Autoreferat o działalności naukowo-badawczej oraz dydaktycznej

Ian Pratt-Hartmann
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki
Uniwersytet Opolski

1 Praca badawcza

Na przestrzeni ostatnich piętnastu lat moje badania naukowe skupiały się na trzech różnych, choć powiązanych ze sobą obszarach dotyczących płaszczyzn styku logiki komputerowej, języka naturalnego i sztucznej inteligencji, a mianowicie (i) rozstrzygalnych fragmentach logiki pierwszego rzędu; (ii) logikach dla języka naturalnego; oraz (iii) logice przestrzennej.

1.1 Rozstrzygalne fragmenty logiki pierwszego rzędu

Logika pierwszego rzędu jest językiem formalnym powszechnie stosowanym w celu opisywania ustrukturyzowanych zespołów obiektów i danych. Połączenie matematycznej precyzji z intuicyjną czytelnością pozwoliło jej osiągnąć status standardowego środka wyrazu w wielu dyscyplinach akademickich. Centralną kwestią dotyczącą każdej logiki jest tak zwany *problem (skończonej) spełnialności*: dla danej formuły rozważanej logiki należy określić, czy formuła ta opisuje logicznie dopuszczalną sytuację dotyczącą pewnego (skończonego) zbioru obiektów. Większość zadań pojawiających się w praktycznych zastosowaniach logiki w Informatyce można sprowadzić do problemu spełnialności bądź skończonej spełnialności dla rozważanej logiki.

Od badań Churcha i Turinga z lat trzydziestych XX wieku wiadomo, że problem spełnialności dla logiki pierwszego rzędu jest *nierozstrzygalny*: żaden program komputerowy nie jest w stanie określić – nawet jedynie teoretycznie – czy dana formuła logiki pierwszego rzędu jest spełnialna (bądź skończenie spełnialna). Jedną z powszechnie przyjętych reakcji na tę sytuację jest ograniczenie uwagi do podzbioru – bądź, jak go nazywamy, *fragmentu* logiki pierwszego rzędu, dla którego problem spełnialności jest rozstrzygalny, wykorzystując fakt, że w licznych sytuacjach życiowych formuły, które spotykamy, swobodnie się w danym fragmencie mieszczą. Dla tych fragmentów, dla których problem spełnialności jest rozstrzygalny, celowe jest badanie złożoności obliczeniowej, czyli, w praktyce, miary tego jak trudne jest rozumowanie w rozważanej logice. Wyniki w tym zakresie sięgają początków teorii złożoności z lat siedemdziesiątych XX wieku, ale w ostatnich dwóch dekadach, wraz z pojawieniem się w inżynierii wiedzy logiki deskrypcyjnej, nabrały nowego rozmachu. Wyłaniająca się ogólna prawidłowość to swoisty kompromis pomiędzy siłą wyrażania, a możliwościami obliczeniowymi: ogólnie mówiąc, im logika ma większą moc wyrażania, tym trudniejsze rozumowanie za jej pomocą. Badania rozstrzygalności fragmentów logiki pierwszego rzędu próbują ustalić dokładne warunki tej zależności.

Logika ze zliczaniem

Punktem wyjścia dla moich własnych zainteresowań w tym obszarze były dwie (niezależne) publikacje na temat logiki $\mathcal{C}^2$ [16, 5], czyli logiki pierwszego rzędu z dwoma zmiennymi i kwantyfikatorami zliczającymi, która ma bardzo dużą moc wyrażania. Publikacje te pokazywały, że problem spełnialności dla $\mathcal{C}^2$ jest rozstrzygalny, z górną granicą złożoności na poziomie 2-NEXPTIME. Przez zastosowanie technik z teorii całkowitoliczbowego programowania liniowego udało mi się poprawić podane w nich procedury decyzyjne uzyskując górną granicę na poziomie NEXPTIME, również dla problemu skończonej spełnialności [26, 33], który to wynik jest obecnie często cytowany. W późniejszych publikacjach udoskonaliłem powyższe techniki w celu pokazania, że problem spełnialności skończonej dla tak zwanego fragmentu strzeżonych $\mathcal{C}^2$, oznaczanego $\mathcal{GC}^2$, jest w nieznacznie niższej klasie złożoności EXPTIME [28]. Pod względem zdolności wyrażania, w logice $\mathcal{GC}^2$ zanurzają się ściśle różne systemy logiczne z literatury inżynierii wiedzy, dla których wcześniej osiągnięta została ta sama granica złożoności. Powyższe wyniki przedstawiają teoretyczne optima dla logik $\mathcal{C}^2$ i $\mathcal{GC}^2$: wiadomo, że lepszych granic złożoności uzyskać nie można.

W cyklu kolejnych publikacji zastosowałem odmiany tejże techniki aby otrzymać (optymalne) górne granice złożoności dla wielu logik pokrewnych. Konkretnie, udało mi się pokazać, że: (i) problem spełnialności i problem skończonej spełnialności dla mniejszego *fragmentu ze zliczaniem i jedną zmienną*, $\mathcal{C}^1$, są w klasie NPTIME [30]; (ii) problem spełnialności (= spełnialności skończonej) dla logiki modalnej z urangowanymi modalnościami (*graded modal logic*) w strukturach przechodnich (rodzaj logiki z kwantyfikatorami zliczającymi) jest NEXPTIME-zupełny [6]; oraz (iii) problem odpowiedzi na zapytania do baz danych (*query answering*) z ograniczeniami w $\mathcal{GC}^2$ (mierzonych jako funkcja wielkości bazy danych) należy do co-NPTIME [31].

