

NOVÉ NÁSTROJE NA MONITOROVANIE BIOTOPOV NATURA2000 V SOFTVÉRI NATURASAT

Ivana Piačková

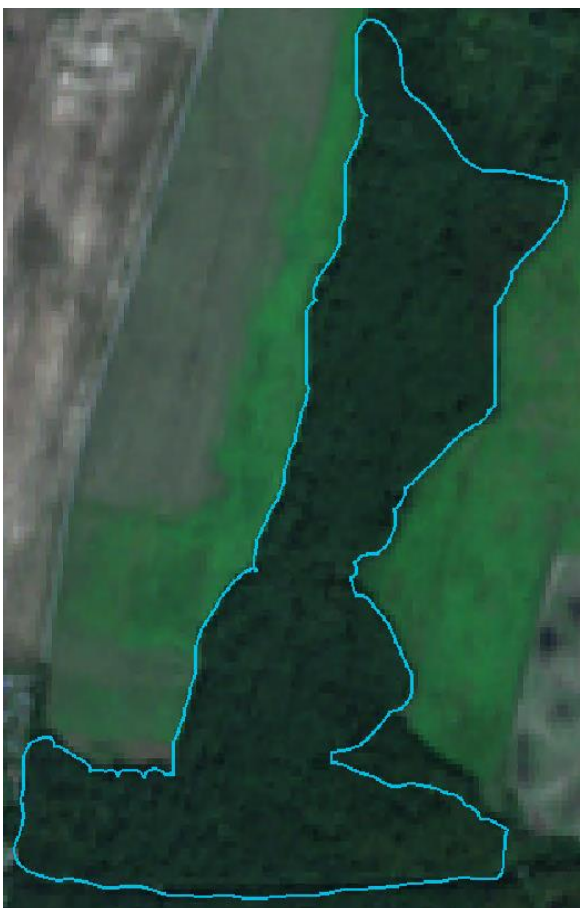
Motivácia

Natura 2000 je európska sústava chránených území, ktorej cieľom je zachovať a ochraňovať prírodné dedičstvo štátov EÚ [7]. Štáty majú povinnosť monitorovať a zaznamenávať zmeny týchto biotopov.

Cieľom našej práce bolo preskúmať možnosti monitorovania biotopov pomocou satelitných snímok z misie Sentinel-2 [6] a vytvoriť program NaturaSatMonitoring, ako doplnok k softvéru NaturaSat [5], ktorý bude takéto monitorovanie vykonávať. V druhej časti práce sme sa venovali zlepšeniu klasifikácie biotopov v softvéri NaturaSat. Zlepšenie klasifikačného modelu sme sa snažili dosiahnuť pridaním dát o nadmorskej výške do priestoru vlastností, na základe ktorého dochádza ku klasifikácii.

Obálka krivky

Biotopy vstupujú do programu v podobe segmentačných kriviek. Krivky, s ktorými sme pracovali, sme získali pomocou automatickej a semi-automatickej segmentácie v softvéri NaturaSat [3, 4]. Tieto krivky sú dané zoznamom definovaných GPS polohami bodov. V programe pracujeme s transformovanými UTM súradnicami upravenými do cieľového 10 m rozlíšenia.



Segmentačná krivka biotopu 91E0 ned'aleko Vysokej pri Morave

Pri výpočte štatistík potrebujeme dáta zo satelitnej snímky, pričom sa zameriavame len na obálku krivky. Obálka krivky je najmenší obdĺžnik obsahujúci celú krivku daný minimom a maximom v oboch súradnicových smeroch.

