Recenzja „Osiągnięcia Naukowego" i pozostałego dorobku naukowego w ramach postępowania habilitacyjnego o nadanie stopnia doktora habilitowanego doktorowi Michałowi Marcinkowskiemu.

W skład Osiągnięcia Naukowego "Kwazimorfizmy i niewłaściwe normy na grupach" przedstawionego we wniosku doktora Marcinkowskiego (zwanym później także dorobkiem habilitacyjnym lub rozprawą habilitacyjną) wchodzi sześć prac wymienionych w autoreferacie. Z tych prac jedna jest samodzielna [H4], a pozostałe współautorskie. Są one opublikowane w czasopismach, które przez matematyków uznawane są za dobre, lub bardzo dobre. Prace spotkały się już z oddźwiękiem w środowisku matematycznym pomimo faktu, że pierwsza z nich opublikowana została w roku 2016. Choć wszystkich cytowań prac Michała Marcinkowskiego jest (wg MathScinet) 39, a tych ujętych w osiągnięciu naukowym habilitacyjnej 20, to pomijając wspomniany fakt, że są to prace opublikowane w ostatnich kilku latach, dla mnie istotniejszym jest to, przez kogo i w jakich artykułach zostały one wymienione. Są to prace znanych, albo przynajmniej rozpoznawanych w skali światowej autorów, publikowane w bardzo dobrych czasopismach, a artykuły tamte są ważne choćby poprzez pryzmat ich odbioru tj. znowu ich cytowań. Numeryczne wartości ocen dorobku doktora Marcinkowskiego zawarte są w załączonym przez niego wykazie osiągnięć naukowych.

Tematyka rozprawy habilitacyjnej dotyczy geometrycznej teorii grup, a więc zarówno wykorzystania metod topologicznych w badaniu struktury algebraicznej grupy jak i badania klasy przestrzeni dla których grupa może być grupą ich przekształceń (izometrii, dyfeomorfizmów, homeomorfizmów etc.). Elementy geometrycznej teorii grup pojawiały się już w badaniach i programach naukowych drugiej połowy dziewiętnastego wieku (F. Klein, A. Cayley), a znaczący w nie wkład wnieśli m.in. M. Dehn i J. Nielsen, którzy spotkali się i współpracowali we Wrocławiu w 1920 roku – pierwszy jako profesor Uniwersytetu Wrocławskiego, a drugi Politechniki Wrocławskiej. Jednak jako wyodrębniony dział matematyki, geometryczna teoria grup, została uznana po fundamentalnych pracach M. Gromowa z lat osiemdziesiątych. Gromow wykorzystywał w nich intensywnie metrykę słów na grupie G, która pozwala rozpatrywać G jako przestrzeń metryczną. W wielu przpadkach pozwala to opisywać własności algebraiczne rozpatrywanych grup czy też wskazywać dla jakich przestrzeni topologicznych są one grupami transformacji.

Badaniom uogólnień, rozszerzeń, czy wysublimowanych modyfikacji tego pojęcia w przypadku gdy grupa G nie jest skończenie generowana poświęcone są prace wchodzące w skład dorobku habilitacyjnego. Przedstawiony autoreferat habilitanta jest bardzo dobrym wprowadzeniem do treści prac zaliczonych do dorobku habilitacyjnego i także bardzo ładną ekspozycją zarówno uzyskanych wyników jak i stosowanych technik dowodowych. Choć w omawianych pracach rozważa się różne normy zdefiniowane na abstrakcyjnie określonych grupach G, to de facto w większości badanych zagadnień występujące grupy G są podgrupami grupy $Homeo(M)$ gdzie M jest zwartą rozmaitością gładką. Na różnych klasach grup można wprowadzać różne normy, czasami określone w przypadku ogólnym jak norma słów dana przy określonym zbiorze generatorów S, czasami mające sens tylko dla wybranych klas grup (norma skreśleniowa- grupy wolne, norma w $G = \pi_1(\Sigma_g, *)$ w grupie podstawowej powierzchni zwartej genusu g, z S składającym z pętli w punkcie $*$ będących włożeniami S^1 w Σ_g, norma długości odbiciowej dla grup Coxetera, nor-

ma autonomiczna w grupie dyffeomorfizmów symplektycznych, długość komutatorowa, norma entropijna, czy inne. Bardzo z grubsza mówiąc, w cykl prac składających się na rozprawę habilitacyjną bada się zależności pomiędzy różnymi normami określonymi na różnych podgrupach $G' \subset G$. Normy na grupach mogą być sprzężeniowo niezmiennicze, $Aut(G)$-niezmiennicze, ograniczone i nieograniczone. W omawianych pracach podaje się rozstrzygnięcia czy własności te mają miejsce w dyskutowanych przypadkach. Podstawowym narzędziem technicznym jest pojęcie kwazimorfizmu $q : G \to \mathbb{R}$, czyli odwzorowania spełniającego nierówność $|q(a) + q(b) - q(ab)| \leqslant D$, $D > 0$, dla wszystkich $a, b \in G$ czy jego ujednorodnienia $\bar{q}(x) := \lim\limits_{n\to\infty} \frac{q(x^n)}{n}$.
W skrócie, używając oznaczeń z autoreferatu habilitanta:

