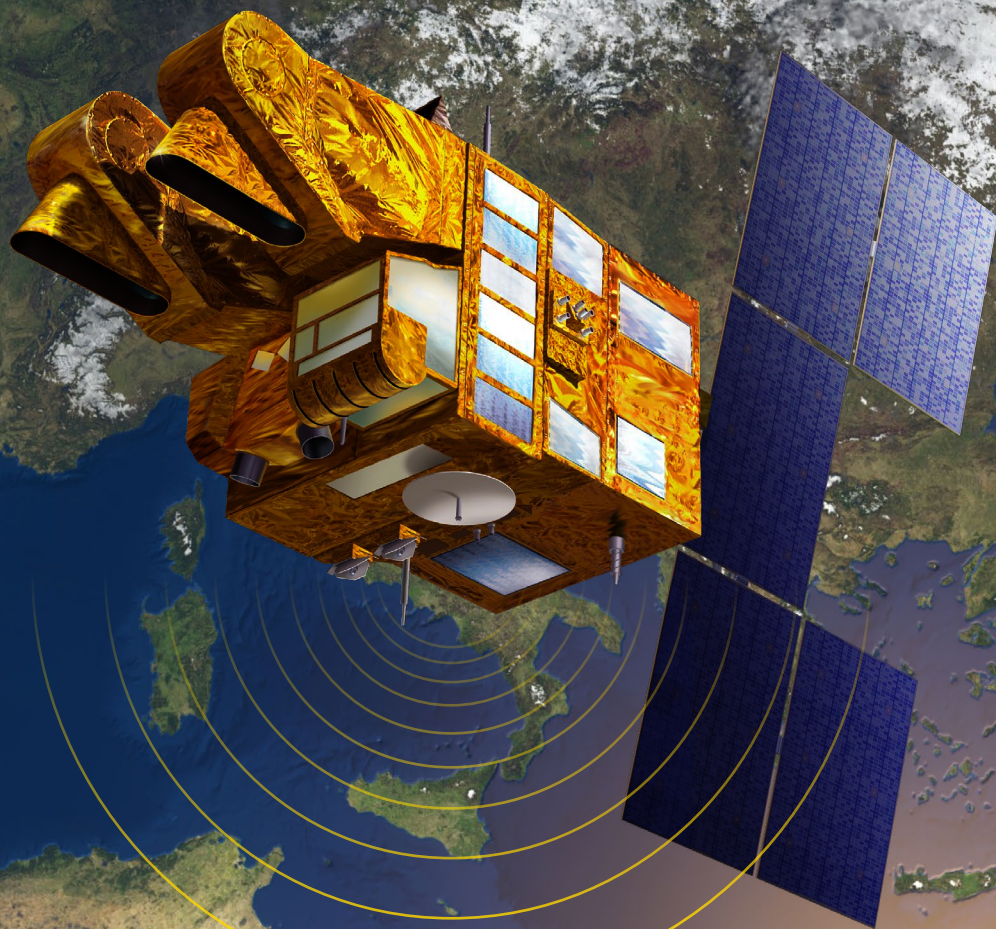


Časopriestor Spacetime

18 3/2022
ISSN 2730-0110

Interaktívne vedecko-popularizačné médium významných autorov a vedeckých pracovníkov
Interactive popular science medium of important authors and scientists

Doc. RNDr. **Ján Feranec**, DrSc.



Satelitný výskum Zeme

**zameraný na poľnohospodársku
a urbanizovanú krajinu**

Obsah

3	Doc. RNDr. Ján Feranec, DrSc.
4	Abstrakt
5	Abstract
6	Úvod
8	Čím sa vyznačujú satelitné snímky
8	Ako sa zo snímok získajú potrebné údaje
10	Kde sa využili údaje získané interpretáciou snímok – vybrané príklady
12	Sledovanie pustnutia poľnohospodárskej pôdy
14	Identifikácia povrchového zamokrenia pôd na Východoslovenskej nížine
16	Identifikácia mestských ostrovov tepla
18	Záverečné poznámky
19	Literatúra

časopriestor // Spacetime

Interaktívne vedecko-popularizačné médium významných autorov a vedeckých pracovníkov.

Šéfredaktor: Dr.h.c. mult. prof. PhDr. Ing. Štefan Kassay, DrSc.

Recenzent a editor: Dr.h.c. mult. prof. Ing. Štefan Luby, DrSc.

Grafická úprava: Dušan Ščepka.

Za odborný obsah materiálov zodpovedá autor.

Vydavateľ: INTERCEDU, a.s., Moyzesova 4/A, 902 01 Pezinok, Slovenská republika

ISSN 2730-0110

Doc. RNDr.

Ján Feranec, DrSc.

Je slovenský geograf. Prírodovedeckú fakultu UK v Bratislave absolvoval v roku 1974. V r. 1996 sa habilitoval za docenta na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave v odbore kartografia. Hodnosť DrSc. obhájil r. 2007 v SAV v odbore geoinformatika. Venuje sa metodológii diaľkového prieskumu Zeme v geografii a kartografii, unifikácii európskej legendy CORINE land cover (CLC), odvodu údajov CLC za roky 1970, 1990, 2000, 2006 a ich zmien na Slovensku aj v Európe a tiež identifikácii spustnutej poľnohospodárskej pôdy a mestských ostrovov tepla aplikáciou satelitných snímok. Od roku 1974 je pracovníkom Geografického ústavu SAV, v rokoch 2002 – 2006 bol jeho riaditeľom. Bol školiteľom 6 doktorandov. Pracovný pobyt absolvoval v Canada Centre for Remote Sensing. Participoval na významných medzinárodných projektoch: Ecotons of the Rivers Danube and Morava, Czechoslovak-Canada Cooperation in Remote Sensing, MERA, Phare Topic Link on Land Cover, 5. RP EU - BIOPRESS, Urban Atlas, Quality Assessment of the CLC 2012, a i. Udelili mu štyri ceny SAV a Zlatú medailu SAV, ako aj vyznamenania ďalších inštitúcií, je emeritným členom Učenej spoločnosti Slovenska.



