

KAREL KIRCHNER, JAN KOLÁŘ, STANISLAV PLACHÝ

AUTOMATIZOVANÁ INTERPRETACE VODNÍCH PLOCH Z DRUŽICOVÝCH ÚDAJŮ V SEVEROZÁPADNÍCH ČECHÁCH

K. Kirchner, J. Kolář, S. Plachý: *Automatic interpretation of surface water from satellite data in North-West Bohemia.* — Sborník ČSGS 89:1:15—21 [1984]. — In this article the authors present the method of automatic interpretation of surface water from the data of the multispectral scanner of the satellite LANDSAT — 3. The studied territory has shaped by surface mining activity. The fact leads to great space and time variability of surface water. The described method can be used for detection of surface water areas larger than 1 hectare.

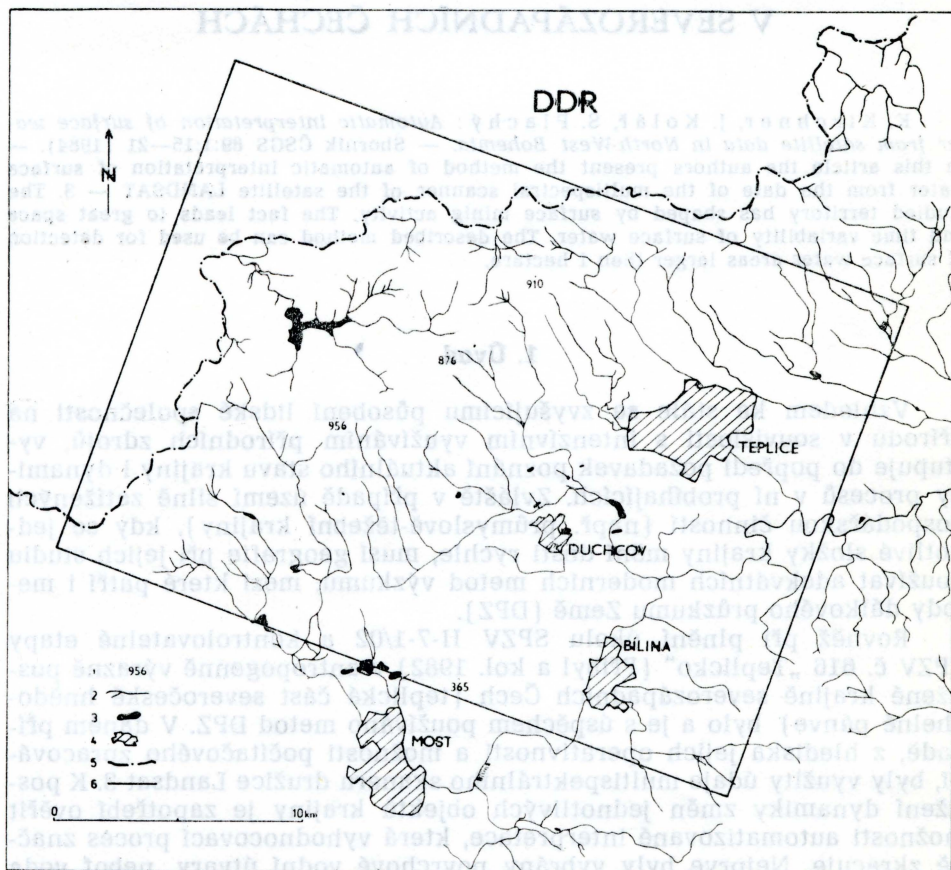
1. Úvod

Vzhledem ke stále se zvyšujícímu působení lidské společnosti na přírodu v souvislosti s intenzivním využíváním přírodních zdrojů, vystupuje do popředí požadavek poznání aktuálního stavu krajiny i dynamiky procesů v ní probíhajících. Zvláště v případě území silně zatížených hospodářskou činností (např. průmyslově-těžební krajiny), kdy se jednotlivé složky krajiny mění dosti rychle, musí geografie při jejich studiu používat adekvátních moderních metod výzkumu, mezi které patří i metody dálkového průzkumu Země (DPZ).

