



UNIwersytet  
Warszawski

**Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki**  
**dr hab. Szymon Toruńczyk, prof. UW**

Warszawa, 9 grudnia 2022

### **Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym doktora Michała Wrony**

Osiągnięcie naukowe, które stanowi podstawę wniosku o habilitację dra Michała Wrony, przedstawione jest w spójnym cyklu prac na temat problemów spełnialności więzów nad nieskończonymi, jednorodnymi szablonami:

- [A1] Michał Wrona. Relational width of first-order expansions of homogeneous graphs with bounded strict width. *STACS'20*.
- [A2] Michał Wrona. On the relational width of first-order expansions of finitely bounded homogeneous binary cores with bounded strict width. *LICS '20*.
- [A3] Antoine Mottet, Tomás Nagy, Michael Pinsker, and Michał Wrona. Smooth approximations and relational width collapses. *ICALP'21*.
- [A4] Michał Wrona. Syntactically characterizing local-to-global consistency in ord-horn. *CP'12*.
- [A5] Manuel Bodirsky and Michał Wrona. Equivalence constraint satisfaction problems. *CSL'12*.
- [A6] Hubie Chen and Michał Wrona. Guarded ord-horn: A tractable fragment of quantified constraint satisfaction. *TIME'12*.
- [A7] Michał Wrona. Tractability frontier for dually-closed ord-horn quantified constraint satisfaction problems. *MFCS'14*.

[A8] Michał Wrona. Local-to-global consistency implies tractability of abduction. *AAAI'14*.

**Omówienie i ocena osiągnięcia habilitacyjnego.** Prace zaliczone do osiągnięcia naukowego dotyczą problemu spełnialności więzów. Jest to problem decyzyjny w którym zadaniem jest rozstrzygnięcie, czy istnieje takie przypisanie wartości zmiennym, które spełnia dane więzy. Problem ten ma ogromne znaczenie praktyczne, a także zbudowano wokół niego potężną teorię, która w ostatnich latach odnosi spektakularne sukcesy. Z jednej strony, część teoretyczna tej dziedziny jest głęboka i wykorzystuje zaawansowane narzędzia z rozmaitych, bardzo abstrakcyjnych dziedzin matematyki, takich jak algebra uniwersalna czy logika, z drugiej strony zaś, teoria ta bada i proponuje algorytmy które są stosowane w praktyce.

Badania Habilitanta wchodzące w skład osiągnięcia naukowego leżą głównie po stronie teoretycznej (m.in. prace [A1-A7]), lecz można znaleźć także publikacje o charakterze bardziej praktycznym, np. [A8]. W dużej mierze prace te dotyczą konkretnego, praktycznego algorytmu, szeroko stosowanego do rozwiązywania problemu spełnialności, mianowicie metody lokalnej zgodności.

W swoich badaniach Habilitant bada problemy spełnialności więzów nad nieskończonymi dziedzinami – w których zbiór wartości które mogą być przypisane zmiennym jest nieskończony – wykraczając poza dość dobrze zrozumianą już teorię spełnialności więzów nad skończonymi dziedzinami.

Osiągnięcia związane z przedłożoną rozprawą można pogrupować następująco.

**[A1-A4, A8]: metoda lokalnej zgodności.** Metoda lokalnej zgodności jest algorytmem sparymetryzowanym parą liczb naturalnych  $k \leq l$ . Im mniejsze parametry, tym szybszy jest czas działania algorytmu. W związku z tym, duże znaczenie praktyczne ma znalezienie możliwie małych ograniczeń na parametry  $k$  i  $l$ , które wystarczają do rozwiązania danej instancji problemu spełnialności więzów. Badania Habilitanta w pracach [A1-A3] skupiają się na tym konkretnym zagadnieniu, znalezienia możliwie małych ograniczeń na parametry  $k$  i  $l$ , w zależności od rozważanego "szablonu" (ang. *template*) opisującego daną instancję. Wiadomo że dla skończonych dziedzin, jeśli

są jakiejkolwiek wartości parametrów  $k$  i  $l$  wystarczające dla danego szablonu, to także parametry  $k = 2$  oraz  $l = 3$  wystarczają. Dla szablonów nieskończonych ten fakt nie zachodzi. Prace [A1,A2,A3] polegają na badaniu optymalnych wartości parametrów  $k$  i  $l$  dla (szczególnych) nieskończonych szablonów, będącymi reduktami pierwszego rzędu jednorodnych struktur skończone ograniczonych (tj. zadanych przez skończenie wiele wykluczonych podstruktur). Jest to pojęcie badane na przecięciu teorii modeli oraz teorii Ramseya, które odnalazło zastosowania m.in. w tej dziedzinie informatyki teoretycznej.

