

Predmet: Vybrané kapitoly z fyziky
Vyučujúci: doc. RNDr. Zuzana Hlaváčová, CSc.
Školský rok: 2015/2016
Študent: Milan Gombík (identifikačné číslo: 61488)

Zdroj na preklad: **Optical Sensors Applied in Agricultural Crops**

Fabricao Pinheiro Povh and Wagner de Paula Gusmão dos Anjos
<http://dx.doi.org/10.5772/57145>

Aplikácia optických senzorov na poľnohospodárske plodiny

Existuje veľmi široká škála optických senzorov používaných v poľnohospodárstve. A to od senzorov používaných na analýzu atribútov pôdy po senzory inštalované v kombajnoch na meranie obsahu bielkovín v pšeničných zrnách priamo počas zberu. V tomto texte sa budeme venovať optickým senzorm, ktoré sú z krátkej vzdialenosti schopné merať odrazivosť špecifických vlnových dĺžok svetla od poľnohospodárskych plodín. Tiež spomenieme ako môžeme získanú informáciu využiť.

Tento druh optických snímačov sa začal študovať na Oklahoma State University od roku 1991 počas vývoja senzorov zameraných na detekciu burín. Len na základe prostého faktu, že pôda a rastlina (buriny) majú odlišnú interakciu (odrazivosť) svetla emitovaného z meracích senzorov, umožňuje nám to rozlíšiť čo je pôda a čo je rastlina (burina).



V roku 1992 začala prvá diskusia medzi jednotlivými katedrami výskumu rastlín a pôdy s agropodnikmi a užívateľmi poľnohospodárskej techniky, týkajúca možností snímania biomasy pšenice a trávnikov. Cieľom bolo využiť optické snímanie biomasy samotných rastlín ako indikátoru potreby živín. V roku 1993 Dr. John Solie, Dr. Marvin Stone a Shannon Osbourne namerali hodnoty na rastúcom trávniku, pričom nameranú mieru dusíka porovnávali a upravovali podľa experimentu ideálneho časovania dávkovania dusíka od Nadácie Noble v Ardmore, Oklahoma. Počiatočné výsledky boli natoľko sľubné, aby v tejto práci pokračovali aj na pšenici. Na jeseň v roku 1993 prvýkrát aplikovali variabilné dávkovanie dusíka na 70m úseku poľa. V roku 1994 John Ringer a Shannon

Osbourne analyzovali zhromaždené údaje zo senzorov a vytvorili algoritmus na variabilnú aplikáciu hnojív cez postrekovač – aplikátor hnojiva.

V nadchádzajúcich rokoch sa výskum orientoval na vytváranie pokročilých algoritmov pre aplikáciu dusíka na mnohých rôznych plodinách. A v dnešnej dobe už máme k dispozícii komerčné senzory, ktoré sa predávajú poľnohospodárom a umožňujú merať v reálnom case množstvo dusíka, rastové hormóny, regulátory a desikanty. Cieľom tohto textu je ukázať rôzne aplikácie optických senzorov v oblasti poľnohospodárskych plodín. Na súkromnej výskumnej inštitúcii založenej poľnohospodármi v roku 1984, ktorá sa nachádza na juhu Brazílie, štúdie s komerčnými senzormi začali v roku 2006. Prebieha tam aplikovaný výskum a výsledky sú aplikované cez agronómov piatich veľkých poľnohospodárskych podnikov.

Druhy používaných senzorov

Senzory pre meranie optickej odrazivosti plodiny môžu byť klasifikované podľa platformi na ktorej sú umiestnené (napríklad satelity, lietadlá, bezpilotné dopravné prostriedky, balóny) alebo pozemné. Pre satelity, lietadlá a UAV je najbežnejšie používať kamery a zachytávať obrázky na ďalšiu analýzu. Pri pozemných zariadeniach založených na optických senzoch umožňujúce zbierať priamo údaje o odrazivosti a ukladať data napríklad do textového súboru. Pozemné senzory ďalej môžeme rozdeliť na aktívne, alebo pasívne. Základným rozdielom je, že pasívne snímače potrebujú externý zdroj svetla, ako napríklad slnko a aktívne snímače musia mať svoj vlastný zdroj svetla, ktorý môže byť zo širokej škály svetla na špecifickej vlnovej dĺžke – laserové LED diódy.

