

Spektrometria w rolnictwie, czyli techniki teledetekcyjne bazujące na analizie widma

Termin spektrometria oznacza naukę o powstawaniu i interpretacji widm. Szeroko jest rozpowszechniony w takich dziedzinach jak geologia, farmacja, metalurgia, a od jakiegoś czasu używa się go w rolnictwie do m.in. wykrywania zmian i chorób roślin i ich owoców. Najbardziej rozpowszechniona w rolnictwie to technika spektroskopii w podczerwieni i UV-VIS wykorzystująca zakres podczerwieni widzialny i nadfioletowy widma słonecznego. Badanie upraw z pułapu satelitarnego i lotniczego nie wykryje nam jednak szczegółów związanych ze zmianami powstającymi na samych liściach, owocach lub nasionach. Kiedy zmiany są wykrywane za pomocą teledetekcji powietrznej może być już za późno. Dzięki zastosowaniu różnego typu algorytmów często bardzo prostych jak wskaźniki polegające na dzieleniu kanałów spektralnych RGB i podczerwieni np. wskaźnik NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) stwierdzimy złą lub dobrą kondycję roślin, która potrzebuje pomocy na dość dużym obszarze (Fig.1). Dlatego spektrometria hiperspektralna jest jedyną znaną metodą w detekcji patogenów chorobotwórczych w mikroskali.

Wiele rolników boryka się z utrzymaniem swoich plonów, a potem produktów w dobrej kondycji. Niestety ich zdrowotność zależy od wielu czynników pogodowych takich jak wilgotność, opady nasłonecznienie, temperatura. Ścisłe z tymi parametrami są uwarunkowane czynniki chorobotwórcze powodowane przez: owady, bakterie, wirusy pierwotniaki, grzyby. Nie da się uchronić plonów od wielu patogenów na jakie narażone

są potencjalne uprawy, pomimo stosowania środków ochrony roślin. Te patogeny w początkowym stadium już wytwarzają mikotoksyny które mogą być szkodliwe dla zwierząt i ludzi. Dlatego na ratunek przychodzi spektroskopia i wykrywanie wczesne chorób niewidocznych jeszcze dla ludzkiego oka.

Bardzo użyteczną techniką jest spektroskopia w zakresie podczerwonym (Infrared Spectroscopy) 700 - 2500nm (Fig.2) i widzialnym w zakresie od 400 - 700 nm. Na bazie otrzymanego widma w odpowiednim zakresie po zmierzeniu produktu uprawnego np. owocu stwierdzić można zmiany obejmujące miąższ i skórkę. Na tej podstawie opracowuje się algorytmy które w procesie wdrożenia eliminują chory owoc, chroniąc tym potencjalną możliwość zarażenia się i rozprzestrzenienia choroby. Takie metody wdrażane są do przemysłu i aplikowane w monitoringu bez udziału człowieka. Jest to tzw. „widzenie maszynowe” które zastępuje ludzkie zmysły.

Jedną z metod nieinwazyjnych jest naświetlanie owoców określoną długością fali powodując tym fluorescencję chlorofilu. Zawartość chlorofilu w owocu powie nam w jakim stanie jest owoc. Do tej techniki stosuje się lampy fluorescencyjne, którymi naświetla się owoce. W skrócie naświetlony owoc przy zastosowaniu odpowiedniego filtra oddaje określoną długość fali. Na przetworzonym obrazie stosując klasyfikację obrazową można dostrzec cechy zmian na owocach. W ten sposób wykrywa się pierwsze oznaki takich chorób jak gorzka zgnilizna jabłek, szarą pleśń, zaraza ogniowa, brunatna i mokra zgnilizna, czy parch. Oczywiście w początkowym stadium nie wykryjemy konkretnego rodzaju choroby

ale zauważymy że dany owoc nie nadaje się do konsumpcji.

Podobną metodę stosują się przykładowo w wykryciu zmian na burakach cukrowych, czyli kondycji fizjologicznej aparatu fotosyntetycznego, lub pszenicy gdzie dzięki metodzie fluorescencji można wykryć niedobory takich pierwiastków jak: N, P, K, Ca, Mg, S i Fe, oraz stężenie metali ciężkich takich jak kadm, ołów czy rtęć. Metoda świetnie sprawdza się także w laboratoryjnym badaniu jakości wód i rozwoju fitoplanktonu. Na podstawie zawartości chlorofilu można monitorować i identyfikować takie organizmy wodne jak sinice, zielenice, okrzemki.

Można także badane obiekty naświetlać laserem o wybranej długości fali. Dobrym przykładem jest technika biospeckli, w której stosuje się światło laserowe o długości 632 nm. W wyniku takiego pomiaru powstaje wzór jasnych i ciemnych punktów, gdzie na podstawie zmian w czasie poszczególnych ciemnych i jasnych pikseli widocznych na matrycy kamery określa się świeżość jabłek, początki chorób, monitorując przechowywanie w chłodniach.