Abstrakt

Poľnohospodárska a urbanizovaná krajina sa vyznačuje veľkou dynamikou podmienenou najmä vplyvom ľudských aktivít, ale aj čoraz častejších extrémnych prírodných javov. Rýchle získavanie údajov o takýchto vplyvoch, zvlášť o ich výskyte a rozsahu, si vyžaduje používať progresívne postupy zberu a spracovania údajov o krajine, ktoré poskytujú satelitné metódy diaľkového prieskumu Zeme (DPZ). Príspevok uvádza charakteristiky snímok získaných metódami DPZ, dokumentuje ich využitie na identifikáciu tried krajinej pokrývky Európy a Slovenska a jej zmien s dôrazom na poľnohospodársku krajinu. Ďalej približuje možnosti využitia satelitných snímok na identifikáciu pustnutia poľnohospodárskej pôdy, jej zamokrenia, ako aj hodnotenie fenoménu mestského ostrova tepla. V prezentovaných príkladoch dominovala v procese generovania údajov zo satelitných snímok metóda počítačom podporovanej analógovej interpretácie.

Kľúčové slová: diaľkový prieskum Zeme, satelitné snímky, krajinná pokrývka, poľnohospodárska krajina, spustnutá poľnohospodárska pôda, povrchové zamokrenie pôdy, urbanizovaná krajina, mestský ostrov tepla.

Abstract

The agriculture and urbanized landscapes indicate a great dynamic level caused by many human activities and extreme natural appearances, which are being observed more and more. A dynamic data collection concerned with those effects requires utilization of advanced data collection and processing procedures provided by the satellite remote sensing (RS) methods. The contribution provides characteristics of images gained with the use of RS methods and postulates their utilization for identification of classes related to landscape covers in Europe and in Slovakia as well, incl. adequate changes with respect to agriculture land. Furthermore, that contribution deals with utilization of the above-mentioned images for investigation of agricultural land abandonment, its waterlogging together with evaluation phenomenon denoted as the urban heat island. However, the computer aided analogous interpretation method has been applied, when generating data from satellite images, which dominated within presented examples as well.

vol. 3 | 2022

Keywords: remote sensing, satellite images, land cover, agricultural landscape, abandoned agricultural land, surface water-logging of the soils, urbanized landscape, urban heat island.



Úvod

Progresívny trend geovedne orientovaného výskumu, ktorý sa začal rozvíjať začiatkom 70. rokov 20. storočia, súvisí s analýzou a hodnotením globálnych zmien na báze satelitných snímok. Tento trend podporilo:

- Vypustenie prvého satelitu Landsat 1 (23. júla 1972, pôvodne označovaného ERTS – Earth Resources Technology Satellite – satelit na výskum prírodných zdrojov), určeného na dlhodobé snímkovanie zemského povrchu (obr. 1, vľavo).
- Postupne sa dostali na obežnú dráhu aj ďalšie satelity z tejto série, ako aj z ďalších sérií – napr. SPOT 5 (obr. 1, v strede, 2002), IRS, IKONOS, QuickBird, GeoEye a Sentinel 2 (obr. 1, vpravo, 2015).

Pozoruhodný bol najmä vývoj parametrov satelitných snímok od roku 1972, umožňujúcich sledovanie objektov krajiny a ich zmien od globálnej až po lokálnu úroveň. Landsat 1 poskytoval snímky s priestorovým rozlíšením 80 m v 18-dňových intervaloch, Sentinel 2 s rozlíšením 10 m v 5-dňových intervaloch a QuickBird už s rozlíšením 0,5 m v 3-dňových intervaloch.

Obr. 1. Satelity Landsat 1 (vľavo), SPOT 5 (v strede) a Sentinel 2 (vpravo).



Interpretáciou satelitných snímok sa dajú získať údaje o krajinnej pokrývke a jej zmenách, o výskyte a rozlohách poľnohospodárskych plodín, o poškodení lesov, zväčšovaní sídel, a pod.

Satelitné snímky umožňujú:



sledovať jednotlivé objekty alebo skupiny objektov nielen izolovane, ale aj vo väzbe na ich okolie,



identifikovať zmeny v krajine pomocou analýzy časových radov snímok, čo je inými technickými prostriedkami ťažko dosiahnuteľné,



určovať vzorky (pattern) krajinnej pokrývky, napr. charakteristických typov mestskej zástavby, usporiadania parciel poľnohospodárskej pôdy, výrubov lesa atď., ktorých poznanie je dôležité pre rôzne priestorové analýzy.

Tento príspevok približuje využitie údajov diaľkového prieskumu Zeme (DPZ) – najmä satelitných snímok v niektorých environmentálnych oblastiach:



pri identifikácii **tried** krajinnej pokrývky Slovenska a ich zmien s dôrazom na poľnohospodársku krajinu v rámci celoeurópskeho projektu CORINE (Co-Ordination of INformation on the Environment) Land Cover (CLC) [1],



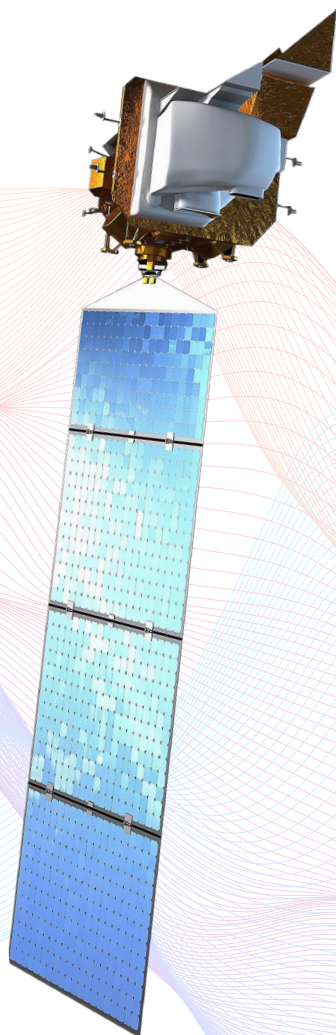
pri identifikácii **pustnutia** poľnohospodárskej pôdy a jej zamokrenia,



pri hodnotení fenoménu mestského **ostrova tepla**.

