

Umělá inteligence v zemědělství
Precision agriculture

Václav Sobotka

11. 12. 2019

Obsah prezentace

- ▶ Precision agriculture
 - ▶ Sběr dat v precision agriculture
 - ▶ Variable rate technologie
 - ▶ Guidance systémy pro zemědělské stroje
- ▶ Aplikace umělé inteligence v zemědělství
 - ▶ Guidance systémy AutoTrac a MachineSync
 - ▶ Mapy vegetačních indexů a predikce úrody
 - ▶ Logistika - vehicle routing problem

Precision agriculture

Precision agriculture je koncept řízení zemědělské produkce. Rozdíly mezi tradičním a precizním zemědělstvím se vyskytují ve všech klíčových fázích celého cyklu prací. Mezi charakteristické prvky PA patří:

- ▶ Zapojení moderní technologie - výpočetní technika, sofistikované senzory, snímkové drony
- ▶ Získávání, zpracování a analýza dat - mapy kvality půdy, vegetační mapy z leteckých snímků, výtěžnost jednotlivých částí pole
- ▶ Využívání takto získaných znalostí - cílené hnojení, zavlažování nebo aplikace pesticidů

Množství potenciálních zdrojů dat, obvykle je ale třeba je cíleně sbírat:

- ▶ Vlastnosti půdy - speciální půdní senzory
 - ▶ Dusíkaté látky
 - ▶ Schopnost držet a propouštět vodu
- ▶ Vegetační mapy pole - z leteckých snímků pole pořízených drony, ty jsou následně softwarově zpracovány
- ▶ Mapy výnosů pole - kombajny vybavené čidly pro sledování průtoku sklizeného obilí

Všechna takto získávaná data jsou obvykle pro další zpracování potřeba v kontextu konkrétní geografické pozice - v PA systémech se hojně využívá GPS a GNSS technologie.

Hlavní oblast aplikace znalostí vyvozených z dříve nasbíraných dat. Účelem VRT je využít znalostí o rozdílnosti půdy a rostlin v rámci celého pole. To umožňuje např. nerovnoměrný osev půdy nebo je možné místo plošných zemědělských zásahů (hnojení, zavlažování, chemické ošetřování rostlin) tyto zásahy cílit.

- ▶ Využívání VRT vede ke zvyšování výnosů
- ▶ VRT přístup je potenciálně ekonomičtější
- ▶ ...ale i ekologičtější
- ▶ Potřeba příslušně vybavené techniky (vysoké pořizovací náklady)

Řízení zemědělské techniky na poli je vhodné (polo)automatizovat - obvyklý pohyb zemědělského stroje po poli sleduje předem danou trasu. Řidič stroje potom spíše dorovnává nerovnosti terénu a této trasy se drží.

- ▶ Guidance systémy tuto činnost vykonávají za lidského řidiče
- ▶ Řidič má kdykoliv možnost převzít manuální řízení
- ▶ Controlled traffic farming - je výhodné snažit se omezovat opakované průjezdy těžké techniky přes stejná místa
 - ▶ Snížení zátěže půdy - lepší schopnost půdy vsakovat a držet vodu
 - ▶ Lidský řidič z principu nemůže v tomto ohledu stroji konkurovat

Guidance systémy jsou primárně založené na GPS a GNSS systémech.

Aplikace umělé inteligence v zemědělství

- ▶ Palubní guidance systémy pro zemědělskou techniku od firmy John Deere
- ▶ AutoTrac - řízení jednotlivého stroje na poli
 - ▶ Předplánování pruhů, které musí stroj projet
 - ▶ Automatický průjezd předplánovaným pruhem
 - ▶ Dorovnávání terénních nerovností při řízení
 - ▶ Automatické otočení stroje na konci pole a navázání do dalšího pruhu
 - ▶ Řidič může volit přejezdy mezi pruhy na konci pole nebo převzít kompletně řízení stroje
- ▶ MachineSync - umožňuje efektivní součinnost více strojů na jednom poli
 - ▶ Takto synchronizované stroje sdílejí informace
 - ▶ O poloze pro AutoTrac
 - ▶ O plnosti zásobníků u kombajnů
 - ▶ Přehled o zásobnících kombajnu - plánování vyprazdňování kombajnů
 - ▶ Možnost automatického řízení traktoru podél sklízecího kombajnu



