

Gliwice, 12.06.2023 r.

Dr hab. inż. Adam Gałuszka, prof. Uczelni
Politechnika Śląska,
Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki
Katedra Automatyki i Robotyki
ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice
adam.galuszka@polsl.pl



PRZEWODNICZĄCY RADY DISCYPLINY
Automatyki, Elektroniki, Elektrotechniki
i Technologii Kosmicznej
prof. dr hab. inż. Wojciech Szelaąg

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy: Algorytmy wspomaganie decyzji w zakresie działań naprawczych na przykładzie systemu dystrybucji wody

Autor rozprawy: mgr inż. Ariel Antonowicz

Promotor rozprawy: prof. dr hab. inż. Andrzej Urbaniak, Politechnika Poznańska

Dziedzina: nauki inżyniersko-techniczne

Dyscyplina: automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne

Niniejsza recenzja została przygotowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne Politechniki Poznańskiej, prof. dr. hab. inż. Wojciecha Szelaąg, z dnia 26.04.2023 r.

1. Cel i zakres rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Ariela Antonowicza dotyczy problemu syntezy systemu wspomaganie podejmowania decyzji, którego celem jest poprawa efektywności procesu przywracania dostarczania wody przez sieć wodociągową w sytuacji katastroficznej, rozumianej jako jednoczesne wystąpienie wielu awarii sieci.

Proponowane rozwiązanie polega na implementacji oraz weryfikacji symulacyjnej zbioru siedmiu autorskich algorytmów, których zadaniem jest efektywna analiza sytuacji katastroficznej oraz wspomaganie decyzji zespołu zarządzania kryzysowego w zakresie kolejności podejmowania napraw w obecności ograniczeń wynikających z dostępnych zasobów. Zaletą zaproponowanego rozwiązania jest modułowy charakter wynikowego systemu, który w przypadku wdrożenia umożliwia jego kalibrację do różnych struktur systemów dystrybucji wody, jak i modyfikowanie parametrów stanowiących ograniczenia dla procesów decyzyjnych.

Do weryfikacji wyników oraz efektywności zaproponowanego rozwiązania wykorzystano dane rzeczywiste topologii wybranej sieci dystrybucji wody oraz zbiory

autorskich scenariuszy wystąpienia katastrof. Aby wykazać, że proponowane rozwiązanie wykazuje nie gorsze własności efektywności niż strategie decyzyjne stosowane dotychczas, Autor zaproponował tezę rozprawy w brzmieniu:

„Dla zdefiniowanego procesu decyzyjnego możliwe jest określenie kryteriów wyboru, ograniczeń, które pozwolą zachować największą sprawność systemu wodociągowego w sytuacji wystąpienia wielu awarii”.

Teza sformułowana w powyższy sposób posiada własność, która umożliwia jej udowodnienie bez prowadzenia badań porównawczych. Warunkiem jest wykazanie optymalności decyzji wynikających z zaproponowanych algorytmów, prowadzących do optymalnej (największej) wartości funkcji oceny sprawności systemu.

2. Struktura i zawartość rozprawy

Recenzowana praca doktorska jest bardzo obszerna w obszarze nauk technicznych (250 stron) i obejmuje formalnie siedem głównych rozdziałów, poprzedzonych wstępem oraz zakończonych wnioskami. Praca napisana jest w języku polskim i jej zaletą jest jasny i zrozumiały (choć miejscami nieprecyzyjny, o czym w dalszej części recenzji) przekaz dla czytelników z wielu dyscyplin dziedziny nauk technicznych.

Zasadnicza część rozprawy liczy łącznie 173 strony i ponadto zawiera spis bibliografii liczący 124 pozycje oraz trzynaście dodatków. Praca rozpoczyna się wstępem, w którym przedstawiono motywację i tezę postawioną w rozprawie. Autor podkreśla w nim kluczowe znaczenie ciągłości procesu dostarczania wody pitnej oraz przywracanie tej ciągłości w przypadku wystąpienia katastrofy, tj. wielu awarii sieci wodociągowej jednocześnie.

W rozdziale drugim Autor opisuje kolejno wybrane systemy sterowania i monitorowania wraz z ogólną ich koncepcją, w szczególności w kontekście ich zastosowań z systemami SCADA, wspomagania decyzji oraz systemami ekspertowymi. Rozdział ten zdecydowanie wpisuje się w dyscyplinę AEEiTK.

W rozdziale trzecim zawarto opis systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę, ich budowę oraz rodzaje, a także opisano problem krytyczności elementów systemu. W rozdziale czwartym Autor opisuje metodykę modelowania procesów dystrybucji wody oraz jej awarii. Rozdziały te wpisują się w dyscyplinę inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Rozdział piąty dotyczy rozwiązań informatycznych wykorzystanych w pracy oraz Autorskiej modyfikacji metody typowania zasuw do zamknięcia w przypadku wystąpienia awarii. Rozdział szósty opisuje wykorzystanie metod szeregowania zadań oraz algorytmów teorio-grafowych do rozwiązywania problemów kolejności naprawiania awarii oraz szeregowania

zadań ekip naprawczych. Rozdziały te dotyczą wykorzystania metod optymalizacji dyskretnej, które znajdują się w nurtach zainteresowań dyscyplin AEEiTK oraz informatyki technicznej i stosowanej.

