

Warszawa 12.09.2023

dr hab. Krzysztof Kroszczyński, prof. WAT
Zakład Hydrometeorologii Wojskowej i Geomatyki
Instytut Inżynierii Geoprzestrzennej i Geodezji
Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji
Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego
krzysztof.kroszczynski@wat.edu.pl

Recenzja

rozprawy doktorskiej wdrożeniowej mgr. Radosława Drożdźoła pt.: „Ocena jakości danych z amatorskich stacji meteorologicznych oraz możliwości ich włączenia do systemu pomiarowo-obszernacyjnego Państwo- wej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej (PSHM)”

przygotowanej pod kierunkiem opiekunów prof. dra hab. Inż. Mariusza Figurskiego, dr hab., prof. UŚ Damiana Absalona i opiekuna przemysłowego dr hab., prof., IMGW_PIB Jana Szturca a przewidzianej do obrony w Instytucie Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych.

Podstawą wykonania recenzji rozprawy doktorskiej mgr. Radosława Drożdźoła jest pismo WNP/BEOI.411.9.2023 z dnia 11.07.2023 oraz pismo Pani prof. dr hab. Ewy Łupikasy – przewodniczącej Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi dotyczące uchwały nr 28/2023 Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa dotyczy szczegółowych analiz możliwości wykorzystania pomiarów amatorskich stacji meteorologicznych jako dodatkowego źródła informacji o stanie atmosfery. Recenzowana rozprawa z załącznikiem zawierającym „Poradnik dla amatorskich stacji meteorologicznych” liczy 164 strony. Wyniki przeprowadzonych analiz przedstawiono na 53 rysunkach i w 45 tabelach. Praca składa się z ośmiu rozdziałów w tym ze wstępu, rozdziałów opisowych 2, 3, 6, 7 z elementami analiz jakościowych oraz typowo badawczych 4, 5. Efekty pracy podsumowano wnioskami. Doktorant przytacza 105 naukowych pozycji bibliograficznych (w większości dostępnych „online”). Aż 80% (85 pozycji) to publikacje międzynarodowe. Publikacje najnowsze (większość z 2023 r.) wydane w okresie ostatnich 5 lat (od 2018 roku) stanowią 55% (58 pozycji) całości literatury, co w obecnie występującej wysokiej dynamice obiegu wiedzy w nauce jest w pełni zadawalającym wskaźnikiem. Pod względem jakościowym literatura jest dobrana prawidłowo, ponadto jest zróżnicowana i bogata, świadcząca również

o interdyscyplinarności przeprowadzonych badań. Na podkreślenie zasługuje umiejętność wykorzystywania najnowszej literatury przedmiotu i liczne odwołania do najnowszych badań w podjętej tematyce. Doktorant jest współautorem pracy: Radosław Drożdź, Damian Absalon „Evaluation of Selected Amateur Rain Gauges with Hellmann Rain Gauge Measurements” zamieszczonym w piśmie *Climate*, 11(5), DOI:[10.3390/cli11050107](https://doi.org/10.3390/cli11050107), May 2023.

Wartość naukowa rozprawy

Przedstawiona do recenzji praca zgodnie z jej tytułem zawiera ocenę wiarygodności pomiarów parametrów meteorologicznych wykonanych niskobudżetowymi czujnikami amatorskich stacji pomiarowych pod kątem włączenia tych stacji do Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej (PSHM). Podjęty przez Doktoranta temat jest ważny zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia. Podjęta tematyka badań jest niezwykle istotna ponieważ zgodnie z tezą pracy: dane pomiarowe z amatorskich stacji meteorologicznych mogą stanowić dodatkowe źródło informacji dla Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej. Przeprowadzone w pracy badania pokazały, że uzupełnianie danych pomiarowych IMGW-PIB danymi stacji amatorskich może zwiększyć możliwości monitorowania zjawisk ekstremalnych. Badania te wskazują również, że dynamiczne uzupełnianie danych przez stacje amatorskie może wpłynąć na jakość prognoz numerycznych modeli pogody, szczególnie prognoz na teraz (nowcasting) czy ultra-krótkoterminowych. Rozważana w pracy problematyka wpisuje się także w badanie zmian klimatu. Skutkiem tych zmian są obserwowane coraz częściej, rozważane w pracy, niebezpieczne zjawiska atmosferyczne takie jak intensywne, wysokowydajne, krótkotrwałe opady deszczu prowadzące do znacznych strat materialnych.

