

Monitorování změn krajinného pokryvu s využitím DPZ a GIS

Monitoring of land cover change with using the remote sensing and GIS

Jiří GUTH¹ a Tomáš KUČERA²

¹)*Desky 9, 382 91 Malonty*

²)*Česká botanická společnost, Benátská 2, 128 01 Praha 2*

Abstrakt:

Krajinný pokryv vyjadřuje základní kvalitu daného území, v jemnějším rozlišení pak míru přeměny či poškození přírodního prostředí. Fungování ekosystémů na úrovni krajiny je významně určováno jejich prostorovým uspořádáním, čili krajinnou strukturou. Reálný krajinný pokryv je -- se zpožděním a s jistou nepřesností -- vyjádřen v úředních kategoriích využití půdy (kultury, druhu pozemku). Vývoj krajinného pokryvu lze kvantitativně vyhodnocovat z opakovaného mapování nebo pomocí metod dálkového průzkumu Země. Hlavními metodami jsou letecké a družicové snímkování s různou spektrální charakteristikou; výstupní data jsou v digitální nebo v analogové podobě. Prostorové uspořádání lze popsat pomocí různých indexů (diversita, dominance, fraktální dimenze, fragmentovanost a další). Výpočet těchto indexů i další úkony lze s výhodou provádět pomocí geografických informačních systémů (GIS). Levný a výkonný GIS-software IDRISI má užitečné technické parametry a moduly pro analýzu krajinných struktur. V různých oblastech Čech existují jednotlivé případové studie vývoje krajinného pokryvu nebo využití půdy. Specifickou problematikou je subrecentní vývoj krajiny z příhraniční oblasti podél bývalé "železné opony" (případové studie v Českém lese a na horní Lužnici). Změny různých indexů krajinné struktury jsou v počátečních desetiletích desynantropizace nejednoznačné. Dílčí lokální rozdíly jednak výchozího stavu, jednak postsynantropního vývoje jsou zřejmě dosti významné pro stávající i následný vývoj krajinného pokryvu.

Klíčová slova: monitorování, krajinný pokryv, indexy, heterogenita, DPZ, GIS, IDRISI

Úvod

V posledních letech se ekologický výzkum začal intenzivně zabývat procesy, které souvisejí se změnami prostředí vyvolanými lidskými aktivitami. Tyto změny jsou sledovány na různých úrovních a je jim věnována značná pozornost (viz Goldsmith 1991, Spellerberg 1991). Rostliny, jakožto vynikající indikátory, tyto procesy velmi dobře odrážejí a jsou proto využívány také pro sledování změn v ekosystémech. Metodikou se zabývají na úrovni rostlinných populací např. Hutchings (1991), na úrovni vegetace Goldsmith (1991). V našich podmínkách provedl rešerši metodik Prach (1994). Závaznou metodiku v rezortu ochrany přírody zavedli Absolon et al. (1994). Šíří metod zachycují práce věnované monitoringu ve sborníku Kirschnerová (1994, 1996) a v mokřadech např. Aubrecht, Dick et Prentice (1994).

V tomto příspěvku jsme se zaměřili na metodický přehled sledování a vyhodnocování změn krajinného pokryvu, protože tato ve světě běžně používaná metodika (např. Treitz et al. 1992, Wilkinson et al. 1992, Green et al. 1993) nemá zatím u nás odpovídající ohlas.

Krajinný pokryv

Krajinný pokryv (land cover*) [*Pozn. pod čarou: *nezaměňovat s kategoriemi projektu CORINE Land Cover, viz např. Kolář 1996*] vyjadřuje základní fyziognomii ekosystémů tvořících krajinnou mozaiku. Jeho obvyklé definice vycházejí z přirozeného vnímání krajiny nebo z geografického aspektu ekologie krajiny. Jednotlivé typy krajinného pokryvu jsou relativně homogenní a navzájem "viditelné" (Forman et Godron 1986) či "nápadné" (Kovář 1993) odlišné. V systémovém pojetí představuje typologii reálně existujících podsoustav (subsystémů) krajiny.

Další úvahy o krajinném pokryvu jako takovém přesahují rámec tohoto článku. Zásadní význam v metodologii jeho výzkumu má zvolené měřítko a rozlišení. Elementární globální typologie může např. rozlišit pouze vodní a suchozemský povrch. Naopak pro operativní zkoumání v detailnějším rozsahu lze třídy krajinného pokryvu odlišovat např. dle dominujících odrůd rostlin pěstovaných v kultuře. V následujícím textu se soustředíme na studium ploch o velikosti řádově stovek až milionů m². Důvody jsou očividné, totiž praktické. Jako vhodný příklad typologie krajinného pokryvu pro potřeby ochrany přírody pak můžeme uvést systém použitý v metodikách mapování krajiny (Pellantová et al. 1994, Vondrušková et al. 1994). Ostatně nejen tyto metodiky, ale i realizace a výsledky celé vlny "mapování krajiny pro potřeby ochrany přírody a krajiny" zaslouží další pozornost a samostatnou, odborně ekologickou studii. Jejich

potenciál pro monitoring změn krajinných struktur je značný, ale úroveň v rámci českých zemí nevyrovnaná a budoucnost nejistá.

Kromě samotných účelových typologií zavádějí teoretici i praktici množství různých názvoslovných systémů. Klasici Forman et Godron (1986) hovoří o "typech krajinných složek". Ve zmíněných českých metodikách se třídy krajinného pokryvu označují utilitárně jako "mapovací jednotky" (Pellantová et al. 1994) nebo - snad ve snaze o originalitu - jako "účelové typy segmentů" (Vondrušková et al. 1994). V obou případech jsou odlišeny řádově desítky tříd. Východiskem klasifikace je jednoduchá typologie aktuální vegetace, ovšem doplněná o člověkem vytvořené, víceméně bezživotné stavby a jiné složky krajiny.

Výsostným polem působnosti ekologie krajiny jako disciplíny je studium prostorového rozložení krajinného pokryvu a vztahů tohoto rozložení k ekologickým procesům čili k fungování ekosystémů. Je to konkretizace principu formy a funkce - obecného ekologického principu odvozeného z teorie informace (Margalef 1963). I současné nejvyšší špičky krajinně ekologického výzkumu, soustředěné v laboratořích v Oak Ridge, označují za hlavní předmět svého zájmu právě "vliv struktur (pattern) na procesy" (Turner 1989).

Základními prvky struktury krajiny jsou plošky (patches) a liniové koridory. V reálné krajině je často vhodné určitou třídu pokryvu chápat jako jisté pozadí -- matrici. Kritériem je především její relativní zastoupení, dále spojitost a význam pro celkovou dynamiku krajiny (Forman et Godron 1986) definují krajinnou matici jako převládající typ pokryvu s největším propojením struktur). Specifickou problematikou jsou rozhraní jednotlivých složek, z ekologického pohledu ekotony. Jejich význam pro regulaci energomateriálových toků i pro biologickou rozmanitost je nesmírný. Bohužel žádný ze zásadnějších nových sborníků k této problematice (Holland, Risser et Naiman 1991, Hansen et di Castri 1992) nebyl dosud přeložen do češtiny a ostatně jejich dostupnost je špatná. Druhý z nich přitom shrnuje výsledky rozsáhlého výzkumného projektu koordinovaného výborem SCOPE za účasti i českých vědců.

Protože každá třída odpovídá určitému ekosystému, lze ji charakterizovat souborem ekologických parametrů, zejména z okruhu biologické rozmanitosti a produkční ekologie. "Statická" ekologie krajiny studuje jednak proměny těchto parametrů při vzájemném působení sousedních či blízkých krajinných složek, jednak význam velikosti, tvaru a vzájemné polohy těchto složek. Při studiu dynamiky krajiny pak zkoumáme proměny všech těchto fenoménů v čase.

Ochrana aplikační jsou nabíledni, uvedeme alespoň dva příklady: na bázi teorie ostrovní biogeografie (MacArthur et Wilson 1967) je tradičně a důkladně zkoumána otázka, zda je lepší jedna velká rezervace nebo několik malých, a na úvahách o fungování krajinných struktur je založena celá koncepce územních systémů ekologické stability krajiny (ÚSES).

