

SKÚSENOSTI S VYUŽÍVANÍM DRONOV A MULTISPEKTRÁLNEJ KAMERY PRI HODNOTENÍ ZDRAVOTNÉHO STAVU RASTLÍN

Ondrej Sluka

Princíp multispektrálneho snímkovania

Multispektrálne snímkovanie, ako je zrejme aj z jeho názvu vychádza z možnosti zachytiť ten istý obraz v rôznych vlnových dĺžkach naprieč elektromagnetickým spektrom. Takéto snímkovanie umožňuje vidieť obraz v podobe, v ktorej ho ľudské oko nie je schopné zachytiť. Pôvodne bola táto technológia vyvinutá na snímkovanie vesmíru, dnes ale našla svoje využitie ako v poľnohospodárstve, tak aj v analýze dokumentov a malieb (Schowengerdt 2007).

Multispektrálna kamera meria svetlo vo viacerých úrovniach spektrálnych bandov a zoraďuje ich podľa úrovne vlnovej dĺžky podľa pôvodu svetla. Existuje viacero pásiem, aj keď ich rozdelenie nie je jednoznačne definované. Jedno z rozdelení je napríklad:

- Ultrafialové alebo UV (vlnová dĺžka < 0,4 μm),
- Viditeľné alebo VIS (0,4 μm to 0,7 μm),
- Blízke infračervené alebo NIR (0,7 μm to 1 μm),
- Stredné infračervené alebo MIR (4 μm to 6 μm),
- Vzdialené infračervené alebo FIR (8 μm to 14 μm) (Coffey 2012).

Multispektrálna kamera potom môže mať napríklad 3 objektívy na snímanie viditeľného spektra (RGB) a ďalšie dva na snímanie spektra NIR.

Zdrojom NIR je rovnako ako pri viditeľnom spektre Slnko. Toto žiarenie je vďaka chemickým látkam obsiahnutých v chlorofyle rastlín veľmi vysoko odrazivé. Len pre predstavu odrazivosť blízkeho infračerveného žiarenia na chlorofyle je niekoľko násobne vyššia ako odrazivosť bieleho svetla od napríklad bieleho papiera. Pri zmene zloženia chlorofylu v rastline dochádza vďaka intenzite odrazivosti blízkeho infračerveného žiarenia k výrazným odchýlkam v samotnom odraze žiarenia.

Na základe rôznej odrazivosti NIR je možné okrem iného:

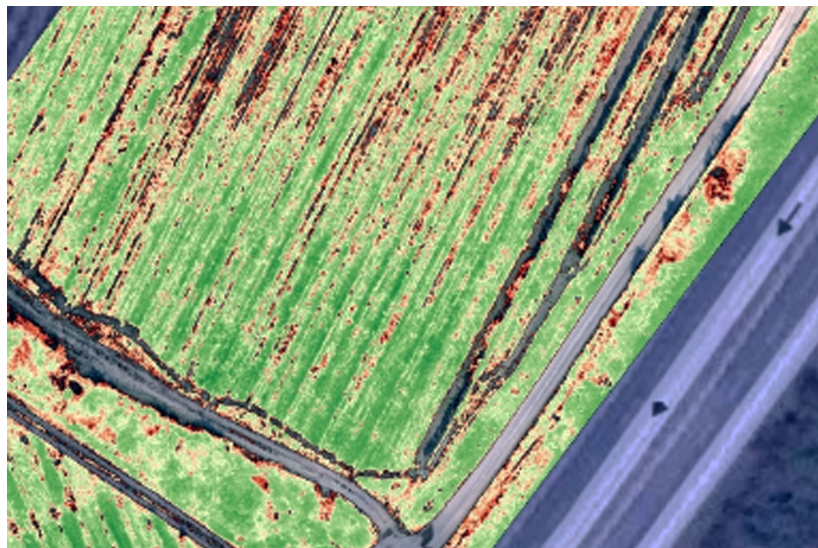
1. Rozlišovať rôzne druhy rastlín.
2. Sledovať zdravotný stav a kondíciu rastlín.