W rozdziale siódmym przedstawiono grupę Autorskich algorytmów stanowiących system wspomaganie podejmowania decyzji, przy czym przy ich tworzeniu korzystano zarówno z wiedzy eksperckiej jak i literatury. W rozdziale ósmym przedstawiono wyniki badań symulacyjnych wraz z analizą ich wyników i poprawności w kontekście postawionej tezy. W opinii recenzenta rozdziały te stanowią najbardziej wartościową część pracy, której wyniki mogą być wdrażane w automatyzacji procesów przemysłowych i podejmowania decyzji w rozpatrywanej dziedzinie. Rozprawę podsumowano wnioskami.

3. Najważniejsze osiągnięcia rozprawy

Biorąc pod uwagę zawartość pracy, za główne osiągnięcia Autora należy uznać:

- 1) opracowanie założeń systemu automatycznego wspomaganie podejmowania decyzji dla systemu dystrybucji wody w przypadku wystąpienia wielu awarii;
- 2) identyfikacja funkcji docelowych podlegających procesom optymalizacji dla poszczególnych etapów procesu decyzyjnego;
- 3) opracowanie i implementacja Autorskich siedmiu algorytmów wchodzących w skład systemu podejmowania decyzji;
- 4) Autorska modyfikacja metody typowania zasuw do zamknięcia w przypadku wystąpienia awarii;
- 5) automatyzacja procesu generowania przypadków testowych;
- 6) konsultowanie parametrów projektowanego systemu oraz wynikowych decyzji z ekspertem zakładów wodociągowych.

Powyższe, najważniejsze elementy rozprawy decydująca o jej wartości naukowej i badawczej. Należy zauważyć, że Autor podjął się realizacji bardzo ciekawego oraz istotnego z punktu widzenia praktycznych zastosowań tematu badawczego. Poszczególne wyniki badań zostały opublikowane w kilku współautorskich pracach w języku angielskim, co świadczy pozytywnie o dużej wiedzy Autora rozprawy w zakresie poruszanej tematyki badawczej.

4. Poprawność pracy i uwagi krytyczne

Poprawność treści rozprawy nie wzbudza zastrzeżeń, a stwierdzenia w niej zawarte stanowią podstawę do kontynuowania badań, co wynika w szczególności z przedstawionych podstaw teoretycznych popartych wynikami przeprowadzonych badań eksperymentalnych.

Jednocześnie Autor nie ustrzegł się niedociągnięć i nieprecyzyjności, poniżej wymieniono uwagi o charakterze krytycznym i dyskusyjnym:

- 1) W pracy widoczny jest brak porównania budowanego systemu z innymi systemami automatycznego wspomaganie podejmowania decyzji. Czy wynika to z braku porównywalnych systemów? Proszę o krótkie uzasadnienie.
- 2) Zarówno w streszczeniu jak i we wnioskach końcowych (str. 187) Autor pisze o funkcji docelowej będącej minimalizacją czasu przywracania pełnej zdolności sieci wodociągowej w sytuacji pokatastroficznej. Czy chodzi tu o sumę wskaźników (6.1) dla wszystkich napraw? Jaki jest związek funkcji docelowej ze wskaźnikiem wspomnianym w tezie pracy, tj. „sprawnością systemu”, dla którego chcemy osiągnąć wartość maksymalną w sytuacji wystąpienia awarii. Dyskusyjne jest również sformułowanie „czasu przywracania pełnej zdolności sieci wodociągowej w sytuacji pokatastroficznej”. Zapewne można wygenerować scenariusze, dla których nie będzie możliwe przywrócenie pełnej zdolności w rozsądnym przewidywalnym czasie, szczególnie dla scenariuszy np. z trzęsieniem ziemi, wymienianych w rozprawie.
- 3) Na rysunku 2.1 przedstawiono ogólną strukturę systemów sterowania. Proszę o doprecyzowanie, czy struktura ta dotyczy układu zamkniętego czy otwartego, w którym miejscu znajduje się wartość zadana oraz czy istnieją struktury będące kombinacją powyższych, tj. otwarto zamknięte. Które ze struktur wykorzystuje Pan w rozprawie? Dodatkowo, czy wejście niesterowane (zakłócenie) może bezpośrednio wpływać na sygnał wyjściowy?
- 4) Na str. 29 wspomniano reguły IF-THEN wraz z komentarzem, że brak jest tu systemu wnioskującego. Należy mieć na uwadze fakt, że reguły te w ogólnym przypadku przyjmują postać IF przesłanki (dowolne zdanie sensowne w logice) THEN konkluzje (również dowolne zdanie sensowne w logice). Tak więc konkluzje mogą stanowić przesłanki kolejnych reguł, co jest zresztą jednym ze źródeł trudności obliczeniowych w systemach automatycznego dowodzenia twierdzeń, a więc i systemach automatycznego podejmowania decyzji. Proszę o komentarz do tej uwagi.
- 5) Na str. 30 wspomniano o grafach i najpopularniejszych metodach ich przeszukiwania. Proszę o komentarz, jakie grafy tu Autor ma na myśli. Wspomniany jest tu również algorytm A*, natomiast w pracy używano algorytmu Dijkstry (str. 150).
- 6) Na rys.7.15 pokazano graf o charakterystycznych wagach (większość jest jednakowa). Czy taka struktura i wagi są często spotykane w analizowanej dziedzinie i jak wpływają na wyniki?

