Łódź, 4.09.2021

Andrzej Indrzejczak,
Katedra Logiki, Uniwersytet Łódzki,
Lindleya 3/5, 90-131 Łódź
andrzej.indrzejczak@filhist.uni.lodz.pl

OCENA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr Pawła Płaczka

pt. Extensions of Lambek Calculi: Sequent systems, conservativeness and computational complexity

przygotowanej pod kierunkiem naukowym
Promotora Prof. dr hab. Wojciecha Buszkowskiego

1 Przedmiot i zawartość rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska poświęcona jest poszerzeniom rachunku Lambeka i prezentuje szereg rezultatów związanych z ich sekwentową formalizacją, dowodzeniem eliminacji cięcia, (silnej) konserwatywności pewnych poszerzeń oraz złożoności obliczeniowej badanych systemów. Praca zawiera ważne i oryginalne wyniki autora będące wzmocnieniami rezultatów uzyskanych m.in. przez Abrusciego, Buszkowskiego, Shkatova i van Altena. Przypomnieć należy, że rachunki Lambeka należą do jednego z najważniejszych narzędzi stosowanych we współczesnej lingwistyce matematycznej, w badanich nad gramatykami kategorialnymi. Rachunki Lambeka pełnią również kluczową rolę w rodzinie logik podstrukturalnych, których sekwentowe formalizacje otrzymywane są w wyniku pomijania lub osłabiania tzw. reguł strukturalnych charakteryzyjących logikę klasyczną. Ta obszerna klasa logik obejmuje m.in. tak ważne osłabienia logiki klasycznej jak logiki wielowartościowe Łukasiewicza, logiki implikacji relewantnej Andersona i Belnapa, czy logikę linearną Girarda. Ponadto metodologia badań nad rachunkami Lambeka wymaga wykorzystania zaawansowanych metod formalnych z zakresu teorii dowodu, teorii złożoności obliczeniowej i algebry uniwersalnej. Z tego powodu otrzymane rezultaty są interesujące i ważne zarówno dla matematyków, informatyków, lingwistów jak i logików. Praca składa się z czterech rozdziałów i bibliografii zawierającej 37 pozycji. Napisana jest w języku angielskim i liczy łącznie 79 stron. Konstrukcja i struktura rozprawy jest przemyślana i przejrzysta, a poprawność językowa nie budzi zastrzeżeń. Przejdę teraz do krótkiego omówienia jej zawartości.

Pierwszy rozdział ma charakter wprowadzenia i zawiera omówienie zawartości rozprawy oraz zwięzłą prezentację podstawowej siatki pojęciowej, głównie o charakterze algebraicznym. Zebrane są tu definicje i podstawowe własności grupoidów, półgrup i krat z rezyduacją, oraz wprowadzonych przez Mulveya kwantali i przestrzeni fazowych, a więc tych struktur, które wykorzystuje się jako semantyki rachunków Lambeka i logik linearnych.

W rozdziale drugim przedstawiona jest panorama rachunków sekwentowych i odpowiadających im semantyk algebraicznych. Zaprezentowane są kolejno niełączne i łączne (ze względu na produkt) warianty podstawowego rachunku Lambeka wraz z ich wzmocnieniami do pełnego (FNL i FL) rachunku z multiplikatywnymi i addytywnymi działaniami oraz dodawaną 1 i $\perp$. Warianty niełączne prezentowanych rachunków wymagają bardziej skomplikowanych struktur danych w sekwentach, tzw. wiązek, podczas gdy w przypadku wariantów łącznych wystarczają skończone ciągi formuł. Dla wariantów inwolutywnych, w których dołącza się dwie inwolutywne negacje (traktowane metajęzykowo), wprowadzone są rachunki sekwentów jednostronnych. W podobny sposób potraktowane są cykliczne warianty uzyskane przez dodanie negacji De Morgana do rachunków Lambeka. Dla wszystkich rachunków zaprezentowane są dowody adekwatności; tzn. przedstawione są one dla najmocniejszego wariantu, co ze względu na modularność charakteryzacji implikuje adekwatność słabszych rachunków względem odpowiednich klas algebr. Zarówno warianty (niełączne) inwolutywne jak i cykliczne są w istocie (niełącznymi) fragmentami logiki linearnej Girarda. Najważniejszymi wynikami tego rozdziału są twierdzenia, które pokazują, że cykliczne wersje rachunków Lambeka są silnie konserwatywnymi poszerzeniami odpowiednich rachunków Lambeka bez negacji.

