

Poznań, 2018-09-07

dr hab. inż. Jarogniew Rykowski, prof. nadzw. UEP

Katedra Technologii Informacyjnych

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

al. Niepodległości 10, 61-875 Poznań

tel.: 48 61 6392714

rykowski@kti.ue.poznan.pl

<http://www.kti.ue.poznan.pl/rykowski>

Opinia

o rozprawie doktorskiej mgr. inż. Daniela Krzywickiego pt. „ Concurrent Execution Models for Agent-Based Computing Systems”

1. Czy tematyka rozprawy jest aktualna i dostatecznie ważna ?

Nowoczesne technologie informatyczne umożliwiają szybkie i dokładne rozwiązanie wielu problemów – postęp w dziedzinie szybkości działania procesorów i wielkości pamięci jest niezaprzeczalny. Ciągłe jednak natrafiamy na problemy, które cechują się tak dużą złożonością, że nie potrafimy ich efektywny sposób zamodelować i rozwiązać. Do takich zagadnień należą problemy ewolucji systemów składających się w wielu (tysięcy, a nawet milionów) elementów, między którymi zachodzą skomplikowane interakcje. Dlatego szukamy rozwiązań niestandardowych, które choć częściowo zbliżą nas do rozwiązania. Obiecującą technologią w zakresie modelowania ewolucji skomplikowanych systemów są systemy wieloagentowe (MAS), a dokładniej – ewolucyjne systemy wieloagentowe (EMAS). Agenty są obiektami stosunkowo nieskomplikowanymi, podobnie można stosunkowo łatwo określić typy interakcji między nimi. Jednakże, w odpowiednim środowisku zaczynają one wchodzić we wzajemne interakcje, których skutków nie sposób przewidzieć z góry, ale które prowadzą do pewnych

stanów ustalonych, umownie przyjmowanych jako rozwiązanie danego, symulowanego za pomocą agentów problemu.

Przygotowując kod i modelując zachowanie i interakcję agentów nie sposób przewidzieć z góry, czy i kiedy otrzymamy zadowalający wynik symulacji. Co więcej, na proces symulacji duży wpływ wybiera dobór technologii symulacyjnych. Jest to szczególnie istotne w przypadku systemów wieloagentowych użytych w symulacji – interakcje mogą być przeprowadzane sekwencyjnie lub równoległe, indywidualnie lub w określonych grupach, po zejściu określonych warunków, które trzeba badać itp. Rozprawa doktorska mgr. inż. Daniela Krzywickiego jest właśnie poświęcona temu ważnemu i interesującemu zagadnieniu. Autor analizuje kilka wybranych modeli interakcji w systemie EMAS, porównuje je i pokazuje, że (1) wybór modelu ma duży wpływ na efektywność symulacji, oraz (2) jest możliwe oddzielenie modelu zachowania agentów od modelu interakcji z innymi agentami, co pozwala na niezależny wybór obu tych modeli w zależności od potrzeb.

Dotychczasowe metody realizacji procesu symulacji ewolucji z wykorzystaniem systemów wieloagentowych nie uwzględniały takiego podejścia. Dlatego poświęcenie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Daniela Krzywickiego analizie modeli współbieżnej interakcji w systemach EMAS uważam za dobrze uzasadnione i aktualne.

2. Jaki jest problem naukowy (teza rozprawy) i czy został on trafnie i jasno sformułowany ?

Pan mg inż. Daniel Krzywicki zaproponował dwa ciekawe rozwiązania zapewnienia dużej efektywności symulacji w systemie EMAS. Po pierwsze, niezależnie modeluje on zachowanie agentów oraz ich interakcję (tak zwany model spotkań), w wyniku której stan agentów może ulec zmianie, zgodnie z zasadami ewolucji. Interakcja agentów jest pogrupowana w funkcje odpowiedzialne za rywalizację oraz „rozmnażanie” – czyli typowe mechanizmy ewolucji. Do tego celu Autor zaproponował nieszablonowe rozwiązania związane z ogólnym podziałem populacji na grupy rywalizujące i rozmnażające się, oraz zaimplementował i porównał różne modele w zależności od przyjętej techniki interakcji.