Dostarczanie przez te stacje pomiary, spełniające odpowiedni zbiór wskazanych w pracy warunków, mogą być również wykorzystane w procesie asymilacji w globalnych, regionalnych czy mezoskalowych niehydrostacyjnych modelach prognoz pogody. Należy nadmienić, że proces asymilacji jest bardzo ważny w etapie inicjalizacji numerycznych modeli pogody. Ma on szczególne znaczenie, jak podkreśla Doktorant, w uzyskaniu poprawnych ultra-krótkoterminowych prognoz pogody.

W celu określenia stopnia wiarygodności wyników pomiarów amatorskich stacji przeprowadzono szereg analiz porównawczych wykorzystując metody statystyczne. Zbadano wiarygodność wyników pomiarów uzyskanych amatorskimi stacjami meteorologicznymi poprzez ilościowe ich porównanie z pomiarami stacji profesjonalnych IMGW-PIB. Przeprowadzono analizę możliwości wykorzystania danych amatorskich stacji

meteorologicznych do zidentyfikowania i pomiaru ekstremalnych zjawisk o zasięgu lokalnym. Opracowano procedury oceny jakości wybranych parametrów meteorologicznych takich jak: temperatura powietrza, opad atmosferyczny czy wilgotność powietrza. Przedstawione badania przeprowadzono w sposób systematyczny i kompleksowy.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych Doktoranta należy zaliczyć usystematyzowanie wiedzy dotyczącej stacji meteorologicznych pracujących w polskich sieciach amatorskich oraz przeprowadzenie statystycznej analizy porównawczej danych pomiarowych stacji tych sieci.

Na uwagę zasługuje także cenny wkład Autora pracy w „Naukę obywatelską” - nowy wymiar budowy społeczeństwa obywatelskiego. Przedstawione badania i skonstruowany przez Doktoranta załącznik „Poradnik dla amatorskich stacji meteorologicznych” wzbogacają znacznie możliwości zbierania obserwacji i tworzenia amatorskich internetowych baz danych meteorologicznych.

Wartość merytoryczna rozprawy

Tytuł rozprawy został wybrany adekwatnie i odpowiada treścią zaprezentowanym w rozdziałach pracy. Tematyka pracy doktorskiej jest aktualna i odnosi się do oceny jakości danych amatorskich stacji meteorologicznych i możliwości ich włączenia do systemu pomiarowo obserwacyjnego PSHM (Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej). W konsekwencji dotyczy również zagęszczenia przez te stacje państwowej sieci pomiarowej.

Doktorant jasno sformułował hipotezę badawczą „Dane pomiarowe z amatorskich stacji meteorologicznych mogą stanowić dodatkowe źródło informacji dla Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej”. Może się wydawać, że przyjęta hipoteza jest trywialna, ponieważ praktycznie każda dodatkowa informacja jest istotna w przypadku udokładnienia informacji o stanie atmosfery. Doktorant uzasadnił, że tak nie jest realizując związane ściśle z tą hipotezą dodatkowe cele. Pokazał, że przyjęcie przedstawionej w pracy hipotezy wymaga przede wszystkim wykonania: analizy jakości danych amatorskich stacji meteorologicznych w poszczególnych sieciach; określenia stopnia wiarygodności wyników pomiarów tych stacji poprzez porównanie ich z pomiarami stacji referencyjnych IMGW-PIB; analizy możliwości wykorzystania danych amatorskich stacji do identyfikowania i pomiaru ekstremalnych zjawisk o zasięgu lokalnym; opracowania procedur oceny jakości wybranych parametrów meteorologicznych.

