amenability of groups generated by homogeneous automorphisms and their cracks, Forum Mathematicum, 28 (6) (2016), 1205–1213; IF 0.755.

Prace te składają się na jednolity cykl publikacji pod tytułem „Automaty przetworniki a topologiczne generowanie splotów grup", który dobrze oddaje jej tematykę. (Wchodzi ona w „Mathematical Reviews" w zakres słow kluczowych 20E22, 20B27, 20F05, 20E08 czy bliskich im, a więc obejmujący w teorii grup: rozszerzenia, sploty, nieskończone automorfizmy, generatory, relacje i prezentacje, a też działania na drzewach.)

B. Najważniejsze wyniki rozprawy habilitacyjnej.

W rozprawie dra Woryny badane są nieskończone iloczyny splotowe grup w oparciu o własności grup automorfizmów drzew słów, generowanych przez automaty–przetworniki (ang. „transducers"). Nieskończone iloczyny splotowe grup definiowane są następująco. Gdy grupy G i H działają (prawostronnie) na zbiorach X i Y, odpowiednio, to przy G^Y oznaczającym grupę przekształceń z Y w G, można określić „splot permutacyjny" $G \wr_Y H$, którym jest iloczyn półprosty $G^Y \rtimes H$ względem działania H na G^Y danego formułą $(gf)(y) = f(yg)$. Grupa $G \wr_Y H$ działa na $X \times Y$, a wynikła operacja prowadząca od G i H do $G \wr_Y H$ jest łączna; można ją więc określić dla skończonego ciągu grup, działających tranzytywnie na pewnych zbiorach skończonych (założenia te przyjmuję dla uproszczenia sformułowań wyników), a przez przejście do granicy odwrotnej – także dla nieskończonego ciągu takich grup. Ponadto, gdy wszystkie grupy G_i są skończone, to otrzymana grupa $W := \lim_{\leftarrow} G_n \wr \ldots \wr G_1$ wyposażona jest w naturalną topologię. Jak pisze Habilitant, badanie takich splotów nieskończenie wielu grup zostało zapoczątkowane przez L. Kałużnina już w latach 40'tych ub.

wieku i rozwinięte przez niego i stworzoną przez niego w Kijowie szkołę, w tym W. Suszczańskiego, nauczyciela dra Woryny.

W dalszej części, przyjmuję powyższe oznaczenia, lecz na ciąg (G_i) nakładane są zmieniające się warunki. $d(W)$ oznacza „topologiczną rangę" grupy W, czyli najmniejszą liczbę jej elementów, algebraicznie generujących zbiór gęsty w W. (Dalej piszę: „generujących W topologicznie-algebraicznie".) Rozważane zagadnienia podzielę zgrubnie następująco:

1. Algebraiczne własności iloczynów splotowych przeliczalnie wielu grup abelowych ([H1,H2, H3]).

Rozszerzając rezultaty swej pracy doktorskiej, Habilitant wyznaczył w [H1] rangę $d(W)$ przy założeniu, że wszystkie grupy G_i są cykliczne (i, jak niżej, nadal skończone); otrzymana formuła to $d(W) = 1 + d(\prod_{i=2}^{\infty} G_i)$. Ponadto, w [H1] podano konstrukcję zbioru mocy $d(W)$, topologicznie-algebraicznie generującego W. W większej jednak ogólności, gdy wszystkie grupy G_i są abelowe, w pracy [H2] podano zależność $d(W) = \max\{d(\prod_{i=1}^{\infty} G_i), 1+ d(\prod_{i=2}^{\infty} G_i)\}$ i wskazano konstrukcję zbioru S, topologicznie-algebraicznie generującego W, przy tym mającego minimalną moc gdy grupa G_1 jest cykliczna. Wyniki pracy [H2] nawiązują do uzyskanych przez Lucchiniego w 1997r., gdzie jednak rozpatrywano splot tylko dwóch grup (niekoniecznie abelowych) i które nie prowadziły do wskazania zbioru generującego.

W kolejnej pracy [H3] z Forum Math., zbiór S skonstruowano tak, że jest sumą zbiorów S_1 i S_2, a grupy generowane algebraicznie przez S, S_1 i S_2 mają wiele własności, z których wymienię tylko niektóre: a) grupy $\langle S_i \rangle$, $i = 1, 2$, obie są abelowe rangi $d := d(\prod_{i=1}^{\infty} G_i)$, a $\langle S \rangle$ jest iloczynem półprostym każdej z nich i normalnego domknięcia pozostałej; b) grupa $\langle S \rangle$ jest beztorsyjna, ma trywialne centrum i nie zawiera nieabelowej grupy wolnej; c) grupa ta ma wzrost wykładniczy, a jej abelianizacja jest rangi $2d$. Konstrukcja ta ujawnia też inne własności grupy W, np. pozwala wskazać jej skończenie generowane podgrupy H_k, dla których różnica ich rangi algebraicznej i topologicznej jest równa zadanej liczbie k.

