

Prof. dr hab. Henryk Rybinski  
Instytut Informatyki PW  
Warszawa, Nowowiejska 15/19

Warszawa, 2010-01-31

Recenzja rozprawy doktorskiej dla  
Rady Wydziału Informatyki  
Polsko-Japońskiej Wyższej Szkoły Technik Komputerowych

**Tytuł rozprawy:** "Spatial Reasoning in Problems of Planning and Navigation of Autonomous Mobile Robots and their Formations"

**Autor rozprawy:** mgr Paweł Ośmiałowski

Wstęp

Przedstawiona do recenzji rozprawa składa się z 11 rozdziałów (w tym Wprowadzenie oraz krótkie podsumowanie eksperymentów). Ponadto praca zawiera wykaz literatury (ok. 240 pozycji, w tym 9 pozycji autorstwa bądź współautorstwa doktoranta) oraz odesłania do stron w internecie. Łącznie praca liczy 200 stron.

Obszarem badań zaprezentowanych w rozprawie jest dziedzina robotyki, a dokładniej – problem reprezentacji wiedzy i wnioskowania przestrzennego autonomicznych robotów (oraz grup) w kontekście planowania drogi, nawigowania i lokalizacji. Jest to obszar ściśle związany z początkami badań w dziedzinie sztucznej inteligencji i sięga lat siedemdziesiątych. Jest to wciąż niezwykle aktywnie rozwijana dziedzina – warto odnotować, że zapytanie

robot navigation planning

dla okresu od roku 2000 daje blisko 19000 odpowiedzi, z czego tylko w latach 2008-2010 opublikowano wg bazy danych *google.scholar* blisko 50%.

Głównym problemem, którego podjął się doktorant jest zbadanie możliwości zastosowania wyników badań w zakresie mereologii przybliżonej (*rough mereology*) na potrzeby wnioskowania przestrzennego i planowania trajektorii robotów oraz grupy robotów (formacji).

W konstrukcji pracy wyróżnić można cztery zasadnicze części:

1. ogólne wprowadzenie w problematykę pracy (Rozdział 1- zawarto tu ogólne wprowadzenie do problemu, zaprezentowano motywację oraz określono zakres pracy; wyróżniono także cel rozprawy); dokonano też w tej części przeglądu literaturowego w zakresie planowania i nawigacji oraz wnioskowania przestrzennego (odpowiednio rozdziały 2, 3), omówiono podstawy teoretyczne zaproponowanego rozwiązania, tj. podstawy mereologii przybliżonej, szczególnie pod kątem wnioskowania przestrzennego (Rozdział 4), oraz zagadnienia dotyczące formacji autonomicznych robotów (Rozdział 5);
2. omówienie narzędzi technicznych zastosowanych do budowy platformy doświadczalnej; w szczególności w Rozdziale 6 przedstawiono środowisko Player/Stage, jego architekturę i możliwości wykorzystania do planowanych eksperymentów; również w tym rozdziale autor przedstawił swój wkład w rozwój środowiska (p. 6.9); ponadto w Rozdziale 7 omówiono zastosowane w projekcie wsparcie narzędziowe w postaci specjalizowanej warstwy bazy geograficznej (ang GIS od *Geographic Information System*), zrealizowanej w ramach oprogramowania otwartego PostgreSQL;
3. omówienie zaproponowanego rozwiązania (rozdziały 8, 9 i 11); w Rozdziale 8 autor wychodzi z omówienia klasycznej metody pola potencjalnego stosowanej w znanych z literatury rozwiązaniach do generowania trajektorii robotów i manipulatorów. Podstawą propozycji doktoranta jest pojęcie zawierania przybliżonego (*rough inclusion*), które jest wykorzystane do określenia funkcji odległości. Geometria wynikająca z zastosowania relacji zawierania przybliżonego jest tu użyta do zdefiniowania uogólnienia pola potencjalnego; Rozdział 9 poświęcony jest zagadnieniu planowania i nawigacji dla formacji robotów; wreszcie w Rozdziale 11 autor prezentuje przeprowadzone eksperymenty.

### **Uwagi ogólne**

Celem zasadniczym rozprawy jest opracowanie nowej metody wnioskowania przestrzennego i planowania trajektorii dla robota i/lub formacji robotów z

wykorzystaniem podstaw teoretycznych mereologii przybliżonej. Cel pracy został zdefiniowany w sposób jasny i poprawny, jego motywacja jest dobrze uzasadniona, teza rozprawy została przedstawiona w sposób klarowny. Dokonany w rozprawie przegląd literatury i jej analiza pod kątem celu rozprawy są prawidłowe i kompletne.