Rovněž při plnění úkolu SPZV II-7-1/02 a kontrolovatelné etapy CPZV č. 616 „Teplicko“ (Příbyl a kol. 1982) v antropogenně výrazně postižené krajině severozápadních Čech (teplická část severočeské hnědohelné pánve) bylo a je s úspěchem používáno metod DPZ. V daném případě, z hlediska jejich operativnosti a možnosti počítačového zpracování, byly využity údaje multispektrálního skaneru družice Landsat 3. K postižení dynamiky změn jednotlivých objektů krajiny je zapotřebí ověřit možnosti automatizované interpretace, která vyhodnocovací proces značně zkracuje. Nejprve byly vybrány povrchové vodní útvary, neboť voda patří ke spektrálně výrazným přírodním objektům, a byl proto předpoklad dosažení pozitivního výsledku. Významným faktem rovněž bylo, že povrchové vodní útvary (zejména umělé) se nacházejí v dané oblasti ve velkém množství a jejich změny (vznik, resp. zánik) probíhají v relativně krátkých časových intervalech (vazby zejména na povrchovou těžbu hnědého uhlí).

V rámci severozápadních Čech byla vymezena testovací oblast (plocha cca 600 km², obr. 1) a byly zpracovány údaje naměřené multispektrál-

ním skanerem ze dne 30. 7. 1978. Tento skaner pořizuje údaje ve čtyřech spektrálních pásmech (500–600, 600–700, 700–800, 800–1100 nm) s šířkou záběru na zemském povrchu 185 km. Jedno měření spektrální intenzity elektromagnetického záření odpovídá ploše 6200 m², tj. 0,6 ha, přičemž dvě sousední měření se překrývají o 14 %. Naměřená intenzita je zaznamenávána v dynamickém rozsahu od nuly do 255 relativních jednotek. Družice se pohybuje po dráze se sklonem 98° k zemskému rovníku ve výšce 912 km. Měření je prováděno přes šířku záběru, kolmo na vektor rychlosti družice, který je orientován ve směru přibližně sever-jih. Měření se pro dané území opakuje vždy po 18 dnech. (Blíže např. Lawnikiewicz, Majcher, Uhrynowski 1980).



1. Situační náčrt území severozápadních Čech s vyznačením testovacích oblastí. 1 — nadmořské výšky významných vrcholů, 2 — vodní toky, 3 — vodní nádrže, 4 — sídla, 5 — státní hranice, 6 — hranice testované oblasti.

Automatizované interpretace s využitím počítačové klasifikace údajů naměřených multispektrálním skanerem družice řady Landsat je v zá-

padních zemích často používána při hodnocení a mapování jednotlivých složek krajiny i jejího využití (např. Bernstein, Ferneyhough 1975, Orhaug, Wastenson, Akersten 1977, Robinove 1979). Výsledky dosažené při studiu vodní složky krajiny jsou shrnuty např. v práci R. S. Williamse jr. a W. D. Cartera eds. 1976. Ve státech RVHP se rovněž věnuje metodám automatizované interpretace patřičná pozornost. Jsou využívány údaje multispektrálních skanerů nejen družice Landsat, ale i družic Meteor, Priroda a skaneru Apšeron letecké laboratoře AN — 30. Dosažené výsledky a další možnosti zpracovávání skanerových údajů ve státech RVHP jsou shrnuty ve sborníku z 2. vědecké konference pracovní skupiny socialistických zemí zabývající se DPZ — program Interkosmos — (Vagala izd. 1980).

2. Vymezení a základní fyzickogeografické rysy testovací oblasti

Testovací oblast se vyznačuje výrazně rozdílnými krajinnými strukturami, neboť zahrnuje severovýchodní část Mostecké pánve a přilehlé oblasti Krušných hor a Českého středohoří.

