

Diaľkový prieskum Zeme ako zdroj geografických informácií

Ľuboš Balážovič, Hana Stanková

V školskej geografii nájdeme informácie o odlesňovaní dažďového pralesa, o meteorologických prvkoch v atmosfére, zložitom reliéfe vznikajúcom na rozhraní litosferických dosiek, či vysychajúcom Aralskom jazere. O tom ako jednoducho možno vďaka metódam diaľkového prieskumu Zeme sledovať tieto a mnohé ďalšie geografické javy sa však už v učebniciach nedočítame. Práve túto medzeru by sme chceli týmto článkom aspoň čiastočne vyplniť a inšpirovať sa pritom spracovaním tém DPZ z Česka, projektov Európskej vesmírnej agentúry (ESA) a americkej vesmírnej agentúry (NASA).

Úvod

Každá veda potrebuje pre svoje poznatky systém na získanie údajov a informácií. V tradičnej deskriptívnej (opisnej) geografii plnili túto úlohu zápisky rôznych čitateľov, ktorí prešli vzdialené krajiny a zaznamenali informácie o jej prírodných podmienkach či aktivitách obyvateľov tam žijúcich. Informácie sa čiastočne transformovali do mapových výstupov. Pozemné mapovanie bolo až do roku 1858 jediným spôsobom zberu geografických informácií. Práve v tom roku bol prvýkrát zosnímaný zemský povrch blízko francúzskeho Paríža na fotografickú snímku z lietajúceho vzdušného balóna. Tento okamih vstúpil do histórie ako počiatok diaľkového prieskumu Zeme (LILLESAND et al. 2007). Zís-

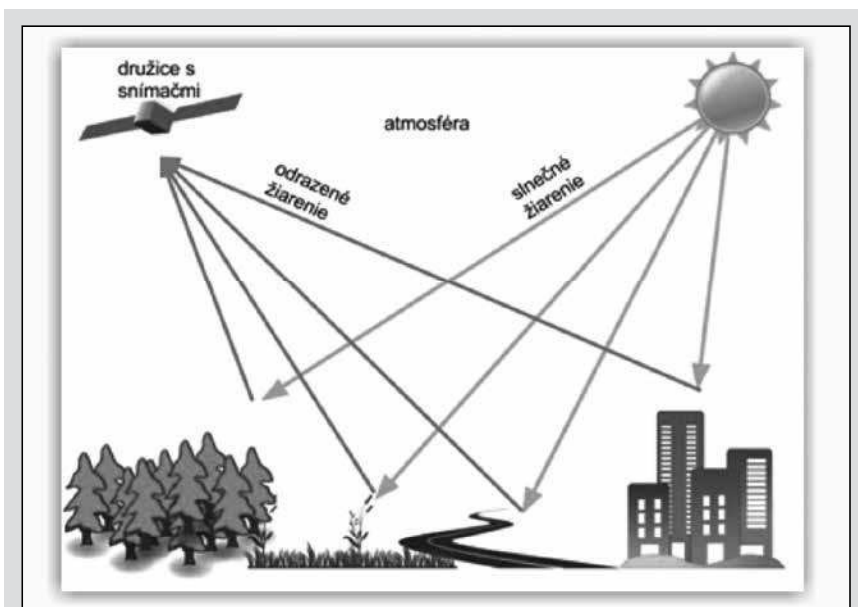
kavanie kvalitatívnych a kvantitatívnych informácií o Zemi je tak možné nepriamo cez obrazový záznam vyhotovený kamerou (fotografickým prístrojom) umiestnenou na rôznych lietajúcich objektoch. Teplovzdušné balóny boli postupne nahradené vzducholodami a klzákami, začiatkom 20. storočia lietadlami a zhruba od 70. rokov minulého storočia ich úlohu prevzali družice. Vývoj na nezastavil a v ostatných piatich rokoch umožnil širšie nasadenie malých bezpilotných lietadiel a dronov. Ich cena a technická spoľahlivosť umožňuje rýchle a spoľahlivé spracovanie rozsiahlych údajov o krajine, ktoré sa začínajú využívať v najrôznejších odvetviach ľudskej činnosti. Príkladom môže byť malé bezpilotné lietadlá švajčiarskej spoločnosti senseFly, určené pre poľnohospodárov (SENSEFLY 2016).