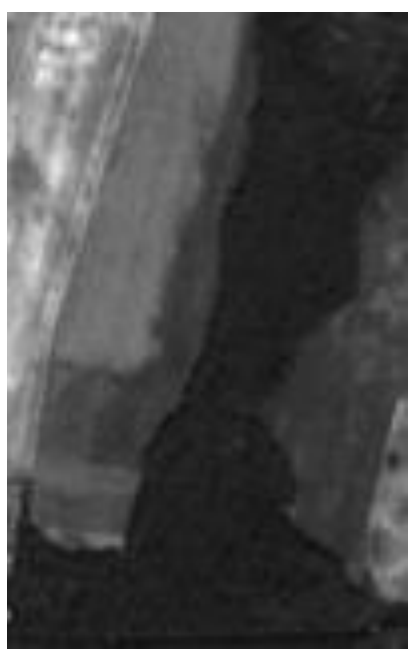
$$\text{envMin}X = \min_{0 \leq i < n} (x_i)$$

$$\text{envMin}Y = \min_{0 \leq i < n} (y_i)$$

$$\text{envMax}X = \max_{0 \leq i < n} (x_i)$$

$$\text{envMax}Y = \max_{0 \leq i < n} (y_i)$$

Dáta vo vnútri obálky krivky načítame pomocou funkcie RasterIO knižnice GDAL.



Dáta vo vnútri obálky krivky pre biotop vo Vysokej pri Morave z optických kanálov s rôznym rozlíšením

Maska krivky

Štatistiky chceme vypočítať len z hodnôt vo vnútri krivky. Na identifikáciu pixelov slúži maska krivky, ktorá priradí pixelom vo vnútri krivky hodnotu 1 a pixelom mimo krivky hodnotu 0. Na jej vytvorenie sme implemetovali dva algoritmy – kontrolu vnútorných pixelov a nami modifikovaný scanline algoritmus.

Kontrola vnútorných pixelov

Algoritmus kontroluje každý pixel, či sa nachádza vo vnútri krivky. Pixel je vnútorný, ak horizontálna priamka prechádzajúca jeho stredom má s krivkou napravo aj naľavo od pixelu nepárny počet priesečníkov.

Pre aktuálny pixel sa prechádzajú dvojice po sebe nasledujúcich bodov krivky, ktoré definujú úsečku s rovnicou:

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x + x_1) + y_1$$

Ak existuje priesečník tejto úsečky s horizontálnou priamkou, tak si vypočítame jeho x-ovú súradnicu:

$$\bar{x} = \frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{y_2 - y_1} - \bar{y} \frac{x_1 - x_2}{y_2 - y_1}$$

Určíme počet priesečníkov napravo od pixelu. Ak je nepárny, priradíme pixelu hodnotu 1 a ak je páry, tak hodnotu 0.

Modifikovaný scanline algoritmus

Scanline algoritmus [1] slúži na jednofarebné vyplnenie oblasti s polygonálnou hranicou. Jeho nevýhodou je, že nefunguje, ak sa v

jednom pixeli nachádza viac bodov hraničnej krivky, preto sme navrhli jeho modifikáciu.



Maska krivky vytvorená modifikovaným scanline algoritmom pre biotop vo Vysokej pri Morave pre optické kanály s rôznym rozlíšením

Najprv si pripravíme hrany, ktoré zodpovedajú segmentačnej krivke a potom naplníme pole hrán. Pole hrán obsahuje pre každú hranu navyše informáciu o počte riadkov, do ktorých hrana zasahuje Δy , o x-ovej súradnici priesečníka s horizontálnou priamkou prechádzajúcou spodným okrajom aktuálneho riadku x a o prevrátenej hodnote smernice w .

V cykle prechádzame poľom hrán a ak sa v danom riadku nejaká hrana začína, tak ju vložíme do poľa aktívnych hrán. Z poľa aktívnych hrán vyberieme tie hrany, ktoré majú priesečník s horizontálnou priamkou prechádzajúcou stredom aktuálneho riadku a ďalej pracujeme len s nimi. Zoradíme ich vzostupne podľa x-ovej súradnice priesečníka a zistíme počet pixelov n , ktoré sa nachádzajú medzi dvojicami priesečníkov. Ak je n nenulové, tak všetkým pixelom medzi nimi, okrem okrajových, priradíme hodnotu 1.