Ve směru JZ — SV probíhá touto oblastí sníženina Mostecké pánve s plochým reliéfem na neogénních písčito-jílovitých sedimentech. Severní omezení pánve tvoří výrazný svah jižního okraje Krušných hor, budovaný převážně paleozoickými, z části i mladšími horninami, s různě mocným kvarténním pokryvem. Pro tuto oblast jsou charakteristická hluboce zaříznutá údolí vodních toků, vyplněná hlinitopísčitymi, místy kamenitými náplavy, které ve spodní části pokračují plochými náplavovými kužely, zabíhajícími daleko do pánve. Na jihu přechází pánev do výrazně členitého reliéfu Českého středohoří, podmíněného vypreparovanými so-pouchy neovulkanitů.

Jižní svah Krušných hor je pokryt víceméně souvislým smíšeným lesním porostem. V oblasti pánve se uplatňuje především rozptýlená zeleň (břehové porosty apod.), popřípadě uměle zalesněné prostory bývalých důlních prací. V Českém středohoří převládají listnaté lesy, častá jsou též stepní travinná společenstva se střídáním ovocných sadů a ploch orné půdy.

Převážná část povrchových vod modelové oblasti je odváděna řekou Bílinou, pouze malá část v Krušných horách Flájským potokem. Původní odtokové poměry byly do značné míry změněny výraznými antropogenními zásahy do krajiny pánve (hlubinná a povrchová těžba hnědého uhlí), kdy dochází k jejímu výraznému přemodelování, ke vzniku nových tvarů reliéfu s doprovodnými jevy (např. vznik antropogenních půd, vytvoření rozsáhlých výsypek a důlních depresí s intenzívními procesy vodní eroze a gravitačními). S tím souvisejí i změny v režimu podpovrchových vod, jak kvalitativní, tak kvantitativní (např. Loučková 1974).

Sníženiny povrchových dolů a poklesy po hlubinné těžbě jsou obvykle zaplavovány vodou. Vodní útvary jsou nejrůznějších velikostí a tvarů, daných nejen charakterem sníženiny, ale i momentálními hydrologickými a klimatickými podmínkami a probíhající důlní činností. Podobně jsou pro danou oblast charakteristické rybníky, velké vodní nádrže (určené k zásobování průmyslu apod.) nebo vodní útvary vzniklé přehrazením původního koryta v důsledku těžby.

3. Použitá metoda zpracování dat

Automatizovaná interpretace vychází z počítačové klasifikace, v níž je výchozím faktorem spektrální projev vodní plochy, tak jak je registrován uvedeným typem detektoru. Spektrální projev vody se vyznačuje výrazně nižšími hodnotami spektrálního albeda než ostatní druhy přírodních objektů. S rostoucí vlnovou délkou koeficient spektrální odrazivosti v optické oblasti spektra klesá, čímž se spektrální odlišnost vody ještě zvýrazňuje. Na základě těchto poznatků bylo ke klasifikaci vodních útvarů použito jen jednoho, a to čtvrtého spektrálního kanálu (800 až 1100 nm), který zasahuje již do blízkého infračerveného oboru spektra.

Vybraná testovací oblast byla plošně pokryta celkem 135 000 měřeními v jednom spektrálním pásmu. V tomto souboru byly vybrány vzorové soubory základních přírodních druhových tříd, které se v této oblasti vyskytly: vody, vegetace, holé půdy. Pro každou z nich byly stanoveny střední hodnoty a směrodatné odchylky naměřených radiačních hodnot. Zjištěné dynamické rozsahy odražené radiace u těchto základních tříd (tab. 1) prokázaly, že je značně nepravděpodobné, že by v uvedeném spektrálním pásmu došlo k přesahu intervalu hodnot pro vodu s jinými třídami (Kolarž 1983).