Čím sa vyznačujú satelitné snímky

Informačný potenciál snímok podmieňujú priestorová, spektrálna, rádiometrická a časová (temporálna) rozlišovacia schopnosť [2, 3, 4]. Ich poznanie vytvára predpoklady využitia snímok ako zdrojov poskytujúcich informácie dôležité aj v procese skúmania poľnohospodárskej a urbanizovanej krajiny.



- **Priestorová rozlišovacia schopnosť** – udáva veľkosť areálu na zemskom povrchu, z ktorého sa snímačom (rádiometrom) meria odrazená alebo vyžiarená elektromagnetická radiácia. (V nami riešených projektoch sme aplikovali snímky s rozlíšeniami prevažne 80 m × 80 m, 30 m × 30 m, 10 m × 10 m).
- **Spektrálna rozlišovacia schopnosť** – je to počet spektrálnych pásiem (kanálov) daných konštrukciou príslušného rádiometra (napr. rádiometer na Landsat 7 má 8 spektrálnych pásiem).
- **Rádiometrická rozlišovacia schopnosť** – je to technický parameter rádiometra, ktorý určuje ním zaznamenávané intervaly vlnovej dĺžky λ elektromagnetickej radiácie (napr. Landsat 7 má tri kanály vo viditeľnej časti spektra: 0,45-0,52 μm , 0,52-0,60 μm , 0,63-0,69 μm a potom v ďalších spektrálnych pásmach).
- **Temporálna rozlišovacia schopnosť** – určuje čas (počet dní) opakovaného poskytovania snímok toho istého územia. (Pre dokumentované problémy boli použité snímky zo satelitov s temporálnym rozlíšením okolo 2 týždňov a menej [5].)

Obrázok Landsat 7 © Courtesy NASA's Goddard Space Flight Center

Ako sa zo snímok získajú potrebné údaje

Jednou z metód na odvodenie údajov zo snímok je počítačom podporovaná analógová (vizuálna) interpretácia. Táto metóda využíva interpretačné znaky – tvar, veľkosť, farbu, textúru, vzorku a asociáciu, prostredníctvom ktorých sú objekty krajiny zaznamenané na snímkach. Pomocou týchto znakov sú identifikované a vektorizované (kontúrované) triedy krajinej pokrývky Slovenska na obrazovke počítača a to podľa príslušnej legendy a príručky [6], do prípravy ktorej sme výrazne prispeli. (Na jej význam a uplatnenie poukazuje medzinárodný ohlas takmer 1 000 citácií).

Hoci digitálne metódy majú v interpretácii snímok silné zastúpenie, počítačom podporovaná analógová interpretácia nestráca na význame najmä v prípadoch, keď sú identifikované objekty z hľadiska ich obsahu veľmi heterogénne a spektrálne premenlivé. Napr. triedy poľnohospodárskej krajiny obsahujú parcely rôznych plodín, enkláv krovín a stromov a pod., ktoré sa vyznačujú odlišnými spektrálnymi charakteristikami, čo spôsobuje problémy pri korektnej identifikácii týchto tried digitálnou technikou. Analógová interpretácia bola použitá v projektoch CLC 2000, 2006, 2012 a 2018. (Údaje CLC 1990 sa ešte generovali metódou, ktorá nevyužívala počítač. Areály tried krajinnnej pokrývky sa identifikovali na papierovej kópii satelitnej snímky upravenej do mierky 1:100 000 a prekreslili sa na transparentnú podložku do formy interpretačnej schémy, ktorá bola následne digitalizovaná. Táto metóda sa používala do konca 90. rokov minulého storočia vo všetkých štátoch zapojených do projektu CLC 1990 [7, 8].) Výsledkom riešenia projektov bolo odvodenie jednotných údajov o krajinnnej pokrývke Európy – fyzickom stave objektov krajiny (rozdelených do 44 tried), zvlášť ich fyziognomických a čiastočne aj funkčných charakteristík v uvedených rokoch (obr. 2.).

Obr. 2. Monografia European landscape dynamics: CORINE land cover data [8], Monografia Krajinná pokrývka Slovenska a jej zmeny v období 1990 – 2012 [5].



Kde sa využili údaje získané interpretáciou snímok – vybrané príklady

Triedy poľnohospodárskej, lesnej a urbanizovanej krajiny Európy a Slovenska a ich zmeny v kontexte údajov CLC v období 1990 – 2012

Pre priblíženie údajov CLC užívateľovi treba zdôrazniť, že prostredníctvom nich možno získať veľmi rýchlo pestrý obraz o rôznych typoch krajinnej pokrývky Európy aj Slovenska. Informačný potenciál týchto údajov výrazne zvyšuje najmä obsahová kompatibilita a vyše 20-ročné obdobie, ktoré reprezentujú. Knižné publikácie [5, 8] poskytujú prehľad o geografickej distribúcii 44 tried CLC, o ich dominantnom zastúpení v európskych štátoch, ako aj o ich sumárnych rozlohách v rámci štyroch časových horizontov 1990, 2000, 2006 a 2012 (k dispozícii sú už aj údaje z roku 2018, ktoré zatiaľ neboli kompletne analyzované). Zároveň poskytujú informácie aj o vývoji zmien tried CLC Európy a tiež Slovenska v období 1990 – 2012.

- Podľa údajov CLC 2012 pokrývali až 43,9 % povrchu Európy triedy lesnej krajiny (s prevahou ihličnatých lesov 15,2 %) [8]. Na Slovensku pokrývala lesná krajina 45,9 % jeho povrchu (s prevahou listnatých lesov 22,1 %) [5].
- Triedy poľnohospodárskej krajiny zaberali 41,7 % povrchu Európy (s prevahou ornej pôdy 21,8 %) [8], na Slovensku 47,5 % (s prevahou ornej pôdy 32,9 %) [5].
- Triedy urbanizovanej krajiny sa vyskytovali na 4,4 % povrchu Európy (s prevahou nesúvislej zástavby 3,1 %) [8], na Slovensku 5,9 % (s prevahou nesúvislej zástavby 4,7 %) [5].