Pre identifikáciu okrajových pixelov najprv určíme priesečníky príslušných hrán s horizontálnou priamkou prechádzajúcou stredom pixela. Dostaneme nové priesečníky – pre ľavý okraj $xLeft$ a pre pravý okraj $xRight$. Nech x je index ľavého okrajového bodu, potom okrajové pixely identifikujeme ako vnútorné, ak platia nasledujúce nerovnosti:

$$x + \frac{1}{2} \geq xLeft \quad x + n + \frac{1}{2} \leq xRight$$

Nakoniec sa upraví hodnoty hrán v poli aktívnych hrán, y sa zväčší o 1 a cyklus sa opakuje.

Výpočet štatistík

Program NaturaSatMonitoring ponúka možnosť výpočtu štyroch štatistických hodnôt: stredná hodnota, smerodajná odchýlka, minimum a maximum. Dáta, s ktorými pracujeme, sú diskrétnej povahy, preto pre výpočet strednej hodnoty a smerodajnej odchýlky použijeme vzťahy:

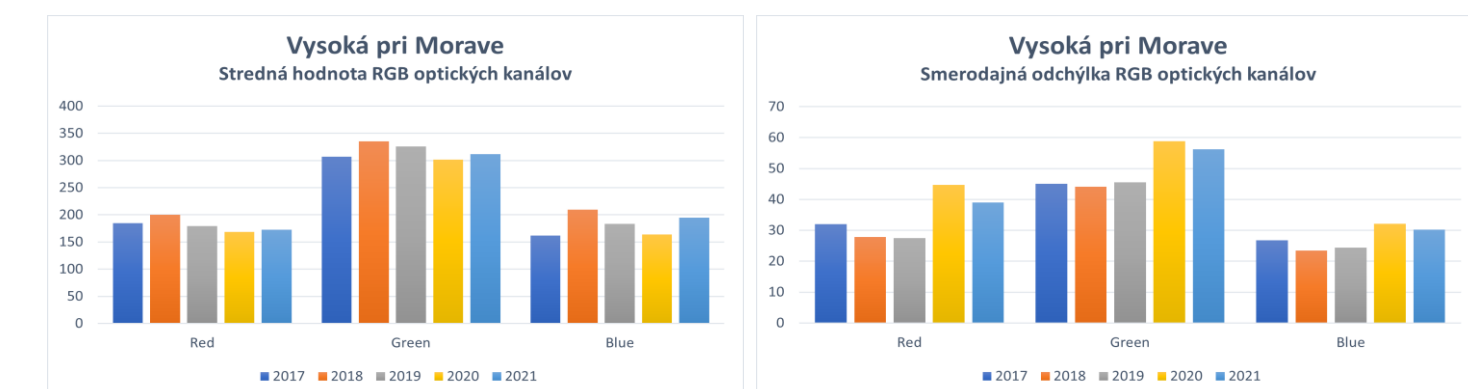
$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N x_i \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Štatistiky sa počítajú len vzhľadom na hodnoty, ktorým v maske prislúcha hodnota 1.

Numerické experimenty

Program NaturaSatMonitoring sme aplikovali pri monitorovaní 124 biotopov z oblasti Západného Slovenska. Monitorovali sme ich v priebehu rokov 2017-2021 a použili sme naň satelitné snímky zo septembra každého roku. Hľadali sme biotopy, v ktorých došlo k výrazným zmenám predovšetkým červeného, zeleného a modrého optického kanálu, ktoré sú najľahšie interpretovateľné.

Jedným z týchto biotopov je biotop Vysoká pri Morave typu 91F0 – lužné dubovo-brestovo-jaseňové lesy okolo nížinných riek. K výraznej zmene došlo predovšetkým medzi rokmi 2019 a 2020.