2. Iloczyny splotowe przeliczalnie wielu grup a automaty–przetworniki (prace [H4–H7]).

Podkreślić należy, że u podłoża powyższych, czysto algebraicznych rezultatów, leży technika oparta na możliwości interpretowania rozważanych splotów grup jako podgrup grup automorfizmów pewnych „sferycznie jednorodnych ukorzenionych drzew", i powiązania tych ostatnich z grupami, topologicznie-algebraicznie generowanymi przez odpowiednie „automaty–przetworniki" (co dalej skracam do „automat"). Są to automaty ogólniejsze niż typu Mealy'ego, bo nad zmiennym alfabetem. (Znaczenie użytych terminów jest dokładnie omówione w autoreferacie.) Prowadzi to do pytania, kiedy splot $W = \wr_{i=1}^{\infty} G_i$ jest generowany przez taki automat, jak ten automat wskazać, kiedy i jakie własności minimalności może on mieć, itp.

W pracy [H4] powrócono do przypadku, gdy (G_i) jest ciągiem grup cyklicznych. Udowodniono, że splot W można przedstawić jako grupę topologicznie-algebraicznie generowaną przez automat wtedy i tylko wtedy, gdy jej topologiczna ranga $d(W)$, wyznaczona w [H1], jest skończona. Gdy tak jest, jawnie wskazano żądany automat.

Praca [H5] dotyczy zaś sytuacji, gdy $G_1 = G_2 = ... := G$. Zasadnicze są dwa przypadki: gdy G jest a) grupą alternującą na $n \geq 5$ symbolach, lub b) jest nieabelową grupą doskonałą, działającą wiernie na pewnym zbiorze skończonym. Gdy zachodzi a), za wcześniejszą pracą [P4] Habilitanta z 2012r. posłużono się pewnymi specjalnymi dwoma generatorami grupy G. W oparciu o nie, skonstruowano automat nad stałym alfabetem, topologicznie-algebraicznie generujący splot W i *minimalny*, tzn. taki, że liczba jego stanów jest równa $d(W)$ – a ta wynosi 2, na podstawie ogólniejszego wyniku M. Quicka z 2004r. Konstrukcję swą Habiltant podał w [H5] nawet, gdy grupa G niekoniecznie jest alternująca, lecz ma własności uwypuklone w pracy [P4] (nie przytaczam ich, bo są dość techniczne). W autoreferacie -choć nie widzę tego w publikacji- zauważono też, że konstrukcja pozostaje w mocy, gdy każda grupa G_i jest alternująca na $n_i \geq 5$ symbolach i n_i może zależeć od i.

Natomiast w przypadku b), w [H5] podano konstrukcję automatu, który topologicznie–algebraicznie generuje W i jest *niemal minimalny*, tzn. taki, że liczba jego stanów jest równa $d(W) + 1$ i jeden ze stanów jest automorfizmem identycznościowym. Dowód sprowadzono do twierdzenia z wymienionej wcześniejszej pracy [P4], w oparciu o wyniki A. Steina oraz A. Vasileva i E. Vdovina, dotyczące grup prostych.

Gdy zadowolić się niemal minimalnością automatu, to praca [H6] przynosi postęp unifikujący przypadki a) i b). Wskazano go bowiem przy założeniu, że wszystkie grupy G_i są nieabelowe i proste; jest on nad stałym alfabetem gdy grupy są równe. Zbadano też własności grupy, generowanej przez ten automat (a więc gęstej w W): udowodniono, że nie zawiera ona podgrup nieabelowych wolnych i nie jest skończenie prezentowalna; gdy zaś grupy są równe, to jest średniowalna. Dowiedziono też innych jej własności, których nie przytaczam.

Ostatnia praca tej serii, [H7], daje już ogólny warunek konieczny i dostateczny na to, by splot W był topologicznie–algebraicznie generowany przez pewien automat: jest nim, by ciąg $(d(G_n))_n$ był ograniczony i $d(\prod_n H_n) < \infty$, gdzie H_n oznacza abelianizację grupy G_n. Zbadano też w [H7], kiedy żądany automat może mieć stały alfabet. Praca ta w istotny sposób nawiązuje do pewnej konstrukcji Bondarenki z 2010r.

3. Średniowalność pewnej podgrupy nieskończonego iloczynu splotowego ([H8]).