Údaje nimi zozbierané sa po spracovaní dajú použiť na presný odhad úrody, prípadne na zistenie vlhkosti pôdy či prítomnosti škodcov v rámci celého poľnohospodárskeho areálu. Podkladom k tomu tvoria práve zhora zosnímané snímky krajiny.

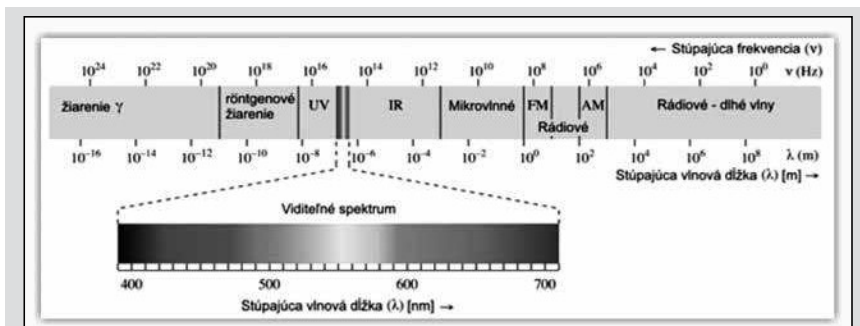
Možnosti a princípy DPZ

Diaľkový prieskum (angl. remote sensing) je "veda a technológia ktorá umožňuje identifikovať, charakterizovať, merať a analyzovať záujmové objekty bez priameho kontaktu s nimi" (JARS, 1993). Tento postup najčastejšie aplikujeme na objekty na Zemi a tak častokrát sa u nás využíva užší termín "Diaľkový prieskum Zeme". Snímanie povrchu funguje na princípe zachytávania elektromagnetického žiarenia (EMŽ) odrazeného od zemského povrchu (obr. 1). Prírodným zdrojom elektromagnetického žiarenia je Slnko. Snímač zaznamenáva EMŽ odrazené od zemského povrchu a ukladá ho ako digitálny obraz.

Z bežného života sme zvyknutí, že fotografie zachytávajú to čo sme schopní vidieť našim zrakom. Je však dôležité si uvedomiť, že náš zrak vníma len určitú úzku časť elektromagnetického spektra, ktoré označujeme ako viditeľné svetlo (obr. 2). Podľa vlnovej dĺžky ide o svetlo rôznej farby od fialovej na krátkovlnnom konci, cez modrú, zelenú, žltú, oranžovú až po červenú na dlhovlnnom konci viditeľného spektra. Frekvencie elektromagnetického vlnenia však existujú aj mimo rozsahu, ktorí sme schopní vnímať našim zrakom. Tieto frekvencie je možné zachytiť fotografickými kamerami alebo digitálnymi snímačmi a vyobrazit' ich na snímkach. V diaľkovom prieskume Zeme



Obrázok 1 Žiarenie odrazené od rôznych objektov na Zemskom povrchu. Zdroj: Ľ. Balážovič 2016



Obrázok 2 Elektromagnetické spektrum (len úzku časť z neho vnímame ako viditeľné svetlo)

sa okrem viditeľného najviac využíva infračervené žiarenie, ktoré nevidíme, ale od určitej vlnovej dĺžky ho pociťujeme ako teplo (termálne infračervené žiarenie). Infračervené žiarenie blízko viditeľného spektra zase umožňuje odlišiť zdravé stromy od poškodených, pretože stromy poškodené mrazom, škodcami alebo znečisteným ovzduším odrážajú menej blízkeho infračerveného žiarenia ako tie zdravé (ŽÍHLAVNÍK a SCHEER 2001).

