

Monitoring využívania vinohradníckych plôch: prípadová štúdia Modra (Slovensko)

Lukáš KARLÍK, Marián GÁBOR, Vladimír FALŤAN, †Viliam LAUKO

Monitoring of vineyards utilization: case study Modra (Slovakia)

Abstract: *Semi-automatized remote sensing tools have considerable potential in precision agriculture. These methods can be used for exact localization of viticultural areas, their structures and in many other applications. In the paper, we draft a set of rules for object-oriented image classification with the aim to classify vineyard rows in selected viticultural areas, which are internal parts of the official Slovak viticultural register. The presented work is divided into 4 subparts, such as image pre-processing, image segmentation, vineyard row classification and the final evaluation of the classification with emphasis on vineyards utilization. The result is a complex evaluation of vineyard areas utilization in Modra, where 72,7% of total vineyard areas are in use, 27,3% are recently abandoned vineyards and 6% classified as a different land cover class.*

Keywords: *Modra vineyard region, Object-based image classification, Row detection, Slovak viticultural register*

Úvod

Kultivácia viniča a výroba vína majú na území Slovenskej republiky veľmi dlhú tradíciu kontinuálne siahajúcu z čias keltského osídlenia až po súčasnosť. Charakter produkcie sa v rôznych historických epochách menil predovšetkým vplyvom socioekonomických zmien. Súčasný stav vinohradníctva na Slovensku je podobne ako vo všetkých krajinách bývalého východného bloku ovplyvnený politickými zmenami. Zmena na trhovo-orientované hospodárenie po roku 1989 z pôvodne centrálne plánovaného hospodárenia priniesla mnohé problémy pre subjekty hospodáriace na vinohradníckych plochách. Domáca produkcia nebola konkurencieschopná a adaptabilná na nové trhy, zároveň sa zvyšoval import lacných vín z krajín tretieho sveta, rástol nezáujem predovšetkým mladých ľudí o prácu v poľnohospodárstve, zaniklo množstvo poľnohospodárskych družstiev obhospodarujúcich vinohrady a upadla činnosť výskumných ústavov venujúcich sa poľnohospodárstvu (Libant 2009, Lieskovský et al. 2013). Problémom vedúcim k opúšťaniu vinohradov viedli aj komplikované vlastnícke vzťahy jednotlivých parciel vinohradov. Tie majú vplyvom nedokončených pozemkových úprav nejasný chod hraníc a často aj vlastníctvo. Táto skutočnosť často odrádza potenciálnych záujemcov o kúpu opusteného vinohradu nadobudnúť takéto plochy, nakoľko ich je časovo i finančne náročné vysporiadať (Muchová et al. 2015, 2016). K nárastu podielu opustených vinohradníckych plôch v podmienkach Slovenska prispel aj vstup Slovenskej republiky do EÚ, nakoľko dotačná politika EÚ preferuje podporu predovšetkým malých fariem na úkor subjektov hospodáriacich na veľkých plochách (Blažík et al. 2011). Okrem toho sa Slovenská republika zaviazala pri predvstupových podmienkach, že zredukuje plochy vinohradov na 22 000 ha (Libant 2009), pričom naopak v susednej Českej republike bola výsadba vinohradov Európskou úniou dotovaná a plochy vinohradov sa po vstupe ČR do EÚ zväčšovali (Svobodová et al. 2014).

Po roku 1989 došlo však aj k pozitívnym zmenám vinohradníctva na Slovensku. Slovenské vína získavajú ocenenia a prestíž medzi svetovou konkurenciou, nakoľko otvorením sa svetu súčasná mladšia a moderná generácia vinárov získala množstvo nových poznatkov, techník a postupov v zahraničí. Vzhľadom na charakter vinohradníctva v našich podmienkach sa vinári začínajú čoraz viac orientovať na kvalitatívne hodnotnú produkciu, čo vyžaduje okrem moderných technologických postupov, najnovších vedomostí, marketingových aktivít aj zvládnutie techník precízneho poľnohospodárstva, ktorého základom je presná a aktuálna databáza vinohradníckych plôch, ktorá okrem presných polohových informácií vinohradu zahŕňa informácie o terroir (geologické podmienky, pôdno-substrátové podmienky, topografické resp. topoklimatické podmienky, údaje o výsadbe, podniku, odrode, typu vedenia, názve plochy a pod.) (Barmley et al. 2011). Súčasné zaužívané databázy bývajú tvorené pre parcely vinohradov a údaje o jednotlivých radoch úplne absentujú. V podmienkach Slovenskej republiky existuje takzvaný vinohradnícky register, ktorého údaje často nie sú aktualizované vzhľadom na stav vinohradníckej plochy (Lieskovský et al. 2013).

V posledných rokoch sa pri hodnotení priestorovej štruktúry krajiny okrem výskumu dlhodobého vývoja a krajinných metrík s využitím expertnej interpretácie (Olah et al. 2006, Moyses a Boltižiar 2011) viac začínajú používať aj polo-automatizované a automatizované metódy. Aplikácií postupov objektovo-orientovanej analýzy obrazu v prostredí viníc sa venuje v súčasnej dobe stále väčšie množstvo autorov: Puletti et al. (2014), Comba et al. (2015), Nolan et al. (2015), Karakizi et al. (2016), pričom práce sú prevažne zamerané na detekciu radov viniča alebo odrodového zloženia v intenzívne využívaných vinohradoch, pričom analýza stavu využívania vinohradníckych oblastí v súčasnej dobe absentuje.