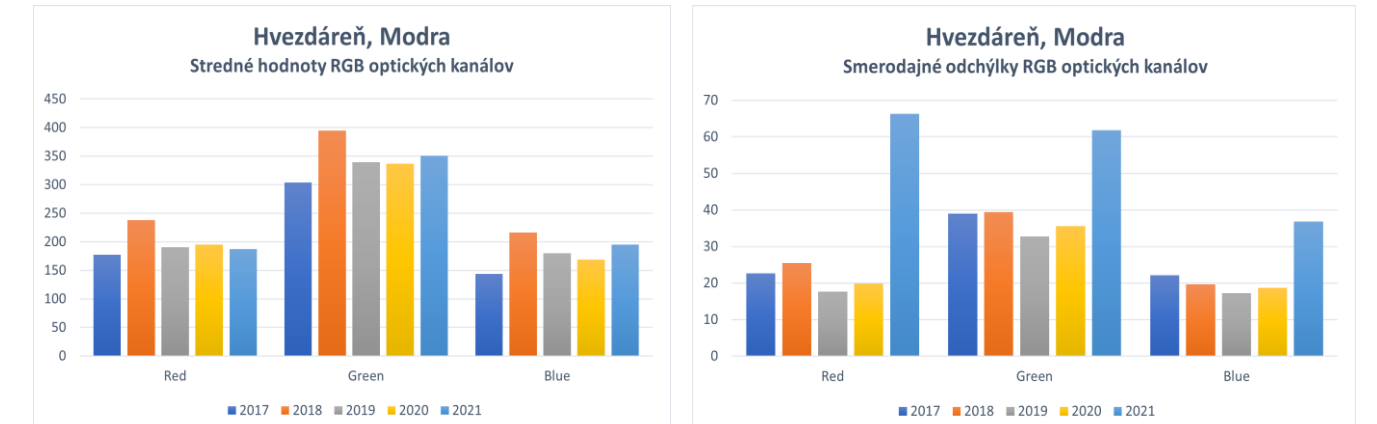
Porovnanie stredných hodnôt a smerodajných odchýlok červeného, zeleného a modrého optického kanálu medzi rokmi 2017 a 2021

Na záberoch zo satelitných snímok vidíme, že táto zmena v štatistikách bola spôsobená výrubom v ľavej hornej časti biotopu.

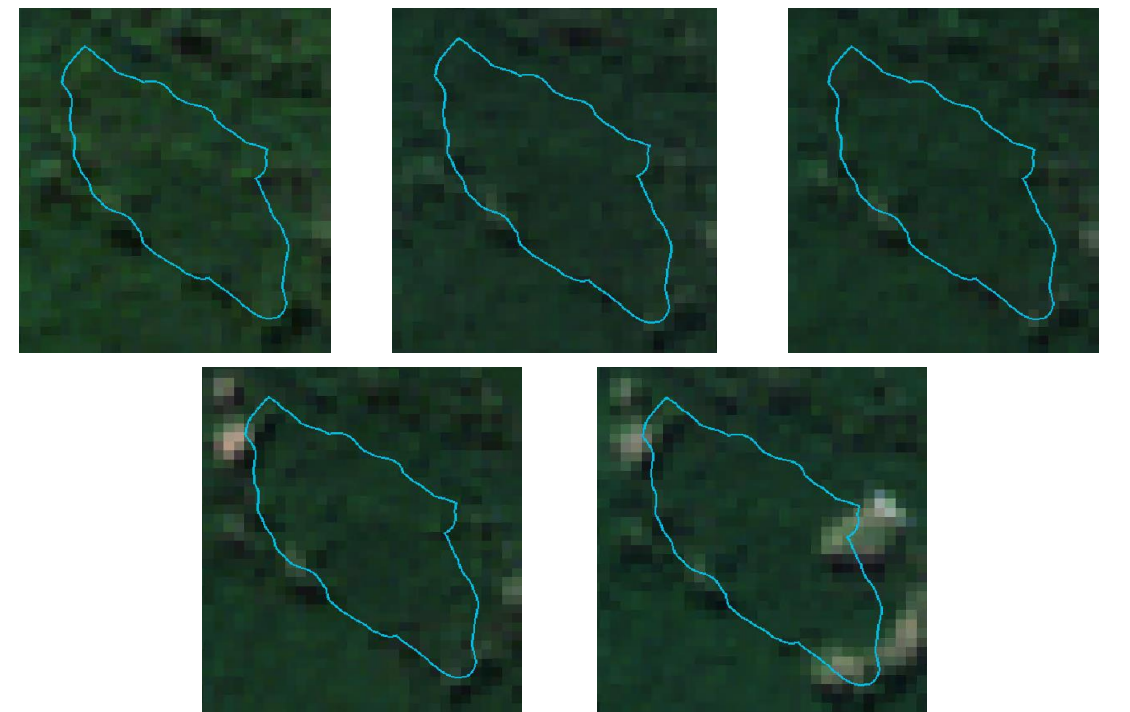


Oblasť biotopu Vysoká pri Morave v priebehu rokov 2017-2021

Ďalším biotopom je biotop pri hvezdárni v Modre typu 9110 – kyslomilné bukové lesy, na ktorom sme pozorovali výrazné zmeny medzi rokmi 2020 a 2021. Satelitné snímky ukázali, že boli spôsobené výrubom alebo výstavbou v pravej časti biotopu.



