

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Ireny Bach nt.

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

1. Problematyka naukowa oraz przedmiot rozprawy

Rosnące znaczenie sektora małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) wymusza potrzebę wspomaganie ich działalności, w szczególności w zakresie planowania projektów. Warto zauważyć, że specyfiką przedsiębiorstw tego sektora są zlecenia produkcyjne o jednostkowej lub krótkoseryjnej produkcji zbliżone ze względu na swój często unikalny charakter do projektów. Jednoczesna produkcja kilku różnych, z reguły unikalnych wyrobów oraz wzmagająca się konkurencja powodują, że o utrzymaniu rynkowej pozycji przedsiębiorstwa decyduje trafność podejmowanych przez niego decyzji związanych z planowaniem zleceń, decyzji z natury rzeczy kosztownych i ryzykownych.

W dużych przedsiębiorstwach decyzje tego typu są wspomaganie systemami komputerowo zintegrowanego zarządzania, systemami klasy ERP (*Enterprise Resource Planning*). Niestety, koszty związane z zakupem, wdrożeniem i eksploatacją tego typu systemów przekraczają zwykle możliwości MŚP. Z kolei, podejście zakładające, że przedsiębiorstwu dostarczane winny być bardziej same decyzje niż narzędzia służące do ich wypracowywania, sprowadzające się do rozwiązań (zdobywających rynek amerykański) wywodzących się z filozofii outsourcingu, tzn. systemów oferujących dostęp do aplikacji na zasadzie dzierżawy za pośrednictwem Internetu, czyli rozwiązań typu – *Application Service Providing (ASP)* ograniczają wymagania związane z koniecznością uzyskania koncesji gwarantującej poufność danych klienta.

W przedstawionym kontekście, proponowane w pracy rozwiązanie przedstawia interesującą koncepcję metodyki budowy tanich, łatwych w obsłudze (np. bezpośrednio przez właściciela firmy), dedykowanych (uwzględniających charakter danego przedsiębiorstwa), projektowanych na zamówienie (oddających specyfikę wymagań użytkownika) narzędzi do wspomaganie decyzji w tzw. trybie on-line, czyli na bieżąco. Zasadniczy problem pracy można sformułować następująco: Dana jest pewna standardowa struktura modelu układu „przedsiębiorstwo – portfel projektów”, tzw. modelu referencyjnego problemu decyzyjnego. Rozważana jest sytuacja, w której przedsiębiorstwo podejmuje się realizacji inwestycji związanej z wykonaniem określonego portfela projektów. Dany jest zbiór pytań rutynowych umożliwiających podjęcie decyzji o przyjęciu lub odrzuceniu projektu oraz sposobie jego realizacji. Rozważany problem sprowadza się do odpowiedzi na pytanie: czy w oparciu o dostępne dane charakteryzujące przedsiębiorstwo, portfele projektów, a także zgromadzone doświadczenie kadry menadżerskiej przedsiębiorstwa możliwa jest budowa odpowiedniego, dedykowanego systemu interakcyjnego planowania realizacji portfeli projektów?

Przyjmując, że rozważane przedsiębiorstwo i planowana w nim inwestycja modelowane są w kategoriach bazy wiedzy, problem ten wchodzi w zakres modelowania i weryfikacji baz wiedzy, w szczególności związanej z badaniem jej spójności i niesprzeczności. W tym kontekście Doktorantka stawia więc hipotezę, że zastosowanie zaawansowanych metod sztucznej inteligencji (języków programowania z ograniczeniami, wnioskowania rozmytego, metody logiczno-