Praca [A4] bada syntaktyczne warunki dotyczące szablonów pojawiających się przy badaniu więzów temporalnych, które gwarantują, że problem można rozwiązać metodą lokalnej zgodności. Praca [A8] wykorzystuje te pojęcia do rozwiązania pewnego problemu dotyczącego wnioskowania niemonotonicznego z dziedziny sztucznej inteligencji.

**[A5-A7]: dychotomie złożonościowe.** Najbardziej znane zagadnienie teoretyczne dotyczące problemu spełnialności więzów dotyczy tzw. dychotomii: dla wielu znanych szablonów, problem okazuje się albo być rozwiązywalny w czasie wielomianowym, albo jest NP-trudny. Dokładnie jeden z tych przypadków zachodzi dla wszystkich szablonów skończonych, co udowodnili niedawno Bulatov i Zhuk, potwierdzając długo otwartą hipotezę Federa i Vardiego. Analogiczne stwierdzenie nie zachodzi w ogólności dla szablonów nieskończonych, lecz hipoteza o dychotomii postawiona przez Bodirskiego i Pinskerę przewiduje, że tak jest dla dużej, naturalnej klasy szablonów nieskończonych (mianowicie dla reduktów pierwszego rzędu struktur które są jednorodne i skończenie ograniczone). Praca [A5] jest jedną z pierwszych prac potwierdzających tę hipotezę, w bardzo szczególnym przypadku reduktów grafu będącego nieskończoną sumą nieskończonych klik.

W klasycznym problemie spełnialności więzów, zmienne kwantyfikowane są egzystencjalnie: czy istnieje przypisanie wartości pierwszej zmiennej, drugiej zmiennej, itd. które spełnia wszystkie podane więzy. W ogólniejszym wariacie kwantyfikowanym tego problemu, zmienne mogą być kwantyfikowane zarówno uniwersalnie, jak i egzystencjalnie: czy istnieje przypisanie wartości pierwszej zmiennej, takie że dla każdego przypisania wartości drugiej zmiennej, itd., spełnione są wszystkie więzy. W pracach [A6,A7] bada-

na jest złożoność obliczeniowa tego problemu dla konkretnych szablonów opisujących więzy temporalne. W szczególności, udowodniony jest wynik mówiący o dychotomii dla niektórych takich szablonów.

**Ogólna ocena osiągnięcia naukowego.** Prace stanowiące podstawę wniosku o habilitację wpisują się w nurt badań teoretycznych nad problemami spełnialności więzów nad nieskończonymi wzorcami, zainicjowanej m.in. przez Bodirskiego i Pinskera. Dziedzina ta jest bardzo wymagająca technicznie, gdyż stosuje narzędzia z dwóch trudnych, abstrakcyjnych dziedzin matematyki: algebry uniwersalnej i teorii modeli, a także z algorytmiki. W związku z tym, dziedziną tą zajmuje się stosunkowo niewielu badaczy, lecz mimo to, rozwija się ona prężnie. W szczególności, hipoteza o dychotomii dla nieskończonych szablonów została potwierdzona w kilku szczególnych przypadkach, a także uczyniono postępy w badaniu metody lokalnej zgodności dla nieskończonych szablonów, jednego z najważniejszych algorytmów w badaniu problemu spełnialności więzów.

Dr Michał Wrona jest jednym z niewielu badaczy którzy aktywnie przyczyniają się do rozwoju w tej bardzo wymagającej dziedzinie. W szczególności, zainicjował on, w pracach [A1-A2], badania nad optymalnymi parametrami dla metody lokalnej zgodności dla nieskończonych szablonów, i otrzymał najmocniejsze dotychczas wyniki w tym zakresie w pracy [A3]. Prace [A4, A8] stanowią most pomiędzy teorią a praktyką, co jest bardzo cenne i nie tak częste w przypadku badań podstawowych. Prace [A5, A6, A7] dowodzą dychotomii – centralnego dla tej dziedziny zagadnienia – dla kilku ważnych rodzin wzorców nieskończonych.

