

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Radosława Droździola
„Ocena jakości danych z amatorskich stacji meteorologicznych oraz możliwości ich włączenia do
systemu pomiarowo-obszernyjnego Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej
(PSHM)”
napisanej pod opieką naukową promotorów
prof. dr hab. inż. Mariusza Figurskiego i dr hab. prof. UŚ Damiana Absalona
oraz opiekuna przemysłowego dr hab. prof. IMGW-PIB Jana Szturca

Recenzowana rozprawa doktorska jest pracą w zakresie nauk ścisłych i przyrodniczych z obszaru geografii fizycznej i nauk o atmosferze. Celem pracy jest ocena jakości danych z amatorskich stacji meteorologicznych oraz możliwości ich włączenia do państwowej służby meteorologicznej. Utylitarny charakter podjętych badań może zwiększyć zasoby informacji naukowo-badawczej i operacyjną wiedzę o stanie środowiska, co przekłada się na bardziej racjonalne zarządzanie zasobami przyrodniczymi i monitorowanie jakości życia. Nie do przecenienia jest także aspekt ekonomiczny i spowodowanie wzrostu zaufania do niskobudżetowych urządzeń pomiarowych. Utylitarny charakter podjętego tematu wpisuje się w rosnące zapotrzebowanie na szczegółową informację i wiedzę o stanie atmosfery oraz całej przestrzeni geograficznej, co bez wątplenia wpisuje się w główny nurt współczesnych badań nad problemem zmian klimatu i środowiska.

Rozprawa jest dziełem monograficznym, liczy 164 strony, podzielonych na 10 części. Główna, merytoryczna część naukowa zawarta jest w dziewięciu rozdziałach i obejmuje wraz z bibliografią 105 stron. Rozdział dziesiąty to załączniki zawierające poradnik dla użytkownika amatorskiej stacji meteorologicznej oraz procedurę włączenia danych do systemu pomiarowo-obszernyjnego IMGW-PIB. Problem badawczy omawiany i dyskutowany jest w oparciu o 105 pozycji literatury. Dokumentację badań stanowią nie wykazane w spisie 43 tabele i 54 ryciny, spośród których 22 tabele i 18 rycin tworzą dokumentację załączników.

Główny cel pracy jest jednoznacznie zdefiniowany w tytule dysertacji. Założeniem formułującym cele szczegółowe jest hipoteza, że dane pomiarowe z amatorskich stacji meteorologicznych mogą stanowić dodatkowe źródło informacji dla Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej. Autor postawił sobie cztery zasadnicze zadania:

1. Analiza ilościowa amatorskich stacji meteorologicznych.
2. Określenie stopnia wiarygodności wyników pomiarów uzyskanych z amatorskich stacji meteorologicznych.
3. Analiza możliwości wykorzystania danych amatorskich stacji meteorologicznych do zidentyfikowania i pomiaru ekstremalnych zjawisk o zasięgu lokalnym.
4. Opracowanie procedur oceny jakości podstawowych elementów pomiarowych z amatorskich stacji meteorologicznych.

Na potrzeby badań wykorzystano dwa rodzaje niskobudżetowych amatorskich automatycznych stacji meteorologicznych tj. Davis Vantage Pro 2A bardzo powszechnych w USA i Kanadzie, oraz kilkakrotnie

tańszej WH1080 szwedzkiej firmy Viking, popularnej w polskich galeriach handlowych. Cztery z sześciu testowanych urządzeń pracowały w bezpośrednim sąsiedztwie stacji meteorologicznych IMGW, których dane stanowiły podstawę analizy statystycznej i oceny jakości pomiarów z amatorskich stacji meteorologicznych. Na potrzeby analizy opadów ekstremalnych (studium przypadku w rozdziale 5) wykorzystano 33 stacje z sieci amatorskiej Weather Underground, rozmieszczone na obszarze Górnego Śląska.

W rozdziale I, zatytułowanym „Wstęp” przedstawiono założenia pracy, materiał i metody badań oraz streszczono układ pracy.