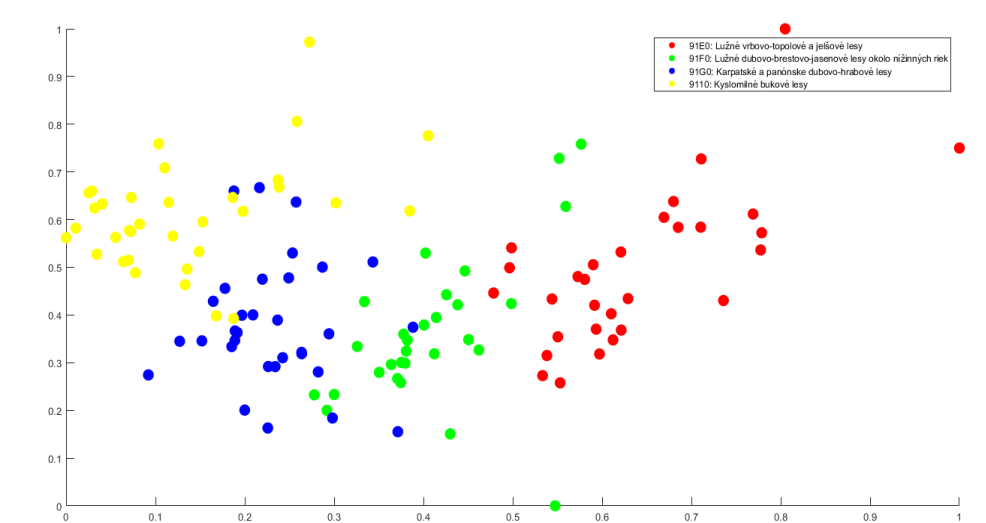
Porovnanie stredných hodnôt a smerodajných odchýlok červeného, zeleného a modrého optického kanálu medzi rokmi 2017 a 2021



Oblasť biotopu Hvezdáreň, Modra v priebehu rokov 2017-2021

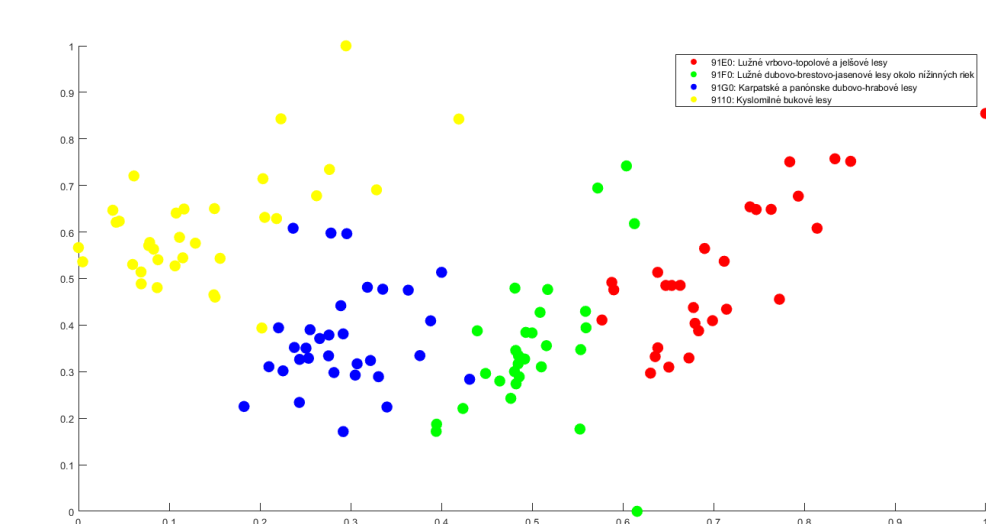
Rozšírenie priestoru vlastností pre klasifikáciu biotopov

