Prof. dr hab. Marcin Szpyrka
Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
Katedra Informatyki Stosowanej
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
tel.: 012 617 51 94
e-mail: mszpyrka@agh.edu.pl

Kraków, 17 sierpnia 2021 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Markiewicza pt. *Hierarchiczna rozmyta interpretowana sieć Petriego*

Rozprawa doktorska została opracowana w Katedrze Informatyki i Automatyki na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej.

1. Cel i zakres rozprawy

Rozprawa doktorska mgr. inż. Michała Markiewicza dotyczy problemu formalnego modelowania złożonych systemów informatycznych z wykorzystaniem rozmytych interpretowanych sieci Petriego (FIPN). Praca doktorska stanowi kontynuację prac prowadzonych przez promotora i przedstawionych w monografii Lesław Gniewek „*Modelowanie i synteza układów sterowania z wykorzystaniem rozmytej interpretowanej sieci Petriego*", która została wydana w roku 2012 przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Rzeszowskiej. Przedstawione w rozprawie badania dotyczą przede wszystkim opracowania koncepcji hierarchicznych rozmytych interpretowanych sieci Petriego (HFIPN) oraz narzędzi wspierających praktyczne ich wykorzystanie. Tezę pracy zdefiniowano następująco: *Możliwe jest przygotowanie opisu formalnego hierarchicznej FIPN (HFIPN), metod oraz narzędzia komputerowego w oparciu o sieć HFIPN, które pozwolą na wykorzystanie tej sieci w zastosowaniach praktycznych oraz ułatwią modelowanie złożonych systemów informatycznych.*
W pracy przeplatają się wątki teoretyczne – związane przed wszystkim z formalnym opisem przedstawionych metod hierarchizacji FIPN oraz praktyczne – związane przed wszystkim z implementacją testowych narzędzi wspierających stosowanie HFIPN oraz prezentacją przykładowych modeli systemów sterujących w postaci HFIPN. Biorąc pod uwagę obserwowany w ostatnim dziesięcioleciu wzrost zainteresowania wykorzystaniem metod formalnych do wytwarzania systemów informatycznych, tematykę poruszaną w pracy należy uznać za ważną i aktualną.

2. Struktura i zawartość rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska została przygotowana w języku polskim. Praca składa się z dziewięciu rozdziałów wliczając w to wstęp i podsumowanie. Zawiera ponadto wykaz ważniejszych skrótów, wykaz ważniejszych oznaczeń, spis rysunków, spis tabel, wykaz literatury i streszczenie w języku polskim. Praca liczy łącznie 174 strony. Wspomniany wykaz literatury zawiera łącznie 211 numerowanych pozycji.

WPŁYNĘŁO
19 LIP. 2021
POLITECHNIKA RZESZOWSKA
im. Ignacego Łukasiewicza
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI I INFORMATYKI
35-959 Rzeszów, ul. W. Pola 2
tel. 17 865 1289, 1764

- Rozdział 1 zawiera wprowadzenie do problematyki pracy, w szczególności przedstawiono w nim motywację do podjęcia opisanych badań, tezę i cele pracy oraz w skrócie jej zawartość.

- Rozdział 2 zawiera literaturowy przegląd metod hierarchizacji sieci Petriego. Tego typu przeglądy pojawiają się również w dalszej części pracy. Sposób ich przygotowania pokazuje bardzo szeroką wiedzę doktoranta w obszarze, w którym się porusza.

- Rozdział 3 poświęcono tematyce rozmytych interpretowanych sieci Petriego. Rozdział zawiera definicję samego modelu jak również definicje powiązanych pojęć. Przedstawiony w tym rozdziale formalizm stanowił punkt wyjścia do badań doktoranta opisanych w rozprawie. Warto podkreślić, że zarówno w tym rozdziale jak i kolejnych, doktorant stara się ilustrować omawiane pojęcia przytaczając ciekawe przykłady.

- Rozdział 4 jest pierwszym rozdziałem, w którym przedstawiono wyniki prac doktoranta. Opisano w nim hierarchiczną rozmytą interpretowaną sieć Petriego z makromiejscami o jednym miejscu wejściowym i wyjściowym. Jest to najprostsze podejście do hierarchizacji FIPN opracowane przez doktoranta. Rozdział zawiera stosowne definicje, opis tworzenie makromiejsc poprzez dekompozycję, reprezentację algebraiczną takich HFIPN oraz przykład ich wykorzystania – system mieszania trzech komponentów: dwóch płynów i rozpuszczalnych kostek.

- Rozdział 5 zawiera rozszerzenie koncepcji makromiejsc opisanych w rozdziale 4 tj. hierarchiczne FIPN z makromiejscami z wieloma miejscami wejściowymi, wyjściowymi i wejściowo-wyjściowymi. Ponadto w rozdziale przedstawiono koncepcję grafu hierarchii dla HFINPN oraz koncepcję instancji makromiejsc. Jest to docelowa wersja HFIPN przedstawiona w rozprawie.