Podľa našej vedeckej hypotézy by mali byť intenzívne využívané vinohrady zo snímok jasne vizuálne identifikovateľné ako areály s relatívne homogénnymi radmi viniča a opustené vinohrady budú mať nepravidelnú mozaikovitú štruktúru ovplyvnenú prebiehajúcou sukcesiou. Plochy, ktoré sú vedené v registri vinohradov a nebudú v nich identifikované žiadne rady budeme považovať za dlhodobo nevyužívanú plochu patriace do inej triedy krajinskej pokrývky ako do využívaných viníc, ktoré sú tvorené typickými morfológickými črtami (Lieskovský et al. 2013).

Na overenie hypotézy sme sformulovali hlavný cieľ práce, ktorým je zhodnotiť súčasný stav využívania vybraných vinohradníckych plôch registrovaných vo vinohradníckom registri na príklade vinohradov lokalizovaných v katastrálnom území mesta Modra.

Sekundárnym cieľom práce je identifikovať využívané vinohradnícke plochy a vytvoriť vektorovú vrstvu konkrétnych radov vinohradov, ktorá by bola použiteľná na vytvorenie štruktúry detailnej, na radoch založenej databázy registra vinohradov na Slovensku.

Metodika a dáta

Opis záujmového územia

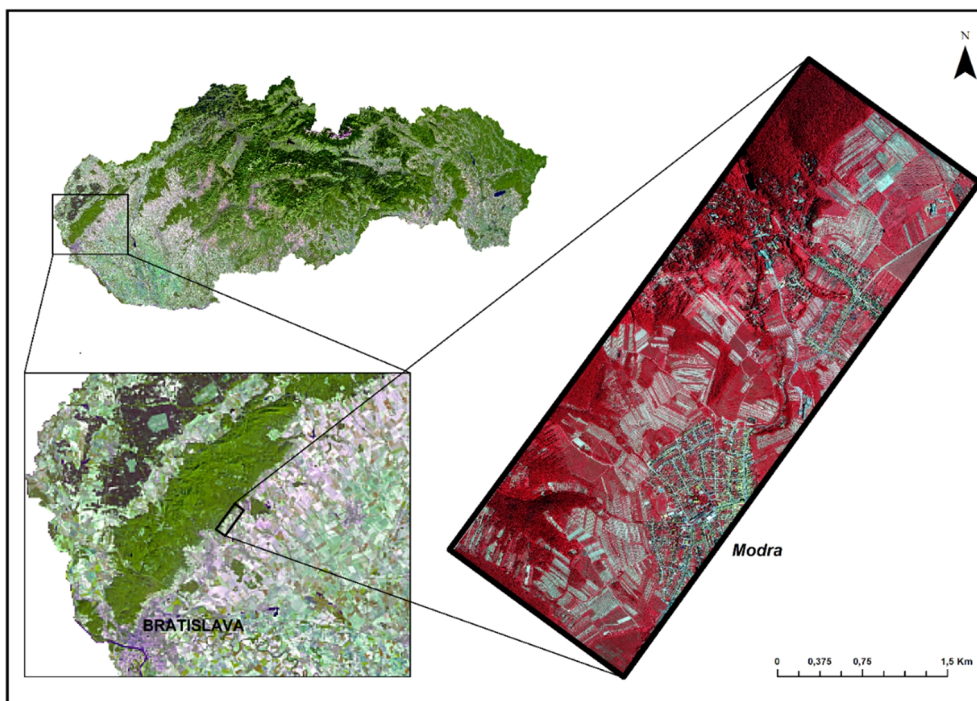
Hodnotenie úrovne využívania vybraných vinohradníckych plôch bolo realizované na úpätí pohoria Malé Karpaty v katastrálnom území mesta Modra v okrese Pezinok (obr. 1). Lokalita bola zvolená na základe viacerých predpokladov. Modranský chotár svojho času najväčší a najvýznamnejší v rámci Slovenska predstavuje i po úpadku a zextenzívnení vinohradníctva z konca 20. storočia vinohradnícky relatívne intenzívne využívané územie, na základe čoho sme predpokladali, že sa v oficiálne poskytnutých dátach obsahujúcich vinohradnícke plochy budú vyskytovať také plochy, ktoré budú využívané a obrábané intenzívne, zanedbané, ale i úplne opustené. Z dôvodov optimalizácie nákladov výskumu bolo na základe vizuálnej analýzy zvolené územie zachytávajúce na čo najmenšej nožnej ploche čo najviac vinohradníckych plôch.

Dáta

Použitá letecká CIR (colour infrared) snímka spoločnosti Eurosense s.r.o., s polohovou presnosťou 20 cm, bola vytvorená vo vrchole vegetačného obdobia (posledný júnový týždeň 2015) obsahuje nasledovné kanály:

