

Prof. dr hab. inż. Jacek Kluska
Katedra Informatyki i Automatyki
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza
al. Powstańców Warszawy 12
35-959 Rzeszów

Rzeszów, 21 lipca 2016 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Krutysa pt. *“Algorytm adaptacyjnej estymacji wektora stanu z niemierzonymi współrzędnymi dla obiektów o strukturze szeregowej”*

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Dziekana Wydziału Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego – Pana prof. dr hab. inż. Antoniego Wilińskiego, z dnia 27 kwietnia 2016 r., w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych Panu mgr inż. Pawłowi Krutysowi.

Teza pracy mówi, że *“Stosując zaproponowany algorytm adaptacyjny wyznaczania wartości współczynnika wzmocnienia filtru można realizować estymatę stanu z niemierzonymi współrzędnymi dla wybranej klasy obiektów z efektywnością porównywalną lub lepszą niż w przypadku metod klasycznych. Czas realizacji i złożoność obliczeniowa będą korzystniejsze od standardowego rozwiązania filtru Kalmana”*. W celu potwierdzenia tezy, Autor postawił przed sobą następujący cel *“opracowanie algorytmu adaptacyjnej zmiany współczynnika wzmocnienia filtru do estymacji wektora stanu z niektórymi niemierzonymi współrzędnymi dla obiektów o strukturze szeregowej”*.

1 Zawartość rozprawy

Praca liczy 137 stron, składa się z 7 rozdziałów, cytuje się 72 pozycje literatury, w tym 3 adresy stron www. Autor rozprawy występuje jako współautor w 8 publikacjach:

- 1 artykuł ukazał się w “Przeglądzie Elektrotechnicznym” w 2013 r., który jest czasopismem dobrze znanym głównie w środowisku elektryków polskich (lista B MNiSW, 10 punktów),
- 1 artykuł w kwartalniku naukowym “Edukacja–Technika–Informatyka” wydawanym przez Uniwersytet Rzeszowski, (lista B MNiSW, 6 punktów).
- 4 artykuły ukazały się w czasopiśmie wydawanym przez Politechnikę Lwowską “Technical News” w latach 2007, 2010, 2009 oraz 2013,
- 1 artykuł w materiałach wydawnictwa Uniwersytetu Rzeszowskiego,
- 1 streszczenie (str. 307) o udziale w konferencji w Dreźnie.

Domyślam się, że Autor nie wymienił w rozprawie wszystkich swoich publikacji związanych tematycznie z pracą doktorską.

We wprowadzeniu została omówiona tematyka rozprawy, cel i teza, jak również zakres pracy i charakterystyka badań.

