

Úvod do problematiky – indexy v zemědělství

Cílem cvičení je z družic Sentinel-2 získat informace o stavu vegetace a na jejich základě vytvořit jednoduchou masku ploch se zemědělskými porosty v dané sezóně. Takto odvozený výsledek pak porovnáme s globálními mapami pokryvu ESRI Land Cover a Google Dynamic World. Klíčový princip: multispektrální snímky v různých pásmech (modrá, zelená, červená, red-edge, NIR, SWIR) nesou fyzikální stopu chlorofylu, obsahu vody, struktury porostu i přítomnosti holé půdy. Z kombinací těchto pásem počítáme indexy, které tyto jevy zvýrazňují. Výsledné indexy nejsou samy o sobě klasifikace, ale dobře slouží jako vstupy do pravidel (práhů) nebo do učených modelů.

NDRE – Normalized Difference Red-Edge

Měří „zelenost/chlorofyl“ v red-edge oblasti (NIR vs. RE1). Oproti NDVI se méně saturuje u hustých porostů, lépe odlišuje vyšší chlorofyl.

Využití: odhad vitality porostu, sledování růstu plodin a stresu.

Pozor: v raných/pozdních fázích vegetace přirozeně nízký.

Clre / Clgreen – Chlorophyll Index (red-edge / green)

Poměr NIR k red-edge (Clre) či k zelenému pásmu (Clgreen) mínus 1. Vysoké hodnoty = více chlorofylu.

Využití: citlivé indikátory změn chlorofylu; Clre bývá stabilnější u husté vegetace.

Pozor: Clgreen je citlivější na atmosféru/BRDF a šum v zeleném pásmu.

MCARI – Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index

Modeluje hloubku absorpce v červené s částečnou korekcí vlivu osvětlení a struktury.

Využití: prostorové srovnání parcel ve „vrcholu“ vegetace (více chlorofylu → vyšší MCARI).

Pozor: na řídké vegetaci může šumět; vhodné je maskovat vegetací (NDVI/NDRE).

TCARI – Transformed CARI

Podobně jako MCARI zdůrazňuje chlorofyl; transformace tlumí vliv osvětlení.

Využití: robustní ukazatel „aktivní vegetace“. V našem cvičení ho **vizualizujeme jen nad vegetací** (NDVI>0.2), aby se omezil půdní vliv.

Pozor: bez půdní korekce reaguje i na holou půdu; pro vizualizaci proto používáme masku NDVI.

PSRI – Plant Senescence Reflectance Index

Porovnává červené a zelené pásmo vůči red-edge; roste se senescencí (více karotenoidů, méně chlorofylu).

Využití: indikace zralosti/senescence.

Pozor: citlivý na prašnost/půdní pozadí; používat nad vegetací.

GVMI – Global Vegetation Moisture Index

Kombinuje NIR a SWIR1 s malou konstantní „offset“ korekcí; sleduje vodní obsah vegetace.

Využití: diagnostika vodního stresu porostů; vyšší GVMI = více vody.

Pozor: ovlivňuje fenologie/struktura; srovnávat v rámci stejné plodiny a období.

MSI – Moisture Stress Index

Poměr SWIR1/NIR; vyšší MSI = sušší, nižší vodní obsah.

Využití: jednoduchý ukazatel sucha/stresu.

Pozor: závislý na úhlu nasvícení a pozadí – brát relativně.

BSI – Bare Soil Index

Kontrast (SWIR1+Red) vs. (NIR+Blue); zachycuje holou/rozrušenou půdu.

Využití: orba, strniště, odhalená půda.

Pozor: světlé půdy/solné krusty dávají vysoký BSI; ověřovat s MSI/NDVI.

SATVI – Soil Adjusted Total Vegetation Index

Vegetace s půdní korekcí (SWIR1 a Red).

Využití: vegetace na půdně exponovaných plochách, odolnější než prosté indexy.

NBR2 – Normalized Burn Ratio 2

Poměr SWIR1 a SWIR2; zvýrazňuje extrémní suchost, spáleniště, minerálně-suché plochy.

Využití: post-fire analýzy, monitoring suchých/mineralogických ploch.

Tasseled Cap (TC_B, TC_G, TC_W)

Lineární kombinace pásem do tří „komponent“: **Brightness** (světlost), **Greenness** (zelenost), **Wetness** (vlhkost).