Łącznie, wyniki te tworzą istotny i spójny dorobek autorski wyznaczający granice złożoności obliczeniowej wielu rozstrzygalnych fragmentów logiki pierwszego rzędu o dużej sile wyrażania.

Logika z równoważnością

Wszystkie powyżej omawiane wyniki dotyczą logiki, w której niemożliwe jest stwierdzenie, że dana relacja binarna jest relacją równoważności. Jednakże relacje równoważności napotkać można w licznych zastosowaniach inżynierii wiedzy, a zatem powstaje pytanie czy logiki te nadal są rozstrzygalne jeśli dodamy możliwość określania, że pewne predykaty oznaczają relacje równoważności. Wraz z moimi współpracownikami, profesor Lidią Tenderą (Uniwersytet Opolski) i doktorem Emanuelem Kierońskim (Uniwersytet Wrocławski) zająłem się tą kwestią w przypadku logiki $\mathcal{L}^2$, fragmentu z dwoma zmiennymi bez kwantyfikatorów zliczających. Wykazaliśmy, że: (i) problemy spełnialności i skończonej spełnialności dla $\mathcal{L}^2$ w obecności dwóch relacji równoważności są rozstrzygalne przy złożoności na poziomie 2-NExpTime [7, 8]; (ii) problemy spełnialności i skończonej spełnialności dla fragmentu strzeżonego tej logiki są rozstrzygalne przy złożoności na poziomie 2-ExpTime [9]. Niezależnie wykazałem, że problemy spełnialności i skończonej spełnialności dla $\mathcal{C}^2$ w obecności jednej relacji równoważności są rozstrzygalne przy złożoności na poziomie NExpTime oraz, że problemy te stają się nierozstrzygalne w obecności dwóch relacji równoważności [37, 39]. We wszystkich powyższych przypadkach, o ile nie wynikało to z innych wyników, pokazano, że uzyskane granice to teoretyczne optima. Wraz z wcześniejszymi wynikami moich współpracowników rozwiązuje to kwestię rozstrzygalności i złożoności problemów spełnialności i skończonej spełnialności dla wszystkich naturalnych rozszerzeń logik z dwoma zmiennymi z relacjami równoważności. Moje wyniki dla $\mathcal{C}^2$ z relacjami równoważności [37, 39] ilustrują w jaki sposób klasyczne twierdzenia geometrii wielościanów mogą zostać wykorzystane do otrzymania złożonościowo-teoretycznych wyników w logice, która na pierwszy rzut oka nie ma związku z geometrią.

Prace w toku

Procedura decyzyjna w pracy [26] dla wspomnianej wcześniej logiki $\mathcal{C}^2$ została ostatnio rozszerzona przez grupę z Wrocławia [2] w celu zastosowania dla logiki interpretowanej na (skończonych) drzewach. Jest to publikacja szczególnej wagi ponieważ drzewa stanowią przykład typu struktury danych niedefiniowalnego w logice pierwszego rzędu, a jednak o kluczowym dla Informatyki znaczeniu. W mojej obecnej pracy staram się rozwinąć uogólnienia tego wyniku we współpracy z jednym z moich doktorantów. Naszym celem jest rozwiązanie nadal otwartego problemu z pracy [15], dotyczącego logiki dla interpretowania dokumentów XML.

Złożoność problemu *query answering* dla baz danych z ograniczeniami opisanymi w logice $\mathcal{GC}^2$ rozpatrywanego w pracy [31] stanowi przedmiot oddzielnego wątku badań podjętego wraz z innym moim doktorantem. Celem tych badań jest rozszerzenie klasy ograniczeń o tak zwane ograniczenia klucza (*key constraints*), które w sposób naturalny pojawiają się w bazach danych, a nie są wyrażalne za pomocą logiki jedynie z dwoma zmiennymi. Badania te są w fazie zaawansowanej, w niedalekiej przyszłości planujemy złożyć artykuł do publikacji w branżowym czasopiśmie naukowym.

1.2 Logika dla języka naturalnego

Od końca XIX wieku logika matematyczna znacznie odbiegła od swoich początkowych studiów nad językiem naturalnym i ludzkim rozumowaniem. Oddalenie to stało się z jednej strony czynnikiem napędzającym jej rozwój techniczny jednak skutkuje ono zaniedbaniem niektórych pierwszorzędnych kwestii motywujących badania logiczne. Znacząca część moich badań ma za zadanie ponowne skupienie uwagi na kwestiach logicznych związanych z językiem naturalnym, używając najnowszych technik z obszaru logiki matematycznej i komputerowej. Zajmuję się głównie badaniem tego, jakie środki wyrazu oddają do dyspozycji osoby wypowiadającej się rozliczne konstrukcje w językach naturalnych, oraz jakie są implikacje tych konstrukcji pod względem złożoności rozumowania. Co, na przykład, możemy powiedzieć z wykorzystaniem zdań względnych, zaimków, bądź strony biernej, czego nie moglibyśmy wyrazić bez nich? O ile trudniejsze (jeżeli w ogóle) staje się rozumowanie w sytuacji, gdy pozwalamy użycie kwantyfikatorów w liczbie mnogiej, czasu i trybu, oraz przyimków czasu i miejsca? Jednym z pierwszych etapów podejścia do tej kwestii jest przeanalizowanie złożoności semantycznej fragmentów języków naturalnych. Przez *fragment języka naturalnego* rozumiemy tutaj zbiór zdań tworzących naturalnie określony podzbiór tegoż języka, wyposażony w semantykę prawdziwościową wyznaczoną ogólnym przyzwoleniem jego rodowitych użytkowników. Przez *złożoność semantyczną* takiego fragmentu języka rozumiemy złożoność obliczeniową procesu podejmowania decyzji czy dany zbiór zdań w tymże fragmencie odwzorowuje sytuację logicznie możliwą. W podejściu tym siła logiczna badanych konstrukcji lingwistycznych mierzona jest poprzez ich wpływ na koszt sprawdzenia spełnialności w obrębie fragmentów języka, w których one występują.