- NIR - blízky infračervený kanál
- Green – zelený kanál
- Red – červený kanál

Výhody CIR snímok oproti snímkam vo viditeľnom spektre možno v skratke definovať nasledovne (Paine a Kiser 2003, Aronoff 2005): CIR snímky majú lepší prechod cez zložky atmosféry v porovnaní s klasickou snímkou vo viditeľnom spektre, pretože krátke elektromagnetické vlny (napr. modrej v klasickej snímke vo viditeľnom spektre) sú atmosférou odfiltrované. CIR snímky sú schopné vďaka odpovedi snímaných objektov na spektrum NIR (absorbancia, transmisia alebo reflexia) odhaliť také vlastnosti tried krajinej pokrývky, aké nie sú detekovateľné použitím snímok vo viditeľnom spektre. Ide predovšetkým o stresové faktory vegetácie, zamokrené územia, identifikáciu jednotlivých rastlinných druhov. Generalizovaná interpretácia CIR snímok vyzerá nasledovne: Tmavočervené objekty na CIR snímke predstavujú hustú vegetáciu (napr. listnatý les so súvislým zápojom), ktorá produkuje vysoký obsah chlorofylu. Svetločervené, purpurové alebo ružové objekty predstavujú vegetáciu, ktorá produkuje menší obsah chlorofylu. Môže ísť o staršie porasty, krovinaté porasty, alebo o poľnohospodárske plodiny vo vrcholiacom vegetačnom období. Biele, modré, zelené alebo zhnednuté objekty na CIR snímke predstavujú napr. pôdy, nezdravú vegetáciu, vegetáciu mimo vegetačného obdobia, uhynutú vegetáciu, vodné plochy s vysokým obsahom pôdnych sedimentov, alebo areály zástavby. Tmavo modrou až čiernou sa na CIR vyobrazujú asfaltové cesty a vodné plochy.



Obr. 1. Lokalizácia výskumného územia

Metodický postup

Letecké CIR snímky boli analyzované v softvéri eCognition Developer, ktorý je zameraný na objektovo-orientovanú analýzu obrazu, v ktorom pomocou definovaného súboru pravidiel možno získať automatizovaným spôsobom relevantné informácie zo snímok. Metodický postup práce pozostával z nasledovných na seba nadväzujúcich krokov:

- Predpríprava dát
- Segmentácia obrazu
- Klasifikácia obrazu
- Vizualne zhodnotenie klasifikácie a stanovenie stupňa využívania vinohradu

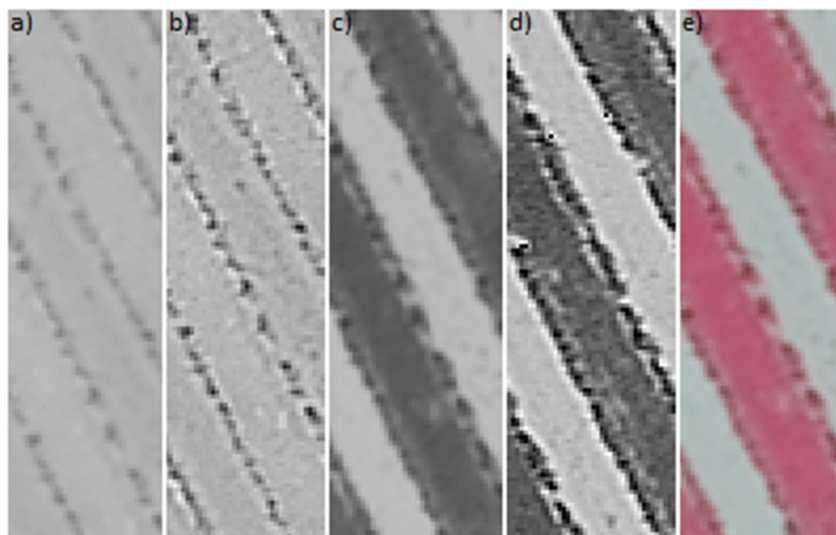
1. Predpríprava dát

Pôvodná vstupná snímka bola orezaná pomocou masky tvorenej plochami vinohradov, ktoré eviduje platná registratúra Výskumného ústavu vinohradníckeho a vinárskeho VÚVV (2014). Tento krok bol vykonaný z dôvodu šetrenia výpočtového času, taktiež aj z dôvodu, že náš výskum sa zameriava na hodnotenie využívania plôch vedených vo vinohradníckom registri, pričom sme iné (napríklad chybné evidované resp. neevidované) plochy vinohradov do úvahy nebrali.

Následne boli v rozhraní eCognition Developer aplikované na kanál NIR a kanál RED konvolučné filtre zaostrenia. Konvolúcia je metóda, ktorá prechádza celý obraz a na výpočet novej hodnoty pixelu využíva malé okolie O reprezentatívneho bodu. Táto hodnota je zapísaná do nového obrazu. V našej práci sme aplikovali zaostrovač filter s veľkosťou okolia O 3 x 3 pixely (Definiens 2009). Konvolučná matica (okolie O) vyzerala nasledovne:

$$\begin{matrix} -0,7, & -1, & -0,7 \\ -1, & 6,8, & -1 \\ -0,7, & -1, & -0,7 \end{matrix}$$

Takto definovaný filter ostrejšie vyobrazuje priebeh hraníc medzi kontrastnými objektami v snímke, v našom prípade išlo o zostrenie radov a medziradov vo vinohrade (obr. 2). Vo väčšine prác takéhoto charakteru napr. Puletti et al. (2014), Karakizi et al. (2016) sa využíval filtrovaný kanál RED, avšak v našom území by samotná červená nepostačovala, nakoľko v zatrávených vinohradoch je v červenom kanáli rad ťažšie odlišiteľný od trávatej plochy. Z tohto dôvodu bol aplikovaný filter s rovnakými parametrami aj na kanál NIR.



