Czech Agriculture National Demonstrator (CzechAgri)

Kučera, Luboš; Vobora, Václav (GISAT, Czech Republic)
Šavelková, Lucie (SZIF, Czech Republic)
Defourny, Pierre (Université Catholique de Louvain, Belgium)
Koetz, Benjamin (ESA ESRIN, Italy)
Léo, Olivier; Lemoine, Guido (Joint Research Centre, Italy)

Obsah prezentace

- Kontext projektu
- Technická specifikace produktu
- Družicová data
- Klasifikace & validace 2015
- Klasifikace & validace 2015/2016
- Závěr & další aktivity

Kontext projektu

CzechAgri: kontext & cíle

- Studie iniciována v prosinci 2015 společně DG-JRC, ESA and SZIF (Státní zemědělský intervenční fond)
- Řešena v rámci projektu ESA „Sentinel-2 for Agriculture“ vedeném Université Catholique de Louvain
- Demonstrovat možnosti družic Sentinels pro zemědělský monitoring a management v České republice
- Ověřit koncept mapování zemědělských plodin na celostátní úrovni

Technická specifikace produktu

Mapa zemědělských plodin v ČR

- **Specifikace produktu**
  - Prostorové pokrytí: Celostátní až regionální
  - Prostorové rozlišení: 20 metrů / DPB (polygon LPIS)
  - Časový rozsah: Celé vegetační období
  - Časová frekvence: 2-4 mapy během 1 vegetačního období
  - Geometrická přesnost: RMS < 20m
  - Tématická přesnost: Celková přesnost > 80%

    Přesnost pro jednotlivé plodiny > 60% (F1-score)
  - Formát: ArcInfo SHP
  - Mapová projekce: Křovák / S-JTSK

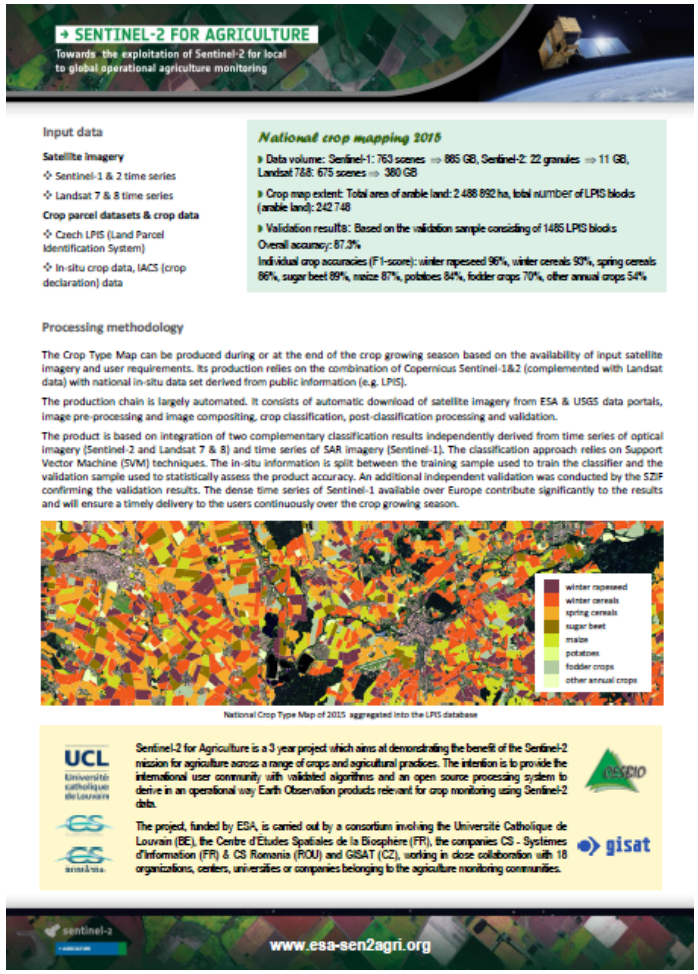
- **Vstupní data**
  - Družicové snímky
    - Časová řada Sentinel-1 & 2
    - Časová řada Landsat 7 & 8
  - Hranice zemědělských ploch
    - LPIS
  - In-situ data o plodinách
    - Data z pozemního šetření, data z dotačních žádostí

Mapa zemědělských plodin 2015 & 2016

- **Mapa zemědělských plodin 2015**
  - Celá ČR
  - Vyhodnocení časové řady Sentinel-1 & 2 and Landsat 7 & 8
  - Ozimé obiloviny, řepka ozimá, jarní obiloviny, kukuřice, cukrovka, brambory a pícniny
  - Časový rozsah: Celé vegetační období

- **Mapa ozimých plodin 2016**
  - Regionální (východní část středních Čech)
  - Vyhodnocení časové řady Sentinel-2
  - Ozimé obiloviny, řepka ozimá, pícniny (zahrnuje mapu LAI)
  - Časový rozsah: Březen 2016

- **Mapa zemědělských plodin 2016**
  - Celá ČR
  - Vyhodnocení časové řady Sentinel-1 & 2 (doplněné Landsat 8)
  - V přípravě



SENTINEL-2 FOR AGRICULTURE

Towards the exploitation of Sentinel-2 for local to global operational agriculture monitoring

Input data

Satellite Imagery

- Sentinel-1 & 2 time series
- Landsat 7 & 8 time series

Crop parcel datasets & crop data

- Czech LPIS (Land Parcel Identification System)
- In-situ crop data, IACS (crop declaration) data

National crop mapping 2015

- Data volume: Sentinel-1: 763 scenes ⇒ 865 GB, Sentinel-2: 22 granules ⇒ 11 GB, Landsat 7&8: 675 scenes ⇒ 360 GB
- Crop map extent: Total area of arable land: 2 488 892 ha, total number of LPIS blocks (arable land): 242 748
- Validation results: Based on the validation sample consisting of 1485 LPIS blocks

Overall accuracy: 87.3%

Individual crop accuracies (F1-score): winter rapeseed 96%, winter cereals 90%, spring cereals 86%, sugar beet 89%, maize 87%, potatoes 84%, fodder crops 70%, other annual crops 54%

Processing methodology

The Crop Type Map can be produced during or at the end of the crop growing season based on the availability of input satellite imagery and user requirements. Its production relies on the combination of Copernicus Sentinel-1&2 (complemented with Landsat data) with national in-situ data set derived from public information (e.g. LPIS).

The production chain is largely automated. It consists of automatic download of satellite imagery from ESA & USGS data portals, image pre-processing and image compositing, crop classification, post-classification processing and validation.

The product is based on integration of two complementary classification results independently derived from time series of optical imagery (Sentinel-2 and Landsat 7 & 8) and time series of SAR imagery (Sentinel-1). The classification approach relies on Support Vector Machine (SVM) techniques. The in-situ information is split between the training sample used to train the classifier and the validation sample used to statistically assess the product accuracy. An additional independent validation was conducted by the SZIF confirming the validation results. The dense time series of Sentinel-1 available over Europe contribute significantly to the results and will ensure a timely delivery to the users continuously over the crop growing season.

National Crop Type Map of 2015 aggregated into the LPIS database

Sentinel-2 for Agriculture is a 3 year project which aims at demonstrating the benefit of the Sentinel-2 mission for agriculture across a range of crops and agricultural practices. The intention is to provide the international user community with validated algorithms and an open source processing system to derive in an operational way Earth Observation products relevant for crop monitoring using Sentinel-2 data.

