

W poszukiwaniu nowych logik komputerowych

Obiekty pojawiające się w rozmaitych obszarach informatyki takich, jak m.in. weryfikacja programów i sprzętu, reprezentacja wiedzy, czy bazy danych są często modelowane jako relacyjne struktury logiczne, czyli zbiory elementów, na których zdefiniowane są pewne matematyczne relacje. O takich modelach chcielibyśmy prowadzić różnego rodzaju automatyczne wnioskowania: możemy na przykład chcieć sprawdzić, czy dany program rzeczywiście robi to co trzeba, czy dana baza wiedzy jest spójna albo czy wynika z niej pewien fakt. W tym celu specyfikujemy odpowiednie własności rozważanych obiektów za pomocą formuł logicznych, a następnie poddajemy cały system automatycznej analizie. Bardzo często analiza taka sprowadza się do zbadania tzw. spełnialności formuły, czyli sprawdzenia, czy ma ona model.

Aby móc przeprowadzać opisaną powyżej procedurę musimy dysponować odpowiednim językiem opisu własności interesujących nas obiektów. Niestety, w przypadku najbardziej naturalnego języka opisu, jakim jest logika pierwszego rzędu, problem spełnialności jej formuł okazuje się być nierozstrzygalny, co oznacza, że (nawet w teorii) nie istnieje algorytm, który by go rozwiązywał. Dlatego też ogromny wysiłek dużego międzynarodowego środowiska badaczy skierowany jest na poszukiwanie języków o dobrych własnościach, tj. takich, które mają rozstrzygalny, i to najlepiej za pomocą algorytmów o w miarę niskiej złożoności, problem spełnialności, a jednocześnie dysponują odpowiednio dużą siłą wyrazu. Mamy tu oczywiście zazwyczaj do czynienia z pewną naturalną zależnością: im więcej potrafimy wyrazić w danym języku, tym trudniejsze obliczeniowo jest prowadzenie w nim automatycznych wnioskowań.

Standardem w informatyce stały się już logiki modalne, temporalne i deskrypcyjne, które nazywane są czasem nawet *logikami komputerowymi*. Formalnie nie są one fragmentami logiki pierwszego rzędu, mają swoją własną, specyficzną i nie zawsze przyjazną składnię, ale zazwyczaj można je na logikę pierwszego rzędu przetłumaczyć. Co więcej, obraz takiego tłumaczenia mieści się często w jakimś niewielkim fragmencie logiki pierwszego rzędu. Znanych jest co najmniej kilka takich eleganckich fragmentów motywowanych zastosowaniami informatycznymi. Ich badanie pomaga zrozumieć własności standardowych logik komputerowych, wskazać składniki, które można do nich bezpiecznie dodawać albo, komplementarnie, identyfikować składniki, które same albo w kombinacji z innymi prowadzą do obliczeniowych trudności. Tego rodzaju prace mogą doprowadzić do powstania formalizmów, które same w sobie staną się nowymi logikami komputerowymi.

W naszym projekcie zamierzamy badać rozstrzygalność i złożoność obliczeniową problemu spełnialności oraz pewnych fundamentalnych problemów pokrewnych, dotyczących motywowanych praktycznymi zastosowaniami rozszerzeń kilku fragmentów logiki pierwszego rzędu: jednorodnego fragmentu jednowymiarowego UF_1 i logiki z dwiema zmiennymi FO^2 , logiki z unarną negacją UNF i logik ze strzeżoną negacją GNF oraz strzeżonymi kwantyfikatorami GF. Wśród interesujących nas podstawowych rozszerzeń wymienionych bazowych formalizmów są relacje równoważności, relacje przechodnie, liniowe porządki i kwantyfikatory zliczające, wszystkie bardzo naturalne w wielu praktycznych zastosowaniach. Planujemy także zajmować się spełnialnością powyższych logik w pewnych ważnych klasach modeli takich jak słowa i drzewa. Spośród wymienionych formalizmów FO^2 i GF są już dość dokładnie zbadane i dość dobrze rozumiane, wciąż jednak pozostaje kilka interesujących pytań, na które będziemy starali się odpowiedzieć. Główny nacisk w naszym projekcie będzie położony jednak na zaproponowane w ostatnich kilku latach logiki UNF, GNF oraz UF_1 .