Zarówno postawiony problem naukowy, jak i metoda jego rozwiązania zostały trafnie sformułowane w treści pracy. Rozwiązanie zaproponowane przez Autora w dużej mierze radzi sobie z opisanymi powyżej problemami, wprowadzając cztery modele współbieżnego

wykonania kodu populacji agentów oraz szereg zależnych od badanego modelu mechanizmów grupowania agentów w celach interakcji.

Przyjęty format pracy (przedruk artykułów) trochę zaciemnia cel rozprawy jako całości. W tekście w pełni nie określono klasycznych elementów rozprawy doktorskiej, czyli celów pracy prowadzących do tezy, nie wykazano też realizacji tej tezy jako rezultatu rozprawy. Cele pracy określono jako związane ze zbadaniem wpływu przyjętych modeli wykonywania na efektywność symulacji. Po lekturze całego tekstu rozprawy można powiedzieć, że cele te zostały osiągnięte – Autor zaproponował, zaimplementował i porównał pod względem efektywności szereg modeli wykonania, a w końcowej części tekstu sformułował wnioski odnośnie do wyboru najbardziej efektywnej metody. Bardzo istotny jest fakt, że badania prowadzono w środowisku wieloprocessorowym, z uwzględnieniem faktu rzeczywistego zrównoleglenia obliczeń.

3. Czy autor rozwiązał postawiony problem, czy użył do tego właściwych metod ?

W celu rozwiązania postawionego problemu pan mgr inż. Daniel Krzywicki opracował i przebadął cztery modele wykonania kodu agentów, opisane w kolejnych rozdziałach pracy. Każdy z modeli jest niezależnym i spójnym rozwiązaniem, każdy zawiera też szereg mechanizmów usprawnienia symulacji w zakresie interakcji w ramach populacji agentów, bazujących na odgórnym przydziale agentów do określonego typu (rodzaju) interakcji w zależności od jego aktualnego stanu. Bardzo ciekawym rozwiązaniem są areny interakcji (choć nieznacznie ograniczają one obszar zastosowań, co opisano poniżej). Szczególnie istotne wydaje się przeprowadzenie eksperymentów w rzeczywistym równoległym środowisku obliczeniowym. Eksperymenty te należy uznać za udane – są one istotnym dowodem na poprawność zaproponowanego przez pana mgr. inż. Daniela Krzywickiego podejścia.

Przez zaprojektowanie, zaimplementowanie i przebadanie oraz porównanie czterech modeli wykonania agentów pan mgr inż. Daniel Krzywicki rozwiązał postawiony problem naukowy.

4. Na czym polega oryginalny dorobek autora i jakie jest jego znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna dla nauki ?

Na rozprawę składają się w zasadzie cztery publikacje, opisujące cztery różne modele wykonania kodu agentów. Są to wysoko ocenione artykuły i opublikowane w znaczących czasopismach. Każdy z nich jest niezależną całością, w sumie składają się na spójny obszar

badan̄ związanych z dobor̄em optymalnego modelu wykonania dla potrzeb symulacji i badania ewolucji agentów.

Model wykonania synchronicznego jest wzorowany na tradycyjnym podejściu do symulacji ewolucji. Podstawą rozwiązania jest podział populacji agentów na rozłączne grupy na podstawie aktualnego stanu każdego agenta. Następne następują interakcje w ramach każdej z grup. Powstała w efekcie nowa populacja agentów w następnym kroku jest znowu dzielona, ponownie są analizowane efekty interakcji między nimi itd.

Rozdzielenie „funkcji zachowania” od „funkcji spotkań” intuicyjnie wydaje się bardzo dobrym pomysłem – nieznacznie ogranicza uniwersalność symulacji, a mocno upraszcza jej realizację i przyspiesza uzyskanie wyników.