The project, funded by ESA, is carried out by a consortium involving the Université Catholique de Louvain (BE), the Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère (FR), the companies CS - Systèmes d'Information (FR) & CS Romania (ROU) and GISAT (CZ), working in close collaboration with 18 organizations, centers, universities or companies belonging to the agriculture monitoring communities.

www.esa-sen2agri.org

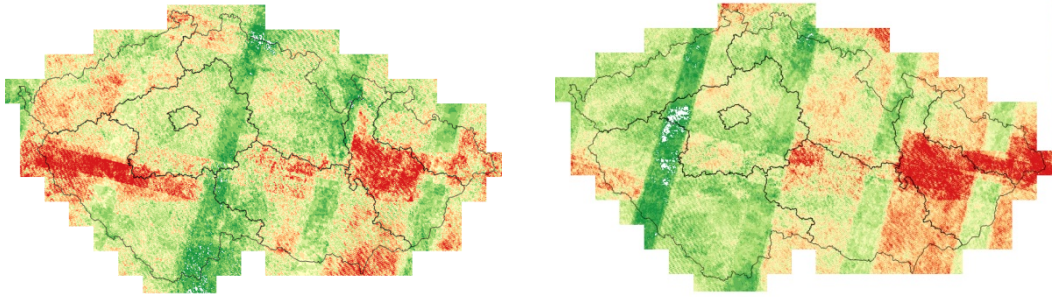
Družicová data

Landsat 7/8: dostupná data & předzpracování

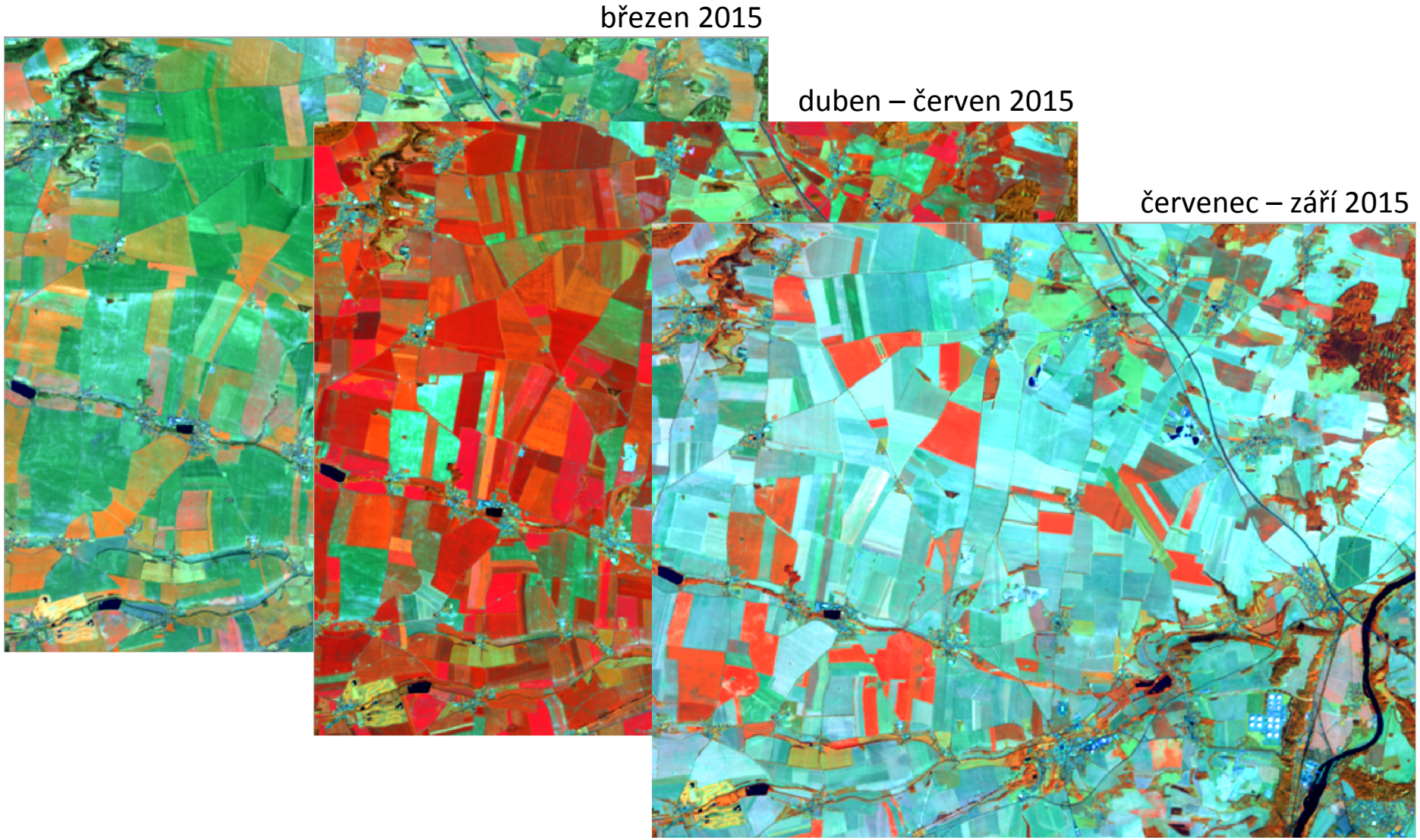
- Landsat-7 ETM+, Landsat-8 OLI: říjen 2014 – prosinec 2015
- L7 z archívu USGS, L8 z archívu ESA
- 12 paths/rows pro ČR, 675 scén (357 L7 ~ 80GB, 318 L8 ~ 300GB)

- Konverze DN to TOA, atmosférické korekce (6S), výběr spektrálních pásem (blue, green, red, nir, swir1, swir2)
- Detekce oblačnosti/stínů/sněhu pomocí Fmask
- Multitemporální kompozity: bezoblačná mozaika, období 1-3 měsíců – březen 2015, duben - červen 2015, červenec – září 2015

Počet bezoblačných hodnot (zelená = 1, červená > 10)



