

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Ireny Bach pt.

„Zastosowanie programowania z ograniczeniami i logiki rozmytej do budowy zadaniowo zorientowanych systemów interakcyjnego wspomaganie inwestycji”

Tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Ireny Bach, zgodnie z obszernym tytułem, dotyczy opracowania komputerowych systemów wspomaganie decyzji przy realizacji inwestycji, szczególnie dedykowanych dla małych i średnich przedsiębiorstw. Rozprawa ma charakter nie tylko teoretyczno poznawczy ale także praktyczny, gdyż wskazuje na możliwości rozbudowy istniejących koncepcji wybranych systemów wspomaganie inwestycji o elementy związane z niepewnością, co ma miejsce w rzeczywistych sytuacjach.

Podjęcie tej tematyki związane jest z faktem, iż istniejące na rynku komputerowe narzędzia programistyczne wspomagające podejmowanie decyzji przy zarządzaniu projektami są na ogół dosyć rozbudowane (wymagają dużo czasu na zapoznanie się z obsługą i działaniem), stosunkowo drogie i nie zawsze spełniające rzeczywiste potrzeby. Z tych względów opracowanie niezbyt skomplikowanych, tj. łatwych w obsłudze, tanich i uwzględniających specyfikę przedsiębiorstw, systemów wspomagających przeprowadzanie inwestycji, wydaje się istotne oraz wskazane i te zagadnienia ujęte są w recenzowanej rozprawie.

Głównym celem pracy było opracowanie i realizacja dedykowanego, tj. zadaniowo zorientowanego interaktywnego systemu wspomaganie decyzji w zadaniach planowania inwestycji, w warunkach niepewności, nazwanego w rozprawie jako „System Wspomaganie i Planowania Inwestycji” (SWPI). Realizacja tego celu ma zweryfikować postawioną tezę: „Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji (języków programowania klasy CP, logiki rozmytej) umożliwia (*raczej ułatwia*) budowę interakcyjnych, zadaniowo zorientowanych systemów wspomaganie decyzji w zadaniach planowania inwestycji, dedykowanych dla przedsiębiorstw klasy MŚP”.

Zrealizowany system SWPI, opracowany w oparciu o środowisko programowe z ograniczeniami *Oz Mozart* i język programowania *Delphi* jest swego rodzaju systemem ekspertowym. W tego rodzaju systemach Baza Wiedzy, tworzona przez ekspertów z danej dziedziny, zawiera istotne informacje o przedsiębiorstwie, obejmujące np. zbiory zmiennych decyzyjnych, ich dziedzin oraz relacji w postaci ograniczeń jak np. zakładających niewywłaszczalność i współdzielenie zasobów, itp. Natomiast wnioski na podstawie tej wiedzy, umożliwiające odpowiedzi na rutynowe pytania typu „*jaka jest konkluzja na podstawie przesłanek*”, tj. wnioskowanie progresywne oparte na prawie logiki

Modus Ponendo Ponens lub „*jakie są przesłanki implikujące konkluzję*”, tj. wnioskowanie regresywne oparte na prawie *Modus Tollendo Tollens*, realizowane są przez blok programowy nazywany Maszyną Wnioskującą zawarty zazwyczaj w narzędziach programistycznych, jak w tym przypadku *Oz Mozart*.

Realizacja systemu SWPI została dokonana w kilku etapach. W pierwszym z nich określono tzw. model referencyjny problemu decyzyjnego, obejmujący wiedzę podstawową o przedsiębiorstwie, jak zbiór zmiennych, ich dziedzin i relacji i ograniczeń oraz wiedzę uzupełniającą pochodzącą od ekspertów. Model ten zrealizowany został w postaci bazy wiedzy. W kolejnym kroku dokonano ocenę dedykowalności bazy wiedzy, tj. sprawdzono bazę wiedzy pod kątem jej niesprzeczności, spójności i zupełności (tj. czy zgromadzona wiedza jest wystarczająca aby udzielać konkretnych odpowiedzi, z wyłączeniem typu „*nie wiem*”). Po wyborze strategii poszukiwania rozwiązań wybrano ogólnodostępne środowisko obliczeniowe *Oz Mozart* i język *Delphi* do realizacji Systemu Wspomagania Planowania Inwestycji. Zrealizowany system SWPL został poddany testom sprawdzającym możliwości pracy interakcyjnej wspomagania podejmowania decyzji o różnych skalach złożoności.