Odzwierciedleniem realizacji tych celów jest napisana przez Doktoranta praca wprowadzająca w rozdziale 2 w problematykę amatorskich stacji meteorologicznych. W rozdziale 3 dysertacji scharakteryzowano działające w Polsce sieci amatorskich stacji meteorologicznych.

Realizując cel pracy w zakresie porównania podstawowych parametrów meteorologicznych Doktorant wykorzystał dane referencyjne stacji synoptycznej IMGW-PIB Katowice-Muchowiec, oraz pomiary wykonane (czujnikami niskobudżetowymi) na opisanym szczegółowo rozdziale 4 poligonie doświadczalnym w Będzinie-Grodźcu. Porównania dotyczyły temperatury powietrza, wilgotności względnej, ciśnienia atmosferycznego, prędkości, porywów i kierunku wiatru. W rozdziale 5 przedstawiono badania możliwości wykorzystania amatorskich stacji meteorologicznych do zweryfikowania i oceny najintensywniejszych faz opadu atmosferycznego. Wykorzystano tutaj synoptyczne dane historyczne sieci stacji Weather Underground (największa liczba zarejestrowanych, czynnych użytkowników), materiały pomiarowo-obszaryjne, produkty radarów meteorologicznych oraz dane z systemu RainGRS IMGW-PIB. Weryfikacja i ocena zdarzeń ekstremalnych na przykładzie opadów o dużej intensywności udowodniły, że pomiary stacji amatorskich są dobrym źródłem nowych informacji o przeszłym i aktualnym stanie atmosfery. Można uznać, że rozdziały 4 i 5 mają typowy charakter badawczy. Przeprowadzenie opisanych w pracy badań wymagało od Doktoranta dużego wysiłku organizacyjnego, wskazuje również na odpowiednią do ich realizacji wiedzę teoretyczną i praktyczną. W rozdziale 6 i 7 oceniono jakości amatorskich stacji meteorologicznych na podstawie dokumentacji technicznych udostępnionych na stronach internetowych producentów stacji. Dokonano także przeglądu procedur kontroli jakości danych z automatycznych stacji meteorologicznych. W podsumowaniu przeprowadzono wnikliwą dyskusję uzasadniającą prawdziwość postawionej w pracy hipotezy. W załączniku pracy przedstawiono poradnik sytuowania, działania i kontroli jakości amatorskich stacji meteorologicznych. Opisano i przeanalizowano system raportowania pakietów danych (APRS) oraz stworzono procedurę włączenia danych z APRS do systemu pomiarowo-obszaryjnego IMGW-PIB. Zaprezentowano także programy pobierające dane z sieci APRS oraz kontroli jakości danych napisane w języku Python.

Opracowując wyniki pomiarów użyto metod analizy statystycznej. Wykorzystano w tym celu odpowiednie narzędzia i pakiety programów: Microsoft Excel, R 4.0.2, IBM SPSS Statistics 28. Do wstępnych porównań pomiarów czujników stacji amatorskich i profesjonalnych użyto statystyk opisowych. W bardziej złożonych analizach konstruowano modele regresji liniowej. Użyto także metod analizy wariancji w tym analizy dwuczynnikowej. Estymację parametrów modeli związanych z porównaniem pomiarów deszczomierzy Hellmana z pomiarami deszczomierzy amatorskich wykonano w ujęciu Bayesowskim za pomocą pakietu BRMS

(Bayesian Regression Models using 'Stan' - język R). W tym przypadku Doktorant przeprowadził również istotną analizę zależności błędu średniego pomiaru od okresu pomiarowego i od wielkości opadów. W celu porównania mocy predykcyjnej modeli wykorzystano również statystyki (LOOIC - and. leave-one-out information criterion) wyliczone w oparciu o procedurę walidacji krzyżowej. Analizowano również rozkłady interpolowanych pól natężenia opadu za pomocą tablic kontyngencji.

