

Ekotony – nosné prvky struktury krajiny Které vlastnosti a funkce ekotonů lze modelovat pomocí geoinformačních technologií?

Vilém Pechanec, RNDr., Ph.D., Helena Kilianová, Ing., Ph.D.
vilem.pechanec@upol.cz, helena.kilianova@seznam.cz

Katedra geoinformatiky, Př F, Univerzita Palackého v Olomouci, Tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc

Úvod

Moderní věda již téměř století analyzuje krajinu, charakterizuje a popisuje její složky, zkoumá její vývoj, odhaluje působení jednotlivých krajinnotvorných faktorů, modeluje a predikuje vztahy mezi jednotlivými prvky. Teprve v poslední době však začíná vnímat důležitý krajinný prvek – ekoton. Prostorové vlastnosti ekotonů – délka a hustota - odrážejí strukturu krajiny, ovlivňují její funkci, stabilitu a další ekologické vlastnosti. Výzkum ekotonů a jeho rolí ve struktuře a fungování krajiny si proto zaslouží větší prostor.

Pro studium krajinné struktury a prostorových vlastností ekotonů se jeví jako vhodné využití možností moderních technologií např. prostředí geografických informačních systémů (GIS). Mnohé vlastnosti a funkce ekotonů lze pomocí geoinformačních technologií modelovat.

Struktura krajiny

Krajina je tvořena třemi prostorovými, funkčně odlišnými, skladebnými prvky, obecně nazývanými krajinné složky, a to krajinnou maticí, ploškami a koridory (Forman, Godron 1993). Krajinnou maticí se nazývá plošně převládající krajinná složka, jež nejvíce ovlivňuje funkci a dynamiku krajiny. Krajinná ploška je odlišnou plochou, která má odlišný původ, vývoj a biotu. Koridorem je označován prostorově protáhlý segment krajiny, jež umožňuje pohyb, propojuje krajinné složky, plní funkci filtru či bariéry. Struktura a prostorové vlastnosti koridoru ovlivňují rozmanitost, heterogenitu krajiny.

Krajinná struktura je výsledkem rozličného působení krajinných procesů. Představuje prostorové uspořádání jednotlivých krajinných složek různého počtu, velikostí, tvaru, charakteru i vlastností, a vztahů mezi nimi. Tento systém způsobem uspořádání ovlivňuje rozložení a pohyb energie, látek a informací.

Heterogenita krajiny, daná uspořádáním krajinných složek, společně s dalšími vlastnostmi jako je mozaikovitost, poréznost, kontrast, zrnitost, diverzita či tvar hranic, je využívána pro hodnocení krajinné struktury (Forman, 1995). Jiný způsob hodnocení krajinné struktury pak představuje hodnocení funkce krajinných složek, při níž jsou důležité dvě charakteristiky krajiny, a to heterogenita a ekotony.

Ekotony, definované jako přechodové zóny mezi sousedními společenstvy, nabývají různých podob podle faktorů prostředí - od pozvolného prolínání k ostrému, takřka diskontinuitnímu gradientu. O existenci, přetrvávání a vnitřní struktuře ekotonů rozhoduje mechanismus či faktor jejich vzniku.

Zájmové území

Výzkum ekotonů probíhá na území povodí říčky Trkmanky. Povodí Trkmanky, ležící na jihovýchodní Moravě v okresech Břeclav, Hodonín a okrajově Vyškov, má rozlohu 379 km². Hranici území tvoří hranice povodí Trkmanky, levostranného přítoku Dyje. Nejseverněji zasahuje území v bodě U slepice na hřebenu Ždánického lesu, 4 km severovýchodně od obce Ždánice na hranici povodí, kde zároveň dosahuje území nejvyšší nadmořské výšky 438 m n. m. Nejjižnějším bodem je ústí Trkmanky do Dyje 1 km jihozápadně od obce Podivín.

Zároveň se jedná o nejnižší položený bod území s nadmořskou výškou 158 m n. m. v místech, kde se Trkmanka vlévá do Dyje.

Území je již dlouhodobě osídlené, příhodné klimatické podmínky využívali lidé odedávna pro zemědělství. V současnosti zde žije okolo 35 000 obyvatel, hustota zalidnění je přibližně 94 osob na km², což je nižší než průměr České republiky. Je to způsobeno absencí větších sídel. Hlavním výrobním zaměřením oblasti je zemědělství, které je specifické pěstováním vinné révy a ovoce. Průmysl a služby jsou zastoupeny pouze okrajově.

Použitý software

Při řešení práce byly využívány GIS produkty ArcGIS 9.x s extenzí V-LATE a IDRISI Andes. K složitějším krajinným analýzám byly využity zejména nástroje IDRISI LCM (The Land Change Modeler for Ecological Sustainability), který je orientován na problém rychlé změny využití území a specifické analytické potřeby spojené se změnou biodiverzity.