Fakt, že ľudské oko je citlivé na vlnové dĺžky od 400 do 700 nm, teda nič nelení na veci, že ostatné pásma sú pri stanovovaní agronomických charakteristík rastliny rovnako indikatívne. Zatiaľ čo my vidíme jednoliate žlté pole alebo zelený les, tak v blízkom infračervenom spektre sa pole alebo les môže javiť ďaleko pestrejšie a rôznorodnejšie a to na základe rôzneho stavu rastlín alebo druhu stromov. Najbežnejším využitím NIR spektra je výpočet NDVI indexu (normalized difference vegetation index), ktorý slúži k detekcii živej vegetácie a indikácii jej zdravotného stavu.

Pri rôznych aplikáciách sa potom používajú rôzne kombinácie spektrálnych pásiem a rôzne indexy. Tie sú na výstupe reprezentované rôznymi farbami, najčastejšie však odtieňmi červenej, zelenej a modrej.



Obrázok 1. Pole vo viditeľnom spektre



Obrázok 2. Pole v indexe NDVI

Aplikácia v poľnohospodárstve

Multispektrálne snímkovanie ako súčasť trendu precízneho poľnohospodárstva je jednou z inteligentných techník zameraných na optimalizáciu investícií maximalizáciu produkcie. Okrem toho ponúka udržateľné riešenie na adresovanie nepravidelností v raste plodín a je používaný ako nástroj na minimalizáciu poškodenia životného prostredia.

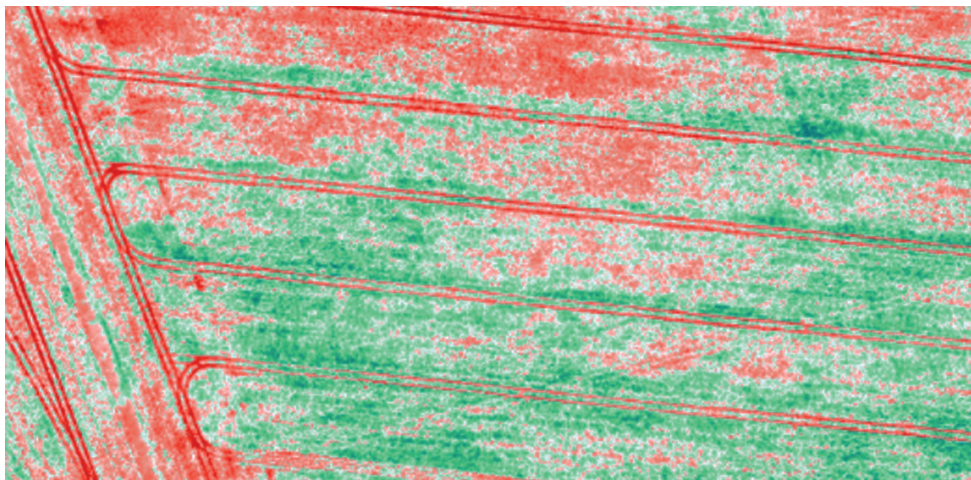
Úspešnosť pestovania poľnohospodárskych plodín ovplyvňuje veľké množstvo premenných od úrodnosti pôdy, množstva svetla a vlahy, kondície rastliny, úrovne chlorofylu a mnohých ďalších, z ktorých všetky majú vplyv na výnos danej plodiny. Dáva teda zmysel tieto premenné identifikovať, bližšie im porozumieť a týmto informáciám prispôbiť pestovateľské postupy. Blízke infračervené pásmo je napríklad citlivé na bunkovú štruktúru listov a Red Edge na úroveň chlorofylu.