2 Uwagi do rozdziału 2 “Metody numeryczne w zagadnieniach modelowania matematycznego”

1. Rozdział jest mało precyzyjny i wnosi niewiele nowego. Autor powołuje się na książkę wydawnictwa Helion i pozycję [53], która nawet nie została zacytowana poprawnie. Już lepiej byłoby podać adres strony www z konspektem S. Milewskiego z PK: “http://www.l5.pk.edu.pl/~slawek/WWW/SMilewski_Num_Met1.pdf”. Jednak najlepiej byłoby usunąć niezbyt ciekawy i momentami błędny wstęp do rozdziału 2. Stwierdzenia Autora niekiedy zaskakują, np. na str. 16 jest napisane: “Dziś złożoność metody numerycznej nie jest żadnym problemem - dziesiątki żmudnych dla człowieka operacji arytmetycznych wykonuje komputer ...”. Po co więc rozwijane są technologie obliczeń współbieżnych, czy ocenia się złożoność obliczeniową algorytmów ? Podrozdział 2.1 nt. błędów numerycznych raczej nie nadaje się do doktoratu (w obecnej postaci). Niezrozumiałe jest powołanie się w tym miejscu na książkę [35] W. Kasprzaka, która dotyczy adaptacyjnych technik obliczeniowych w systemach komputerowej analizy sekwencji obrazów cyfrowych.
2. Str. 19. Nieścisłość. Napisano “dana funkcja $f(x)$ zostaje zastąpiona wielomianem ...” i zaraz potem pisze się wzór z pochodną k -tego rzędu funkcji $f(x)$. Błędne są wyjaśnienia wzorów (2.4) i (2.5).
3. Punkt 2.2.1 nt. metody różnic skończonych jest nieprecyzyjny. Niedbałe są powołania na literaturę, np. w 10-tej linii na str. 20.
4. Punkt 2.2.2 nt. metody Eulera zawiera sporo niedociągnięć, np. wzór (2.7) jest powieleniem (2.6) dla $i = 0$.
5. W punkcie 2.2 należało uzasadnić dlaczego stosuje się metodę całkowania ze stałym krokiem.
6. W doktoracie uważam za niedopuszczalne stosowanie żargonu w rodzaju (str. 23): “Niestety czasami dla pewnych specyficznych danych zastosowana metoda numeryczna może zachowywać się co najmniej dziwnie, ...”
7. Str. 21. Nie rozumiem stwierdzeń: “Problem, którego rozwiązanie można otrzymać rozwiązując równanie różniczkowe lub minimalizując odpowiedni funkcjonal, nazywa się problemem samooczyszczania. Zauważono wówczas równoważność rozwiązania, a funkcja, która minimalizuje funkcjonal jest rozwiązaniem równania Eulera”. Znany jest w ekologii “proces samooczyszczania wód” ale co to ma wspólnego z rozwiązywaniem równania różniczkowego ? Drugie zdanie jest również niezrozumiałe.
8. Uwaga merytoryczna odnośnie rozdziału 2. Po pierwsze, po co omawiać powszechnie znaną metodę Rungego-Kutty całkowania równań różniczkowych zwyczajnych ? Po

drugie, nie napisano postaci równania różniczkowego, którego metodę całkowania próbuje się podać dalej, zapewne jest to $dy/dt = f(t, y)$ ale czytelnik nie powinien się tego samemu domyślać. Na str. 24 funkcję $f(t, y)$ nazywa się wprost równaniem różniczkowym – bardzo nieporządnie. Nie wiadomo, jaka jest dziedzina funkcji f i jakie własności ma ta funkcja? Na podstawie wzoru (2.9) nie wiadomo, jak są wyznaczane współczynniki: w_s , c_s oraz a_{sj} . Wzory (2.10) są niekompletne – brakuje równania dla współczynnika k_4 (dla metody Rungego-Kutty czwartego rzędu).

9. Rozdział 2 powinien być mocno przeredagowany.

3 Uwagi do rozdziału 3 “Modele matematyczne obiektu o strukturze szeregowej”

1. Przedstawiono wstęp, opisano składniki i własności wód powierzchniowych, w tym ważne z punktu widzenia rozprawy: biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (w skrócie BZT) oraz rozpuszczony tlen (w skrócie RT). Omówiono też metody pomiaru wybranych wskaźników jakości wody.
2. Str. 29: Powołanie się na literaturę [39] – książka *Advanced Engineering Mathematics*, wyd. John Wiley & Sons, Inc., przy opisie automatycznej stacji do pomiaru jakości wody wydaje się nietrafione. Aby się o tym przekonać sprawdzałem udostępnioną wersję pdf tej książki, która liczy 1283 strony.
3. Obecnie jako pozycję [41] literatury podano wprost nazwę przyrządu pomiarowego. Już lepiej byłoby wskazać adres strony www, gdzie można znaleźć opis techniczny różnych tlenomierzy: http://www.elmetron.pl/index_pl.html#/tlenomierze/.
4. Str. 35. Powołanie się na literaturę na końcu zdania “Ilość tlenu rozpuszczona w roztworze powinna wystarczyć na rozkład substancji organicznych zawartych w próbce [53]” jest nietrafione, ponieważ [53] jest konspektem pt. “Metody numeryczne”. Nie mam również przekonania co do trafności powołania się na literaturę [47] na str. 35 i 36.
5. Str. 36. Nietrafione jest powołanie na literaturę [14] w zdaniu “Dotychczasowe zastosowania wskazują, że precyzja oznaczania BZT krótkotrwałą metodą jest około dziesięciokrotnie większa ...[14]”. Pozycja [14] dotyczy analizy równań różniczkowych ułamkowego rzędu a nie wskaźnika BZT.
6. Str. 36 i 37. W miejscu rozprawy mówiącym o znaczeniu rzek dla życia i gospodarki, a następnie o hydraulice rzek, nietrafione jest powołanie na monografię prof. T. Kaczorka “Teoria układów regulacji automatycznej” [33].
7. Nieźle opisany jest model Streetera i Phelpsa, jakkolwiek w równaniu (3.4) wystąpił błąd w znaku; powinno być

$$\frac{dx_2}{dt} = -k_2x_1 - k_3x_2 + a \quad (3.4)$$

czyli “ $-k_3x_2$ ” zamiast “ k_3x_2 ”. Dalej macierz stanu \mathbf{A} jest już poprawna.

