

Prof. dr hab. inż. Witold Prószyński
Katedra Geodezji Inżynierskiej i Systemów Pomiarowo-Kontrolnych
Wydział Geodezji i Kartografii
Politechnika Warszawska

DZIEKAN
WYDZIAŁU GEODEZJI, INŻYNIERII PRZESTRZENNEJ
I BUDOWNICTWA
dr hab. inż. Radosław Wiśniewski, prof. UWM
ml. 08. 2015

RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Nowela
nt. Analiza przemieszczeń punktów geodezyjnych sieci kontrolnych z zastosowaniem
odpornej M-estymacji”**

1. Struktura i krótka charakterystyka rozprawy

Rozprawę doktorską stanowi jednotematyczny cykl publikacji, w którego skład wchodzi następujące 4 opracowania naukowe:

1. Nowel K., Kamiński W. (2014) Robust estimation of deformation from observation differences for free control networks, *Journal of Geodesy*, 88(8): 749-764, doi: 10.1007/s00190-014-0719-7;
2. Nowel K. (2015a) Robust M-Estimation In Analysis of Control Network Deformations: Classical and New Method, *Journal of Surveying Engineering*, doi: 10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000144;
3. Nowel K. (2015b) Investigating efficacy of robust M-estimation of deformation from observation differences, *Survey Review*, doi: 10.1179/1752270614Y.00000000150;
4. Nowel K. (2015c) Application of Monte Carlo method to statistical testing in deformation analysis based on robust M-Estimation, *Survey Rev.*, doi: 10.1179/1752270615Y.0000000026

Na podkreślenie zasługuje fakt, iż pozycje 1 i 2 (w szczególności pierwsza) są publikacjami w periodykach geodezyjnych o międzynarodowej renomie. Pozycja 1 jest wprawdzie opracowaniem współautorskim, ale jak wynika z oświadczenia współautora Prof. dr hab. Waldemara Kamińskiego koncepcja podejścia jest dokonaniem Doktoranta. Także pozycje 3 i 4 charakteryzuje wysoki poziom naukowy. Można więc stwierdzić, iż przedstawiony do recenzji cykl publikacji przedstawia w ocenie opiniodawców międzynarodowych kwalifikujący się do opublikowania dorobek naukowy.

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Dziekanat Wydziału Geodezji,
Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa

Wpłynęło
dnia 31-08-2015

L.dz. WY/PB-02 6350.1.2015

podpis osoby
przyjmującej

Auguśten 02.09.2015
K. Nowel

Autoreferat, napisany bardzo dojrzałe, pokazuje spójność merytoryczną cyklu. Trafnie i przejrzysto sformułowane są w nim stawiane hipotezy badawcze, podane w porządku hierarchicznym, tj. od ogólnych do wynikających z nich szczegółowych.

Ad poz.1

Zaproponowano nową alternatywną metodę odpornej M-estymacji, nazwaną REDOD (Robust Estimation of Deformation from Observation Differences). Przeprowadzone testy wykazały, że w przypadku występowania w obserwacjach poza błędami przypadkowymi także błędów o charakterze systematycznym (stałym), metoda w sposób zupełny eliminuje wpływ tych drugich na końcowe rezultaty wyznaczeń. W przypadku braku błędów o charakterze systematycznym metoda daje wyniki bardzo podobne jak metoda klasyczna IWST (Iterative Weighted Similarity Transformation). W części teoretycznej opisano algorytm stosowany w klasycznych metodach odpornych, a szczególności w metodzie IWST. Sformułowano następnie problem zoptymalizowania metody REDOD, konstruując algorytm realizujący rozwiązanie tego problemu.

Ad poz.2

Opisano klasyczną metodę estymacji odpornej (IWST) odnoszącą się do metody różnic (wyrównanych) współrzędnych. Zaproponowano następnie nową metodę odporną, będącą alternatywą do metody klasycznej, opartą na metodzie różnic obserwacji. Ta nowa metoda stanowi uogólnienie opracowanej wcześniej metody REDOD, gdyż odnosi się do sieci zarówno bezwzględnych jak i względnych, dla dowolnej funkcji celu z klasy odpornej M-estymacji, stąd nazwa GREDOD, gdzie G (Generalized) oznacza uogólnienie.

Ad poz.3

Jest to prezentacja badań efektywności metody GREDOD, opartej na metodzie IWST, tj. odpornej, iteracyjnie realizowanej transformacji podobieństwa i stosującej funkcje wagową typu norma L_1 , określoną na zmiennych będących składowymi wektora przemieszczenia. Doktorant stawia pytanie, czy te parametry zapewniają wysoką efektywność metody. Konfrontuje je z kilkoma innymi postaciami funkcji wagowych (Duńska, IGG, Huber) oraz użyciem zmiennych w funkcji wagowej w postaci długości wektorów przemieszczeń. Pokazane są także wyniki zastosowania klasycznej metody najmniejszych kwadratów, dyskwalifikujące tą metodę (zob. uwaga e).