V našem příspěvku se chceme zabývat primárně monitorováním a vyhodnocováním prostorového uspořádání (spatial pattern) krajinných struktur a změnami tohoto uspořádání, zejména těmi, které je možno označit za střednědobé a lidskou činností způsobené nebo alespoň ovlivněné. Základní popis prostorového uspořádání uvádějí Forman et Godron (1986). U jednotlivé plošky jde především o velikost a tvar (zejména členitost a poměr délky k šířce), u jejich soustav pak o počet ("hustotu"), vlastnosti rozmístění (náhodné, shlukovité, či pravidelné), izolovanost či přístupnost plošek a další geometricko-statistické indexy. U koridorů se zjišťuje zejména délka, šířka a křivolakost a u jejich sítí hustota a propojenost, hustota a tvar průsečíků a konečně velikost "ok sítě" vytvořené liniemi koridorů. Příkladem použití těchto charakteristik v našich podmínkách je práce Kováře (Kovář 1995). Krajinu jako celek obvykle charakterizuje míra diversity či heterogenity. Vzorce pro výpočet těchto měr přitom vycházejí z teorie informace (Shannon-Wienerův index), z fraktální geometrie a podobně (viz dále).

Krajinný pokryv a využití půdy

Pro další úvahu je třeba rozlišovat pojmy "krajinný pokryv" a "využití půdy". Žádoucnost jejich vymezení a rozlišení je zřejmá zejména při uvedení jejich anglických ekvivalentů, tvarově a sémanticky velmi blízkých: "land cover" a "land use". Tyto termíny navíc upomínají na kmotrovství geografie při formování ekologie krajiny. Biologicky orientovaní autoři běžně používají v anglických textech pojmu "land use" ve významu, který vyhrazujeme "krajinnému pokryvu" - viz výše. V ne zcela vhodném pojetí je chápán jako management, tedy obhospodařování daného území (Peňás 1995). Ukázka využití dat v ČR viz Štěpánek 1996.

Naše zkušenost z různých terénních i archívních výzkumů nás vede k jednoznačnému rozlišení: **krajinný pokryv** (land cover) představuje reálnou situaci v krajině, zatímco **využití půdy** (land use) je úředně evidovaný druh pozemku či kultura v geodetických a katastrálních údajích. S tímto typem dat se pracuje např. v územním plánování a syntetické "krajinařské hodnocení území" je založeno především na nich (koeficient ekologické stability krajiny - Míchal 1982).

Mezi reálným krajinným pokryvem a úředním využitím půdy existují v praxi významné rozdíly, zčásti společné všem režimům a úřadům, zčásti specificky české. Objektivní vlastností je setrvačnost či zpoždění evidence za realitou, což vyplývá z administrativních procedur. Další nesrovnalosti zanechal v evidenci obyčejný reálně socialistický šlendrián, za současného režimu pak působí daňové a jiné ekonomické nástroje, jež mohou zvýhodnit určité neevidované využívání pozemků. Změna využití území navíc podléhá úředně a časově náročnému územnímu řízení.

Také při studiu dynamiky krajiny je rozlišení krajinného pokryvu a využití půdy metodicky nutné. Důvěryhodné zachycení krajinného pokryvu poskytují různé účelové mapy, které však vesměs zachycují jen nevelká území (například chráněná zákonem). Naproti tomu evidence využití půdy je dostupná pro celé území republiky. Unikátním, dosud ne

zcela zhodnoceným pramenem, je mapování stabilního katastru ve dvacátých letech 19. století. Podle různých indikací se zdá, že jde skutečně o spolehlivé a celoplošné zachycení krajinného pokryvu. V posledních letech je aktuální krajinný pokryv nejlépe zaznamenáván metodami dálkového průzkumu Země (DPZ). U leteckých snímků je -- kromě jejich přímé interpretace -- významné i to, že na jejich podkladě je aktualizován obsah map generálního štábu armády ČR. U "civilního" státního mapového díla je situace složitější. Základní mapy (měřítko 1:10 000 a menší) zachycují hlavní třídy krajinného pokryvu. Naopak základní mapa odvozená v měřítku 1:5000 zaznamenává hlavní pozemkové hranice jednak podle majetkové situace, jednak právě podle využití půdy. Dále uvedené příklady a zkušenosti čerpáme z výzkumů využívajících v té či oné míře DPZ a geografické informační systémy (GIS). Problematika "tradičního" využívání nejrozličnějších "tradičních" tematických map (zejména historických) je velmi široká a velmi specifická a vymyká se rámci tohoto příspěvku (blíže např. Lipský 1994, Kučera et Prach 1991).

Dálkový průzkum Země -- významný zdroj dat

Na možnosti monitorování změn pomocí DPZ poukázali např. Budd (1991) a Spellerberg (1991). V dálkovém průzkumu Země se uplatňují jednak družicové, jednak letecké snímky (Hrkal 1989, Dornič 1992, Faiman 1995). Rozdíly a možnosti použití v ekologii jsou dány rozlišovacími schopnostmi a spektrálními charakteristikami - je snímáno záření odražené od zemského povrchu v různých vlnových délkách.

Automatické družice (LANDSAT, SPOT) snímají povrch Země bod po bodu (přesněji řečeno po diskretních ploškách - pixelech, jejichž velikost určuje rozlišovací schopnost zařízení) pomocí elektronických skenerů a *digitální* radiometrická data předávají na Zemi. Jeden snímek Landsat TM zabírá asi 90 x 90 km a velikost pixelu je přibližně 30 x 30 m. V našich zeměpisných šířkách družice snímkuje v 10 hod. SEČ. Francouzská družice SPOT dosahuje v panchromatickém režimu rozlišení 10 x 10 m. Snímkuje v 11 hod dopoledne. Na ruských družicích řady Kosmos a MIR jsou instalovány *analogové* měřické kamery, které dosahují rozlišení 8 m. Odpovídajícím měřítkem vyhodnocování informací je 1:100 000, max. 1:50 000 (Faiman 1995).

Nejčastěji používané letecké snímky se pořizují velkoformátovými měřickými kamerami (24 x 24 cm) na černobílý panchromatický materiál (blíže viz Krús 1995). Jedná se o vojenské fotogrammetrické snímkování. Pro sledování delších časových úseků je to v ČR jediná možnost - snímkování se opakuje od konce 30. (-40.) let v pravidelných intervalech. Rozlišení závisí na výšce, z níž bylo snímání provedeno, standardně však otisky negativů odpovídají zhruba měřítku 1:13 000. Zvláštním případem jsou snímky barevné, spektrozónální a multispektrální (viz Asrar 1989, Cracknell et Hayes 1991).

Pro přehledové mapy velkých měřítek, ať už se jedná o krajinný pokryv či hodnocení stupně poškození lesních porostů, lze doporučit spíše snímky družicové, pro hodnocení podrobnější krajinné struktury a prvků se hodí snímky letecké.

Měřické snímky je třeba pro počítačové zpracování naskenovat. Pokud negativ odpovídá měřítku 1:22 000 a je použito spektrum 256 odstínů šedi, jsou rozlišovací možnosti závislé na rozlišení skeneru následovně (Pauknerová et al. 1996):

rozlišení (dpi [*])	objem dat (MB)	pozemní rozlišení (m)
100	0,5	6
200	2	3
300	4,5	2
400	8	1,5
600	18	1
800	32	0,75

* dpi = dots per inch, počet bodů na palec (jednotka rozlišení používaná v počítačové grafice)

V případě požadavku na jemnější rozlišení v menším území jsme měli dobrou zkušenost i se snímkem zvětšeným do měřítka 1:5 000 naskenovaným s rozlišením 300 dpi. Na takovém snímku byly rozlišitelné jednotlivé keře (Kučera et Guth 1995, 1996).