W kolejnym rozdziale (II) omawiane są podstawowe dane konstrukcyjne i zasady działania niskobudżetowych stacji meteorologicznych, zwane niekiedy stacjami amatorskimi.

Dalej, bo rozdziale III Autor wprowadza czytelnika w ideę i zasady funkcjonowania na świecie sieci stacji amatorskich. Zwraca się uwagę na rolę i rozwój „nauki obywatelskiej”, zjawiska społecznego ciągle niedocenianego przez środowiska naukowo-badawcze w Polsce. Godnym uwagi jest stwierdzenie, że w 2020 roku w Polsce funkcjonowało 2086 stacji automatycznych, z czego zaledwie 500 należało do IMGW. W sieci „Weather Underground” pracowało 1054 stacje a największą liczbą stacji amatorskich legitymowały się województwa Śląskie i Mazowieckie.

W rozdziale IV na podstawie przeprowadzonych pomiarów porównawczych, dokonano oceny danych pomiarowych pochodzących z pomiarów czujnikami niskobudżetowymi. Autor porównał dane dla opadu atmosferycznego, temperatury i wilgotności względnej powietrza, ciśnienia atmosferycznego oraz prędkości, porywu i kierunku wiatru. Najwięcej uwagi poświęcono pomiarowi opadu atmosferycznego. Porównano ze sobą deszczomierze korytkowe z klasycznymi, gromadzącymi sumę opadu. Trudno zgodzić się z informacją podaną przez Autora (tab. 2, str. 28), że pomiar opadu w stacji Davis nie jest zależny od obserwatora, w przeciwieństwie do deszczomierzy manualnych. Deszczomierze z mechanizmem korytkowym (jak w stacji Davis) wymagają bardzo precyzyjnej instalacji i częstej kontroli poziomu powierzchni wlotowej. Utrata poziomu przez niestabilność masztu, gruntu itp. może generować błąd pomiarowy rzędu kilkudziesięciu procent. Ostatecznie, wyniki pomiarów opadu ze stacji amatorskich analizowane w dysertacji przedstawiono jako różnice pomiędzy pomiarem standardowym deszczomierzem Hellmanna i skorygowano je za pomocą modelu regresji liniowej. Wykonano estymację parametrów modeli i uzyskano bardzo satysfakcjonujące wyniki oceny statystycznej, które pozwalają ocenić jakość czujników i zachęcają do włączenia amatorskich stacji meteorologicznych do wzbogacenia informacji o rozkładzie przestrzennym opadu atmosferycznego. Uzyskane wyniki skłaniają także do konkluzji, że istniejąca różnorodność deszczomierzy powinna zmusić do poświęcenia osobnej uwagi zagadnieniu dokładności pomiaru tak ważnej wielkości jak przychód wody z atmosfery. Autor jedynie porównywał deszczomierze na poligonie doświadczalnym i nie wiemy jaka jest skala błędów pomiarowych wśród ponad 1500 stacji amatorskich w Polsce. Bardzo optymistyczne wyniki z dozorowanego miejsca nie dają gwarancji, że tak dzieje się na większości stacji. Niestety, nierzadkie jest przekonanie, że automatyzacja nie wymaga dozoru.

Porównanie czujników temperatury i wilgotności względnej powietrza, ciśnienia atmosferycznego oraz prędkości, porywu i kierunku wiatru dało zadawalające wyniki. Analiza statystyczna wskazała głównie na różnice pomiaru wynikające z konstrukcji czujników temperatury i wilgotności powietrza oraz stosowanych osłon radiacyjnych.

