



Země z nadhledu – dálkový průzkum Země

V prvním ročníku středních škol by se studenti měli dozvědět základní informace o podstatě, metodách a využití dálkového průzkumu Země (DPZ). V současné době je možné například na mnoha internetových portálech najít množství informací o této problematice. Informace jsou ale většinou v angličtině a občas není jednoduché se v nich orientovat a rozpoznat ty podstatné. Na stránkách Geografických rozhledů si proto v několikadílném seriálu stručně představíme dálkový průzkum Země, upozorníme na některé výukové materiály, zdroje dostupných dat a také si ukážeme základy práce ve volně dostupném softwaru pro zpracování dat DPZ.

Co je dálkový průzkum Země

Existuje mnoho definic dálkového průzkumu Země. Lillesand a Kiefer, autoři jedné z významných publikací o DPZ, například uvádějí, že „dálkový průzkum Země je věda i umění získávat užitečné informace o objektech, plochách či jevech prostřednictvím dat měřených na zařízení, která s těmito zkoumanými objekty, plochami či jevy nejsou v přímém kontaktu“. Pro studenty středních škol by mohla být motivující definice Jonathana Huntingtona, australského specialisty na dálkový průzkum Země v oblasti mineralogie, který vidí DPZ jako „umění rozdělit svět na množství malých barevných čtverečků, se kterými si lze hrát na počítači s cílem odhalit jejich neuvěřitelné potenciál“.

Lapidárně řečeno, dálkový průzkum Země se zabývá pořizováním leteckých a družicových snímků, jejich zpracováním a analýzou za účelem tvorby topografických či tematických map. Výstupy analýz jsou využívány v nejrůznějších oborech lidské činnosti, například v oblasti ochrany přírody a životního prostředí, v územním plánování, při studiu vegetace v lesnictví a zemědělství, pro tvorbu map a modelů reliéfu, při monitoringu přírodních katastrof (sopečná činnost, požáry, povodně) a atmosférických jevů (sledování ozonové vrstvy, hurikánů apod.).

DPZ přitom zahrnuje nejen zkoumání zemského povrchu, ale i snímání a měření charakteristik spodních vrstev atmosféry a horní vrstvy sedimentů. Pomocí DPZ lze získávat dva druhy informací: geometrické informace – tj. informace o poloze, tvaru, velikosti objektů i jejich vzájemném prostorovém uspořádání, a informace tematické, tedy např. o druhu vegetace nebo povrchu zkoumané komunikace.

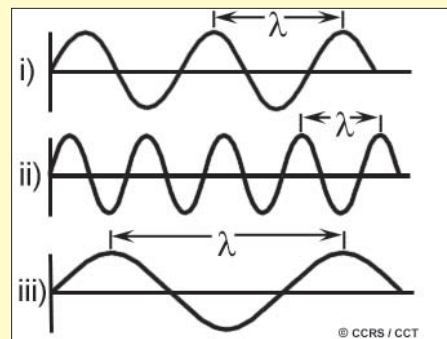
Proces DPZ

Celý proces můžeme zjednodušeně popsat schématem – viz obrázek č. 1. Prvním požadavkem DPZ je, že musí existovat zdroj (1), který vyzařuje nebo vysílá elektromagnetickou energii k předmětu našeho zájmu. Záření (energie) prochází atmosférou a s ní určitým způsobem interaguje (2). Jakmile projde atmosférou, dosáhne cíle – zemského povrchu – a dochází k interakci v závislosti na vlastnostech, typu povrchu i záření (3). Odražené nebo objekty emitované (vyzařené) záření prochází zpět atmosférou (4) ke snímacímu zařízení – senzoru (5) umístěnému na palubě družice nebo letadla, kde je zaznamenáno a převedeno buď do konvenční (analogové) podoby (fotografie), nebo do digitální podoby (digitální snímek). Tyto produkty (6) jsou následně interpretovány a analyzovány (7) vizuálně nebo elektronicky. Výsledkem analýzy jsou poznatky o zkoumaných předmětech prezentované ve formě informačního produktu, například tematické mapy (8). Konečným článkem celého procesu je aplikace získaných informací při řešení konkrétních problémů v různých oborech.

Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické záření o vlnové délce λ (délka vlny = vzdálenost dvou nejbližších bodů vlnění, které kmitají ve fázi – viz obrázek č. 2) má frekvenci f (počet vln za jednotku času). Mezi těmito charakteristikami platí vztah $\lambda = c/f$, kde c je rychlost světla. Z uvedeného vztahu vyplývá, že čím má vlnění kratší vlnovou délku, tím vyšší má frekvenci a naopak – delší vlny mají nižší frekvenci.

Zaměříme se na vlnovou délku, což je v DPZ velmi často používaná charakteris-



Obr. 2: Vztah vlnové délky a frekvence

Zdroj: Natural Resources Canada: Tutorial: Fundamentals of Remote Sensing http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php

tika. Vlnovou délku udáváme v jednotkách délky – v metrech, centimetrech, mikrometrech, nanometrech. Na základě vlnové délky můžeme kategorizovat části spektra elektromagnetického záření využitelné pro účely DPZ.

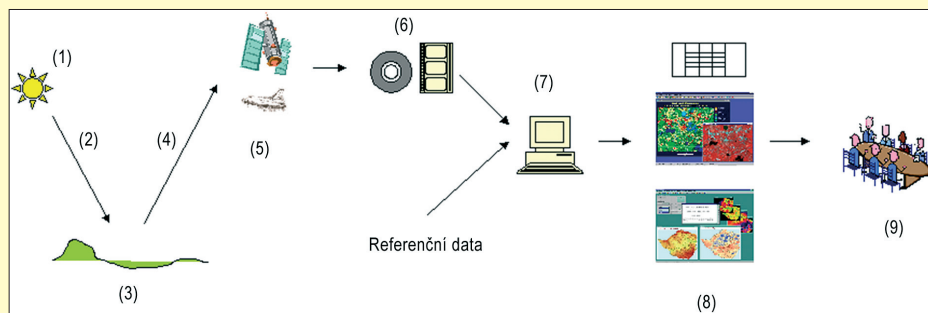
Rozsah elektromagnetického spektra znázorňuje obrázek č. 3. Elektromagnetické spektrum zahrnuje elektromagnetické záření širokého rozpětí vlnových délek – od krátkého gama-záření až po dlouhé radiové vlny. Pro dálkový průzkum Země jsou využitelné následující intervaly: ultrafialové záření (0,1–0,4 μm), viditelné světlo (0,4–0,7 μm), infračervené záření blízké (0,7–1,4 μm), infračervené záření střední (1,4–3 μm), tepelné záření (3 μm –1 mm), mikrovlnné záření (1 mm–1 m).

Jak je z výčtu zřejmé, výhodou DPZ oproti lidskému oku je to, že „vidí“, tj. zachytí, a tudíž dokáže k analýzám využít i jiné části spektra než jen záření viditelné. To přináší při zkoumání pomocí DPZ nové informace.

Interakce s atmosférou

Než dopadne záření na zemský povrch, musí projít atmosférou Země, kde dochází k rozptylu a pohlcování záření. To způsobují některé plyny a částice v atmosféře. K rozptylu dochází, když částice v atmosféře (například prach) a velké molekuly plynů interagují a způsobují odchýlení elektromagnetického záření z jeho původní dráhy. Intenzita rozptylu závisí na několika faktorech, například na vlnové délce záření a množství částic v atmosféře.