Obr. 2. Ukážka originálnych a filtrovaných kanálov použitej snímky: a) originál NIR, b) filtrovaný NIR, c) originál RED, d) filtrovaný RED, e) kompozitný obrázok NIR/RED/GREEN

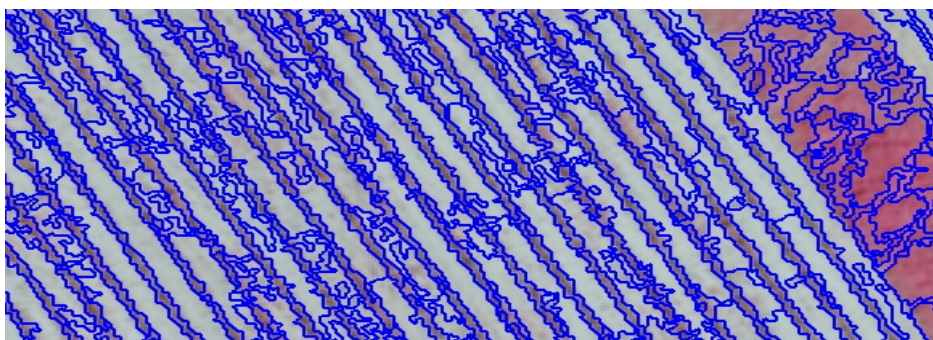
Posledným krokom v príprave dát bol výpočet normalizovaného diferenciačného vegetačného indexu (NDVI) (Tucker 1979), ktorý sa veľmi často využíva na mapovanie vegetácie. Index nadobúda hodnoty od -1 po 1, pričom zdravá a hustá vegetácia dosahuje hodnoty blízke 1, naopak objekty bez vegetácie hodnoty blízke 0. Záporné hodnoty sa vyskytujú len zriedkavo. Nami vyjadrený NDVI sme normalizovali na hodnoty 0-255 na základe vzťahu:

$$NDVI - \min NDVI * 255 / (\max NDVI - \min(NDVI)) + 0$$

2. Segmentácia obrazu

Segmentácia obrazu je definovaná ako hľadanie homogénnych regiónov v obraze s cieľom neskoršej klasifikácie, ktorá je založená na zgrupovaní pixelov na základe ich podobnosti. Vhodne vykonaná segmentácia by mala vytvoriť objekty, ktoré sú podobné objektom reálneho sveta (Blaschke 2010). V našej práci sme testovali tri typy segmentácie: contrast split segmentáciu, contrast filter segmentáciu a multiresolution segmentáciu, ktoré boli na základe predpokladu, že budú vytvárať najlepšie hranice objektov v kontrastných zónach snímky (rad, medzirad). Contrast split segmentácia segmentuje vstupný obraz na dve kategórie objektov (svetlé a tmavé) na základe predom definovaných prahových charakteristík. V miestach zatrávnených vinohradov nebolo možné opakovanou kalibráciou nástroja dosiahnuť uspokojivé výsledky, nakoľko sa priestor medzi radmi v takýchto typoch vinohradov nedal uspokojivo oddeliť od radu viniča. Následne sme testovali takzvanú contrast filter segmentáciu, ktorá vytvára objekty založené na kontraste a gradiente vstupných vrstiev. Tu sme získali použitím kanála filtrovanej RED a filtrovanej NIR uspokojivé výsledky, avšak najpresnejšie objekty nám vyšli použitím nástroja multiresolution segmentation na týchto dvoch rastoch. Multiresolution segmentation vytvára objekty na základe iteratívneho algoritmu (od úrovne pixelov), pričom sú jednotlivé pixely grupované až po dosiahnutí užívateľom stanovenej hranice prahu (scale parameter resp. parameter mierky) založenom na smerodajnej odchýlke premenných (kanálov), ktoré do segmentácie vstupujú. Okrem scale parameteru užívateľ môže definovať aj kritéria váhy farby vs. tvaru objektov, pričom kritéria tvaru sú definované mierou hladkosti a kompaktnosti (Definiens 2009).

Hodnotu scale parametera sme určili pomocou nástroja ESP2 (Drăguț et al. 2014), ktorý porovnáva vnútornú homogenitu objektov s meniacim sa scale parametrom, pretože pri rastúcom počte objektov klesá ich heterogenita (rastie ich vnútorná homogenita). Nástroj vyhladáva v miestach najväčšej zmeny heterogenity najvhodnejšie hodnoty scale parametera. V našom prípade sme použili ako vstupné vrstvy filtrované rastre RED a NIR. Ako optimálny parameter mierky sme dostali hodnotu 20, pri súčasnej váhe 0,2 na tvar (0,8 váha farby) a zhodne 0,5 na kompaktnosť resp. hladkosť objektov (Obr. 3), ktoré majú väčší vplyv až pri vyšších parametroch mierky (Kavzoglu a Yildiz 2014).



Obr. 3. Detailný pohľad na segmentovanú vinicu so scale parameter = 20.

3. Klasifikácia objektov

Z objektov vytvorených v predošlom kroku sme vybrali vzorky tak, aby reprezentovali triedy radov vinohradu a triedu „ostatné“ nepatriacu do radov, pričom sme vzorky volili s dôrazom na to, aby boli vzorky zbierané vo všetkých častiach skúmaného územia čo najrovnomernejšie. K takto definovaným vzorkám sme následne vypočítali podrobnú štatistiku obsahujúcu takmer sto premenných týkajúcich sa farby, tvaru a textúry a kontextu jednotlivých objektov.

Zo štatistických ukazovateľov jednotlivých objektov sme v nasledujúcom kroku s použitím nástroja SEaTH (Nussbaum et al. 2005, Marpu et al. 2008) vypočítali mieru separácie J založenú na Jeffries-Matusitovej vzdialenosti, ktorá kvantifikuje, mieru separácie dvoch navzájom porovnávaných premenných, pomocou ktorých chceme klasifikovať vytvorené objekty. J nadobúda hodnoty v intervale $<0, 2>$, pričom hodnota 2 udáva, že dve triedy možno od seba oddeliť úplne. Premenné, ktoré dosiahli hodnotu vyššiu ako 1,6 (Nussbaum et al. 2005) sme zahrnuli na kalibráciu do finálnej klasifikačnej podmienky.