algebraicznej) pozwala rozwiązywać złożone (integrujące różne problemy cząstkowe, m.in. związane z przydziałem zasobów, porcjowaniem, marszrutowaniem i harmonogramowaniem zadań, itp.), wielokryterialne problemy planowania projektów, a tym samym umożliwia budowę interakcyjnych dedykowanych dla przedsiębiorstw klasy MŚP systemów komputerowego wspomaganie. Należy zauważyć, że rozważany zakres planowania projektów znacznie wykracza poza zakres komercyjnie dostępnych systemów wspomaganie decyzji – obejmuje obiekty opisywane zmiennymi niepewnymi oraz pozwala formułować tzw. „odwrotne” problemy planowania projektów, odpowiadające na pytania typu: jakie parametry przedsiębiorstwa i/lub zleceń produkcyjnych gwarantują ich z góry zadane koszty wykonania i terminy ukończenia. W wyniku przeprowadzonych badań Doktorantka rozwiązała szereg problemów warunkujących efektywność proponowanej metodyki budowy dedykowanych, interakcyjnych systemów wspomaganie decyzji w rutynowych zadaniach wariantowania inwestycji w MŚP. Uzyskane wyniki wykorzystana przy budowie prototypowego Systemu Wspomaganie Planowania Inwestycji. Przeprowadzając szereg eksperymentów wykazała jego praktyczną użyteczność.

2. Ocena rozprawy doktorskiej

2.1 Treść rozprawy

Licząca 219 stron praca składa się z 5 rozdziałów, bibliografii obejmującej 115 pozycji w tym 105 literaturowych, spisu rysunków, spisu ważniejszych skrótów i symboli, spisu tabel oraz 5 załączników. W załączonym spisie cytowanej bibliografii, obejmującym wszystkie ważniejsze pozycje literaturowe z zakresu przedmiotu pracy występuje 18 współautorskich publikacji Doktorantki. Najważniejsze, mające podstawowy (teoretyczny) charakter rozdziały rozprawy to rozdział 2, w którym przedstawiono podstawowe elementy przyjętego modelu referencyjnego problemu planowania portfela projektów oraz rozdział 3, w którym scharakteryzowano zaproponowaną metodykę budowy dedykowanych interakcyjnych systemów wspomaganie decyzji. Rozdział 4 to rozdział dotyczący części użytkarnej, w którym przedstawiono strukturę i funkcjonowanie opracowanego interakcyjnego Systemu Wspomaganie Planowania Inwestycji oraz wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych.

Rozdział 1 zawiera analizę wybranych komercyjnie dostępnych systemów wspomaganie zarządzania portfelem projektów oraz ocenę możliwości ich wykorzystania w przedsiębiorstwach klasy MŚP. Na tle przeprowadzonej analizy Doktorantka przedstawia motywacje pracy, stawia cel i tezę pracy, formułuje problem, omawia jego strukturę oraz sygnalizuje zakres rozprawy. Rozdział ma charakter przeglądowy, ale na uwagę zasługuje erudycja naukowa Doktorantki i dogłębna znajomość aktualnej literatury omawianych zagadnień.

Rozdział 2 wprowadza pojęcie modelu referencyjnego problemu decyzyjnego odnoszącego się do układu „przedsiębiorstwo – portfel projektów”. Przyjęty model referencyjny obejmuje zbiór zmiennych decyzyjnych, ich dziedzin oraz relacji łączących poszczególne podzbiory zmiennych, co pozwala na interpretację problemów decyzyjnych formułowanych w tym modelu, w terminach Problemu Spełniania Ograniczeń (PSO). Otwarta struktura modelu pozwala uwzględniać różne rodzaje zmiennych i ograniczeń, a w konsekwencji różne rozszerzenia PSO – jak np. w przypadku zmiennych nieprecyzyjnych Rozmyte Problemy Spełniania Ograniczeń (RPSO). Model referencyjny w ujęciu RPSO, uwzględniający wartości rozmytych zmiennych decyzyjnych, stanowi wynik własny doktorantki.

Przyjęta struktura modelu nawiązując do struktury bazy wiedzy (BW), służy za platformę dla weryfikacji zbioru pytań rutynowych (wybranych instancji problemów decyzyjnych), np. w kontekście spójności i niesprzeczności dostępnej (zakładanej) BW, a także oceny możliwości

bezpośredniej ich implementacji w komercyjnie dostępnych środowiskach programowania z ograniczeniami (CP). Uzyskane wyniki, stanowią moim zdaniem, oryginalne osiągnięcia Doktorantki i zasługują na oddzielną publikację.