Přehled některých veličin kvantifikujících krajinnou strukturu

Kvantifikace struktury krajinného pokryvu vždy podněcovala ekology k tvorbě nejrozmanitějších indexů či k jejich přejímání z jiných oborů. Tento přístup byl rozpracován především v osmdesátých letech, kdy nastupující vlna počítačů umožnila rozsáhlé a složité výpočty. Postupně bylo vyvinuto několik softwarových produktů, které tvoří jádro geografických informačních systémů (GIS -- viz dále).

Krajinný pokryv je tvořen mozaikou struktur (polygonů), která má jistá pravidla a vnitřní zákonitosti. Kvalitativní popis této mozaiky se zaměřuje především na její náplň (jedná se tedy o jakýsi popis jednotek), naproti tomu kvantitativní přístup se mnohem více zabývá strukturou jako takovou, bez ohledu na obsah. Tento přístup vede posléze k formulaci strukturálních zákonitostí a k tvorbě modelů, jimiž by se daly popsát. Tyto zákonitosti ovlivňují i ekologické mechanismy distribuce organismů (Wiens et al. 1993). Zcela odlišný přístup k této problematice představuje

práce E. Novákové (Nováková 1995), která hodnotí segmenty zcela subjektivními indexy podle intuitivního vnímání jejich funkčnosti.

Krajinný pokryv tvořený mozaikou homogenních ohraničených plošek (patches) lze popsat standardními indexy. Plošky jsou hodnoceny z hlediska tvaru, izolovanosti, přístupnosti a rozptýlenosti (přehled indexů viz Forman et Godron 1986, Forman 1995) a dále celkové dominance a diversity. Právě diversity krajinné mozaiky je měřítkem pro diversitu "pattern", která je jednou ze složek globální diversity (Scheiner 1992). **Diversity** vyjadřuje míru rozmanitosti (heterogenity) a pestrosti krajinnotvorných struktur a počítá se pomocí formule:

$$H = - \sum (A_i \log A_i) \quad (1)$$

kde A_i představuje relativní plochu pokrytou i-tou třídou pokryvu pro n tříd. **Maximální diversity** je dosaženo při vyrovnaném zastoupení všech tříd, tedy

$$H_{MAX} = \log(n) \quad (2)$$

Míra skutečného poměrného zastoupení jednotlivých tříd je vyjádřena indexem **dominance** (D)

$$D = H_{MAX} - H \quad (3)$$

přičemž hodnota D roste s významem matrice (O'Neill 1988). Poměrné zastoupení hlavních tříd pokryvu je vhodné znázornit grafickým způsobem. Pro vyjádření dynamiky navrhuje víceosý graf (tzv. landcovergram, viz obr. 2), do kterého vynášíme výchozí a cílový stav. Délka vektoru určeného těmito dvěma body vyjadřuje celkovou velikost změny.

Plošky mají určitý tvar a jsou ohraničeny více či méně složitou hranicí. Tato složitost je snadno vyjádřitelná běžně užívaným indexem poměru obvodu (P) a plochy (A), popř. poměru obvodu a obvodu odpovídajícího stejně velké ploše kruhu. Mnohem komplexnější hodnotou je však tzv. **fraktální dimenze** (d) (Burrough 1981), která vyjadřuje právě komplexitu obvodu plošek (Krummel et al. 1987), kdy $P = \text{odm } A^d$, tedy $\log P = 1/2d \log A$

$$d = 2 * \log P / \log A \quad (4)$$

Nízké hodnoty indexu d vyjadřují jednoduché tvary s rovnými okraji (arondované plochy), naopak vyšší hodnoty vyjadřují složitější struktury (Palmer 1988). Ekologická interpretace těchto hodnot je taková, že čím se jedná o přirozenější stav, tím je hodnota fraktální dimenze vyšší (Turner 1987). Lze tak srovnávat nejenom stav různých krajín, ale i míru přirozenosti tříd krajinného pokryvu. Ukázkou použití fraktální dimenze a jejího vývoje v čase v krajíně opuštěného pohraničí vyjadřují hodnoty komplexity "mezilesa" a bezlesí v tab. 2.

Tvar plošky je poměrně složitě vyjádřen také např. **mírou linearity** (LN) vycházející z "kostry" plošky, která nabývá hodnot od 0 pro čtverec k 1 pro lineární útvary o šíři 1 pixelu (Gustafson et Parker 1992). "Kostra" plochy je středová linie o šíři 1-2 pixelů nabývajících hodnot počtu pixelů od středu ke kraji plošky. Potom hodnota indexu linearity každé plošky LN je

$$LN = 1/A[A/(2b-r)^2-1] \quad (5)$$

kde A je plocha (v pixelech), b je maximální hodnota na "kostře" a r nabývá hodnot 0 pro šíři 2 pixely a 1 pro šíři 1 pixelu v maximu "kostry". Širší používání tohoto indexu nám není zatím známo.

Významnou složkou prostorové heterogenity je fragmentovanost. Lze ji hodnotit v lokálním nebo celkovém kontextu. Index **lokální fragmentace** zavedl Monmonier (1974):

$$F = (n-1)/(c-1) \quad (6)$$

kde n je počet přítomných tříd a c počet hodnocených pixelů rastrové mapy (obvykle 3 x 3 pixely; v případě snímku družice Landsat TM se jedná o plochu přibližně 1 ha). V celkovém kontextu lze fragmentovanost vyjádřit tzv. indexem "**sdělnosti**" (angl. contagion), jehož hodnota klesá s celistvostí a vyrovnaností větších ploch:

$$C = 2n * \log n + \sum_i \sum_j (P_{ij} \log P_{ij}), \quad (7)$$

kde P_{ij} je relativní zastoupení společných obvodů sousedících tříd i a j (tedy četnost jejich hranic, ekotonů) z celkového počtu n-tříd (O'Neill et al. 1988).

Kromě indexů vyjadřujících celkový charakter pokryvu můžeme stát před potřebou zachytit prostorové vazby mezi jednotlivými ploškami. K tomu slouží index **blížkosti** (proximity) počítaný pro každou plošku z ploch a vzdáleností plošek ležících v určitém okruhu (pro satelitní snímky Landsat TM se doporučuje vzdálenost 10 pixelů = 300 m). Pak nabývá hodnot

$$PX = \sum S_k/v_k \quad (8)$$

kde S_k je plocha a v_k vzdálenost k-té plošky (Gustafson et Parker 1992). Indexy linearity a proximity zatím nenacházejí širšího uplatnění.

Použití těchto indexů je zejména v ekologii krajiny značně široké. Pro popis měřítka uspořádání struktur je použili Gardner et al. (1987), měřítka vývoje využití půdy Iverson (1988), ke studiu vlivu osídlení a vypalování na strukturu krajiny Baker (1992), význam ekotonů v kulturní krajině dokumentuje Pirnat (1993). Analýzu historického vývoje krajiny ve Švýcarsku provedl Kienast (1993). Další příklady užití těchto indexů viz časopis Landscape Ecology.

Popis systému IDRISI

Prostorové analýze pomocí GISů je věnováno množství prací publikovaných především v geograficky orientovaných časopisech. Souhrn vyšel ve sborníku Fotheringham et Rogerson (1994). Základní hodnocení geografického informačního systému pro využití v ekologii krajiny bylo provedeno v rámci grantu UK (Kučera et Guth 1995).

IDRISI byl vyvinut na Clark University, Massachusetts, USA. Je to rastrově orientovaný GIS určený pro práci pod operačním systémem DOS, v nové verzi i pro Windows (Eastman 1995). Systém je modulárně stavěný, takže každý konkrétní krok (podprogram) lze spouštět samostatně.

Kombinací různých analytických modulů je možno zjišťovat nejrůznější charakteristiky krajinných struktur (indexy diversity, propojenost, členitost a velikostní spektrum plošek, fraktální dimenze apod.). Do určité míry to demonstrují některé výsledky pilotní studie v Českém lese. Právě v této univerzalitě tkví principiální výhoda GIS IDRISI -- uspokojivě nahrazuje několik dílčích specializovaných programů (SPAN -- Turner 1990, HISA -- Gustafson et Parker 1992, aj.)