Wszystkie rozwiązania były testowane na symulowanych obserwacjach dwu-epokowych dla sieci kontrolnej dla zapory wodnej w Szwajcarii. Jako miarę do porównywania poszczególnych rozwiązań przyjęto Mean Success Rate (MSR).

Ad poz.4

Wobec stwierdzonego na gruncie analiz przybliżonego charakteru wartości krytycznych F-testu w badaniu istotności przemieszczeń przy użyciu odpornej M-estymacji, przedstawiono rozwiązanie tego problemu bazujące na zastosowaniu metody Monte Carlo. Metodę tą zaproponowano do oszacowania macierzy kofaktorów dla estymatora wektora przemieszczeń oraz wartości krytycznych dla jego statystyk testowych. Zaproponowane podejście zweryfikowano w drodze testów numerycznych dla symulowanej niwelacyjnej sieci kontrolnej. Dokonano też próby ustalenia „najlepszego” poziomu istotności testu.

2. Istotność problematyki badawczej

Podjęta problematyka jest aktualna i ma duże znaczenie dla rozwoju metod opracowania wyników pomiaru przemieszczeń. Pełne prawa obywatelstwa znalazły już metody estymacji odpornej w procesach wyrównania obserwacji w różnego rodzaju modelach wyrównawczych. Znacznie mniej dokonań co do zakresu i szczegółowości podejścia odnotować można w sferze zastosowania tych metod w identyfikowaniu układu odniesienia w monitorowaniu przemieszczeń. Recenzowana rozprawa ulokowana jest w tym właśnie obszarze i ma duże znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Pragnę w tym miejscu podkreślić, iż Doktorant miał do bezpośredniej dyspozycji (tj. w Jego macierzystym Instytucie) bogaty i znaczący w skali międzynarodowej dorobek badawczy w zakresie metod odpornej estymacji zgromadzony w toku wieloletnich badań prowadzonych przez prof. Zbigniewa Wiśniewskiego, a także Prof. Waldemara Kamińskiego i ich uczniów. Oznacza to z jednej strony ułatwienie w dotarciu do istotnej problematyki badawczej, z drugiej jednakże podniesienie wymagań co do poziomu prac badawczych Doktoranta.

W swojej ocenie rozprawy uwzględniłam także naświetlenie problemu badawczego dla całego cyklu przedstawione przez Doktoranta w Autoreferacie.

3. Uwagi polemiczne

a. model a estymacja parametrów - konieczne jest ściśle rozgraniczanie tych dwóch pojęć i związanych z nimi faz wyznaczania parametrów, tutaj - pozycji bądź zmian pozycji, tj.

przemieszczeń. Stąd, wielkości oznaczanej w modelu symbolem v nie można określać mianem poprawki bądź residuum. Jest to wielkość stanowiąca element modelu a nie estymacji parametrów modelu. Proszę o wypowiedź Doktoranta w tej kwestii.

b. warunek optymalizacyjny globalny przystawania figur może dla pewnych konfiguracji wektorów przemieszczeń PPRs nie być wystarczająco selektywny, tj. może nie być wrażliwy na wystąpienie pewnych szczególnego rodzaju niekorzystnych ukształtowań zdeformowanej geometrii sieci. Tego rodzaju mankament wykazują metody klasyczne MNK polegające na realizacji kolejnych wyrównań swobodnych. Będą też nim obarczone metody odpornej M-estymacji.

c. wyrażenie „wyprowadzono z różnic obserwacji” nie wydaje mi się fortunate. Model stochastyczny dla metody różnic obserwacji, podobnie jak model dla metody różnic współrzędnych, jest modelem autonomicznym, i trudno jest tu mówić o wyprowadzaniu zeń jakiegoś innego modelu. Chyba poprawniejsze byłoby sformułowanie: „opracowano algorytm estymacji odpornej dla modelu różnic obserwacji” i podobnie „dla modelu różnic współrzędnych”.

d. zastrzeżenia natury interpretacyjnej budzi, uznany przez Doktoranta za poprawny, sposób realizacji identyfikacji układu odniesienia przy użyciu metod odpornej M-estymacji dla metody różnic współrzędnych. Wprowadza się tam informację „a priori” dotyczącą stabilności niektórych potencjalnych punktów odniesienia. Użycie tego typu informacji powoduje przejście do wspomaganej apriorycznie procedury identyfikacyjnej.

Czy uwzględnione są obydwie macierze kowariancji (mogą one pochodzić z innych u.o.) ? Jaka jest definicja ostatecznie otrzymanego układu odniesienia ? Byłaby tu potrzebna fizykalna Interpretowalność tego układu.