Klasifikácia biotopov prebieha na základe vektora štatistických hodnôt vypočítaných z jednotlivých optických kanálov satelitnej snímky. Tieto štatistické hodnoty tvoria 68-rozmerný priestor vlastností, ktorého dimenziu následne redukuje pomocou analýzy hlavných komponentov (PCA). Tento priestor sme sa snažili rozšíriť o ďalšie relevantné informácie – štatistiky vypočítané z nadmorských výšok v bodoch satelitnej snímky.



Zobrazenie bodov siete patriacich do štyroch skupín biotopov (odlíšené farebne) v novom súradnicovom systéme získanom pomocou analýzy hlavných komponentov

Digitálny výškový model sme získali z medzinárodného projektu SRTM [2]. Pridaním nadmorskej výšky sme priestor vlastností rozšírili o štyri nové hodnoty, t.j. pracujeme so 72-rozmerným priestorom. Ten sme pomocou PCA zredukovali na dvojrozmerný. Zobrazenie bodov siete pre tento priestor ukazuje, že jednotlivé skupiny biotopov sú viac oddelené, preto predpokladáme, že biotopy budú klasifikované s vyššou úspešnosťou. Potvrdilo to ladenie tréningovej vzorky, kedy sa správne zaradilo 117 zo 125 biotopov, zatiaľ čo bez výškového modelu sa správne zaradilo len 105 biotopov.



Zobrazenie bodov siete patriacich do štyroch skupín biotopov (odlíšené farebne) v novom súradnicovom systéme získanom pomocou analýzy hlavných komponentov, ktorý navyše obsahuje štatistické vlastnosti z výškovému modelu

Referencie

- [1] BOUKNIGHT, W.J. *An improved procedure for generation of half-tone computer graphics presentations*. 1969-09. University of Illinois, Coordinated Science Laboratory.
- [2] JET PROPULSION LABORATORY, CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY. *Shuttle Radar Topography Mission* [https://www2.jpl.nasa.gov/srtm].
- [3] MIKULA, K.; URBÁN, J.; KOLLÁR, M.; AMBROZ, M.; JAROLÍMEK, I.; ŠIBÍK, J.; ŠIBÍKOVÁ, M. *An automated segmentation of NATURA 2000 habitats from Sentinel-2 optical data*. Discrete & Continuous Dynamical Systems. 2021, roč. 14, s. 1017–1032.
- [4] MIKULA, K.; URBÁN, J.; KOLLÁR, M.; AMBROZ, M.; JAROLÍMEK, I.; ŠIBÍK, J.; ŠIBÍKOVÁ, M. *Semi-automatic segmentation of NATURA 2000 habitats in Sentinel-2 satellite images by evolving open curves*. Discrete & Continuous Dynamical Systems. 2021, roč. 14, s. 1033–1046.
- [5] MIKULA, K.; ŠIBÍKOVÁ, M.; AMBROZ, M.; KOLLÁR, M.; OŽVAT, A.A.; URBÁN, J.; JAROLÍMEK, I.; ŠIBÍK, J. *NaturaSat—A Software Tool for Identification, Monitoring and Evaluation of Habitats by Remote Sensing Techniques*. Remote Sensing. 2021, roč. 13, č. 17.
- [6] THE EUROPEAN SPACE AGENCY. *Sentinel-2* [https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2].
- [7] ŠTÁTNÁ OCHRANA PRÍRODY SR. *Natura 2000 - Sústava chránených území členských krajín EÚ* [http://www.soprs.sk/natura].



Pedagóg: Ing. Michal Kollár, PhD.

Poslucháčka: Ivana Piačková

Akademický rok: 2021/2022

Študijný program: Matematicko-počítačové modelovanie

BAKALÁRSKA PRÁCA

Nové nástroje na monitorovanie biotopov Natura 2000 v softvéri NaturaSat