



Teledetekcja w monitorowaniu użytków zielonych

- **AUTORZY:** Pilar Fernández Rebollo.
- **OPIS:** Teledetekcja użytków zielonych polega na pozyskiwaniu informacji o stanie i kondycji użytków zielonych bez fizycznego kontaktu z nimi. Procedura obejmuje zbieranie danych za pomocą czujników (kamer, skanerów, radiometrów itp.) zamontowanych na platformach (ciągnikach, bezałogowych statkach powietrznych (UAV), samolotach i satelitach). Dane są zapisywane na odpowiednich nośnikach i przetwarzane za pomocą algorytmów matematycznych w celu przekształcenia ich w istotne informacje w celu zarządzania użytkami zielonymi. Metoda ta cieszy się ograniczonym zainteresowaniem, a korzyści dla przeciętnego rolnika nie zostały wyraźnie wykazane, chociaż potencjalnie może być bardziej użyteczna w większych gospodarstwach.
- **UZASADNIENIE:** Systemy wspomagania decyzji w zarządzaniu użytkami zielonymi wymagają informacji przestrzenno-czasowych dotyczących rozwoju i stanu runi. Badania tradycyjne są pracochłonne, czasochłonne, kosztowne i nie zapewniają odpowiedniego pokrycia przestrzennego. Teledetekcja przewyższa te ograniczenia. Jest szeroko stosowana do monitorowania roślinności i stanowi użyteczne narzędzie do lepszego informowania o zarządzaniu użytkami zielonymi.
- **MECHANIZM DZIAŁANIA:** Informacje o cechach użytków zielonych można uzyskać z widmowych i niespektralnych danych teledetekcyjnych. Te pierwsze opierają się na specyficznych i charakterystycznych właściwościach pochłaniania i odbijania widma przez ruń łąk, podczas gdy te drugie dostarczają głównie informacji o wysokości i strukturze runi.

Promieniowanie elektromagnetyczne padające na użytki zielone może być częściowo pochłaniane, transmitowane lub odbijane. Użytki zielone również naturalnie emitują promieniowanie. Intensywność i długość fal tego odbitego lub emitowanego promieniowania są funkcją charakterystyki użytków zielonych, a dane spektralne mogą być rejestrowane za pomocą czujników. Istnieje szeroka gama czujników, które rejestrują odbite lub emitowane promieniowanie elektromagnetyczne z różną rozdzielczością spektralną i radiometryczną. Rozdzielczość spektralna opisuje zdolność czujnika do definiowania wąskich pasm długości fal, podczas gdy rozdzielczość radiometryczna odnosi się do zdolności rozróżniania bardzo niewielkich rozbieżności w energii. Czujniki wielospektralne rejestrują promieniowanie w niewielkiej liczbie pasm (np. Sentinel-2 z misji Copernicus ma 13 pasm spektralnych), a czujniki hiperspektralne zapewniają niemal ciągłe bardzo wąskie pasma (np. Hyperion zapewnia 220 pasm). Czujniki mogą być umieszczone w stałej lokalizacji na farmie (np. kamery cyfrowe, fenokamery) lub zamontowane na platformie mobilnej: od pojazdów naziemnych kierowanych przez człowieka po bezałogowe statki powietrzne i satelity.