1.2.1 Złożoność semantyczna języka naturalnego

Po raz pierwszy na poważnie zacząłem badać te kwestie podczas urlopu naukowego na Uniwersytecie w Zurychu w roku 1999. W zbiorze artykułów [23, 24, 44] rozpatrywałem szereg naturalnie nakreślonych fragmentów języka angielskiego, w którym występuje zbiór co raz to potężniejszych konstrukcji składniowych, i analizowałem złożoność wykonywania wnioskowań logicznych w ich obrębie. Weźmy, na przykład, język sylogistyki klasycznej (zdania typu: *Każde A jest B*, *Żadne A nie jest B*, *Niektóre A są B* i *Niektóre A nie są B*). Jest to zapewne najmniejszy fragment języka angielskiego będący przedmiotem zainteresowania logiki, a określenie poprawnych wnioskowań w jego obrębie posiada odpowiednio niską złożoność (na poziomie NLOGSPACE-zupełnym). Co stanie się gdy dodamy zdania względne dopuszczające zdania takie jak: *Każdy artysta, który nie jest pszczelarzem jest stolarzem*? Fragment ten jest co-NPTIME-zupełny. Co stanie się gdy dodamy również czasowniki przechodnie dopuszczające zdania takie jak: *Wszyscy artyści, którzy podziwiają jakiegoś pszczelarza, nie podziwiają żadnego stolarza*? Złożoność podnosi się na poziom EXPTIME-zupełny. Co stanie się gdy dodamy także anaforę z ograniczonymi zmiennymi pozwalającą tworzyć zdania takie jak: *Każdy artysta, który zna pewnego pszczelarza, podziwia go*? Złożoność ponownie wzrasta przechodząc do poziomu NEXPTIME-zupełny. I tak dalej: im więcej dodamy gramatycznych środków wyrazu, tym trudniejsze staje się wnioskowanie, ale dzieje się to nieregularnie, w sposób trudny do przewidzenia.

Przegląd tych wyników został opublikowany w napisanym na zaproszenie artykule [38].

1.2.2 Nowa sylogistyka

Teoria sylogizmu dominowała w historii logiki od czasów antycznych aż do końca XIX wieku. Pierwsza matematycznie rygorystyczna analiza sylogistyki klasycznej została podjęta przez Łukasiewicza i Słupeckiego tuż przed wybuchem II Wojny Światowej. Temat ten został pokrótce wznowiony w latach siedemdziesiątych XX wieku, przy czym podjęte analizy były wierniejsze oryginalnemu systemowi Arystotelesa. Analizy tego typu dały początek mojej własnej pracy w tym obszarze, podjętej we współpracy z Lawrencem S. Mossem (Uniwersytet w Indianie). Postawiliśmy pytanie czy zestawy reguł wnioskowania mogłyby zostać sformułowane w taki sposób, aby uchwycić poprawne wnioskowanie w sylogistyce względnej – będącej rozszerzeniem sylogistyki klasycznej, w której występują zdania zawierające czasowniki przechodnie (np. *Każdy artysta podziwia jakiegoś pszczelarza*). Tego typu rozszerzenia sylogistyki podejmowali w XIX wieku Boole, De Morgan i inni, ale ich wysiłki udaremniła niedostępność technik znanych współczesnej logice i teorii złożoności obliczeniowej. Wykorzystując owe techniki, wspólnie z profesorem Mossem pokazaliśmy zaskakujący wynik, że istnienie poprawnych i pełnych (*sound and complete*) sylogistycznych systemów dowodzenia dla takich rozszerzeń sylogistyki klasycznej nie jest w żadnym razie zagwarantowane, ale w skomplikowany sposób zależy od szczegółów rozważanego języka oraz dostępnych narzędzi z teorii dowodu. Odkrycia te zaprezentowane zostały we wspólnej publikacji [42] (później rozwiniętej w pracy [35]). W szeregu późniejszych publikacji otrzymałem analogiczne wyniki dla różnych innych rozszerzeń sylogistyki, w tym sylogistyki numerycznej [30, 32, 36] oraz sylogistyki 'Hamiltońskiej' [34]. Co oczywiste ten wątek prac jest interesujący przede wszystkim ze względów kulturowych (a nie technologicznych), niemniej jednak, jest prawdopodobnie tą częścią mojego dorobku naukowego, którą lubię najbardziej.

1.2.3 Wyrażenia temporalne w języku naturalnym

Ze wszystkich cech języka naturalnego prawdopodobnie żadna nie jest tak bogata i fascynująca jak wyrażanie czasu, a ja niemalże od początku mojej kariery naukowej zajmuję się zjawiskiem temporalności w języku naturalnym. Moje początkowe prace w tej dziedzinie we współpracy z profesorem Nissim Francezem (Instytut Technologii Technion, Hajfa) dotyczyły motywowanych czysto lingwistycznie własności semantyki przyimków czasu w języku angielskim [18]. Później, a zwłaszcza podczas urlopu naukowego na Uniwersytecie w Edynburgu w roku 2003, moje zainteresowania zwróciły się ku analizie obliczeniowej typu omówionego powyżej. W pracach [25, 27] udało mi się ustalić złożoność obliczeniową logiki temporalnej generowanej przez wyrażenia czasowe w języku angielskim, których semantykę badaliśmy początkowo z profesorem Francezem. Moje obecne prace z tej dziedziny (we współpracy z dwoma doktorantami) dotyczą stosowania tych wyników do analizy i automatycznego generowania specyfikacji protokołów w języku naturalnym.