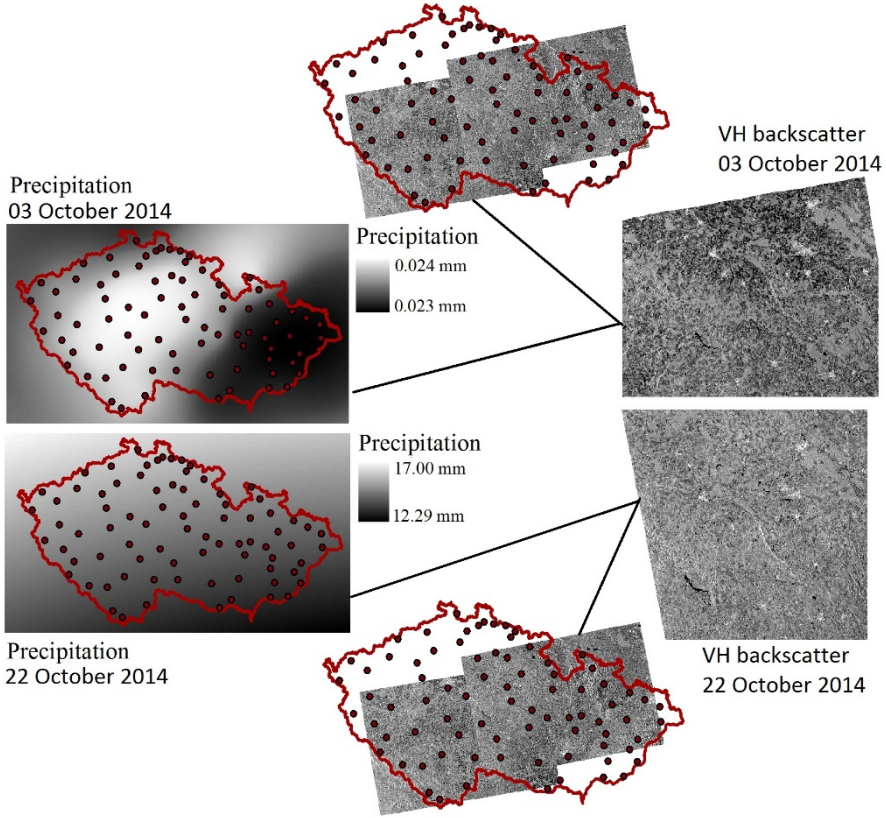
Landsat 7/8: Multitemporální kompozity



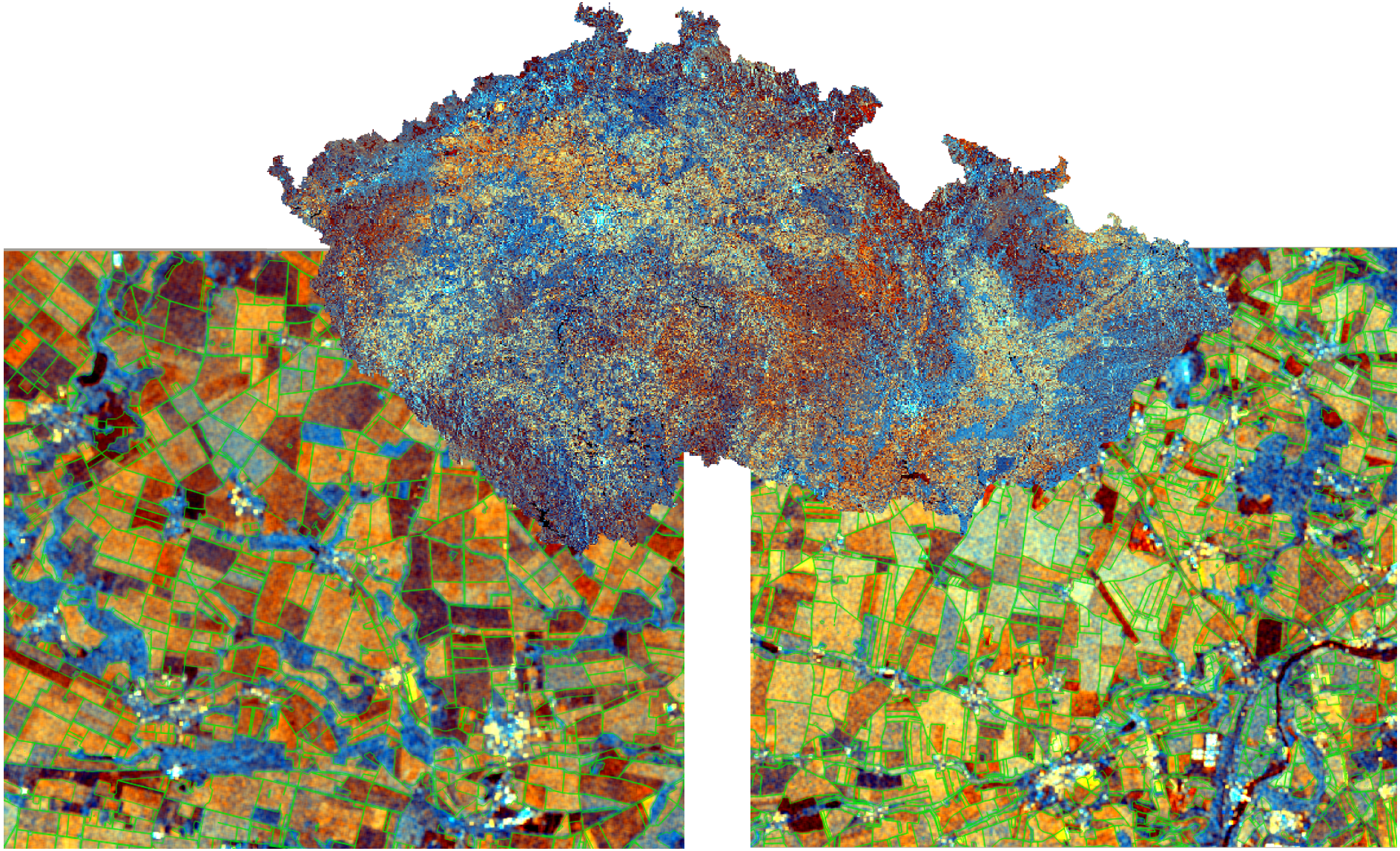
Sentinel-1: dostupná data & předzpracování

- Sentinel-1 GRD IW, říjen 2014 – prosinec 2015, operational SciHub, 763 scenes ~ 885GB
- Předzpracování SAR dat (S1 a SNAP toolbox)

  - Kalibrace na sigma-naught
  - Terénní korekce a ortorektifikace
  - Speckle filtering (Lee Speckle Filter)
  - Konverze do dB scale
  - Výběr vhodných snímků pomocí meteorologických dat a vizuální interpretace
  - Měsíční kompozity pomocí SNAP

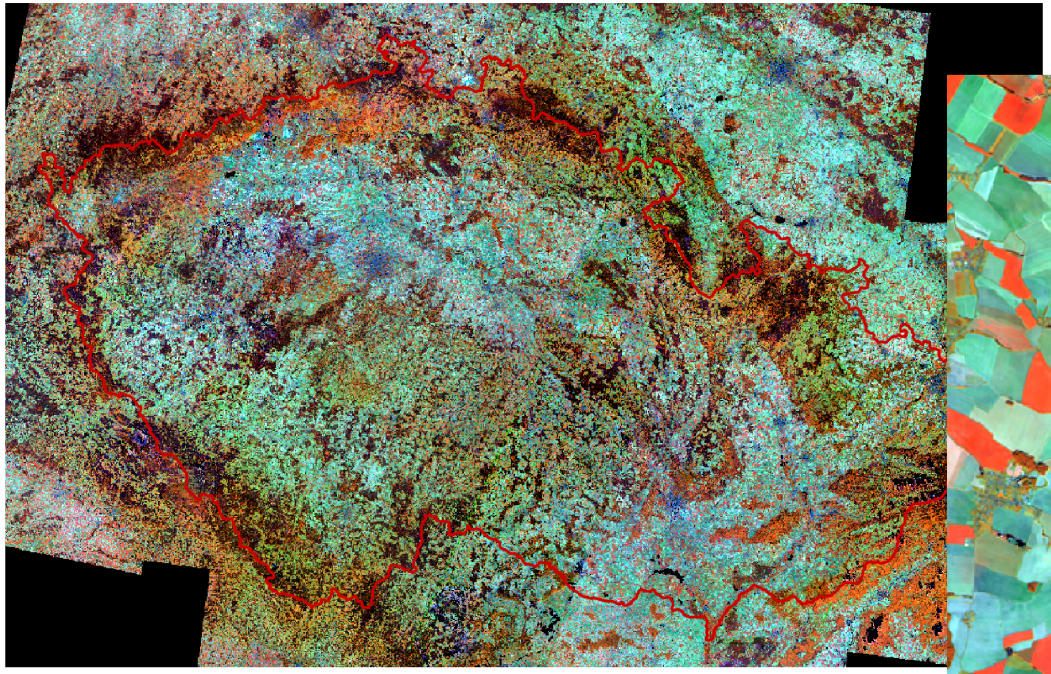


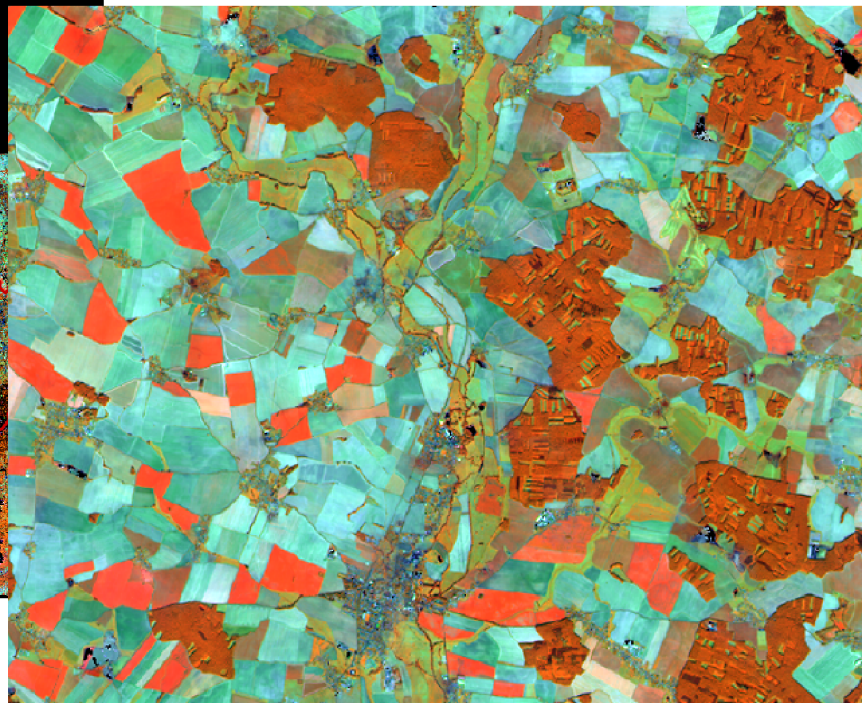
Sentinel-1: měsíční kompozit (leden 2015)



Sentinel-2: dostupná data & „letní“ kompozit

- Identifikováno 5 orbitů přes ČR, zpracování dat S2 pořízených před koncem listopadu 2015, celkem 22 granulí ~ 11 GB
  - SEN2COR - atmosférické korekce
  - Překódování masek oblačnosti, všechny zpracovatelské kroky řešeny ve SNAP
  - „letní“ kompozit: srpen - září 2015