Systém je určený pro práci s menšími objemy dat. Obsahuje velmi silné prostředky pro analýzu dat a lze na něm provádět hodnocení struktury krajiny (tomu ostatně napovídá i ta skutečnost, že se nejedná o komerční GIS, ale o systém vyvinutý na univerzitním pracovišti). Výuka je jedním z jeho hlavních cílů. Dalším je podpora využívání GIS v širokém mezinárodním měřítku, a to i v tzv. rozvojových zemích. Toto zaměření se promítlo i do uživatelského komfortu. Ovládání je velmi snadné a prováděné operace "přůhledné". Přitom výkon (úroveň práce) je plně profesionální. Základní zaškolení trvá jen několik hodin, úplné zhruba týden. Jistým omezením je objem zpracovávaných dat, jenž v jednom obraze nepřesahuje jednotky MB. Matematický koprocesor je přitom nutný. Celkově jsou nároky na hardware velmi nízké. Podrobný popis technických vlastností, jakož i potenciálu IDRISI při zpracování obrazu přesahuje rámec tohoto článku.

Široké možnosti využití IDRISI demonstruje série učebnic vydaných pro Ústav OSN pro výuku a výzkum (UNITAR): Časové série a změny, Aplikace v lesnictví, Aplikace ve výzkumu a obhospodařování pobřežních zón, GIS a rozhodovací procesy, GIS a horském prostředí, Aplikace při hodnocení přírodních rizik.

Vstup dat

Kardinální význam vstupu dat pro provozování jakéhokoliv GIS snad nelze nikdy dost zdůraznit. Základní informace a možnosti pro oblast ochrany přírody a krajiny shrnuje např. Pauknerová (1991). Jak vypadá situace u IDRISI? Vzhledem k jednoduché struktuře rastrového obrazu je možné zadávat data přímo z klávesnice. Rychlejší je samozřejmě digitalizace "hard copy", fyzických obrazů, snímků či map. Podle účelu a možností je možno přímo skenovat (zejména snímky), ručně vektorizovat na digitalizačním tabletu nebo automaticky vektorizovat skenované mapy (zejména pokud se zpracovávají větší plochy, pokud převládají linie a pokud je pro další zpracování žádoucí vektorový obraz). Je také možná interaktivní on-line digitalizace na obrazovce na pozadí daného obrazu. Pro ruční digitalizaci se velmi osvědčil program ROOTS pro snadné ovládání a hlavně jednoduchou editaci "polotovaru". Těchto vlastností se nedostává skupině modulů TOSCA dodávaných s IDRISI. TOSCA ovšem také umožňuje všechny základní operace s vektorovými obrazy.

Data a obrazy lze vyměňovat (export-import) se všemi běžnými GISy i přes obvyklé grafické formáty. Je umožněn přímý vstup digitálních dat z družic LANDSAT i SPOT a z federálních informačních zdrojů USA (např. USGS - U.S. Geological Survey).

Analýza dat

Základními nástroji jsou řízená reklasifikace (modul RECLASS) a překládání jednotlivých obrazů jako mapových vrstev (OVERLAY - mj. vzájemné sčítání, odečítání, překrývání a booleovské operace). Elementární metrické moduly AREA a PERIM vyhodnocují plochy a obvody všech diskrétních či sdružených plošek. Také numerické operace s obrazy jsou možné (SCALAR), a to i v podobě složitějších transformací (umocňování, logaritmizace, goniometrické

funkce). Další skupina modulů vyhodnocuje vzájemné vzdálenosti plošek se stejnými atributy a optimalizuje jejich spojení či rozložení (DISTANCE, COST, PATHWAY). Kontextové operátory mohou počítat sklon a expozici libovolného bodu povrchu (na digitálním modelu terénu - DEM), určit viditelnost povrchu z daného bodu či příslušnost k "povodí" (SURFACE, VIEWSHED, WATRSHED). Při studiu krajinných struktur, konkrétně tvaru plošek, lze vhodně využít statistický operátor CRATIO - index kompaktnosti polygonů. Zásadní význam pro analýzu krajinných struktur má modul PATTERN. Umožňuje přímo výpočet krajinně ekologických indexů relativní pestrosti, dominance a diversity (Turner 1989) a lokální fragmentace. K nim přistupují tři míry variability v rámci "buněk" (oblastí, sousedství) 3 x 3 pixelů (podle Murphy 1985): počet tříd (krajinného pokryvu) a jejich kombinace druhé třídy (zde ve smyslu matematické kombinatoriky) a variabilita vzhledem ke střednímu pixelu.

Výběr a stručná charakteristika příkladů využití DPZ v ČR

Možnosti využití satelitních snímků pro monitoring byly již zmíněny výše (viz též Budd 1991). V našich podmínkách se jimi zabývala v resortu ochrany přírody Laboratoř dálkového průzkumu Země -- LADAP (např. Pauknerová et Brokeš 1992, Škapec et al. 1994). Satelitní snímky zde byly použity pro vytvoření mapy aktuální vegetace. Časté je také jejich využití pro sledování zdravotního stavu lesa (Stoklasa 1995). Možnosti satelitních snímků jsou značně omezené především rozlišovací schopností a dále tím, že tato data jsou pouze recentní. Proto se dále budeme zabývat prakticky výhradně daty získanými z leteckých snímků.

Stanovení konkrétní typologie (legendy) by mělo vycházet z pozemního průzkumu. Dalším omezujícím faktorem jsou technické vlastnosti snímků a při vizuální klasifikaci i schopnosti a zkušenosti zpracovatelů.

Výběr prací, které se zabývají hodnocením změn krajinných struktur na našem území, není příliš obsáhlý. Zpravidla využívají srovnání leteckých měřických snímků (interpretovatelnost viz Petrlík et Fišerová 1989) z různých časových období (od 30. let) a starší údaje čerpají ze zemských katastrů, především z map stabilního katastru (parcely geometricky zaměřeny). Využitelnost těchto údajů ukazuje práce Lipského (Lipský 1994) z území mezi Kostelcem n. Černými lesy a Českým Brodem. Byly zde sledovány poměrné plochy tříd využití půdy -- polí, luk, pastvin, zahrad, sadů, lesů, vod a zástavby -- od roku 1654, resp. od konce 18. stol. Využití leteckých snímků z různých časových období hodnotí Hanzl et Kaupová (1994) a Hanzl (1995) na studii z Mohelenské stepi.

Severozápadní Čechy

Studie provedená v severozápadních Čechách měla větší plošný rozsah (Beneš, Brůna a Křivánek 1993) a nesledovala využití půdy, ale krajinný pokryv. Byla uskutečněna v rámci rozsáhlého, archeologicky orientovaného výzkumu. Byly hodnoceny tři čtvercové plochy: jedna v Českém středohoří (Libčeves), druhá u Libochovic v Poohří a třetí v Mostecké pánvi. Srovnávaly se zákresy tzv. josefinského katastru (druhá polovina 80. let 18. st.), nejstarší letecké snímky z let třicátých a konečně současný stav zachycený na vojenských topografických mapách daného území. Bylo rozlišeno šest tříd pokryvu: sídla, lesy, doprovodná zeleň (do značné míry odpovídá kategorii "meziles" ve studii z Českého lesa), sady a zahrady, vody a mokřady a konečně doly, lomy a haldy. Nejdramatičtější změny prodělala pánevní krajina severně od řeky Bíliny (Most). Čtyřicet procent studovaného území bylo zničeno povrchovou těžbou, na ostatní ploše zmizela většina drobných sídel, rybníčních soustav a nelesní zeleně. Nezachovalejší krajinná struktura byla zjištěna v Českém středohoří - výrazněji ubylo jen vodních ploch a k nim přilehlé zeleně. Jako výrazně konzervativní se ukázaly lesní porosty. Od josefinských dob se jejich plošný rozsah prakticky nezměnil, i když jejich konkrétní rozmístění ano.