Podobnie, wprowadzenie tzw. aren spotkań jako metody grupowania „podobnych” agentów jest dobrym i oryginalnym pomysłem na zwiększenie efektywności implementacji różnych typów interakcji między agentami. To ciekawy pomysł na nieznaczne ograniczenie funkcjonalności, a bardzo duże zwiększenie „przepustowości” systemu. Być może dyskusyjny jest sztywny i na wyłączność przydział do aren (agent albo walczy, albo się rozmnaża), co nie do końca odpowiada wymaganiom niektórych systemów ewolucyjnych. Np., posługując się przykładem z życia, mogę jednocześnie jechać pociągiem i jeść obiad (ale w samochodzie będzie to już dość utrudnione).

Model wykorzystujący aktry umożliwia jednorodne modelowanie agentów, ich zachowań, oraz typu interakcji. Każdy aktor wykorzystuje funkcję zachowania i potrafi wysyłać wiadomości do innych aktorów, umożliwiając kojarzenie agentów w pary i interakcję w ramach zestawionych par. Interakcja odbywa się w ramach środowisk, które są odpowiednikami aren z poprzedniego modelu. Model wykorzystujący aktry jest bardzo „elegancki” ze względu na jednorodność modelowania. Dodatkowo w artykule/rozdziale oceniono efektywność implementacji w systemach Erlang i Scala. Ze względów implementacyjnych, w modelu wprowadzono dodatkową arenę służącą do migracji między „wypami” Erlanga.

Model korzystający ze szkieletów algorytmicznych jest rozszerzeniem modelu pierwszego w kierunku zrównoleglenia pewnych operacji. Wykorzystano w tym celu mechanizmy Erlanga i biblioteki Skel w kierunku zwiększania możliwości zrównoleglenia kodu za pomocą wyodrębnienia fragmentów kodu (nie)możliwych do pracy równoległej. Jest to większy stopień zrównoleglenia niż w przypadku całych migrujących między wypami agentów, co oznacza zwiększenie efektywności udowodnione danymi zebranymi podczas eksperymentów.

Ostatni, czwarty model wykorzystuje reaktywne strumienie danych, które umożliwiają płynną zmianę przepustowości każdego z elementów symulacji. W modelu określony został graf przepływu sterowania w ramach całej populacji agentów oraz wyznaczone zostały te elementy grafu, które można zrównoleglić. Jest to najbardziej ogólny z modeli i stanowi niejako zwieńczenie badań przedstawionych w rozprawie.

Rozprawę kończy porównanie efektywności modeli oraz wnioski, które potwierdzają intuicyjne spostrzeżenie, że poziom zrównoleglenia operacji znacznie wpływa na efektywność symulacji – najlepszy okazał się ten model, w którym wprowadzono najmniejsze i elastyczne ziarno zrównoleglenia kodu.

Pan mgr inż. Daniel Krzywicki zmierzył się z trudnym problemem porównania szeregu całkowicie odmiennych technik rozwiązania problemu efektywnej symulacji z wykorzystaniem agentów. Problem został rozwiązany w sposób całościowy, a Autor wykazał się dużą wiedzą, zarówno praktyczną, jak i teoretyczną, w zakresie informatyki. Oryginalne pomysły Autora to przede wszystkim oddzielenie modelowania zachowania od interakcji (funkcje „zachowania” i „spotkań”) oraz wprowadzenie technik zwiększających efektywność symulacji, w szczególności aren oraz strumieni. Autor potrafił w pełni wykorzystać zalety wykorzystywanych rozwiązań. Pan mgr inż. Daniel Krzywicki pokazał, że implementację symulacji ewolucji za pomocą agentów programowych można znacznie usprawnić, przy minimalnym ograniczeniu funkcjonalności rozwiązania.

Reasumując, oceniam przedstawione w rozprawie osiągnięcia pana mgr. inż. Daniela Krzywickiego za oryginalne wyniki naukowe.