Klasifikace & validace 2015

Pomocná data: LPIS

- LPIS poskytnut MZe
- LPIS ČR - založen na půdních (farmářských) blocích
- Verze platná k 1.6.2015

- Celková plocha orné půdy: 2 488 892 ha
- Celkový počet dílů půdních bloků: 242 748 polygons

- MMJ - 1ha, ve 20 m rozlišení odpovídá 25 px
- Data LPIS - orná půda, výměra dílu půdního bloku >= 1 ha
- Maska orné půdy odvozena z LPIS
- Představuje 2 466 350 ha (99.1% celkové plochy orné půdy)

Pomocná data: data ze žádostí

- Poskytnuta SZIF
- Vzorek zemědělských parcel z roku 2015
- Jedna plodina na jednom dílu půdního bloku
- Výměra větší než 2 ha
- Plodina ze žádosti potvrzena kontrolou v terénu
- Vzorek vybrán pouze na orné půdě

- Stratifikovaný náhodný výběr
  - 10 plodin
  - 7 plodinových skupin

  - 4 491 dílů půdních bloků
  - 2 294 poskytnuty Gisatu (2/3)

Klasifikační přístup

- Založen na algoritmech Support Vector Machine (SVM)
- Klasifikace provedena pod maskou orné půdy odvozenou z LPIS

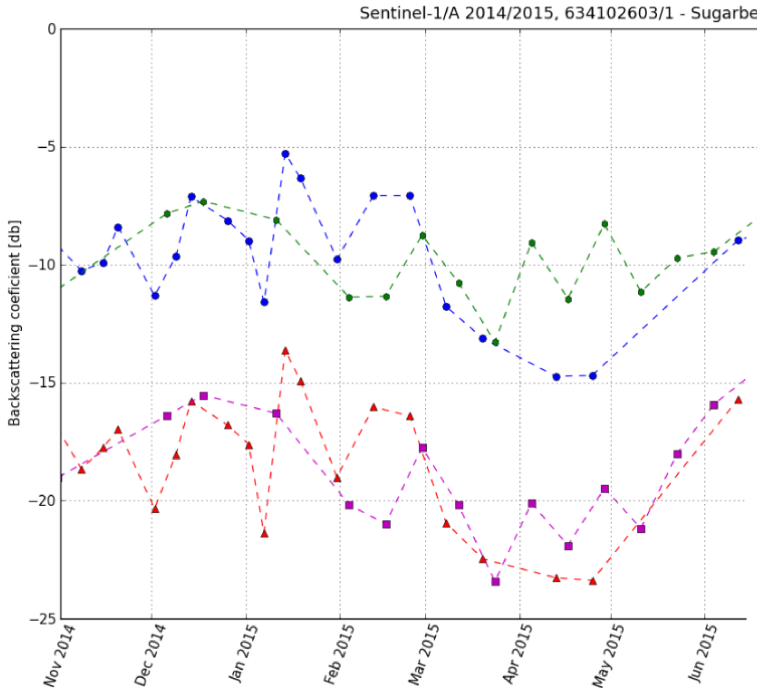
- Integrace vyhodnocení optických a radarových dat
  - Fúze před klasifikací (kombinace příznaků)
    - jednodušší z operačního pohledu
  - Fúze po klasifikaci (kombinace tříd)
    - lepší pro řešení smíšené klasifikace a identifikaci více plodin na jednom DPB

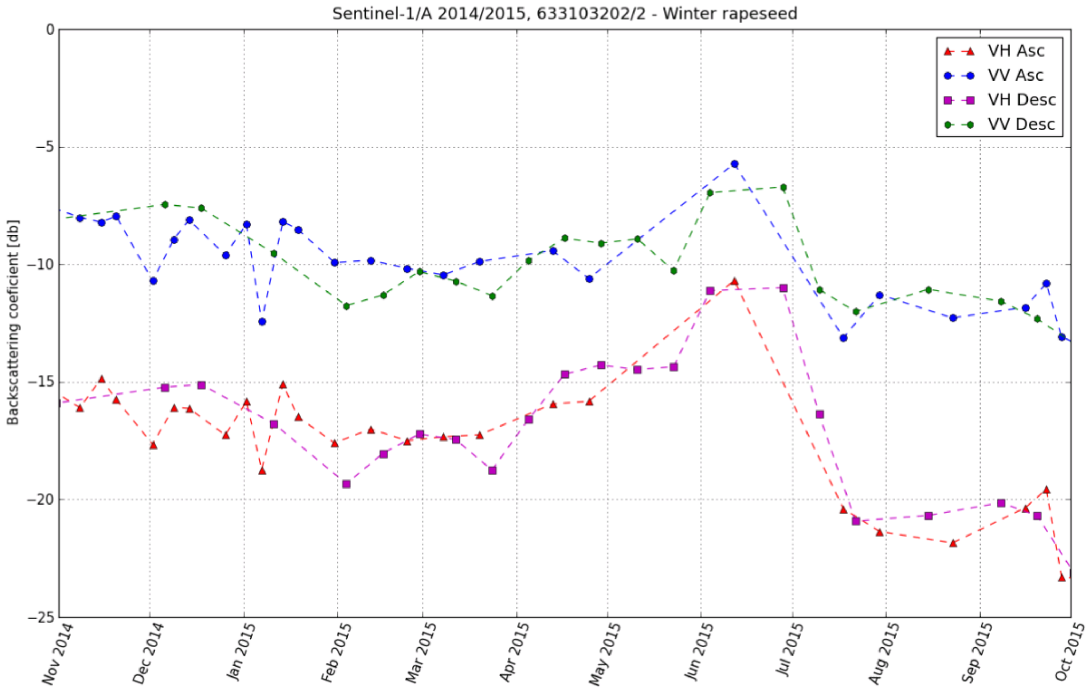
- Dvě nezávislé klasifikace:
  - Optická data - vyhodnocení multitemporálních kompozitů Sentinel-2 a Landsat 7 & 8
  - SAR - vyhodnocení měsíčních kompozitů Sentinel-1

- Integrace - vylepšená mapa plodin s vyšší tématickou přesností - využívá maximální posteriorní pravděpodobnost v rámci DPB
- Agregace - plodina s největší plochou v rámci DPB

Sentinel-1: Analýza odrazivosti

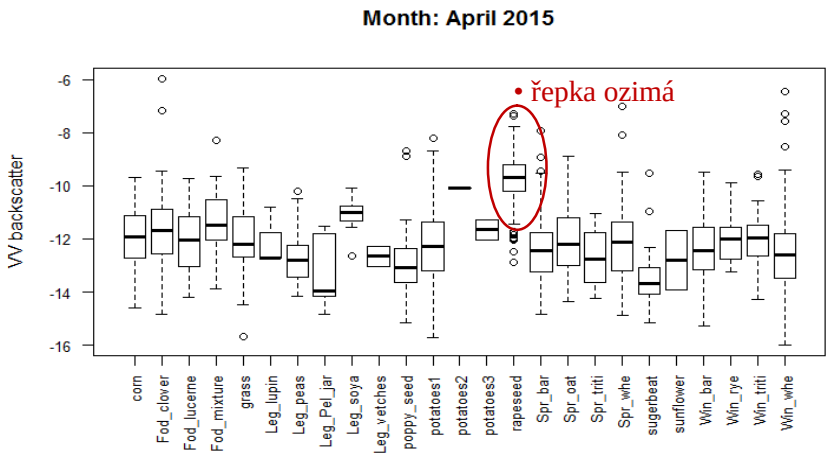
- Vývoj odrazivosti pro jednotlivé plodiny v průběhu vegetačního období