Tab. 1. -- Vývoj diversity (H') a dominance (D) krajinného pokryvu v severních Čechách během posledních 200 let.
Table 1. -- The development of land cover diversity (H') and dominance (D) in the northern Bohemia during last 200 years.

období	konec 18. stol.		~1930		~1990	
	H'	D	H'	D	H'	D
Libčeves	0,503	0,196	0,641	0,137	0,658	0,120
Libochovice	0,494	0,205			0,615	0,163
Most	0,564	0,135	0,753	0,025	0,493	0,285

Příhraničí Českého lesa

Změny krajinného pokryvu byly hodnoceny v příhraničí jižní části Českého lesa na základě interpretace tří tříd pokryvu -- lesa, "mezilesa" (rozptýlená zeleň, aleje, křoviny, lesní kultury a mlaziny) a bezlesí. Metodika i aplikační výstupy tohoto výzkumu již byly publikovány (Kučera et al. 1994, Guth et al. 1995). Ve dvou obdobích (1947, 1987) byla

vyhodnocována struktura pokryvu a její složky a dále vzájemné vazby složek (Kučera et Guth 1995, 1996). Základní strukturou byly různě velké obhospodařované enklávy v lesní matici. Rok 1947 představuje krajinu obydlenu, zatímco rok 1987 zachycuje krajinu v různém stupni postsynantropního vývoje (Guth et al. 1995). Míra desynantropizace se pohybuje od úplné likvidace, opuštění sídla a ponechání vlastnímu vývoji (Hraničná, Záseky) přes vysídlení s pokračujícím extenzivním hospodařením (Pleš) po pozvolný útlum obce (Závist).

Souhrnné vektory změn pokryvu jsou vyneseny do trojosého landcovergramu na obr. 2. Je zřejmé, že k největším změnám došlo na opuštěných enklávách (Hraničná, Záseky). Proces zarůstání lesem (cca 63 % plochy) proběhl výrazně na enklávě Hraničná, kde byla pouze rota a cvičiště PS, ostatní plocha byla ponechána ladem či uměle zalesněna. Nárůst lesa na bývalém bezlesí představují zejména listnaté háje na rozvalinách budov a kulturní výsadby z 50. let.

Počet plošek na daném území závisí nejen na obhospodařování krajiny během sledovaného období, ale také na výchozím uspořádání a tvaru krajinných segmentů. Nárůst počtu plošek je po opuštění výraznější, pokud původně převažovaly kompaktní tvary (Záseky).

Změnu ve velikostní struktuře plošek na jednotlivých enklávách lze těžko vystihnout jedním indexem. Zvolili jsme medián pro názornou představu celkového obrazu enklávy. Velikostně jsou nejčastější plošky o rozloze 0,1--1 ha (obr. 1), přičemž rozdílný antropický vliv na enklávách podmiňuje převažující třídy různě.

Dále jsme hodnotili komplexitu (celistvost) tvaru plošek obou tříd netvořících matici. Mírou byla fraktální dimenze. Vyšší hodnota ukazuje na větší podíl přirozených faktorů při formování tvaru plošky, nižší naopak na významnější vliv lidských zásahů (Krummel et al. 1987). Bezlesí dosahuje nižších hodnot indexu, než "meziles", hodnoty v opuštěné krajině rostou. U zcela opuštěné enklávy dochází k vyrovnání hodnot, což dokladuje nulový vliv člověka.

Prostá diversita krajinného pokryvu, vypočítaná z klasického Shannon-Wienerova vzorce, vykazuje pokles i vzrůst v jisté souvislosti s intenzitou lidských vlivů. Hodnota diversity se na jednotlivých enklávách pohybuje mezi 0.13 (Záseky 1947) a 0.30 (Hraničná 1987), přičemž po opuštění stoupá.

Změnu heterogenity krajiny vystihuje vývoj indexu celkové fragmentace (resp. sdělnosti, contagion). V ekologické interpretaci se vlastně jedná o délku ekotonů (resp. plochu pásového přechodu) na styku různých tříd krajinného pokryvu. Podle souhlasných změn se zdá, že fragmentace je přímo spjata s intenzitou obhospodařování jednotlivých enkláv (nárůst fragmentace po opuštění Záseků a částečném opuštění Hraničné proti poklesu fragmentace v důsledku hospodaření na Pleši a na Závisti).

Tab. 2. -- Vývoj plošek a změna krajinně ekologických indexů v letech 1947--1987

Table 2. -- The patches development and land cover change during 1947--1987

	PLEŠ		ZÁVIST		HRANIČNÁ		ZÁSEKY	
	1947	1987	1947	1987	1947	1987	1947	1987
plocha (ha)								
bezlesí	272,3	213,8	105,5	73,1	93,2	20	32,8	17,7
meziles	82,4	45,3	93,2	82,9	17,5	22,1	3,2	31,6
počet plošek	74	93	29	33	39	42	7	29
medián plochy plošek (ha)	0.240	0.194	0.505	0.335	0.420	0.368	0.99	0.825
komplexita "mezilesa"	1.59	1.63	1.45	1.50	1.55	1.57	1.52	1.54
komplexita bezlesí	1.39	1.46	1.32	1.39	1.40	1.50	1.36	1.54
změna diversity	-0.034		0		0.112		0.152	
změna fragmentace (%)	-10.2		-11.5		+71.1		+189.1	

Niva Horní Lužnice

Analýza krajinných struktur v nivě horní Lužnice (kolem Halávek asi 10 km severně od Č. Velenic) byla součástí komplexního ekologického průzkumu této říční nivy (Guth 1996). Vývoj využití půdy byl sledován jednak mezi lety 1823 a 1990, jednak po druhé světové válce. Obdobné srovnání krajinného pokryvu by bylo velmi nákladné, složité a nepřesné, pokud vůbec možné. Východiskem byly mapy stabilního katastru a starší edice základních map odvozených (1:5000). Základní rozložení hlavních tříd využití půdy se v nivě víceméně nemění. Při kvantifikaci heterogenity krajinné mozaiky (výsledky v tab. 3 a obr. 3) přistoupil k aspektu samotného využití půdy i vliv majetkových či obecněji socioekonomických poměrů. V krajině probíhalo několik procesů zčásti protichůdných. V rámci kolektivizace zemědělství došlo ke slučování (a následně arondaci) pozemků s následným poklesem diversity obhospodařování

(agrotechnická opatření, termíny, apod.). Dalším výrazným trendem je opouštění mokřadů nevhodných pro využívání těžké mechanizace. Mokřadní pozemky byly přitom naopak vymezeny ve svých přirozených, značně členitých hranicích, takže průměrná míra komplexity tvaru pozemků vzrostla. Obdobným paradoxem je neklesající rozmanitost krajiny z hlediska využití půdy, ač celková homogenizace je nápadná a viditelná. Výrazně totiž vzrostla členitost v intravilánech sídel a na jejich okrajích, což statisticky mírně převážilo onu homogenizaci volné krajiny.

Orientačně byl zkoumán i širší krajinný rámec nivy. Z úředně evidovaných údajů u využití půdy je zřejmý postupný a dlouhodobý nárůst plochy lesa. Zde jsou klíčem socioekonomické podmínky. Jde totiž jednak o efekt "lesní" legislativy, zejména zákona z r. 1850, jednak o důsledky úpadku hospodaření v příhraničí podél bývalé "železné opony" v éře tzv. socialismu. Specifickým trendem je náhlý přírůstek třídy "ostatní", neboť do ní spadají otevřené těžebny písku a šterkopísků. Ty budou zřejmě posléze převedeny mezi vodní plochy.

Při použití relativně středního měřítka byla zkoumána niva se všemi terasami na celkové ploše cca 3 km². Hlavním závěrem bylo potvrzení, že prakticky všechny změny ve struktuře využití krajiny se zde uskutečnily až v posledních 45 letech. Změny v letech 1823--1950 byly naproti tomu minimální (původní malá políčka v nejsušších částech nivy byla zatravněna).

Tab. 3. -- Změny struktury využití krajiny v 50. a 80. letech na horní Lužnici (viz obr. 3) vyjádřené počtem parcel a celkovou délkou jejich hranic.

