dr hab. inż. Paweł Michnikowski, prof. PŁ
Instytut Inżynierii Środowiska
i Instalacji Budowlanych
Politechniki Łódzkiej

Poznań, 2018-05-02

Opinia o rozprawie doktorskiej Pana mgr inż. Łukasza Kolendo na temat „Metoda oceny zasobów helioenergetycznych i planowania inwestycji solarnych"

Wybór tematyki pracy doktorskiej jest podyktowany rosnącym znaczeniem zasad zrównoważonego rozwoju, w świetle faktu, iż w każdym zakątku Ziemi widoczne są przejawy ludzkiej działalności. Ekspansja człowieka na naszym globie, w poszukiwaniu źródeł energii dla zaspokojenia niezbędnych potrzeb dalszego rozwoju cywilizacji, wymaga poszukiwania źródeł energii odnawialnej, wpisującego się w scenariusz zasad zrównoważonego rozwoju.

Dlatego rozważania teoretyczne oraz działania praktyczne prowadzące do optymalnego wykorzystania istniejących źródeł energii, w tym także źródeł energii odnawialnej, są konieczne, uzasadnione i pożądane. Do źródeł energii odnawialnej, nie pogarszającej stanu natury, należy energia pochodząca od słońca, w dalszej części zwana zasobami helioenergetycznymi. Obecnie w Polsce, śledząc literaturę i praktykę inżynierską, brakuje uniwersalnych rozwiązań metodycznych z zakresu szacowania zasobów helioenergetycznych i planowania inwestycji solarnych. Opiniowana praca doktorska przyjęła za swój cel opracowanie uniwersalnych w skali kraju metod, bazujących na wdrożeniu technologii GIS&T, analiz wielokryterialnych oraz wykorzystaniu danych przestrzennych, zgromadzonych w Państwowym Zasobie Geodezyjnym i kartograficznym.

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Łukasza Kolendo została wykonana pod opieką naukową Pana dr hab. inż. Andrzeja Kobrynia, prof. Politechniki Białostockiej. Promotorem pomocniczym pracy jest Pani dr inż. Dorota Anna Krawczyk. Praca została złożona na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej. Praca doktorska zawiera 159 stron i 27 załączników. Podzielona jest na 8 rozdziałów.

Pierwszy rozdział to wprowadzenie, w którym znalazło się uzasadnienie podjęcia tematu. Uzasadnienie przekonuje czytelnika, że wysiłek poświęcony na wykonanie pracy jest celowy.

Wydział Budownictwa
i Inżynierii Środowiska
Wpłynęło dn. 10.05.2018 r.

M.P.

W rozdziale drugim zawarty jest, jasno i precyzyjnie sformułowany, cel pracy. Jest w nim także teza, że zintegrowanie danych o potencjale helioenergetycznym i wyników analiz wielokryterialnych pozwala na skuteczne planowanie najkorzystniejszych rozwiązań w zakresie inwestycji solarnych. Jasno i precyzyjnie został w rozdziale drugim zdefiniowany zakres pracy. W rozdziale trzecim zawarto wprowadzenie teoretyczne w zagadnienia związane z technicznymi możliwościami wykorzystania energii promieniowania słonecznego w różnego rodzaju instalacjach. W rozdziale tym wspomniano o aktualnym zaawansowaniu wykorzystania odnawialnych źródeł energii na terenie Polski, ze szczególnym uwzględnieniem energii promieniowania słonecznego. Rozdział kończy się przeglądem matematycznych metod wielokryterialnych, z prezentacją trendów w zakresie doboru kryteriów lokalizacji inwestycji solarnych.

Rozdział czwarty poświęcony jest wdrożeniu technologii GIS&T w szacowaniu zasobów helioenergetycznych, z uwzględnieniem parametryzacji czynników kształtujących czasowo-przestrzenną zmienność potencjału solarnego.

W rozdziale piątym opracowano metody szacowania zasobów helioenergetycznych w warunkach polskich z wykorzystaniem Technologii GIS&T i danych przestrzennych. W rozdziale tym zaproponowano praktyczne wdrożenie metody, na przykładzie wyznaczenia potencjału solarnego na powierzchnię horyzontalną i płaszczyzny nachylone, na przykładzie całego terytorium Polski.

W rozdziale szóstym znalazła się charakterystyka metody pozwalającej na automatyzację procesu szacowania przydatności terenu gmin w zakresie lokalizacji elektrowni fotowoltaicznej o mocy 1 MW. Opisano zestaw kryteriów wykluczających oraz miękkich wykorzystywanych w ocenie przydatności lokalizacji danego terenu do inwestycji PV. Opisano przykład wykorzystania opisanych wcześniej narzędzi oceny w odniesieniu do wybranych gmin województwa podlaskiego.