V každom pásme EMŽ teda môžeme pozorovať iné charakteristiky krajiny, preto sa v DPZ väčšinou nesníma iba v jednom pásme, ale vo viacerých pásmach

naraz. Vzniká tzv. multispektrálna scéna, zložená z viacerých snímok v rôznych pásmach spektra (napr. modré, zelené, červené, infračervené pásmo). Kým jednotlivé snímky DPZ obyčajne zobrazujeme v odtieňoch šedej, multispektrálnu scénu môžeme zobraziť aj farebne, s využitím princípu miešania základných farieb RGB. Výsledkom je farebná syntéza, ktorá sa svojou farebnosťou môže podobáť na skutočné farby v krajine, alebo môže byť úplne odlišná (obr. 3).

Okrem Slnka ako prirodzeného zdroja EMŽ existujú aj umelé zdroje žiarenia, ktoré sú zabudované priamo na lietadle

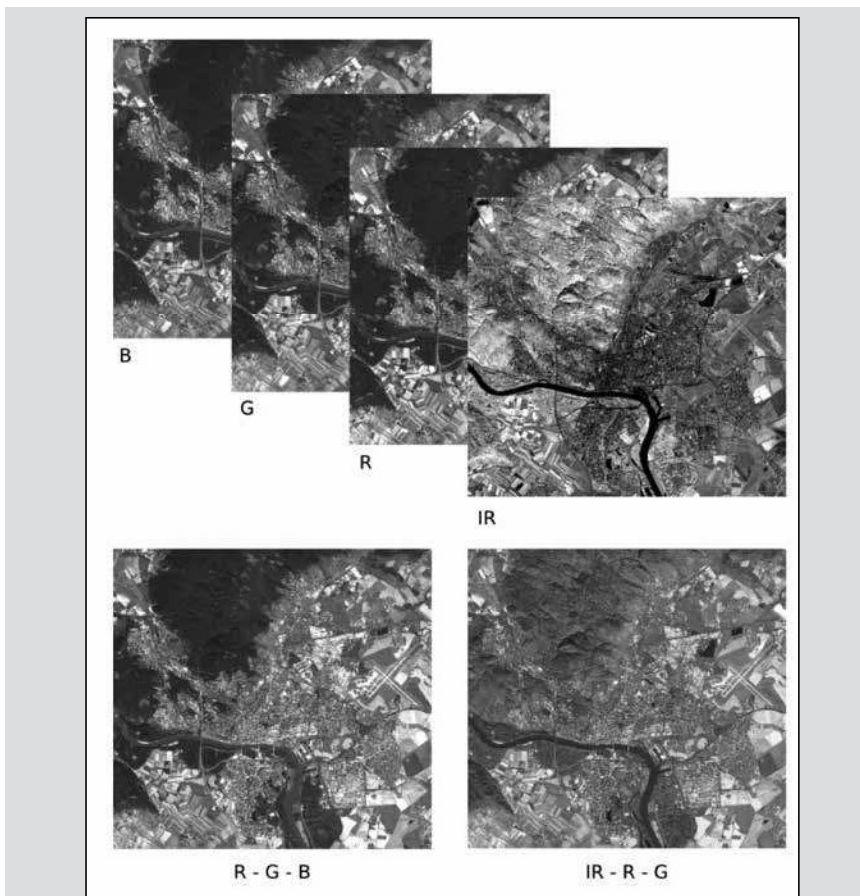
alebo družici a vysielajú žiarenie smerom k zemskému povrchu. Príkladom systémov s umelým zdrojom žiarenia sú radar a lidar. Radar vysielá a sníma v mikrovlnnom pásme spektra. Špeciálne vlastnosti mikrovlnného žiarenia umožňujú snímanie za každého počasia, dokonca aj v noci. Lidar je moderná technológia, ktorá využíva laserové lúče na bezkontaktné meranie vzdialeností. Pri umiestnení lidarú na lietadlo môžeme vytvárať 3D modely povrchu krajiny (tzv. letecké laserové skenovanie).