1.3 Logika przestrzenna

Poddziedzina sztucznej inteligencji znana jako jakościowe rozumowanie przestrzenne (*qualitative spatial reasoning*) dotyczy problemu reprezentowania informacji przestrzennych i manipulowania nimi w kontekstach życia codziennego. W ostatnich dziesięcioleciach duża część działań na tym polu skupiała się na tak zwanych logikach przestrzennych – językach formalnych, których zmienne przebiegają rozszerzone rejony przestrzenne (krótko mówiąc: części przestrzeni potencjalnie zajmowane przez przedmioty fizyczne) i których nielogiczne funkcje pierwotne odpowiadają (zazwyczaj w sensie ilościowym) relacjom i operacjom geometrycznym dotyczącym tychże rejonów. Wykorzystanie formalizmu sformułowanego w całości na poziomie rejonów rozszerzonych i relacji jakościowych daje nadzieję na uniknięcie ekspresywnych – a tym samym obliczeniowo drogich – mechanizmów logicznych wymaganych do zrekonstruowania takich rejonów jako nieskończonych zbiorów (nierozszerzonych) punktów przestrzennych. Chociaż w moich początkowych zainteresowaniach logiką przestrzenną sugerowałem się kwestiami dotyczącymi jej znaczenia filozoficznego, z upływem czasu – a zwłaszcza z wykrystalizowaniem się w moim umyśle matematycznych podstaw dla tego tematu – moje badania naukowe w tej dziedzinie szybko zaczęły charakteryzować bardziej ścisłe kwestie obliczeniowe.

1.3.1 Kwestie filozoficzne

Prowadziłem badania, używając ścisłego aparatu matematycznego, dotyczące różnorodnych zbiorów regionów przestrzennych z nisko-wymiarowych przestrzeni euklidesowych, w których jakościowe pojęcia przestrzenne można interpretować w znany sposób. Dowolna struktura przestrzenna tego rodzaju w sposób naturalny definiuje teorię pierwszego rzędu, a mianowicie zbiór formuł logiki pierwszego rzędu (z predykatami reprezentującymi pewien wybrany zestaw własności jakościowych i relacji przestrzennych), które w tejże strukturze są prawdziwe. Pojawiają się zatem różnorodne kwestie matematyczne dotyczące tej teorii: Czy możemy scharakteryzować ją aksjomatycznie? Jakie alternatywne modele posiada i w jaki sposób odnoszą się one do ‘tradycyjnego’ modelu przestrzeni, od którego wyszliśmy? Jaka jest zdolność wyrażania rozważanych języków, to jest, jakie relacje geometryczne potrafią one zdefiniować w docelowych modelach? Jaka jest złożoność przeprowadzenia rozumowania geometrycznego przy użyciu tejże teorii? W szeregu artykułów opublikowanych na przestrzeni dziesięciu lat wraz z moimi współpracownikami odpowiedzieliśmy na wszystkie z tych pytań dla najistotniejszych teorii jakościowych dotyczących topologicznych (i, w pewnym zakresie, afinicznych) relacji przestrzennych. I tak też, aksjomatyzacje logik topologicznych przedstawiono w [20], ich zdolność wyrażania scharakteryzowano w [21] (dwuwymiarowy przypadek topologiczny), [17] (dwuwymiarowy przypadek afiniczny), oraz [43] (trójwymiarowy przypadek topologiczny), natomiast teoria modeli dla tego typu teorii została przestudiowana w [19]. Ostatni z powyższych trzech wątków prac ma istotne znaczenie w kwestii obalenia wielu twierdzeń filozoficznych przedstawionych we wczesnej literaturze dotyczącej jakościowego rozumowania przestrzennego. Pokazałem w szczególności, że dowolny taki model przestrzeni oparty na regionach musi albo falsyfikować jakieś stwierdzenie, które obowiązuje w tradycyjnym punktowym modelu przestrzeni, albo musi się w nim zanurzać (w matematycznie precyzyjnym sensie) kopia takiego modelu. Mój ogólny punkt widzenia został podsumowany w artykule [22], natomiast wyczerpujące badanie matematyczne przedstawiono w [29], która to praca stanowi jeden z rozdziałów *Handbook of Spatial Logic* [1], który redagowałem wraz z Marco Aiello i Johanem van Benthem. W późniejszym czasie, niektóre z moich wyników dotyczących siły wyrażania logiki topologicznej zostały w istotnej mierze rozszerzone przez profesora Erniego Davisa (Instytut Couranta, Nowy Jork) [3].

