

Prof. dr hab. inż. Witold Prószyński (Prof. Em.)
Zakład Geodezji Inżynierskiej i Pomiarów Szczegółowych
Wydział Geodezji i Kartografii
Politechnika Warszawska

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Patrycji Wyszowskiej nt. UODPORNIONA M_{SPLIT} ESTYMACJA I JEJ PODSTAWOWE ZASTOSOWANIA”

1. Istotność problematyki badawczej

M_{SPLIT} estymacja autorstwa Prof. Wiśniewskiego doczekała się już wielu pomyslnych zastosowań w rozmaitych zadaniach geodezyjnych, takich jak opracowanie obserwacji w sieciach geodezyjnych, analiza deformacji, analiza regresji liniowej, opracowanie danych ze skaningu laserowego, odporna transformacja współrzędnych, S-transformacja, a także w nawigacji morskiej. Wobec takiej różnorodności zastosowań nabiera szczególnego znaczenia kwestia podniesienia odporności tej estymacji na nieuniknione błędy grube w obserwacjach. Interesującą próbą idącą w tym kierunku była koncepcja wprowadzenia tzw. wirtualnych modeli funkcjonalnych, zwanych też ze względu na ich funkcję wirtualnymi modelami absorbcyjnymi (zob. Rozprawa Doktorska H. Zienkiewicza, UWM w Olsztynie, 2017). Koncepcja ta przyniosła jednakże tylko częściowe uodpornienie M_{SPLIT} estymacji. Stąd też, lokująca się w tym właśnie obszarze badawczym problematyka podjęta przez Doktorantkę jest bardzo istotna i potrzebna dla dalszego doskonalenia M_{SPLIT} estymacji w aspekcie jej odporności na błędy grube. Badania w tym obszarze mają niewątpliwe znaczenie w zakresie teoretycznych podstaw opracowania wyników pomiarów geodezyjnych, a także w sferze zastosowań praktycznych.

2. Krótka charakterystyka rozprawy

Statystyka rozprawy

Liczba stron – 257, liczba tablic - 18, liczba rysunków – 97, liczba załączników 10, liczba pozycji bibliograficznych - 170, w tym własnych autorskich 2 (w półroczniku Geodesy and

Cartography oraz w materiałach kongresu), współautorskich 6 (2 w Journal of Surveying Engineering, 1 w Journal of Applied Geodesy, 1 w Journal of Geodetic Science, 2 w materiałach kongresów). Journal of Surveying Engineering, Journal of Applied Geodesy oraz Journal of Geodetic Science są czasopismami posiadającymi współczynnik wpływu (impact factor IF) i wpisane zostały do bazy Journal Citation Reports. Geodesy and Cartography jest czasopismem o zasięgu międzynarodowym.

Syntetyczny zarys rozprawy

Po wprowadzeniu do problematyki rozprawy Doktorantka omawia metody odporne stosowane w geodezji, a następnie przedstawia teorię M_{SPLIT} estymacji oraz podstawowe odmiany takie jak kwadratowa M_{SPLIT} estymacja oraz Shift- M_{SPLIT} estymacja. Dalej omawia koncepcje uodpornionej M_{SPLIT} estymacji (zmodyfikowana kwadratowa M_{SPLIT} estymacja, absolutna M_{SPLIT} estymacja i zmodyfikowana absolutna M_{SPLIT} estymacja). Przeprowadza następnie teoretyczną analizę odporności proponowanych wariantów M_{SPLIT} estymatorów, a w tym podstawowe założenia, analizę lokalnych i globalnych punktów załamania a także tolerancji na obserwacje odstające. Prezentuje dalej testy numeryczne polegające na empirycznej analizie procesów iteracyjnych, empirycznej analizie odporności wybranych wariantów M_{SPLIT} estymatorów oraz empirycznym wyznaczeniu ich dokładności. Dokonuje analiz porównawczych zastosowań M_{SPLIT} estymacji w badaniu przemieszczeń pionowych i poziomych, a także opracowywaniu danych ze skaningu laserowego. Rozprawę kończy podsumowanie badań oraz sformułowane na ich podstawie wnioski. We wnioskach Doktorantka sygnalizuje kierunki dalszych badań nad uodpornieniem M_{SPLIT} estymacji. Szczegółowe wyniki wyprowadzeń i obliczeń wraz z ich reprezentacją graficzną zamieszczone są w szeregu załączników.

3. Cele rozprawy i ocena ich realizacji

Doktorantka formułuje następujący główny cel badawczy (cyt.)

„Głównym celem rozprawy jest opracowanie odpornych wariantów M_{SPLIT} estymatorów”
i 5 celów szczegółowych.

Teza rozprawy jest właściwie jedynie logiczną konsekwencją sformułowanego celu rozprawy i nie implikuje potrzeby wykazywania jej słuszności. Zasadnicze znaczenie mają natomiast hipotezy badawcze 1 i 2 określające zamierzone sposoby osiągnięcia celów (cyt.)