Využití: rychlá ortogonální projekce scény – přehled o typu povrchů.

Pozor: koeficienty pro S2 v literatuře existují různé; berte je didakticky/relativně.

NDVI (pomocný)

(Klasika) $(NIR - Red) / (NIR + Red)$ $(NIR - Red) / (NIR + Red)$ $(NIR - Red) / (NIR + Red)$. V našem skriptu slouží **jen jako maska vegetace** pro vizuální zobrazení TCARI (NDVI > 0.2).

Heuristika CROP_ADV (výsledek pravidel)

Pravidla: **NDRE > 0.12 $\wedge$ TCARI > 2 $\wedge$ GVMi > 0.2 $\wedge$ MSI < 2 $\wedge$ BSI < 0.05** → pixel patří do masky „aktivní plodiny“.

Využití: jednoduchý, srozumitelný baseline pro mapování plodin v sezóně. Prahy si lze ladit podle lokality a fenologie.

Co dělá skript

1. AOI z nakreslené geometry

- Načteme oblast zájmu, vycentrujeme mapu a vykreslíme obrys.
- *Proč:* jistota, že vše počítáme nad správným územím.

2. Parametry období (rok + od-do)

- Nastavíme vegetační sezónu (např. 1. 5. – 30. 9.).
- *Proč:* fenologie výrazně ovlivňuje indexy; období určuje, co chceme zachytit (růst vs. sklizeň).

3. Maskování oblaků (SCL)

- Ze Sentinel-2 odstraníme mraky, stíny, cirry a sníh pomocí třídy SCL.
- *Proč:* oblačnost je největší zdroj chyb; maska čistí data pro agregaci.

4. Sezónní kompozit (medián)

- V daném období z pixelů uděláme medián a ořízneme na AOI.
- *Proč:* medián tlumí extrémy (zbytky oblaků, jednotlivé odlehlé hodnoty) a dává „typický“ stav sezóny.

5. Přejmenování pásem

- Spektrálním pásmům dáme čitelná jména (blue, green, red, re1, ..., swir2).
- *Proč:* výrazně zpřehlední výpočet indexů (kratší a bezpečnější vzorce).

6. Výpočet indexů

- Spočítáme NDRE, Clre/Clgreen, MCARI, TCARI, PSRI, GVMi, MSI, BSI, SATVI, NBR2 a Tasseled Cap.
- *Proč:* každý index zdůrazní jiné vlastnosti porostu/povrchu; z kombinace se dělají pravidla.

7. TCARI jen nad vegetací (NDVI>0.2)

- TCARI vizualizujeme po masce NDVI a můžeme lehce vyhladit (focal_median) pro čitelnost.
- *Proč:* TCARI samotný na řídké vegetaci/půdě „šumí“; maska omezí půdní vliv.

8. Heuristická maska CROP_ADV

- Aplikujeme prahy na NDRE/TCARI/GVMi/MSI/BSI a vytvoříme binární masku „aktivních plodin“.
- *Proč:* srozumitelný baseline; studenti si mohou prahy ladit podle histogramu a vizuální kontroly.

9. Načtení referencí – ESRI LULC a Dynamic World (DW)

- ESRI: mozaikujeme globální 10 m mapu; DW: bereme roční **mód** třídy label (0–8).
- *Proč:* dvě nezávislé reference – jedna spíše „statická“ (ESRI), druhá **časově blízká** (DW).
- Přidán „guard“ na prázdnou kolekci DW (u malého AOI/krátkého období může být bez dat).

10. Neshoda (XOR) DW cropland vs. CROP_ADV

- Vytvoříme masku DW cropland (=5), obě masky doplníme unmask(0) a použijeme **nerovnost** .neq() jako XOR.
- *Proč:* zobrazí pixely, kde se DW a naše pravidla rozcházejí → místa pro diskusi/ladění.

11. Legendy + histogram + plošné statistiky

- Přidáme legendy pro spojitě a kategoriálně vrstvy, NDRE histogram (celé AOI) a součty ploch podle tříd/masek.
- *Proč:* bez čísel a rozsahů se špatně interpretuje; histogram pomůže volit prahy.