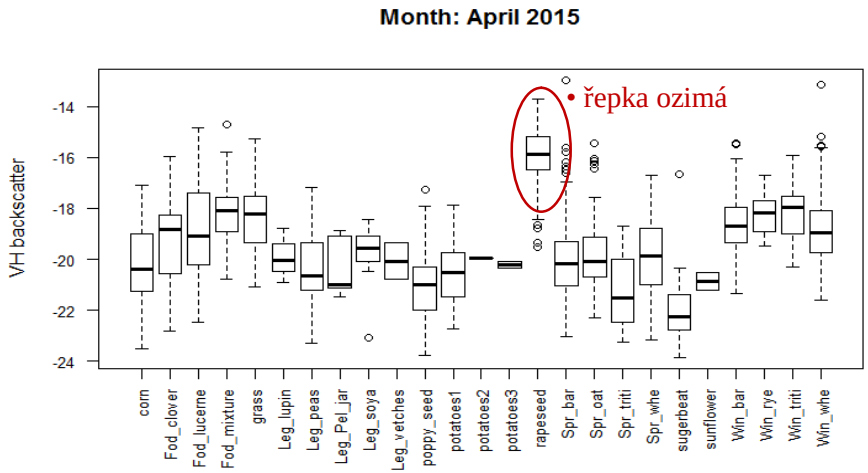


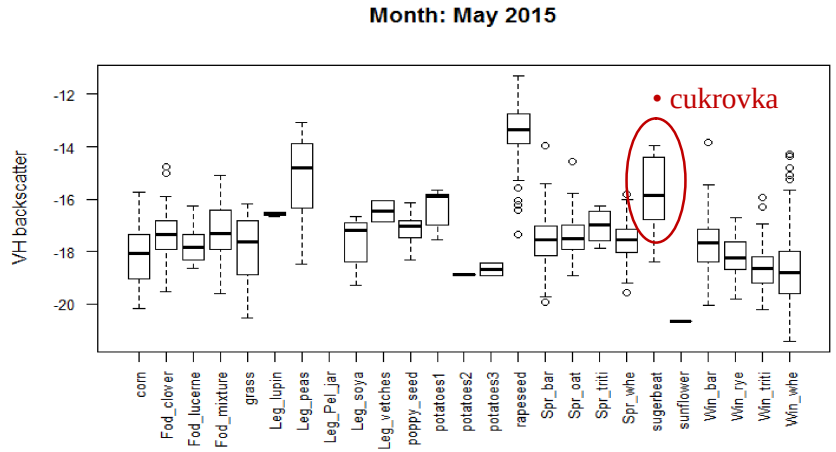


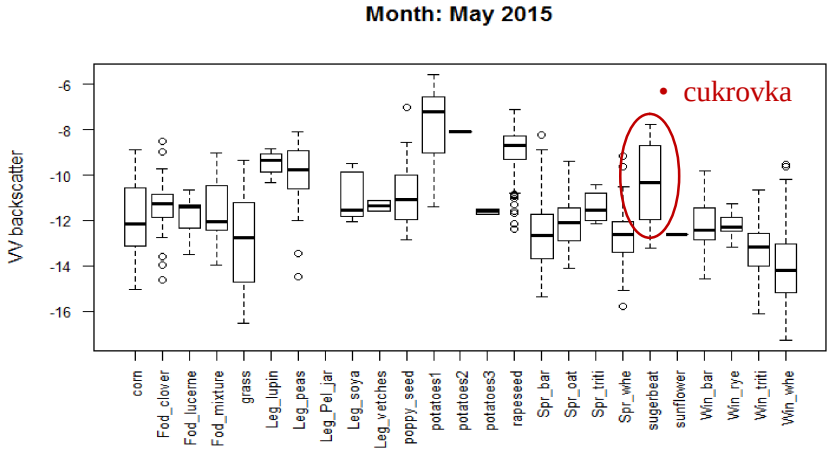
Sentinel-1: Analýza separability

- Odrazivost pro jednotlivé plodiny
  - Statistický test: Generalized linear models (GLMs), Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey's HSD - identifikace plodin (skupiny plodin), které mají výrazně odlišný rozsah odrazivosti v průběhu vegetačního období

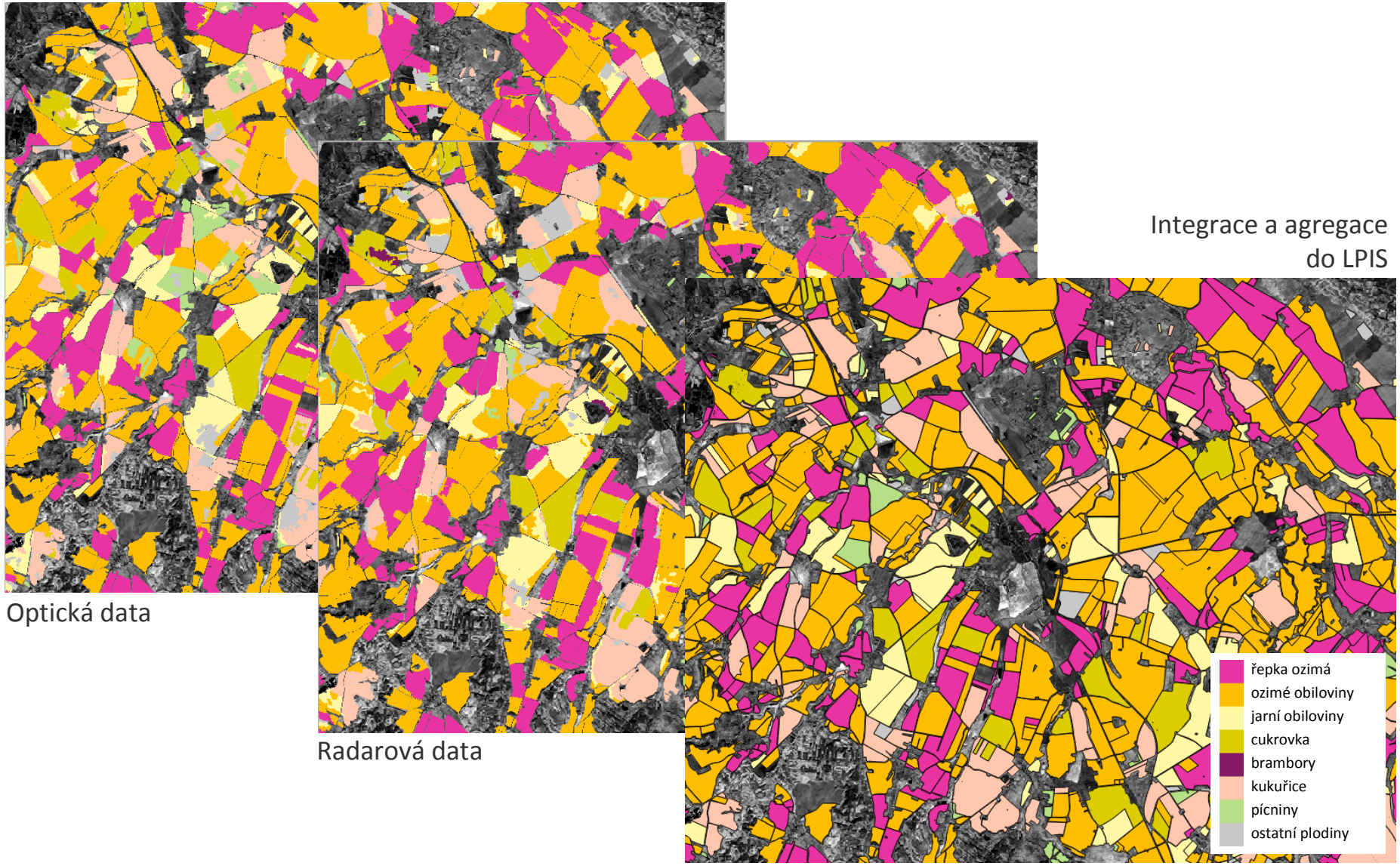








Mapa zemědělských plodin



Interní a externí validace

- Interní validace - zpracoval Gisat, validační vzorek: 866 DPB

Třída	Plodina / skupina plodin	Users accuracy	Producers accuracy	F1 score
1	řepka ozimá	94%	97%	96%
2	ozimé obiloviny	92%	98%	95%
3	jarní obiloviny	84%	86%	85%
4	cukrovka	100%	100%	100%
5	kukuřice	81%	94%	88%
6	brambory	85%	79%	82%
7	pícniny	86%	68%	77%
8	ostatní plodiny	71%	40%	56%
Průměr		87%	83%	85%

Celková přesnost 88%

Confusion matrix

Třída	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
1	114	2	1	0	0	0	0	0	117
2	3	361	4	0	0	0	1	0	369
3	2	18	158	0	0	0	1	5	184
4	0	0	0	8	0	0	0	0	8
5	0	2	0	0	48	0	0	1	51
6	0	0	0	0	1	11	0	2	14
7	0	9	4	0	2	0	38	3	56
8	2	2	22	0	8	2	4	27	67
Total	121	394	189	8	59	13	44	38	866

