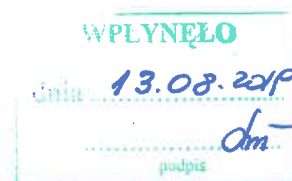


Opole, 09.08.2019

dr hab. inż. Mariusz Pelc, prof. PO
Politechnika Opolska
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Instytut Informatyki
ul. Prószkowska 76, 45-758 Opole



Recenzja

rozprawy doktorskiej magister inżynier Anny Stief zatytułowanej „Combining data from disparate sources for condition monitoring purposes”

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Jerzy Baranowski

Niniejsza recenzja została przygotowana na prośbę dr. hab. inż. Ryszarda Sroki, Prof. AGH, Dziekana Rady Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH – pismo z dnia 5 lipca 2019 roku. Celem recenzji jest ocena spełnienia przez rozprawę doktorską mgr. Inż. Anny Stief warunków określonych w art. 13, ust. 1, ustawy o stopniach i tytule naukowym.

1. Wybór tematu, cel pracy

Tematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej mieści się w szeroko rozumianym obszarze probabilistycznych metod uczenia (maszynowego) i ich wykorzystania dla celów diagnostyki procesów.

Informacja o stanie procesu zawarta jest w określonym zbiorze zmiennych kontekstowych (danych procesowych), które są zwykle mierzone przez zestaw sensorów zlokalizowanych w różnych, często newralgicznych punktach procesu, a w przypadku niedostępności pomiarowej mogą być również estymowane. Najbardziej powszechnym sposobem wykorzystania tego typu informacji jest diagnostyka i detekcja błędów, lub też poprawa efektywności sterowania takim procesem.

Z jednej strony, duża ilość informacji kontekstowej jest pożądana, gdyż oznacza to bardziej szczegółową wiedzę na temat procesu, z drugiej jednak strony wykorzystanie tej informacji wymaga jej przetworzenia poprzez algorytm sterowania lub podejmowania decyzji. W związku z tym naturalną konsekwencją wzrostu ilości informacji kontekstowej jest wzrost nakładów obliczeniowych

związanych z jej przetwarzaniem. Algorytmy sterowania lub podejmowania decyzji są bardzo często implementowane przy użyciu systemów wbudowanych, traktowanych zwykle jako systemy o ograniczonych zasobach (w tym ograniczonej mocy obliczeniowej) co może oznaczać, że w przypadkach szczególnych przetworzenie całej dostępnej informacji kontekstowej w czasie rzeczywistym może przekraczać możliwości takiego systemu. Z tego punktu widzenia bardzo istotnym problemem staje się dobór i selekcja danych kontekstowych (cech), z równoczesną eliminacją danych redundantnych, pod kątem ich użyteczności dla określonego zadania (diagnostyki, detekcji błędów, sterowania i podejmowania decyzji, itp.).

W mojej opinii podjęcie tej właśnie tematyki w recenzowanej rozprawie doktorskiej stanowi o jej **istotności i aktualności**.

Cele pracy zostały jasno sprecyzowane jako:

- określenie wymagań algorytmicznych dotyczących danych dostępnych w warunkach przemysłowych,
- opracowania metod selekcji danych (cech) z wielowymiarowych zbiorów danych,
- opracowanie metody fuzji (agregacji) danych dla celów klasyfikacji błędów z wykorzystaniem klasyfikatorów bayesowskich,
- opracowanie metody fuzji (agregacji) zróżnicowanych typów danych.

W pracy nie znalazłem wyraźnie określonej **tez(y) pracy**, uznaję jednak, że w założeniu chodzi po prostu o udowodnienie, iż powyższe cele pracy są możliwe do zrealizowania.

2. Organizacja i redakcja rozprawy, odniesienia do literatury

Recenzowana rozprawa doktorska liczy 164 strony tekstu i została podzielona na 8 rozdziałów oraz bibliografię liczącą 325 pozycji (w tym źródła internetowe, normy, patenty). Bibliografia zawiera również 9 publikacji Autorki (indywidualnych i współautorskich). W rozdziale 1. przedstawiono wprowadzenie do problematyki selekcji danych, zawarto w nim również cele pracy. W rozdziale 2. zawarto przegląd literatury dotyczącej uwarunkowanej obsługi systemów. W rozdziale 3. opisane zostały zagadnienia związane z fuzją danych oraz określono kierunki badań dla niniejszej dysertacji. W rozdziale 4. opisano dobór i selekcję cech pozwalających na poprawne monitorowanie systemu. Rozdział 5. Zawiera przegląd bayesowskich metod fuzji danych. Rozdział 6. definiuje 2 główne

scenariusze aplikacyjne/walidacyjne dla proponowanych w pracy rozwiązań. Rozdział 7. jest typowym rozdziałem aplikacyjnym/implementacyjnym, w którym Autorka przedstawia praktyczne zastosowania opracowanych metod. Rozdział 8. stanowi podsumowanie efektów pracy.