W rozdziale siódmym przedstawiono metodę planowania inwestycji solarnych montowanych na dachach budynków mieszkalnych. W tej części pracy przedstawiono szczegółową charakterystykę poszczególnych etapów opracowanej metody, ze szczególnym uwzględnieniem danych wyjściowych, niezbędnych w procesie analitycznym. Istotnym atutem tego rozdziału, decydującym o tzw. utylitarnym efekcie pracy, jest praktyczne zastosowanie metody na przykładzie wybranego fragmentu osiedla mieszkaniowego zlokalizowanego w północno-wschodniej części Białegostoku.

M.P.

Merytoryczna część pracy kończy się na rozdziale ósmym, czyli wnioskach szczegółowych i ogólnych. Część porządkowa pracy zawiera jeszcze bibliografię oraz spisy tabel i rysunków. Znacząca pod względem objętości jest część pracy złożona z załączników. W załącznikach znalazły się grafiki dotyczące miesięcznych rozkładów współczynnika zmętnienia dla obszaru całej Polski, całkowitego napromieniowania słonecznego, parametru „czystego nieba" itd. W tej części pracy znalazły się także pytania z badań ankietowych dotyczących ustalenia wzajemnej ważności kryteriów służących ocenie przydatności terenów gminy w zakresie lokalizacji PV, graficzna prezentacja modelu obliczeniowego pozwalającego na wyznaczenie w skali gminy terenów predestynowanych do lokalizacji elektrowni PV, atlasy przeglądowe przydatności analizowanych gmin w zakresie lokalizacji elektrowni PV itd.

Ocena ogólna redakcji pracy:

Praca napisana jest ładnym językiem, czyta się ją płynie i z przyjemnością. Konstrukcja pracy jest logiczna, z prawidłowo uporządkowaną kolejnością tematyki. Rysunki są staranne i czytelne. Ogólnie strona graficzna pracy jest bardzo dobra. Mankamentem pracy jest częste stosowanie słowa *implementacja*, mimo że w języku polskim istnieją synonimy w słowach *wdrożenie, przystosowanie, realizacja.* Wiele zdań jest niezrozumiałych, dla czytelnika nie związanego ściśle z poruszaną problematyką, co zdecydowanie utrudni praktyczne wykorzystanie pracy. Dla przykładu można zacytować zdanie *„Na inicjalnym etapie analizy odpowiedzi II tury badania ankietowego dokonano eliminacji odpowiedzi respondentów, charakteryzujących się zerowym rozstępem"* str. 93.
Często zdania są błędnie sformułowane pod względem stylistycznym i logicznym np. *„Opracowany model wymaga obejmuje łącznie...." str. 101.*
W pracy brakuje wytłumaczenia lub opisu niektórych metod, procedur z dziedziny analizy wielokryterialnej w oparciu o środowisko informatyczne.

Ocena ogólna merytorycznej strony pracy:

Tezy pracy oraz jej cel i zakres zostały sformułowane prawidłowo. Jako recenzent mam jednak także uwagę krytyczną. Podstawowy zarzut dotyczy metodologii pozyskania wiedzy do zestawu kryteriów miękkich i wyznaczenia wag za pomocą badań ankietowych. Jak

M.P.

wspomina autor pracy doktorskiej w celu pozyskania wiedzy o kryteriach zostały rozesłane w dwóch turach ankiety do gmin w Polsce. W pierwszej turze autor uzyskał na 2478 adresów (gmin), 287 odpowiedzi od respondentów, czyli 11,54% wszystkich badanych. W drugiej turze rozesłał ankiety do tych 287 respondentów, którzy wzięli udział w pierwszej turze ankiety. Odpowiedzi udzieliło 80 gmin, co daje udział 3,23% respondentów na 2478 gmin wstępnie uwzględnionych w I turze. Należy zadać sobie pytanie czy odpowiedzi tych 3,23% są reprezentatywne dla wiarygodności całej akcji ankietowej. Z doświadczenia życiowego wynika poza tym, iż część odpowiedzi może być przypadkowa, szczególnie jeżeli wypełnianie ankiet było dobrowolne i zakłócało normalny rozkład dnia osoby odpowiedzialnej za wypełnienie ankiety. Niżej podpisany rozumie intencje autora pracy, aby zestaw kryteriów oraz ich wag, pozyskany z całego kraju, miał wymowę uniwersalną. Może lepiej wybrać reprezentatywną gminę lub dwie tylko dla województwa podlaskiego i osobiście pozyskać dane na miejscu. Straci się w ten sposób walor uniwersalności lecz uzyska walor szczegółowości i wiarygodności. W ten sposób zostanie wskazana pewna metodologia i wskazówka dla następców. Dzięki tej metodologii mogą pozyskać dane dla interesującego ich terenu.