Zrealizowany system daje odpowiedzi na standardowe pytania (wnioskowanie progresywne) typu „*Czy istnieje, a jeżeli tak, to jako jest harmonogram wykonania portfela projektów w zadanym czasie, przy spełnieniu ograniczeń związanych z dostępnością zasobów odnawialnych i nieodnawialnych oraz oczekiwaną efektywnością ekonomiczną projektów*”. Odpowiedzią jest wydruk planu realizacji projektów z podaniem czasów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności dla poszczególnych projektów. System SWPI pozwala też, dla wygenerowanego harmonogramu czynności, określić stopień obciążenia użytych zasobów odnawialnych i nieodnawialnych. Odpowiedzi te, podane w krótkim czasie, w istotny sposób mogą wspomagać podejmowanie decyzji. System daje też odpowiedzi przy wnioskowaniu regresywnym.

Istotnym oryginalnym osiągnięciem w zrealizowanym systemie SWPI jest uwzględnienie niepewności i nieprecyzyjności zmiennych decyzyjnych poprzez wprowadzenie liczb rozmytych i operacji na nich podczas wnioskowania. Rozszerza to w znaczny sposób działania typowych systemów wspomagania podejmowania decyzji i wprowadza element ryzyka, który jest nieodzowny przy podejmowaniu decyzji w warunkach niedeterministycznych.

Recenzowana rozprawa doktorska jest nadzwyczaj obszerną pracą, napisaną na 218 stronach i składa się z 5ciu rozdziałów (160 str.), obszernej bibliografii (115 pozycji) i 5ciu załączników.

Rozdział 1wszy obejmuje wprowadzenie do tematu, cel i zakres pracy, jej tezę i przegląd istniejących systemów wspomagania podejmowania decyzji nadających się do wykorzystania w małych i średnich przedsiębiorstwach.

W Rozdziale 2gim przedstawiono tzw. model referencyjny planowania i realizacji portfela projektów inwestycji. Zawiera on, w postaci bazy wiedzy istotne parametry przedsiębiorstwa oraz zbiory zmiennych decyzyjnych i ich dziedzin oraz relacji między nimi.

Rozdział 3ci obejmuje przedstawienie poszczególnych kroków w procesie

projektowania interakcyjnych, zadaniowo zorientowanych systemów wspomaganie decyzji przeznaczonych dla małych i średnich przedsiębiorstw.

W Rozdziale 4tym przedstawiono opis struktury i zakres funkcjonalny opracowanego systemu SWPI, zrealizowanego w oparciu o narzędzia programistyczne *Oz Mozart* oraz język programowania *Delphi*. W rozdziale tym przedstawiono również wyniki weryfikacji systemu SWPI, ocenę jego efektywności oraz przydatności dla małych i średnich przedsiębiorstw. Przykłady weryfikacji obejmują zarówno przyjęcie ograniczeń dla zmiennych typu precyzyjnego, jak i nieprecyzyjnego (rozmytego).

Rozdział 5ty, będący podsumowaniem pracy, zawiera ocenę uzyskanych wyników oraz przewidywane kierunki dalszych prac.

W pięciu Załącznikach A, B, C, D, E przedstawione są informacje uzupełniające dotyczące: metod oceny efektywności przedsięwzięć wdrożeniowych, warunków istnienia rozwiązań problemów decyzyjnych dla ograniczeń rozmytych (RPSO*), kompresji zbioru ograniczeń, danych do przeprowadzonych eksperymentów, opisu posługiwania się opracowanym systemem SWPI wraz z przedstawieniem widoków poszczególnych okien ekranu komputera uzyskanych podczas działania systemu.