Proszę o wyjaśnienia ze strony Doktoranta co do podniesionej przeze mnie kwestii.

e. można zauważyć konkurowanie rozwijających się i doskonalonych metod estymacji odpornej z metodami klasycznymi bazującymi na MNK (również w jakimś stopniu doskonalonych. W autoreferacie zauważyć można wypowiedzi niepotrzebnie deprecjonujące te drugie metody (np. „metody bazujące na analizie zmian cech geometrycznych figur tworzonych przez potencjalne punkty odniesienia, metody kolejnych wyrównań – „jakkolwiek posiadają uzasadnienie logiczne, to w większości przypadków nie są metodami ścisłymi, wynikającymi z reguł geodezyjnego rachunku wyrównawczego”. Zauważyć można natomiast przesadne przypisywanie cech pozytywnych tym pierwszym metodom. Chciałbym zauważyć, że analiza sposobu przystawania

figur reprezentujących różne stany sieci kontrolnej nie jest specyficzna dla procedur identyfikacyjnych związanych z metodami odpornej M-estymacji, jako że była powszechnie stosowana na gruncie metod klasycznych MNK. Ewidentnym przejawem wspomnianej wyżej deprecjacji jest rozpatrywanie metod MNK jedynie w ograniczeniu do pierwszych przebiegów obliczeniowych.

f. bardzo korzystne byłoby zamieszczenie jakichś przykładów liczbowych porównujących rozwiązania otrzymane przy użyciu metod klasycznych (MNK) i metod estymacji odpornej.

W przypadku tych pierwszych chodziłoby o prezentację nie pierwszych przebiegów wyrównawczych, lecz końcowych rezultatów procesu usuwania odstających elementów (tutaj – niestabilnych RPPs).

g. każdy eksperyment ma swoje ograniczenia wynikające z przyjętego zakresu badań. W badaniach opisanych w poz. 3 uwzględnione zostały dwa z trzech istotnych źródeł różnorodności składających się na zadanie modelowania przemieszczeń, tj.

- układ błędów przypadkowych pomiaru;
- układ przemieszczeń punktów bazy i punktów kontrolowanych.

Trzecim jest typ sieci kontrolnej, stanowiący bardzo złożoną i w istocie swojej wielowymiarową różnorodność. Uwzględnienie tego ostatniego źródła bardzo skomplikowałoby badania. Jednakże przy dającym się uzasadnić zawężeniu zakresu badań niezbędne jest odpowiednie sformułowanie wniosków z tak przeprowadzonego eksperymentu. W poz.3 - użyta jest tylko jedna sieć, więc powinno to znaleźć wyraz w odpowiednim sformułowaniu wniosków końcowych. Proszę o ustosunkowanie się Doktoranta do tej kwestii.

Powyższe uwagi są spostrzeżeniami o charakterze dyskusyjnym, wynikającymi z nieco odmiennego spojrzenia recenzenta na kwestie natury terminologicznej, definicyjnej i metodologicznej. Uwagi te nie kwestionują poprawności rozumowania i nie obniżają wysokiej oceny rozprawy.

Uwagi szczegółowe

- str. 5, wzór (1) : moim zdaniem, symbol „v” nie powinien być określany mianem „wektora poprawek do obserwacji” (zob. uwaga a.)
- p.3.2.1, w Autoreferacie – wskazane byłoby podanie relacji między rzędami macierzy A i G
- w Autoreferacie – prezentacja modeli powinna zawierać część stochastyczną

- występuje znaczna ilość powtórzeń tekstu we wprowadzeniach do pozycji składowych cyklu, a częściowo nawet we wnioskach w poz. 3 (można to wyjaśnić potrzebą nadania autonomiczności każdej z pozycji cyklu na etapie kształtowania jej treści do opublikowania)
- ad poz.1, wnioski 1 i 2, str. 762 - własności te chyba w zasadniczym stopniu wynikają z zastosowanego modelu funkcjonalnego, a nie użytej metody odpornej M-estymacji

4. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej bardzo wysoko oceniam wkład Doktoranta w rozwój metodyki opracowania wyników monitorowania przemieszczeń przy zastosowaniu odpornej M-estymacji. Prowadzone przezeń badania wnoszą istotne wartości poznawcze i aplikacyjne. Stwierdzam, że mgr inż. Krzysztof Nowel wykazał się umiejętnością samodzielnej pracy naukowej, swobodnym poruszaniem się w algebrze macierzy, konstruowaniu i testowaniu hipotez statystycznych, metodach estymacji a w szczególności metodach odpornej M-estymacji, eksperymentalnych metodach badania parametrów rozkładów i ich własności. Duże uznanie pragnę wyrazić Doktorantowi z racji konstruktywnego wykorzystania przezeń bogatej literatury przedmiotu.

W mojej opinii, rozprawa doktorska uformowana w postaci czterech artykułów naukowych, opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych i stanowiących spójny merytorycznie, jedno-tematyczny cykl publikacji, 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 2005 r. nr 164 poz. 1365).

Wnoszę zatem do Rady Wydziału Geodezji, Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie pracy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Nowela do publicznej obrony.

Warszawa, 21 lipca 2015 r.