Table 3. -- The changes of landscape structure between the 1950s and the 1980s in the Upper Lužnice area (see Fig. 3) expressed as numbers of parcels and total lengths of their boundaries.

období oblast =====	Počet parcel:		Délka hranic parcel [m]:	
	50. léta =====	80. léta =====	50. léta =====	80. léta =====
celé území	1 244	1 384	231 636	225 007
niva řeky	597	155	97 105	111 796

Souhrn

V ochraně přírody a zejména krajiny je žádoucí monitorovat vývoj krajinného pokryvu. Pokud nejsou dostupná srovnatelná data z více časových období, lze s jistou korekcí vůči realitě využívat i záznamy o využití půdy. Progresivním zdrojem dat je letecké a družicové snímkování, pro jejich analýzy slouží počítačové geografické informační systémy (GIS). GIS IDRISI má velmi příznivý poměr ceny a výkonu, je velmi uživatelsky pohodlný a je dobře vybaven pro hodnocení krajinných struktur. K tomuto hodnocení lze využít různé indexy: diversita, dominance, fraktální dimenze, lokální a globální fragmentace a další. Vývoj krajinného pokryvu lze při nízkém počtu tříd přehledně vyjádřit víceosým plošným grafem, tzv. landcovergramem. Na enklávách bezlesí v Českém lese bylo zjištěno, že krátce po opuštění člověkem (v řádu desítek let) výrazně stoupá diversita a zejména fragmentace krajinného pokryvu. Jak potvrzují i další studie, lokálně významné změny poměru základních tříd (les / bezlesí) se v širším území (už řádově desítek km²) do značné míry navzájem kompenzují.

Summary

Land cover and its development is an object of study in applied landscape ecology and landscape conservation. Historical maps are the basic data source for studies of long-term development, while remote sensing images (both aerial and satellite ones) are of wide use in present. All the data could be analysed by the use of geographical information systems, GIS. GIS IDRISI should be recommended for academic and nature conservation purposes, because of its powerful tools for spatial pattern (landscape structure) evaluation, user-friendliness and low price.

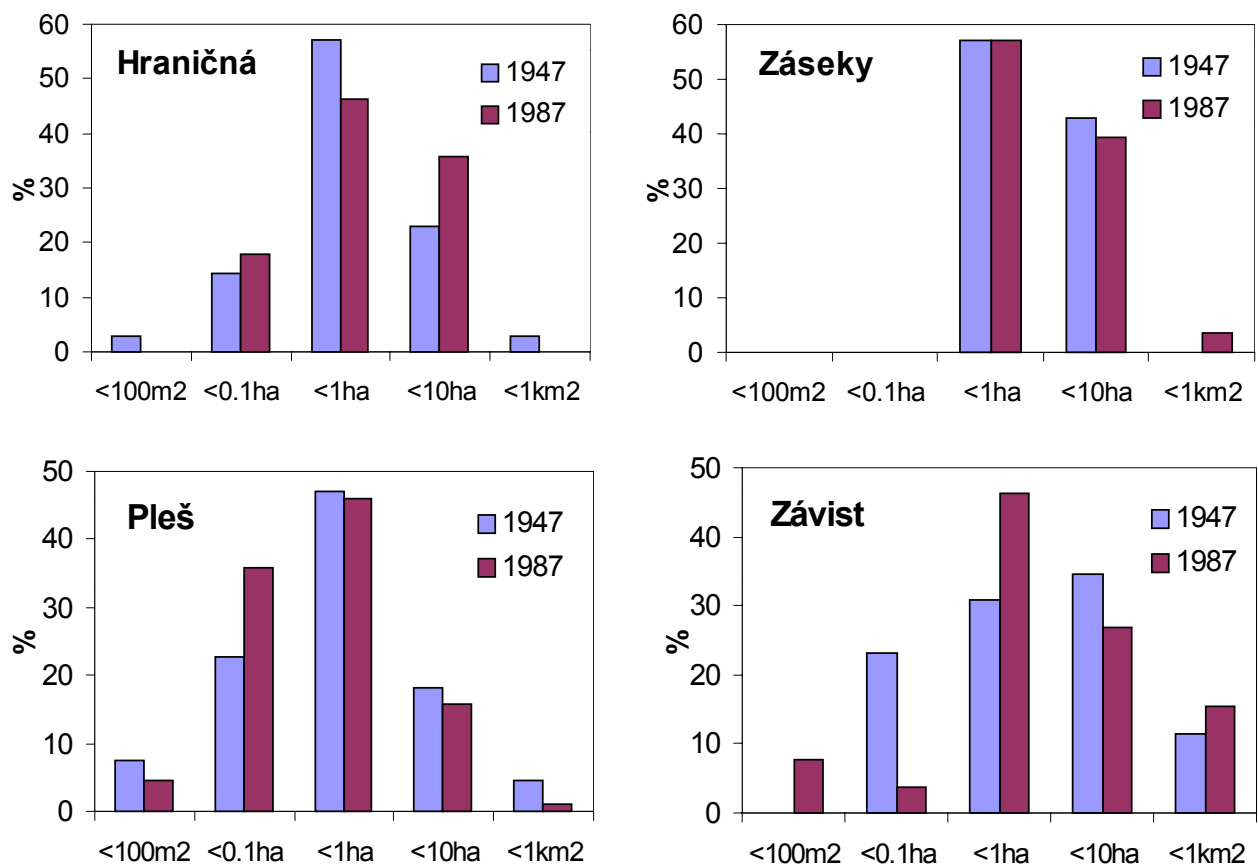
Two case studies are located in the borderland along the former "Iron Curtain". After the landscape was abandoned, the process of "desynantropisation" have started. In the Český les Mts. in SW Bohemia, (i) patch size and shape were evaluated and (ii) spatial pattern was characterised with various indexes: diversity, fragmentation, contagion, etc. Land cover development is presented in special triangular "landcovergram". The changes of indexes are closely, but not simply related to the intensity of human influence (management). Two types of local particular differences are important: original situation ("the starting point") and both quality and quantity of postsynanthropic management. In the upper Lužnice floodplain near Bohemian/Austrian borderline, two main developments of landscape structure have gone: (i) the managed parcels were homogenised and in the same time (ii) wetlands were abandoned within their natural borders.