Rozprawa została napisana w całości w języku angielskim, a jej redakcję cechuje staranność, zachowanie zasad edytorskich oraz dbałość o szczegóły. O przykładowych usterkach technicznych i wątpliwościach natury merytorycznej wspominam w pkt. 5. recenzji.

3. Osiągnięcia naukowe i uwagi pozytywne

Główne osiągnięcia **nowatorskie i oryginalne** można znaleźć w rozdziale 4. oraz w rozdziale 5. Należą do nich:

- rozszerzenie algorytmu ReliefF o możliwość eliminacji danych skorelowanych (traktowanych jako redundantne) na drodze ich ponownego rankingowania,
- opracowanie struktury algorytmu pozwalającego na fuzję danych zróżnicowanych typów.

Z punktu widzenia **dyscypliny automatyka i robotyka** relewantność pracy stanowi jej ukierunkowanie na diagnostykę procesów oraz detekcję błędów i tutaj należy upatrywać głównego **wkładu** Autorki **do dyscypliny**.

W recenzowanej rozprawie Autorka wykazała umiejętność zdefiniowania problemu naukowego, jego rozwiązania oraz doświadczalnej weryfikacji poprawności przyjętej metodologii. W celu zrealizowania celów pracy dokonano:

- przeglądu istniejących algorytmów selekcji cech oraz fuzji zróżnicowanych danych, w czym niewątpliwie pomógł bardzo szczegółowy przegląd literatury,
- oceny skuteczności działania istniejącego rozwiązania (w tym przypadku był to algorytm rankingu cech ReliefF) oraz opracowanie sposobu jego poprawy (w tym przypadku sprowadza się to do potraktowania wyników rankingu cech zwracanego przez algorytm ReliefF jako wstępnego, a następnie poddanie ich ponownemu rankingowi, tym razem w oparciu o zaproponowaną autorską formułę - równanie 4.6),
- opracowania autorskiego algorytmu fuzji zróżnicowanych danych w oparciu o naiwne klasyfikatory Bayesa (schemat algorytmu przedstawiono na rys. 5.6),

- doboru środowiska walidacyjnego umożliwiającego:
 - przedstawienie diagnostyki i detekcji błędów na poziomie wybranego komponentu systemu
 - w tym przypadku obiekt stanowił silnik elektryczny,
 - przedstawienie diagnostyki i detekcji błędów na poziomie systemowym – obiekt stanowił układ przemysłowej instalacji przepływu wielofazowego.
- zastosowania opracowanych rozwiązań w określonym środowisku walidacyjnym.

4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Uwagi, jakie nasuwają się po lekturze pracy mają charakter merytoryczny oraz redakcyjny.

Nadmienię od razu, iż poniższe uwagi nie mają wpływu na ocenę merytorycznego poziomu rozprawy, a ich przedstawienie wskazuje jedynie obszary, w których poprawki mogłyby w mojej opinii poprawić jej odbiór. W sensie merytorycznym/technicznym mam następujące uwagi, raczej o charakterze dyskusyjnym, aniżeli krytycznym:

- a. W odniesieniu do rys. 5.6. (i jego wersji dla studiowanego przypadku użycia – rys. 7.9.) – proponowana dwustopniowa struktura algorytmu fuzji danych na pierwszy rzut oka wygląda nieskomplikowanie, jednak jej dokładna analiza sugeruje, że mechanizm wnioskowania bayesowskie (na rysunku – blok Decision-level fusion) wymaga jednoczesnej dostępności M cech w N typach danych.
 - czy zastanawiała się Pani nad implikacjami takiego założenia w rzeczywistych systemach sterowania?
 - czy dokonywane były pomiary (jak np. w przypadku porównania metody KDE i IKDE – tab. 7.3.5.) czasu potrzebnego do wykonania pełnego „cyklu” metody (ekstrakcja cech->wyliczenie składowych głównych (PCs)->fuzja na poziomie cech->fuzja na poziomie decyzji)?
 - jak w kontekście tego czasu (nawet jeśli nie był on mierzony, z pewnością znany lub możliwy do oszacowania jest jego rząd), skomentowałaby Pani wspomniane na str. 89. częstotliwości próbkowania 5kHz, czy 10kHz?
- b. W rozdziale 6.2.2. na stronie 84. zaznaczone jest, że w instalacji przemysłowej, w której mogą się znajdować woda, powietrze, olej, dla celów demonstracji opracowanych metod przyjmuje się jedynie przepływ dwufazowy (woda i powietrze). Czy jest to informacja istotna