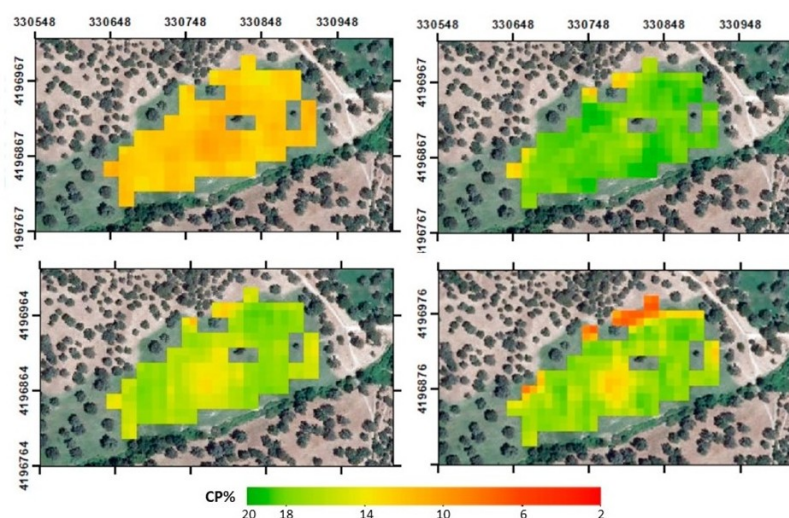


Teledetekcja w monitorowaniu użytków zielonych

- **MECHANIZM DZIAŁANIA (c.d.):**

Użyteczność i zastosowanie teledetekcji spektralnej na poziomie gospodarstwa zależy również od rozdzielczości przestrzenno-czasowej danych spektralnych. Z jednej strony, niektóre aspekty zarządzania użytkami zielonymi wymagają rozdzielczości przestrzennej poniżej 10 m, aby uchwycić niejednorodność przestrzenną użytków zielonych. Na przykład Sentinel-2 zapewnia cztery pasma w rozdzielczości 10 m, sześć pasm w rozdzielczości 20 m i trzy pasma w rozdzielczości 60 m. Inne, komercyjne czujniki zamontowane na satelitach, takie jak Planet lub Maxar, zapewniają dane spektralne o wyższej rozdzielczości przestrzennej (<5 m). Rozdzielczość przestrzenna czujników powietrznych lub opartych na UAV jest znacznie wyższa (w zakresie od centymetrów do metrów). Z drugiej strony, użytki zielone zmieniają się w czasie, więc potrzebne są regularne pomiary, aby wspierać decyzje dotyczące zarządzania nimi. Na przykład Sentinel-2 zapewnia ogólnodostępne dane na całym świecie z czasem rewizyty wynoszącym 5 dni.

Zazwyczaj w celu zbadania danych wielospektralnych obliczane są wskaźniki wegetacji (połączenie kilku pasm, np. znormalizowany wskaźnik wegetacji odległości - NDVI), a następnie powiązane z określonymi cechami użytków zielonych za pomocą regresji albo przy użyciu empirycznych lub mechanistycznych podejść do modelowania. Jednak podczas pracy z danymi hiperspektralnymi nacisk kładzie się na wykorzystanie całego spektrum, a nie konkretnych pasm. Techniki takie są szczególnie pomocne w ocenie danych hiperspektralnych.



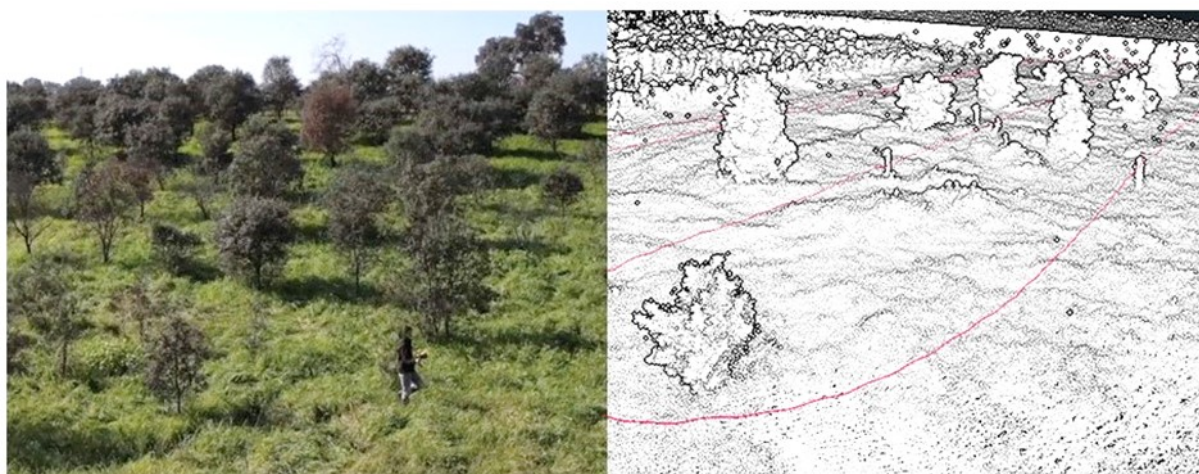
Rys. 1: Prognozy przestrzenne białka surowego (CP) dla czterech różnych terminów na nawadnianym polu. Prognozy wykonane przy użyciu modelu częściowych najmniejszych kwadratów (PLS) dopasowanego do spektralnych danych terenowych i obrazów Sentinel-2. Obraz tła to ortofotografia lotnicza o rozdzielczości 0,5 m z lipca 2016 r. Źródło: Fernandez-Habas et al. (2021) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148101>.