- Rozdział 6 i kolejne związane są z praktycznym wykorzystaniem HFINPN. Rozdział rozpoczyna przegląd literatury dotyczącej wykorzystania sieci Petriego przy modelowaniu systemów dyskretnych oraz przedstawienie narzędzi wspierających praktyczne wykorzystanie sieci Petriego o podobnym zastosowaniu jak rozwijane przez doktoranta oprogramowanie HFIPN-SML. Główna część rozdziału dotyczy programowego modelu HFIPN tj. reprezentacji opracowanej na sieci HFIPN stosowanej w symulatorze HFIPN-SML. Przedstawiona reprezentacja pozwala na wygenerowanie programu dla sterownika PLC w języku ST.

- W rozdziale 7 przedstawiono drugą reprezentację HFINPN tym razem bazującą na paradygmacie obiektowym. Podobnie jak w rozdziale 6 część rozdziału 7 przeznaczono na przegląd literatury związanej z obiektowymi sieciami Petriego.

- Rozdział 8 poświęcono symulatorowi HFIPN-SML. Rozdział rozpoczyna się od przeglądu popularnych symulatorów sieci Petriego. Główna część rozdziału zawiera przegląd możliwości zaimplementowanego symulatora.

- Krótkie podsumowanie przedstawione w rozdziale 9 zawiera między innymi wskazanie głównych osiągnięć autora i wskazanie możliwych dalszych prac rozwijających przedstawione podejście modelowania systemów informatycznych.

Prezentacja materiału przedstawionego w pracy dokonana jest w sposób poprawny z językowego punktu widzenia. W pracy trafiają się nieliczne literówki, drobne błędy w zastosowaniu znaków interpunkcyjnych (np. bardzo często zamiast półpauzy używany jest dywiz) i niewielkie błędy w składzie wzorów matematycznych.

3. Ocena rozprawy

Praca podejmuje tematy naukowo aktualne i ważne dla problemów modelowania systemów informatycznych. Wzrost możliwości obliczeniowych współczesnych systemów komputerowych przyczynił się do znacznego wzrostu zainteresowania modelowaniem formalnym i technikami weryfikacji modelowej. Opracowane podejścia do konstruowania hierarchicznych rozmytych interpretowanych sieci Petriego wpisują się bardzo dobrze w nurt poszukiwań metod formalnych skutecznych z perspektywy ich praktycznego wykorzystania. W tym kontekście przedstawione w rozprawie wyniki należy uznać za wartościowy wkład w dyscyplinie Informatyka techniczna i telekomunikacja.
Do najistotniejszych osiągnięć przedstawionych w ocenianej rozprawie doktorskiej należy zaliczyć:

1. Opracowanie koncepcji hierarchicznych rozmytych interpretowanych sieci Petriego z makromiejscami o jednym wejściu i wyjściu wraz z ich reprezentacją algebraiczną kluczową dla budowy narzędzi informatycznych wspierających wykorzystanie tych sieci.

2. Opracowanie koncepcji hierarchicznych rozmytych interpretowanych sieci Petriego z makromiejscami o wielu miejscach wejściowych, wyjściowych lub wejściowo-wyjściowych wraz z ich reprezentacją algebraiczną. Istotnymi elementami tej klasy sieci są koncepcje instancji makromiejsc i graf hierarchii dostosowany do potrzeb HIFPN.

3. Opracowanie dwóch metod (modeli) reprezentowania HIFPN z perspektywy narzędzi informatycznych wraz algorytmami generowania kodu wykonywalnego na podstawie tych modeli (kod ukierunkowany na sterowniki PLC).

4. Implementacja prototypowego symulatora hierarchicznych rozmytych interpretowanych sieci Petriego – HIFPN-SML.

5. Opracowanie przykładów praktycznego wykorzystania HIFPN, które wykorzystano w rozprawie do ilustracji omawianych pojęć.

3.1. Uwagi ogólne

1. Począwszy od definicji 3.1 stosowany jest element definicji rozmytych interpretowanych sieci Petriego oznaczony symbolem e i określany jako „*zdarzenie synchronizujące działanie wszystkich tranzycji.*". Koncepcja ta nie została wyjaśniona w żadnych miejscu pracy.

2. W wyjaśnieniu do definicji 3.1 pojawia się następujące stwierdzenie: „*Wagi łuków są liczbami całkowitymi, które mogą być większe od 1, gdy miejsca wejściowe/wyjściowe łuku są typu p''.*" Stwierdzenie to w żaden sposób nie wynika z definicji 3.1. Wydaje się, że definicja ta wymagałaby korekty/uzupełnienia w kwestii definicji funkcji W. Jest to o tyle istotne, że koncepcja FIPN jest podstawą dla definicji HFIPN.