W pracy [H1] rozważa się normę dwu-niezmienniczej czyli normę słów związaną ze zbiorem generującym składającym się ze skończonej liczby klas sprzężoności. Określa się, że normalnie skończenie generowalna grupa G spełnia warunek *bq-dychotomii* jeśli każdy $g \in G$ jest albo ograniczony w tej normie, albo wykrywany przez jednorodny kwazimorfizm. Normalnie skończenie generowalna grupa G spełnia bq-dychotomię jeśli każdy $g \in G$ jest albo ograniczony (w odniesieniu do dwu-niezmienniczej metryki słów), albo wykrywany przez jednorodny kwazimorfizm. W [H1] pokazuje się, że bq-dychotomia zachodzi dla wielu klas grup: prostokątnych grup Artina, grup Coxetera o parzystych wykładnikach, grup klas odwzorowań, grup hiperbolicznych, grup nilpotentnych i rozwiązywalnych. W tejże pracy autorzy podają algorytm obliczający normę skreśleniową (a więc i dwu-niezmienniczą jak wykazano) elementu $w \in F_k$ w czasie sześciennym od długości słowa w. To ostatnie było, niezależnie przez innych autorów, wykorzystywane w biologii obliczeniowej.

Kolejno w pracy [H2] wykazuje się, że dla grupy podstawowej powierzchni $\Sigma_g = \pi_1(S_g)$ genusu g spełnia warunek bq-dychotomię dla Aut-niezmienniczej normy słów. Ponadto jedynymi ograniczonymi elementami są nierozspójniające włożone pętle. Inne twierdzenie tej pracy mówi, że F_n spełnia warunek bq-dychotomii dla Aut-niezmiennej normy słów i ponadto jedyne ograniczone elementy są separowalne tzn. leżą w podgrupie wolnej $F < F_n$ takiej, że istnieje $F' < F_n$, że $F * F' = F_n$. Wykorzystują izomorfizm pomiędzy $Aut(F_2)$ a grupą class odwzorowań $MCG_\pm(T', *)$, nakłutego torusa, autorzy [H2] wykazali jeszcze, że przestrzeń Aut-niezmienniczych kwazimorfizmów na grupie F_2 jest nieskończenie wymiarowa.

Następnie w pracy [H4] habilitant kontynuuje badania metryk Aut-niezmienniczych na grupach. Głównym jej wynikiem jest twierdzenie mówiące, że w prawie wszystkich przypadkach produkt grafowy grup abelowych posiada nieograniczona Aut-niezmienniczą metrykę. Jego ciekawą konsekwencją jest następujący fakt „Niech W będzie prostokątną grupą Artina lub prostokątną grupą Coxetera. Aut-niezmiennicza metryka słów na W jest ograniczona wtedy i tylko wtedy, gdy $W = \mathbb{Z}^n$, $n > 1$ lub $W = D_\infty^n \times C_2^m$ ”.

Z kolei w pracy [H5] bada się kohomologie ograniczone $H_b^*(\ )$ grupy $Homeo_0(M, \mu)$ składowej identyczności grupy homeomorfizmów zupełnej, spójnej rozmaitości riemannowskiej bez brzegu i o skończonej objętości, które zachowują miarę objętości μ. Główny wynik tej pracy mówi, że w przypadku jeśli $\pi_1(M)$ rzutuje się na F_2 lub $\pi_1(M)$ jest acylindrycznie hiperboliczna z trywialnym centrum, to $H_b^3(Homeo_o(M, \mu)$ jest nieskończenie wymiarowa.

W pracy [H6] szacuje się wzrost kocyklu Gaumbado-Ghysa w grupie warkoczy powierzchni $P_n(S)$ (lub jej faktoru przez centrum $P_n(S)/Z$. Główne twierdzenie tej pracy mówi: Niech S będzie zwartą powierzchnią i niech ω będzie formą objętości. Niech $n \in \mathbb{N}$

i niech $|\cdot|$ będzie normą słów na $P_n(S)/Z$, gdzie Z jest centrum grupy $P_n(S)$ lub grupą trywialną, jeśli $S = D_2$ jest dyskiem z brzegiem). Wówczas istnieją $A > 0$ i $B > 0$ takie, że dla każdego $f \in Diff_o(S, \omega)$ mamy

$$\int_{C_n(S)} |\gamma(f, x)| d\omega^n(x) \leqslant Al_1(f) + B\,.$$

Z twierdzenia tego wynikają dwa ważne wnioski:

- Ujednorodnienie $\bar{q}$ kwazimorfizmu Gambaudo-Ghysa jest lipschitzowskie względem L_1-normy, tzn. $q(f) \leqslant Cl_1(f)$ dla pewnego C; - Każda prostokątna grupa Artina wkłada się kwazi-izometrycznie w $Diff_0(S, \omega)$ z L_1-metryką.

