

Niniejszy projekt ma na celu zrozumienie i wykorzystanie powiązań logiki deskrypcyjnej z odpowiednimi gramami logicznymi. **Logika deskrypcyjna** (DL) to formalizm używany do reprezentowania, analizowania i rozumowania na temat ustrukturyzowanej wiedzy, często ujmowanej w formie baz wiedzy, ontologii lub taksonomii. Początki DL sięgają wczesnych lat 90. XX wieku, kiedy to opracowano pierwsze systemy automatycznego rozumowania na podstawie sformalizowanych informacji. DL odwzorowuje wiedzę za pomocą *pojęć*, które są budowane w uporządkowany sposób z podstawowych nazw pojęć przy użyciu konstruktorów logicznych.

Współcześnie powstały rozbudowane systemy wzajemnie powiązanych pojęć, definicji i stwierdzeń opisujących różnorodne obszary wiedzy. Systemy te, określane mianem *ontologii*, często wykorzystują formalne narzędzia oferowane przez logikę deskrypcyjną i w związku z tym nazywane są *ontologiami DL*. Najważniejszymi przykładami takich ontologii są: SNOMED CT, <https://snomed.org/> z ponad 360 000 definicjami pojęć, Galen, <https://www.opengalen.org/> z ponad 23 000 pojęć lub Foundational Model of Anatomy, <http://si.washington.edu/projects/fma> z ponad 100 000 pojęć. Te i ponad 1200 innych ontologii są dostępne w BioPortal-u, <https://bioportal.bioontology.org/>.

DL oferuje zestaw narzędzi wnioskowania, które wspomagają tworzenie i zarządzanie ontologiami. Na przykład algorytmy DL mogą być używane do weryfikacji spójności, wykrywania niejawnych relacji między pojęciami i wymuszania pożądanych własności, takich jak rozłączność pojęć. Niniejszy projekt ma na celu udoskonalenie tych narzędzi poprzez ulepszenie podstawowych algorytmów, które umożliwiają takie zadania.

Jednym z najważniejszych zadań w aplikacjach DL jest sprawdzanie subsumpcji – określanie, czy jedno pojęcie jest bardziej ogólne od innego. Subsumpcję można obliczyć wydajnie gdy zbiór konstruktorów logicznych używanych do tworzenia pojęć jest ograniczony. W takich uproszczonych lub fragmentarycznych logikach deskrypcyjnych subsumpcję często można rozstrzygać szybko (w czasie wielomianowym). Jednak w przypadku bardziej wyrażalnych logik subsumpcja staje się trudniejsza obliczeniowo – obliczenia czasami wymagają czasu wykładniczego.

Złożoność zadań rozumowania, takich jak subsumpcja, zależy nie tylko od wyrażalności logiki, ale także od obecności wiedzy kontekstowej. Twórcy ontologii często wprowadzają zbiór aksjomatów, które opisują założenia dla wnioskowania. W terminologii DL taki zbiór aksjomatów nazywa się TBox (terminological box).

W tym projekcie skupiamy się na ograniczonej logice deskrypcyjnej $\mathcal{FL}_0$. Problem subsumpcji w $\mathcal{FL}_0$ jest rozwiązywalny w czasie wielomianowym. Jednak gdy wprowadzony zostanie zbiór aksjomatów (TBox), złożoność znacznie wzrasta, czyniąc problem ExpTime-zupełnym. Zaobserwowano, że istnieją związki między rozwiązywaniem problemu subsumpcji w $\mathcal{FL}_0$ modulo TBox a rozwiązywaniem pewnego rodzaju gier logicznych, zwanych grami ze stosem. Ten pomysł został wykorzystany do udowodnienia ExpTime-trudności subsumpcji w $\mathcal{FL}_0$ modulo TBox, poprzez zredukowanie problemu rozwiązywania gry ze stosem, który sam jest ExpTime-trudny, do problemu subsumpcji.

Chcemy kontynuować ten kierunek badań, wykazując, że klasa gier ze stosem jest równoważna problemowi subsumpcji w $\mathcal{FL}_0$ modulo TBox. Ponadto zamierzamy rozszerzyć pojęcie gier logicznych na problem *unifikacji pojęć* w ograniczonej logice deskrypcyjnej, takiej jak $\mathcal{FL}_0$.

Unifikacja pojęć to kolejne ważne narzędzie służące do utrzymania ontologii. Gdy dwie lub więcej definicje pojęć w ontologii opisują to samo zjawisko, są one uważane za zbędne. Wyeliminowanie takiej redundancji może nie tylko uprościć strukturę dużych ontologii i ułatwić ich utrzymanie, ale może również poprawić wydajność odpowiadania na zapytania, szczególnie w systemach Ontology-Based Data Access (OBDA).

Na przykład pojęcie *złamanie kości udowej* można zdefiniować jako: „Złamanie kończyny dolnej, gdzie wszystkie wartości pojęcia miejsce występowania są ograniczone do struktury kości udowej.” W alternatywnym rozszerzeniu tej samej ontologii inżynier mógłby zdefiniować to samo zaburzenie jako: „Złamanie kości, gdzie wszystkie wartości pojęcia miejsce występowania są ograniczone do kończyny dolnej i kości udowej.” Te dwie definicje można wykazać jako równoważne, jeśli założymy, że „złamanie kończyny dolnej” jest zdefiniowane jako „Złamanie kości, gdzie wszystkie wartości pojęcia miejsce występowania są ograniczone do kończyny dolnej” i że „struktura kości udowej” jest semantycznie równoważna „kości udowej”.

Pojęcia w tym przykładzie można sformalizować w logice $\mathcal{FL}_0$. Dla takich instancji problemuifikacji mamy algorytm umożliwiający rozstrzyganie unifikowalności. Co więcej, kierownik tego projektu (wraz ze współautorami) opracował aplikację FILO, która implementuje unifikację dla $\mathcal{FL}_0$. Niemniej jednak te osiągnięcia mogą stać się naprawdę użyteczne do wyżej wymienionych zastosowań tylko wtedy, gdy będziemy w stanie rozszerzyć wyniki na bardziej wyrażalne logiki.

W tym projekcie zamierzamy skupić nasze badania na logice $\mathcal{FL}_0$ rozszerzonej o TBox. Rozstrzygalność unifikacji w tym przypadku pozostaje pytaniem otwartym. Przypuszczamy, że ze względu na ścisły związek między subsumpcją w $\mathcal{FL}_0$ rozszerzoną o TBox i grami ze stosem, problem unifikacji w tym przypadku można rozwiązać za pomocą technik opracowanych wcześniej do rozwiązywania takich gier.