5. Czy rozprawa świadczy o dostatecznej wiedzy autora i znajomości współczesnej literatury z dyscypliny naukowej, której dotyczy ?

Rozprawa świadczy o dużej wiedzy doktoranta z zakresu zarówno nowoczesnych technologii informatycznych, jak i technologii tradycyjnych. Szczególnie zwraca uwagę dość rzadkie połączenie wiedzy z dwóch tradycyjnie rozdzielanych działów informatyki – systemów agentowych oraz algorytmów ewolucyjnych, przy czym wiedza Autora w obu tych „specjalnościach” jest na bardzo wysokim poziomie. Pan mgr inż. Daniel Krzywicki wykazał się umiejętnością krytycznej analizy podejść z tych różnych obszarów oraz ich syntezy.

6. Jakie są wady i słabe strony rozprawy ?

Uwagi krytyczne na temat rozprawy podzieliłem na dwie grupy. W pierwszej grupie przedstawiam drobne uwagi odnośnie do tych zagadnień, które w moim przekonaniu zostały pominięte lub niewłaściwie przedstawione w analizie problemu i jego rozwiązaniu. Uwagi te nie wpływają w większym stopniu na moją ocenę rozprawy. Natomiast w drugiej grupie przedstawiam polemikę z niektórymi założeniami poczynionymi przez Autora, które w moim odczuciu mają dość istotny wpływ na całość rozwiązania. Należy podkreślić, że de facto nie są to uwagi wyłącznie krytyczne, a raczej sugestie przedyskutowania innych metod rozwiązania zasygnalizowanych przez pana mgr. inż. Daniela Krzywickiego problemów, także wskazanie dalszych kierunków badań.

Należy też zwrócić uwagę na fakt, że tekst rozprawy jest w dużej części przedrukiem z artykułów opublikowanych w czasopiśmie wysokiej klasy. Zatem tekst ten podlegał już bardzo wnikliwej recenzji ze strony wybitnych specjalistów – skutkiem tego jest np. prawie całkowity brak uwag co do języka/stylu oraz szczegółów technicznych i wniosków płynących z opublikowanych rozwiązań.

Uwagi dyskusyjne

- Model synchroniczny („Computing agents for decision support systems): jako zarzut (dotyczy to też pozostałych modeli) można tutaj wskazać brak elementu przypadkowości i sztywny przydział ról oraz wygranych i przegranych (Fig. 3.2/3.3 i opis poniżej) – agent słaby może wygrać walkę, jeśli agentowi silniejszemu „podwinie się noga” – takich nieoczekiwanych zmian trochę brakuje w symulacji, a są one powszechne w życiu codziennym i dużej części symulowanych systemów świata rzeczywistego. Należy też zwrócić uwagę na pewne ograniczenie tego modelu – rodzą się tylko agenty określonego typu (o powtarzalnych wartościach parametrów, można powiedzieć „zdrowi”), czyli w systemie nie ma modelowania „niepełnosprawnych” ani „mutacji”, co jest podstawą w większości podejść ewolucyjnych. W opisie modelu wykorzystującym szkielety algorytmiczne Erlanga jest wzmianka o parametrach mutacji, ale temat ten nie jest rozwijany. Wprowadzenie aren niestety powoduje pewną uniformizację zachowania agentów i usztywnienie całego procesu symulacji. W rozwiązywanych zagadnieniach o charakterze dość teoretycznym (znajdowanie minimum funkcji) to na pewno zaleta, ale w większości zastosowań symulacyjnych można się spodziewać, że będzie to pewna przeszkoda na drodze do uniwersalności rozwiązania.

