

Projekt badawczy dotyczy zastosowania interpretowanych sieci Petriego do specyfikacji części sterującej systemów cyber-fizycznych (ang. *cyber-physical systems*, CPS). Systemy cyber-fizyczne łączą część obliczeniową z procesami fizycznymi, których zachowanie definiowane jest za pomocą zarówno części *cybernetycznej* jak i *fizycznej* systemu. Projektowanie systemów obejmuje swym zakresem m.in. dynamikę komputerów, oprogramowanie, sieci komputerowe oraz procesy fizyczne. Systemy tego typu są aktualnie powszechnie używane w wielu dziedzinach życia, wymieniając chociażby transport i motoryzację, systemy medyczne, inteligentne domy i budynki, sieci społecznościowe i gry, systemy zarządzania energią i ciepłem, sieci elektryczne czy też systemy sieciowe. Część *fizyczna* systemu odnosi się do realnego świata (interakcja z otoczeniem), podczas gdy część *cybernetyczna* steruje obiektami i podejmuje decyzje.

Głównym celem projektu jest opracowanie nowych, efektywnych i skutecznych metod analizy i dekompozycji części sterującej systemu cyber-fizycznego, opisanej za pomocą interpretowanej sieci Petriego (gdzie poprzez efektywność rozumiane jest uzyskanie wyniku w założonym czasie, natomiast skuteczność oznacza osiągnięcie poprawnych rezultatów). Sieci Petriego umożliwiają graficzną reprezentację modelowanego współbieżnego systemu. Ponadto, istnieje możliwość przeprowadzenia formalnej analizy i weryfikacji systemu już na etapie jego specyfikacji. Interpretowana sieć Petriego jest rozszerzeniem klasycznej sieci, uwzględniając dodatkowo sygnały wejściowe oraz wyjściowe części sterującej, co pozwala na dwukierunkową komunikację ze światem rzeczywistym i sterowanie fizycznymi komponentami systemu.

Podstawową motywacją badań związanych z modelowaniem części sterującej systemów cyber-fizycznych za pomocą interpretowanej sieci Petriego są ograniczenia dotychczas stosowanych metod analizy i dekompozycji. Najistotniejszą wadą tych rozwiązań jest wykładnicza złożoność obliczeniowa, co oznacza, że w niektórych przypadkach rozwiązanie może nie zostać znalezione w założonym czasie. Dlatego celem projektu jest opracowanie nowych, efektywnych i skutecznych metod analizy oraz dekompozycji. Ponadto, badane będą także wybrane własności systemu cyber-fizycznego opisanego interpretowaną siecią Petriego, takie jak determinizm czy też sposoby modelowania zależności czasowych (czas logiczny a czas fizyczny).

Aby osiągnąć zamierzony cel projektu, planowana jest realizacja następujących zadań badawczych:

1. *Analiza przydatności i ograniczeń interpretowanej sieci Petriego pod kątem specyfikacji części sterującej systemu cyber-fizycznego (m.in. determinizm, specyfikacja czasu logicznego oraz fizycznego).*
2. *Opracowanie metod analizy i dekompozycji części sterującej systemu cyber-fizycznego opisanego za pomocą interpretowanej sieci Petriego.* Opracowanie nowych, efektywnych i skutecznych metod obejmuje przygotowanie odpowiednich algorytmów, twierdzeń oraz dowodów. Planowane jest tutaj wykorzystanie elementów algebry liniowej (inwarianty), teorii grafów oraz hipergrafów.
3. *Opracowanie zestawu modułów testowych części sterującej systemu cyber-fizycznego opisanego interpretowaną siecią Petriego na potrzeby badań eksperymentalnych.* Opracowane metody analizy i dekompozycji zostaną zweryfikowane eksperymentalnie z wykorzystaniem zestawu modułów testowych, zawierającego przykłady ze świata rzeczywistego (dostępne w literaturze), a także z przykładów hipotetycznych systemów.
4. *Opracowanie oraz realizacja systemu Hippo-CPS na potrzeby eksperymentalnej weryfikacji metod analizy i dekompozycji, a także w celu upowszechnienia wyników badań.* Proces weryfikacji proponowanych metod jest czasochłonny, dlatego w celu jego usprawnienia i automatyzacji opracowany zostanie specjalny system Hippo-CPS. System będzie również udostępniony w Internecie w celu upowszechnienia wyników badań umożliwiając nie tylko naukowcom z całego świata dostęp do rezultatów projektu.
5. *Weryfikacja eksperymentalna sprawności i skuteczności opracowanych metod z zastosowaniem opracowanego zestawu modułów testowych oraz systemu Hippo-CPS.* Proces weryfikacji eksperymentalnej wymaga dużej mocy obliczeniowej, dlatego założona jest współbieżna realizacja zadania z wykorzystaniem specjalnego serwera obliczeniowego.

Spodziewane efekty projektu wiążą się głównie z opracowaniem nowych metod analizy i dekompozycji części sterującej systemu cyber-fizycznego opisanej za pomocą interpretowanej sieci Petriego. Metody zostaną eksperymentalnie zweryfikowane, głównie pod kątem ich efektywności i skuteczności, a następnie porównane z innymi istniejącymi metodami. Wyniki badań zostaną udostępnione z wykorzystaniem internetowego systemu Hippo-CPS oraz opublikowane w czasopiśmie JCR o najwyższej randze naukowej.