Klasifikačné funkcie pre objekty patriace do triedy rady boli vypočítané na základe histogramov, každej z premenných vybraných nástrojom SEaTH. Objekty, ktoré boli klasifikované ako rady museli splniť niekoľko klasifikačných podmienok súčasne stanovených na základe funkcie sample editor, ktorá je súčasťou eCognition Developer (Tab. 1). Trieda obsahujúce objekty, ktoré nepatria do radov bola klasifikovaná na základe pravidla „nepatrí do triedy rady“. Takto sme klasifikovali všetky objekty a výsledky exportovali do formátu SHP.

Tab. 1. Klasifikačné kritérium použité pre klasifikáciu radov vinohradu. Mean – priemerná hodnota, Stdev – smerodajná odchýlka, convoRED – RED kanál po filtrácii, convoNIR – NIR-kanál po filtrácii, Brightness – jas snímky

Klasifikačné pravidlo	Hodnota premennej
Brightness	< 142
Mean Green	< 160
Mean NIR	< 160
Mean NDVI	> 90 a zároveň < 141
Mean RED	< 130
Mean convoRED	< 113,2
Mean convoNIR	< 147
Stdev NIR	> 5,5 a zároveň < 30
Stdev convoNIR	> 17
Stdev convoRED	> 12,5
Šírka objektu	< 14

4. Stanovenie stupňa využívania vinohradu

Na základe výstupnej SHP vrstvy boli vizuálne hodnotené všetky predmetné vinohradnícke plochy v programe ArcGIS 10.4. a to nasledovne:

Areály, v ktorých neboli klasifikované žiadne rady viniča boli zaradené do triedy nevyužívaných areálov. V tejto triede sa vyskytovali plochy, ktoré už neplnia funkciu vinohradu dlhodobu a nie je na nich rozpoznateľná štruktúra radov, alebo plochy, ktoré len veľmi nevýrazne poukazujú na výskyt vinohradu v minulosti.

Druhou skupinou, bola trieda, v ktorej bolo možné čiastočne rozoznať nekompaktné a nepravidelné radové štruktúry z výslednej klasifikácie. V tomto type areálov sa vyskytujú vinohrady, ktorých štruktúra je narušaná vplyvom zníženej ľudskej činnosti, nakoľko opustené vinohrady zarastajú krovinnou vegetáciou, ktorá prepája jednotlivé rady, deformuje ich tvar, prípadne už radová štruktúra smeruje k úplnému zániku. Takéto areály možno zaradiť medzi dlhodobu zanedbané, prípadne opustené vinohradnícke plochy.

Tretou skupinou vinogradov sú plochy, pri ktorých boli identifikované jednoznačne odlišiteľné radové štruktúry. Predpokladáme, že intenzívne a správne obhospodarovany vinohrad má jasne odlišiteľné rady, ktoré budú jasne identifikovateľné.

Výsledky a diskusia

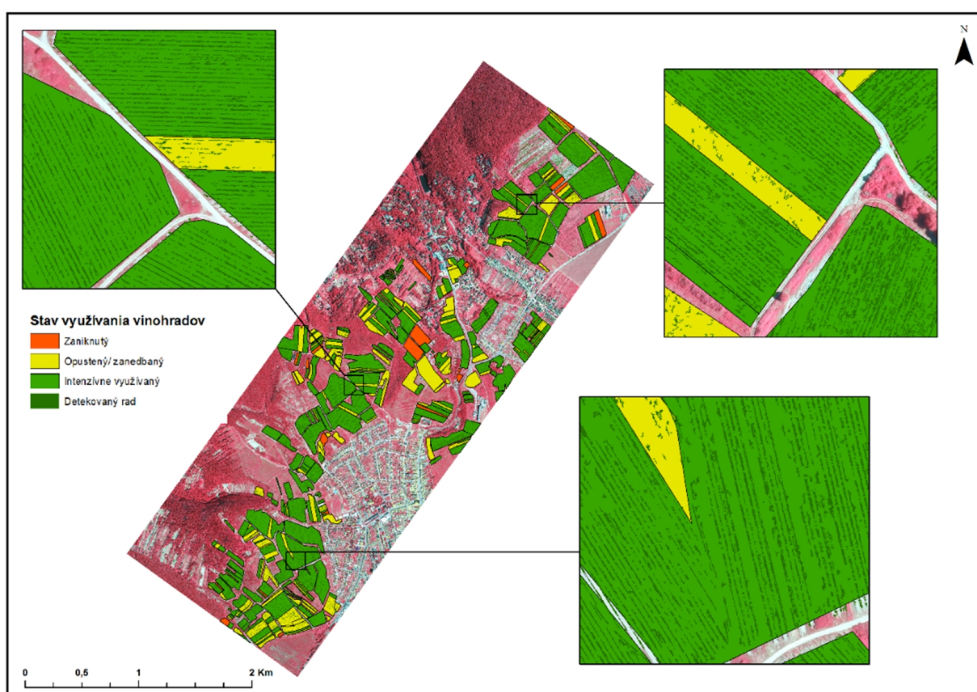
V predkladanej práci bol na základe poloautomatizovanej klasifikácie radov vo vinohradníckych plochách posudzovaný stav ich využívania, pričom boli všetky vinohrady vedené vo vinohradníckom registri rozdelené do troch základných kategórií (obr. 4). Zo všetkých skúmaných vinohradníckych plôch bolo v roku 2015 intenzívne využívaných len 72,7 % plôch. Prekvapivo až na 27,3 % plochách nebolo možné identifikovať resp. klasifikovať homogénnu radovú štruktúru, čo i po vizuálnom overení potvrdilo, že tieto plochy nie sú intenzívne a pravidelne obhospodarované. Z takto identifikovaných plôch bola väčšina (21,3 % z celkovej výmery registrovaných vinogradov) klasifikovaných ako opustených alebo zanedbaných. Zvyšných 6 % z celkovej plochy tvorili areály, na ktorých sú typické znaky vinohradu takmer nedetekovateľné. Z týchto plôch možno 0,83 % areálov zaradiť do triedy lesnej mladiny, krovitých porastov alebo listnatých lesov so súvislým zápojom. 0,04 % plôch sa zmenilo na parkovacie plochy a až 5,13 % areálov sa zmenilo na iný typ poľnohospodárskych areálov s výraznou dominanciou trávnatých porastov bez stromov a krov (2,1 %), areálov ktoré možno charakterizovať ako rozhranie zarastajúcich viníc a krovitých areálov (1,85 %) a areálov tvoriacich mozaiku polí, lúk a trvalých kultúr bez rozptýlených domov (chát) (1,18 %).