Ďalšou kapitolou sú vplyvy, ktoré na vývoj rastlín vplyvajú negatívne. Či už zo strany živých organizmov ako sú napríklad huby, hmyz, plesne, cudzopasné rastliny, či baktérie, ale aj environmentálnych vplyvov ako sú privysoké alebo prinízke teploty, poveternostné podmienky, nedostatok vlahy alebo živín. Analýzou multispektrálnych dát, je možné jednak určiť štádium vývoja rastliny a predikovať tak tlaky škodcov. Okrem toho dáva poľnohospodárom presné a podložené informácie o nedostatku živín, prípadne vodnom strese, čo mu dáva možnosť tieto vplyvy minimalizovať alebo úplne odstrániť.

Indexy a indexové mapy

Základným a zároveň najpoužívanejším indexom je už spomínaný index **NDVI**. NDVI indikuje zdravie v zelenom stave vývoja rastliny. Zdravá rastlina má na škále hodnoty od 0,9 do 1. Ak sú tie hodnoty iné, tak má nejaký problém, resp. je v strese. Dôvody môžu byť samozrejme rôzne – málo vlahy, choroba, prípadne pôsobenie škodcov. Problémová oblasť je indikovaná hodnotami 0,6 – 0,9. Hodnoty 0,5 – 0,6 zväčša znamenajú že vegetácia nie je zelená (stromy bez listov a pod.). Hodnoty 0 – 0,5 sú zobrazené ako transparentné na RGB mapu.

Alternatívou k NDVI je index NDVI2, ktorý ma veľmi podobný charakter. Na rozdiel od NDVI je to však index plný alebo neupravený, čo znamená, že hodnoty sú v škále 0 – 1. Index teda zobrazuje aj hodnoty pod 0,5 čo sú všetky plochy a materiály mimo zelenej vegetácie.



Obrázok 3. Index NDRE

Pri zisťovaní množstva chlorofylu v rastline dosahuje presnejšie hodnoty index NDRE (Normalized Difference Red Edge index). Keďže na množstvo chlorofylu v rastline má priamy vplyv aké množstvo dusíka je rastlina schopná z pôdy prijať, vieme na základe informácie z NDRE indexovej zistiť úroveň potreby dusíkatého hnojenia v jednotlivých častiach skúmanej plochy. Takéto zacielenie hnojenia je následne možné aplikovať napríklad pomocou poľnohospodárskej techniky, ktorá dokáže variabilne dávkovať hnojivo na základe číselných informácií z mapy.