Hipoteza 1. Możliwe jest zwiększenie odporności M_{SPLIT} estymacji na obserwacje odstające w oparciu o modyfikację funkcji wpływu kwadratowej M_{SPLIT} estymacji;

Hipoteza 2. Funkcje charakterystyczne klasycznych metod odpornych mogą być podstawą do tworzenia odpowiednich funkcji charakterystycznych nowych, odpornych wariantów M_{SPLIT} estymatorów”.

3.1 Uwagi natury ogólnej

a) bardzo pozytywnie oceniam przyjętą koncepcję tworzenia odpornych M_{SPLIT} estymatorów oraz dostosowaną do niej metodykę badań. Na podkreślenie zasługuje w tym względzie przeprowadzenie zarówno analizy teoretycznej jak i empirycznej odporności proponowanych wariantów M_{SPLIT} estymatorów;

b) analizy przeprowadzone zostały z niezwykłą skrupulatnością i w bardzo szerokim zakresie. Uzyskane wyniki stanowią bogatą i skomplikowaną rozmaitość informacyjną. Trudno jest w takiej sytuacji formułować przejrzyste i jednoznaczne wnioski w umiarkowanej liczbie. Obfitość ta jest w pewnym sensie korzystna w sferze teorii, gdyż pozwala lepiej poznać i szczegółowiej opisać badane zjawisko (tutaj – efekty uodporniania M_{SPLIT} estymacji). Jednakże, sformułowanie konkretnych zaleceń praktycznych napotykać będzie na poważne trudności (np. dobór estymatora, dobór punktu startowego, dobór parametrów sterujących, itp.). Niezbyt łatwe w aspekcie decyzyjnym jest stwierdzenie, cyt. „... wybór najlepszego wariantu odpornej M_{SPLIT} estymacji uzależniony jest od zbioru obserwacyjnego (.....) oraz przewidywanego udziału obserwacji odstających w całym zbiorze obserwacji”. Może przewidywanie to byłoby łatwiejsze w odniesieniu do liczby błędów grubych w zbiorze obserwacji.

Doktorantka widzi ten problem i stwierdza we wnioskach końcowych potrzebę dalszych badań nad zastosowaniami w praktyce;

c) podjęta problematyka badawcza (tj. uodpornianie M_{SPLIT} estymacji) nasuwa pewne refleksje o charakterze podstawowym. Istotą a zarazem zaletą M_{SPLIT} estymacji widzę w możliwości badania przy jej użyciu stopnia złożoności struktury danego zbioru obserwacji. Polega ono na znajdowaniu takich jego podzbiorów, które dają się przyporządkować do 2 (bądź 3,...,q) odrębnych modeli funkcjonalnych, o parametrach estymowanych w trakcie tego przyporządkowywania. Dla pewnych potrzeb, w badaniu takim mogłyby być nawet używane obserwacje bez analizy odpowiadających im zaburzeń, tj. bez poszukiwania obserwacji odstających. Gdy kwestia analizy zaburzeń jest z jakichś względów istotna, pojęcie „obserwacji odstających” z racji występowania więcej niż jednego modelu funkcjonalnego staje się nieostre (zob. w Rozprawie - obserwacje odstające globalnie oraz obserwacje odstające lokalnie). Dla ścisłości nazwałbym tą nieostrość „nieostrością identyfikacyjną”. W zwykłej i odpornej M estymacji mamy do czynienia z jednym tylko modelem i definicja obserwacji odstających

odnoszących się do tego modelu jest jednoznaczna. W M_{SPLIT} estymacji może w szczególnym przypadku (jak to jest wzmiankowane w Rozprawie) wystąpić ulokowanie się obserwacji odstających od jednego modelu (z tytułu błędów grubych popełnionych w pomiarach), w modelu drugim. Ten drugi pełniłby wówczas rolę modelu absorpcyjnego i stanowiłby o odporności tego szczególnego, elementarnego przypadku M_{SPLIT} estymacji, tj. przypadku lokującego się na granicy M estymacji i M_{SPLIT} estymacji. Refleksje powyższe tłumaczą niejako skalę trudności w rozwiązywaniu postawionego w Rozprawie zadania. Uzyskiwanie bowiem w M_{SPLIT} estymacji efektu identyfikacji obserwacji odstających, bez uciekania się do modeli absorpcyjnych a stosowaniu odpowiednio dobranych funkcji wpływu czy funkcji wagowych jest zadaniem nader skomplikowanym. Jest ono, chyba w jeszcze większym stopniu, obarczone wspomnianą wyżej nieostrością pojęcia „obserwacji odstających”. Sytuacja skomplikowałaby się bardziej w przypadku uwzględnienia skorelowania obserwacji;

d) testy numeryczne przeprowadzone zostały na konstrukcjach geodezyjnych o bardzo wysokim poziomie niezawodności wewnętrznej (sieć niwelacyjna $r = 0.81$, sieć pozioma $r = 0.86$). Według teorii niezawodności powstałej na gruncie estymacji NK poziom ten pozwala wykryć i zidentyfikować 3 błędy grube w obserwacjach. Wskaźnik r może mieć również zastosowanie do M_{SPLIT} estymacji (do każdego z modeli konkurencyjnych), ponieważ jest w gruncie rzeczy charakterystyką odporności modelu a nie szczegółowej odmiany estymacji jego parametrów. Wysoki poziom tego wskaźnika mógł się, zatem, przyczynić w jakimś stopniu do uzyskania w testach numerycznych wyższej efektywności i dokładności badanych opcji M_{SPLIT} estymatorów. Należałoby się spodziewać, że wyniki te byłyby mniej korzystne przy stosowaniu konstrukcji testowych o niższym poziomie niezawodności wewnętrznej;