Na koniec omówimy wyniki, pracy [H3], która według MathScinetu jest najczęściej cytowaną pracą doktora Marcinkowskiego, a której treść mnie osobiście najbardziej zainteresowała. Pokazano w niej, że dla zwartej, zorientowanej powierzchni S istnieje nieskończeniewymiarowa podprzestrzeń przestrzeni kwazimorfizmów $Q(G)$, $G = Diff(S, area)$, $G = Diff_0(S, area)$, lub $G = Ham(S)$, taka, że każdy element $\Psi \in Q(G)$ jest Lipschitza ze względu na entropię $\mathbf{h}(f)$, tj. $\forall \quad f \in G$ mamy $|\Psi(f)| \leqslant C_\Psi \mathbf{h}(f)\,.$

W dowodzie tego twierdzenia poza adaptacją konstrukcji Gaumbado-Ghysa, kwazimorfizmów Bestviny-Fujiwary i innych narzędzi używanych wcześniejszych badaniach doktora Marcinkowskiego wykorzystuje się kilka faktów spoza technik wykorzystywanych w pozostałych pracach dorobku habilitacyjnego. Są to:

- rezultat Yomdina z 1988 roku, który dla odwzorowań klasy C^∞!! wykazał silniejszą niż postulowana oryginalnie przez Shuba wersję hipotezy entropijnej pokazując, żę $bfh(f)$ szacuje się z dołu przez promień odwzorowania indukowanego na nieskończenie wymiarowym kompleksie (ko)łańcuchów, a nie tylko na przestrzeni (ko)homologii rzeczywistych;

- wynik Lai Sang Younga z 1977 roku, który pokazał, że dla powierzchni zwartej S i dyffeomorfizmu generatora ϕ_1 potoku ϕ_t mamy $\mathbf{h}(f) = 0$;

- fakt ,że grupa klas odwzorowań$MCG(S)$ jest generowana przez klasy skręceń Dehna zachowujących pole.

Te dwa ostatnie fakty zachodzą tylko dla powierzchni i pozwalają one np. wykazać, że $G = Diff(S, area)$, $G = Diff_0(S, area)$, i $G = Ham(S)$ są generowane przez zbiór $Ent(S)$ dyffeomorfizmów o zerowej entropii.

Podsumowując, dorobek i wyniki uzyskane w pracach przedstawionych w ramach Osiągnięcia Naukowego doktora Marcinkowskiego istotnie poszerzają stan wiedzy w badanej tematyce. Co więcej uzyskanie ich wymagało nie tylko szerokiej wiedzy w kilku dość różnych obszarach matematyki (teoria grup, zwłaszcza geometryczna, ale też, geometria różniczkowa, topologia algebraiczna, czy układy dynamiczne), i także subtelnego posługiwania się metodami tych teorii do tricków włącznie. Podkreślić należy dbałość i umiejętność ilustrowania wykazywanych faktów dobrze dobranymi, często konstruowanymi, przykładami. Zgodnie z zasadami autoreferatu, habilitant ograniczając się do prezentacji własnych wyników nie mógł przedstawić szerszej perspektywy, w której osadzona jest uprawiana przez niego tematyka. Pozwolę więc sobie to uzupełnić. Badanie norm w grupach nieskończenie generowanych jest ważne, gdyż grupy transformacji rozmaitości (homeomorfizmy, dyffeomorfizmy i ich specjalne podgrupy) to bardzo istotne obiekty w matematyce. Przypomnijmy, że grupy te wyznaczają jednoznacznie rozmaitość, na której są określone w odpowiedniej kategorii (J. Whittaker *On isomorphic groups and homeomorphic spaces*, Ann. Math. (1963); R. Filipkiewicz *Isomorphisms between diffeomorphism groups*, Ergodic Theory Dynamical Systems (1982); czy T. Rybicki *Isomorphisms between groups of* *diffeomorphisms*, Proc. AMS (1995)). Ich struktura algebraiczna (prostota, doskonałość) była badana przez matematyków takich jak Edwards i Kirby, Thurston, Banyaga, Mather i wielu innych. Warto wspomnieć, że badanie tych nieskończenie wymiarowych grup Liego odwzorowań jest nie tylko jak pisze habilitant, że „ L^2-metryka związana jest z hydromechaniką" odsyłając do monografii V. Arnolda i B.A. Kneshina [2], ale ogólniej, te nieskończenie wymiarowe grupy Liego mają szerokie zastosowania w teorii cechowania i kwantowej teorii pola. Ich algebry Liego i ich reprezentacje odgrywają ważną rolę w afinicznych algebrach Liego, algebrach Kaca-Moody'ego, w teorii układów całkowalnych czy równaniach solitonowych.