Rozdział 3 zawiera opis metodyki projektowania interakcyjnych systemów wspomaganie decyzji zadaniowo zorientowanych na planowanie projektów w przedsiębiorstwach klasy MŚP. W rozdziale tym wyróżnić można trzy części. Pierwsza część dotyczy kwestii gwarancji istnienia odpowiedzi na zadany zbiór pytań rutynowych. Opracowano w tym celu oryginalną procedurę wyznaczania warunków wystarczających polegającą na implementacji metody logiczno-algebraicznej w językach programowania z ograniczeniami (implementacja metody logiczno-algebraicznej odpowiada wykorzystaniu odpowiednich schematów wnioskowania w BW). Druga część poświęcona jest interakcyjnemu wspomaganie decyzji. Przedstawia efektywną strategię przeszukiwania przestrzeni rozwiązań wykorzystującą wyznaczone warunki wystarczające gwarantujące zadany, jakościowy charakter przebiegu planowanych czynności (w rozważanym przypadku związany z bezblokadową realizacją portfela projektów). Warunki te, których poprawność wykazana została w sposób formalny stanowią ograniczenia uzupełniające model RPSO. Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają ich atrakcyjność umożliwiającą istotne zmniejszanie rozmiaru przeszukiwanej przestrzeni rozwiązań. W części tej zaproponowano również koncepcję kompresji zbioru ograniczeń pozwalającą na zwiększenie efektywności procesu propagacji ograniczeń, istotnie zmniejszając liczbę nawrotów procesu poszukiwania. Część ostatnia przedstawia strukturę proponowanej metodyki, omawia jej poszczególne fazy oraz umiejscawia wyżej wspomniane kwestie gwarancji istnienia odpowiedzi na zadany zbiór pytań rutynowych (spójność i niesprzeczność BW) oraz możliwości ich udzielania w trybie interakcyjnym. Istotnym elementem tego rozdziału jest wykazanie możliwości usystematyzowanego, wynikającego z narzuconych ograniczeń projektowych (głównie ze specyfiki rozważanej klasy problemów), poszukiwania warunków umożliwiających rozwiązywanie problemów skali tych występujących w praktyce, w trybie na bieżąco.

Rozdział 4 zawiera opis struktury i zakresu funkcjonalności zbudowanego, w oparciu o opracowaną metodykę, Systemu Wspomaganie Planowania Inwestycji. W rozdziale tym przedstawiono wyniki przeprowadzonych testów komputerowych oraz wyniki weryfikujące praktyczną przydatność zbudowanego systemu. Weryfikacja ta objęła ocenę efektywności obliczeniowej systemu oraz ocenę jego praktycznej użyteczności przeprowadzonej dla wybranych firm rynku MŚP. Doktorantka dokonała dogłębnej, krytycznej analizy możliwości wykorzystania opracowanego narzędzia. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów dowodzą praktycznej użyteczności zaproponowanego rozwiązania. Poszerzają możliwości analizy obiektów (obiekty mogą być opisywane zmiennymi dokładnymi i przybliżonymi) oraz możliwości formułowania problemów decyzyjnych (o problemy typu „wstecz”). Przykładem tego może być problem doboru nieprecyzyjnych zmiennych decyzyjnych (o dziedzinach ze zbioru liczb rozmytych) oraz wyznaczania kształtu związanych z nimi funkcji przynależności gwarantujących wykonanie portfela zleceń z określoną efektywnością (np. NPV) i w zadanym terminie z zadanym stopniem pewności.

Rozdział 5 Jest to ostatni rozdział pracy, który zawiera zestawienie wyników poznawczych i utylitarnych osiągniętych w ramach rozprawy oraz kierunki planowanych dalszych badań.

2.2 Najważniejsze wyniki uzyskane w rozprawie

Celem postawionym w rozprawie było opracowanie metodyki budowy interakcyjnych, zadaniowo zorientowanych systemów wspomagania decyzji w zakresie wspomagania planowania inwestycji. Cel jest bardzo ważny z punktu widzenia zastosowań praktycznych oraz bardzo interesujący z metodologicznego punktu widzenia. Przedstawione w rozprawie wyniki potwierdzają tezę o możliwości wykorzystania środowisk implementujących paradygmat programowania z ograniczeniami oraz modele zbiorów i logiki rozmytej do budowy interakcyjnych, zadaniowo zorientowanych systemów wspomagania decyzji w zadaniach planowania inwestycji.