Dnes je k dispozícii na trhu niekoľko značiek/spoločností, každý z nich má svoje vlastné konštrukčné vlastnosti a možnosti (interná batéria, GPS modul, protokol). Ďalej existujú rozdiely vo vzdialenosti z akej je senzor schopný potrebné dáta odčítať. Existujú prístroje, ktoré vyžadujú statické meranie a priamy kontakt s rastlinou. Ostatné senzory väčšinou umožňujú merať rastliny na vzdialenosť niekoľkých centimetrov až metrov, takže nemusíte mať priamy kontakt s rastlinou.



Preskúmame bližšie jeden dostupný senzor, ako napríklad Crop Circle® ACS-210, vyrábaný firmou Holland Scientific Inc., Lincoln, Nebraska. Ako vidieť na obrázku, tento senzor má jednu LED (Light Emitting Diode), ktorá aktívne emituje žiarenie súčasne vo viditeľnom spektre a spektre blízkom infračervenému žiareniu. Ďalej sa skladá z dvoch kremíkových fotodiód v spektrálnom rozsahu od 320 do 1100 nm pre detekciu svetla. Jeden detektor pracuje medzi 400 a 680 nm a druhý medzi 800 a 1100 nm. Pomocou filtra na každý detektor sú dosiahnuté vlnové dĺžky blízko oranžovej farby (590 ± 5 nm) a blízkej infračervenej oblasti (880 ± 10 nm). Snímač musí byť umiestnený v rozsahu 0,25 a 2,13 m od cieľa, vtedy svetlo dosiahne cieľ a odráža časť energie, ktorá je prijatá dopadom na detektory. Tento snímač potrebuje externé napájanie 12V batériou a GPS anténu, ale má svoj vlastný mikro processor, ktorý uloží namerané dáta na SD kartu.

Rozsahy vlnových dĺžok používané senzormi a odozva plodín

Elektromagnetické spektrum sa pohybuje od gama lúčov do rádiových vln. Spomínané snímače používané pre meranie odrazivosti plodiny zvyčajne pracujú vo viditeľnej a v blízkej infračervenej oblasti spektra, kedy kombináciou aspoň dvoch vlnových dĺžok aplikujú výpočet tzv. indexov vegetácie. Z agronomického hľadiska, viditeľné svetlo má priamy vzťah k obsahu chlorofylu, nakoľko biomasa pohlcuje modré a červené svetlo a odráža zelené svetlo. To je to, vďaka čomu okom rozoznáme zdravé zelené rastliny. Blízke infračervené svetlo, nie je viditeľné ľudským okom, ale odráža sa od mezofylu bunky (útvary vyplneného vzduchom), ktorý sa v rastline nachádza vo väčšom objemovom množstve, než chlorofyl, čo vedie oveľa vyššej odrazivosti tohto spektra, ako je odrazivosť vo viditeľnom spektre svetla. Používaním oboch vlnových dĺžok, je možné vyhodnotiť farbu a obsah biomasy počas výroby plodín. V praxi zelenšie rastliny a rastliny s väčším podielom biomasy majú vyššiu šancu mať vyššie výnosy.

Diaľkový prieskum môže byť definovaný ako technika získavania informácií o objekte bez fyzického kontaktu. Informácie sú získané pomocou detekcie a merania zmien, ktoré objekt do životného prostredia okolo seba vysiela - interaguje. Tento skúmaný signál môže obsahovať elektromagnetické pole vyžarované, a / alebo odrazené, akustické vlny odrazené a / alebo narušené popri objekte, alebo aj poruchy gravitačného poľa alebo magnetického potenciálu ovplyvnené práve prítomnosťou objektu. Obvykle je získavanie informácií založené na zachytávaní elektromagnetických signálov, ktoré pokrývajú celé spektrum elektromagnetických vln až po rádio - tzv. dlhé vlny, vrátane mikrovlnného žiarenia, sub millimetrového (tera-hertzového) žiarenia, tepelného a blízkeho infračerveného, viditeľného, ultrafialového, röntgenového a gama žiarenia.

Senzory používané k diaľkovému prieskumu sú zariadenia schopné detekovať a zaregistrovať elektromagnetické žiarenia v určitom rozsahu elektromagnetického spektra, tieto informácie dokážu

intepretovať vo forme výsledkov pre merné veličiny, dáta, ktoré na výstupe získame vo forme obrazu, grafiky alebo tabuliek. Snímacie systémy týchto senzorov sú tvorené aj optickou časťou, s objektívom alebo zrkadlami, ktorých cieľom je sústrednie prijímanej energie a smerovanie vysielanej energie z cieľov na detektory.