Absorpci (pohlcování) záření způsobují molekuly látek, které pohlcují energii různých vlnových délek. Patří mezi ně především ozon, oxid uhlíčitý a vodní páry. Protože tyto plyny pohlcují elektromagnetickou

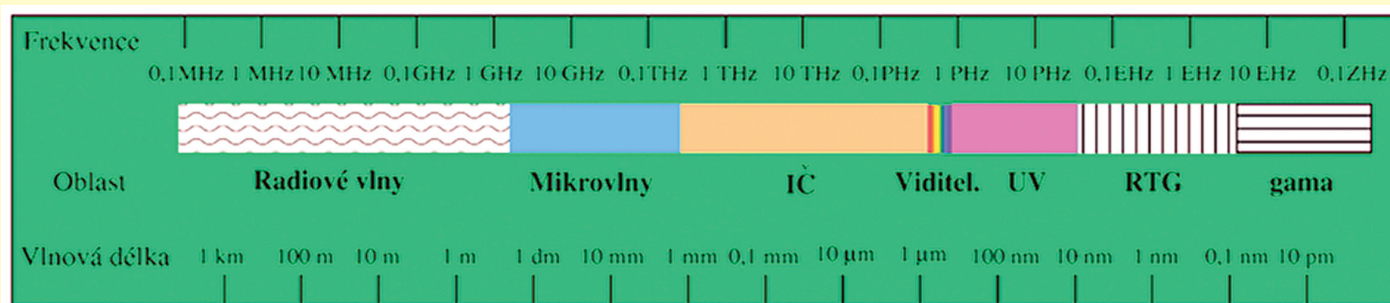


Obr. 1: Schéma DPZ

Vysvětlivky: 1. zdroj záření, 2. průchod záření atmosférou, 3. interakce se zemským povrchem, 4. průchod odraženého (emitovaného) záření skrz atmosféru, 5. snímací zařízení, 6. produkt snímacího zařízení (snímek), 7. interpretace a analýza, 8. informační produkt, 9. aplikace, uživatelé

Zdroj: Upraveno podle: Natural Resources Canada: Tutorial: Fundamentals of Remote Sensing http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php

SVĚT KARTOGRAFIE A GEOINFORMATIKY



Obr. 3: Elektromagnetické spektrum

Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_spektrum

energii v určitých částech spektra, ovlivňují to, které části spektra proniknou na zemský povrch, a mohou tak být využity pro účely DPZ. Části spektra, pro něž je atmosféra průchodná, se nazývají atmosférická okna (viz obrázek č. 4).

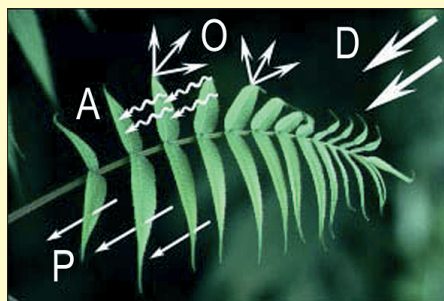
Záření po dopadu na zemský povrch, spektrální chování

Nyní už víme, jak vypadá cesta elektromagnetického záření na zemský povrch. Dále se budeme zabývat tím, co se stane se zářením, když dopadne na zemský povrch. Záření (energie) může být na zemském povrchu (na povrchu určitého objektu) pohlceno (absorbováno), odraženo nebo může tímto povrchem procházet (viz obrázek č. 5).

To, zda bude záření procházet, zda bude pohlceno, nebo odraženo, záleží na několika faktorech. Jednak na vlnové délce záření, jednak na materiálu (voda, vegetace, asfalt atd.) a stavu (kondici) daného povrchu (vlh-

kost, příměs znečišťujících látek, stáří atd.). Pro dálkový průzkum je rozhodující záření odražené.

Odrazové vlastnosti povrchů v závislosti na vlnové délce a na fyzikálních a chemických vlastnostech povrchů formují jejich takzvané *spektrální chování*. Spektrální cho-



Obr. 5: Odraz (O), absorpce (A) a průchod (P) dopadajícího záření (D)