Prostorové rozložení ekotonů

V příspěvku se vychází z předpokladu, že hrana mezi odlišně využívanými segmenty krajiny je ekotonem v širším slova smyslu. Ke studiu vývoje struktury krajiny a jejich součástí se zvláštním zřetelem na ekotony byly použity mapy historických vojenských mapování, resp. I. vojenského mapování (1764 - 1768), II. vojenského mapování (1836 - 1840) a III. vojenského mapování (1876 - 1879) a současný stav využívání území (vlastní mapování, 2007). Mapové listy historických map byly k dispozici v naskenované podobě ve formátu tiff, které bylo nutné georeferencovat a zdigitalizovat do podoby map land use/land cover. Po vytvoření map využití země v různých časových horizontech byla zjištěna základní krajinná struktura, z níž jasně vystupuje zemědělská orientace oblasti po sledovanou dobu.

Vyjádření ekotonů v GIS

Přechodová pásma lze vyjádřit ve vektorovém i rastrovém formátu. V případě vektorového pojetí mapy využití země je možno přechod vyjádřit pomocí hraniční line a hraničního polygonu. Hraniční linie představuje přechod mezi dvěma ploškami. V takovém případě jsou vlastnosti hranice shodné s vlastnostmi plošky a nelze je individuálně měnit. Navíc vytváří pouze ostrý přechod – toho lze využít v případě velmi ostrých gradientů, pro postupné přechody není metoda příliš vhodná. V případě hraničního polygonu je na styku dvou plošek přidána nová ploška odpovídajícího tvaru, pro niž sice lze nastavovat individuální vlastnosti (např. klasifikace společenstva, šířka...), ale v digitální reprezentaci vytváří další hranice v krajině neexistující. V případě klasické rastrové reprezentace je situace obdobná.

Reprezentace, která v největší míře se blíží realitě z pohledu biologického i geoinformačního je fuzzy množina Neostře či fuzzy soubory jsou soubory, respektive třídy, které nemají ostré ohraničení. U prostorových dat to znamená, že na uvažovaných místech může být přechod mezi členstvím a nečlenstvím v souboru postupný. Fuzzy soubor lze tedy charakterizovat fuzzy úrovněmi členství v intervalu od 0,0 do 1,0, tzv. úrovněmi možností, které vyjadřují postupný nárůst členství od nečlenství až po úplné členství. Lze je definovat pomocí funkcí příslušnosti. Z pohledu ekotonů je možno přechod mezi dvěma ploškami vyjádřit sérií pixelů s různým stupněm příslušnosti k první či druhé plošce, přičemž každá úroveň přechodu může vykazovat odlišné vlastnosti (Pechanec, Kilianová, 2008).

Které vlastnosti a funkce ekotonů lze modelovat pomocí geoinformačních technologií, pokud umíme tyto entity správně vyjádřit ?

I. popisné vlastnosti

Jedná se o vlastnosti mající vztah k základními popisu prvku, jeho prostorovým a morfometrickým vlastnostem. Lokalizace – vyjádření prostoru, kterou prvek zaujímá v prostoru, vyjádřenou pomocí souřadnic x a y. Přiřazení z-souřadnice je možno přidat informaci pro třetí rozměr. Získání tohoto údaje vyžaduje podrobné terénní měření, nejlépe pomocí laserového dálkoměru.

Výpočet plochy entity v požadovaných jednotkách a výpočet délky v nejdelším směru entity a ve směru ve směru kolmém na nejdelší směr. Tím se stanoví šířka (mocnost) ekotonu. Dále je možno stanovit délku hranice, její členitost, tzn. skutečnou délku obvodové linie jako poměr k idealizovanému geometrickému tělesu, a také délku hranice vůči jednotlivým typům biotopů.

K interpretaci kvantitativních údajů pomáhají indexy krajinné metriky, které kvantifikují strukturální vlastnosti krajiny. Kvantifikace paternu krajiny představuje měření diverzity, homogenity či heterogenity krajiny. Za účelem exaktně matematicky zachytit kvantifikovatelné vlastnosti krajinné struktury množstvím číselných indikátorů, které popisují charakter paternu, bylo vyvinuto několik softwarů - v práci byl použit V-LATE pro ArcGIS 9.x.

U všech sledovaných indexů je ale třeba přihlídnout k mapovým podkladům, ze kterých byl tvořen výsledný land use/land cover. U historických období to byly mapy vojenských mapování přibližně v měřítku 1 : 25 000, dnešní LU/LC byl vytvořen na základě leteckých snímků v měřítku 1 : 5000. Tuto skutečnost je nutno vždy do interpretace zahrnout.