Meranie spektrálnej odrazivosti rastlín je nedeštruktívny prístup s najslubnejšími výsledkami stanovenia nedostatku dusíka v pôde. Diaľkový prieskum umožňuje vyhodnotiť parametre plodín spojené s prítomnosťou dusíka. Mnoho výskumníkov študuje možnosti diaľkového pozorovania v odhade parametrov plodín ako LAI (pomer plochy listov), obsah chlorofylu v listoch, pôdny kryt, pomer sušiny, obsah vody, obsah dusíka a mnoho ďalších.

Štúdiom spektrálneho podpisu zelených listov sa zistilo, že vlnové dĺžky 400 až 700 nm (viditeľné), majú nízku odrazivosť, asi len 10%, s postupným zvýšením v oblasti 550 nm (zelená farba). V blízkej infračervenej oblasti (700 až 1300 nm) nastáva ďalšie zvýšenie odrazivosti, až na takmer 50%. Pre viditeľné svetlo sa nízka odrazivosť vzťahuje k absorpcii žiarenia pigmentmi v listoch, najmä chlorofylom a zvýšená odrazivosť v blízkej infračervenej oblasti nastáva v dôsledku vnútornej štruktúry rastlín (veľkosť a tvar buniek - prázdne medzery). Kombinovanie viditeľného a blízkeho infračerveného merania odrazivosti stanoví tzv. vegetačné indexy, ktoré môžu byť výsledkom analýzy v dvoch alebo viacerých spektrálnych pásmach.

Najprv bolo navrhnuté aby pomer medzi meraniami v rozsahu 800 a 675 nm bol použitý na stanovenie indexu listovej plochy v lesoch. Vzťah medzi týmito dvoma hodnotami vlnových dĺžok je známy ako RVI (pomer vegetačného indexu). NDVI (normalizovaný rozdiel vegetačného indexu) sa objavili hneď po tom ako bol nájdený vzťah medzi dvoma vlnovými dĺžkami, ktorý lepšie riešili problémy týkajúce sa „rušenia“ pôdou počas snímania vegetácie, a tiež sa znížil vplyv atmosféry a vplyv uhla dopadu svetelných lúčov.

Normalizácia zabezpečuje, že hodnoty získané meraním NVDI sa pohybujú vo fixnom rozsahu od -1 po 1, ako ukazuje nasledujúci vzťah:

$$NDVI = \frac{(\rho_{IR} - \rho_V)}{(\rho_{IR} + \rho_V)}$$

S nasledovným významom:

ρ_{IR} = odrazivosť v infračervenom spektre

ρ_V = odrazivosť vo viditeľnom spektre

Normalizácia sa dosiahne vďaka kombinácií silnej absorpcie chlorofylu v červenej oblasti spektra a silnej odrazivosti v blízkej infračervenej oblasti spektra, kvôli rozptýleniu v listovom mezofyle a absencií absorpcie pigmentov. Zvláštnosťou vyplývajúcou z hodnoty NDVI je jej skorá saturácia, čo hodnotu robí necitlivú v pomere k nárastu biomasy po dosiahnutí určitého vývojového štádia rastliny. To znamená, že hodnota NDVI sa stabilizuje a zobrazuje konštantné hodnoty aj v prípade nárastu objemu biomasy.

Záver a aplikácia výsledkov výskumu v praxi

Záver tohto textu je prekladom informácií z propagačných materiálov spoločnosti TOPCON



Aplikáciou poznatkov v praxi boli vyvinuté renomované zariadenia ako napríklad systém CropSpec:

Monitoruje variabilitu poľa, ošetruje ju za pohybu, alebo ukladá namerané hodnoty kvôli budúcej analýze a vytvorenie preddefinovaných máp. Využíva MapLink VRC alebo iný software tretích strán.

Využíva certifikovanú optiku CropSpec a pulzujúce laserové diódy. Čidlá sa montujú na strechu kabíny traktora a tak neublížia náriu ani plodinám. Čidlá merajú odrazivosť rastlín, určujú obsah chlorofylu, ktorý zodpovedá obsahu dusíku v listoch.

Jedná sa o najmodernejšie nedeštruktívnu metódu, ktorá poskytuje presné a konštantné údaje, ktorých hodnoty sa doajú opakovať kontrolovať a porovnávať. Systém bol vyvinutý s globálnym dodávateľom živín pre pôdu, spoločnosťou YARA international.