Zber informácií pre geografiu

Objektom skúmania geografie je krajinná sféra Zeme (MÍCIAN, ZATKALÍK 1984). Predmetom geografie sú zákonitosti stavby, vývoja a fungovania jej objektu, t.j. krajinnej sféry. Predmet a objekt je natoľko široký, že jeho výskum sa nezaobíde bez množstva údajov, ktoré nemohli byť získané iba terénnym prieskumom.

Príkladom môže byť výskum využívania krajiny (landuse), resp. krajinnej pokrývky (landcover), a sledovanie ich zmien. Zmapovať rozsah lesa či poľnohospodárskej pôdy na území okresu a aktualizovať takúto mapu v pravidelných časových intervaloch by vyžadovalo bez využitia DPZ množstvo odborníkov a zabralo by niekoľko týždňov mapovania v teréne. S využitím DPZ je možno tieto zmeny spracovať vyhodnotením aktuálnych alebo archívnych snímok z viacerých časových horizontov. Na účely sledovania krajinnej pokrývky a jej zmien sa často využívajú snímky z družíc Landsat, ktoré snímajú zemský povrch neprestajne už od roku 1972. Družicové snímky Landsat sú voľne dostupné prostredníctvom viacerých internetových portálov, prehľad možností ich získania môžeme nájsť na stránke <http://landsat.gsfc.nasa.gov/data/where-to-get-data/>.

Pri mapovaní krajiny z družicových snímok je jednou z najdôležitejších charakteristík rozlíšenie snímky, ktoré určuje mieru detailnosti zobrazenia na snímke (obr. 4). V DPZ sa rozlíšenie snímky udáva ako veľkosť, ktorú zaberá najmenší obrazový prvok (pixel) na zemskom povrchu. Rozlíšenie snímok Landsat je 30 m. Detailnejšie snímky možno získať z družice Sentinel-2, ktorá bola vypustená v polovici roka 2015 v rámci misie vedenej európskou vesmírnou agentúrou (ESA). Družica sníma zemský povrch s rozlíšením 10 m a údaje z nej sú takisto voľne dostupné (ESA 2016).



Obrázok 3 Multispektrálna scéna zložená z 4 pásiem (hore) a príklady farebných syntéz (dole). Pozn. farebná verzia na www.casopisgeografia.sk



Obrázok 4 Porovnanie družicovej snímky Landsat s rozlíšením 30 m (vľavo) a družicovej snímky Sentinel s rozlíšením 10 m (vpravo)

Mapovať využitie krajiny alebo krajinnú pokrývku na podklade družicových snímok môžeme dvomi základnými spôsobmi. Najjednoduchšia je vizuálna interpretácia, pri ktorej vektorizujeme areály lesa, ornej pôdy, zástavby atď. v GIS softvéri. Druhý spôsob využíva automatizované rozpoznávanie typov krajinnej pokrývky počítačovými algoritmi. Túto metódu nazývame aj obrazová klasifikácia a vyžaduje špecializovaný softvér.

Okrem mapovania krajinnej pokrývky majú družicové snímky aj veľa ďalších možností využitia. Pomocou snímok s infračerveným pásmom napríklad lesníci určujú zdravotný stav lesov na Slovensku (BARKA a BUCHA 2010) a výsledky publikujú v mapovej aplikácii na <http://lvu.nlcsk.org/stavlesa/>. Družicové snímky s veľmi vysokým rozlíšením (až do 0,5 m) zase slúžia v rámci Európskej únie na kontrolu dotácií vyplácaných farmárom, pretože z nich dokážeme určiť, aká plodina bola v danom roku na parcele zasiať bez toho, že by sme parcelu museli fyzicky navštíviť.