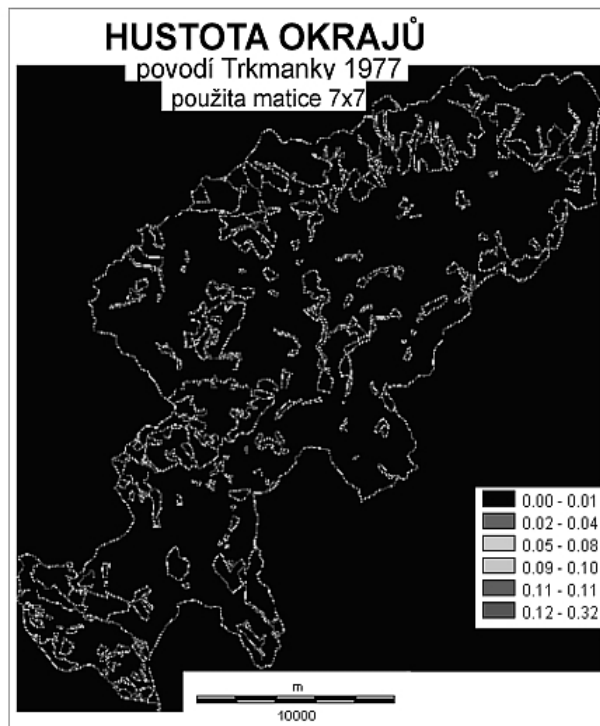
Zkoumané indexy krajinné metriky lze rozdělit do čtyř kategorií: indexy velikosti plošek (NP - počet plošek, MPS - prům. velikost plošky), indexy tvaru plošek (MSI - prům. tvar plošky, MFRACT - frakt. dimenze plošky), indexy hran (TE - délka hran, délky hran mezi vybranými kategoriemi LU/LC) a indexy diverzity (SDI - Shannon Diversity Index, SEI - Shannon's Evenness Index, D – dominance).

Tab. 1: Vybrané indexy krajinné metriky pro povodí Trkmanky (orig.)

	I. VM (1764)	II. VM (1836)	III. VM (1876)	aktuální stav (2007)
NP (počet plošek)	1645	3102	2178	4434
MSI (prům. tvar plošky)	2,25	2,16	2,56	2,42
MFRACT (frakt. dimenze plošky)	1,36	1,39	1,39	1,41
TE (délka hran)	*	8014,23 km	6572,53 km	8577,68 km
SDI (Shannon Diversity Index)	1,4	1,49	1,22	1,37
SEI (Shannon's Evenness Index)	0,67	0,65	0,53	0,6

Dále je možno vyjádřit vlastnosti entity tzn. druhové složení ekotonu a jeho homogenitu.

K pokročilejším charakteristikám transparentně ukazující roli ekotonů z pohledu krajinné struktury je analýza hustoty okrajů, která vyjadřuje poměr hustoty ekotonů k ploše zkoumaného území. Analýza se provádí obvykle v pravidelných rastroch. Na území Trkmanky se hustota okrajů pohybuje od 0 km/km², která se nachází na zemědělských plochách, až po nejvyšší hodnotu 0,32 km/km², jež se nachází ve více zalesněných částech území.



Obr. 1. Hustota okrajů v povodí Trkmanky

II. Vliv ekotonu na okolí

Analýza faktorů, které jsou v bezprostřední blízkosti ekotonu, ovlivněných jeho přítomností. Zejména se jedná o propustnost světla, teplo, vlhko, směr a sílu větru, trofické a hydrické zásobení stanoviště, intenzitu oslunění či zastínění.

Obecně lze výzkum rozdělit do posloupnosti 6 kroků:

- lokalizace ekotonu
- terénní sběr dat - opakovaná měření v čase na definované jednotce (transektu)
- zpracování naměřených dat v GIS
- tvorba kontinuálních povrchů daného faktoru
- porovnání s výskyty sledovaných jednotek a kontrolním vzorkem
- interpretace výsledků

Praktický výzkum je zacílen na mikroklimatické ukazatele - sledování rychlosti a směru větru, teploty vzduchu a propustnosti světla v ekotonu a dále na změny pH v jeho bezprostředním okolí. V modelové lokalitě je vymezeno 10 transektů, kde dochází k diskrétnímu monitoringu výše zmíněných faktorů. V pravidelném měsíčním cyklu je prováděno měření v ekotonu a v předem definovaných rozestupech v jeho okolí. Sesbíraná data jsou zpracovávána v prostředí GIS.