Kwestie obliczeniowe

Główna motywacja dla rozwoju logiki przestrzennej nie miała jednakże podłoża filozoficznego, ale obliczeniowe. Zasadnicze pytanie, które pojawia się w tym miejscu brzmi: jeśli posiadamy formułę jakiejś logiki przestrzennej, jaka jest złożoność obliczeniowa określenia czy formuła ta jest spełnialna, to znaczy, innymi słowy, czy sytuacja, którą ta formuła opisuje jest realizowalna geometrycznie? Pytanie to jest przede wszystkim istotne w przypadku *zdaniowych języków przestrzennych*—czasami nazywanych językami ograniczeń (*constraint languages*)—z których najbardziej znany jest formalizm $\mathcal{RCC}8$, zaproponowany w roku 1992 przez grupę naukowców z Uniwersytetu w Leeds. Początkowe wyniki wskazywały, że złożoność obliczeniowa tego formalizmu jest bardzo niska. Jednakże, jak udało się w owym czasie dostrzec, $\mathcal{RCC}8$ sam w sobie ma zbyt małą siłę wyrażania, aby mieć jakieś znaczenie praktyczne: w szczególności, nie pozwala nam łączyć regionów (poprzez branie ich sum bądź części wspólnych), jak również nie pozwala powiedzieć, że regiony są spójne (w takim sensie, że składają się z jednej części). Wraz z moimi współpracownikami, profesorem Michaelem Zakharyaschevem i doktorem Romanem Kontchakovem (Birkbeck College, Londyn), badałem złożoność obliczeniową przeróżnych rozszerzeń $\mathcal{RCC}8$ interpretowanych w nisko-wymiarowych przestrzeniach euklidesowych. Pod uwagę brane były dwie z takich grup rozszerzeń: rozszerzenia *niepozorne*, pozwalające jedynie stwierdzić, że regiony składają się z pojedynczej części, oraz rozszerzenia *ambitne* (pozwalające zarówno łączyć regiony, jak i stwierdzać, że regiony składają się z jednej części). Nasza analiza rozszerzeń niepozornych [13, 14] rozważała wpływ rozszerzenia $\mathcal{RCC}8$ o predykat wyrażający własność spójności, a także ustalała rozstrzygalność i złożoność otrzymanej logiki dla przestrzeni euklidesowych wszystkich wymiarów. Co istotniejsze, pokazaliśmy, że pozornie bardzo techniczne (a jednak naturalne) wzmocnienie pojęcia spójności daje języki o zdumiewającej sile wyrażania, tym samym ujawniając zróżnicowany i dotychczas nieoczekiwany krajobraz teorii złożoności obliczeniowej. Nasza analiza ambitnych rozszerzeń $\mathcal{RCC}8$ [10, 11] (w którą wkład miał również jeden z moich doktorantów), wykazała, że języki te w rzeczywistości są nierozstrzygalne na płaszczyźnie euklidesowej, i co więcej (przy niewielkich ograniczeniach technicznych) także w przestrzeniach euklidesowych wszystkich wyższych wymiarów. Publikacja [10], w której prace te zostały zreferowane, otrzymała nagrodę dla najlepszej artykułu konferencji, na której została zaprezentowana, zostając wybraną spośród ponad 1.400 zgłoszonych tekstów. Zachowanie tych logik w klasach ogólnych abstrakcyjnych przestrzeni topologicznych przedstawiono w [12].

Pozostała działalność naukowa

W trakcie mojej kariery naukowej w następujących okresach przebywałem na urlopach naukowych (jeśli nie zaznaczono inaczej, trwały one sześć miesięcy):

1. Uniwersytet w Saarbrucken (1993; 3 miesiące);
2. Uniwersytet w Zurychu (1999);
3. Uniwersytet w Edynburgu (2003);
4. Uniwersytet Wrocławski (2010);
5. Uniwersytet w Bremie (2011).

W sumie opublikowałem blisko 40 artykułów w czasopismach naukowych oraz znacznie więcej artykułów w recenzowanych sprawozdaniach z konferencji naukowych, a także inne dzieła zebrane. Gościłem dwóch zagranicznych stypendystów Rady Badań Fizyczno-Inżynieryjnych (EPSRC) w czasie ich urlopów naukowych na Uniwersytecie w Manchester: profesora Nissima Franceza (Instytut Technologii Technion, Hajfa), oraz profesora Ivo Düntscha (Uniwersytet Brock, Ontario), z którym współpracowałem przy projekcie niezwiązanym z głównymi obszarami moich zainteresowań opisanymi powyżej [4, 40, 41]. Byłem zapraszany na seminaria wydziałowe na rozlicznych uniwersytetach w całej Europie, a także do wygłaszania prelekcji plenarnych w trakcie wielu warsztatów i konferencji międzynarodowych.

2 Praca dydaktyczna

2.1 Praca dydaktyczna ze studentami i magistrantami

Posiadam rozległe doświadczenie za zakresu planowania, przygotowywania i prowadzenia wykładów na wszystkich poziomach akademickich, od pierwszego roku studiów licencjackich do zajęć na studiach magisterskich oraz doktoranckich. Poniższa lista zajęć prowadzonych przeze mnie na Uniwersytecie w Manchester ilustruje zakres tematyczny przedmiotów prowadzonych na poszczególnych poziomach

1. Sztuczna Inteligencja: pierwszy, drugi i trzeci rok studiów licencjackich; studia magisterskie.
2. Filozofia SI: studia magisterskie.
3. Programowanie SI (LISP i Prolog): drugi rok studiów licencjackich; studia magisterskie.
4. Logika i przetwarzanie języka naturalnego: drugi rok studiów licencjackich.
5. Algorytmy i złożoność: trzeci rok studiów licencjackich.
6. Pisanie prac: studia magisterskie i doktoranckie.

Podczas bezpłatnego urlopu na Uniwersytecie w Manchester w roku 1991, prowadziłem przedmiot studiów *Künstliche Intelligenz* (w języku niemieckim) na Uniwersytecie w Hildesheim. Na Uniwersytecie Opolskim, prowadziłem następujące zajęcia:

1. Umiejętności prezentacyjne (w języku angielskim/polskim)
2. Programowanie w języku Prolog (w Opolu, w języku angielskim)
3. Terminologia obcojęzyczna (w języku polskim).

