

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy: **Examining of feasibility and usefulness of agent-based control systems for controlling biotechnological processes.**

W ramach rozprawy przeprowadzono badania nad przydatnością zastosowania podejścia agentowego w tworzeniu układów sterowania procesami biotechnologicznymi.

Wstępna analiza literatury i istniejącego dorobku naukowego w dziedzinie systemów wieloagentowych i ich zastosowania w sterowaniu procesami wykazała, że procesy biotechnologiczne są uznawane za jeden z typów procesów o największym potencjale wdrożenia systemów sterowania opartych o podejście agentowe. W praktyce jednak, w porównaniu z innymi gałęziami przemysłu oraz innymi typami procesów ciągłych, systemy agentowe są stosunkowo rzadko wykorzystywane w sterowaniu procesami biotechnologicznymi.

Pogłębiony przegląd literatury, wraz z własną analizą autora pracy pozwoliły określić główne czynniki utrudniające wdrażanie na szerszą skalę systemów wieloagentowych w sterowaniu procesami biotechnologicznymi. Za tego typu czynniki uznano brak standardów i norm określających metody rozwoju i weryfikacji systemów agentowych oraz brak powszechnej wiedzy i doświadczenia na temat tego typu systemów, który wynika ze stosunkowo małej popularności tego typu rozwiązań. Zdaniem autora, te czynniki mogą wpływać na postrzeganie podejścia agentowego jako trudnego i czasochłonnego we wdrożeniu, co z kolei budzi wątpliwości co do niezawodności systemów sterowania opartych o tego typu podejście. W przypadku procesów biotechnologicznych niezawodność i redundancja systemów sterowania jest jednym z głównych czynników decydujących o ich wdrożeniu.

W rezultacie analizy została zaproponowana teza stanowiąca, że **wykorzystanie systemów wieloagentowych zbudowanych zgodnie ze zbiorem „dobrych praktyk” dedykowanych procesom biotechnologicznym pozwala opracowywać systemy sterowania o dynamicznej strukturze, które poprzez dopasowanie się do sterowanego procesu biotechnologicznego pozwalają uzyskać satysfakcjonującą jakość regulacji. To z kolei sprawia, że tego typu systemy są łatwiejsze do zrealizowania i bardziej użyteczne.**

Systemy agentowe rozwijane na potrzeby badań zostały zbudowane przy wykorzystaniu narzędzia JADE (Java Agent Development Framework), natomiast ich weryfikacja była przeprowadzana na dwóch rodzajach procesów biotechnologicznych. Pierwszym z nich jest reaktor biologicznej oczyszczalni ścieków, a drugim proces fermentacji mlekowej. Narzędzia stosowane w tworzeniu systemów agentowych zostały

opisane w rozdziale 2 niniejszej pracy, natomiast opis procesów weryfikacyjnych został zamieszczony w rozdziale 3.

Badania przeprowadzone na potrzeby rozprawy doktorskiej podzielono na etapy. Pierwszy, wstępny etap badań polegał na opracowaniu prototypowych agentowych systemów regulacji poziomu stężenia tlenu rozpuszczonego w reaktorze biologicznej oczyszczalni ścieków. Celem tego etapu było zgromadzenie doświadczeń pozwalających nakreślić główne problemy związane ze stosowaniem podejścia agentowego w systemach sterowania procesami biotechnologicznymi, które były zaadresowane w następnych etapach. W kolejnym etapie zaproponowana została ogólna architektura systemu agentowego, struktura komunikacji agentów oraz ontologia dedykowana sterowaniu procesami ciągłymi przez systemy agentowe. W kolejnym, ostatnim etapie badań opracowane reguły, architektury i ontologie zostały poddane weryfikacji poprzez ich zastosowanie w budowaniu systemów agentowych wykorzystujących złożone algorytmy regulacji. Opisy omówionych badań znajdują się w rozdziałach 4-8 niniejszej rozprawy.

W rozdziale 4 przedstawiono problematykę tworzenia systemu wieloagentowego na przykładzie systemu sterowania napowietrzaniem w reaktorze biologicznym. W tej części, system agentowy wykorzystywał tradycyjny regulator ON-OFF, oraz jego modyfikację umożliwiającą prostą adaptację do zmieniającego się obciążenia procesu. Podczas projektowania systemu agentowego napotkano trudności związane z przydzielaniem ról poszczególnym agentom, relacjom między nimi, metodami komunikacji i formatem wymienianych wiadomości. Trudności te potwierdzają, że brak powszechnie dostępnego zbioru „dobrych praktyk” rozwoju systemów agentowych negatywnie wpływa na proces tworzenia rozwiązań opartych o podejście agentowe. Przygotowanie tego typu reguł ułatwiających projektowanie systemów agentowych jest niezbędne w celu popularyzacji podejścia agentowego w sterowaniu procesami biotechnologicznymi.

Opisane trudności zostały zaadresowane w rozdziałach 5 i 6, w których zostały zaproponowane zasady tworzenia systemów sterowania dla procesów biotechnologicznych opartych o podejście agentowe. Zaproponowano ogólną architekturę tego typu systemów oraz zasady komunikacji pomiędzy agentami. W rozdziale 6 opisano propozycję ontologii dla systemów agentowych dedykowanych sterowaniu procesami biotechnologicznymi. Propozycje te zostały przetestowane za pomocą symulacji układu regulacji stężeniem tlenu w reaktorze biologicznym.

Rozdział 7 stanowi weryfikację zaproponowanych zasad tworzenia systemów agentowych. W tym rozdziale wykorzystano zaprezentowane zasady do utworzenia systemu agentowego sterującego rzeczywistym reaktorem biologicznym. System cechuje się wykorzystaniem dwóch urządzeń wykonawczych do sterowania jedną wielkością sterowaną. W sterowaniu wykorzystano predykcyjne metody regulacji. System był w stanie skutecznie wykorzystywać złożone, wyszukane algorytmy regulacji, osiągając w rezultacie lepszą jakość sterowania niż konwencjonalnie zaimplementowane algorytmy regulacji predykcyjnej. Ponadto zastosowanie opracowanych wcześniej reguł

zdecydowanie zredukowało czas potrzebny na opracowanie i zaimplementowanie takiego systemu agentowego. Pokazało to, że przy odpowiednim poziomie wiedzy i doświadczenia systemy sterowania oparte na podejściu agentowym mogą być konkurencyjne do systemów zbudowanych w sposób konwencjonalny.

Rozdział 8 przedstawia zaadaptowanie opracowanej metody tworzenia systemów agentowych do sterowania procesem fermentacji mlekowej. Opracowany system zweryfikowano za pomocą symulacji układu dwóch reaktorów, w których zachodzi proces fermentacji mlekowej. Ważnym wnioskiem z badania opisanego w tym rozdziale jest fakt, że znaczna część opracowanego na potrzeby układu napowietrzania systemu agentowego, w tym niemal w całości jego ontologia mogły być ponownie użyte w systemie dedykowanym do sterowania procesem innego typu. To znacznie zredukowało czas i wysiłek potrzebny do zbudowania tego systemu agentowego.

Ostatni rozdział stanowi podsumowanie opisanych wcześniej badań. Na podstawie przytoczonych badań i dostępnych publikacji naukowych, autor stwierdza, że podejście agentowe stosowane zgodnie z zaproponowanymi w pracy zasadami umożliwia szybsze tworzenie systemów sterowania w porównaniu do podejścia opartego o ogólnie znane w literaturze metody, potwierdzając tym samym tezę postawioną we wstępie.