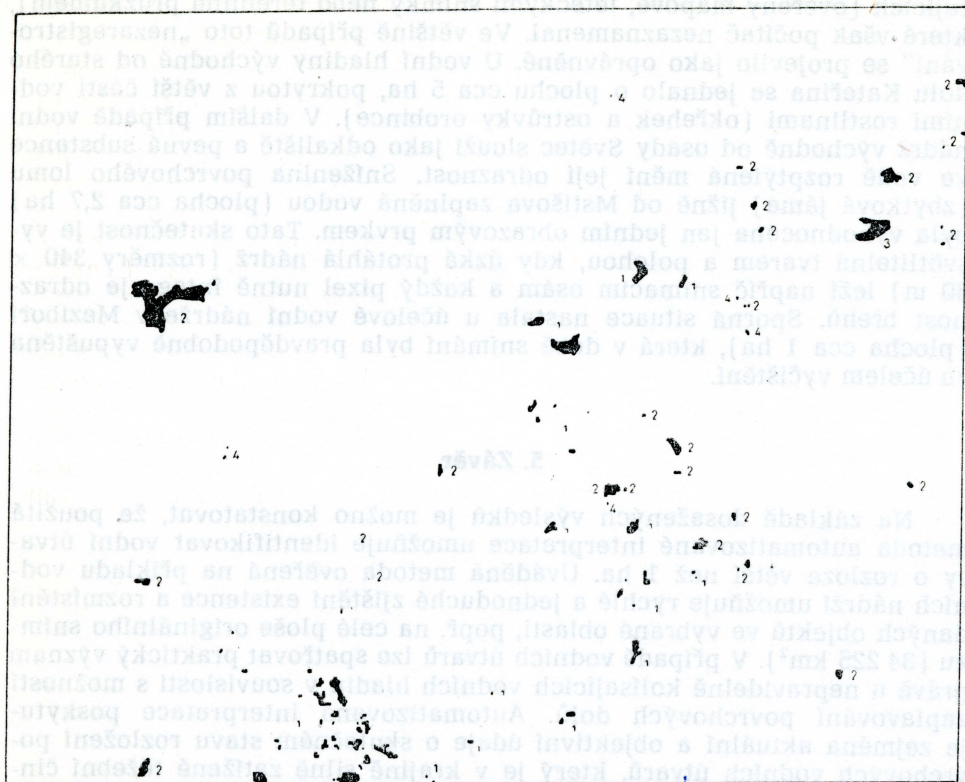
Tab. 1. Dynamické rozsahy radiace základních tříd naměřené ve čtvrtém spektrálním pásmu.

třída	dynamický rozsah
voda	6—28
vegetace	36—82
půdy	44—67

Klasifikace byla provedena určením prahové hodnoty radiace. Výše prahu byla stanovena po několika pokusech, kdy se jako nejvhodnější ukázala hodnota 27 relativních jednotek. Počítač zařadil do každé třídy „voda“ měření, jehož velikost byla pod prahovou hodnotou. Výsledek klasifikace byl zapsán v jednobitovém tvaru, kde jednička odpovídala příslušnosti ke třídě „voda“ a nula bylo vše ostatní. Pro ověření správnosti klasifikace byl její výsledek vizualizován v podobě černobílé fotografie. Každé měření přitom bylo znázorněno jedním obrazovým elementem (pixelém) tak, že černý pixel představoval vodní plochu a bílý jakoukoli jinou. Fotografie byla pořízena na zařízení Muirhead ve velikosti 19 × 26 cm, tedy v měřítku zhruba 1 : 110 000. Doba potřebná na zhotovení fotografie této velikosti činila asi 5 minut.

Na celé ploše zkoumané oblasti bylo klasifikováno celkem 96 vodních útvarů různé velikosti. Jejich souhrnná plocha činila 1043 pixelů, přibližně tedy 472,5 ha (obr. 2).

Kontrola správnosti klasifikace byla prováděna srovnáním s vodními útvary zakreslenými v základních topografických mapách o měřítku 1 : 25 000 a 1 : 50 000 a s vodními útvary zachycenými na černobílých panchromatických snímcích z leteckého snímání v měřítku přibližně 1 : 20 000. Značný podíl na ověření výsledku měly informace získané terénním výzkumem v roce 1982. Vzhledem k čtyřletému odstupu od družicového měření se však nepodařilo získat srovnávací údaje ve všech sporných případech.