Z družicových snímok môžeme tiež odvodit veľké množstvo rôznych environmentálnych charakteristík krajiny, ako sú napríklad vegetačné indexy vyjadrujúce množstvo zelenej vegetácie, teplota, vlhkosť, evapotranspirácia, snehová pokrývka, množstvo aerosolov v atmosfére a podobne. Tieto údaje slúžia na sledovanie klimatických zmien, celkovej dynamiky krajinnej sféry a procesov v nej prebiehajúcich. Sú tak dôležitým zdrojom poznatkov pre rôzne klimageografické, pedogeografické, biogeografické či krajinno-ekologické analýzy. Údaje z družíc Terra a Aqua (prevádzkované americkou NASA), sú voľne prístupné. Zemský povrch snímajú snímačom MODIS neprestajne od roku 2002 (NASA 2016).

DPZ pomáha aj pri monitorovaní rôznych prírodných hrozieb. Na termálnych snímkach dokážeme identifikovať lesné požiare v neprístupných oblastiach, radarové snímky umožňujú monitorova-

nie zemetrasení, ľadovcov ohrozujúcich lodnú dopravu alebo ropných škvŕn. Pomocou snímok z družíc a lietadiel sa dá rýchlo a presne určiť územie postihnuté záplavami alebo veternými smršťami.

DPZ v geografickom vzdelávaní

Diaľkovému prieskumu Zeme napriek veľkému pokroku vo využívaní metód DPZ v geografii, sa v našich učebniciach venoval len minimálny priestor. KAROLČÍK et al. (2014) upozorňujú, že hlavné miesto v školskej geografii má dlhodobou tradičnú (opisnú) regionálnu geografii. V tomto kontexte zrejme nemalo zmysel zaraďovať do vyučovania témy ktoré sú predovšetkým určené na praktické použitie (v tomto prípade, analýza a skúmanie krajiny, bez ohľadu na regionálnu príslušnosť ale s ohľadom na získanie poznatkov z konkrétnej záujmovej oblasti). Práve využitie DPZ potenciálne rozvíja aj tie kompetencie, v ktorých naši žiaci v PISA testoch dosahujú podpriemerné výsledky. Téma DPZ sa v širšej miere ako doteraz bude venovať nová učebnica pre gymnáziá (LIKAVSKÝ et al, 2016).

Situácia vo využívaní DPZ vo vyučovaní naráža aj na problém nedostatkových poznatkov aj nových absolventov pedagogických smerov geografie. V aktuálnych študijných programoch učiteľstva buď DPZ nie je vôbec (študijné ročenky UMB, UK, UKF, UPJŠ), alebo je vyučovaný ako čiastkové téma v rámci kartografie či geoinformatiky (tá tiež nie je povinná vo všetkých študijných odboroch). Podrobnejšiu analýzu učebníc, či kurikula by bolo námetom na samostatný článok. Napriek tomuto nie veľmi priaznivému stavu je v súčasnosti k dispozícii veľké množstvo metodických materiálov, hlavne z rôznych vzdelávacích programov americkej vesmírnej agentúry (NASA) a Európskej vesmírnej agentúry (ESA). Pre použitie v našich podmienkach sú vhodné aj materiály vytvorené na Peda-

gogickej fakulte Masarykovy Univerzity v Brne, zvlášť metodický materiál pre učiteľov od H. SVATOŇOVEJ (2013) *Svet pohľadom z vesmíru*, 2013. Tieto metodické materiály boli overované aj v školskej praxi a sústavne tu prebieha výskum (viď napr. články: SVATOŇOVÁ 2014).

Spoznávať Zem a všetko, čo sa na nej nachádza z diaľky môžeme v školských podmienkach aj bez špeciálneho vybavenia. Stručne popíšeme niektoré z nich.

Google Earth je aplikácia ktorá (viac v článku v časopise *Geografia* 4/2009) zobrazuje zemský povrch z leteckých a družicových snímok. Výhodou je, že pre väčšinu územia obsahuje snímky z rôznych období a pomocou časovej osi je možné zobrazovať dané územie v rôznych časových okamihoch a sledovať tak zmeny krajiny. Takto možno ilustrovať napr. vysychanie Aralského jazera alebo zmenu rázu krajiny v období sucha/daždov. V európskych mestách možno sledovať priebeh urbanizácie väčších miest (pozri napr. snímky Varšavy).