Teledetekcja w monitorowaniu użytków zielonych

- **MECHANIZM DZIAŁANIA (c.d.):**

Urządzenia skanujące LiDAR (Light detection and ranging) stanowią najbardziej innowacyjną technologię pozyskiwania danych niespektralnych. Urządzenia te emitują impulsy laserowe o wysokiej częstotliwości (aktywna metoda teledetekcji) i rejestrują odbite impulsy, aby precyzyjnie odwzorować topografię skanowanej powierzchni użytków zielonych. Wynikiem jest chmura punktów 3D, którą można wykorzystać do oszacowania wysokości runi. Większość systemów LiDAR może rejestrować kilka powrotów z pojedynczego impulsu laserowego, gdy dociera on do obiektu z wieloma warstwami, dostarczając informacji o całej pionowej strukturze darni. LiDAR może być zamontowany na bezzałogowym statku powietrznym lub obsługiwany z ziemi (TLS, naziemne skanery laserowe lub nowatorski ręczny system jednoczesnej lokalizacji i mapowania SLAM). Radar (SAR) to kolejna aktywna metoda teledetekcji, która jest również dostępna z satelitów. Czujnik wysyła sygnał mikrofalowy (radiowy) w kierunku celu i odbiera sygnał rozproszony wstecznie. Opóźnienie czasowe między sygnałem wysłanym a odbitym określa odległość do celu, a siła sygnału rozproszonego wstecz jest mierzona, aby rozróżnić te cele. Zaletą SAR jest możliwość zbierania danych niezależnie od pogody.

Dane spektralne i niespektralne zostały wykorzystane do oszacowania właściwości użytków zielonych, takich jak: tempo wzrostu runi, wskaźnik powierzchni liści (LAI), niepożądane gatunki chwastów, koszenie, faza fenologiczna, rodzaj użytków zielonych, zróżnicowanie florystyczne, różnorodność roślin i zawartość białka surowego (CP), neutralnego włókna detergentowego (NDF) i kwaśnego włókna detergentowego (ADF). Wysokość runi uzyskana za pomocą TLS i UAV-LiDAR została z powodzeniem wykorzystana do oszacowania biomasy roślin podczas wzrostu, a SAR został wykorzystany do oceny niejednorodności przestrzennej pokrycia użytków zielonych. Najlepszym sposobem na opracowanie wiarygodnych estymatorów atrybutów użytków zielonych jest połączenie spektralnych i niespektralnych technik analizy danych, które działają lepiej w skalach wieloczasowych.



Rys. 2: Operator skanujący użytki zielone za pomocą naziemnego skanera laserowego TLS (po lewej) i wygenerowana chmura punktów 3D (po prawej). Chmura punktów 3D jest używana do generowania modelu powierzchni użytków zielonych (GSM). Oprogramowanie GIS (Geographical Information System) może być używane do odejmowania cyfrowego modelu terenu (DTM) od GSM, w wyniku czego uzyskuje się dane o wysokości roślin, które można wykorzystać do oszacowania biomasy „na pniu”.