Pri pohľade na priestorové rozloženie výsledkov klasifikácie možno dospieť k záveru, že väčšina intenzívne obrábaných vinogradov sa nachádza v najbonitnejších produkčných zónach modranského terroir (VŠSVVM 2005), čoho dôkazom sú zanedbané plochy najmä v južnej časti záujmového územia. Tieto plochy sú prevažne rovinaté, čo má vplyv na intenzitu dopadajúceho slnečného žiarenia (preferované sú bonitnejšie južne a juhozápadne orientované polohy). Konfigurácia reliéfu navyše spôsobuje akumuláciu vody v pôde, čo pre väčšinu odrôd viniča najmä vo vlhších rokoch predstavuje nežiaduce podmienky pre kvalitatívne hodnotnú produkciu. V centrálnej časti územia sú najväčšie plochy zaniknutých respektíve opustených alebo zanedbaných vinogradov vo vyššie položených stanovištiach, čo možno pripísať predovšetkým exponovanosti týchto lokalít (Lieskovský et al. 2013). Obdobne sú na Slovensku opúšťané aj odľahlejšie sady (Blažík et al. 2011, Olah et al. 2009). Na druhej strane treba pripomenúť, že faktorov, ktoré vplyvajú na celkové využívanie vinohradu je omnoho viac. Opustenie vinohradníckej plochy môže byť spôsobené aj faktormi, ktoré pôsobia menej selektívne a sú menej citlivé na priestorovú konfiguráciu parciel. Môže ísť o nezáujem vlastníka obhospodarovať vinohrad, zanechanie vinohradníckeho remesla v dôsledku nerentabilnosti tohto typu podnikania, nevôle mladších generácií pokračovať v rodinnej tradícii, náročnosť odkúpenia neobrábanej parcely v dôsledku nevôle predaja zo strany vlastníka, alebo v dôsledku nejasných majetkovo-právnych vzťahov k parcele. Zároveň sa počas reštitúcií na viacerých lokalitách dostali k vinohradom aj subjekty s inými podnikateľskými zámermi ako vinohradníkmi. Odhliadnuc od skutočnosti, o koľko prevažuje jeden z možných dôvodov viac ako druhý, možno na základe našich zistení vykonať aktualizáciu vinohradníckeho registra, a to odňatím plôch, ktoré ďalej nemožno klasifikovať ako využívaný vinohrad. Takáto evidencia môže slúžiť štátnym úradom ako kontrolný nástroj pri vykonávaní národnej ale i európskej dotačnej politiky.

Silnou stránkou klasifikácie na úrovni radov vinohradu je skutočnosť, že exportovaná vektorová vrstva radov predstavuje základ pre novú hierarchickú úroveň databázy registra vinohradníckych plôch a zároveň základný materiál pre potreby aplikácie metód precízneho poľnohospodárstva. Na takto definovanej vrstve možno vykonávať ďalšie výskumy zamerané predovšetkým na hodnotenie zdravotného stavu viniča, odhadnutie odrodovej skladby, optimalizácie vstupov pri vykonávaní precízneho poľnohospodárstva, monitoring rôznych škodových udalostí a pod.

Silnou stránkou nami zvolenej metódy je jej opakovateľnosť. V prípade, že by sme disponovali väčším datasetom, ktorý by pokrýval ľubovoľne veľké územie, bez akéhokoľvek ďalšieho zásahu by sme dokázali klasifikovať rady aj v týchto územiach a následne zhodnotiť úroveň ich využívania. Takýmto spôsobom by sa pomerne efektívne dala vytvoriť databáza radov na celom území Slovenska. Okrem toho je možné vytvoriť použitím aktualizovaných vstupných dát novú klasifikáciu, ktorá by bola porovnateľná s databázou vytvorenou v predošlom pozorovaní. Tu však treba pripomenúť potrebu kalibrácie klasifikačných pravidiel. Slabou stránkou metódy je vysoká cena vstupných dát, ktoré v súčasnej dobe ešte nie je možné nahradiť voľne dostupnými zdrojmi, nakoľko nemajú dostatočnú kvalitu rozlíšenia.