- Externí validace - zpracoval SZIF, validační vzorek: 1485 DPB

Třída	Plodina / skupina plodin	Users accuracy	Producers accuracy	F1 score
1	řepka ozimá	95%	97%	96%
2	ozimé obiloviny	89%	98%	93%
3	jarní obiloviny	85%	87%	86%
4	cukrovka	89%	89%	89%
5	kukuřice	84%	90%	87%
6	brambory	89%	80%	84%
7	pícniny	85%	55%	70%
8	ostatní plodiny	67%	41%	54%
Průměr		85%	80%	82%

Celková přesnost 87%

Confusion matrix

Třída	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
1	185	3	1	0	0	0	1	0	190
2	3	610	7	0	3	0	1	1	625
3	2	31	274	0	0	0	2	7	316
4	0	1	0	16	0	0	0	1	18
5	0	4	0	0	87	0	2	4	97
6	0	0	1	0	1	24	0	4	30
7	0	26	11	0	3	0	56	5	101
8	4	12	29	2	10	3	4	44	108
Total	194	687	323	18	104	27	66	66	1485

Porovnání vyhodnocení optických a radarových dat

- Klasifikace optických dat - vzorek z interní validace

Třída	Plodina / skupina plodin	Users accuracy	Producers accuracy	F1 score
1	řepka ozimá	95%	91%	93%
2	ozimé obiloviny	92%	98%	95%
3	jarní obiloviny	82%	87%	84%
4	cukrovka	100%	100%	100%
5	kukuřice	82%	90%	86%
6	brambory	85%	79%	82%
7	pícniny	75%	70%	72%
8	ostatní plodiny	58%	33%	45%
Průměr		84%	81%	82%

Celková přesnost 87%

Confusion matrix

Třída	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
1	106	8	0	0	0	0	3	0	117
2	3	360	5	0	0	0	1	0	369
3	1	13	160	0	0	0	3	7	184
4	0	0	0	8	0	0	0	0	8
5	0	0	1	0	46	0	2	2	51
6	0	0	0	0	1	11	0	2	14
7	0	7	3	0	2	0	39	5	56
8	2	3	27	0	7	2	4	22	67
Total	112	391	196	8	56	13	52	38	866

- Klasifikace radarových dat - vzorek z interní validace

Třída	Plodina / skupina plodin	Users accuracy	Producers accuracy	F1 score
1	řepka ozimá	91%	99%	95%
2	ozimé obiloviny	85%	95%	90%
3	jarní obiloviny	81%	74%	78%
4	cukrovka	80%	100%	90%
5	kukuřice	73%	86%	80%
6	brambory	73%	57%	65%
7	pícniny	79%	54%	66%
8	ostatní plodiny	65%	36%	50%
Průměr		78%	75%	77%

Celková přesnost 83%

Confusion matrix

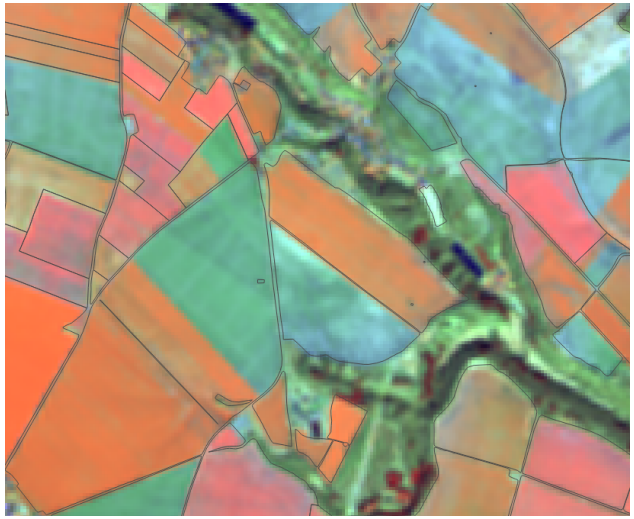
Třída	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
1	116	0	1	0	0	0	0	0	117
2	5	352	8	1	2	0	0	1	369
3	1	39	137	0	1	0	0	6	184
4	0	0	0	8	0	0	0	0	8
5	0	2	0	0	44	0	3	2	51
6	1	2	0	0	2	8	0	1	14
7	1	10	9	0	3	0	30	3	56
8	3	9	14	1	8	3	5	24	67
Total	127	414	169	10	60	11	38	37	866

Počet plodin vs. jeden díl půdního bloku

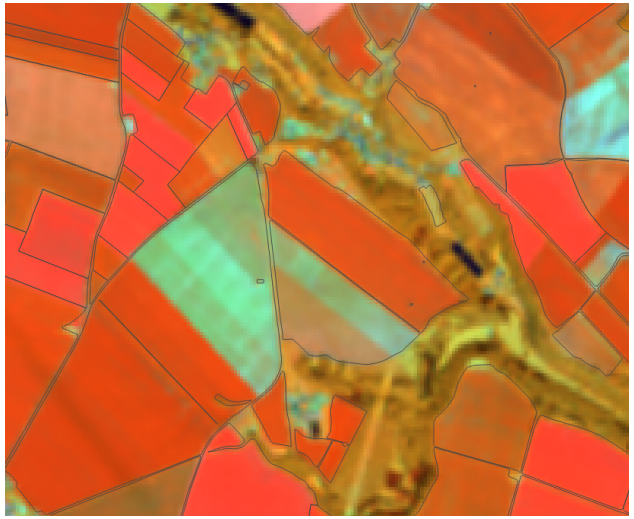
- Jediná plodina je deklarována na jednom DPB ve více než 80% všech DPB
- DPB s více plodinami je nutné detekovat automaticky (a je nutné je odlišit od DPB, na kterých je více plodin klasifikováno chybně)
- Dvoufázový přístup
  - Statistická analýza
  - Segmentace v rámci DPB
- Úvodní test
  - Statistická analýza založená na aplikaci minimální plochy zemědělské parcely a výpočtu podílů klasifikovaných plodin
  - Aplikováno na validační vzorek: pro 1481 DPB deklarováno více plodin, více než 90% identifikováno statistickým přístupem
  - Ale stále zůstává mnoho DPB s chybně klasifikovanými více plodinami
  - Objektově založený přístup musí být vyvinut a otestován

