

## **Recenzja rozprawy doktorskiej pana mgr Wojciecha Dudka zatytułowanej "Prudent management of interruptile tasks executed by a service robot".**

### **1. Problem badawczy i jego znaczenie.**

Problem badawczy rozważany przez autora rozprawy został opisany w rozdziale 1.2. Problem ten obejmuje zaprojektowanie rozważnego systemu sterowania robota usługowego, który pozwoliłby na wykorzystanie robota do realizacji wielu zadań (a więc byłby to robot wielozadaniowy) żądanych przez różnych użytkowników. Robot wielozadaniowy dokonywałby szeregowania zaplanowanych zadań, porzucając zadania nie dające się zrealizować i przechodząc do wykonania kolejnego zadania w taki sposób (nazwany w dysertacji "rozważnym"), aby przerwane zadanie nie było niebezpieczne dla użytkownika (autor podaje sugestywny przykład wyłączenie kuchenki przed przejściem do kolejnego zadania).

Problem badawczy, który był przedmiotem badań autora, jest ściśle związany ze stanem rozwoju robotów usługowych, zwłaszcza robotów społecznych. W dotychczasowych rozwiązaniach robot był przeznaczony do realizacji pojedynczego zadania i dla takiego podejścia były modelowane systemy sterowania. Takim systemem, który był rozwijany w jednostce autora rozprawy, był RAPP. Jednakże podczas prowadzonych badań doktorant zauważył, że naturalnym rozszerzeniem istniejącego systemu byłby system pozwalający na realizację wielu zadań, zgłaszanych przez różnych użytkowników. Opierając się na znanym modelu RAPP oraz wykorzystując teorię automatów skończonych zaproponował swoje rozwiązanie – jest nim system sterowania TaskER.

Znaczenie problemu polega na tym, że zaproponowane rozwiązanie pozwoliłoby na łatwe rozszerzenie funkcjonalności wielu robotów usługowych i społecznych, bez konieczności ponoszenia kosztów przebudowy systemu sterowania, jeśli zaproponowany system byłby modułowy i łatwy do przeprogramowania.

### **2. Analiza źródeł.**

Istnieje kilka sposobów rozwoju systemów cybernetyczno-fizycznych: konwencjonalne, hybrydowe i zwinne. Sposób wyboru odpowiedniego podejścia został zaprezentowany w pracy [41]. Inżynieria oprogramowania oparta na modelu pochodzi z pracy Da Silvy [42]. Model jako abstrakcyjny odpowiednik badanego systemu ma na celu przewidzenie możliwych problemów, które napotkamy w przyszłości.

Kolejną inspiracją do badań był meta-model oparty na agentach, przedstawiony w pracach [49], [38] i [40]. W tym podejściu do specyfikacji systemu jest konieczne zdefiniowanie niezależnych bytów

nazywanych agentami jako pierwotnych części systemu. Agenty współpracują, aby rozwiązać problem będący celem systemu. Systemy oparte na agentach oferują elastyczność i intuicyjną interpretację zachowania systemu. Agenty mogą wpływać na środowisko i przyjmować od niego informację.

Upostaciowiony meta-model agenta znalazł zastosowanie i stał się popularny w systemach cybernetycznych, ze względu na naturalną reprezentację inteligentnego systemu jako współpracujących agentów. Cybernetyczne agenty (oddziałujące na środowisko roboty) ewoluowały do upostaciowionych agentów. Zachowanie agenta jest zbiorem zachowań wszystkich podsystemów tworzących agenta.

Zachowanie podsystemu jest zdefiniowane jako automat skończony. Każde podstawowe zachowanie wykonuje funkcję przejścia (tranzycji) w zależności od stanu wyjścia podsystemu. Mogą zaistnieć także warunki kończące zadanie oraz funkcje błędu.

System RAPP prezentowany w pracy [30] przez C. Zielińskiego i innych, która to pozycja jest zbiorową pracą członków zespołu Politechniki Warszawskiej zatrudniającej doktoranta, był punktem wyjścia do przemyśleń autora rozprawy i podstawą do badań. Pozwalał on na realizację zadań przez kilka robotów, jednak na pojedynczym robocie mogło być wykonane tylko jedno zadanie. Można było za to dodawać zadania do magazynu aplikacji.

Jak widać, autor wybrał odpowiednie pozycje literaturowe i przeanalizował je pod kątem przydatności do prowadzonych przez siebie badań. Etapy poszukiwania źródeł oraz krótkie opisy wyników uzyskanych przez poszczególnych autorów zostały omówione w rozdziale 1.4. Podsumowując, można stwierdzić, że autor poprawnie przeprowadził analizę bibliografii i potrafi umiejscowić swoje wyniki wśród rozwiązań prezentowanych w literaturze światowej.

### 3. Poprawność rozwiązania.

W rozprawie autor sformułował założenia odnośnie projektowanego rozważnego systemu sterowania robota usługowego, np. możliwość realizacji wielu zadań, możliwość przerwania wykonywanego zadania, jeśli nadejdzie żądanie przejścia do zadania o wyższym priorytecie, uwzględnienie różnorodnych warunków określających konkretne zachowanie systemu, itp.