Krajinná pokrývka ako neoddeliteľná súčasť krajiny sa často využíva na určovanie stavov jej vývoja. Preto sú zmeny krajinnej pokrývky považované aj za dôležitý zdroj informácií o zmenách krajiny [9], tieto zmeny majú označenie „toky“ (land cover flows – LCF), nakoľko indikujú v nej prebiehajúce procesy [10]. Toky uvedené v štúdii [9] reprezentujú sedem procesov identifikovateľných v krajine: urbanizáciu – zástavbu (LCF1), intenzifikáciu poľnohospodárstva (LCF2), extenzifikáciu poľnohospodárstva (LCF3), zalesnenie (LCF4), odlesnenie (LCF5), výstavbu vodných nádrží (LCF6) a ostatné zmeny (LCF7).

Keďže táto časť príspevku je zameraná na využitie údajov CLC pri sledovaní poľnohospodárskej krajiny, ako príklad uvedieme iba dva procesy v nej prebiehajúce – intenzifikáciu a extenzifikáciu.



- *Intenzifikácia poľnohospodárstva (LCF2)* – tok ovplyvňujúci zmeny krajinej pokrývky s nižšou intenzitou využitia na triedy s vyššou intenzitou využitia, napr. zmeny lúk na ornú pôdu [5].

- *Extenzifikácia poľnohospodárstva (LCF3)* – tok podmieňujúci zmeny krajinej pokrývky reprezentujúce vyššiu intenzitu využitia na triedy s nižšou intenzitou využitia, napr. zmeny sádov a viníc na ornú pôdu, zarastanie lúk a pasienkov [5].

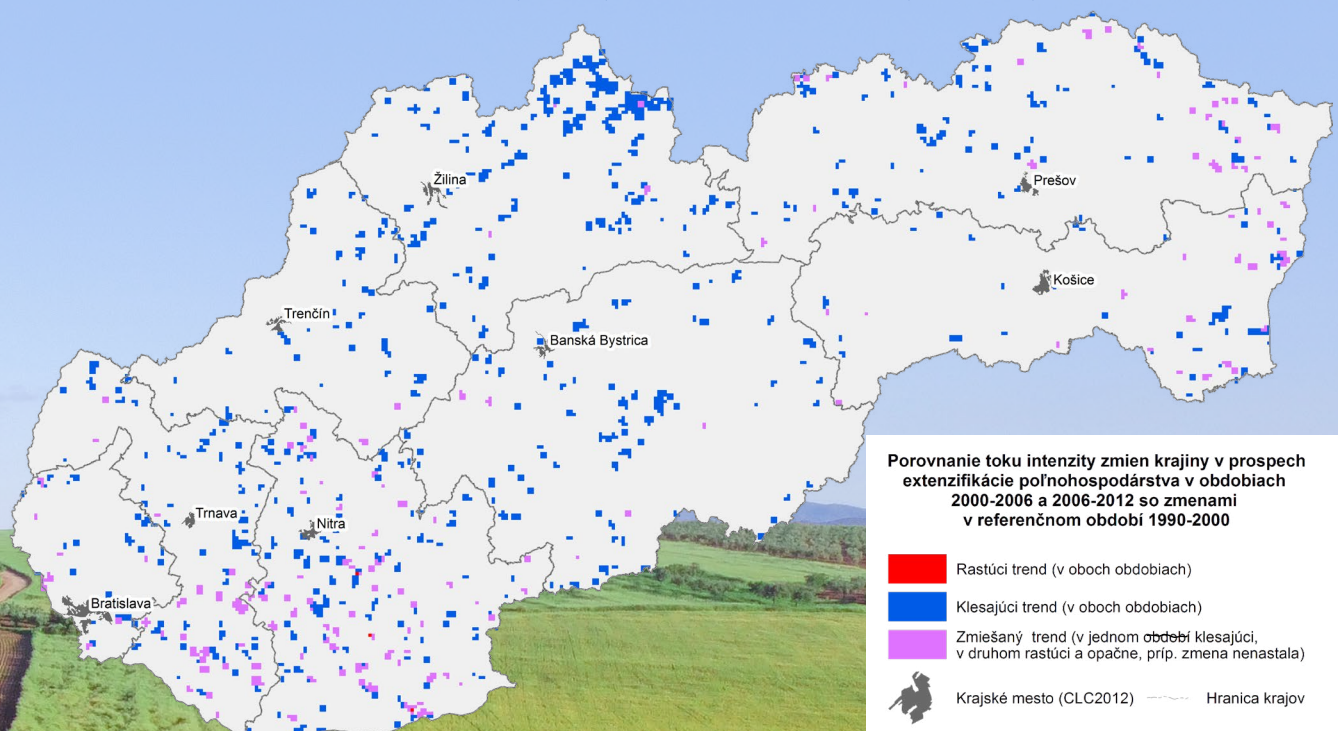
Zmeny LCF sa určili prostredníctvom zmien krajinej pokrývky (ich rozlohy) reprezentujúcich príslušný tok vo štvorcoch siete 3 km × 3 km na úrovni Európy a 1 km × 1 km na úrovni Slovenska. Zmeny boli prepočítané na ha/rok pre obdobia 1990-2000, 2000-2006 a 2006-2012. Z porovnania referenčnej hodnoty zmien za obdobie 1990-2000 s hodnotami za ďalšie dva časové horizonty sa stanovili tri trendy vývoja jednotlivých tokov LCF, čo ilustrujeme podrobnejšie na príklade extenzifikácie poľnohospodárstva:

- rastúci trend extenzifikácie (zmeny identifikované v štvorcoch dosiahli zakaždým väčšiu hodnotu, ako bola referenčná hodnota, prípadne v jednom časovom horizonte zmena nenastala – tieto štvorce sú na mape označené červenou farbou, obr. 3),

- klesajúci trend extenzifikácie (zmeny identifikované v štvorcoch dosiahli zakaždým menšiu hodnotu, ako bola referenčná hodnota, prípadne v jednom časovom horizonte zmena nenastala – tieto štvorce sú na mape označené modrou farbou, obr. 3),

- zmiešaný trend (zmeny reprezentovali zväčšenie aj zmenšenie voči referenčnej hodnote, alebo v referenčnom časovom horizonte zmena ešte nenastala a zmeny nastali až v ďalšom horizonte/horizontoch – tieto štvorce sú na mape označené cyklámenovou farbou, obr. 3) [5].