Více plodin na jednom dílu půdního bloku I

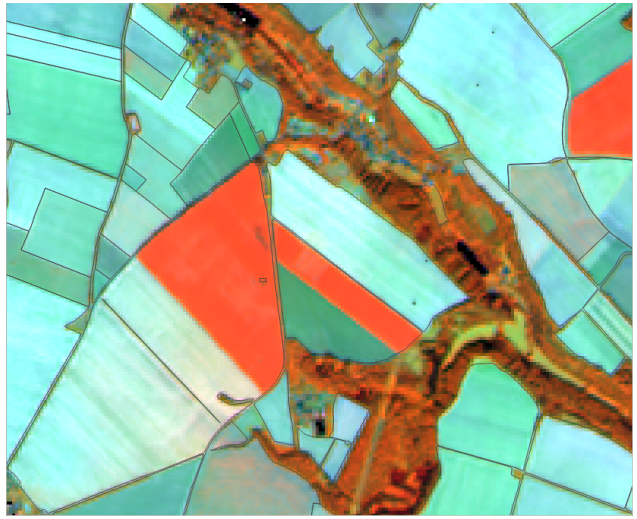
březen 2015



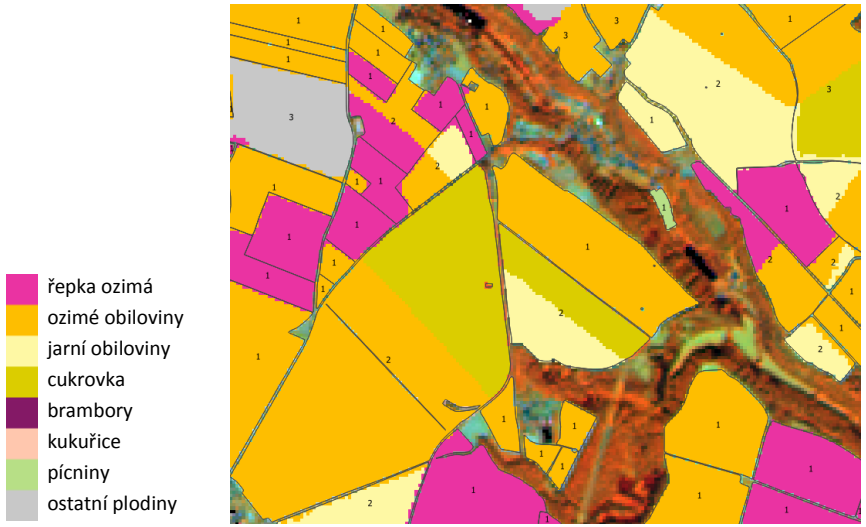
duben - červen 2015



srpen - září 2015

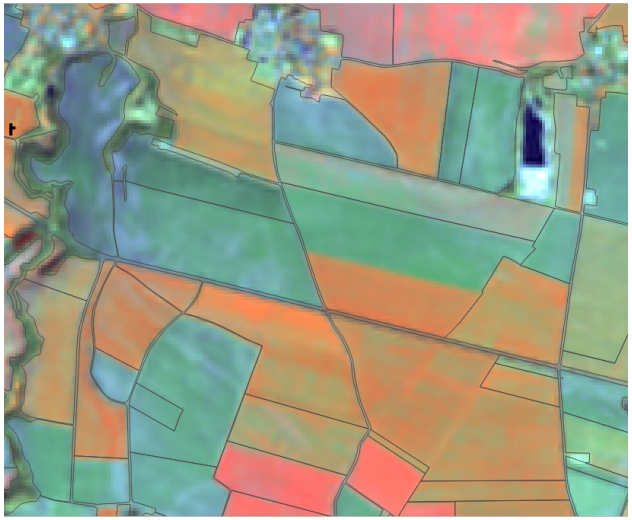


- Více plodin na jednom DPB potvrzeno
- Příklad „jednoduché“ detekce

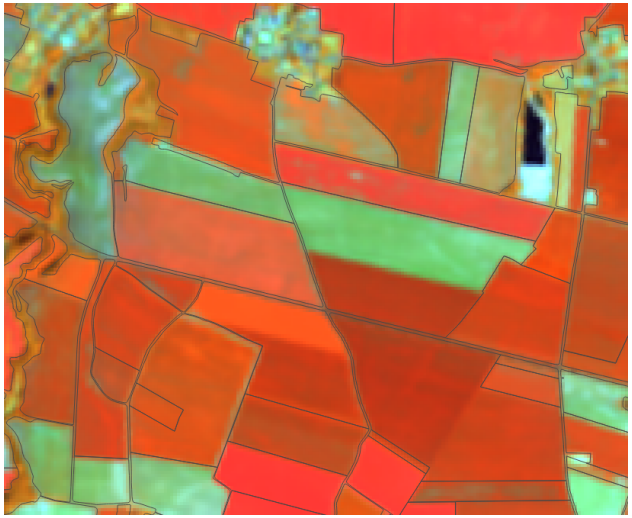


Více plodin na jednom dílu půdního bloku II

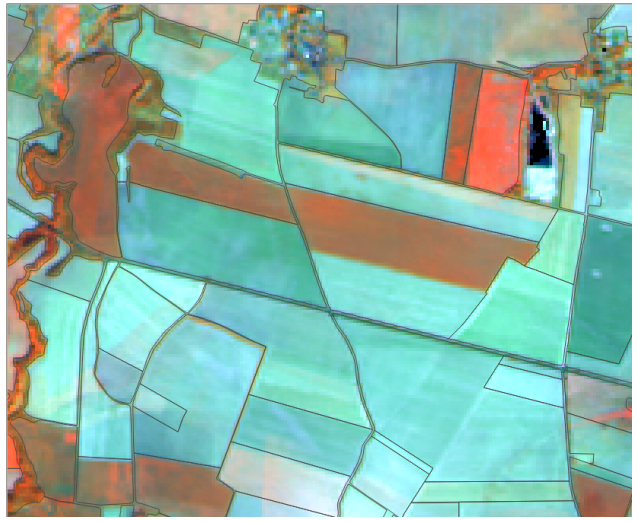
březen 2015



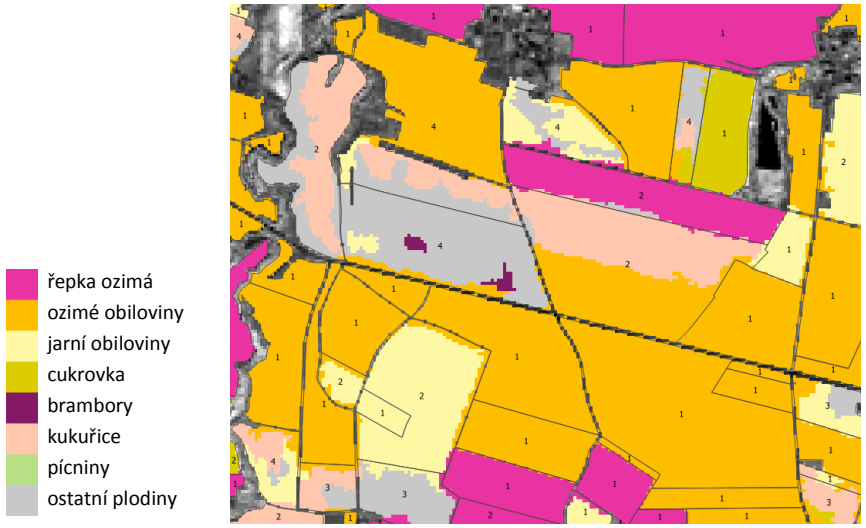
duben - červen 2015



srpen - září 2015

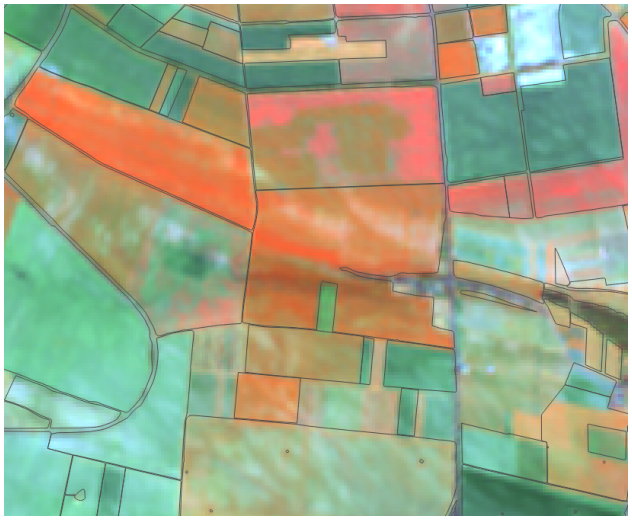


- Chybná klasifikace - více plodin na jednom DPB nepotvrzeno
- Příklad „komplikované“ detekce