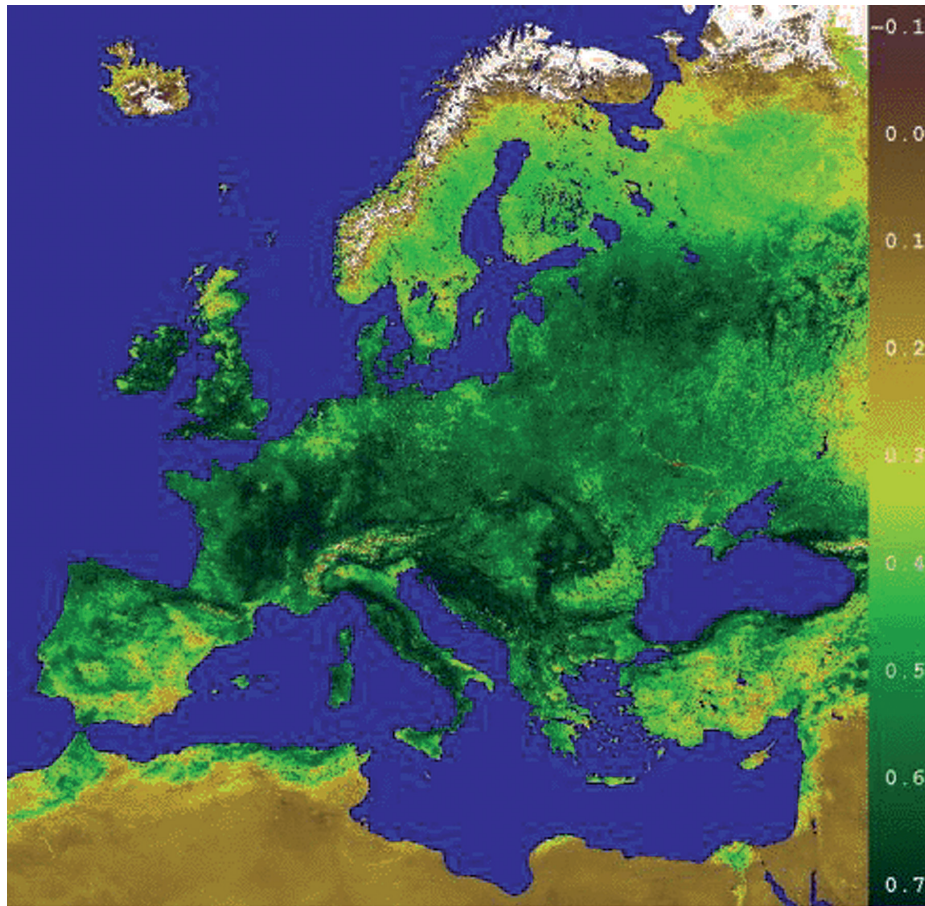
Získavanie multispektrálnych dát

Momentálne najrozšírenejšie je v súčasnosti používanie dát získavaných z družíc. Dáta sú relatívne dostupné, nevýhodou je však priestorové rozlíšenie, ktoré sa pohybuje rádovo v metroch až desiatkach metrov. Okrem toho pomerne časté sú problémy s pravidelnosťou snímokovania a samozrejme s oblačnosťou v atmosfére.

Ďalšou možnosťou je zber dát z lietadiel. Výstupy sú pomerne presné a je možné dosiahnuť rozlíšenie rádovo v jednotkách až desiatkach centimetrov. Bohužiaľ zber dát takýmto spôsobom je s ohľadom na prevádzkové náklady lietadla pomerne drahá záležitosť.

Treťou alternatívou je snímokovanie bezpilotným lietajúcim zariadením (dronom). Možnosť letieť v nižších výškach umožňuje pri takomto zbere dát dosiahnuť rozlíšenie až pod 1 cm/pixel. Výška letu tiež obmedzuje problémy spôsobené väčšou oblačnosťou. Ďalšou výhodou dronov je možnosť operatívne ich nasadiť a zozbierať dáta v požadovanom termíne.

Zber dát dronom prebieha mapovacím náletom. Celá oblasť sa zmapuje v pravidelnom rastru a s požadovaným prekrytom snímok. Zo snímok sa následne skladá ortofotomapa pre jednotlivé pásma, z ktorých vychádzajú indexové mapy.



Obrázok 4. NDVI mapa Európy získaná zo satelitu zverejnená Earth Observation Center

Efektivita jednotlivých spôsobov zberu dát sa teda líši podľa konkrétnej aplikácie, pričom najväčšími faktormi sú:

- Plocha záujmového územia – čím je plocha menšia tým výhodnejší je zber dát pomocou bezpilotných prostriedkov a naopak.
- Požadovaná frekvencia snímkovania – vychádza z možného rozsahu zmeny kondície rastliny v čase
- Požadovaný detail a presnosť merania.

Skúsenosti z aplikácie vo vinohrade

Z opakovaného mapovania vinohradu v Doľanoch pomocou dronu osadeného multispektrálnou kamerou a následnej podrobnej analýzy výsledkov, nespočetného množstva konzultácií s agronómami, majiteľmi a pestovateľmi sa nám podarilo dozvedieť sa viac o širokom potenciále využitia multispektrálnej analýzy v agro priemysle.

Jednou z pridaných hodnôt leteckého snímkovania je samotná detailná ortofotomapa, ktorá poskytne poľnohospodárovi informácie, na ktoré pohľad zo zeme nestačí. Straty spôsobené prejazdom poľnohospodárskych a iných strojov, prípadne rastliny pováľané zverou sú ľahko vidieť aj vo viditeľnom spektre. Ostatné spektrá vedú následne napovedať poľnohospodárovi informácie, ktoré sa vo viditeľnom spektre ešte nemuseli prejavíť.