Extenzifikácia poľnohospodárstva na Slovensku bola najintenzívnejšia v rokoch 1990-2000, potom jej prejav klesal (až na malé výnimky), alebo mal zmiešaný trend vývoja [5].



Obr. 3. Priestorové rozšírenie extenzifikácie poľnohospodárstva na Slovensku v rokoch 1990-2000-2006-2012 (Spracovanie: GgÚ SAV, 2017) [5]. (Pozn.: rastúci trend bol identifikovaný iba v dvoch štvorcoch južne od Nitry, na ich vizualizáciu treba obrázok zväčšiť.)

Sledovanie pustnutia poľnohospodárskej pôdy

Pustnutie poľnohospodárskej pôdy na Slovensku predstavuje postupný proces, ktorý sa prejavuje fyziognomickými zmenami (napr. heterogénnym zoskupovaním vegetácie a variabilitou jej výšky) a tiež pribúdaním nových druhov vegetácie – náletových burín, krovín a stromov. Tieto diverzifikujú alebo nahrádzajú monokultúry jednoročných a viacročných poľnohospodárskych plodín, viníc a sádov. Proces pustnutia sa vyznačuje výraznou dynamikou, preto jeho sledovanie si vyžaduje používať operatívnejšie metódy reprezentované najmä satelitným DPZ. Spektrálna blízkosť poľnohospodárskych plodín so spustnutými areálmi poľnohospodárskej pôdy si však vyžaduje klásť dôraz aj na terénny prieskum. Údaje z terénu poskytujú fyziognomické charakteristiky spustnutých areálov poľnohospodárskej pôdy, ktoré prispievajú v procese interpretácie k ich jednoznačnejšej identifikovateľnosti využitím satelitných snímok.

Dokumentovanie možností aplikácie satelitných snímok (Sentinel 1 a Sentinel 2) v procese identifikácie tried spustnutej poľnohospodárskej pôdy na experimentálnych územiach Podunajskej nížiny a Zvolenskej kotliny bolo jedným z cieľov projektu: Nové prístupy mapovania biomasy na spustnutej poľnohospodárskej pôde, využívajúce kombináciu optických a radarových údajov DPZ, riešeného v rámci programu Plánu pre európske spolupracujúce štáty (Plan for European Cooperating States – PECS) Európskej vesmírnej agentúry (European Space Agency – ESA). Projekt koordinovalo v rokoch 2018-2020 Národné lesnícke centrum, Geografický ústav SAV bol spoluriešiteľským pracoviskom.

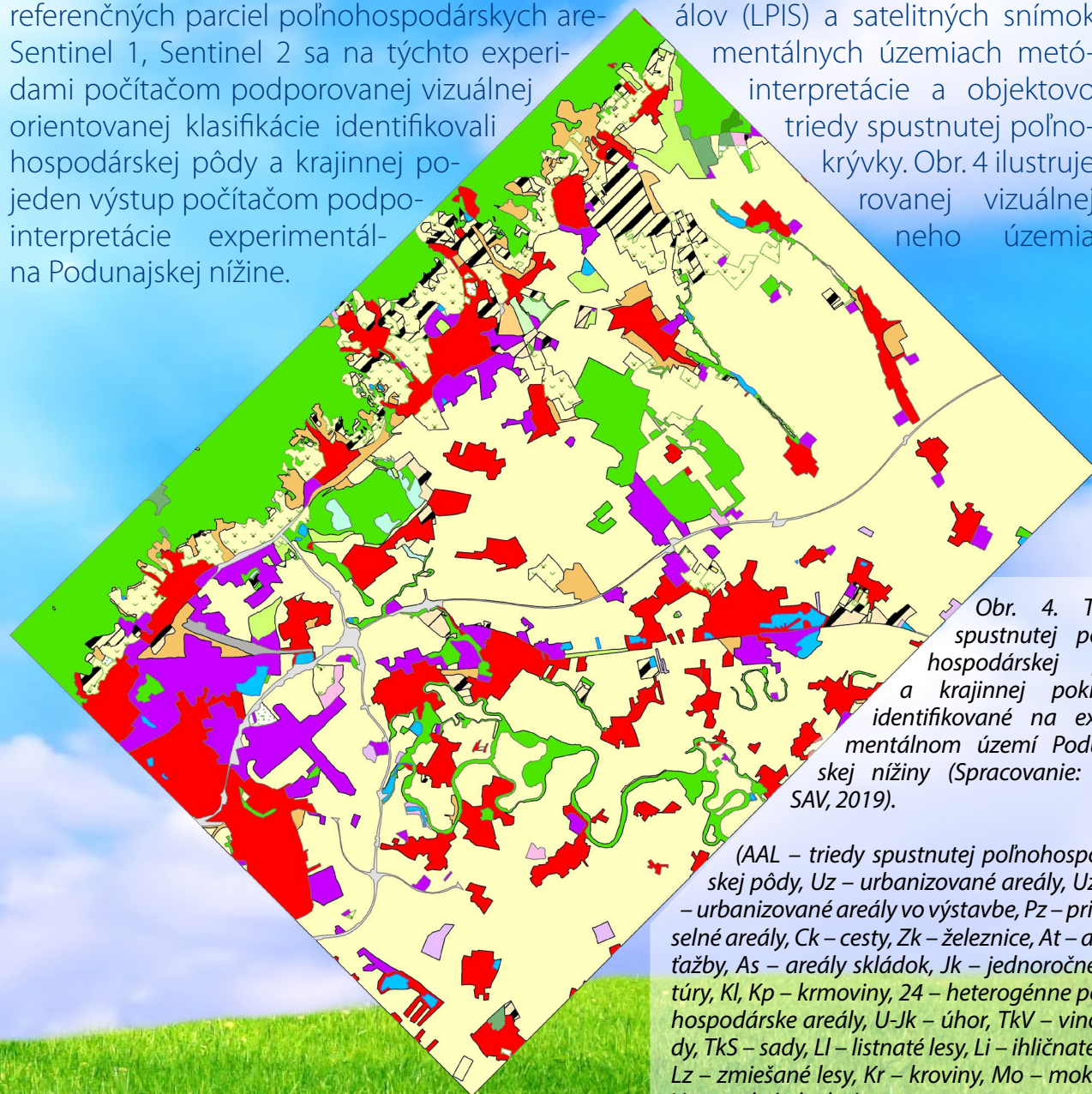
Za spustnutú sa považuje poľnohospodárska pôda, na ktorej sa nevykonávajú činnosti súvisiace s poľnohospodárskou výrobou po takú dobu, až je pôda zarastená inou ako poľnohospodárskou vegetáciou. V kontexte citovaného projektu boli zadefinované tri základné typy spustnutej poľnohospodárskej pôdy [11]:

- zarastenej bylinnými formáciami s výškou 0,5 – 1,5 m a listovým pokrytím > 90 %,
- zarastenej bylinami a krovinovými formáciami s výškou 1,6 – 3 m, so zápojom > 20 %,
- zarastenej bylinami, krovinami a stromovými formáciami s výškou > 3 m, so zápojom > 20 % (zápoj je miera prelínania korún stromov a krov).