W [H8] powrócono do sytuacji z pracy [H3], gdy wszystkie grupy G_n są abelowe. Do własności zbiorów S, S_1, S_2, które wymieniłem przy omawianiu [H3], dołączono średniowalność grupy $\langle S \rangle$, generowanej przez S. Jest ona konsekwencją głównego wyniku pracy, odwołującego się do do pojęć i wyników technicznych prac [H2, H3, H6], dotąd przeze mnie przemilczanych. Są to pojęcia „niemal finitarności" grup autmorfizmów, „automorfizmu jednorodnego" i jego „pęknięcia" wzdłuż pewnego słowa, a też automorfizmu „ko-pierwszego", czy wprowadzonego w [H8] pojęcia „singularności słowa względem grupy automorfizmów". U podłoża przedstawionych w 1. i 2. wyników stoją w dużej mierze rezultaty techniczne, np. wynik z [H6] stwierdzający, że niemal finitarna podgrupa grupy automorfizmów drzewa X^* nie zawiera grup wolnych (nieabelowych). Obecnie (tzn. w [H8]) dowiedziono, że grupa taka jest średniowalna, a też, że gdy Γ jest średniowalną grupą jednorodnych automorfizmów drzewa X^*, a u słowem Γ–singularnym, to średniowalna jest grupa generowana przez Γ wraz ze zbiorem pęknięć jej elementów wzdłuż u. Dowody tych rezultatów, stanowiących jądro pracy [H8], są nieoczywiste i oparte m.in. na wynikach pracy Juschenko-Nekrasevych-de la Salle z Inventiones Math. z 2016r. Podobnie, dowody wcześniej streszczonych tu prac opierają się na techniczych, nie przedstawionych przeze mnie wynikach, wykorzystujących aparat pojęciowy, wprowadzony przez Habilitanta.

C. Najważniejsze wyniki pozostałego dorobku naukowego opublikowanego po doktoracie.

Większość tego dorobku poświęcona jest też badaniu automatów nad zmiennym alfabetem i ich zastosowań. Np., w pracach [P1] i [P3] przedstawiono grupy $C_\infty^n \rtimes C_2$ i grupę wolną F_2 jako generowane przez taki automat; w odróżnieniu od wyżej omówionych prac, generowanie jest algebraiczne (zbędne jest branie domknięcia; podobnie niżej). W pracy

[P4], tym razem dotyczącej automatów nad stałym alfabetem, wprowadzono pojęcie „rangi automatowej" i wyznaczono ją dla wolnych grup abelowych, podając zarazem minimalne automaty generujące takie grupy. W pracy [P5], w nawiązaniu do wcześniejszych wyników Grigorchuka i Żuka oraz Silvy i Steinberga, wprowadzono pojęcie „samopodobnego" automatu nad zmiennym alfabetem i dowiedziono, że grupy postaci $K \rtimes C_\infty$, dla skończenie generowanych abelowych grup K, mogą być realizowane przez takie automaty. W [P6], dla $n \geq 1$ opisano, które grupy mogą być generowane przez, odpowiednio, automaty nad alfabetem stałym względnie zmiennym w czasie, jeśli ma on 2 litery i n stanów. Podobny charakter ma praca [P7]: podano w niej charakteryzację grup generowanych przez 2-stanowe, birewersyjne automaty nad alfabetem binarnym stałym lub zmiennym w czasie (zależnie od tego, grup tych jest 3 lub 5, i zostały one wskazane). Dowiedziono też, że automat taki może generować grupę wolną F_2 tylko, jeśli jego alfabet jest zmienny w czasie i nieograniczony. (Pojęcia rewersyjności i birewersyjności automatów zostały wprowadzone przez O. Macedońską, W. Suszczańskiego i V. Nekrashevycha dla stałych alfabetów, zaś uogólnione na alfabety niestałe w [P7].)

W dorobku Habilitanta po doktoracie są też prace dotyczące zupełnie odmiennej problematyki, a mianowicie prawdopodobieństwa kombinatorycznego/teorii gier (praca [S2]) czy teorii kodowania (prace [S3], [S4] i nieopublokowana jeszcze praca [S5]). Z zainteresowaniem przeczytałem przyjaźnie napisany artykuł popularyzatorski [S1], zatytułowany „Liczby Stirlinga i skoki narciarskie".