8. Na str. 41 pisze się o interpretacji dotyczącej fragmentu rzeki na rys. 3.5. Jednak rys. 3.5 pokazuje zdjęcie człowieka dokonującego pomiaru sondą tlenową poziomu zawartości tlenu w rzece.
9. Str. 45. Brak wyjaśnienia czym jest x przy opisie wektora $x(z, t)$. Można próbować się domyślać, że np. pierwszą współrzędną wektora $x(z, t)$ jest stężenie BZT a drugą – stężenie RT. Dopiero na str. 50 znajduje się wyjaśnienie.
10. Str. 45. Interesujące są przestrzenno-czasowe rozkłady wartości BZT i RT na rys. 3.11 – 3.17. Spodziewam się, że są to rozwiązania równań różniczkowych cząstkowych, których niestety nie ujawniono przed pokazaniem rysunków. Prawdopodobnie rysunki te pokazują rozwiązanie równania (3.6a)-(3.6b) podane dopiero na str. 49–50. Czytelnika nie można traktować w taki sposób.
11. Str. 50. Powołanie na str. 50 na pozycję [36] wydaje się nieuzasadnione.
12. Str. 50. Formalnie, równanie określające warunki: początkowy i brzegowy powinny być napisane również dla pierwszego oraz ostatniego indeksu “ i ”.
13. Nie zważając na usterki, które wymieniłem, podrozdział 3.3.1 wydaje się interesujący. Autor przynajmniej w sposób opisowy (choć szkoda, że nie za pomocą wzorów matematycznych), przedyskutował problem istotny, bo dotyczący sposobu dokonywania pomiarów w ustalonych punktach wzdłuż rzeki, np. poprzez pomiar pewnych współrzędnych wektora stanu za pomocą łodzi płynącej wraz z prądem rzeki, co odpowiada idei rozwiązywania równań różniczkowych cząstkowych “wzdłuż charakterystyk”.
14. Str. 57. Brakuje wyjaśnienia równania różniczkowego (3.9), uzasadnienia (3.10) dla “punktów brzegowych”, jak również założenia, że $z_{0i} \in [0, 1]$.
15. Str. 58. Powołanie na literaturę [30] (“An inductive learning algorithm ...”) w kontekście analitycznego i numerycznego rozwiązań równań różniczkowych jest nieuzasadnione.
16. Str. 58. Powołanie na literaturę [7] “Wybrane zagadnienia z zakresu liniowych ciągłych układów niecałkowitego rzędu” - prof. Mikołaja Busłowicza, (gdzie występuje błąd w cytowaniu literatury) w kontekście prostego równania różniczkowego (3.14) jest nieuzasadnione.
17. Podrozdział 3.4 zawierający analityczne rozwiązanie równań różniczkowych zwyczajnych dla zanieczyszczonej wody w rzece jest zbyt elementarny, aby zamieszczać go w doktoracie. Wystarczyło co najwyżej podać wzory końcowe (rozwiązania).
18. Zdanie ostatnie tuż przed omawianiem metody Eulera jest zupełnie niezrozumiałe; przecież warunek początkowy musi być znany. Nie wiadomo też, co ma wspólnego pozycja [56] “Na granicy życia i nanotechnologii”, (*Świat Nauki*), z dyskretnym rozwiązaniem równań różniczkowych.
19. Str. 61. Tuż pod napisem “Metoda Eulera” napisano tak: “Do skonstruowania obu metod odwoływano się do szeregu Taylora” - kto, kiedy i gdzie się odwoływał – nie wiadomo.