Identifikované triedy spustnutej poľnohospodárskej krajiny tvorili vstup do modelovania množstva biomasy obsiahnutej v nadzemných častiach zarastajúcej vegetácie, ktoré realizovalo Národné lesnícke centrum [12].

Terénnym prieskumom na Podunajskej nížine a Zvolenskej kotline boli tieto triedy s minimálnou rozlohou 0,3 ha identifikované na tréningových a testovacích areáloch s veľkosťou 1 km × 1 km. V rámci nich sa zaznamenalo druhové zloženie vegetácie, jej výška, pokryvnosť a charakteristické zoskupenie do vzoriek – patternov.

Využitím údajov z terénu, ortofotomozaiky leteckých snímok, identifikačného systému referenčných parciel poľnohospodárskych areálov (LPIS) a satelitných snímok Sentinel 1, Sentinel 2 sa na týchto experimentálnych územiach metódami počítačom podporovanej vizuálnej orientovanej klasifikácie identifikovali triedy spustnutej poľnohospodárskej pôdy a krajinej pokrývky. Obr. 4 ilustruje jeden výstup počítačom podporovanej vizuálnej interpretácie experimentálneho územia na Podunajskej nížine.



Obr. 4. Triedy spustnutej poľnohospodárskej pôdy a krajinej pokrývky identifikované na experimentálnom území Podunajskej nížiny (Spracovanie: GgÚ SAV, 2019).

(AAL – triedy spustnutej poľnohospodárskej pôdy, Uz – urbanizované areály, Uz-133 – urbanizované areály vo výstavbe, Pz – priemyselné areály, Ck – cesty, Zk – železnice, At – areály ťažby, As – areály skládok, Jk – jednoročné kultúry, Kl, Kp – krmoviny, 24 – heterogénne poľnohospodárske areály, U-Jk – úhor, TkV – vinohrady, TkS – sady, LI – listnaté lesy, Li – ihličnaté lesy, Lz – zmiešané lesy, Kr – kroviny, Mo – mokrade, Vp – vodné plochy.)

Nomenclature

	AAL11		AAL23S		Uz		Zk		Kl		TkV		Lz
	AAL12V		AAL23V		Uz - 133		At		Kp		TkS		Kr
	AAL21		AAL31		Pz		As		24		LI		Mo
	AAL22		AAL33V		Ck		Jk		U-Jk		Li		Vp



0 5 10 15 20 km

Identifikácia povrchového zamokrenia pôd na Východoslovenskej nížine

Extrémne prejavy vlhkosti pôdy – zamokrenia, spôsobeného zrážkovou alebo podzemnou vodou vystupujúcou v znížených miestach nad jej povrch negatívne vplývajú na pestovanie poľnohospodárskych plodín. Preto je veľmi dôležité, najmä z hľadiska efektívneho rozvoja poľnohospodárskej výroby v zamokrených oblastiach určiť intenzitu a priestorovú dynamiku extrémneho prejavu vlhkosti pôdy. Vyriešiť takýto problém na veľkom území aplikáciou konvenčných metód terénneho prieskumu je ťažko dosiahnuteľné, nakoľko zamokrenie pôdy sa vyznačuje výraznou premenlivosťou v čase a priestore. Prejavy zamokrenia pôdy sa vyskytujú aj na Východoslovenskej nížine, ktorá má rozlohu ca 2 600 km². Práve veľká časť jej poľnohospodársky obrábanej pôdy, najmä v rovinnom stupni (s rozlohou ca 1970 km²), sa vyznačuje hydrofyzikálnymi vlastnosťami potláčajúcimi rozvoj poľnohospodárskej výroby. Štúdia [13] poukazuje práve na možnosti identifikácie zamokrenia pôd využitím leteckých multispektrálnych snímok získaných komorou MKF 6 a satelitných snímok zaznamenaných multispektrálnym rádiometrom MSS z Landsat-u 3 (zo 17. 3. 1982) pri nepriamej identifikácii intenzity povrchového zamokrenia pôd bez vegetácie na tomto území. Na snímkach sa dá veľmi dobre odlíšiť povrchová voda a rôzne intenzívne zamokrená pôda, nakoľko tieto absorbujú radiáciu v blízkej infračervenej časti spektra [14, 15].



Výsledky potvrdili, že extrémne stavy nasýtenia pôdy vodou sa prejavujú na multispektrálnych leteckých aj satelitných snímkach prostredníctvom fyziognomických znakov – výraznou zmenou reflexných charakteristík pôd najmä v uvedenej blízkej infračervenej časti spektra, ako aj špecifickými vzorkami (patternami) tvorenými striedajúcimi sa malými areálmi vody a pôdy bez vegetácie. Identifikované boli tieto triedy zamokrenia:

- *voda koncentrovaná na povrchu pôdy* – vytvára súvislú hladinu s rozlohou od niekoľko desiatok m² po stovky m²,
- *pôda intenzívne zamokrená* – prejavuje sa vzorkou tvorenou striedaním menších areálov vody (do desiatok m²) s pôdou bez vegetácie,
- *pôda menej intenzívne zamokrená* – tvorená vzorkou sporadického výskytu vody a pôdy bez vegetácie, prípadne pôdy s intenzívnym premáčaním jej vrchného horizontu, bez vody stojacej na povrchu,
- ostatné pôdy sa považovali za relatívne suché.