*****/

// ----- AOI z nakreslené geometry -----

```
if (typeof geometry === 'undefined') {
```

```
  throw new Error('Nenalezena proměnná "geometry". Nakreslete v mapě polygon/obdélník a  
  spusťte znovu.');
```

```
}
```

```
var aoi = geometry;
```

```
Map.centerObject(aoi, 10);
```

```
Map.addLayer(ee.Image().paint(aoi, 0, 2), {palette:['#ff0000']}, 'AOI obrys');
```

// ----- AIRBAG: ochrana proti undefined -----

```
var EMPTY = ee.Image(0).updateMask(ee.Image(0));
```

```
function safeImage(img, name, bandName) {
```

```
  if (typeof img === 'undefined') {
```

```
    print('WARN: "' + name + '" je undefined → nahrazuji prázdným obrazem.');
```

```
    return EMPTY.rename(bandName || name || 'band');
```

```
  }
```

```
  return ee.Image(img);
```

```
}
```

```
function safeBool(img, name) {
```

```
  return safeImage(img, name).rename(name || 'mask');
```

```
}
```

// ----- Parametry období -----

```
var rok = '2021';
```

```
var od = '05-01';
```

```
var do_ = '09-30';
```

// ----- Maskování oblaků (S2 SCL) -----

```

function maskujS2(img){
  var scl = img.select('SCL');
  var maska = scl.neq(3) // cloud shadow
    .and(scl.neq(8))    // cloud
    .and(scl.neq(9))    // high-prob cloud
    .and(scl.neq(10))   // cirrus
    .and(scl.neq(11));  // snow/ice
  return img.updateMask(maska);
}

// ----- Kompozit S2 -----
function kompozitS2(aoiGeom, rokStr, odMD, doMD){
  return ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterBounds(aoiGeom)
    .filterDate(rokStr + '-' + odMD, rokStr + '-' + doMD)
    .map(maskujS2)
    .median()
    .clip(aoiGeom);
}

// ----- Pokročilé indexy -----
function pridejIndexy(B){
  var NDRE = B.expression('(nir - re1) / (nir + re1)', {nir:B.select('nir'),
re1:B.select('re1')}).rename('NDRE');

  var Clgreen = B.expression('(nir / green) - 1', {nir:B.select('nir'),
green:B.select('green')}).rename('Clgreen');

  var Clre = B.expression('(nir / re1) - 1', {nir:B.select('nir'),
re1:B.select('re1')}).rename('Clre');

  var MCARI = B.expression(
    '((re1 - red) - 0.2 * (re1 - green)) * (re1 / red)',
    {re1:B.select('re1'), red:B.select('red'), green:B.select('green')}
  )
}

```

```

).rename('MCARI');

var TCARI = B.expression(
  '3 * ((re1 - red) - 0.2 * (re1 - green) * (re1 / red))',
  {re1:B.select('re1'), red:B.select('red'), green:B.select('green')}
).rename('TCARI');

var PSRI = B.expression('(red - green) / re2', {red:B.select('red'), green:B.select('green'),
re2:B.select('re2')}).rename('PSRI');

var GVMI = B.expression('((nir + 0.1) - (swir1 + 0.02)) / ((nir + 0.1) + (swir1 + 0.02))',
{nir:B.select('nir'), swir1:B.select('swir1')}).rename('GVMI');

var MSI = B.expression('swir1 / nir', {swir1:B.select('swir1'), nir:B.select('nir')}).rename('MSI');

var BSI = B.expression('((swir1 + red) - (nir + blue)) / ((swir1 + red) + (nir + blue))',
{swir1:B.select('swir1'), red:B.select('red'), nir:B.select('nir'),
blue:B.select('blue')}).rename('BSI');

var SATVI = B.expression('((swir1 - red) / (swir1 + red + 0.5)) * 1.5', {swir1:B.select('swir1'),
red:B.select('red')}).rename('SATVI');

var NBR2 = B.expression('(swir1 - swir2) / (swir1 + swir2)', {swir1:B.select('swir1'),
swir2:B.select('swir2')}).rename('NBR2');

// Tasseled Cap (didaktické koeficienty)

var bandsTC = B.select(['blue','green','red','re1','re2','re3','nir','nirn','swir1','swir2']);

var koef = {
  Bright:[0.3037,0.2793,0.4743,0.5585,0.5082,0.1863,0.1068,0.1596,0.2626,0.2549],
  Green :[-0.2848,-0.2435,-0.5436,-0.7243,-0.0840,0.1800,0.5436,0.5809,-0.1800,-0.1626],
  Wet  :[0.1509,0.1973,0.3279,0.3406,0.7112,0.4572,-0.3386,-0.3113,-0.6038,-0.5316]
};

function tc(comp){ return
bandsTC.multiply(ee.Image.constant(koef[comp])).reduce(ee.Reducer.sum()).rename('TC_'+comp); }

var TC_B = tc('Bright'), TC_G = tc('Green'), TC_W = tc('Wet');

return NDRE.addBands([CIre, CIgreen, MCARI, TCARI, PSRI, GVMI, MSI, BSI, SATVI, NBR2,
TC_B, TC_G, TC_W]);