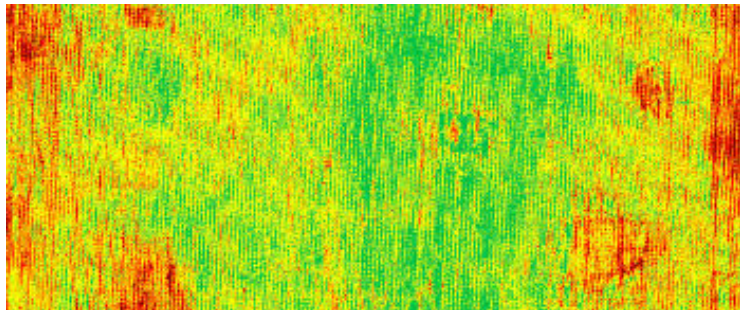


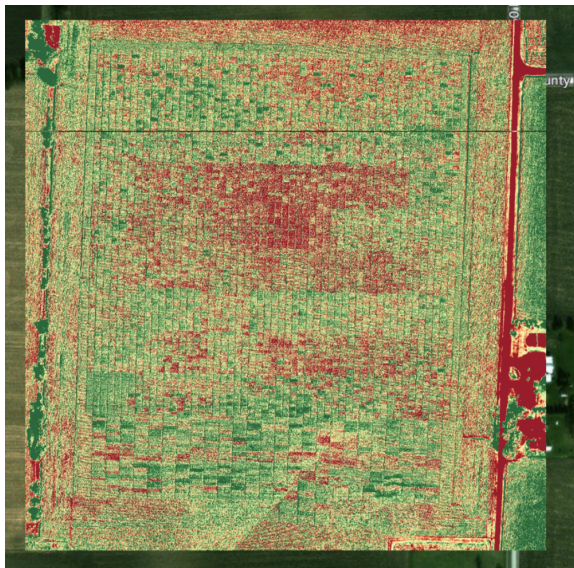
Mapy vegetačních indexů slouží k zachycení rozložení a hustoty vegetace na sledovaném území. Jsou založené na schopnosti vegetace pohlcovat a odrážet specifické složky světla.

- ▶ Mapy vegetačních indexů - z leteckých snímků
 - ▶ Vegetační indexy se počítají typicky pro každý pixel zvlášť
 - ▶ Jednoduché charakteristiky počítané ze dvou nebo více světelných kanálů pixelu snímku
 - ▶ Výsledná mapa - přepočítání pixelů originálního snímku na hodnoty daného vegetačního indexu
 - ▶ Pro pořizování snímků obvykle nestačí klasické RGB fotky (často je využíván např. blízký infračervený kanál světla, ten běžné vybavení nezachytí)

Příklad vegetačního indexu - NDVI (Normalized difference vegetation index). Hodnota NDVI pro pixel snímku se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$





Mapy vegetačních indexů mohou samy o sobě posloužit jako dobře čitelný zdroj informací pro člověka. Zároveň je možné tyto mapy dál strojově zpracovávat - například pro predikci úrody.

- ▶ Tato predikce se dá zformulovat jako regresní úloha pro strojové učení
- ▶ Trénovací data - kombinace snímků a odpozorované úrody z minulosti
 - ▶ Snímek je třeba rozdělit na podoblasti, na kterých se spočte např. průměr nebo směrodatná odchylka vegetačních indexů na jednotlivých pixelech
 - ▶ Úrodu pro jednotlivé podoblasti je možné zjišťovat během sklizně s pomocí adekvátně vybavených kombajnů
 - ▶ Kombinace měření "průtoku" sklizené plodiny v kombajnu a GPS systému
- ▶ S takto natrénovaným modelem je možné predikovat úrodu z map vegetačních indexů (studie z roku 2010 - přes 90 % přesnost predikce)



Zemědělství vyžaduje množství logistiky a plánování. Například logistika přesunů zemědělských strojů během sklizně mezi poli může být předmětem automatizace.

- ▶ Problém plánování tras je poměrně snadno pochopitelný, o poznání hůře se už ale efektivně algoritmizuje
- ▶ Podobným problémem je tzv. Problém obchodního cestujícího - oproti němu musíme navíc uvažovat více vozidel podléhajících plánování (případně další omezující podmínky)
- ▶ Vehicle routing problems - kategorie problémů na popisovaném principu
 - ▶ Vehicle routing problémy jsou NP-těžké, není možné je efektivně řešit hrubou silou už pro poměrně malé instance

- ▶ Ve své základní podobě vehicle routing problem ještě pořád nepostihuje množství reálně důležitých faktorů
- ▶ Je potřeba základní problém obohatit o další doplňující omezení, popř. předpoklady
 - ▶ Vozidla disponují pouze omezeným množstvím paliva
 - ▶ Vozidla startují a končí v depech, tam mají i možnost dočerpávat palivo
 - ▶ Můžeme předpokládat, že ceny hran v grafu splňují trojúhelníkovou nerovnost a jsou symetrické (délka cesty z A do B je rovna délce cesty v opačném směru)
- ▶ S každým dalším omezením je sice modelování problému přesnější, hledání řešení se ale stává komplikovanějším

- ▶ Problém (včetně zmiňovaných omezení) je možné formulovat jako úlohu celočíselného lineárního programování
 - ▶ Lineární programování - optimalizace lineární účelové funkce při dodržení lineárně zadaných podmínek, polynomiální časová složitost
 - ▶ Celočíselné lineární programování - lineární programování s omezením - hodnoty proměnných mohou nabývat pouze celočíselných hodnot, obecně jde o NP-těžký problém
- ▶ V případě komplikovaných problémů se někdy upouští od hledání optimálního řešení, místo toho se hledá dostatečně dobré řešení
- ▶ Obecný trik pro celočíselné lineární programování - ignorovat omezení na celočíselnost

Děkuji za pozornost

-  Sudhanshu Sekhar Panda, Daniel P. Ames, and Suranjan Panigrahi, *Application of Vegetation Indices for Agricultural Crop Yield Prediction Using Neural Network Techniques*, www.mdpi.com/journal/remotesensing (2010), 673–696.
-  Kaarthik Sundar, Saravanan Venkatachalam, and Sivakumar Rathinam, *Formulations and algorithms for the multiple depot, fuel-constrained, multiple vehicle routing problem*.