Do istotniejszych osiągnięć w pracy można zaliczyć:

- opracowanie modelu referencyjnego w postaci bazy wiedzy dla problemów decyzyjnych,
- umożliwienie wprowadzenia zmiennych precyzyjnych i nieprecyzyjnych (rozmytych) do istniejących narzędzi programistycznych do budowy systemów wspomagających podejmowanie decyzji,
- określenie kolejnych etapów realizacji interakcyjnych systemów wspomaganie planowania inwestycji,
- opracowanie i realizacja prototypowego, interakcyjnego systemu wspomaganie planowania inwestycji (SWPI) – co uznaję jako najważniejsze.

Uzyskane rezultaty mają znaczenie praktyczne, gdyż nie tylko wskazują na możliwości realizacji interakcyjnych systemów ze zmiennymi precyzyjnymi i rozmytymi, ale także potwierdziły możliwość poprawnego działania systemu SWPI.

Przytoczenie tak wielu pozycji literatury dotyczących tematyki rozprawy, a w tym 20tu publikacji współautorskich, również zasługuje na podkreślenie.

Praca napisana jest poprawnie pod względem merytorycznym i stylistycznym, chociaż w kilku miejscach znalazłem uchybienia stylistyczne, które przedyskutowałem z doktorantką. Obowiązkiem recenzenta jest wskazanie słabszych stron pracy, do których (choć niezbyt istotnych) można zaliczyć:

- mieszane angielsko - polskie opisy używanych skrótów,
- brak bliższego opisu Tabeli 2 i 3 i opisy angielskie,
- str. 23, w. 13 d. - horyzoncie H? - chodzi o czasowy czy inny?
- Str. 24, w Tezie pracy, powinno być raczej 'ułatwia' niż 'umożliwia budowę interakcyjnych ...'
- str. 24 dół – przy opisie Bazy Wiedzy nic nie mówi się o jej 'zupełności',
- str. 35 – tytuł Przykładu 2.1 – niezbyt zrozumiały;
- str.64 – wzory (36) i (37), jeżeli dotyczą zbiorów rozmytych, określają

odpowiednio *przecięcie* i *połączenie*; w pierwszym przypadku stosowanym operatorem jest *T-norma*, która może przyjmować postaci: *MIN*, *iloczyn algebraiczny* [jak wzór (36)] i inne; w drugim przypadku operatorem jest *S-norma*, która może przyjmować postaci: *MAX*, *suma bezpośrednia* [jak wzór (37)] i inne – brak dyskusji,

– str. 74 i 76, rys. 30 i 31 – niezbyt zrozumiałe są przyjęcia zbiorów rozmytych „około x ” o kształtach trójkątów prostokątnych; np. dla liczby „około 3” (rys. 30), liczba 2.5 jest „około 3” na poziomie ufności 0.75, a liczba 3.01 – na poziomie 0.0 (nie należy do „około 3”) - brak wyjaśnień,

– str.47 - rys. 13 – 17, $A^{>1}$, co oznacza ten przekrój zbioru?

– działanie opracowanego systemu SWPI pod wieloma względami przypomina działanie Rozmytych Systemów Ekspertowych (RSE) wyróżniających w swej strukturze bloki rozmywania, wnioskowania i wyostrażania. W pracy nie przeprowadzono odpowiedniego porównania. Czy zatem można dokonać próby oszacowania ewentualnych ilościowych i/lub jakościowych różnic związanych z wykorzystaniem SWPI i RSE?

Inne niejasności jakie miałem przy czytaniu pracy wyjaśniłem w dyskusji z doktorantką.

W moim odczuciu recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Ireny Bach wyraźnie spełnia wymagania stawiane przez odpowiednie przepisy ustawowe i może być skierowana do dalszego postępowania.