Rozdział trzeci poświęcony jest dowodowi twierdzenia o eliminacji cięcia (a raczej jego dopuszczalności) i dowodom złożoności obliczeniowej dla rachunków inwolutywnych i cyklicznych. Dowód twierdzenia o eliminacji cięcia często traktowany jest jako podstawowy wynik teorio-dowodowy gdyż zazwyczaj implikuje szereg ważnych własności i rezultatów, jak własność podformuł, rozstrzygalność czy twierdzenia o interpolacji. Autor prezentuje konstruktywny dowód tego wyniku dla najmocnieszych wersji wspomnianych rachunków (a raczej dla ich równoważnych wersji) co, ze względu na modularność charakterystyki, implikuje jego zachodzenie dla wersji słabszych. Jako preliminaria dowodu o eliminacji cięcia udowadnia się dopuszczalność pewnych reguł pomocniczych co pozwala wykazać równoważność rachunków z rozdziału drugiego i trzeciego. W ostatnim podrozdziale zaprezentowany jest dowód, że bilinearna niełączna logika z 1 ale bez spójników i stałych addytywnych jest roztrzygalna w czasie wielomianowym.

W rozdziale czwartym zaprezentowanych jest sześć niełącznych poszerzeń pełnego rachunku Lambeka FLC; są to poszerzenia dystrybutywne, Boolowskie i Heytinga, każde w wersji z 1 i bez. Sekwenty wymagają użycia bardziej złożonych wiązek, wprowadzonych dla logik relewantnych przez Mintsa i Dunna, w których współwystępują dwie operacje. Rozszerzenie Boolowskie osiąga się przez dodanie negacji Boolowskiej i odpowiednich aksjomatów, natomiast wersje Heytingowskie powstają przez wprowadzenie addytywnej (intuicjonistycznej) implikacji scharakteryzowanej dwiema regułami. Znaczna część tego rozdziału jest poświęcona wynikom o charakterze algebraicznym dotyczącym ograniczonych krat częściowych z rezyduacją i ich wzmocnień dystrybutywnych, Boolowskich i Heytinga. Ostatni podrozdział dotyczy górnych ograniczeń złożoności relacji dowiedlności (ze skończonego zbioru sekwentów) omawianych rachunków. Głównym wynikiem tej części jest wykazanie, że w przypadku omawianych logik relacje te są rozstrzygalne w czasie wykładniczym, co jest poszerzeniem uzyskanego wcześniej przez Ma i Lin dowodu PSPACE-zupełności dla czystej logiki BFNL. W przeciwieństwie do poprzedniego rozdziału rachunki sekwentowe pełnią tu rolę pomocniczą gdyż rozstrzygalność jest dowodzona na podstawie algebraicznej charakterystyki.

2 Ocena merytoryczna rozprawy

2.1 Uwagi ogólne

Rozprawa doktorska mgr Płaczka jest pracą ciekawą, dobrze napisaną i bogatą w treści pomimo zwięzłości. Praca zawiera interesujące wyniki podane w przystępny i przejrzysty sposób. Dowody sformułowane są precyzyjnie co dowodzi dobrego opanowania warsztatu logicznego przez Autora. Styl rozprawy również nie budzi zastrzeżeń. Przedstawię niżej kilka uwag krytycznych, zaznaczając od razu, że jest ich bardzo mało i nie podważają w żaden sposób wartości prezentowanych wyników a odnoszą się jedynie do ich prezentacji. Dlatego mam nadzieję, że podane niżej uwagi mogą okazać się pomocne w przypadku ewentualnej decyzji o publikacji ostatecznej wersji rozprawy.