```

```
}
```

```
// ----- Pomocné: plocha tříd -----
```

```
function plochyTrid(img, aoiGeom){  
  return ee.Image.pixelArea().addBands(img).reduceRegion({  
    reducer: ee.Reducer.sum().group({groupField:1, groupName:'class'}),  
    geometry: aoiGeom, scale: 10, maxPixels: 1e13  
  });  
}
```

```
// ----- Legendy -----
```

```
function addLegendContinuous(title, palette, min, max){  
  var panel = ui.Panel({style:{position:'bottom-left', padding:'8px'}});  
  panel.add(ui.Label(title, {fontWeight:'bold'}));  
  var gradient = ee.Image.pixelLonLat().select(0).multiply((max-min)/100.0).add(min)  
    .visualize({min:min, max:max, palette:palette});  
  panel.add(ui.Thumbnail({image: gradient, params:{bbox:[0,0,100,8], dimensions:'100x8'}}));  
  panel.add(ui.Panel([  
    ui.Label(min.toString(), {margin:'4px 8px 0 0'}),  
    ui.Label((((min+max)/2).toFixed(2), {margin:'4px 8px 0 0', textAlign:'center',  
stretch:'horizontal'}),  
    ui.Label(max.toString(), {margin:'4px 0 0 8px'})  
  ], ui.Panel.Layout.flow('horizontal', {stretch:'horizontal'}));  
  ui.root.add(panel);  
  return panel;  
}
```

```
function addLegendCategorical(title, items){  
  var panel = ui.Panel({style:{position:'bottom-left', padding:'8px'}});  
  panel.add(ui.Label(title, {fontWeight:'bold'}));  
  items.forEach(function(it){  
    var sw = ui.Label(' ', {backgroundColor: it.color, padding:'8px', margin:'0 8px 4px 0'});
```

```

    var lb = ui.Label(it.label, {margin:'0 0 4px 0'});

    panel.add(ui.Panel([sw, lb], ui.Panel.Layout.flow('horizontal')));
  });
  ui.root.add(panel);
  return panel;
}

// ----- Pomocná: součet plochy (m2) -----
function areaSum(mask) {
  return ee.Image.pixelArea().updateMask(mask).reduceRegion({
    reducer: ee.Reducer.sum(), geometry: aoi, scale: 10, maxPixels: 1e13
  });
}

// ===== HLAVNÍ TOK =====

// Sentinel-2 kompozit + RGB
var s2 = kompozitS2(aoi, rok, od, do_);
Map.addLayer(s2.select(['B4','B3','B2']), {min:0, max:3000}, 'Sentinel-2 RGB');

// Pásma pro indexy
var B = s2.select(['B2','B3','B4','B5','B6','B7','B8','B8A','B11','B12'],
  ['blue','green','red','re1','re2','re3','nir','nirn','swir1','swir2']);

// Indexy
var idx = pridejIndexy(B);
var NDRE = idx.select('NDRE');
var TCARI = idx.select('TCARI');
var GVMI = idx.select('GVMI');
var MSI = idx.select('MSI');
var BSI = idx.select('BSI');

