STRESZCZENIE

Ocena ilościowa oraz zrozumienie dynamiki i wpływu czynników kontrolujących wymianę ditlenku węgla (CO_2) pomiędzy atmosferą a ekosystemami lądowymi, jak również rozszerzenie obserwacji na szerszą skalę, stanowią obecnie jedno z największych wyzwań naukowych dla badaczy środowiska. Teledetekcyjne pomiary naziemne mają fundamentalne znaczenie w monitoringu czasowych i przestrzennych zmian w ekosystemach, dlatego są traktowane jako podstawowe narzędzia służące walidacji pomiarów satelitarnych.

Niniejsza praca doktorska składa się z trzech spójnych tematycznie, recenzowanych publikacji w międzynarodowych czasopismach posiadających współczynnik wpływu (IF) i znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) (dwie spośród wymienionych prac zostały już opublikowane, natomiast trzecią pracę przyjęto do druku). Chronologiczne uszeregowanie publikacji jest odzwierciedleniem kolejnych etapów rozwoju naukowego i wykorzystania zdobytego doświadczenia do podejmowania dalszych działań badawczych. W pierwszej części rozprawy doktorskiej przedstawiono tematykę pracy, przegląd literatury i uzasadnienie podjęcia tematu pracy (1. *Introduction*) oraz sformułowano główne cele rozprawy (2. *Aims of the study*). W kolejnym rozdziale (3. *Materials and methods*) zawarto opis terenu badań oraz określono przyjętą metodykę. Zasadnicze wyniki badań - ich opis i interpretację zawarto w rozdziale 4 (4. *Overview of key results and discussion*). W ostatniej części rozprawy przedstawiono wnioski oraz perspektywy kontynuacji badań, będące pośrednim wynikiem realizacji niniejszej pracy (5. *Conclusions and outlook*).

Głównym celem badawczym podjętym w pierwszym artykule, było wykazanie przydatności komercyjnego systemu multispektralnego CROPSCAN do monitoringu produkcji brutto ekosystemu (GEP_m - dane uśrednione dla okresu 11:00 - 13:00 miejscowego czasu słonecznego) subalpejskiej łąki we Włoszech na stacji wyposażonej w system do pomiarów kowariancyjnych strumieni CO_2. Publikacja nr II opisuje budowę i działanie hiperspektralnego systemu ASD-WhiteRef zaprojektowanego i skonstruowanego w ramach prac nad niniejszym doktoratem. System pomiarowy ASD-WhiteRef stworzony został w sposób umożliwiający ciągłe, automatyczne i długoterminowe pomiary hiperspektralne. Celem ostatniego artykułu było przedstawienie wyników jednego z możliwych zastosowań systemu ASD-WhiteRef do monitoringu biofizycznych parametrów pokrywy roślinnej, tj. zawartości chlorofilu w pokrywie roślinnej (CCC), frakcji energii fotosyntetycznie aktywnej absorbowanej przez pokrywę roślinną (FAPAR) oraz frakcji energii fotosyntetycznie aktywnej akumulowanej jedynie przez fotosyntetyzującą część pokrywy roślinnej (GFAPAR). Dane hiperspektralne wykorzystane zostały również do symulacji pasm spektralnych satelity Sentinel-2, co umożliwiło następnie porównanie dokładności oszacowania parametrów biofizycznych pokrywy roślinnej przy wykorzystaniu obu typów danych (hiperspektralnych - obejmujących współczynniki odbicia promieniowania w zakresie widma słonecznego oraz multispektralnych - obejmujących współczynniki odbicia dla 12 kanałów satelity Sentinel-2).

W rozprawie przedstawiono i porównano kilka typów modeli wymiany gazowej oraz parametrów biofizycznych pokrywy roślinnej, tj.: i) regresji liniowej pomiędzy GEP_m, CCC, FAPAR, GFAPAR i spektralnymi wskaźnikami roślinności (VIs) obliczonymi na podstawie współczynników odbicia przy długości fal systemu CROPSCAN lub satelity Sentinel-2;

ii) regresji wielorakiej, wykorzystującej współczynniki odbicia przy długościach fali dostępnych w systemie CROPSCAN oraz w satelicie Sentinel-2 jako zmienne objaśniające, na podstawie których wyliczono, odpowiednio, GEP_m oraz CCC i GFAPAR; iii) regresji metodą cząstkowych najmniejszych kwadratów (PLSR) wykorzystanej do estymacji CCC i GFAPAR na podstawie współczynników odbicia promieniowania w zakresie widma słonecznego uzyskanych na podstawie pomiarów wykonanych systemem ASD-WhiteRef.

Przeprowadzone analizy wykazały, że sezonowe zależności pomiędzy GEP_m oraz biofizycznymi parametrami pokrywy roślinnej a VIs, opartymi na współczynniku odbicia ze skrajnej części czerwonego fragmentu widma (z tzw. pasma red-edge), są najsilniejsze. Skorygowane współczynniki determinacji ($adjR^2$) modelu regresji liniowej dla GEP_m, CCC i GFAPAR wynosiły odpowiednio 0.74 (z $NDVI_{red\text{-}edge}$ jako zmienną objaśniającą, Publikacja I), 0.86 (z $CI_{red\text{-}edge}$ jako zmienną objaśniającą, Publikacja III) i 0.78 (z $CI_{red\text{-}edge}$ jako zmienną objaśniającą, Publikacja III). Wykorzystanie modelu regresji wielorakiej, bazującego na współczynnikach odbicia nie zaowocowało istotnym wzrostem dokładności estymacji GEP_m, CCC i GFAPAR (Publikacja I, III). Ponadto, również użycie modelu PLSR wykorzystującego współczynniki odbicia w pełnym zakesie widma słonecznego zamiast danych symulacyjnych systemu satelitarnego Sentinel-2 nie doprowadziło do znaczącej poprawy dokładności oszacowania CCC oraz GFAPAR (Publikacja III).

Wyniki pracy doktorskiej dowodzą, że VIs, lub współczynniki odbicia przy kilku sprecyzowanych długościach fal umożliwiają uzyskanie wystarczająco dokładnej informacji na temat sezonowych zmian produkcji brutto oraz biofizycznych parametrów pokrywy roślinnej ekosystemu łąkowego. Tym samym, oznacza to możliwość integracji niskobudżetowych czujników multispektralnych w sieciach monitoringu charakterystyk biofizycznych roślinności. Biorąc pod uwagę dobre wyniki w estymacji CCC oraz GFAPAR uzyskanych za pomocą wskaźników roślinności opartych na przedziale spektralnym SWIR, lub innych modeli (na przykład MR), również wykorzystujących te pasma, logicznym następstwem jest potrzeba kontynuacji badań w celu oceny użyteczności owych wskaźników w innych typach ekosystemów.

Salowska Karolina