2.2 Opieka nad studentami

Udało mi się pomyślnie doprowadzić siedmiu studentów studiów doktoranckich do obrony, a obecnie sprawuję opiekę nad kolejnymi czterema, którzy powinni dokończyć swoje prace w ciągu najbliższych 18 miesięcy. Nadzorowałem liczne (co najmniej 30) prace magisterskie, oraz jeszcze więcej (co najmniej 50) prac licencjackich.

Lista doktorantów

1. Ayoade Adeniyi: Time in controlled natural languages. Due to submit: January, 2017.

2. Yegor Guskov: Trees in two-variable logic with counting. Due to submit: September, 2016.

3. Georgios Kourtis: Key constraints in Open-World Databases. Due to submit: September, 2016.

4. Reyadh Allhuaibi: Controlled natural languages for process specification. Due to submit: September, 2016.

5. Yavor Nenov: Computational Analysis of Spatial Logic. PhD. awarded September, 2011. External examiner: Prof. Frank Wolter (University of Liverpool). Internal examiner: Prof. Ulrike Sattler.

6. Adam Trybus: Computational Logic of Euclidean Spaces. PhD. awarded December, 2011. External examiner: Dr. Antony Galton (University of Exeter). Internal examiner: Dr. Renate Schmidt.

7. Aled Griffiths: Computational Properties of Spatial Logics in the Real Plane. PhD. awarded November, 2008. External examiner: Dr. Brandon Bennett (Leeds University). Internal examiner: Dr. David Lester.

8. Savas Konur: An Interval Temporal Logic for Real-Time System Specification. PhD. awarded, August, 2008. External examiner: Dr. Clair Dixon (Liverpool University). Internal examiner: Prof. David Brée.

9. Allan Third: Logical Analysis of Fragments of Natural Language. PhD. awarded 2006. External examiner: Prof. Dov Gabbay (King's College, London). Internal examiner: Prof. Ulrike Sattler.

10. Nick Player: Logics of Ambiguity. PhD. awarded 1999. External examiner: Prof. Patrick Blackburn (LORIA, Nancy). Internal examiner: Dr. D. Rydeheard.

11. Dominik Schoop: Computational Mereotopology: a Logical Approach. PhD. awarded 1999. External examiner: Prof. A. Cohn (Leeds University). Internal examiner: Dr. D. Rydeheard.

Lista recenzji doktoratów

Byłem recenzentem (*External Examiner*) dla następującycz prac doktorskich.

1. Piotr Witkowski: "Complexity of some logics extended with monadic Datalog programs", Uniwersytet Wrocławski, 2015.

2. Christopher Hampson: "Two-dimensional modal logics with difference relations", King's College, London, 2015.

3. Erica Calardo: "Inference rules in some temporal, multi-epistemic propositional logics", Manchester Metropolitan University, 2008.

4. Mehmet Giritli: "First-order andModal Logics for Spatial Reasoning", Universität Freiburg, 2011.

5. Camilo Thorne: "Query Answering over Ontologies using Controlled Natural Languages", Free University of Bozen-Bolzano, 2010.

6. Davide Bresoli: Proof Methods for Interval Temporal Logics, Universitá degli Studi di Udine, 2007

7. Floris Geerts: "Geometric and Algorithmic Aspects of Topological Queries to Spatial Databases", University of Limburg, 2001.

8. Frank Schilder: "Temporal Relations in English and German Narrative", Universität Hamburg, 1997.

9. Sheila Rock: "Understanding Natural Language about Multiple Eventualities and Continuous Eventualities", University of Edinburgh, 1996.

2.3 Praca dydaktyczna za granicą

Regularnie uczestniczę w Europejskiej Letniej Szkole Logiki, Języka i Informacji (ESSLLI), dorocznym dwutygodniowym wydarzeniu organizowanym pod patronatem Stowarzyszenia Języka, Logiki i Informacji, w którym udział bierze blisko 400 absolwentów uczelni z całego świata. Prowadziłem zajęcia na poniższych letnich szkołach ESSLLI:

1. Logika przestrzenna: Birmingham, 2000 (wraz z Brendonem Bennettem);
2. Logika i język naturalny: Nancy, 2004;
3. Logika ze zliczaniem: Dublin, 2007;
4. Logika ze zliczaniem: Bordeaux, 2009;
5. Logika przestrzenna: Tübingen, 2014 (wraz z Michaelem Zakharyaschevem).

Prowadziłem również zajęcia dla absolwentów w czasie Panhelleńskiej Konferencji Logiki (Ateny, 2005), a na wcześniejszym etapie kariery rozliczne kursy programowania dla klientów branżowych.

3 Kierownictwo i administracja akademicka

3.1 Kierowanie projektami

Jestem Kierownikiem Projektów Naukowych (lub wymienionym z nazwiska Wizytującym Pracownikiem Naukowym) różnych grantów badawczych, w tym:

1. Formal Semantics for Cartographic Representation [Semantyka formalna dla odwzorowań kartograficznych] (Leverhulme Trust F/120/AQ, lipiec 1995–marzec 1998);
2. Process Specification using Natural Language [Specyfikacje procesowe z wykorzystaniem języka naturalnego] (wyznaczony Wizytujący Pracownik Naukowy w Programie Stypendialnym Rady Badań Fizyczno-Inżynieryjnych (EPSRC) GR/L/07529, lipiec 1996– marzec 1997);
3. Computational mereotopology (Komisja Europejska, Program Stypendialny kształcenia i mobilności naukowców (TMR) ERBFM- BICT972035, czerwiec 1997– maj 1999);
4. Computational Logic of Euclidean Spaces [Logika obliczeniowa przestrzeni euklidesowych] (grant Rady Badań Fizyczno-Inżynieryjnych (EPSRC) EP/E035248/1, wrzesień 2007 –sierpień, 2010);
5. Arithmetic Circuits in Mathematical Logic [Układy arytmetyczne w logice matematycznej] (Program Stypendialny Rady Badań Fizyczno-Inżynieryjnych (EPSRC) EP/E069154/1, lipiec 2008 – wrzesień 2009);
6. The Limits of Decidability [Granice rozstrzygalności] (grant Rady Badań Fizyczno-Inżynieryjnych (EPSRC) EP/K017438/1, marzec 2013 – wrzesień 2015).