e) szkoda, że estymatory dla metody NK, biorące udział w analizach porównawczych w Rozprawie, wyznaczone są wyłącznie na podstawie pierwszego przebiegu obliczeniowego tej metody. Uzyskane w ten sposób wyniki są deprecjacją faktycznych możliwości odpornościowych metody NK. Wiadomo, że jest ona estymacją neutralną, ale także, że jej potencjał odpornościowy realizuje się dopiero w iteracyjnym trybie wyznaczania parametrów modelu (tutaj – modelu Gaussa-Markova). Tryb ten polega na sekwencyjnym usuwaniu podejrzanych obserwacji (z szansą przywracania) kierując się, skrótowo mówiąc, wartością bezwzględną poprawek zunifikowanych.

Uwagi b), c) i d) są spostrzeżeniami o charakterze dyskusyjnym, wynikającymi z nieco odmiennego spojrzenia recenzenta na kwestie natury metodologicznej a także i definicyjnej. Uwagi te nie kwestionują poprawności wyprowadzeń i obliczeń i nie obniżają całościowej wysokiej oceny Rozprawy.

3.2 Uwagi szczegółowe

- str. 11, wzór (1.1.2): Poprawniejsze, moim zdaniem, byłoby użycie małej litery x do oznaczenia wektora parametrów. Duże litery stosowane są na ogół do oznaczania macierzy; Niezbyt szczęśliwe jest użycie symbolu „ r ” do oznaczenia wymiaru kolumnowego macierzy A , tj. liczby parametrów modelu. Wymagane było by jakieś wyjaśnienie do stwierdzenia, że „zwykle $\text{rank}(A) = r$ ”, z uwagi na zastosowania w monitorowaniu przemieszczeń;
- str. 11, wzór (1.1.3): Można by zaznaczyć, że macierz kowariancji jest macierzą dodatnio określoną (bo chyba tak tutaj jest);
- str. 12, w. 4 od góry: kierując się terminologią stosowaną w statystyce matematycznej byłbym za użyciem terminu „gęstość” (prawdopodobieństwa) zamiast „funkcja gęstości”. Chociaż, spotkać można, ale rzadziej, publikacje używające terminu „funkcja gęstości”;
- str. 12, wzory (1.1.4), (1.1.5), (1.1.9): dla zapewnienia wzajemnej zgodności tych wzorów a przy tym poprawności zapisu, należało by zamiast wektora θ pod symbolami Σ i Π użyć θ_i (nie bold);
- nie wyszczególniam niewielu drobnych usterek natury redakcyjnej.

Mimo zgłoszonych pewnych zastrzeżeń o charakterze dyskusyjnym, ulokowanych głównie w warstwie metodologicznej i interpretacyjnej a nie teoretycznej, stwierdzam, iż mimo wysokiego stopnia skomplikowania postawionego zadania Doktorantka wykazała słuszność obu hipotez badawczych. Tym samym cel badań został pomyślnie zrealizowany.

4. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej bardzo wysoko oceniam wkład Doktorantki w doskonalenie M_{SPLIT} estymacji w odniesieniu do poziomu jej odporności na błędy grube. Wartościowym dokonaniem jest wyłonienie określonych wariantów odpornych M_{SPLIT} estymatorów oraz analiza i opis ich własności. Do istotnych dokonań należy także zaliczyć zaplanowaną starannie metodykę badań tych estymatorów, obejmującą analizę teoretyczną oraz analizę empiryczną bazującą na testach numerycznych.

Stwierdzam, że mgr inż. Patrycja Wyszowska wykazała się umiejętnością samodzielnej pracy naukowej, swobodnym poruszaniem się w algebrze macierzy, metodach estymacji i metodach odpornej M -estymacji, a w szczególności w różnych odmianach M_{SPLIT} estymacji. Wykazała także wiedzę w zakresie rozwiązywania problemów optymalizacyjnych. Duże uznanie pragnę wyrazić

Doktorantce z racji konstruktywnego wykorzystania przezeń bogatej literatury przedmiotu, w tym także Jej autorskich i współautorskich publikacji.

W mojej opinii, recenzowana rozprawa doktorska zasługuje na wyróżnienie.

Rozprawa spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim, określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003 r. nr 65 poz. 595 ze zmianą w Dz. U. z 20005 r. nr 164 poz. 1365).

Wnoszę zatem do Rady Naukowej Dyscypliny inżynieria lądowa i transport Wydziału Geoinżynierii Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Patrycji Wyszkwowskiej do publicznej obrony.

Warszawa, 23 luty 2021r.

Witold Prószyński