- Trochę niejasno jest sformułowany cel pracy. Z jednej strony akcent położono na systemy agentowe i usprawnienia w zakresie tej poddziedziny informatyki. Z drugiej strony cel wyraźnie adresuje efektywność badań symulacyjnych oraz wykorzystanie równoległości w obliczeniach. W efekcie ciężko określić, jakie są rzeczywiste korzyści wynikające z pracy. Niewątpliwie praca rozwinęła technologię systemów wieloagentowych. Pytanie, czy pozwoliła też na osiągnięcie lepszych (efektywniejszych) rezultatów w zakresie symulacji i np. optymalizacji wielokrotnie wykorzystywanego znajdowania minimum skomplikowanej funkcji o wielu minimach lokalnych? Czy Autor przebadał alternatywne ścieżki dojścia do tego celu? Czy planuje porównanie swojej metody symulacji z innymi metodami, niekoniecznie wykorzystującymi agenty programowe?

Uwagi o charakterze polemicznym

- Z praktycznego punktu widzenia, w pracy przedstawiono symulację wykorzystującą stały kod typu „re-entrant” oraz rozdzielone obszary zmiennych lokalnych dla każdej instancji (instancje obszaru zmiennych, nie kodu programu – w dużym uproszczeniu jest to tzw. architektura harwardzka, choć oczywiście nie w kontekście fizycznego wykorzystywania superkomputera pracującego w architekturze wspólnej pamięci operacyjnej). Do przeprowadzenia eksperymentów rzeczywistych warunkach wykorzystano superkomputer ZEUS, czyli dość standardowe (pomijając wielkość) rozwiązanie komputera równoległego. Jest szereg innych rozwiązań zapewnienia dużej efektywności takich systemów, także sprzętowych (np. rejestry preadresowań stronicowania pamięci operacyjnej, także połączone z lokalnymi pamięciami podręcznymi poszczególnych procesorów, czy też ciekawa propozycja Politechniki Łódzkiej wykorzystania równoległej matrycy FPGA w ramach projektu ARUZ). Czy w tym zakresie zostały wykonane badania porównawcze, czy też może jest to ewentualna tematyka przyszłych badań?
- Czy jest planowane porównanie efektywnościowe z innymi systemami programowania umożliwiającymi efektywną implementację ewolucji i algorytmów genetycznych, także bez wykorzystania mechanizmów wymiany informacji w ramach systemu MAS (np. stara ale ciągle używana CORBA i RPC, tzw. gniazda sieciowe IP, mikro-serwery REST/OSGi lub nawet architektura usługowa SOA)?

- Pracy można zarzucić brak wskazania rzeczywistego obszaru zastosowań. Jest co prawda wzmianka o robotyce i wyliczaniu konfliktów w ścieżkach ruchu maszyn (artykuł o modelu wykorzystującym szkielety programowe Erlanga), ale bez większych szczegółów i bez porównania z innymi, alternatywnymi metodami rozwiązań. Także dalszy przykład z wyliczaniem ruchu samochodowego na skrzyżowaniu jest bardzo ograniczony i raczej nie rozwiązuje generycznego problemu rozwiązywania konfliktów w ruchu drogowym. Pytanie – gdzie można zastosować wyniki i systemy przedstawione w pracy, i czy w takich obszarach zastosowań mają one na tyle słabą konkurencję, że potrafią się obronić (jeśli nie w całości, to chociaż w jakim zakresie – efektywności, łatwości programowania i przejrzystości kodu, szybkości przygotowania symulacji itp.)?

7. Jaka jest redakcja i język rozprawy ?

Rozprawa jest bardzo starannie zredagowana w języku angielskim. Pan mgr inż. Daniel Krzywicki w czytelny sposób przekazuje swoje myśli. Poniżej przedstawiono drobne uwagi redakcyjne.