Príkladom môže byť informácia o vodnom strese rastliny a vyhodnotenie potreby a intenzity zavlažovania na jednotlivých častiach poľa. Dusikaté mapy vedú nielen napovedať o tom, kde je potreba dusikátého hnojenia najakútnejšia, ale vedú pomôcť aj v optimalizácii celého procesu hnojenia, ktoré má za následok jednak šetrenie nákladov, ale aj životného prostredia. Celková kondícia rastliny vie napovedať aj o tlaku chorôb prípadne škodcov. V neďalekej budúcnosti teda budeme veľmi pravdepodobne vedieť určiť aj tlak akej choroby respektíve škodca je aktuálny v jednotlivých častiach poľa. Správne uchopenie týchto informácií môže mať samozrejme za následok značný nárast efektivity postrekov a ďalších opatrení zamedzujúcich pôsobenie chorôb a škodcov na plodinu.

Potenciál v lesníctve

Odlíšne spôsoby starostlivosti o lesy a o poľnohospodárske plodiny odrážajú aj charakter využitia multispektrálneho snímkovania. Fakt, že sa pri lesoch nevyužívajú hnojivá a ojedinelé postreky sú skôr výnimkou, ktorá potvrdzuje pravdivo, čo nás núti sa na takéto aplikácie pozeráť z iného uhľa pohľadu.

Aktuálnymi sú iniciatívy kritizujúce rozsah a lokalizáciu ťažby dreva na Slovensku vychádzajúce najmä zo snahy o zachovanie prírodného bohatstva. Na druhej strane je však nespochybniteľný pozitívny vplyv človeka na les a lesný ekosystém a práve v ňom je priestor leteckej a multispektrálnej analýzy ako nástroja, ktorý vie túto prácu zefektívniť a poskytnúť výpovedné podklady na rozhodovací proces.

Už štandardné letecké snímky vo vizuálnom spektre vedia rozdielnym sfarbením stromov napovedať čo to o ich zdravotnom stave. Okrem toho pohľad zhora môže odhaliť miesta potenciálneho nelegálneho výrubu, prípadne lokality čiernych skládok.

Naše skúsenosti vo firme UAVONIC, s. r. o., s leteckým prieskumom aplikáciou multispektrálnej analýzy naznačujú aj ďalšie využitia v lesníctve. Doterajší výskum nám ukázal, že porasty napadnuté chorobami alebo škodcami vykazujú v indexových mapách iné hodnoty ako tie, ktorých celková kondícia týmito vplyvmi zasiahnutá nebola. Ďalší výskum by teda mohol napomôcť k tomu, aby lesníci vedeli včas identifikovať napríklad stromy napadnuté lykožrútom. Na základe doterajších skúseností na takéto aplikácie nebude musieť stačiť multispektrálna kamera, ale bude nutné použiť až hyperspektrálnu kameru. Tá na rozdiel od multispektrálnej sníma desiatky až stovky bandov.

Ako už bolo spomenuté zaujímavá aplikácia multispektrálnej analýzy v poľnohospodárstve je zisťovanie vodného stresu rastlín. V lesníctve by takáto aplikácia mohla napomáhať napríklad na určovanie stupňa rizika požiaru na rôznych lokalitách. Zaujímavá by tiež bola možnosť vykonania druhovej klasifikácie na veľkých plochách.

Na záver treba dodať, že na úspešnú aplikáciu týchto technológií v slovenských lesoch je nutný ďalší výskum, prepojenie a úzka spolupráca organizácií, ktorých sa tieto témy dotýkajú.

Literatúra

Schowengerdt, R. A., 2007: Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Academic Press, 560 s.

Coffey, Valerie C., 2012: Multispectral imaging moves into the mainstream. Optics and Photonics News, 23(4):18–24.

Ing. Ondrej Sluka

UAVONIC, s. r. o., Galvaniho 17/B, 821 04 Bratislava, email: ondrej.sluka@uavonic.com