Google Earth Engine je nová platforma, ktorá zhromažďuje na jednom mieste obrovské množstvo údajov o Zemi, od družicových snímok Landsat, Sentinel, MODIS a snímok s veľmi vysokým rozlíšením, cez digitálne terénne modely, údaje o krajinnej pokrývke a pestovaných plodinách, atmosférické a klimatické údaje až po demografické údaje. Tento údajový sklad je verejne dostupný (Google, 2016) a slúži nielen na prezeranie údajov, ale aj na ich vedeckú analýzu. Jedným z príkladov využitia je aplikácia *Timelapse* (<https://earthengine.google.com/timelapse/>), ktorá podobne ako *Google Earth* zobrazuje celú Zem, ale na princípe videa a pohybu po časovej osi ponúka pohľad na zmeny krajiny od roku 1984 až po súčasnosť.

ESA School atlas (ESAb, 2016) je DVD atlas, ktorý je možné zadarmo získať zo stránok európskej vesmírnej agentúry. Je priamo určený pre školy a okrem družicových snímok rôznych častí sveta obsahuje aj metodickú príručku pre učiteľa a zadania s úlohami pre žiakov. Ku každej kapitole je stručne vysvetlené akým spôsobom sú informácie získavané a kde nájsť svoje uplatnenie. Súčasťou atlasu sú aj originály snímok a jednoduchý softvér vhodný na analýzu pre žiakov a učiteľov stredných škôl.

Historická ortofotomapa Slovenska je projektom Technickej univerzity vo Zvolene. Bola vytvorená spracovaním černo-bielych leteckých snímok z obdobia 40-tych a 50-tych rokov z archívu To-

pografického ústavu v Banskej Bystrici. Interaktívne jej snímky možno prekryť so súčasnou ortofotomou a identifikovať tak rozdiely v krajine za posledných 60 rokov. Vďaka vysokému rozlíšeniu je možné túto mapu využiť aj v vyučovaní geografie miestneho regiónu.

Projekt NEO (NASA Earth observation) - <http://neo.sci.gsfc.nasa.gov> - projekt americkej vesmírnej agentúry, ktorý obsahuje viac než 50 rôznych vrstiev charakterizujúcich atmosféru, oceán, súš, ľudskú činnosť a energiu. Všetky údaje sú získané metódami DPZ. Vrstvy je možné interaktívne prezerať a dokonca robiť jednoduché analýzy. Ku každej vrstve je doplnený teoretický úvod na troch rôznych úrovniach odbornosti (NASA 2016b).

Záver

Diaľkový prieskum Zeme je progresívna vedná disciplína ktorej význam v geografickom poznávaní neustále rastie. Je preto dôležité aby aj naše geografické vzdelávanie neostalo od týchto tém izolované ale, aby sa jednotlivé témy postupne doplnili aj informáciami ktoré je možné získať priamo z družíc či leteckej fotogrametrie. Netreba vytvárať nové metodiky, stačí nadviazať na vzdelávacie projekty podobného charakteru, v EÚ, Česku, či USA.

Literatúra a pramene

Barka, I., Bucha, T., 2010: Satellite-based regional system for observation of forest response to global environmental changes. In: Horák, J., Halounová, L., Hlásny, T., Kusendová, D., Voženilek, V. (eds.): *Advances in Geoinformation Technologies 2010*. Technical University of Ostrava. 2010, s. 1-14.

"Drones for Agriculture: senseFly SA". [Online]. Available at: <https://www.sensefly.com/applications/agriculture.html>. [Cit: 13-dec-2016].

EarthGoogle Earth [online] [accessed. 25. November 2016]. Dostupné na: <http://earth.google.com/>

ESA: "Sentinel-2 - Missions - Sentinel Online". [Online]. Available at: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>. [Cit: 13-dec-2016].

ESA: "ESA School Atlas - Training Packages - Earth Online - ESA". [Online]. Available at: <https://earth.esa.int/web/guest/-/esa-school-atlas>. [Cit: 13-dec-2016].