- 7) Czy wagi grafu, który jest modelem sieci dystrybucji, mogą zawierać przepływy wody (na str. 118 w tabeli znajdują się dobowe przepływy)? Jeśli tak, to w przypadku struktury z cyklami w grafie (bardziej niezawodnej) zasadne jest rozważanie problemu maksymalnego przepływu w grafie (alg. Np. Forda-Fulkersona), aby oszacować dopływ wody do infrastruktury krytycznej. Czy takie badania prowadzono? W przypadku awarii kierunek przepływu może ulec zmianie, co by skutkowało ujemnymi wagami w grafie sieci. Czy taka zmiana jest uwzględniona w proponowanym systemie? Na rys.5.4. przedstawiono przepływy w wybranym przewodzie dla zbioru 5 symulacji, natomiast nie występuje tam przypadek zmiany kierunku przepływu (choć dla jednej z symulacji jest stale ujemny).
- 8) Na str. 119 zaproponowano progi dla kategorii z komentarzem, że można je dowolnie zmieniać. Czy założone w rozprawie wartości progów zostały skonsultowane z ekspertem? Jaki wpływ mają te wartości na końcowe wyniki (decyzje)?
- 9) Na str.110 i 111 wspomniano o złożonościach wybranych algorytmów szeregowania zadań, w których wymienia się złożoności NP.-trudny, NP.-silnie trudny, notację theta bez ich wprowadzenia. Proszę o krótkie uporządkowanie i informację, czy niektóre z tych algorytmów (dokładnych lub przybliżonych) są algorytmami sztucznej inteligencji i które z nich wykorzystano w rozprawie z komentarzem, czy ich złożoność obliczeniowa stanowiła problem dla efektywności całego systemu.
- 10) Na str. 181 wspomniano o stopniu podobieństwa rozwiązań wyznaczania kolejności. Stopień ten (chyba) nie został zdefiniowany. Proszę o przytoczenie jego definicji i sposobu wyliczenia wartości 92% (lub przykładu wyliczenia).
- 11) W formule (3.1) jest mowa o prawdopodobieństwie wystąpienia awarii i wadze punktowej. Proszę o sprecyzowanie w tym kontekście formuł (3.1.) i (3.2).
- 12) Proszę o wyjaśnienie, dlaczego w sytuacji, gdy został przygotowany losowy generator przypadków testowych, celem weryfikacji wyników zdecydowano się na wygenerowanie zaledwie dwóch scenariuszy testowych?
- 13) Drobne uwagi szczegółowe (najważniejsze):
- Str. 11 – jeden akapit (dotyczący opisu rozdziału szóstego, został podzielony na dwa.
 - Str. 159 (i inne) – nieczytelne wartości wag grafów (stąd też pewnie decyzja, aby część prezentować na większym formacie).

5. Podsumowanie

Przytoczone wyżej uwagi dyskusyjne nie umniejszają zasług Autora ani nie kwestionują przedstawionych osiągnięć, a opisywana w pracy problematyka dotyczy aktualnych i interesujących zagadnień naukowych. Recenzowana praca ma charakter interdyscyplinarny i wdrożeniowy, zasługuje na wysoką ocenę merytoryczną i wnosi istotny oraz oryginalny wkład w dyscyplinę automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Postawione cele i zadania pracy zostały zrealizowane, a jej tematyka wpisuje się we współczesny nurt badań w tym zakresie. Warto zauważyć, że Autor jest również pierwszym współautorem pięciu publikacji notowanych w bazie SCOPUS, w tym zasługującej na szczególną uwagę: Optimization of the process of restoring the continuity of the WDS based on the matrix and genetic algorithm approach (Antonowicz, A., Urbaniak, A.) w Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences, 2022, 70(4), posiadającą impact factor.

Stwierdzam zatem, że opiniowana rozprawa mgr inż. Ariela Antonowicza pt. „Algorytmy wspomaganie decyzji w zakresie działań naprawczych na przykładzie systemu dystrybucji wody” zawiera samodzielne rozwiązanie ważnego i istotnego problemu naukowego. Recenzowana praca doktorska spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późn zm.) w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, tak więc wnoszę o przyjęcie rozprawy i jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Dodatkowo, biorąc pod uwagę akapit pierwszy podsumowania recenzji, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy.

Adam Gatusza