Realizując pracę Autor wykorzystał właściwe metody badawcze i obliczeniowe. Przeprowadził odpowiednie analizy, wnosząc własny, istotny wkład w badania jakości danych pomiarowych amatorskich stacji meteorologicznych.

Podsumowując:

Tytuł pracy doktorskiej odpowiada treści rozprawy. Został on dobrany trafnie. Temat i praca mieszczą się w zakresie nauk ścisłych i przyrodniczych i są zgodne z dyscypliną nauk o Ziemi i środowisku. Cele i teza pracy są oryginalne, poprawnie sformułowane i adekwatne do podjętej tematyki. Realizując dysertację zastosowano odpowiednie metody badawcze. Układ pracy jest właściwy i dobrze przedstawia rozwiązanie problemu naukowego. Ostatecznie cele rozprawy zostały osiągnięte, a teza udowodniona.

Poprawność redakcyjna rozprawy

Strukturę pracy można uznać za właściwą. Praca została zredagowana poprawnie, napisana językiem technicznym z pewną liczbą usterek edytorskich i językowych. Błędy redakcyjne mają znikomy wpływ na ogólny ogład pracy. Niektóre z nich podano poniżej:

W tytule pracy umieszczono skrót PSHM – wystarczyłaby forma rozwinięta.

Str. 13, 14 – po nazwach rozdziałów, podrozdziałów zwykle nie stawia się kropki

(Wstęp. , 1.1. Hipoteza i cele pracy, itp.)

Str. 33 – w opisie tab. 4 jest ρ - współczynnik korelacji ρ Spearmana (powtórzone ρ).

Str. 33 – w opisie tab. 4 MSE to średni kwadrat błędu.

Str. 33 – w zdaniu „W celu wstępnego oszacowania różnic w pomiarach pomiędzy deszczomierzami amatorskimi, a deszczomierzem Hellmanna zastosowano błąd średniokwadratowy (MSE)”.

Ogólnie przyjęta nazwa MSE to błąd średniokwadratowy (nie ma raczej błędu trójkątnego). Kwestia ujednoczenia nazewnictwa.

Str. 35 – brak rozwinięcia nazwy skrótu pakietu brms języka R. (Bayesian Regression Model using STAN). brms nie został zamieszczony w spisie skrótów.

Str. 34 – 4.1.1.1. W zadaniu „Mniejsze wartości σ wskazują, że pomiary z deszczomierza X są bliższe pomiarom z deszczomierza Hellmanna”. Raczej powinno być: „mniejsze wartości σ mogą wskazywać”, ponieważ o tym mogą decydować przede wszystkim parametry β_0 i β_1 .

Str. 34 – 4.1.1.1. „model z równania 3 można rozszerzyć o założenie o zależności błędu predykcji od okresu pomiarowego G”: model z równania 3 można rozszerzyć zakładając zależność błędu predykcji od okresu pomiarowego G.

Str. 34 – 4.1.1.1. $\log(\epsilon_i) = \sigma_0 + \sigma_1 G_i$, Gdzie G_i to macierz kontrastów ortogonalnych. Po wzorze jest przecinek. Powinno być „, gdzie G_i to macierz kontrastów”.

Str. 35 – 4.1.1.2. W analizie Bayesowskiej estymacji rozkład, wyliczany za pomocą integracji wiarygodności (ang. likelihood) oraz rozkładu a priori. To zdanie powinno np., brzmieć „W analizie Bayesowskiej estymacji rozkład, wyliczany w oparciu o funkcję wiarygodności lub wiarygodność (ang. likelihood) oraz rozkładu a priori”. Nazwy raczej tłumaczy się na język polski nie odwrotnie.

Str. 35 – 4.1.1.2. ... poziomie ufności (ang. Credible interval, CI). Nazwy raczej tłumaczy się na język polski nie odwrotnie.