Uwagi dotyczące realizacji celu i zakresu oraz udowodnienia tezy pracy.

Cel pracy został w zasadzie osiągnięty, a teza udowodniona. Zakres pracy jest bardzo obszerny. Wydaje się za obszerny jak na jedną dysertację, co pozostawia odczucie nie wyczerpania założonego na wstępie zakresu pracy. Według opinii niżej podpisanego recenzenta należało ograniczać zakres pracy do jednego z regionów Polski np. województwa, powiatu itd. Pozwoliło by to na pozyskaniu pełniejszych danych na etapie ankiet, co zostało już wyakcentowane wcześnie w niniejszej opinii.

Co nowego wniosła praca doktorska mgr inż. Łukasza Kolendo ?

Oryginalnym dorobkiem doktoranta jest model obliczeniowy oceny przydatności połaci dachowych do montażu kolektorów słonecznych. Zaproponowana metoda wykorzystuje jednocześnie nowe technologie (GIS&T, skaning laserowy) oraz analizy wielokryterialne. Warto podkreślić, że opracowana autorska aplikacja komputerowa pozwala na dowolną modyfikację wag kryteriów, a w rezultacie oszacowanie potencjalnych zysków solarnych i

M. P.

stopnia w jakim możliwe jest pokrycie zapotrzebowania na ciepło do podgrzewu ciepłej wody, ogrzewania, czy celów technologicznych, na objętym analizą obszarze. Dzięki temu praca Pana Łukasza Kolendy może mieć zastosowanie nie tylko naukowe, ale także inżynierskie. Uniwersalność stworzonego narzędzia pozwala na jego zastosowanie, po uwzględnieniu założeń wstępnych, także do planowania innych (poza kolektorami słonecznymi) inwestycji wykorzystujących niekonwencjonalne źródła energii, na dowolnym pod względem lokalizacji i zasięgu terenie.
Ponadto wyniki badań zaprezentowanych w pracy wykazały, iż zastosowanie w warunkach polskich powszechnie wykorzystywanej formuły empirycznej, zaproponowanej przez Kastena i Czeplaka (1980) oraz danych o ogólnym pokryciu nieba chmurami, prowadzą do znacznego przeszacowanie potencjału solarnego i konieczne jest wprowadzenie do algorytmu obliczeniowego współczynników korygujących. Stanowi to cenną wskazówkę dla osób wykorzystujących niniejszą formułę w swoich analizach.

Ocena końcowa pracy:

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Łukasza Kolendo wychodzi naprzeciw zapotrzebowaniu rynku w zakresie uniwersalnych rozwiązań metodycznych z zakresu szacowania zasobów helioenergetycznych i planowania instalacji solarnych. Można pokusić się o stwierdzenie, że w pierwszej kolejności wypełnia znamiona pracy utylitarnej, w drugiej zaś zapewnia doktorantowi promocję do dalszej pracy naukowo-dydaktycznej. Może stać się konieczną pomocą przy wyborze optymalnej lokalizacji inwestycji solarnych. Rozprawa napisana jest w sposób ciekawy, sposób przedstawiania poruszanej tematyki jest interesujący. Doktorant wykazał się dużą znajomością procedur podejmowania decyzji za pomocą analizy wielokryterialnej. Z dużą sprawnością operuje narzędziami informatycznymi z dziedziny Teoria i Technologia Informacji Geograficznej (*Geographic Information Science nad Technology, GIS&T*) Można mieć tylko nadzieję, że poruszana przez doktoranta problematyka jest wstępem do jej dalszej pracy naukowej, zakończonej niebawem habilitacją.

Uważam, że Pan mgr inż. Łukasz Kolendo w swojej pracy doktorskiej wykazał się umiejętnością samodzielnej pracy naukowej, opanował warsztat analizy teoretycznej i empirycznej, prawidłowo sformułował tezy pracy, pozytywnie je zweryfikował, dlatego składam wniosek o dopuszczenie doktoranta do publicznej obrony pracy doktorskiej.

Paweł Milewski