3. Na stronie 33 bezpośrednio po wzorze (3.5) pojawia się stwierdzenie „*Przyrost $\Delta\theta < 0$ nie powoduje zmian w znakowaniu sieci.*" Przyjmijmy, że dla danej tranzycji t mamy kolejno przyrosty 0.2, 0.4, -0.3, 0.4, 0.3. Czy to oznacza, że mamy 130% wykonania tranzycji t?

4. Na stronie 136 pojawia się stwierdzenie: „*W symulatorze HFIPN-SML dynamiczne właściwości sieci mogą zostać zbadane poprzez użycie grafu osiągalności (RG, ang. Reachabality Graph). W celu utworzenia RG algorytm generujący go traktuje sieć rozmytą jak binarną, aby uniknąć eksplozji stanów.*". Czy to stwierdzenie oznacza, że w praktyce mówimy wyłącznie o przyrostach $\Delta\theta = 1$? Jaka jest użyteczność tak wygenerowanego grafu osiągalności dla analizy FIPN? Czy rozważał Pan podejście, w którym przyjmujemy pewną granulację, np. minimalne $\Delta\theta = 0.1$ i próbujemy budować graf osiągalności przy takim założeniu?

3.2. Uwagi szczegółowe

1. Str. 17 (i dalsze) – W pracy stosowane są niepoprawne cudzysłowy.
2. Str. 23 (ostatnia linia i dalsze strony) – Prawie wszystkie użyte przez autora dywizy należy zamieć na półpauzy (w kodzie LaTeXa dwa minusy).
3. Str. 30 (i dalsze) – Wszystkie dwukropki użyte we wzorach matematycznych należy zamienić na polecenie `\colon`. Użycie dwukropka np. w kontekście wskazania dziedziny i przeciwdziedziny funkcji jest niepoprawne z punktu widzenia składu wzorów matematycznych.
4. Str. 30 (i dalsze) – Dlaczego do oznaczenia zbioru liczb naturalnych użyto symbolu $\aleph$? Biorąc pod uwagę oznaczania innych zbiorów liczbowy użyte w rozprawie, należało użyć symbolu $\mathbb{N}$.
5. Str. 30 – Zamiast $K\colon P' \to 1$ powinno być $K\colon P' \to \{1\}$.
6. Str. 38 (i dalsze) – Zamiast `$TM$` powinno być `$\mathit{TM}$`. Użycie polecenia `$\mathit$` dla wieloliterowych oznaczeń wewnątrz wzorów matematycznych pozwala wyeliminować zbędne i nieestetyczne odstępy między literami (patrz np. TIME na stronie 52, definicja 5.4).
7. Str. 43 (również str. 57) – Zamiast „*żaden ze zbiorów*" powinno być „*żadna para zbiorów*".
8. Str. 63 (i dalsze) – Przy podwójnym indeksowaniu (góra i dół) litery w indeksie dolnym powinny być pod primami.

3.3. Uwagi techniczno-redakcyjne

Pod względem edytorskim oceniana rozprawa doktorska lokuje się zdecydowanie powyżej przeciętnej. Została dość starannie złożona z użyciem systemu składu LaTeX. Tym niemniej autor nie ustrzegł się kilku „typowych" błędów, np.: używanie dwukropka zamiast polecenia `\colon` (np. przy definiowaniu funkcji), używanie dywizów zamiast półpauz, brak stosowania polecenia `\mathit` dla wieloliterowych oznaczeń wewnątrz wzorów matematycznych.

4. Wniosek końcowy

Przedstawiona w pracy problematyka dotyczy aktualnych i interesujących zagadnień naukowych związanych z problemem modelowania formalnego systemów informatycznych z użyciem rozmytej interpretowanej sieci Petriego. Rozprawa doktorska zawiera szereg interesujących oryginalnych wyników pracy badawczej autora. Mimo przedstawionych wcześniej uwag krytycznych, rozprawę doktorską jako całość oceniam bardzo pozytywnie.

Biorąc pod uwagę opinie i uwagi zaprezentowane w poprzednich punktach oraz wymagania zdefiniowane przez artykuł 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (tj. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 z późniejszymi zmianami), moja ocena rozprawy pod względem trzech podstawowych kryteriów jest następująca:

A. Czy rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problem naukowego?

[X]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Zdecydowanie TAK	*Raczej TAK*	*Trudno powiedzieć*	*Raczej NIE*	*Zdecydowanie NIE*

B. Czy po przeczytaniu rozprawy zgadzasz się, że kandydat posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie?

[X]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Zdecydowanie TAK	*Raczej TAK*	*Trudno powiedzieć*	*Raczej NIE*	*Zdecydowanie NIE*

C. Czy kandydat posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej?

[X]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Zdecydowanie TAK	*Raczej TAK*	*Trudno powiedzieć*	*Raczej NIE*	*Zdecydowanie NIE*

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska pt. *Hierarchiczna rozmyta interpretowana sieć Petriego* spełnia w pełni wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Michała Markiewicza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.