- W rozprawie znalazłem wyjątkowo mało pomyłek językowych, jak na tekst o takiej objętości, co świadczy o doskonałej znajomości języka angielskiego przez pana mgr. inż. Daniela Krzywickiego, choć na pewno jest też skutkiem przejścia procesu recenzyjnego podczas publikacji poszczególnych artykułów w czasopismach. Pragnę jednak zwrócić uwagę na następujące niedociągnięcia:
 - częste używanie słowa „between” dla interakcji w ramach grupy agentów; jeśli oddziaływanie są między dwoma jednostkami, słowo to jest poprawne; dla wielotorowej i równoległej interakcji powinno ono być zastąpione przez „among”;
 - po wyrażeniach typu „moreover” i „however” powinno się pisać przecinek, podobnie po zwrotach typu i.e., e.g., itp.;
 - dyskusyjne jest użycie „can” (potrafię, mam zdolność) i „may” (mogę, mam pozwolenie) w niektórych przypadkach („np. can be modeled”);
 - wypunktowania – kolejne zdania rozpoczynamy od nowego wiersza z małej litery i kończymy średnikiem lub przecinkiem. Ewentualnie pierwsze zdanie kończymy kropką – wtedy pozostałe elementy wypunktowania zaczynamy z wielkiej litery.

- Uwagi do polskojęzycznego streszczenia:
 - „agent” w rozprawie oznacza rzeczownik nieosobowy i nieżywy. Niestety w tekście jest on odmieniany jako osobowy i żywy. Dla przykładu „którzy agenci będą wchodzić ze sobą w interakcje” dość jednoznacznie sugeruje czytelnikowi, że zaraz przeczytamy sugestywny opis strzelaniny lub chociażby efektownej bójki. Proste rozróżnienie – mamy w domu dwóch pilotów do telewizora, czy dwa piloty? Wiąże się też z tym potrzeba innej końcówki w bierniku l.p. – czyli „mam agent” (kogo?co?), a nie „agenta” (kogo?co?), podobnie jak „mam komputer”, a nie „mam smartfona”. Być może brzmi to dziwnie w kontekście tematyki pracy, ale językowo jest jak najbardziej poprawne. W celu uniknięcia tego typu błędów dobrze jest konsekwentnie stosować liczbę mnogą („mam agenty” brzmi zdecydowanie lepiej);
 - teksty naukowe zwyczajowo pisze się w formie bezosobowej lub w liczbie mnogiej, nawet jeśli autor jest jeden. Zwracanie się do czytelnika w 1 os. l.p., nawet pośrednio, np. „moich badań”, „proponuję i analizuję” itp. jest dość zaskakujące i niespotykane;
 - słowo „stwarzanie” jest niejako zarezerwowane dla czynienia cudów. Autor pracy raczej nie ma takich kompetencji, zatem raczej powinien „przygotować” lub „opracować” ewentualnie „utworzyć” wspomnianą w tekście tablicę wyjściową;
 - „ilość” odnosi się do rzeczowników niepoliczalnych, w tekście powinno się mówić o „liczbie” procesorów;
 - „przy pomocy” odnosi się do ludzi, w tekście ten zwrot powinien być zastąpiony przez „za pomocą”, gdyż odnosi się do obiektów nieożywionych – agentów i funkcji;
 - skróty niepełne w j. polskim kończone są kropką („ang”).
- W pracy by się przydał słownik skrótów, które są wyjaśniane z reguły tylko raz i potem szeroko wykorzystywane – czytelnik łatwo zapomina skróty wprowadzone w początkowych częściach tekstu, szczególnie te, które nie są powszechnie znane.

8. Do której kategorii Recenzent zalicza rozprawę ?

Wykraczająca poza poziom przeciętny – spełniająca wszystkie wymagania. Lista publikacji znacznie wykraczająca poza przeciętną, nawet jeśli Autor rozprawy nie przedstawił żadnej znaczącej publikacji samodzielnej (wyraźnie jednak widać, że był wiodącym autorem w większości przedstawionych do oceny artykułów).

9. Konkluzja

Biorąc pod uwagę ważność i aktualność tematyki doktoratu, osiągnięte wyniki teoretyczne i ich znaczenie praktyczne, a także załączone wyniki badań eksperymentalnych, oraz fakt szerokiego opublikowania wyników rozprawy w czasopismach, monografiach i materiałach konferencyjnych szeregu konferencji krajowych i zagranicznych stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Daniela Krzywickiego spełnia wymagania obowiązującej ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.