Objektovo-orientovaný prístup umožňuje výsledky klasifikovať aj ďalej pomocou rôznych pravidiel (tvar, poloha, textúra, farba) a získať tak ďalšie hodnotné informácie týkajúce sa vinohradu a hodnotiť tak napríklad zdravotný stav vinohradu, efekt nevhodného hospodárenia (bujarý/nedostatočný rast), alebo vplyv externých faktorov ako sú rôzne kalamitné situácie, nákazy, suchá, vplyv škodcov a pod.



Obr. 4. Zhodnotenie stavu využívania vybraných vinohradov v katastrálnom území mesta Modra

Práca takéhoto charakteru je minimálne pre územie Slovenska unikátna, nakoľko sa v našom priestore monitorovaniu využívania vinohradníckych plôch použitím objektovo-orientovanej analýzy obrazu doposiaľ nikto nevenoval. Publikácie sú predovšetkým orientované na hodnotenie štatistických ukazovateľov pre jednotlivé parcely vinohradov evidované v katastrálnom operáte (Lieskovský et al. 2015, Incze a Novák 2016). Vo výskumoch, ktoré sa venovali detekcii vinohradov bola použitá OBIA, ale v prácach dominujú ako vstupné dáta menšie územia s vybranými vzorovými parcelami vinohradov, ktoré majú takmer výlučne homogénnu vnútornú štruktúru (Puletti et al. 2014), čo nekomplikuje ich klasifikáciu. V prácach zameraných na detekciu radov viniča (Dellene et al. 2008, Selver et al. 2013) však úplne abscentuje posúdenie stavu využívania vinohradov, nakoľko sa tieto výskumy realizovali v lokalitách, kde opúšťanie vinohradov nie je rozšíreným fenoménom. V našej práci

napomohlo k dosiahnutiu presných výsledkov použitie nástrojov ESP2 a SEaTH, ktoré možno považovať za veľmi účinné pri dosiahnutí čo najlepších výsledkov segmentácie a následnej klasifikácie.

Výsledky našej práce by sa pri použití ďalších pomocných dát (detailné DTM), klimatické dáta, dáta o pôdach a podloží dali využiť pri komplexných výskumoch zameraných na detailné hodnotenie terroir a pri prácach orientovaných na zonáciu vinohradov, kde by komplexné informácie o vinohrade boli vhodne doplnené informáciami získanými poloautomatizovanými metódami.

Záver

V práci sme úspešne aplikovali objektovo-orientovanú klasifikáciu na filtrovaných kanáloch RED a NIR použitím nástrojov ESP2 a SEaTH na spresnenie výsledkov segmentácie resp. následnej klasifikácie v podmienkach vybraných vinohradov lokalizovaných v katastrálnom území mesta Modra. Práca predstavuje unikátny prístup monitorovania stavu využívania vinohradníckych plôch v podmienkach Slovenskej republiky. V krajinách bývalého východného bloku, kde nastala výrazná extenzifikácia vinohradníctva, môže aplikácia nami vytvorených klasifikačných pravidiel priniesť rýchle a efektívne výsledky. Tieto budú viesť ku tvorbe alebo úprave oficiálneho vinohradníckeho registra, v ktorom sa v mnohých prípadoch evidujú aj dlhodobovo vyradené plochy. Zároveň presne klasifikované areály radov vinohradov budú slúžiť ako nová hierarchická úroveň registra, do ktorého bude možné doplniť ďalšie údaje, ktorými sa priblíži slovenské vinohradníctvo precíznemu poľnohospodárstvu, postavenému na minimalizácii vstupov a maximalizácii množstva a kvality výstupov. Výzvou na ďalšiu prácu budú dôležité nižšia cena a jednoduchšia dostupnosť dát s vysokým rozlíšením. Vďaka kvalitnejším a dostupnejším snímkam bude možné vykonať ešte efektívnejšiu a presnejšiu klasifikáciu. Pri takomto scenári bude možné skúmať odrodové zloženie v jednotlivých vinohradoch, zdravotný stav vinohradov, úroveň aplikácie rôznych poľnohospodárskych postupov (hnojenie, šetrnosť zberu) a pod. Takéto štúdie však vždy budú vyžadovať kvalitný vstup v podobe presne klasifikovaných radov vinohradu, preto možno danú problematiku považovať za dôležitú, veľmi progresívnu a samozrejme využiteľnú pre prax.

Literatúra

- ARONOFF, S. 2005: *Characteristics of remotely sensed imagery*. Redlands, California (ESRI Press).
- BARMLEY, R., TROUGHT, M., PRAAT, J. 2011: Vineyard variability in Malborough, New Zealand: characterising variation in vineyard performance and options for the implementation of Precision Viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17, 72-78.
- BLASCHKE, T. 2010: Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 65, 2-16.
- BLAŽÍK, T., FALŤAN, V., TARASOVIČOVÁ, Z., SAKSA, M. 2011: Zmeny využitia zeme vybraných okresov rôznych poľnohospodárskych produkčných oblastí v kontexte prebiehajúcich transformačných procesov. *Geografický časopis*. 63(4), 301-323
- COMBA, L., GAY, P., PRIMICERIO, J., AIMONINO, D.R., 2015: Vineyard detection from unmanned aerial systems images. *Computer and Electronics in Agriculture*, 114, 78-87.
- DEFINIENS 2009: *eCognition Developer "8, Reference Book"*. Munich (Definiens).
- DELLENE, C., DURRIEU, S., RABATEL, G. 2008: A Local Fourier Transform approach for vine plot extraction from aerial images. In Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. eds., *Object-Based Image Analysis Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications. Series: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Berlin (Springer), pp. 443-456.