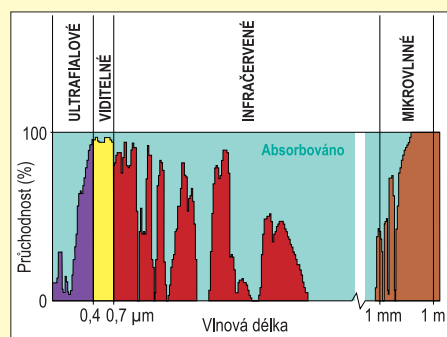
Zdroj: Natural Resources Canada: Tutorial: Fundamentals of Remote Sensing http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php

vání můžeme popsat pomocí *křivky spektrální odrazivosti* (viz obrázek č. 6). Křivka spektrální odrazivosti zobrazuje závislost odrazivosti (nebo emisivity) na vlnové délce, popisuje odrazivost (emisivitu) daného povrchu v celém spektru používaných vlnových délek. Porovnání spektrálních křivek různých objektů lze využít k jejich rozlišení. Spektrální odpověď může být do určité míry rozdílná i pro stejný objekt/povrch – v závislosti na jeho stavu (např. obsahu vody) nebo čase. Například spektrální křivka vegetace se bude měnit v průběhu růstu vegetace a v závislosti na obsahu vody.

Obrázek č. 6 ukazuje spektrální křivky pro vodu, vegetaci a půdu. Jak je z obrázku

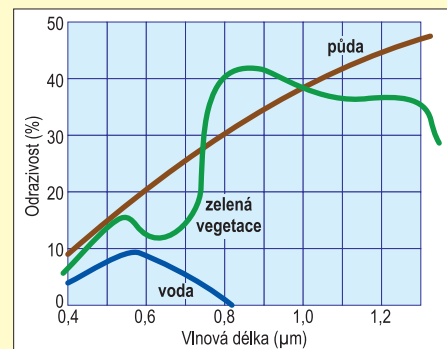
patrné, dva objekty, které odrazí podobné množství energie v jednom intervalu vlnových délek, mohou v jiném intervalu odrážet rozdílné množství energie – mohou mít jiné spektrální chování. Například voda a vegetace se mohou projevovat do určité míry podobně v oblasti viditelného záření, ale jsou téměř vždy odlišitelné v oblasti infračerveného záření. A této skutečnosti právě v DPZ využíváme k rozlišení – tzv. klasifikaci – různých druhů povrchů, objektů a jejich stavů. Výhodou je to, že můžeme využít různé oblasti spektra, a teoreticky si tak pro analýzu vybrat interval spektra, kde se námi sledované konkrétní povrchy spektrálně maximálně odlišují. Poznání mechanismů spektrálního chování je základním nástrojem pro rozpoznávání jednotlivých druhů povrchů a jejich mapování metodou DPZ.

Lucie Kupková, PrF UK v Praze
lucie.kupkova@gmail.com



Obr. 4: Atmosférická okna

Zdroj: Natural Resources Canada: Tutorial: Fundamentals of Remote Sensing http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php



Obr. 6: Křivka spektrální odrazivosti pro vodu, vegetaci a půdu

Zdroj: Natural Resources Canada: Tutorial: Fundamentals of Remote Sensing http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php

Earth from the View Above: Remote Sensing. The article introduces basic principles of remote sensing. It provides related definitions and explains the remote sensing process. Terms like electromagnetic spectra, wave length, frequency, atmospheric windows, absorption, reflectivity and spectral characteristics are explained. Some spectral characteristics of vegetation and water are described.

APLIKACE DO VÝUKY:

1. Která část atmosféry pohlcuje ultrafialové záření? Které části tohoto záření jsou nebezpečné a co mohou způsobit?
2. Který plyn v tomto článku zmíněný přispívá ke zvyšování skleníkového efektu? Dokážete načrtnout schéma skleníkového efektu? Co je to přirozený skleníkový efekt?
3. Nahlédněte do knihovny spektrálních křivek NASA a porovnejte spektrální křivky různých typů povrchů. (<http://speclib.jpl.nasa.gov>)

LITERATURA:

- DOBROVOLNÝ, P. (1998): Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 208 s.
- HALOUNOVÁ, L., PAVELKA, K. (2008): Dálkový průzkum Země. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT
- LILLESAND, T., KIEFER, R. (1994): Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, 736 s.
- Natural Resources Canada: Tutorial: Fundamentals of Remote Sensing http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php