```

```

// NDVI pro masku vegetace (TCARI zobrazíme jen nad vegetací)
var NDVI = s2.normalizedDifference(['B8','B4']).rename('NDVI');
var TCARI_veg = TCARI.updateMask(NDVI.gt(0.2)).clamp(0, 30).focal_median(1);

// Vizualizace indexů + legendy
Map.addLayer(NDRE, {min:0, max:0.5}, 'NDRE (chlorofyl)');
Map.addLayer(TCARI_veg, {min:0, max:30}, 'TCARI (jen vegetace)');
Map.addLayer(GVMI, {min:-0.2,max:0.8}, 'GVMI (voda v porostu)');
Map.addLayer(BSI, {min:-0.5,max:0.5}, 'BSI (holá půda)');

addLegendContinuous('NDRE', ['#0000ff','#00ffff','#00ff00','#ffff00','#ff0000'], 0, 0.5);
addLegendContinuous('TCARI', ['#0000ff','#00ffff','#00ff00','#ffff00','#ff0000'], 0, 30);

// NDRE stat + jednoduchý histogram (stabilní API: image, region, scale)
var ndreStats = NDRE.reduceRegion({reducer: ee.Reducer.minMax(), geometry: aoi, scale: 10,
maxPixels: 1e13});
print('NDRE min/max:', ndreStats);
print(
  ui.Chart.image.histogram(NDRE, aoi, 10)
  .setOptions({title: 'NDRE histogram (AOI)', legend: {position: 'none'}})
);

// Heuristická maska orné půdy (bez OSAVI)
var CROP_ADV = NDRE.gt(0.12)
  .and(TCARI.gt(2))
  .and(GVMI.gt(0.2))
  .and(MSI.lt(2))
  .and(BSI.lt(0.05))
  .selfMask()
  .rename('CROP_ADV');

```

```

Map.addLayer(CROP_ADV, {palette:['#ff8800']}, 'CROP_ADV (heuristika)');

// ----- ESRI LULC (mosaic) -----

var ESRI_PALETTE =
['#1A5BAB','#358221','#A7D282','#87D19E','#FFDB5C','#EECF8','#ED0200','#EDE9E4','#F2FAFF','#C
8C8C8'];

var esri = ee.ImageCollection('projects/sat-io/open-datasets/landcover/ESRI_Global-
LULC_10m')

    .mosaic().clip(aoi);

esri = safeImage(esri, 'esri', 'lulc');

Map.addLayer(esri, {min:1, max:10, palette: ESRI_PALETTE}, 'ESRI LULC 10m');

// ----- Dynamic World – bezpečné načtení -----

var DW_PALETTE =
['#419BDF','#397D49','#88B053','#7A87C6','#E49635','#DFC35A','#C4281B','#A59B8F','#B39FE1'];

var dwCol = ee.ImageCollection('GOOGLE/DYNAMICWORLD/V1')

    .filterBounds(aoi)

    .filterDate(rok + '-01-01', rok + '-12-31');

print('DW: počet snímků v období/AOI:', dwCol.size());

var dw = ee.Image(ee.Algorithms.If(
    dwCol.size().gt(0),
    dwCol.select('label').mode().clip(aoi),
    EMPTY.rename('label')
));

var dwSafe = safeImage(dw, 'dw', 'label');

Map.addLayer(dwSafe, {min:0, max:8, palette: DW_PALETTE}, 'Dynamic World (label)');

// Legenda pro DW

addLegendCategorical('Dynamic World', [
    {label:'Water (0)',    color:'#419BDF'},
    {label:'Trees (1)',    color:'#397D49'},

```

```

{label:'Grass (2)', color:'#88B053'},
{label:'Flooded veg (3)', color:'#7A87C6'},
{label:'Built (4)', color:'#E49635'},
{label:'Cropland (5)', color:'#DFC35A'},
{label:'Shrub/scrub (6)', color:'#C4281B'},
{label:'Bare (7)', color:'#A59B8F'},
{label:'Snow/ice (8)', color:'#B39FE1'}
]);

// ----- Plošné statistiky tříd -----
print('ESRI – plocha tříd [m2]', plochyTrid(esri, aoi));
print('DW – plocha tříd [m2]', plochyTrid(dwSafe, aoi));

// ----- Neshoda DW cropland vs. CROP_ADV – XOR přes .neq() -----
var cropSafe = safeBool(CROP_ADV, 'CROP_ADV');

var dwCrop = dwSafe.eq(5).rename('DW_CROP').selfMask();
// XOR jako nerovnost dvou 0/1 masek (unmask zajistí 0 místo no-data)
var neshoda = dwCrop.unmask(0).neq(cropSafe.unmask(0)).selfMask();
Map.addLayer(neshoda, {palette:['#ff00ff']}, 'Neshoda: DW cropland ⊕ CROP_ADV');

// ----- Plochy masek -----
print('DW cropland plocha [m2]', areaSum(dwCrop));
print('CROP_ADV plocha [m2]', areaSum(cropSafe));
print('NESHODA (XOR) plocha [m2]', areaSum(neshoda));

```