2. Interpretovaná skica situace vodních ploch v testovací oblasti. 1 — vodou naplněné sníženiny po důlní činnosti, 2 — přehradní nádrže, rybníky, účelové vodní nádrže, 3 — stálé vodní plochy mapou nezachycené, 4 — chybně zaznamenané vodní hladiny.

4. Dosažené výsledky

Z celkového počtu 96 vymezených ploch byla naprostá většina ověřena a identifikována jako vodní útvary. V pěti případech (7 samostatných pixelů) byly obrazové elementy interpretované počítačem jako vodní útvary přiřazeny k jiným objektům. Ve dvou případech byly takto ve svahu Krušných hor vymezeny plochy se smrkovým porostem, v dalších třech se izolované pixely vyskytly v oblasti souvislé zástavby (městská centra Teplic a Duchcova). V případě počítačem vyhodnocených ploch v území jižně od Duchcova a severně od Mostu je nebylo dosti dobře možné objektivně lokalizovat, neboť v daném prostoru se rozkládají aktivní doly (hlubinné i povrchové — lomy Most, M. Gorkij) s neobyčejně proměnlivou situací zaplavených částí dolů. Na základě dosažených zkušeností se však můžeme domnívat, že vyhodnocené pixely skutečně představují vodní hladiny ve spodních partiích velkolomů, v depresích na výsypkách i v jejich předpolí, jakož i ve sníženinách po hlubinné těžbě hnědého uhlí (Kirchner, Kolarž, Plachi 1983).

Opačná situace nastala v případě vodních útvarů ve skutečnosti existujících.

tujících (ověřeny mapově, leteckými snímky nebo terénním průzkumem), které však počítač nezaznamenal. Ve většině případů toto „nezaregistrování“ se projevilo jako oprávněné. U vodní hladiny východně od starého dolu Kateřina se jednalo o plochu cca 5 ha, pokrytou z větší části vodními rostlinami (okřehek a ostrůvky orobince). V dalším případě vodní nádrž východně od osady Světec slouží jako odkaliště a pevná substance ve vodě rozptýlená mění její odraznost. Sníženina povrchového lomu (zbytková jáma) jižně od Mstíšova zaplněná vodou (plocha cca 2,7 ha) byla vyhodnocena jen jedním obrazovým prvkem. Tato skutečnost je vysvětlitelná tvarem a polohou, kdy úzká protáhlá nádrž (rozměry 340 × 80 m) leží napříč snímacím osám a každý pixel nutně integruje odraznost břehů. Sporná situace nastala u účelové vodní nádrže v Meziboří (plocha cca 1 ha), která v době snímání byla pravděpodobně vypuštěna za účelem vyčištění.

5. Závěr

Na základě dosažených výsledků je možno konstatovat, že použitá metoda automatizované interpretace umožňuje identifikovat vodní útvary o rozloze větší než 1 ha. Uváděná metoda ověřená na příkladu vodních nádrží umožňuje rychlé a jednoduché zjištění existence a rozmístění daných objektů ve vybrané oblasti, popř. na celé ploše originálního snímku (34 225 km²). V případě vodních útvarů lze spatřovat praktický význam právě u nepravidelně kolísajících vodních hladin v souvislosti s možností zaplavování povrchových dolů. Automatizovaná interpretace poskytuje zejména aktuální a objektivní údaje o skutečném stavu rozložení povrchových vodních útvarů, který je v krajině silně zatížen těžební činností natolik proměnlivý, že topografické mapy ztrácejí svoji aktuálnost. Týká se to zejména vodou zaplněných sníženin po důlní činnosti a účelových vodních nádrží. Použitá metoda může tak přispět k operativnímu doplnění mapových a jiných materiálů o sledované prvky krajiny. V další fázi budou uvedenou metodou zpracovány údaje multispektrálního skaneru Landsat 3 z roku 1981 a vyjádřena dynamika změn vodních nádrží. Výhledově budou ověřovány možnosti použití automatizované interpretace skanerových údajů k vymezení povrchových lomů a výsypek nebo exhalacemi poškozených lesních porostů.