Algorytmy wykorzystujące różnice w zabarwieniu można stosować do eliminacji zmian na suszonych owocach. Problemem w wychyceniu przez ludzkie oko może być stopień świeżości suszonego owocu, pokrycie pleśnią i nawet wydrylowanie lub nie, w przypadku owoców pestkowych. Owoce zawierają barwniki tzw. antocjany i właśnie wykorzystanie różnicy w barwie czyli zawartość tych antocjanów może posłużyć do zastosowania tutaj spektrometrii widzialnej. Technika nazywa się kolorymetrią i wykorzystuje barwy postrzegane przez ludzkie

oko. Barwniki w procesie suszenia czyli pozbawiania wody utleniają się zmieniając barwę owoców na brunatną. Określenie różnicy w parametrach barwy wskazuje prawdopodobieństwo wykrycia produktu niezgodnego z parametrami.

Połączenie powyższej techniki teledetekcyjnej wychwytyjącej zmiany w zabarwieniach z nowoczesnym oprogramowaniem zapewnia zautomatyzowane wykrycie i natychmiastowe usunięcie wadliwych produktów z taśmy produkcyjnej. Obraz z kamery wielospektralnej z umieszczonymi sensorami optycznymi nad taśmą jest automatycznie wyświetlony na monitorze jednocześnie uruchamiając proces usuwania. Ta innowacyjna technika zmniejsza prawdopodobieństwo pojawienia się wadliwego produktu spożywczego praktycznie do 0%.

Badania hiperspektralne wykorzystujące spektrometrię znajdują zastosowanie w pracach związanych m.in. z detekcją zarazy ogniowej jabłoni czy brunatnej i gorzkiej zgnilizny jabłek. Obecnie takie prace są prowadzone w ramach Zadania 2 Projektu FITOEXPORT przez zespół projektowy Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa. Projekt FITOEXPORT jest finansowany z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, a jego celem nadrzędnym jest umożliwienie wejścia polskim produktom roślinnym na nowe rynki zbytu i podnoszenie ich konkurencyjności poprzez skuteczne reagowanie na wymagania importowe nowych odbiorców i usprawnienie kontroli realizowanych przez PIORiN (Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa).

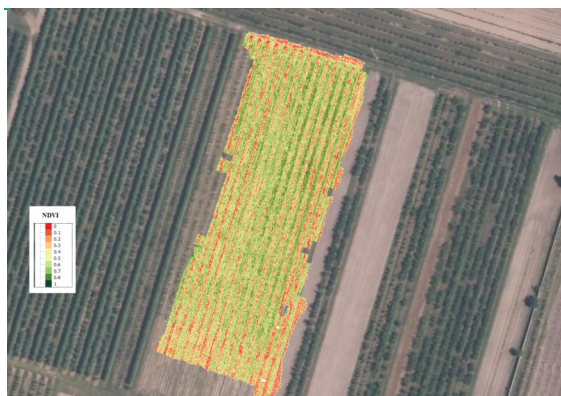


Fig.1. Policzony wskaźnik NDVI jabłoni z sadu w Dąbrowicach. Podziałka pokazuje nasilenie stresu drzew od 0 - najwyższy stres do 1 – najniższy stres. (wartość nie mianowana). Zdjęcie wykonane kamerą MicaSense RedEdge-MX w zakresie VIS-NIR w Zakładzie Teledetekcji Łukasiewicz - ILOT.

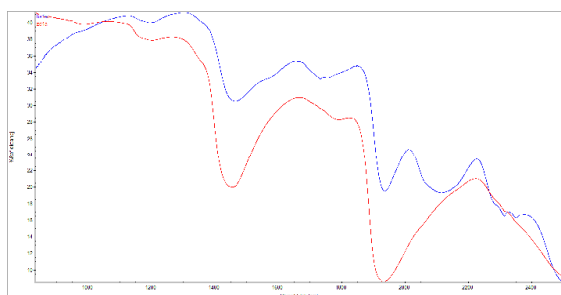


Fig.2. Pomiar liści jabłoni w spektrometrii w podczerwieni w zakresie IR 700-2500 nm w refleksji. Widoczna różnica w widmie liścia chorego (widmo niebieskie) i liścia zdrowego (widmo czerwone). Pomiar wykonany na spektrometrze Nicolet iS50 FT-IR, w Zakładzie Teledetekcji Łukasiewicz - ILOT.

Autor:

dr Natalia Zalewska – Adiunkt w Zakładzie Teledetekcji, Łukasiewicz – ILOT