Posiadam rozległe doświadczenie z zakresu administracji akademickiej na Uniwersytecie w Manchester, w tym pełniłem funkcję Kierownika Działu Nauczania na studiach magisterskich.

3.2 Działalność popularyzująca naukę

W 2015 roku nakręciłem krótki spot popularyzujący informatykę, dostępny w internecie (`https://www.youtube.com/watch?v=LfmyEW0YpOw`).

3.3 Pozostała działalność na rzecz społeczności akademickiej

W latach 2006 – 2013 byłem członkiem kolegium redakcyjnego naukowego czasopisma specjalistycznego *Journal of Logic, Language and Information*. Uczestniczyłem w pracach komitetów programowych wielu konferencji międzynarodowych, w tym *Logic in Computer Science*, *International Joint Conference on Artificial Intelligence* i *Knowledge Representation*. Pełniłem funkcję recenzenta naukowego dla wszystkich ważniejszych czasopism branżowych w moim obszarze zainteresowań, w tym dla *Journal of the ACM*, *Artificial Intelligence*, *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, *Bulletin of Symbolic Logic*, *Review of Symbolic Logic*, *Notre Dame Journal of Formal Logic*, *Journal of Philosophical Logic*, *Journal of Logic and Computation* (i wielu innych), jak również jestem autorem setek recenzji sprawozdań konferencyjnych i wniosków o granty naukowe. Byłem organizatorem kilku pomniejszych konferencji, w tym *Joint International Conference and Symposium on Logic Programming* (1998), *Workshop on Inference in Computational Semantics* (2006), *British Colloquium on Theoretical Computer Science* (2012).

W latach 2009 – 2013, byłem członkiem komisji nagrody *Beth Dissertation Prize*, międzynarodowego konkursu na najlepszą pracę doktorską organizowanego pod patronatem Stowarzyszenia Logiki, Języka i Informacji (*Association for Logic, Language and Information*). Od roku 2014 pełnię funkcję przewodniczącego tej komisji. Komisja ta składa się z dwunastu członków nominowanych przez ekspertów z całego świata. Moja funkcja jako przewodniczącego polega na ponownym mianowaniu komisji, rozpowszechnianiu konkursu, organizowaniu procedury rozstrzygającej oraz, oczywiście, wręczaniu nagrody.

Literatura

[1] Marco Aiello, Ian Pratt-Hartmann, and Johan van Benthem. *Handbook of spatial logics*. Springer, Heidelberg, 2007.

[2] Witold Charatonik and Piotr Witkowski. Two-variable logic with counting and trees. In *Proceedings of the Twenty-Eighth Annual IEEE Symposium on Logic in Computer Science (LICS)*, pages 73–82. IEEE, 2013.

[3] Ernest Davis. The expressive power of first-order topological languages. *Journal of Logic and Computation*, 23(5):1107–1141, 2013.

[4] Ivo Düntsch and Ian Pratt-Hartmann. Complex algebras of arithmetic. *Fundamenta Informaticae*, 97(4):347–367, 2009.

[5] Erich Grädel, Martin Otto, and Eric Rosen. Two-variable logic with counting is decidable. In *Proceedings of the 12th IEEE Symposium on Logic in Computer Science*, pages 306–317. IEEE, 1997.

[6] Yevgeny Kazakov and Ian Pratt-Hartmann. A note on the complexity of the satisfiability problem for graded modal logics. In *Logic In Computer Science, 2009. LICS'09. 24th Annual IEEE Symposium on*, pages 407–416. IEEE, 2009.

[7] Emanuel Kieronski, Jakub Michaliszyn, Ian Pratt-Hartmann, and Lidia Tendera. Two-variable first-order logic with equivalence closure. In *Logic in Computer Science (LICS), 2012 27th Annual IEEE Symposium on*, pages 431–440, 2012.

[8] Emanuel Kieroński, Jakub Michaliszyn, Ian Pratt-Hartmann, and Lidia Tendera. Two-variable first-order logic with equivalence closure. *SIAM Journal on Computing*, 43(3):1012–1063, 2014.

[9] Emanuel Kieroński, Ian Pratt-Hartmann, and Lidia Tendera. Equivalence closure in the two-variable guarded fragment. *Journal of Logic and Computation*, forthcoming.

[10] Roman Kontchakov, Yavor Nenov, Ian Pratt-Hartmann, and M. Zakharyaschev. On the decidability of connectedness constraints in 2D and 3D euclidean spaces. In Toby Walsh, editor, *Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 957–962. AAAI Press, 2011.

[11] Roman Kontchakov, Yavor Nenov, Ian Pratt-Hartmann, and Michael Zakharyaschev. Topological logics with connectedness over euclidean spaces. *ACM Trans. Comput. Logic*, 14(2):13:1–13:48, 2013.

[12] Roman Kontchakov, Ian Pratt-Hartmann, Frank Wolter, and Michael Zakharyaschev. Spatial logics with connectedness predicates. *Logical Methods in Computer Science*, 6(3:7), 2010.

[13] Roman Kontchakov, Ian Pratt-Hartmann, and Michael Zakharyaschev. Interpreting topological logics over euclidean spaces. In *Proceedings, Twelfth International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR)*, pages 534–544. AAAI Press, 2010.