20. Str. 62. Omawia się metodę Rungego-Kutty po raz drugi. Są tu wklejone wzory, jakby ta rozprawa była pisana na zwykłej maszynie do pisania.
21. Str. 63. Wykresy jak na rys. 3.32 już wystąpiły wcześniej. Co one wnoszą nowego ?
22. Na str. 63 Autor napisał, że dla biochemicznie zanieczyszczonej wody rozwiązanie analityczne jest trudne do uzyskania. Jeżeli miał na myśli równania, których analityczne rozwiązanie zostało opisane w doktoracie, czyli jak dalej pisze (3.1) i (3.2), to ja się z tym nie zgadzam.
23. Treść na stronach 63–65 nadaje się całkowicie do usunięcia, ponieważ albo zawiera fakty oczywiste, albo stwierdzenia nie mające sensu (jak np. ostatnie trzy zdania na stronie 65).

4 Uwagi do rozdziału 4 “Estymacja stanu filtrem Kalmana”

1. Wstęp do rozdziału 4 jest opisany niezrozumiale. Nie napisano co to jest x_1, \dots, x_n i dlaczego n powinno dążyć do nieskończoności.
2. Str. 66 napisano “Z zależności [38] wynika, że ...”. Jednak [38] jest pozycją literatury, z kolei wzór o numerze (38) też nie występuje, więc nie wiadomo o co chodzi.
3. Str. 67. Po co opisuje się proces Markowa ? Jaką rolę pełni on w rozprawie ?
4. Model “Gaussa-Markowa – kryteria estymacji” – został opisany nieczytelnie, nie wspomnę o przypadkowych, nierelevantnych powołaniach na literaturę. W omawianym rozdziale panuje chaos, ponieważ na str. 69 rozpatruje się system (4.8) - (4.9) jako podstawa filtru Kalmana, bez związku z tekstem poprzednim.
5. Str. 69. Autor zupełnie zignorował rozmiary wektorów i macierzy. Czy np. $K_F(t)$ jest skalarem, czy macierzą ? Dalej pisze się o współczynniku, więc czy opłacalne jest stosowanie modelu macierzowego ?
6. Str. 69. Powołania na pozycje [67] oraz [60] są nietrafione.
7. Str. 69–70. Równanie różniczkowe Riccatiego (4.12) jest z niewiadomą macierzą \tilde{P} , natomiast na str. 70 napisano, że “aby wyznaczyć K_F należy znać macierz P ”, tymczasem macierz P na str. 69 określa warunek początkowy dla \tilde{P} .
8. Do strony 69 włącznie pisze się, że K_F jest współczynnikiem (wzmocnienia filtru), natomiast ze wzoru (4.14) widać, że K_F nie jest skalarem.
9. Str. 70. W jaki sposób Autor wykorzystuje w rozprawie wzór (4.15) ?
10. Str. 71. Co oznacza “trudny zapis w obliczeniach numerycznych” ? Napisano: “W celu uniknięcia trudnego zapisu w obliczeniach numerycznych (δ Diraca), ...”

11. Str. 71. Rozpatruje się układ równań różniczkowych cząstkowych, które sprowadzone zostają do pewnego układu równań różniczkowych zwyczajnych (stosując metodę charakterystyk). To jest w porządku, dlaczego jednak najpierw omawiano model w postaci równań różniczkowych zwyczajnych w rozdziale 3 (na str. 58) a dopiero potem w rozdziale 4 (na str. 71) rozpatruje się model o parametrach rozłożonych ?
12. Str. 72. Dlaczego wprowadzono potrójne indeksowanie chwil czasowych " t_{mi}^i " ? Co oznaczają te 3 indeksy ? Raczej proste wzory (4.18)–(4.20) stają się nieczytelne.
13. Str. 72–73. Wzory (4.21)–(4.23) na filtrację nie zostały omówione, ani też wyprowadzone. Skąd się wzięły i jaka jest ich interpretacja ?
14. Str. 73. Wzory (4.24)–(4.25) na predykcję są niepoprawne. Nie zostały omówione, ani też wyprowadzone. Skąd się wzięły i jaka jest ich interpretacja ?
15. Str. 73. Co to znaczy, że "pomiarzy o dużych zakłóceniach należy traktować z pewnym dystansem" ?
16. Str. 74. Napisano, że "Stan zanieczyszczonej rzeki opisany równaniami cząstkowymi typu transportowego, ..." Jaki to typ równań ?
17. Str. 74. Pisząc o pomiarach wskaźnika RT Autor powołuje się na książkę [13] "Algorytmy".
18. Str. 74. To, co Autor nazywa współczynnikiem K_F i występuje w równaniach (4.27) i (4.28) niestety nie jest skalarem – wymiary macierzy i wektorów muszą być takie, aby działania były wykonalne.
19. Str. 69–70 oraz 74–75. Należy wyjaśnić na czym polega różnica między równaniem Riccatiego (4.12)–(4.13) a tym samym równaniem w postaci (4.29) i ponadto, między (4.14) oraz (4.28). Co to jest macierz D w równaniu (4.29) ?
20. Str. 78. Powinna być podana geneza równań (4.30).
21. Str. 76–87. Podaje się mnóstwo rysunków i kilka raczej mało znaczących wniosków. Jaka jest korzyść z tych rysunków ?