Výsledky vo forme interpretačných schém využila projekčná organizácia Hydroconsult v osemdesiatych rokoch minulého storočia na hodnotenie funkčnosti zabudovaných melioračných systémov na Východoslovenskej nížine.



Identifikácia mestských ostrovov tepla

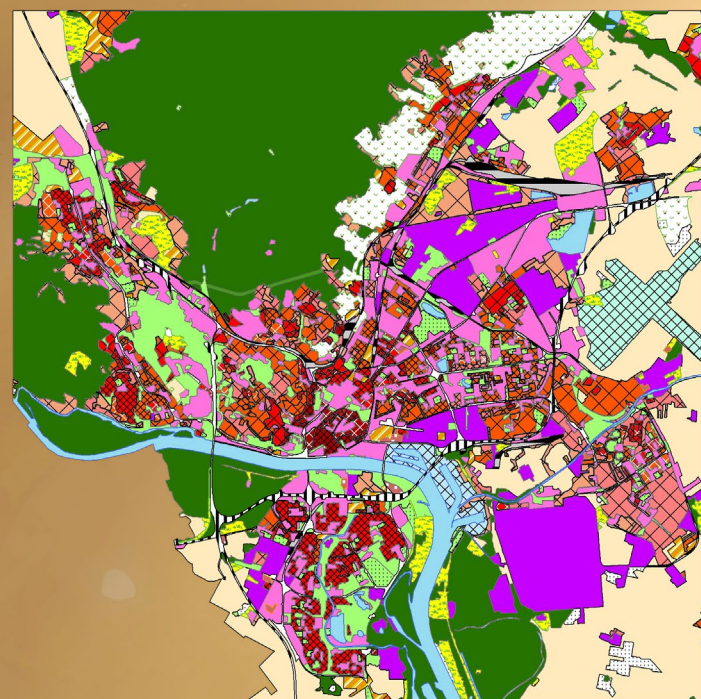
Veľké mestá sú a čoraz viac budú vystavené riziku zvyšovania povrchovej teploty a tiež teploty vzduchu v rámci nich. Je to dôsledok nahrádzania prírodnej krajiny umelými konštrukčnými materiálmi, napr. betónom a asfaltom [16]. Fyzikálne vlastnosti týchto materiálov (absorbujú viac slnečného žiarenia ako odrážajú; majú vyššiu tepelnú kapacitu a vodivosť) a pribúdanie obyvateľstva priamo súvisia so zvyšovaním teploty v mestách. V Európe žije v súčasnosti okolo 80 % obyvateľov v mestách. Očakáva sa, že na celej Zemi bude v roku 2050 v mestách takmer 70 % obyvateľov (ca 6,3 miliardy). Zmeny teplotných podmienok v husto zastavanom mestskom prostredí sa viažu najmä na mestský ostrov tepla – fenomén vyskytujúci sa v urbanizovaných areáloch a vyznačujúci sa všeobecne ich vyššou teplotou povrchu aj vzduchu v porovnaní s okolitou vidieckou krajinou [17].

Toto je jedna z príčin, prečo sa veľa výskumných aktivít orientuje na identifikáciu, analýzu a hodnotenie vzťahu medzi hustotou zástavby reprezentovanou triedami krajinej pokrývky/využitia krajiny (LC/LU) a prejavom fenoménu mestského ostrova tepla.



Dokumentovaná ukážka približuje využitie satelitných snímok v procese generovania údajov o LC/LU troch slovenských miest – Bratislavy, Trnavy a Žiliny, na príklade ktorých sa modelovali teplotné charakteristiky urbanizovanej krajiny. Vstupnými údajmi do počítačom podporovanej analógovej interpretácie boli:

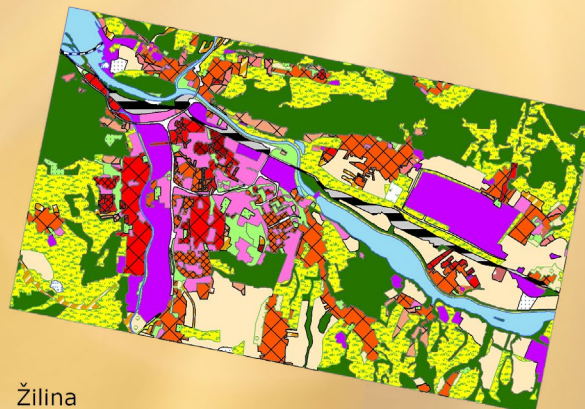
- satelitné snímky uvedených troch miest (SPOT z apríla 1998, SPOT z mája 2007 a Sentinel z februára 2016),
- údaje Urban Atlas (upravené z hľadiska obsahu pre podmienky Slovenska do 52 tried LC/LU), ktoré sú časťou celoeurópskeho monitorovacieho programu Copernicus,
- údaje o výške budov (získané zo základnej bázy údajov pre geografický informačný systém ZBGIS),
- údaje o prítomnosti vegetácie (odvođené tiež zo satelitných snímok) – areály s prevahou stromovej vegetácie, s prevahou trávnej vegetácie a s prevahou zmiešanej vegetácie – trávnej a stromovej.



Bratislava



Trnava



Žilina



Obr. 5. LC/LU Bratislavy, Trnavy a Žiliny (Spracovanie: GgÚ SAV, 2019). (11110-11300 – areály s rôzne hustou zástavbou, 12110 – školy, zdravotnícke zariadenia, obchody a úrady, 12120 – výrobné a skladovacie areály, 12210-12230 – cesty a železnice, 12300 – areály prístavov, 12400 – areály letísk, 13100 – areály ťažby nerastných surovín, 13300 – areály výstavby, 13400 – areály bez súčasného využívania, 14100 – areály sídelnej vegetácie, 14200 – areály športu a zariadení voľného času, 21000 – orná pôda s jednoročnými plodinami, 22000 – trvalé kultúry, 23000 – trávne porasty, 24000 – heterogénne poľnohospodárske areály, 25000 – ovocné záhrady pri domoch, 31000 – lesy, 32000 – prirodzené lúky, 33000 – areály s riedkou vegetáciou, 40000 – močiare a rašeliniská, 50000 – povrchová voda.)