Szczególnego komentarza wymaga pomiar wiatru i ocena wiatromierzy, których porównanie wykazało największe różnice w mierzonych wielkościach. Powszechnie wiadomo, że czułość klasycznych czasz anemometru zależy od ich powierzchni i masy, co wpływa na bezwładność i zdolność rejestrowania wartości ekstremalnych (maksymalnych i minimalnych). Pole wiatru jest dodatkowo zaburzane w

warunkach opadu atmosferycznego, nie wspominając o oblodzeniu. Elementem, który powinien posiadać najmniejsze (a nawet bliskie zero) różnice jest kierunek wiatru. Autor nie komentuje różnic udokumentowanych na ryc. 24 (str. 47), które mogą być jedynie efektem siły tarcia i różnic wysokości na których zamontowano czujniki.

Sądzić można, że z wielu względów problem pomiaru wiatru trudno rozwiązać przy zastosowaniu modelu regresji. Przy zachowaniu kardynalnej zasady homogeniczności obowiązującej państwową służbę meteorologiczną należy w przyszłości odpowiedzieć na pytanie w jakim zakresie stacje amatorskie mogą wspierać sieć państwową, dźwigającą prawną odpowiedzialność za informację o stanie atmosfery. Ta kwestia wymaga z pewnością dyskusji i rozważań.

Rozdział V poświęcony jest możliwości wykorzystania amatorskich stacji meteorologicznych do zweryfikowania i oceny zdarzeń ekstremalnych na przykładzie opadów o dużej wydajności. W mojej ocenie jest to rozdział, który pod względem merytorycznym jest wyjątkowy, stanowiąc naukową wartość dodaną dysertacji. Należy żywić nadzieję, że wyniki zawarte w tym rozdziale ukażą się jako publikacja w prestiżowym czasopiśmie naukowym. Autor podjął się trudnego zadania porównania rozkładu przestrzennego opadów ekstremalnych, mających charakter opadów burzowych/konwekcyjnych, często o słabo przewidywalnym rozkładzie przestrzennym. W analizowanym studium przypadku pomiary in situ wsparto danymi z radaru meteorologicznego, co poprzez zaawansowane metody statystyczne pozwoliło na interpolację rozkładu przestrzennego dobowych sum opadów ekstremalnych.

Analiza ilości i rozmieszczenia amatorskich stacji meteorologicznych wykazała, iż pomimo różnic w konstrukcji pluwiografów dane z takich stacji stają się atrakcyjnym źródłem informacji w celu zidentyfikowania i pomiaru ekstremalnych zjawisk. Wykazano, że użycie dodatkowo danych z amatorskich stacji meteorologicznych znacznie wpływa na poprawę dopasowania wyników obliczenia opadu do wartości obserwowanych.

Rozdział VI zawiera praktyczne informacje dla potencjalnego użytkownika/nabywcy amatorskiej stacji meteorologicznej. W rozdziale tym dokonano oceny jakości kilku amatorskich stacji meteorologicznych na podstawie dokumentacji technicznej oferowanych na rynku urządzeń. Autor nie tylko poddał ocenie jakość czujników pod względem zakresu pomiaru i rozdzielczości ale przede wszystkim ocenił według 14 kryteriów funkcjonalność systemów pomiarowych i ich składowych (m.in. czy urządzenie posiada akredytację ISO i pełną dokumentację, oceniono okres gwarancji, modułowość, sposób kalibracji, zgodność czujników z wytycznymi WMO).

Kolejny rozdział (VII) odnosi się do kontroli jakości i zawiera przegląd procedur tej kontroli. Autor ze znanym doświadczeniem praktyka zwraca uwagę na problem kontroli jakości i jej elementy tj. kontrolę pomiaru, jakości danych oraz na poziomy procedur. Jest to zbiór praktycznych informacji stworzony na podstawie zaleceń i instrukcji Światowej Organizacji Meteorologicznej oraz krajowej służby pogody.

W rozdziale VIII zawarto podsumowanie uzyskanych wyników a w następnym (IX) bibliografię. Poprzez szereg zastosowanych narzędzi statystycznych Autor dowiódł, że amatorskie stacje meteorologiczne przy zachowaniu elementarnych procedur i instrukcji meteorologicznych mogą stanowić ważne wsparcie dla krajowego systemu pomiarowo-obserwacyjnego Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej.