5 Uwagi do rozdziału 5 "Projekt adaptacyjnego algorytmu estymacji stanu obiektu szeregowego"

1. Wstęp do rozdziału 5 jest istotny i ciekawy. Na str. 88 stwierdzono, że "Zaproponowano autorskie podejście adaptacyjne dla filtru polegające na modyfikacji jego współczynnika wzmocnienia K_F dla badań symulacyjnych biochemicznie zanieczyszczonej rzeki".
2. Str. 89. Pojawia się dziwny punkt 5.1 "Paradygmaty algorytmów". Do jakiego czytelnika adresowana jest ta praca, skoro tak ważny rozdział rozpoczyna się od rozwinięcia dziesiętnej liczby π ? Cały ten punkt jest niepotrzebny w doktoracie.

3. Str. 94. Oznaczenia na tej stronie nie są takie same, jak dotąd stosowane, teraz X oznacza wektor stanu, Y – pomiar, itd. Nie podano nawet wymiarów wektorów. Już dalej na następnej stronie oznaczenia są inne.
4. Str. 95. Napisano, że “Precyzyjny opis wyznaczania błędu estymacji i jego pochodnej prezentuje blok 5 na rys. 5.2”. W bloku 5 na tym rysunku jest napisane: Obliczanie błędu estymacji ε i jego pochodnej $d\varepsilon/dt$. Czy na tym polega precyzyjność opisu wyznaczania błędu estymacji i jego pochodnej ?
5. Str. 98. Na marginesie: schemat na rys. 5.4 można zastąpić równaniem:

$$K_F(t+1) = \begin{cases} K_F(t) + \eta (dk_F) \text{sign}(d\varepsilon/dt) & \text{dla } |\varepsilon| \geq \varepsilon_1 \\ K_F(t) & \text{dla } |\varepsilon| < \varepsilon_1 \end{cases}$$

Istotny jest dobór “współczynnika ostrożności” η . W pracy stwierdzono, że η dobiera się metodą eksperycką. Szkoda, że nie ma szerszej dyskusji na temat doboru tego współczynnika. Niewiele też jest napisane nt. strefy nieczułości ε_1 .

6. Str. 103. Interesujące są przebiegi pokazujące zmiany współczynników wzmocnienia K_F na rysunkach 5.10 i 5.11. Szkoda tylko, że Autor nie zwiększył czasu symulacji, aby można było mieć przekonanie, że metoda adaptacji jest zbieżna (przy pewnych wartościach współczynnika ostrożności η).
7. Str. 107. Rys. 5.16 pokazuje, że trudno jest czytelnikowi nabrać przekonania, że algorytm zaproponowany w doktoracie jest zbieżny.

6 Uwagi do rozdziału 6 “Rozszerzony adaptacyjny algorytm estymacji stanu”

1. Str. 110. Nieprecyzyjne stwierdzenie: “Pole obserwacji ma za zadanie sprawdzić w jaki sposób zachowuje się algorytm”.
2. Str. 110–111. Nie wyjaśniono co to jest ε , ε_1 i ε_2 . Dopiero na str. 113 jest wyjaśnienie.
3. Str. 111. W schemacie blokowym na rys. 6.3 powtarza się $\frac{d\varepsilon_1}{dt}$. Raczej chodzi o $\frac{d\varepsilon_1}{dt}$ i dodatkowo $\frac{d\varepsilon_2}{dt}$.
4. Str. 113. Bloki warunkowe na schemacie nie zostały opisane.
5. Str. 115. Jeden blok warunkowy na schemacie nie został opisany.