Literatura

- Absolon K. et al. (1994): Metodika sběru dat pro biomonitoring v chráněných územích. -- Metodika ČÚOP, 70 p., Praha.
- Asrar G. (1989): Theory and applications of optical remote sensing. -- J. Wiley & Sons.
- Aubrecht G., Dick G. et Prentice C. (1994): Monitoring of ecological change in wetlands of Middle Europe. -- *Stapfia* 31:1--224.
- Baker W. L. (1992): Effects of settlement and fire suppression on landscape structure. - *Ecology* 73: 1879-1887.
- Beneš J., Brůna V. et Křivánek R. (1993): The changing landscape of North-West Bohemia during the last two centuries. -- *Památky archeologické* 84:142-149
- Budd J. T. C. (1991): Remote sensing techniques for monitoring land-cover. -- In: Goldsmith B. [ed.], *Monitoring for conservation and ecology*, p. 33--60, Chapman & Hall, London.
- Burrough P. A. (1981): Fractal dimensions of landscapes and other environmental data. -- *Nature* 294:240--242.
- Cracknell A. P. et Hayes L. B. W. (1991): *Introduction to Remote Sensing*. -- Taylor & Francis, London.
- Dornič J. (1992): *Dálkový průzkum Země*. -- Praha.
- Eastman J. R. (1995): *IDRISI for Windows. User's Guide. Version 1.0*. -- Clark University, Worcester.
- Faiman Z. (1995): Družicové a letecké snímky. -- *Ochr. Přír.* 50:333--335.
- Forman R. T. T. (1995): *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. -- Cambridge Univ. Press.
- Forman R. T. T. et Godron M. (1986): *Landscape Ecology*. -- Wiley, New York.
- Fotheringham S. et Rogerson P. (1994): *Spatial analysis and GIS*. -- 282 p., Taylor & Francis, London.
- Gardner R. H. et al. (1987): Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. -- *Land. Ecol.* 1: 19-28.
- Goldsmith B. (1991): Vegetation monitoring. -- In: Goldsmith B. [ed.], *Monitoring for conservation and ecology*, p. 77--86, Chapman & Hall, London.
- Goldsmith B. [ed.] (1991): *Monitoring for conservation and ecology*. -- Chapman & Hall, London.
- Green D. R., Cummins R., Wright R. et Miles J. (1993): A methodology for acquiring information on vegetation succession from remotely sensed imagery. -- In: Haines-Young R., Green D. R. et Cousins S. H., *Landscape ecology and GIS*, Taylor & Francis, London etc.
- Gustafson E. J. et Parker G. R. (1992): Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. -- *Land. Ecol.* 7:101--110.
- Guth J. (1996): Past changes and the present state of land use. -- In: Prach K., Jeník J. et Large A. [eds.], *Floodplain Ecology and Management: The Lužnice River in Třeboň Biosphere River, Central Europe*. SPB Acad. Publ., Amsterdam.
- Guth J., Kettnerová S. et Kučera T. (1995): Pohled do nitra "železné opony" - 40 let postsynantropního vývoje krajiny. -- *Zprávy Čes. Bot. Společ.* 30(Mater. 12):69-76.
- Hansen A. J. et diCasteri F. [eds.] (1992): *Landscape Boundaries. Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows*. -- Springer-Verlag, New York.
- Hanzl V. (1995): Temporální analýza vybraných jevů pomocí archívních leteckých snímků. -- *Explorat. Rem. Sens. Env.*, 2: 41--45.
- Hanzl V. et Kaupová H. (1994): Využití archívních leteckých snímků pro stanovení zalesnění Mohelenské stepi. -- *Ochr. Přír.*, Praha, 49: 138--140.
- Holland M. M., Risser P. G. et Naiman R. J. [eds.] (1991): *Ecotones. The role of Landscape Boundaries in the Management and Restoration of Changing Environments*. Routledge. -- Chapman & Hall, New York
- Hrkal Z. (1989): *Metody dálkového průzkumu v hydrogeologii*. -- Metodická přír. ÚÚG 10, Praha.
- Hutchings M. J. (1991): Monitoring plant populations: census as an aid to conservation. -- In: Goldsmith B. [ed.], *Monitoring for conservation and ecology*, p. 61--76, Chapman & Hall, London.
- Iverson L. R. (1988): Land-use changes in Illinois, USA: The influence of landscape attributes on current and historic land use. -- *Land. Ecol.* 2: 45--61.
- Kienast F. (1993): Analysis of historic landscape patterns with a Geographic Information System -- a methodological outline. -- *Land. Ecol.* 8: 103-118.
- Kirschnerová L. [ed.] (1994): *Monitoring vybraných přirozených společenstev a populací rostlinných indikátorů v České republice*. -- Příroda, Praha, 1:1-231.
- Kirschnerová L. [ed.] (1996): *Monitoring vybraných přirozených společenstev a populací rostlinných indikátorů v České republice II*. -- Příroda, Praha, 1:1--196.
- Kolář J. (1996): Land cover mapping using remote sensing and GIS technology. -- In: Konečný M. [ed.], *GIS frontiers in business and science, Confer. Proc.*, p. II-31--II-49, Brno.
- Kovář P. (1993): *Ekologie krajiny*. -- Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy Praha.
- Kovář P. (1995): Is plant community organization level relevant to monitoring landscape heterogeneity? Two case studies of mosaic landscapes in the suburban zones of Prague, Czech Republic. -- *Land. Urban Plan.* 32:137--151.
- Krummel J. R. et al. (1987): Landscape pattern in a disturbed environment. -- *Oikos* 48:321--324.
- Krůs J. (1995): Open skies -- fotografie a Kodak. -- *Fotografie Magazín* 95/12:54--55.