Str. 35 – przy utrzymaniu, że średnia x_i jest równa zero , przy założeniu, że średnia ...

Str. 36 – Wyniki zamieszczone w tab. 5. „Porównanie mocy predykcyjnej modeli” nie korespondują z wynikami zamieszczonych w opisie poniżej tabeli.

Str. 36 – Tab. 5: Brak objaśnień parametru $LOOR^2$.

Str. 36 – LOOIC (and. leave-one-out information criterion), nie zamieszczono w wykazie skrótów.

Str. 36 – Model 5 okazał się natomiast najlepszy dla każdego z amatorskich deszczomierzy, na co wskazują istotnie statystycznie niższe wartości LOOIC, względem modelu 3. Brak bezpośredniej informacji, że istnieje zależność między błędem pomiaru opadu i wielkością opadu.

Str. 37, 38 – Rys. 10, 11, 12. Opisy rysunków w języku angielskim.

Str. 43 – Potwierdzono jednak istotny statystycznie efekt pomiaru temperatury w ciągu całego roku ($p = 0,038$). Brak definicji parametru p (p - parametr istotności statystycznej).

Str. 48 – W niniejszych analizach wykorzystane zostały słabo informacyjne rozkłady a priori mające uzasadnienie w danych (48). W niniejszych analizach wykorzystano mające uzasadnienie w danych (48) słabo informacyjne rozkłady a priori.

Str. 52 – Jedną z najlepszych metod porównania mocy predykcyjnej modeli jest statystyka LOOIC (and. leave-one-out information criterion) . (ang. leave-one-out ...)

Str. 61 – Autor odwołuje się ze strony 61 do tabeli 13 znajdującej się na str. 68.

Str. 61 – ... zbiorczej mapy radarowej, produktów radaru meteorologicznego Ramza oraz systemu (systemu) RainGRS

Str. 62 – Dane RainGRS ... nie powinny być traktowane jako alternatywa (64). Do czego?

Str. 63 – $(\text{Semivariogram}(\text{distanceh}) = 0.5 * \text{average}((\text{valuei} - \text{valuej})^2))$. Wzór powinien być zapisany w konwencji matematycznej.

Str. 64 – 4.1.1.3. b. Semiwariogram ... Im odległość mniejsza, tym mniejszy powinien też być błąd kwadratowy (różnica) pomiędzy obserwacjami. Semiwariogram ... Im odległość mniejsza, tym mniejszy powinien też być błąd średniokwadratowy różnicy pomiędzy obserwacjami.

Str. 63, 64 – Rys. 31,32, Opis w języku angielskim.

Str. 69 – Rys. 33. W opisie rysunku jest a, b, d zamiast a, b, c.

Str. 125 – AGL , rys.45, (avarage ground level, above ground level) nie ma w wykazie skrótów.

Str. 127 – GPS nie ma w wykazie skrótów.

Str. 140 – LORAN nie ma w wykazie skrótów.

Str. 144 – TNC nie ma w wykazie skrótów.

Str. 164 – FINDU nie ma w wykazie skrótów.

Zdaniem recenzenta, opisowe rozdziały 6 i 7 pracy mogłyby być rozdziałami 4 i 5 rozprawy ponieważ korespondują one tematycznie z opisowymi rozdziałami 2 i 3. Można także rozważyć czy rozdział 7 nie powinien stanowić części Przewodnika?

Ogólnie praca edytorsko przygotowana jest właściwie. Rysunki i tabele są wykonane poprawnie. Zastosowane piśmiennictwo odpowiada merytorycznemu zakresowi pracy doktorskiej.