7 Uwagi do rozdziału 7 “Wnioski końcowe i podsumowanie”

1. Str. 130. Zdanie stylistycznie niepoprawne “W niniejszej pracy starano się wykazać prawidłowości sformułowanej we wprowadzeniu tezy”. Raczej chodziło o to, że “W niniejszej pracy starano się wykazać słuszność tezy, którą sformułowano we wprowadzeniu”.

2. Str. 132. Niezrozumiałe zdanie “Wykonane okno obserwacji bazuje na określonej liczbie trzech badanych chwil czasowych”.
3. Str. 132. Niezrozumiałe zdania “Opracowania adaptacyjnego algorytmu wyznaczającego estymatę wektora stanu, w przypadku braku pełnej informacji o wektorze stanu przysporzyły wiele trudności. Jednak dokonano i zaprogramowano adaptacyjny algorytm jako autorskie rozwiązanie”.
4. Str. 132. Zagmatwane zdanie “W rozważaniach globalnych występują etapy modelowania komputerowego zjawisk opisanych równaniami o parametrach skupionych i rozłożonych z pewnymi transformacjami, zachowując jednakową dokładność rozwiązań”.

8 Uwagi do rozdziału 8 “Bibliografia”

Ograniczę się do kilku pozycji i uwag.

1. Pozycja [7]: Ma być Busłowicz M., zamiast Busłowicz B., Wybrane zagadnienia z zakresu liniowych ciągłych układów niecałkowitego rzędu. Artykuł prof. Mikołaja Busłowicza jest bardzo interesujący, jednak nie sądzę, aby Autor wykorzystywał go w doktoracie.
2. Pozycja [8]: Tylko tytuł się zgadza i pierwszy autor. Casulli V., Walters R.A., An unstructured grid, three-dimensional model based on the shallow water equations, *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol. 32, pp. 331–348, 2000.
3. Pozycja [12]: Dane niekompletne. Pozycja literatury raczej nadmiarowa z punktu widzenia doktoratu.
4. Pozycja [14]: Dane niekompletne. Pozycja literatury raczej nadmiarowa z punktu widzenia doktoratu (Analysis of fractional differential equations).
5. Pozycja [21] – Tytuł: “Samoczyszczanie się rzek Polski ...” a nie “Samoczyszczanie się rzek polski ...”. Drugim współautorem jest Gołowin S. a nie Głowicz S.
6. Pozycja [23]: Parametry dla artykułu: *The International Journal of Robotics Research*, Vol. 22, pp. 985-1003, 2003.
7. Pozycje [30] – [32] są bardzo interesujące, jednak raczej nie wykorzystane w doktoracie.

9 Usterki redakcyjne i błędy stylistyczne

1. Str. 19: “należałoby”, zamiast “należało by”.
2. Str. 19: “przybliża nas”, zamiast “przybliża Nas”.
3. Str. 22: “Niemniej jednak”, zamiast “Nie mniej jednak”.
4. Str. 22: “więc”, zamiast “wiec”.

5. Str. 23: zamiast “konwergencja” (ang. convergence), wolałbym użyć słowa “zbieżność”.
6. Str. 41: zamiast “stenem nasycenia”, powinno być “stanem nasycenia”.
7. Str 44: zamiast “jaka kilkuodcinkową”, powinno być “jako kilkuodcinkową”.
8. Str. 45: zamiast “poczym”, powinno być “po czym”.
9. Str. 69: zamiast “Znają”, powinno być “Znając”.
10. Str. 72: zamiast “zagadnie”, powinno być “zagadnienie”.
11. Str. 76: zdanie nie powinno się zaczynać od “poczym”.
12. Str. 95: zamiast “nie zerowe”, powinno być “niezerowe”.
13. Str. 100: zamiast “estyma”, powinno być “estymacji”.
14. Str. 109: Zdanie “Wykorzystywane w jednej pętli obliczeń algorytmu” jest niepoprawne.
15. Str. 115: Przedostatnie stwierdzenie jest niepoprawne.
16. Str. 130: Zdanie “Rozważono także realizację pomiarów ciągłych w czasie tylko jednej zmiennej wektora stanu w naszym przypadku był to deficyt rozpuszczonego tlenu” powinno być podzielone na dwa zdania.
17. Str. 130: zamiast “na wskutek”, powinno być “na skutek” albo “wskutek”.
18. Str. 131: “więc”, zamiast “wiec”.
19. Str. 131: zamiast “estyma”, powinno być “estymacji”.
20. Str. 132: zamiast “które wynikają ze zmianami pogody”, powinno być “które wynikają ze zmian pogody”.
21. Str. 132: zamiast “system monitorująco i sterujący”, raczej powinno być “system monitorująco-sterujący”.