Literatura:

- BERNSTEIN R., FERNEYHOUGH D. G. jr. (1975): Digital Image Processing. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing XLI:12:1465—1476, Virginia.
- KIRCHNER K., KOLARŽ J., PLACHI S. (1983): Opredelenie vodnych poverchnostej po sputnikovym dannym v severozapadnoj Čechii, Issledovanie Zemli iz kosmosa (v tisku), Moskva.
- KOLARŽ J. (1983): Cifrovaja obrabotka i analiz mnogospektralnoj sputnikovoj skanernej sjomki. Issledovanie Zemli iz kosmosa, 1983:2:109—116, Moskva.
- LAWNIKIEWICZ E., MAJCHER I., UHRYNOWSKI A. (1980): Opis, katalogowanie i dystrybucja obrazów satelitarnych z LANDSATA. Biuletyn Instytutu geodezji i kartografii 1980:1:32—38, Warszawa.
- LOUČKOVÁ J. (1974): Antropogenní tvary jako součást životního prostředí v SHR. Sborník ČSSZ, 79:3:173—181, Academia, Praha.

- ORHAUG T., WASTENSON L., AKERSTEN I. (1977): Forest Inventory and Land Use Mapping by Automatic Classification of Digital MSS — Data from Satellite and Aircraft, Paper at 4th Canadian Symposium on Remote Sensing, Quebec.
- PŘIBYL J. a kol. (1982): Fyzickogeografické aspekty severní části regionu Teplicka s přihlídnutím k modelačním procesům jižního svahu Krušných hor. Rozmnožená zpráva, 110 str., GgÚ ČSAV, Brno.
- ROBINOVE CH. J. (1979): Integrated Terrain Mapping with Digital Landsat Images in Queensland, Australia. Geological Survey Professional Paper 1102:1—39, Washington.
- VAGALA V. izd. (1980): Sbornik „Metody obrabotki i interpretacii skanernych dannych“. 243 str., Geogr. inst. AN, Brno.
- WILLIAMS R. S., CARTER W. D. eds. (1976): ERTS — I, A New Window on Our Planet. Geological Survey Professional Paper 929:1—362, Washington.

Summary

AUTOMATIC INTERPRETATION OF SURFACE WATER FROM SATELLITE DATA IN NORTH—WEST BOHEMIA

The authors of this article have presented and verified the method of automatic interpretation of surface water from the data of the multispectral scanner of the satellite LANDSAT-3. The authors have used as basis the computer classification from the data of the spectral channel No. 4 (800—1100 nm) of the multispectral scanner. The classification results have been visualized in the form of black and white photography (scale about 1 : 110 000) by means of the instrument MUIRHEAD, in order to verify the correctness. The authors have done a check of the classification correctness by comparing with the surface water in topographic maps of scales 1 : 25 000 and 1 : 50 000 and in black and white aerial photographs of scale about 1 : 20 000. They have got information through field investigation too.

The total number of 96 surface water has been classified in the test area (1043 pixels — 472.5 hectares). Only in five cases (7 pixels) have image elements been classified as other objects (forest stand, city centres). The applied method of the automatic interpretation enables an identification of a water surface having an area of more than 1 hectare. The presented method gives topical and objective data on the distribution of water systems in the landscape, it contributes to the supplementation of maps and other materials. It enables also to follow the dynamics of water systems, changes in the course of time.

Legend to pictures:

Fig. 1: Situation draft of the region of North-west Bohemia with the indication of the test area. 1 — Altitudes of significant tops, 2 — Rivers, 3 — Reservoirs, 4 — Settlements, 5 — Frontiers, 6 — Boundary of test area.

Fig. 2: Interpreted draft of the situation of water surface in the test area. 1 — Water filled depressions after the mining activity, 2 — Dams, ponds, purposeful reservoirs, 3 — Permanent surface water not included in maps, 4 — Incorrect mapped surface water.

(Pracoviště K. Kirchnera a S. Plachého: Geografický ústav ČSAV, Mendlovo nám. 1, 662 82 Brno; pracoviště J. Koláře: katedra fyziky stavební fakulty ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.)