D. Wrażenia z lektury; ocena rozprawy i całości dorobku naukowego.

W otrzymanej dokumentacji znajduje się też bardzo szczegółowy autoreferat. Napisany jest przystępnie i w przemyślany sposób, choć mam odnośnie niego drobną uwagę krytyczną. Dotyczy ona tego, że „generowanie" danej grupy W przez automat może być rozumiane dwojako: jako generowanie algebraiczne przez automorfizmy automatu, oraz generowanie algebraiczno–topologiczne, gdy dochodzi jeszcze domykanie, w odpowiedniej topologii, otrzymanej na tej drodze grupy (więc generowanie algebraiczne ma miejsce tylko odnośnie pewnej gęstej, nieustalonej z góry, podgrupy grupy W). To rozróżnienie jest niebagatelne, gdy chodzi o istotną treść poszczególnych wyników, a mym zdaniem nie zostało należycie w autoreferacie należycie zaznaczone, mimo tytułu rozprawy; niektóre zaś sformułowania (jak n.p. twierdzeń 5 i 6 na stronach 19 i 20) wprowadzają chyba w błąd. W pracach [H1–H8], generowanie „algebraiczno–topologiczne", nazywane przez Habilitanta „topologicznym", jest jednak uważnie odróżniane od generowania „algebraicznego" (nazywanego „generowaniem").

Prace Habilitanta, powstałe po uzyskaniu stopnia doktora, są napisane mym zdaniem przejrzyście i starannie; tworzą też cykl bardzo jednolity tematycznie. Ich główne twierdzenia mają dalece nietrywialne dowody, oparte na trudnych wynikach technicznych, które wymagały tworzenia przez Habilitanta w kolejnych pracach odpowiedniego zestawu nowych pojęć. Podoba mi się zarówno to, że końcowe wyniki są w dużej mierze wolne od tych pojęć technicznych i dają się w sposób zrozumiały wypowiedzieć, jak i to, że tworzony aparat pojęciowy pozwala Habilitantowi uzyskiwać coraz to mocniejsze wyniki, które przedtem trudno było przewidzieć.

Prace te są też dobrze osadzone we współczesnych badaniach prowadzonych przez niemałe grono matematyków, w tym wybitnych. Wspomniałem już o tym, że wiele wyników i rozumowań Habilitanta motywowanych było niedawno opublikowanymi pracami innych autorów, jak Lucchini, Quick, Grigorchuk, Żuk, Vasiliev, Vdovin, Bondarenko, Juschenko, Nekrasevych, de la Salle, Silva, Steinberg. Do nazwisk tych można dodać wiele innych; m.in. Bartholdi, P. Neumann, Brieussel, Detomi, Erchler, Gupta, Sidki, Fink są wśród autorów, których niedawne wyniki są w pracach dra Woryny bezpośrednio wykorzystywane. Choć lista obcych jego cytowań nie jest jeszcze liczna, to należy wspomnieć, że jest on cytowany w pracach takich autorów jak Juschenko+Nekrasevych+de la Salle, Bondarenko, E. Fink, Savchuk + S. Sidki, Ning Yang, czy D'Angeli+Rodaro.

E. Udział w konferencjach, dorobek dydaktyczny. Jak wynika z załączonej dokumentacji, dr Woryna brał udział w wielu konferencjach, na których przedstawiał referaty. Gdy chodzi o stosunkowo niedawne konferencje międzynarodowe, na plan pierwszy wybijają się konferencje "Groups and their actions" w Będlewie (czerwiec 2015) i "Groups and actions: geometry and dynamics" w Kijowie (grudzień 2016), oraz seminarium "Groupes et Géométrie" w Genewie (2017), na których miał wykłady zaproszone. Jego wizyta w Genewie, na zaproszenie R. Grigorchuka, pozwoliła mu też nawiązać kontakty z innymi współorganizatorami seminarium (M. Bucher-Karlsson, P. de la Harpe, A. Karlsson, T. Smirnova–Nagnibeda).

Hablitant prowadził bardzo wiele zajęć dydaktycznych na kilku Wydziałach Politechniki Śląskiej, był promotorem dyplomowych prac magisterskich i recenzentem wielu takich prac, był opiekunem studentów studiujących według indywidualnego toku studiów; przedstawiał też referaty dla Studenckiego Koła Naukowego Matematyków Politechniki Śląskiej.

Decyzją Dyrektora NCN z października 2017r., dr Woryna realizuje „Działanie Naukowe", przyznane Politechnice Śląskiej w ramach konkursu „Miniatura".

F. Konkluzja. Uważam, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe w postaci cyklu prac [H1–H8], oraz pozostały dorobek dra Adama Woryny powstały po uzyskaniu stopnia doktora, spełniają wymagania zwyczajowe i wymagania ustawy z marca 2003r. o stopniach i tytułach naukowych i uzasadniają nadanie mu stopnia naukowego doktora habilitowanego. Wnoszę też o dopuszczenie go do dalszych faz przewodu habilitacyjnego.

Warszawa, w styczniu 2019r.

Henryk Toruńczyk