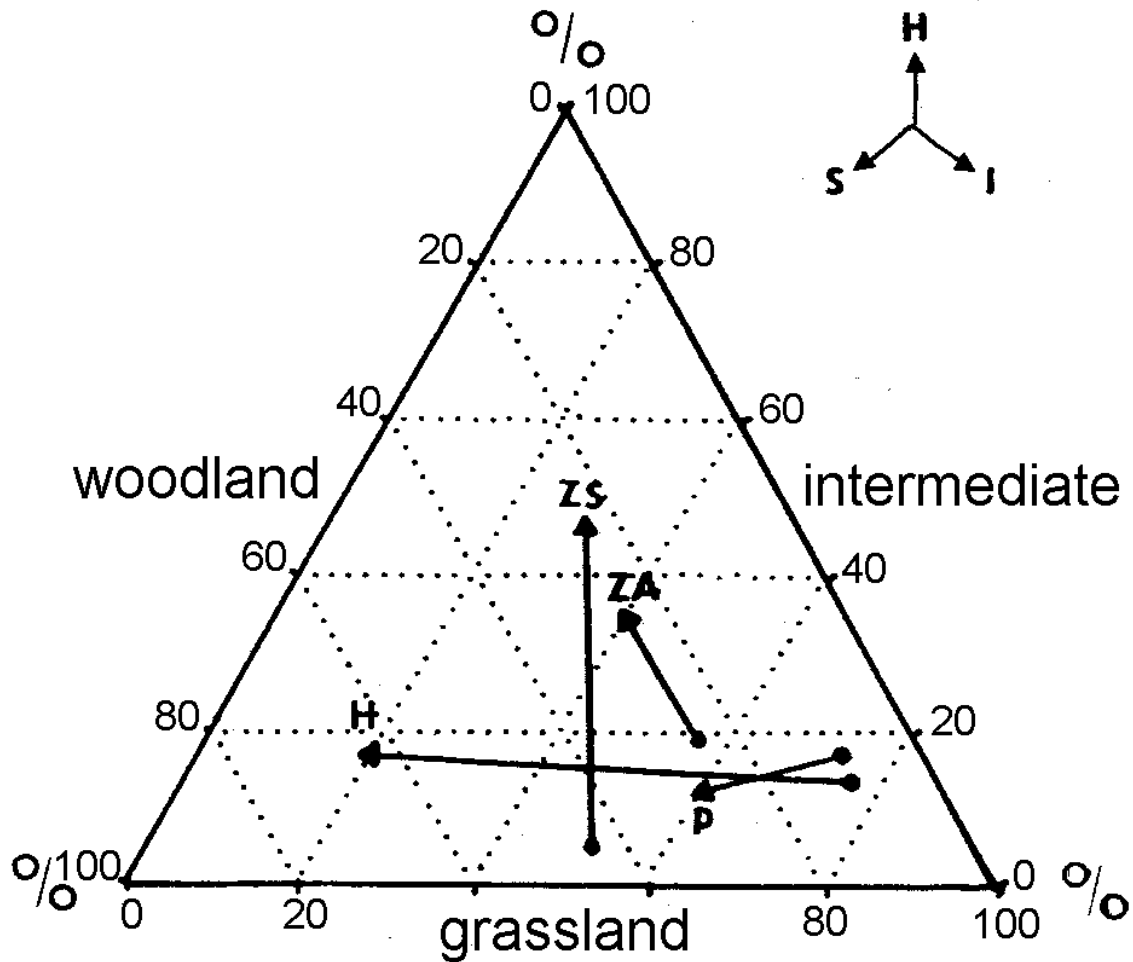
- Kučera T. et al. (1994): Návrh sítě MCHÚ v jižní části Českého lesa. -- Ochr. Přír. 49/6:163--169.
- Kučera T. et Guth J. (1995): Změny krajinné struktury 40 let po jejím vysídlení. Použití geografických informačních systémů v krajinné ekologii. -- 23 p., ms. (Depon. in: Knih. katedry botaniky Přírod. fak. Univ. Karlovy, Praha.)
- Kučera T. et Guth J. (1996): Opustíš-li mne, nezahynu. -- Ochr. Přír. 51:xx-xx.
- Kučera S. et Prach K. (1991): Metody sledování dlouhodobých změn vegetace. -- Muz. Souč., Ser. Natur., 5:5--23.
- Lipský Z. (1994): Změna struktury české venkovské krajiny. -- Sborník Čes. Geograf. Spol. 99:248--260.
- MacArthur R. H. et Wilson E. D. (1967): The theory of island biogeography. -- Princeton Univ. Press, Princeton.
- Margalef R. (1963): On certain unifying principles in ecology. -- Amer. Natur. 97:357-374.
- Míchal I. (1982): Principy krajinářského hodnocení území. -- Archit. Urban. 16:65-87.
- Monmonier M. S. (1974): Measures of pattern complexity for Choropleth maps. -- Amer. Cartogr. 1 et 2:159--169.
- Murphy D. L. (1985): Estimating Neighborhood Variability with a Binary Comparison Matrix, Photogram. Engin. Rem. Sens. 51:667-674
- Nováková E. (1995): Hodnocení stabilizační funkce ekologicky významných segmentů krajiny. -- Ochr. Přír. 50:327--332.
- O'Neill R. V. et al. (1988): Indices of landscape pattern. -- Land. Ecol. 1:153--162.
- Palmer M. W. (1988): Fractal geometry: a tool for describing spatial patterns of plant communities. -- Vegetatio 75:91-102.
- Pauknerová E. (1991): Ochrana krajiny a geografické informační systémy. ČÚOP-LDPZ Praha
- Pauknerová et al. (1996): Zabezpečení komplexních informačních zdrojů o území pro podporu kvalifikovaného rozhodovacího procesu v oblasti ŽP. -- Ms., (depon. in: Foresta SG, Praha).
- Pauknerová E. et Brokeš P. (1992): GIS ve státní ochraně přírody. Příklad CHKO Žďárské vrchy. Ochr. Přír., Praha, 47:142--148.
- Pellantová J. et al. (1994): Metodika mapování krajiny pro potřeby ochrany přírody a krajiny ve smyslu zákona ČNR 114/92 Sb. -- ČÚOP VaMP Brno.
- Peňás M. (1995): Úvodní slovo k semináři. -- In: Ekologické aspekty změn v kulturní krajině. Veronica 4/1995, příloha, Brno.
- Petrlík J. et Fišerová D. (1989): Interpretace černobílých leteckých snímků pro účely ochrany krajiny na příkladu z Českého krasu. -- Pam. Přír. 14:170--177.
- Pirnat J. (1993): Transition between forested and forest landscape -- ecotone approach. -- In: Fanta J. [ed.], The role of landscape ecology in forestry, Proc. IUFRO Work. Party, Ljubljana.
- Prach (1994): Monitorování změn vegetace. Metody a principy. -- Metodika ČÚOP, 69 p.
- Scheiner S. M. (1992): Measuring pattern diversity. -- Ecology 73: 1860--1867.
- Spellerberg I. F. (1991): Monitoring ecological change. -- Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Stoklasa M. (1995): Informační systém zdravotního stavu lesů z kosmických snímků LANDSAT-TM. -- In: GIS ve státní správě, Sborn. konfer., Chrudim.
- Škapec L., Pauknerová E. et van der Horst P. (1994): Geografický informační systém a management území národních parků. -- Ochr. Přír. 49:14--19.
- Štěpánek V. (1996): Data o struktuře ploch: jejich spolehlivost a vypovídací schopnost. -- Geografie -- Sborn. ČGS, 101: 13--21.
- Treitz P. M., Howarth P. J. et Gong P. (1992): Application of satellite and GIS Technologies for Land-Cover and Land-Use Mapping at the Rural-Urban Fringe: A Case Study. -- Photogram. Engin. Rem. Sens. 58:439-447
- Turner M. G. (1987): Spatial simulation of landscape changes in Georgia landscape: a comparison of 3 transition models. -- Land. Ecol. 1:29--36.
- Turner M. G. (1989): Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annual Review of Ecology and Systematics 20:171-197
- Turner M. G. (1990): Spatial and temporal analysis of landscape patterns. -- Land. Ecol. 4:21--30.
- Vondrušková H. et al. (1994): Metodika mapování krajiny SMS. -- Metodika ČÚOP, Praha.
- Wiens J. A., Stenseth C. C., van Horne B. et Ims R. A. (1993): Ecological mechanisms and landscape ecology. -- Oikos 66:369--380.
- Wilkinson G., Folving S., Fullerton K. et Mégier J. (1992): A feasibility study on the automatic updating of the CORINE land cover database using satellite imagery in Portugal. -- EGIS Proceedings 51:1345-1354

Obr. 1. -- Poměrné zastoupení plošek podle jejich rozlohy v roce 1947 a 1987 na enklávách v Českém lese.
 Fig. 1. -- Proportional analysis of patch area structure in 1947--1987 in the Český les Mts.



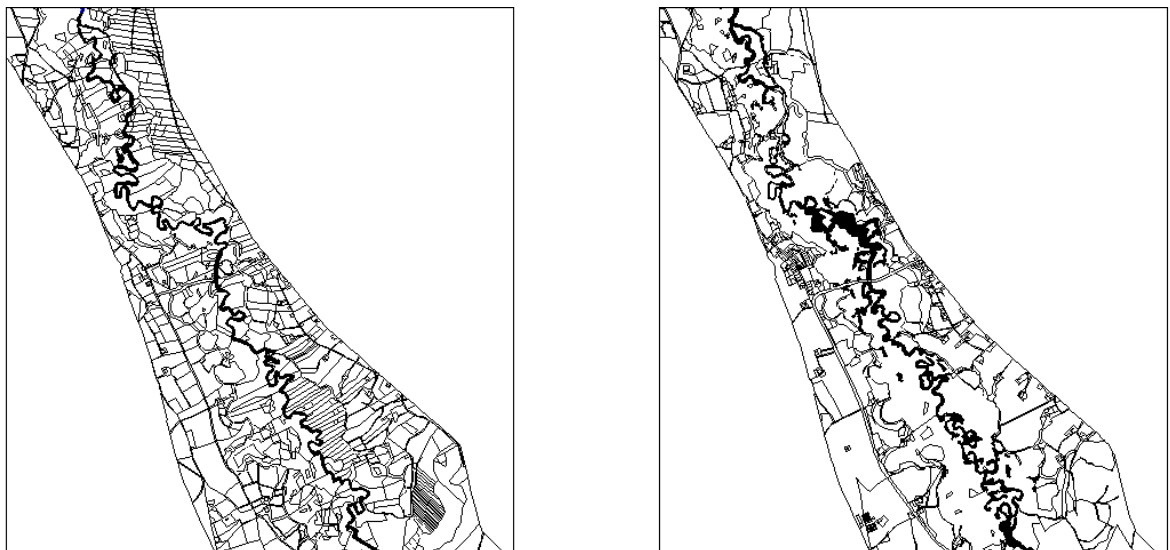
Obr. 2. -- Vývoj pokryvu na enklávách v letech 1947--1987, B = bezlesí, M = "meziles", L = les; H = Hraničná, P = Pleš, ZA = Závist, ZS = Záseky. Vývojový trend: H = lesní hospodaření, S = přirozený vývoj, sukcese, I = zemědělské obhospodařování.

Fig. 2. -- Land cover change in small non-forest exclaves during 1947--1987. Explanations: B = non-forest, M = woodland, L = forested area. Exclaves: H = Hraničná, P = Pleš, ZA = Závist, ZS = Záseky. Development trends: H = forestry, S = natural succession, I = agriculture.



Obr. 3. -- Vývoj parcelace na horní Lužnici u Halámek.

Fig. 3. -- The fragmentation of parcels in the upper Lužnice floodplain near Halámky.



Obr. 4. -- Změny diversity (a) a využití půdy (b) v letech 1960--1990 v katastrech obcí Halámky, Nová Ves n. Lužnicí, Dvory n. Lužnicí a Tušů.

Fig. 4. -- Changes in diversity (a) and land use (b) in the period 1960--1990 grouped for the townships of Halámky, Nová Ves n. Lužnicí, Dvory n. Lužnicí a Tušů.