2.2 Uwagi krytyczne

Terminologia jest trochę niekonsekwentna, co wynika częściowo z faktu, że autor nie może się zdecydować czy ma mówić konsekwentnie o wzmocnieniach rachunku Lambeka czy o odpowiednich wersjach logiki linearnej, w przypadkach gdy otrzymane systemy się pokrywają (np. inwolutywny rachunek Lambeka czy logika bilinearna). Wprawdzie autor w części wstępnej rozdziału pierwszego wspomina o tych terminologiczno-notacyjnych trudnościach ale w moim odczuciu w sposób niewystarczający. Myślę, że należałoby te pokrewieństwa lepiej objaśnić we wstępie a potem konsekwentnie trzymać się tego samego nazewnictwa, ewentualnie dodając stosowną uwagę w przypisie. Wydaje się, że dobrym rozwiązaniem byłoby np. użycie w rozdziale pierwszym tabelki takiej jak w rodziale drugim (gdzie zestawia się systemy i odpowiadające im struktury algebraiczne), dla zestawienia alternatywnego nazewnictwa z różnych tradycji badawczych. Takie zestawienie znacznie ułatwiłoby potencjalnemu czytelnikowi śledzenie dalszych wywodów.

W paru miejscach brakuje trochę uzasadnienia dla dokonanych wyborów. Np. dlaczego dla logik bilinearnych i cyklicznych preferuje się rachunki sekwentowe z sekwentami jednostronnymi? Jest na ten temat enigmatyczna uwaga na str. 10 ale przydałoby się (w rozdziale drugim) dokładniejsze porównanie z systemami Galatosa i Jipsena i wskazanie w jaki sposób wariant z sekwentami jednostronnymi i metajęzykowymi negacjami daje lepsze rozwiązanie.

Praca powinna mieć również zakończenie, w którym dokonano by krótkiego podsumowania uzyskanych wyników i wskazano na kolejne problemy badawcze. Jest to niezbędne zwłaszcza jeżeli rozprawa miałaby zostać opublikowana, na co w pełni zasługuje. W tym przypadku niezbędne jest również dodanie indeksu, a także poszerzenie pierwszego rozdziału o większą ilość informacji o charakterze historycznym i systematyzującym, w szczególności dotyczących logik podstrukturalnych, aby wskazać dobrze miejsce jakie pełnią w ich topografii rachunki Lambeka.

2.3 Uwagi redakcyjne

Niniejsza rozprawa, w zakresie edycji tekstu zredagowana jest bardzo sprawnie. Tym niemniej zdarzają się w niej drobne błędy redakcyjne. Wymienię niektóre z nich:

Str. 9, ostatnie trzy wiersze: "resiual(s)" zamiast "residual(s)", "intuitionsitc" zamiast "intuitionistic".

Str. 16, wiersz 19 od dołu: zamiast $(L, \vee, \wedge, \top, \vee)$ powinno być $(L, \vee, \wedge, \top, \bot)$.

Str. 17, wiersz 16 od dołu: zamiast $(a, b) \in G$ powinno być $(a, b) \in G^2$.

Str. 22, wiersz 10: zamiast $R \in X$ powinno być $R \in \mathcal{R}(\mathcal{X})$.

Str. 23, w.9: zamiast "above" lepiej "in section 1.2.".

Str. 27, w.21: zamiast "presended" powinno być "presented".

Str. 36, w. -3: zbiór potęgowy jest oznaczony $P(M)$ podczas gdy wcześniej użyto w tym celu czcionki skryptowej; to samo na str. 38, w.-11, 40, w.16, 41, w.6.