Do najważniejszych osiągnięć przedstawionych w rozprawie można zaliczyć opracowanie:

- modelu referencyjnego problemu decyzyjnego planowania realizacji portfeli projektów, modelu umożliwiającego specyfikację parametrów charakteryzujących tak same portfele projektów inwestycyjnych, jak i planowane do ich realizacji przedsiębiorstwa skali **MŚP**. Model ten umożliwia deklaratywny, przyjazny dla użytkownika sposób formułowania problemów planowania, naturalną ich interpretację w terminach bazy wiedzy oraz bezpośrednią implementację w środowiskach programowania z ograniczeniami.
- oryginalnego uogólnienia Rozmytego Problemu Spełniania Ograniczeń rozszerzającego klasę dotychczas rozważanych problemów o zmienne decyzyjne o nieprecyzyjnym charakterze, uogólnienia łatwo implementowanego w komercyjnie dostępnych środowiskach **CP**,
- opracowanie sposobów: kompresji ograniczeń sprowadzającej się do zastępowania ograniczeń „niesymetrycznych” (typu implikacja) równoważnym ograniczeniem symetrycznym oraz wyznaczania ograniczeń gwarantujących zadane cechy jakościowe poszukiwanych rozwiązań (zapewniających np. bezzagłodziwość, cykliczność, bezblokadowość, przebieg realizacji projektów), tzn. sposobów umożliwiających rozwiązywanie problemów decyzyjnych odpowiadających skali problemów występujących w praktyce, w trybie interakcyjnym,
- opracowanie metodyki budowy interakcyjnych zadaniowo dedykowanych systemów wspomagania planowania inwestycji, metodyki umożliwiającej „dostrajanie” implementowanego w niej modelu referencyjnego tak do klasy arbitralnie wybranych pytań rutynowych, jak i skali problemów występujących w praktyce,
- opracowanie prototypowego, interakcyjnego Systemu Wspomagania Planowania Inwestycji i przeprowadzenie szeregu testów potwierdzających jego praktyczną użyteczność.

2.3 Uwagi krytyczne

W trakcie lektury rozprawy pojawiły się następujące uwagi ogólne odnoszące się do pewnych merytorycznych aspektów pracy, mam nadzieję, że spotkają się one z wyczerpującym i odpowiednio szczegółowym komentarzem ze strony Doktorantki:

- w rozdziale trzecim (pkt. 3.2.2.2., str. 107) Doktorantka przedstawia koncepcję budowy ograniczeń (85), (86), (91), spełnienie których gwarantuje osiągnięcie zadanych, jakościowych właściwości realizacji projektów, w rozważanym przypadku związanych z bezblokadowym przebiegiem czynności w warunkach ograniczonego dostępu do zasobów odnawialnych i nieodnawialnych. Jak w tym kontekście przedstawiają się możliwości budowy ograniczeń spełnienie, których gwarantuje inne jakościowe warunki realizacji przedsięwzięć, np. związane z zadaną rytmicznością (cyklicznością) wykorzystania zasobów i/lub wykonywanych czynności?
- na tle przeprowadzonych eksperymentów, ocen i porównań, odczuwalny jest brak szerszego komentarza nawiązującego do oceny wpływu takich parametrów modelu jak: kształt funkcji przynależności, operatorów logicznych budowanych na zmiennych nieprecyzyjnych,

ograniczeń zasobowych, itp. Związane z tym pytanie wiąże się z oceną ich wpływu na szybkość obliczeń, a tym samym na skalę rozważanych w praktyce problemów.

- w pracy nie rozważa się zależności (ograniczeń) opisujących wskaźniki efektywności inwestycji w przypadku rozmytych wartości zmiennych decyzyjnych. W przeprowadzonych eksperymentach, np. w przykładzie 4.5 dla rozmytych czasów trwania czynności otrzymano precyzyjne wartości wskaźników NPV. Czy zmienna NPV może przyjmować wartości rozmyte, a jeśli tak to jak jest ona wyznaczana?
- wykorzystywany model referencyjny ogranicza się do zmiennych decyzyjnych o charakterze dyskretnym. Jak to ograniczenie wpływa na wartość uzyskiwanych wyników, np. w odniesieniu do innych narzędzi niewnoszących tego typu ograniczeń, jak np. MS Project? I dalej: Czy proponowane podejście (model referencyjny) można rozszerzyć na układy opisywane tak przez dyskretne jak i przez ciągłe zmienne decyzyjne?

