

Logiczne narzędzia do wnioskowania o odcinkach czasowych: co możemy za ich pomocą wyrazić i jakim kosztem?

Przemysław Andrzej Wałęga
Instytut Filozofii, Uniwersytet Warszawski

Wnioskowaniem o zależnościach czasowych zajmowali się już w starożytności Zenon z Elei oraz Arystoteles. Od tego czasu nieprzerwanie trwa debata filozoficzna na temat natury czasu, zależności zachodzących pomiędzy zdarzeniami czasowymi oraz sposobu, w jaki ludzie wnioskuje o czasie. Problematyka czasu nurtuje od dawna nie tylko filozofów, ale również logików, matematyków, informatyków, lingwistów i psychologów. Ich badania zaowocowały wypracowaniem licznych metod formalnych służących do reprezentacji zdarzeń czasowych i wnioskowania na ich temat. Obecnie znaczna część badań tego typu prowadzona jest w ramach projektu *Sztucznej Inteligencji*, którego głównym celem jest wypracowanie metod reprezentacji i symulacji inteligentnych zachowań człowieka w sposób zrozumiały dla komputerów. Metody projektowane w ramach tego obszaru można podzielić ze względu na rodzaj podstawowych obiektów ontologicznych wykorzystywanych do reprezentacji czasu na punktowe (czas składa się z punktów czasowych) oraz interwałowe (czas składa się z odcinków czasowych). Podczas wystąpienia będę omawiał metody drugiego rodzaju.

Jedną z najważniejszych logik do wnioskowań o interwałach czasowych jest logika Halperna-Shohama (HS). Język logiki HS pozwala wyrazić złożone relacje czasowe, czego ceną jest nierozstrzygalność problemu spełnialności jej formuł, tzn. brak możliwości stwierdzenia za pomocą komputerowego algorytmu o pewnych formułach tej logiki, czy są prawdziwe czy fałszywe. W rezultacie duża część badań nad logiką HS dotyczy poszukiwań takich jej fragmentów, które byłyby rozstrzygalne, a zarazem zachowały możliwość wyrażania złożonych zależności czasowych. W ostatnich latach przeprowadzono badania nad fragmentami HS otrzymanymi przez nałożenie syntaktycznych ograniczeń na budowę formuł logiki i wykazano, że pewne otrzymane w ten sposób fragmenty są rozstrzygalne. Jeden z tak wyodrębnionych fragmentów został nawet komputerowo zaimplementowany jako pierwszy – i dotychczas jedyny – fragment HS. Wykorzystano go do przeprowadzenia wnioskowań z użyciem baz danych historycznych oraz meteorologicznych.

Syntaktyczne ograniczenia na formuły HS, mające na celu wyodrębnienie rozstrzygalnych jej fragmentów, zdają się jednak uniemożliwiać wyrażenie kluczowej w zagadnieniach czasowej reprezentacji wiedzy konstrukcji tzw. *odnoszenia się do pojedynczych interwałów* (ang. *referentiality*). Konstrukcja ta polega na stwierdzeniu, że w określonym pojedynczym interwale zachodzi pewna własność, np. że „jutro pomiędzy godziną 12 a 13 będzie padał deszcz”. Standardową metodą odnoszenia się do pojedynczych interwałów w logikach modalnych jest tak zwana *hybrydyzacja logiki*. Metoda ta polega na dodaniu do języka logiki wyrażeń dwóch typów. Wyrażenia pierwszego typu służą do wskazywania (etykietowania) pojedynczych interwałów. Wyrażenia drugiego typu pozwalają odnosić się do interwału z określoną etykietą. Przykładowo, aby wyrazić w języku logiki, że „jutro pomiędzy godziną 12 a 13 będzie padał deszcz”, należałoby w pierwszej kolejności oznaczyć pewną etykietą interwał czasowy zaczynający się jutro o godzinie 12 i kończący się o godzinie 13, a następnie stwierdzić, że w interwale oznaczonym tą etykietą będzie padał deszcz. Hybrydyzacja stanowi obecnie uznany kierunek badań nad logikami modalnymi, w ramach którego przeprowadzono m.in. analizę punktowych logik czasowych. Zaskakujący jest przy tym fakt, że podobna analiza nie została dotychczas przeprowadzona dla logik interwałowych (poza szczątkowymi wynikami dla pełnej logiki HS oraz wstępnymi badaniami kierownika planowanego projektu), a w szczególności fragmentów HS, których hybrydyzacja została uznana już ponad dekadę temu za obiecujący kierunek badań.

Podczas wystąpienia przedstawię moje wyniki dotyczące hybrydowych fragmentów HS, ich złożoności obliczeniowej oraz mocy wyrażalności. W szczególności, że w przypadku pewnych fragmentów HS, hybrydyzacja pozwala na wyrażenie w ich języku własności, których nie można wyrazić przed hybrydyzacją – na przykład stwierdzić, co stanie się w konkretnym interwale w przyszłości (lub stało się już w przeszłości). Z drugiej zaś strony, że hybrydowe fragmenty, które przed hybrydyzacją były rozstrzygalne, nadal takie pozostają.