Str. 38, w.19: zamiast $\Gamma \Rightarrow A$ powinno być $A^{\sim}, \Gamma$.

Str. 46, w.4: zamiast "cannot the" powinno być "cannot be the".

Str. 51, komentarz pod Corollary 3.12: ściśle mówiąc własność podformuł to cecha przypisywana regułom lub dowodom lub systemom, a nie nazwa twierdzenia, które orzeka posiadanie tej własności (tu przez dowody).

Str. 59, ostatni wiersz: brakuje prawego nawiasu za F.

Str. 60, w def. 4.6. w sygnaturze struktury częściowej występuje $\top, \bot$, które dalej są pomijane. W pierwszym wierszu dowodu lem. 4.8. w sygnaturze **L'** powinny być $\otimes', \ldots$.

Str. 61, lem. 4.10 i cor. 4.11: zamiast "**H** be a prime filter of **H**" powinno być "H be a prime filter of **L**".

Str. 62, w.-8: w sygnaturze **L** trzeba skreślić $\neg$.

Str. 63, w.15 dowodu Prop. 4.14: zamiast "prove analogously" powinno być "prove the result analogously".

Str. 65, w.8: zamiast "parital" powinno być "partial".

3 Odniesienie się do efektów kształcenia

Podane wyżej uwagi w mniej lub bardziej pośredni sposób odnoszą się do kwestii dotyczących tzw. efektów kształcenia. Tym niemniej, ze względu na formalne wymogi stawiane przez ustawodawcę i tytułem podsumowania postaram się w kilku punktach przedstawić najważniejsze kwestie.

Analiza treści recenzowanej rozprawy daje podstawy do stwierdzenia, że mgr Paweł Płaczek osiągnął następujące efekty kształcenia:

W zakresie wiedzy:

- posiada zaawansowaną wiedzę ogólną dotyczącą zasadniczych teorii badawczych, pojęć i zasad w zakresie matematyki, w szczególności logiki matematycznej, algebry, teorii języków formalnych i złożoności obliczeniowej;
- posiada zaawansowaną wiedzę szczegółową uwzględniającą najnowsze osiągnięcia polskie i zagraniczne w zakresie logiki i matematyki;
- zna zasady oceny i korzystania z publikacji naukowych.

W zakresie umiejętności:

- posiada umiejętność wprowadzania do obiegu naukowego wyników badań naukowych;
- orientuje się w praktycznym wykorzystaniu metod badawczych w obrębie swojej dyscypliny i specjalności;
- posiada umiejętność krytycznej analizy i syntezy a także zdolność formułowania sądów na temat współczesnych problemów badawczych ze swojej dyscypliny;
- potrafi pracować z literaturą obcojęzyczną.

W zakresie kompetencji:

- posiada kompetetencje do prowadzenia pracy naukowej i doskonalenia etosu tej pracy;
- przyczynia się do postępu społecznego i kulturowego w społeczeństwie opartym na wiedzy.

4 Wnioski końcowe

Mgr Paweł Płaczek zaprezentował pracę, w której podjął ciekawy problem badawczy, mający duże znaczenie teoretyczne w badaniach z zakresu lingwistyki matematycznej. W niniejszej rozprawie Autor udowodnił, że potrafi samodzielnie stawiać problemy badawcze oraz podejmować wartościowe próby ich rozwiązania. Analiza recenzowanej rozprawy doktorskiej pozwala w moim przekonaniu na stwierdzenie, że jest ona interesującym studium badawczym, stanowi istotny wkład w rozwój teorii rachunków Lambeka oraz spełnia ustawowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Wnoszę zatem o jej przyjęcie i o dopuszczenie mgr Pawła Płaczka do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Składam również wniosek o wyróżnienie prezentowanej rozprawy doktorskiej.

A. Wojno