Przejdźmy teraz to omówienia pozostałego opublikowanego dorobku naukowego habilitanta. Składa się on z pięciu pozycji [P1-P5], których trzy ostatnie są z tematyki zbliżonej do treści rozprawy habilitacyjnej. Natomiast dwie pierwsze, [P1] i [P2], to prace zawierające rezultaty związane z tematyką pracy doktorskiej pana Marcinkowskiego, a więc z innego obszaru badawczego. Tu warto podkreślić, że przez wiele osób ze środowiska matematycznego fakt rozszerzenia obszaru badań na zagadnienia inne niż te z rozprawy doktorskiej jest pozytywnym miernikiem osiągnięć dorobku habilitacyjnego. Poziom naukowy, oraz miejsca publikacji wszystkich tych prac, jest właściwie ten sam co prac zaliczanych do Osiągnięcia Naukowego – czyli wysoki. Stąd jego aktywność naukowa była dostrzegana i wyróżniana nagrodami, stypendiami i grantami, których lista znajduje się z załączonym przez habilitanta wykazie. Także jego aktywność w prezentacji wyników (udział w konferencjach, odczyty na seminariach i wykładach zapraszanych), pomimo „dziury covid'owej" z nadmiarem spełnia zwyczajowe wymagania dla tego etapu formalnej promocji naukowej. Dla matematyków ważny jest fakt udziału doktora Marcinkowskiego w organizacji kilku ważnych konferencji naukowych, gdyż w środowisku matematycznym występuje ciągły deficyt osób chcących się w ten sposób angażować w pracę naukową. Dorobek dydaktyczny Michała Marcinkowskiego jest zgodny z obowiązującymi standardami zważywszy jego wiek. Co więcej jego udział w pracach Komitetu Olimpiady Matematycznej, oraz Fundacji Matematyków Wrocławskich pozwala oczekiwać, że po uzyskaniu habilitacji i ustabilizowaniu swego miejsca pracy rozwinie on tę formę pracy naukowej. W kontaktach z młodszym pokoleniem i atrakcyjności w przyciąganiu do swych badań studentów na pewno pomoże jemu znajomość programowania, ogólnie metod komputerowych, wykorzystywana już w jego badaniach (np. [H4]).

Aby ocena dorobku habilitanta była kompletna, i też użyteczna dla samego kandydata, warto podkreślić i słabsze strony zarówno oceny Osiągnięcia Naukowego jak i całości dorobku naukowego habilitanta. Michał Marcinkowski miał szczęście studiować w bardzo dobrym ośrodku matematycznym, którego dziedzictwo kultury matematycznej widać wyraźnie w jego pracach, tak jak i widać w tematyce jego badań wpływ zakresu badań wielu matematyków wrocławskich i to nie tylko z jego bezpośredniego otoczenia, czego sam habilitant może nie dostrzegać. Później miał on okazję przebywać dłużej i pracować w bardzo silnych ośrodkach (Uniwersytet w Chicago, Uniwersytet Ratyzboński, Uniwersytet Ben Guriona, Uniwersytet Warszawski i inne). Krótko mówiąc pracował i był członkiem bardzo silnych grup - zespołów badawczych, co jest już dużym osiągnięciem samo w sobie. Jednak jak dotychczas nie odgrywał w tych grupach roli wiodącej. I tego, to znaczy większego upodmiotowienia tematyki badawczej, a także ewentualnego stworzenia własnej grupy badawczej należy życzyć doktorowi Marcinkowskiemu po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego, co w tradycji akademickiej określane jest cenzusem „samodzielnego pracownika naukowego".

W konkluzji ostatecznej stwierdzam, że zarówno dorobek doktora Michała Marcinkowskiego zawarty w jego Osiągnięciu Naukowym, jak i pozostały dorobek publikacyjny, dorobek dydaktyczny oraz organizacyjny, tworzą bardzo solidne podstawy do nadania jemu stopnia doktora habilitowanego i z nadwyżką spełniają warunki wymagań art. 221 ust. 14 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, a także innych wcześniejszych ustaw o stopniach naukowych. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie doktora Michała Marcinkowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Poznań, 8 sierpnia 2023

Elektronicznie podpisany
przez Wacław Marzantowicz
DN: cn=Wacław
Marzantowicz,
givenName=Wacław,
sn=Marzantowicz,
serialNumber=PNOPL-500618
02817, c=PL
Data: 2023.08.08 22:00:38
+02'00'

Wacław Marzantowicz
Wydział Matematyki i Informatyki UAM