Pragnę zaznaczyć, że przedstawione wyżej uwagi dyskusyjne nie zmniejszają mojej bardzo wysokiej pozytywnej oceny rozprawy.

2.4 Ocena redakcji rozprawy

Redakcja rozprawy jest bardzo staranna. Jej organizacja stanowi przejrzystą i logicznie przemyślaną całość. Struktury językowe nie budzą zastrzeżeń. Duża liczba rysunków, tabel i diagramów zamieszczonych w rozprawie jest dobrą formą wizualizacji wyników. W pracy znalazłem kilka następujących błędów redakcyjnych:

- błędy interpunkcji:
 - wstawienie przecinka w miejsce kropki, m.in.: str. 48 wzór (18), str. 55 wzór (32), str. 68 wzór (52), str. 198 wzór (C7), str. 199 wzory (C8), (C9), (C10), (C11)
 - wstawienie kropki w miejsce przecinka lub brak przecinka, m.in.: str. 67 wzory (47) oraz (48), str. 72 wzór (69), str. 194 układ równań (B10)
- błędne odwołania w tekście:
 - str. 71 przy opisie S_α^* błędne odwołanie do rys. 25 zamiast do rysunku 28,
 - str. 130 w opisie ogólnej idei działania systemu *SWPI* błędne odwołanie do rys. 46 zamiast do rys. 58,
- nieścisłości symboli i oznaczeń:
 - we wzorach (41) oraz (51) jest: $\forall v \subset K$ a powinno być: $\forall v \in K$, ponadto powinna być kropka po obu wzorach;
 - str. 99, 102, 103, brak wyjaśnienia oznaczeń: D_n^L, D_n^N
 - str. 116, 117, wzór (92) jest tym samym wzorem co (5), wzór (93) jest tym samym wzorem co (6),
- powtórzenia w tekście:
 - str. 85 – powtórzenie tekstu dotyczącego wyjaśnienia postaci pytań rutynowych (wcześniejsze wyjaśniane na stronie 56).

3. Upowszechnienie wyników rozprawy

Wyniki uzyskane w rozprawie były prezentowane na kilkunastu znaczących tak międzynarodowych, jak i krajowych konferencjach naukowych poświęconych zastosowaniom metod sztucznej inteligencji w modelowaniu i projektowaniu systemów wspomaganie decyzji. Oprócz materiałów konferencyjnych, uzyskane wyniki publikowane były w wydawnictwach typu WKŁ, PWNT i Springer, w szczególności uwagę zwracają dwa artykuły opublikowane w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej: Lecture Notes in Computer Science oraz Kybernetes.

4. Konkluzja

Stwierdzam, że w recenzowanej rozprawie doktorskiej mgr inż. Ireny Bach został właściwie postawiony i rozwiązany oryginalny problem badawczy, polegający na opracowaniu koncepcji metodyki projektowania systemów interakcyjnego wspomaganie planowania inwestycji, metodyki implementującej techniki sztucznej inteligencji, uwzględniającej nieprecyzyjny charakter zmiennych decyzyjnych i umożliwiającej formułowanie „odwrotnych” zadań planowania.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa wnosi wkład w rozwój podstaw teoretycznych budowy systemów wspomaganie decyzji w przedsiębiorstwach klasy MŚP. Doktorantka wykazała się znajomością literatury tematu, a uzyskane wyniki otrzymała odpowiednimi metodami badawczo-naukowymi; wykazała się również dobrą znajomością metod programowania z ograniczeniami oraz modelowania rozmytego, biegłością operowania na konstrukcjach formalnych oraz umiejętnością praktycznej implementacji nowoczesnych technik komputerowych.

Uważam też, że opiniowana praca z nadmiarem spełnia warunki stawiane przez obowiązującą ustawę o stopniach i tytule naukowym w określeniu do rozpraw doktorskich (Dz. U. Nr. 65 z dnia 14 marca 2003) z zakresu informatyki. Wnoszę, więc o dopuszczenie mgr inż. Ireny Bach do publicznej obrony i wnioskuję również o wyróżnienie jej rozprawy.