10 Uwagi ogólne i ocena końcowa

1. Na początku podsumowania całości rozprawy chcę podkreślić, że temat rozprawy jest aktualny i interesujący z praktycznego i teoretycznego punktu widzenia. Po pierwsze obiekt, który został rozpatrzony czyli zanieczyszczona rzeka wraz z dopływami jest trudny do analizy, zwłaszcza, że pierwotny model matematyczny obiektu ma postać równań różniczkowych cząstkowych typu hiperbolicznego. Słuszne jest spostrzeżenie, że jest to obiekt o strukturze szeregowej. Za właściwe uważam podejście praktyczne polegające na transformacji tego modelu do systemu równań różniczkowych zwyczajnych. Poprawne jest sformułowanie problemu konstrukcji filtra Kalmana i generalnie, poprawna jest idea algorytmu rekurencyjnego wyznaczania

minimalno-wariancyjnej estymaty wektora stanu modelu liniowego układu dynamicznego na podstawie pomiarów wyjścia oraz wejścia tego układu. Zasadne jest założenie, że zarówno pomiar jak i proces przetwarzania wewnątrz układu jest obarczony błędem o rozkładzie gaussowskim. W końcu, nie mam wątpliwości, że jak najbardziej słuszna jest idea rozprawy mówiąca o tym, że warto rozwijać metody adaptacyjnego wyznaczania macierzy wzmocnienia filtru, które byłyby obliczeniowo atrakcyjne w porównaniu z metodą klasyczną. Zatem generalnie, tematyka pracy, którą zakwalifikowałbym jako będącą na styku informatyki i teorii sterowania nadaje się na doktorat i idea rozwiązania jest właściwa. Zdając sobie sprawę z uniwersalnego znaczenia i wielu różnych zastosowań filtru Kalmana, nie miałbym nic przeciwko zakwalifikowaniu tematyki rozprawy do informatyki.

2. Praca jednak została źle przygotowana pod względem redakcyjnym. W rozprawie znajduje się wiele zdań niezrozumiałych. Przykładowo na str. 21 napisane jest: “Problem, którego rozwiązanie można otrzymać rozwiązując równanie różniczkowe lub minimalizując odpowiedni funkcjonal, nazywa się problemem samooczyszczania. Zauważono wówczas równoważność rozwiązania, a funkcja, która minimalizuje funkcjonal jest rozwiązaniem równania Eulera”. Domyślam się, że Autor miał na myśli “proces samooczyszczania wód” znany z ekologii, natomiast nie miał na myśli rozwiązania równania różniczkowego. Nawet ostatni rozdział (wnioski końcowe i podsumowanie) zawiera bardzo nieprecyzyjne stwierdzenia, jak np. na str. 130: “Przy takim podejściu wykorzystano naturę rzeki i wówczas opis sprowadzono do licznego zbioru równań różniczkowych zwyczajnych bez straty dokładności rozważanych procesów”.
3. W całym tekście rozprawy występują liczne powołania na nierелеwantne pozycje literatury. Przykładowo nietrafione jest powołanie na pozycję [14] “Analysis of fractional differential equations” (tak na marginesie – pozycja nie została zacytowana dokładnie). Napisano, że “Dotychczasowe zastosowania wskazują, że precyzja oznaczania BZT krótkotrwałą metodą jest około dziesięciokrotnie większa ...[14]”. Powoływanie się Autora rozprawy na pozycję [14] jest nadużywane, np. występuje przy omawianiu filtracji (str. 72) i predykcji (str. 73). Z kolei pisząc o pomiarach wskaźnika RT na str. 74 Autor powołuje się na książkę [13] “Algorytmy”.
4. W pracy opisywano metody numeryczne i sposób liczenia błędów. Te tematy nie powinny zająć więcej miejsca niż drobny ułamek rozprawy. Opis metody Rungego-Kutty można zamieścić np. w materiałach do laboratorium dla studentów, jednak jest on na tyle rozpowszechniony w podręcznikach czy w Internecie, że nie zamieszczałbym go w doktoracie, tym bardziej, że zawiera błędy i powtórzenia.
5. Oznaczenia w rozprawie są niekonsekwentne. Autor nie podaje wymiarów macierzy i wektorów, często myli współczynnik (czyli skalar) z wektorem i nie jest konsekwentny w oznaczeniach: raz macierz jest oznaczana zwykłą czcionką, innym razem czcionką pogrubioną.
6. Autor zbyt często stosuje żargon, np. na str. 73 stwierdza, że “pomiarzy o dużych zakłóceniach należy traktować z pewnym dystansem”. Być może ta forma jest dopuszczalna w luźnej rozmowie po seminarium, ale nie w doktoracie.