Uwagi do rozprawy

Pierwsza z przedstawionych uwag dotyczy interpretacji zapisu matematycznego wykorzystywanych w pracy modeli:

Autor napisał „W celu przetestowania, czy średni błąd pomiaru może być zależny od okresu pomiarowego G , model z równania (3) można rozszerzyć o założenie o zależności błędu predykcji od okresu pomiarowego G :

$$\log(\epsilon_i) = \sigma_0 + \sigma_1 G_i, \quad (4)$$

gdzie G_i to macierz kontrastów ortogonalnych (ze średnią 0) kodującą do którego okresu pomiarowego należy i -ta obserwacja, σ_0 to parametr reprezentujący średni błąd predykcji a σ_1 to wektor parametrów (po jednym na każdą kolumnę w G), których wartości (w uproszczeniu) reprezentują różnice pomiędzy średnim błędem predykcji σ_0 a danym okresem pomiarowym”.

Z opisu parametrów zależności (4) wynika, że $\log(\epsilon_i)$, które powinno być skalarem jest wektorem (ponieważ $\sigma_1 G_i$ jest wektorem). Uważam, że zapis i opis zależności (4) wymaga korekty ponieważ w przedstawionej formie jest niezrozumiały. Można byłoby zapisać rozwiniętą postać wektora σ_1 i macierzy G (mającej w opisie dwojakie znaczenie), której kolumną jest prawdopodobnie G_i i dodać odnośniki literaturowe.

W modelu deterministycznym odwrotnych odległości (IDW) wagę punktów ustala się z użyciem wykładnika potęgowego. Czy podane w rozprawie wartości wag są wykładnikami potęgowymi? Podobnie Autor podał konkretne wartości wag dla metody statystycznej kriging, a określa się je na podstawie semiwariogramu. Jaki rodzaj krigingu wykorzystano?

Autor niezbyt jasno napisał, że „Łącznie na potrzeby analiz wykonano 1970 interpolowanych map, przy użyciu różnych metod i liczby interpolowanych punktów. Każda mapa posłużyła do obliczenia jedynie jednej wartości liczbowej dla punktu usuniętego ze zbioru interpolowanych zgodnie z założeniem metody „leave one out”.

Ocena końcowa

Przedłożoną do recenzji pracę doktorską przygotowaną przez Pana magistra Radosława Drożdżoła oceniam zdecydowanie pozytywnie. Poruszona w tematyka badawcza jest bardzo istotna z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa i prowadzenia osłony hydrologiczno-

meteorologicznej kraju. Jest to praca o charakterze interdyscyplinarnym. Stanowi ona dowód biegłej orientacji Autora w zagadnieniach związanych z technologicznymi aspektami funkcjonowania niskobudżetowych czujników amatorskich stacji meteorologicznych. W zagadnieniach odpowiedniej ich lokalizacji, analizy jakościowej i ilościowej danych przez nie dostarczanych; protokołów przesyłania danych i budową ich sieci.

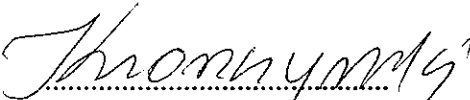
Opracowane procedury wyboru optymalnej lokalizacji czujników, oceny jakości danych pomiarowych stacji amatorskich; kodów pobierających dane z systemu APRS ze wstępną kontrolą ich jakości są podstawowymi elementami umożliwiającymi uzyskanie odpowiedniego poziomu gotowości technologicznej pozwalającego na wdrożenie tych procedur do pracy w ramach sieci pomiarowo-obszernacyjnej PSHM.

W konkluzji stwierdzam, że postawiony problem badawczy został rozwiązany w sposób merytorycznie poprawny. Dysertacja stanowi istotne z punktu widzenia zastosowań opracowanie stanowiące wkład Autora w poszerzenie i rozwój pól badawczych w dyscyplinie nauk o Ziemi i środowisku.

W związku z powyższym stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr. Radosława Drożdźioła spełnia warunki określone art. 187 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2021, Poz. 478 z późniejszymi zmianami) zgodnie z Obwieszczeniem Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 1 marca 2021 roku do nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku.

Opowiadam się za przyjęciem dysertacji oraz dopuszczeniem Kandydata do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

12.09.2023
data sporządzenia recenzji


.....
podpis recenzenta