[14] Roman Kontchakov, Ian Pratt-Hartmann, and Michael Zakharyaschev. Spatial reasoning with and connectedness constraints in euclidean spaces. *Artificial Intelligence*, 217:43–75, 2014.

[15] Thomas Schwentick Mikolaj Bojanczyk, Anca Muscholl and Luc Segoufin. Two-variable logic on data trees and xml reasoning. *Journal of the ACM*, 56(3):13:1–13:48, 2009.

[16] L. Pacholski, W. Szwast, and L. Tendera. Complexity of two-variable logic with counting. In *Logic in Computer Science*, pages 318–327. IEEE, 1997.

[17] Ian Pratt. First-order qualitative spatial representation languages with convexity. *Journal of Spatial Cognition and Computation*, 1(2):181–204, 1999.

[18] Ian Pratt and Nissim Francez. Temporal prepositions and temporal generalized quantifiers. *Linguistics and Philosophy*, 24(2):187–222, 2001.

[19] Ian Pratt and Oliver Lemon. Ontologies for plane polygonal mereotopology. *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 38(2):225–245, 1997.

[20] Ian Pratt and Dominik Schoop. A complete axiom system for polygonal mereotopology of the real plane. *Journal of Philosophical Logic*, 27(6):621–658, 1998.

[21] Ian Pratt and Dominik Schoop. Expressivity in polygonal, plane mereotopology. *Journal of Symbolic Logic*, 65(2):822–838, 2000.

[22] Ian Pratt-Hartmann. Empiricism and rationalism in region-based theories of space. *Fundamenta Informaticae*, 46:159–186, 2001.

[23] Ian Pratt-Hartmann. A two-variable fragment of English. *Journal of Logic, Language and Information*, 12(1):13–45, 2003.

[24] Ian Pratt-Hartmann. Fragments of language. *Journal of Logic, Language and Information*, 13(2):207–223, 2004.

[25] Ian Pratt-Hartmann. Temporal prepositions and their logic: extended abstract. In *Proceedings. 11th International Symposium on Temporal Representation and Reasoning*, pages 7–8, 2004.

[26] Ian Pratt-Hartmann. Complexity of the two-variable fragment with counting quantifiers. *Journal of Logic, Language and Information*, 14(3):369–395, 2005.

[27] Ian Pratt-Hartmann. Temporal prepositions and their logic. *Artificial Intelligence*, 166(1–2):1–36, 2005.

[28] Ian Pratt-Hartmann. Complexity of the guarded two-variable fragment with counting quantifiers. *Journal of Logic and Computation*, 17(1):133–155, 2007.

[29] Ian Pratt-Hartmann. First-order region-based theories of space. In Marco Aiello, Ian Pratt-Hartmann, and Johan van Benthem, editors, *Handbook of Spatial Logics*, pages 13–97. Springer, Heidelberg, 2007.

[30] Ian Pratt-Hartmann. On the computational complexity of the numerically definite syllogistic and related logics. *Bulletin of Symbolic Logic*, 14(01):1–28, 2008.

[31] Ian Pratt-Hartmann. Data-complexity of the two-variable fragment with counting quantifiers. *Information and Computation*, 207(8):867–888, 2009.

[32] Ian Pratt-Hartmann. No syllogisms for the numerical syllogistic. In *Languages: From formal to natural*, pages 192–203. Springer, 2009.

[33] Ian Pratt-Hartmann. The two-variable fragment with counting revisited. In Anuj Dawar and Ruy de Queiroz, editors, *Logic, Language, Information and Computation*, volume 6188 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 42–54. Springer, 2010.

[34] Ian Pratt-Hartmann. The Hamiltonian syllogistic. *Journal of Logic, Language and Information*, 20(4):445–474, 2011.

[35] Ian Pratt-Hartmann. The relational syllogistic revisited. *Linguistic Issues in Language Technology*, 9(10):1–35, 2013.

[36] Ian Pratt-Hartmann. The syllogistic with unity. *Journal of Philosophical Logic*, 42(2):391–407, 2013.

[37] Ian Pratt-Hartmann. Logics with counting and equivalence. In *Proceedings of the Joint Meeting of the Twenty-Third EACSL Annual Conference on Computer Science Logic (CSL) and the Twenty-Ninth Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science (LICS)*, CSL-LICS '14, pages 76:1–76:10, New York, 2014. ACM.

[38] Ian Pratt-Hartmann. Semantic complexity in natural language. In S. Lappin and C. Fox, editors, *The Handbook of Contemporary Semantic Theory*, pages 429–454. Wiley Blackwell, 2nd edition, 2015.

[39] Ian Pratt-Hartmann. The two-variable fragment with counting and equivalence. *Mathematical Logic Quarterly*, 61(6):474–515, 2015.

[40] Ian Pratt-Hartmann and Ivo Düntsch. Functions definable by arithmetic circuits. In *Mathematical Theory and Computational Practice*, pages 409–418. Springer, 2009.

[41] Ian Pratt-Hartmann and Ivo Düntsch. Functions definable by numerical set-expressions. *Journal of Logic and Computation*, 24(4):873–895, 2013.

[42] Ian Pratt-Hartmann and Lawrence S. Moss. Logics for the relational syllogistic. *The Review of Symbolic Logic*, 2:647–683, 12 2009.

[43] Ian Pratt-Hartmann and Dominik Schoop. Elementary polyhedral mereotopology. *Journal of Philosophical Logic*, 31(5):469–498, 2002.

[44] Ian Pratt-Hartmann and Allan Third. More fragments of language. *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 47(2):151–177, 4 2006.