7. Informacje bardziej istotne i naukowo interesujące są w doktoracie raczej pomijane, np. brak własnego wyprowadzenia (oczywiście w jakimś dodatku) równań dla filtracji i predykcji lub przynajmniej porządnego ich omówienia. Na marginesie dodam, że Autor sprowadził rozważania do systemu dynamicznego z wektorem stanu o wymiarze 2, więc być może zastosowanie do opisu macierzy i wektorów nie poprawia czytelności ?
8. Praca nie jest dobrze zorganizowana. Najpierw omówiono model w postaci równań różniczkowych zwyczajnych w rozdziale 3 (na str. 58) a dopiero potem w rozdziale 4 model o parametrach rozłożonych, który raczej powinien być podstawą do otrzymania tego pierwszego modelu.
9. Występuje wiele powtórzeń, np. powtórzona była metoda Rungego-Kutty, wskaźniki BZT i RT były szeroko omawiane w rozdziale 3, następnie w rozdziale 4.
10. Teza pracy mówi o tym, że stosując zaproponowany algorytm adaptacyjny wyznaczania współczynnika wzmocnienia filtru można realizować estymatę stanu z efektywnością porównywalną lub lepszą niż w przypadku metod klasycznych, tzn. czas realizacji i złożoność obliczeniowa będą korzystniejsze od standardowego rozwiązania filtru Kalmana. W tym przypadku wydaje mi się, że Autor ma rację, jednak przydałoby się w pracy jawne porównanie np. czasu obliczeń dla zaproponowanej metody i klasycznej.

Kończąc niniejszą recenzję chciałbym podkreślić, że zdaję sobie sprawę z tego, że być może z pewną częścią moich uwag można polemizować, jednak tych uwag jest sporo. W pierwszym punkcie "Uwag ogólnych" pokreśliłem i nadal podtrzymuję, że tematyka rozprawy jest aktualna, metodologia rozwiązania postawionych zadań jest słuszna i teza mogłaby być obroniona. Jednak z przykrością stwierdzam, że ze względu na niestaranne przygotowanie redakcyjne rozprawy, w tym powtarzające się treści, niepotrzebny żargon, niepoprawne powołania na literaturę, zbyt wiele nieprecyzyjnych stwierdzeń, rozprawa doktorska Pana mgr inż. Pawła Krutysa pt. "Algorytm adaptacyjnej estymacji wektora stanu z niemierzonymi współrzędnymi dla obiektów o strukturze szeregowej" w obecnej wersji, nie spełnia wymagań stawianych przez ustawodawcę kandydatom w przewodach doktorskich, zgodnie z Ustawą z dn. 18.03.2011 – Prawo o szkolnictwie wyższym (...) wraz z późn. zmianami oraz Rozporządzeniem MNiSW z dnia 22.09.2011 w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich (...), jak również wymagań zwyczajowo przyjętych w tej kwestii w polskim środowisku naukowym.