- z punktu widzenia skuteczności opracowanych rozwiązań? Jeśli tak, to jaki wpływ na ich skuteczność może mieć rodzaj medium znajdujące się w instalacji?
- c. W rozważanej dla celów demonstracji opracowanych metod instalacji przemysłowej jest, jak pisze Autorka, bardzo wiele różnego rodzaju czujników. Z oczywistych powodów, przy dużej ilości czujników nie można wykluczyć, że jeden (lub więcej) z nich ulegnie awarii. Czy zaproponowana metoda jest w stanie rozróżnić, czy zmiana mierzonej cechy jest wynikiem błędu w systemie, czy wynika jedynie z wadliwego działania samego czujnika? Inaczej mówiąc – w przypadku naiwnych klasyfikatorów bayesowskich przyjmuje się zwykle dość mocne założenia dotyczące charakterystyki. Czy w odniesieniu do opracowanych w rozprawie rozwiązań przyjmuje się równie mocne założenia co do pewności tych danych (zgodności danych pomiarowych z faktycznymi parametrami procesu)?
- d. Mam również pewną uwagę dotyczącą samego sposobu prezentacji wyników. Autorka bardzo skrupulatnie prezentuje w szeregu tabel wyniki pokazujące działanie systemu diagnostycznego w przypadku występowania różnego rodzaju błędów. Znając sposób przeprowadzenia procesu walidacji/werfikacji proponowanych metod (Doktorantka „generowała” w układzie symulacyjnym ściśle określone błędy, szukając następnie ich potwierdzenia w wynikach) na ich podstawie możliwe jest dość łatwa ocena ich poprawności. Jednak mając dostępne te wszystkie wyniki możliwe zapewne było ich dodatkowe zestawienie sumaryczne w tabeli typu True Positive, True Negative, False Positive, False Negative, być może nawet z wykazem procentowym tak, aby była możliwa była ocena także jej skuteczności.
- e. Myślę, że dobrym sposobem na podkreślenie zalet zaproponowanych w pracy rozwiązań byłoby dobranie jakiegoś przypadku, w którym zestawione zostałyby wyniki działania całego „cyklu” metody przy zastosowaniu na różnych jego etapach alternatywnych metod (rankingowania, klasyfikacji, itp.). Pozwoliłoby to na bezpośrednią i natychmiastową analizę porównawczą tych wyników.

Poza powyższymi uwagami merytorycznymi/technicznymi miałbym również kilka ogólnych uwag redakcyjnych:

- a. Rozprawa jest napisana w całości w języku angielskim. Nie wchodząc w szczegóły, nie obyło się bez błędów, ale ogólnie poziom językowy rozprawy oceniam na bardzo dobry.
- b. Mimo wszystko, praca zyskałaby na czytelności, gdyby została sprecyzowana jej teza spotykane w rozprawach doktorskich w innych krajach alternatywy, np. research questions. W tej rozprawie określono **cele**, które nie do końca są tożsame z **tezą**.

- c. Cały spis literatury zawarty został w dziale Bibliography, tymczasem w ścisłym rozumieniu „bibliography” oznacza pozycje literaturowe, które zostały co prawda przejrane, ale ostatecznie nie skorzystano z informacji w nich zawartych. Te pozycje, z których skorzystano umieszcza się automatycznie w rozdziale References.
- d. Pomimo, iż bibliografia jest w porządku alfabetycznym względem nazwisk autorów, to jednak przed tymi nazwiskami znajdują się inicjały. Powodują one, że trudniej jest ten porządek alfabetyczny zauważyć.
- e. W bibliografii można znaleźć jedną z pozycji autorstwa Doktorantki opisanych jako „submitted”. Moim zdaniem należałoby zawrzeć w spisie literatury jedynie publikacje o statusie co najmniej „accepted”, gdyż status „submitted” nie umożliwia jeszcze pełnej oceny wartości merytorycznej publikacji, co jest warunkiem koniecznym do uznania cytowanego źródła za źródło o potwierdzonej naukowej wartości.
- f. W spisie literatury Autorka zawarła 9 publikacji, tymczasem w rozdziale Appendix jest ich 10 (z czego 2 mają status „submitted”, a jedna z tych 2 publikacji jest publikacją, o której mowa w pkt. e.). Ten rozdział jest bardziej właściwym dla ujęcia publikacji, których wartość merytoryczna jest dopiero na etapie obiektywnej oceny, niż rozdział Bibliography. Przy okazji – co przesądziło o ujęciu tylko jednego z tych artykułów w recenzji (chodzi o te dwa o statusie „submitted”) w spisie literatury, a drugiego nie?

5. Konkluzja

Zdaniem recenzenta, rozprawa doktorska mgr. inż. Anny Stief zawiera wartościowe wyniki badań i stanowi ważne osiągnięcie w rozwoju **nauk technicznych**, a opracowanie nowych algorytmów, które swoje zastosowanie znajdują w szeroko rozumianej diagnostyce systemów czyni ją istotną dla **dyscypliny automatyka i robotyka**.

W związku z powyższym, rozprawa ta spełnia wymagania określone w aktualnie obowiązującej ustawie w sprawie warunków i trybu przeprowadzania przewodów doktorskich i może być przedmiotem publicznej obrony w **dyscyplinie automatyka i robotyka**.

Recenzent



dr hab. inż. Mariusz Pelc, prof. PO