Výsledky počítačom podporovanej analógovej interpretácie dokumentuje obr. 5. Tieto údaje využil Slovenský hydrometeorologický ústav ako vstupy do modelu MUKLIMO [18], umožňujúceho simulovať teplotné charakteristiky uvedených troch miest.

Riešenie problémov spojených so sledovaním a hodnotením zvyšovania teploty v mestách prispieva k zlepšeniu kvality života v nich. Zároveň prispieva k zníženiu spotreby energie, zvlášť v súvislosti s používaním klimatizácie a iných systémov chladenia, zabezpečujúcich komfortnejšie životné podmienky [16, 19].

Záverečné poznámky

- Aplikáciou satelitných snímok sa získali údaje o krajinnej pokrývke Slovenska v kontexte celoeurópskych projektov CLC. Analýzou týchto údajov sa odvodili informácie o výskyte a rozlohách tried poľnohospodárskej krajiny a ich zmenách (najmä zmeny medzi ornou pôdou, lúkami a trvalými kultúrami).
- Satelitné snímky v kombinácii s údajmi získanými terénnym prieskumom, leteckými snímkami a údajmi LPIS môžu poskytnúť informácie o procese pustnutia poľnohospodárskej pôdy.
- Multispektrálne aerokozmické snímky potvrdili, že z nich možno získať informácie o fyziognomických charakteristikách intenzity povrchového zamokrenia pôd, ktoré najmä po korelácii s morfometrickými charakteristikami reliéfu môžu prispieť k hodnoteniu vlhkostného režimu pôd.
- Na teplotné charakteristiky urbanizovanej krajiny namerané v reálnom čase, ako aj na ich predpoveď, má dôležitý vplyv LC/LU. V triedach LC/LU s vysokým podielom nepriepustných povrchov a znižujúcou sa rozlohou mestskej zelene, teplota urbanizovanej krajiny sa zvyšuje. Preto možno predpokladať, že precizovanie poznatkov o LC/LU – aj prostredníctvom využitia satelitných údajov sa bude zvyšovať.
- Tieto ukážky dokumentujú iba malú časť možností, kde a akým spôsobom sa dajú využiť satelitné snímky pri sledovaní poľnohospodárskej a urbanizovanej krajiny.



Literatúra

1. Heymann, Z., Steenmans, Ch., Croissille, G., Bossard, M. (1994). CORINE land cover. Technical guide. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
2. Jensen, R. J. (1986). Introductory digital image processing. A remote sensing perspective. Englewood Cliffs: Prentice-hall.
3. Walford N. (2001). Geographical data: Characteristics and sources. Chichester: John Wiley & Sons.
4. Mather M. P. (2004). Computer processing of remotely-sensed images: An introduction. Chichester: John Wiley & Sons.
5. Feranec, J., Oťaheľ, J., Kopecká, M., Nováček, J., Pazúr, R. (2018). Krajinná pokrývka Slovenska a jej zmeny v období 1990 – 2012. Bratislava: VEDA, vydavateľstvo SAV.
6. Bossard, M., Feranec, J., Oťaheľ, L. (2000). CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000, Technical Report 40. Copenhagen: European Environment Agency.
7. Feranec, J., Oťaheľ, J. (2001). Krajinná pokrývka Slovenska / Land cover of Slovakia. Bratislava: VEDA, vydavateľstvo SAV.
8. Feranec, J., Soukup, T., Hazeu G., Jaffrain, G., eds. (2016). European landscape dynamics: CORINE land cover data. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.
9. Feranec, J., Jaffrain, G., Soukup, T., Hazeu, G. (2010). Determining changes and flows in European landscape 1990 – 2000 using CORINE land cover data. Applied Geography, 30, 19-35.
10. Haines-Young, R., Weber, J.-L. (2006). Land accounts for Europe 1990-2000. Towards integrated land and ecosystem accounting. EEA Report, 11. Copenhagen: European Environment Agency.
11. Szatmári, D., Feranec, J., Goga, T., Rusnák, M., Kopecká, M., Oťaheľ, J. (2021). The role of field survey in the identification of farmland abandonment in Slovakia using Sentinel-2 data. Canadian Journal of Remote Sensing, 47, 4, 569-587.
12. Bucha, T., Pačo, J., Sačkov, I., Pajtik, J., Sedliak, M., Barka, I., Feranec, J. (2021). Woody above ground biomass estimation on abandoned agriculture land using Sentinel-1 and Sentinel-2 data. Remote Sensing: Open Access Journal, 13, art. no. 2488, 1-24.
13. Feranec, J., Kolář, J. (1988). Physiognomic aspects of the surface water-logging intensity of the soils in the East-Slovakian Lowland identified by the aerospace photographs and images. Geografický časopis, 40, 1-2, 49-61.
14. Mulders, M. A. (1987). Remote sensing in soil science. Amsterdam: Elsevier.
15. Music, H. B., Pelletier E. R. (1986). Response of Thematic Mapper band ratios to variation in soil water content. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 52, 10, 1661-1668.
16. Feranec J., Holec J., Šťastný P., Szatmári D., Kopecká M. (2019). Visualising a comparison of simulated urban heat islands: a case study of two Slovakian cities. Advances in Cartography and GIScience of the ICA, Vol. 1, 1-8. Fujita H. (Ed). Tokyo: International Cartographic Association. <https://doi.org/10.5194/ica-adv-1-6-2019>.
17. Lauriola, P. (2016). Introduction. In F. Musco (Ed.), Counteracting urban heat island effects in a global climate change scenario (pp. xlvii–liii). Springer eBook.
18. Sievers U. (2016). (Hrsg.: Deutscher Wetterdienst): Das Kleinskalige Strömungsmodell MUKLIMO_3. Teil 2: Thermodynamische Erweiterungen. Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes. (Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 248).
19. Holec, J., Feranec, J., Šťastný, P., Szatmári, D., Kopecká, M., Garaj, M. (2020). Evolution and assessment of urban heat island between the years 1998 and 2016: case study of the cities Bratislava and Trnava in western Slovakia. Theoretical and Applied Climatology, 141, 3-4, 979-997.

Časopriestor Spacetime

Interaktívne vedecko-popularizačné médium významných autorov a vedeckých pracovníkov
Interactive popular science medium of important authors and scientists