Teledetekcja do monitorowania użytków zielonych



Potencjał zastosowania opcji zarządzania

Gromadzenie i przetwarzanie danych teledetekcyjnych wymaga znacznej wiedzy specjalistycznej i zasobów komputerowych, co sprawia, że większość rolników korzystających z tej technologii potrzebuje profesjonalnego wsparcia. W ciągu ostatniej dekady nastąpiła intensyfikacja badań nad wykorzystaniem teledetekcji do zrozumienia dynamiki wzrostu roślin na użytkach zielonych wraz z pojawieniem się bezpłatnych i komercyjnych usług wykorzystujących tę technologię do monitorowania użytków zielonych. Jednak pomimo ogromnego potencjału tej technologii, nadal istnieje niewiele przekonujących dowodów na korzyści dla rolników wynikające z korzystania z teledetekcji użytków zielonych do uzyskania zwiększonych plonów lub obniżonych kosztów nakładów. Teledetekcja użytków zielonych może być stosowana we wszystkich systemach rolniczych z użytkami zielonymi i może być wdrażana w każdym regionie biogeograficznym. Jednak obecnie ma ona prawdopodobnie największe zastosowanie w dużych gospodarstwach rolnych, które chcą monitorować wzrost i jakość runi na dużych obszarach.



Wsparcie

Rolnicy nie muszą być zachęceni do korzystania z usług opartych na tej technologii. Wariant ten może potencjalnie zwiększyć wiedzę rolników na temat atrybutów użytków zielonych w celu optymalizacji ich użytkowania i zarządzania nimi. Technologia została przyjęta przez rolników, gdyby można było wykazać, że zwiększa wydajność gospodarstwa, zmniejsza koszty produkcji lub oszczędza czas.



Teledetekcja do monitorowania użytków zielonych



Uwagi praktyczne

Teledetekcja oparta na zdjęciach satelitarnych o niskiej rozdzielczości przestrzennej (od setek metrów do metrów) może mieć ograniczone zastosowanie na użytkach zielonych z dużym udziałem drzew lub krzewów, ponieważ czystych pikseli użytków zielonych będzie niewiele. Podobna sytuacja może wystąpić w gospodarstwach rolnych o niewielkich rozmiarach lub z małymi powierzchniami pól, gdzie piksel obrazu może zawierać więcej niż jedno pole. W takiej sytuacji alternatywą jest wykorzystanie obrazów z drona o wyższej rozdzielczości przestrzennej (od dziesiątek centymetrów do centymetrów).

Usługi komercyjne są najtańsze w przypadku korzystania z bezpłatnych obrazów z satelitów i mogą być droższe w przypadku korzystania z obrazów z satelitów komercyjnych lub z czujników zamontowanych na samolotach. Koszt usługi dla dronów jest pośredni (niższy w porównaniu do komercyjnych satelitów). Chmury ograniczają zbieranie danych spektralnych. Loty dronów mogą być utrudnione przez wiatr. Dokładność przewidywania i uogólnianie modeli nadal wymagają poprawy. Większość usług nie została w pełni przetestowana ze względu na niejednorodność europejskich użytków zielonych, więc rozwiązania opracowane dla jednego obszaru mogą nie dawać dobrych wyników w innym. Potrzebne są zatem dalsze prace w tym kierunku.



Przykład usług

Poniżej wymieniono niektóre bezpłatne i komercyjne usługi wykorzystujące teledetekcję do monitorowania użytków zielonych.

CropSAT to narzędzie do przeglądania map biomasy z danych Sentinel 2 (na podstawie NDVI). Mapy z różnych terminów mogą być wykorzystane do oceny rozwoju upraw w trakcie sezonu i kontroli stosowania azotu. Jest to usługa bezpłatna.

<https://cropsat.com/>

Pasture.io to system wspomagania decyzji w zakresie zarządzania pastwiskami.

Wykorzystuje komercyjne satelity, sztuczną inteligencję, rejestry gospodarstw i lokalne dane pogodowe, aby kilka razy w tygodniu podawać zalecenia dotyczące wypasu.

Usługa jest płatna. <https://Pasture.io>

Pasture From Space szacuje oferowaną zieloną paszę (FOO) i wskaźniki wzrostu roślin na pastwiskach (PGR) w Australii Zachodniej. Dane z MODIS pozwalają na obliczenie znormalizowanej różnicy wskaźnika wegetacji w celu oszacowania FOO. PGR wykorzystuje informacje pogodowe do określenia wilgotności gleby i temperatury dla określenia indeksów wzrostu roślin, które wskazują ich potencjał wzrostu. Ostatnią informacją wprowadzaną do PGR jest promieniowanie słoneczne. Jest to usługa bezpłatna.

<https://pasturesfromspace.dpird.wa.gov.au/#/map>