Google, 2016: Google Earth Engine. [Online]. Available at: <https://earthengine.google.com/>

JAPAN ASSOCIATION ON REMOTE SENSING. Remote sensing note. Japan Association on Remote Sen, 1993. [online]. Available at: http://www.jars1974.net/pdf/rsnote_e.html

KAROLČÍK, Štefan; LIKAVSKÝ, Peter; MÁZOROVÁ, Henrieta. Vývoj vyučovania geografie na základných školách a gymnáziách na slovensku po roku 1989 a návrh základných koncepčných prvkov nového modelu geografického vzdelávania.

LIKAVSKÝ, P. et al. 2016. *Geografia pre 1. ročník gymnázií*, rukopis

LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W., CHIPMAN, J.W. 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Wiley, 756 p.

MIČIAN, L., ZATKALÍK, F. 1984. *Náuka o krajine a starostlivosť o životné prostredie*. Bratislava : Univerzita Komenského.

NASA, 2016a: "MODIS Web". [Online]. Available at: <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>. [Cit: 13-dec-2016].

NASA, 2016b: "About NASA Earth Observations (NEO)", About NASA Earth Observations (NEO), 13-dec-2016. [Online]. Available at: <https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/about/>. [Cit: 13-dec-2016].

SVATONOVÁ, H. a kol. 2013. *Svět a krajina pohledem z výšky. Materiál pro učitele*. 1. vyd. Brno : Masarykova univerzita, 116 s., 8 s. příl. + 1 CD-ROM.

SVATONOVA, H and M RYBANSKY, 2014. *Children observe the Digital Earth from above: How they read aerial and satellite images*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [online]. 2014, vol. 18, p. 012071. Dostupné na: doi:10.1088/1755-1315/18/1/012071

ŠAMAJOVÁ, J., BALÁŽOVIČ, L. 2009. Príklady využitia Google Earth vo vyučovaní geografie In. *Geografia* č. 4, roč. 17, Geoservis.

ŽÍHLAVNÍK, Š., SCHEER, L. 2001. *Diaľkový prieskum Zeme v lesníctve*. Zvolen : TU vo Zvolene, 289 s.

<https://remotesensing.usgs.gov/>

<http://eros.usgs.gov/remotesensing>

<http://www.unipo.sk/fakulta-humanitnych-prirodných-vied/vzdelavanie/informacie/studijne-programy/>

https://www.fpv.ukf.sk/images/Studium/Sprievodca_studiumFPV_16_17_web.pdf

<http://www.fpv.umb.sk/studium/akreditovane-studijne-programy/bakalarske-studium.html>

<http://www.fpv.umb.sk/studium/akreditovane-studijne-programy/magisterske-studium.html>

<http://landsat.gsfc.nasa.gov/data/whe-re-to-get-data/>

<http://lvu.nlcsk.org/stavlesa/>

Diaľkový prieskum Zeme ako zdroj geografických informácií

Luboš Balážovič, Hana Stanková

Abstrakt

V školskej geografii nájdeme informácie o odlesňovaní dažďového pralesa, o meteorologických prvkoch v atmosfére, zložitom reliéfe vznikajúcom na rozhraní litosferických dosiek, či vysychajúcom Aralskom jazere. O tom ako jednoducho možno vďaka metódam diaľkového prieskumu Zeme sledovať tieto a mnohé ďalšie geografické javy sa však už v učebniciach nedočítame. Práve túto medzeru by sme chceli týmto článkom aspoň čiastočne vyplniť a inšpirovať sa pritom spracovaním tém DPZ z Česka, projektov Európskej vesmírnej agentúry (ESA) a americkej vesmírnej agentúry (NASA).

Mgr. Luboš Balážovič, PhD.

Katedra geografie a geológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela

Mgr. Hana Stanková, PhD.

Katedra kartografie, geoinformatiky a DPZ, Prírodovedecká fakulta Univerzita Komenského v Bratislave

E-mail: lubos.balazovic@umb.sk stankova@fns.uniba.sk