W większości (5 spośród 8 prac), prace wchodzące w skład przedstawionego osiągnięcia naukowego są jednoautorskie, co w tej dziedzinie jest rzadkością. Wszystkie prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego były prezentowane (i publikowane w materiałach konferencyjnych) na renomowanych konferencjach: LICS, AAAI (mające ranking A\* wg CORE), STACS, ICALP, CP, MFCS (mające ranking A), CSL, TIME (mające ranking B). Konferencje LICS i ICALP (track B) są dwiema najważniejszymi konferencjami dotyczącymi logiki informatycznej, zaś konferencja AAAI jest spośród najważniejszych konferencji poświęconych uczeniu maszynowemu.

W podsumowaniu, oceniam wysoko biegłość techniczną Habilitanta i jego

znajomość tej trudnej dziedziny. Niewątpliwie, dr Michał Wrona należy do grona wiodących badaczy w zakresie problemu spełnialności więzów nad nieskończonymi szablonami. Jestem w pełni przekonany, że wyniki przedstawione w rozprawie stanowią “znaczący wkład autora w rozwój badanej dyscypliny naukowej”.

**Ogólna ocena dorobku naukowego oraz aktywności naukowej Habilitanta.** Osiągnięcia naukowo-badawcze (w tym te wchodzące w skład osiągnięcia naukowego) otrzymane po uzyskaniu stopnia doktora w roku 2010 zostały opublikowane na znakomitych lub rozpoznawalnych konferencjach z informatyki teoretycznej: LICS (dwie prace), AAI, ICALP track B, STACS, MFCS, CiE, CSL (dwie prace), TIME, CP, LPNMR, oraz w trzech czasopismach: IJAC, Theor. Comput. Sci., TOCL. Mała ilość publikacji w czasopismach jest konsekwencją powszechnie przyjętej w informatyce teoretycznej i akceptowanej praktyki do publikowania wyników w materiałach konferencyjnych.

Wiele z tych wyników wpisuje się w ten sam nurt, co wyniki wchodzące w skład przedstawionego osiągnięcia naukowego, i stanowią one istotny wkład w tę dziedzinę. Oceniam ten dorobek Habilitanta jako ciekawy i wartościowy.

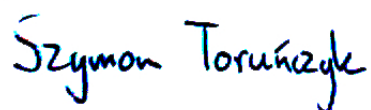
Pozytywnie oceniam współpracę dra Michała Wrony z czołowymi ekspertami badającymi teorię spełnialności więzów nad nieskończonymi szablonami, takimi jak Manuel Bodirsky, Michael Pinsker, czy Anotoine Mottet. Po doktoracie odbył zagraniczne pobyty jako postdoc w na École Polytechnique we Francji oraz na Uniwersytecie w Linköping w Szwecji. Wygłosił szereg odczytów na konferencjach naukowych, w tym na LICS’20, STACS’20, LICS’17, AAI’14. Dr Wrona brał udział jako wykonawca w pracach dwóch zespołów realizujących projekty badawcze i kierował jednym grantem.

W podsumowaniu, pozostały dorobek naukowy Habilitanta jest znaczący, a jego aktywność naukowa we współpracy z zespołami badawczymi z wiodących instytucji w kraju i zagranicą oceniam pozytywnie.

Na uwagę zwracają liczne prace licencjackie których opiekunem był dr Michał Wrona. Skromniej oceniam jego aktywność w opiece nad magistrantami czy młodymi pracownikami naukowymi, oraz w organizacji konferencji naukowych.

**Konkluzja.** Oceniam rozprawę habilitacyjną dra Michała Wrony jako wartościową i wnoszącą wkład autora w rozwój informatyki teoretycznej. Habilitant wykazał się aktywnością naukową realizowaną w wiodących instytucjach badawczych w kraju i za granicą. Uważam, że całokształt dorobku naukowego spełnia zwyczajowe kryteria i formalne wymagania określone w Ustawie. W związku z powyższym opiniuję pozytywnie jego wniosek o nadanie stopnia doktora habilitowanego w Dziedzinie Nauk Ścisłych i Przyrodniczych w dyscyplinie Informatyka.

Szymon Toruńczyk

A handwritten signature in blue ink that reads "Szymon Toruńczyk". The signature is written in a cursive style with a distinct loop at the end of the last letter.