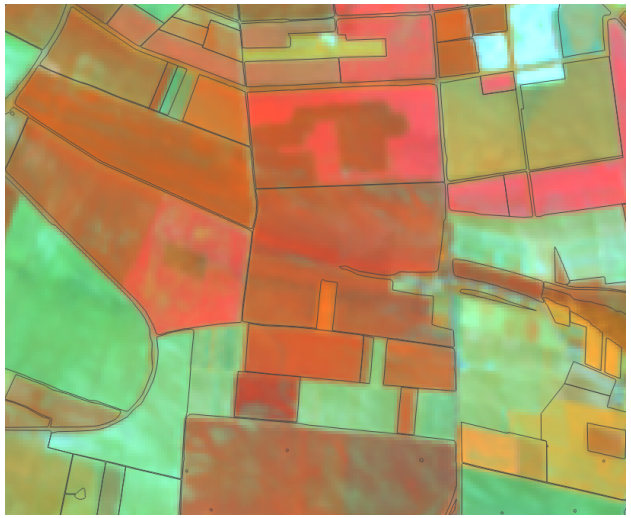


Více plodin na jednom dílu půdního bloku III

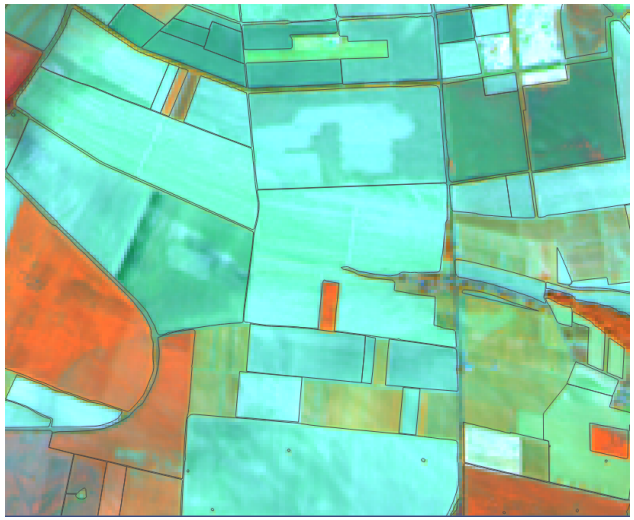
březen 2015



duben - červen 2015



srpen - září 2015

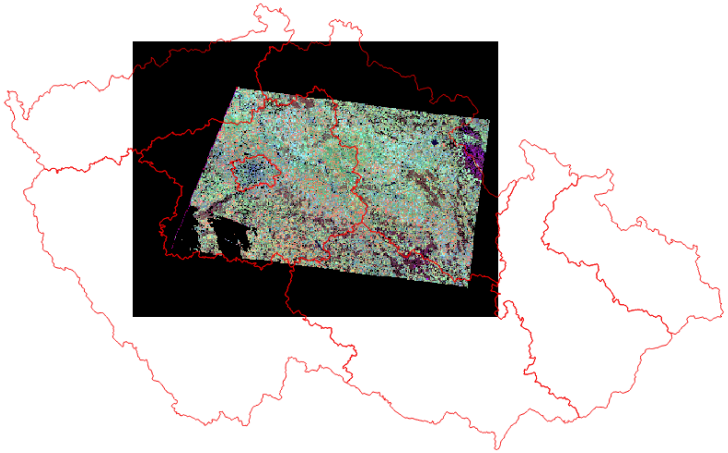


- Více plodin vs. vegetační anomálie uvnitř DPB
- Příklad „komplikované“ detekce

Klasifikace & validace 2015/2016

Klasifikace ozimých plodin 2015/2016

- Pouze Sentinel-2 – kompozit založen dvou snímcích (březen 17/27)
- Ukázka regionálního produktu – východní část středních Čech
  - Řepka ozimá, ozimé obiloviny, pícniny, bez vegetace
  - Mono-temporální klasifikace, stejný přístup jako pro rok 2015
  - Trénovací množiny pořízeny pomocí vizuální interpretace
  - Validační vzorek pořízen během terénního šetření



Klasifikace

- Kompozit Sentinel-2, klasifikace SVM, agregace na DPB

Validace

- Interní validace - zpracoval Gisat, validační vzorek: 137 DPB
- Validační data pořízena během terénního šetření

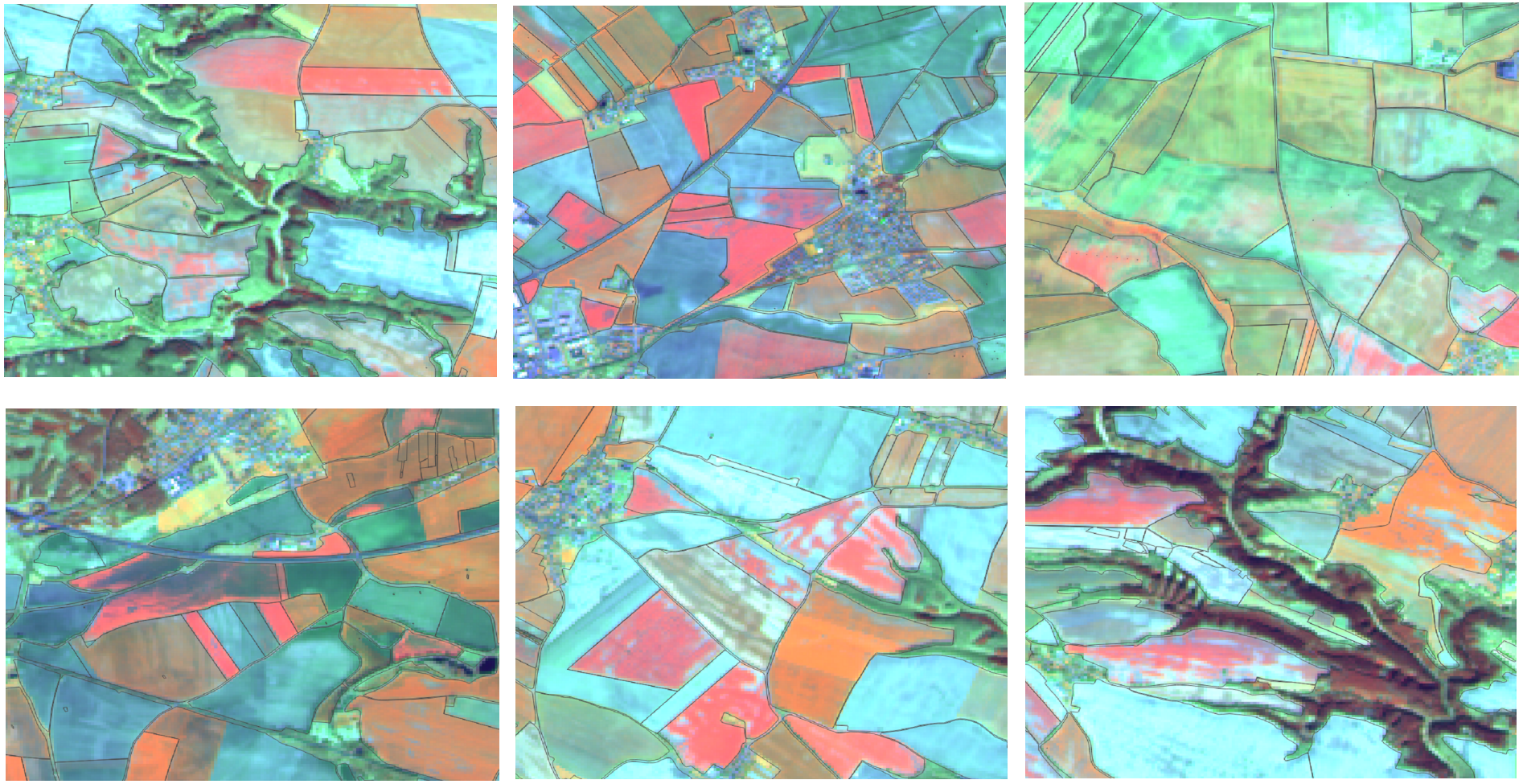
Třída	Plodina / skupina plodin	Users accuracy	Producers accuracy	F1 score
1	řepka ozimá	89%	81%	85%
2	ozimé obiloviny	90%	98%	94%
7	pícniny	95%	75%	85%
8	bez vegetace	88%	96%	92%
Průměr		91%	88%	89%

Celková přesnost	91%

Confusion matrix					
Třída	1	2	7	9	Total
1	17	3	0	1	21
2	0	64	1	0	65
7	2	3	21	2	28
9	0	1	0	22	23
Total	19	71	22	25	137

Klasifikace začátkem jara

- Chybná detekce řepky ozimé – zpožděný vegetační vývoj, bude vyřešeno zařazením později pořízených snímků



Závěr & další aktivity

Hlavní závěry & plán pro 2016

- Vysoká přesnost klasifikace založené na radarových datech Sentinel-1
- LPIS musí být k dispozici
- Převážně automatické zpracování (nebyly aplikovány žádné manuální post-klasifikační úpravy)
- Musí být zpracováno obrovské množství dat (1.3 TB pro jedno vegetační období - nárůst pro rok 2016)
- Klasifikace ozimých plodin je možná již v březnu s vysokou přesností (při vyhodnocení optických dat)

- Klasifikace plodin v roce 2016
  - Kompletní časová řada Sentinel-2
  - Přesnost pro jednotlivé plodiny vs. doba klasifikace
  - Simulace postupné iterativního produkce v průběhu vegetačního období

- Automatická detekce více plodin na jednom DPB
- Integrace vyhodnocení optických a radarových dat

Poděkování

- ESA: iniciativa CzechAgri, financování prostřednictvím projektu Sentinel-2 for Agriculture
- UCL: vedení projektu, podpora vyhodnocení 2015/2016
- DG-JRC: “Towards Future Copernicus Services Components for Agriculture”
- SZIF: poskytnutí dat ze žádostí, externí validace, konzultace
- MoA: poskytnutí LPIS