Autor zaadoptował metodę wnioskowania przestrzennego wykorzystując predykaty mereologii przybliżonej i zaproponował nowe podejście do planowania trajektorii w oparciu o ideę pola potencjalnego zdefiniowanego w terminach mereologii przybliżonej. Ponadto zaproponował nową definicję formacji robotów w oparciu o pojęcie Tarskiego relacji *między* (*betweenness*) zaadoptowanej mereologii przybliżonej.

Autor przeprowadził też szereg prac programistycznych i konstruktorskich. W szczególności zaadoptował oprogramowanie Player/Stage na potrzeby zaproponowanego systemu planującego (*planner*) przerabiając szereg sterowników w tym oprogramowaniu. Ponadto przygotował Laboratorium Robotyki Wirtualnej pod kątem planowanych eksperymentów z formacjami robotów.

Praca ma charakter praktyczny i konstruktorski, należy jednak podkreślić, że warsztat teoretyczny autora jest na dobrym poziomie. Praktyczne walory pracy zostały poparte przeprowadzonymi eksperymentami. Uzyskane wyniki z pewnością znajdują zastosowania w praktyce. Autor pokazał możliwości praktycznego wykorzystania stworzonej platformy. Przeprowadzone prace o charakterze konstrukcyjnym zasługują na wysoką ocenę.

### **Uwagi redakcyjne**

1. Układ pracy, aczkolwiek ma pewne logiczne uzasadnienie, budzi zastrzeżenia – część poświęcona narzędziom powinna być zdecydowanie skrócona. Dotyczy to przede wszystkim rozdziałów 6 i 7. Ewentualnym rozwiązaniem byłoby stworzenie dodatków, gdzie można by zamieścić szczegóły konstruktorskie i/lub funkcjonalne zastosowanych narzędzi. W szczególności w Rozdziale 6 przedstawiłbym jedynie ogólną architekturę rozwiązania ze wskazaniem na zmienione przez autora sterowniki i to

przede wszystkim w zakresie opracowanych rozwiązań związanych z planowaniem przestrzennym z wykorzystaniem mereologii przybliżonej. Natomiast opis platformy Player/Stage należałoby przenieść do dodatku. Zdecydowanie można usunąć Rozdział 7 (przenosząc do dodatku). Elementy dotyczące GIS, a konieczne do zrozumienia architektury platformy zamieściłbym w zmodyfikowanym Rozdziale 6.

2. Zdecydowanie zbyt krótki natomiast jest Rozdział 11. Brak jest tu analizy jakościowej i ilościowej rozwiązań teoretycznych i stworzonych narzędzi. Brakuje też omówienia wyników i wniosków końcowych związanych z wprowadzonym aparatem wnioskowania przestrzennego i planowania trajektorii.
3. Angielski jest nierówny, w wielu miejscach wymaga solidnej interwencji specjalisty *native speaker*.
4. W pracy autor często posługuje się skrótami (GIS, GPS). Niektóre z nich rozszyfrowane są dość daleko od pierwszego użycia. W związku z tym zdecydowanie brakuje części poświęconej wyjaśnieniu stosowanych skrótów.

### **Uwagi merytoryczne**

Najistotniejsze moje zastrzeżenia merytoryczne są następujące:

1. brak jest w pracy analiz czasowych (czasy generowania ścieżek dla różnych kombinacji przestrzennych); wiąże się z tym istotna trudność określenia obszaru stosowalności opracowanej metody;
2. Istotne byłoby pokazanie specyficznych cech nowych procesów planowania trajektorii (być może jakościowych), które wynikają z przyjęcia nowej geometrii bazującej na mereologii przybliżonej.
3. w kontekście pp. 1 i 2 powyżej brakuje w pracy porównania z innymi metodami, w szczególności pokazanie, że wprowadzenie pojęcia inkluzji przybliżonej wprowadza poprawę planowania (czasowo i/lub jakościowo)

### **Końcowe uwagi merytoryczne**

Praca ma oryginalny charakter. Wkład autora jest znaczący. Za najważniejsze osiągnięcia uważam opracowanie nowej metodologii planowania działań autonomicznych robotów bazującej na koncepcji mereologicznego pola potencjalnego wyrażonego w terminach zbiorów przybliżonych. Pozytywnie oceniam też eksperyment polegający na zbadaniu efektywności proponowanej metody. Praktyczna wartość tego eksperymentu leży w zastosowaniu systemu platformy Player/Stage. Autor udokumentował wyniki tych eksperymentów w formie dołączonego do pracy dysku CD, zawierającego filmy.

### **Podsumowanie**

Uważam, że opiniowana praca jest dobrym opracowaniem. Spełnia ona wymagania zawarte w obowiązujących przepisach dotyczących rozpraw doktorskich, wnoszę zatem o dopuszczenie mgr Pawła Ośmiałowskiego do publicznej obrony.