Przyjęte założenia są słuszne, a z punktu widzenia użytkownika są one oczywiste i intuicyjne, choć nie są łatwe do realizacji. Wielozadaniowe roboty usługowe muszą w odpowiedni sposób zarządzać zadaniami, np. wstrzymywać/wznawiać zadania, zmieniać parametry szeregowania w odpowiedzi na zmiany w środowisku oraz zamykać takie zadania oczekujące, które w międzyczasie stały się niewykonalne.

Pomysł użycia hierarchicznych automatów skończonych jest bardzo trafiony, gdyż np. wyróżnione są stany, które pozwalają na bezpieczne wstrzymanie aktualnego zadania przed przełączeniem na inne, co zazwyczaj wynika z kolejności procesu technologicznego. Automaty skończone umożliwiają zamodelowanie systemu przewidującego konsekwencje nagłego przełączenia zadania, a więc modelowanie ograniczeń.

Z kolei wykorzystanie architektury RAPP oraz upostaciowionych agentów jako punktu wyjścia do modelowania nowego systemu sterowania TaskER okazało się słuszne, gdyż pozwoliło autorowi rozprawy na osiągnięcie zamierzonych celów badawczych. Jest oczywiste, że skoro doktorant wiele lat prowadził badania nad architekturą RAPP to znał od podstaw zasady działania tego systemu. Mając wiedzę na ten temat był w stanie rozszerzyć możliwości wspomnianego systemu na nowe funkcjonalności, oczekiwane jako wyniki badań.

Podsumowując tą część recenzji, można stwierdzić, że wykorzystane narzędzia badawcze są poprawnie dobrane, co pozwoliło na uzyskanie zamierzonych celów naukowych.

### 4. Wkład autora.



Oryginalność rozprawy polega na tym, że autorowi udało się zamodelować nowy system sterowania robotów, pozwalający na rozszerzenie możliwości dotychczas działających robotów usługowych i społecznych. Takie podejście, pozwalające na łatwe i tanie wykorzystanie istniejących robotów w znacznie szerszym zakresie, nie było dotychczas prezentowane w literaturze przedmiotu. Istotną cechą nowego systemu TasKER jest modułowość oraz wykorzystanie intuicyjnego, a więc łatwego do użycia podejścia agentowego, w szczególności upostaciowionych agentów, podobnych w swym działaniu do agentów pochodzących z systemu RAPP.

W bibliografii przedstawionej na końcu rozprawy znajdują się publikacje, których doktorant jest autorem lub współautorem. O ile w pracach dotyczących systemu RAPP autor rozprawy jest współautorem około 10 pozycji, to jest także jedynym autorem 3 publikacji dotyczących systemu TasKER. To potwierdza tezę, że wyniki zawarte w rozprawie są indywidualnym dorobkiem pana mgr Wojciecha Dudka.

### **5. Sposób przedstawienia wyników.**

Rozprawa jest napisana w sposób zwięzły. Autor poświęcił dużo miejsca na wyjaśnienie istoty badanego problemu, na szczegółowe omówienie poszczególnych elementów systemu TaskER, aplikacji i różnic w porównaniu z dotychczas istniejącymi systemami. Pomimo tego, udało się zachować kompromis pomiędzy jasnością wyводу i obszernością rozprawy.

Dużym walorem edukacyjnym pracy są liczne rysunki, ilustrujące szczegóły omawianych zagadnień, zestawienia i porównania robione także w formie graficznej. Ułatwiają one zrozumienie problematyki przedstawionej w dysertacji.

### **6. Przydatność rozprawy dla nauk inżynierjno-technicznych.**

Ze względu na genezę problemu rozważanego w rozprawie, przydatność rozprawy dla nauk inżynierjno-technicznych nie budzi wątpliwości. Głównym źródłem inspiracji do badań naukowych przedstawionych w rozprawie był projekt INCARE, w którym autor dysertacji był jednym z wykonawców. Wyniki uzyskane przez doktoranta są wprost aplikowalne do potencjalnych zastosowań będących rozszerzeniem możliwości robotów usługowych i społecznych pracujących obecnie na przypadek wielozadaniowości. Wydaje się, że przypadek robotów realizujących różne zadania i współpracujących z wieloma użytkownikami będzie kolejnym krokiem w projektowaniu robotów usługowych.

### **7. Podsumowanie.**

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach i wymagania zdefiniowane przez artykuł 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (z późniejszymi zmianami) moja ocena rozprawy pod względem trzech podstawowych kryteriów jest następująca:

**A** Czy rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego?

TAK.

**B** Czy po przeczytaniu rozprawy można stwierdzić, że kandydat posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika?

TAK.

**C** Czy kandydat posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej?

TAK.

**8. Zaliczenie rozprawy do jednej z następujących kategorii:**

- a. Nie spełnia wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy,
- b. Wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,
- c. Spełniająca wymagania,
- d. Spełniająca wymagania z nadmiarem,
- e. Wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie.

Podsumowując stwierdzam, że praca pana mgr Wojciecha Dudka stanowi oryginalny wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika. Doktorant z powodzeniem osiągnął cele badawcze i wykazał się wiedzą i umiejętnościami wymaganymi do uzyskania stopnia doktora nauk technicznych. Zatem stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Dudka spełnia warunki określone w art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017 r. poz. 1789) oraz w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669, z późn. zm.) wnioskuję o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

Alicja Mazur

*Alicja Mazur*