- DRĂGUȚ, L., CSILLIK, O., EISANK, C., et al. 2014: Automated parametrisation for multi-scale image segmentation on multiple layers. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 88, 119-127.
- INCZE, J., NOVÁK, J. 2016: Identification and extent, topographic characteristics and land abandonment process of vineyard terraces in the Tokaj-Hegyalja wine region between 1784-2010. *Journal of Maps*, 12, 507-513.
- KARAKIZI, C., OIKONOMOU, M., KARANTZALOS, K. 2016: Vineyard detection and Vine Variety Discrimination from Very High Resolution Satellite Data. *Remote Sensing*, 8, 235.
- KAVZOGLU, T., YILDIZ, M. 2014: Parameter-based performance analysis of object-based image analysis using aerial and QuickBird-2 images. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information*, 2, 31-37.
- LIBANT, V. 2009: História pestovania viniča a výroby vína od najstarších dôb vo svete, v Európe a na Slovensku. In Húska, D. ed. *Vinohradnícke fórum Slovenska 2009, Skalica*. Nitra (Vyd. SPU). p. 3.
- LIESKOVSKÝ, J., BEZÁK, P., ŠPULEROVÁ, J. et al. 2015: The abandonment of traditional agricultural landscape in Slovakia - Analysis of extent and driving forces. *Journal of Rural Studies*, 37, 75-84.
- LIESKOVSKÝ, J., KANKA, R., BEZÁK, P. et al. 2013: Driving forces behind vineyard abandonment in Slovakia following the move to a market-oriented economy. *Land Use Policy*, 32, 356-365.
- MARPU, P., NUSSBAUM, S., NIEMEYER, I. et al. 2008: A procedure for automatic object-based classification. In Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. eds., *Object-Based Image Analysis Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications. Series: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Berlin (Springer). 169-184.
- MOJSES, M., BOLTÍŽIAR, M. 2011: Using spatial metrics for assessment of the landscape structure changes of the Beša dry polder. *Tájökológiai Lapok*, 9, 415-428.
- MUCHOVÁ, Z., LEITMANOVÁ, M., PETROVIČ, F. 2016: Possibilities of optimal land use as a consequence of lessons learned from land consolidation projects (Slovakia). *Ecological engineering*, 90, 294-306.
- MUCHOVÁ, Z., LEITMANOVÁ, M., BAŽÍK, J., et al. 2015: Land consolidations in Slovakia, Step Forward, Two Steps Back? *Ekológia*, 34, 380-391.
- NOLAN, A.P., PARK, S., O'CONNEL, M., et al. 2015: Automated detection and segmentation of vine rows using high resolution UAS imagery in a commercial vineyard. *21st International Congress on Modelling and Simulation, Gold Coast, Australia*, 29 november - 4 december 2015, 1406-1412.
- NUSSBAUM, S., NIEMEYER, I., CANTY, M. 2005: Feature Recognition in the context of automated object-oriented Analysis of Remote Sensing Data monitoring the Iranian Nuclear Sites. In Kazoyoshi, I., Javidi, B., McManamon, F. eds., *SPIE 2005 Optics/Photonics in Security and Defence*. Bruges (IEEE). 26-28.
- OLAH, B., BOLTÍŽIAR, M., GALLAY, I. 2009: Transformation of the Slovak cultural landscape since the 18th century and its recent trends. *Journal of Landscape Ecology*, 2, 41-55.
- OLAH, B., BOLTÍŽIAR, M., PETROVIČ, F. 2006: Land use changes' relation to georelief in the East Carpathians Biosphere Reserve. *Ekológia* (Bratislava), 25(1), 68-81.
- PAINE, D., KISER, J. 2003: *Aerial Photography and Image Interpretation (2th edition)*. New Jersey (Wiley).
- PULETTI, N., PERRIA, R., STORCHI, P. 2014: Unsupervised classification of very high remotely sensed images for grapevine rows detection. *European Journal of Remote Sensing*, 47, 45-54.

- SENTURK, S., SERTEL, E., KAYA, S. 2013: Vineyards mapping using object based analysis. In Trussel, J. H. ed., *Agro-geoinformatics, Second International Conference*. Fairfax (IEEE). 66-70.
- SVOBODOVÁ, I., VĚŽNÍK, A., KRÁL, M. 2014: Viticulture in the Czech republic: Some spatio-temporal trends. *Moravian Geographical Reports*, 22, 2-14.
- TUCKER, C. 1979: Red and photographic infra-red linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127-150.
- VŠSVVM 2005: *Zachovanie biodiverzity rody Vitis L.* Modra (Výskumná a šľachtiteľská stanica vinárstva a vinohradníctva).

Publikácia vznikla v rámci riešenia projektov podporovaných Agentúrou na podporu výskumu a vývoja APVV-15-0597, Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR a SAV VEGA 1/050/15, a VEGA 1/0421/16, Univerzitou Komenského v Bratislave UK/136/2017 a UK/180/2017.

Adresy autorov:

Mgr. Lukáš Karlík
Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta
Katedra regionálnej geografie ochrany a plánovania krajiny
Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4
Slovakia
Karlik3@uniba.sk

Mgr. Marián Gábor
Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta
Katedra fyzickej geografie a geoekológie
Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4
Slovakia
gabor9@uniba.sk

doc. RNDr. Vladimír Falt'an, PhD.
Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta
Katedra fyzickej geografie a geoekológie
Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4
Slovakia
vladimir.faltan@uniba.sk

prof. RNDr. Viliam Lauko, CSc.
Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta
Katedra regionálnej geografie ochrany a plánovania krajiny
Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4
Slovakia
lauko@fns.uniba.sk