Ważnym suplementem jest część X nazwana „Załącznikami” która wraz z rozdziałem VI i VII buduje część wdrożeniową rozprawy. Suplement składa się z czterech rozdziałów. Część pierwsza to „Poradnik dla amatorskich stacji meteorologicznych. Stanowi on pożyteczną kompilację literatury z zakresu podstaw meteorologii, metodyki pomiarów, instrukcji meteorologicznych, elementarnych

przepisów BHP i zasad pracy/zachowywania się w terenie. Napisany komunikatywnym językiem, adresowany do właścicieli/użytkowników amatorskich stacji, zwykle osób spoza kręgu specjalistów. Czytelnik odnosi słuszne wrażenie, że przewodnik powstał na bazie osobistego doświadczenia Autora. To czyni tekst wiarygodnym i przekonującym, w myśl zasady „zrób tak jak napisano w instrukcji a zrobisz dobrze”. Kolorytu w tej części nadają cytaty poetyckie filozofów, poetów i kompozytorów odnoszące się do żywiołów natury (Arystoteles, Grzegorz Turnau, Jacek Kleyff, Kora Jackowska). Niewątpliwie świadczy to o wrażliwości i zaangażowaniu Autora, który pragnie zwrócić uwagę, że naukowo badane żywioły są widziane zmysłami innych, są kulturotwórcze. Część druga zawiera techniczny opis i oprogramowanie APRS, czyli amatorskiego systemu łączności radiowej, która pozwala na transmisję raportów pogodowych ze stacji amatorskich. Z punktu widzenia użytkowników amatorskich stacji meteorologicznych jest to istotna dokumentacja, gdyż rozwój współczesnych technologii połączył APRS z internetem, co umożliwia transfer danych z każdego miejsca na świecie. W części trzeciej i czwartej „Załączników” zamieszczono dokumentację techniczną dotyczącą procedury włączenia danych ze stacji amatorskich do systemu pomiarowego IMGW a w części czwartej udostępniono kody oprogramowania umożliwiające pobieranie danych i kontrolę jakości amatorskich stacji meteorologicznych.

Przedstawiona dysertacja jest kompetentna i rzeczowa, napisana zrozumiałym, przejrzystym językiem. Autor zrealizował zamierzone cele rozprawy. Poprzez eksperyment pomiarowy, studium przypadku oraz szereg zastosowanych narzędzi statystycznych Autor dowiódł, że amatorskie stacje meteorologiczne przy zachowaniu elementarnych procedur i instrukcji meteorologicznych mogą stanowić ważne wsparcie dla krajowego systemu pomiarowo-obszernego Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej. Należy dodać, że rozdział dysertacji poświęcony możliwości wykorzystania amatorskich stacji meteorologicznych do zweryfikowania i oceny opadów o dużej wydajności stanowi wyjątkową, naukową wartość dodaną dysertacji.

Wyniki postawione w pracy mają istotną wartość poznawczą i aplikacyjną. Ich użyteczny charakter może zwiększyć zasoby informacji naukowo-badawczej i operacyjną wiedzę o stanie środowiska, co przekłada się na bardziej racjonalne zarządzanie zasobami przyrodniczymi i monitorowanie jakości życia. Nie do przecenienia jest także aspekt ekonomiczny i wzrost zaufania do niskobudżetowych urządzeń pomiarowych. Warto podkreślić także zwrócenie uwagi na rolę i rozwój „nauki obywatelskiej”, zjawiska społecznego ciągle niedocenianego przez środowiska naukowo-badawcze w Polsce.

Jestem przekonany, że przedstawiona rozprawa doktorska spełnia warunki określone w Ustawie o Tytule i Stopniach Naukowych dla rozpraw doktorskich i wnioskuję o dopuszczenie mgr Radosława Drożdżoła do dalszego etapu przewodu doktorskiego.

Wrocław, 16 sierpnia 2023