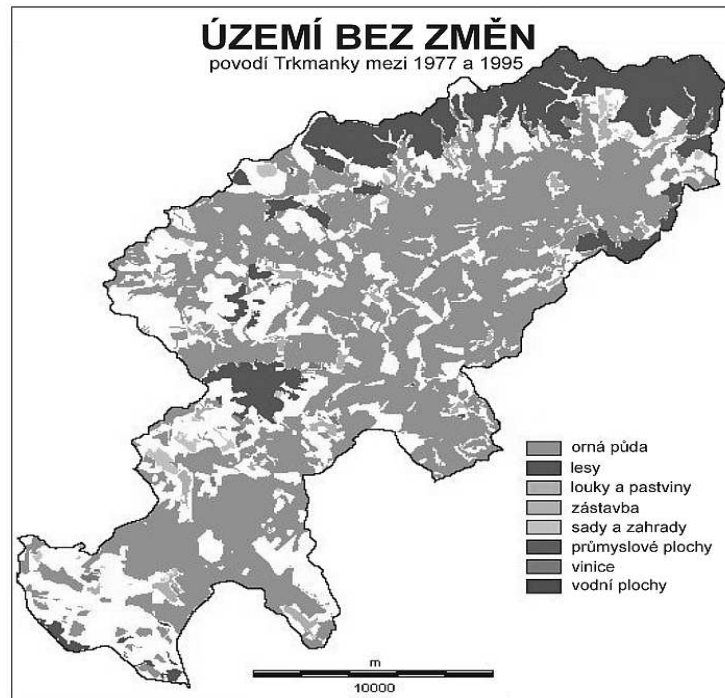
III. Časoprostorová změna plochy (vývoj a růst)

Představuje sledování přírůstku a úbytku rozlohy dané kategorie a dynamiku změny jednotlivých kategorií navzájem. Ke sledování se dá použít technika overlay s následnou kvantifikací změny.

Persistence ploch je jednou z možností vyjádření časoprostorové změny. Vztahuje se na určité časové období a udává procentuální zastoupení stabilních ploch (tj. ploch, u kterých v

daném období nedošlo ke změně využití) vztažených k ploše dané kategorie land use/land cover v počátečním stavu.

V povodí Trkmanky byla provedena analýza stabilních ploch a persistence ploch LU/LC s počátečním stadiem v období II. vojenského mapování (1836) a vztažena k létům 1876 - 1879 (III.VM) a k současnosti. I. vojenské mapování nebylo zpracováno pro nepřesnosti v geometrii.



Obr. 2. Území beze změny v povodí Trkmanky.

IV. Predikce výskytu (šíření) do budoucnosti

Pro simulaci vývoje do budoucna lze použít algoritmus CA_MARKOV, který představuje kombinaci algoritmů cellular automata a Markových řetězců určených pro predikci změn krajinného pokryvu.

Markov analyzuje dvojici obrazů krajinného pokryvu a jeho výstupem je matice pravděpodobnosti přechodu, matice přechodových oblastí a sada obrazů podmíněné pravděpodobnosti. Matice pravděpodobnosti přechodu je textový soubor, který zaznamenává pravděpodobnost přechodu dané kategorie krajinného pokryvu do jiné kategorie. Matice přechodových oblastí je textový soubor, který zaznamenává počet pixelů u kterých se očekává, že se změní z daného typu krajinného pokryvu do jiného typu krajinného pokryvu během specifikovaného počtu jednotek času. V obou těchto souborech symbolizují řady vstupní stav a sloupce představují stav očekávaný.

Rastr podmíněné pravděpodobnosti udává s jakou pravděpodobností bude každý typ krajinného pokryvu nalezen v každém pixelu po uplynutí definovaného počtu časových jednotek. Tyto rastry jsou vypočítávány jako projekce z druhého ze dvou vstupních obrazů krajinného pokryvu.

Cellular automata je využíván v dynamickém modelování, kde budoucí stav pixelu závisí na jeho současném stavu a na stavu jeho sousedů. Pravidla pro změnu stavů jsou určována filtrovacím a reklasifikačním souborem. Uživatel specifikuje počet iterací, které mají být

vykonány a možnost zobrazit výsledek každé iterace nebo pouze iterace poslední. Při každé iteraci je na vstupní soubor aplikován definovaný filtr a výsledný obraz je reklasifikován podle reklasifikačního souboru. Tento výstupní obraz je pak použit jako vstup do další iterace. Kombinovaný přístup svým pojetím obohacuje prováděnou analýzu o prvek prostorové spojitosti a znalostní bázi pravděpodobné prostorové distribuce krajinných změn.

Závěr

Ekotony jsou výrazným prvkem krajinné struktury, který významně ovlivňuje její charakter a dynamiku. Při výzkumu krajinných změn by ekotony neměly být opomíjeny. Pro svou specifickou povahu vyžadují zvláštní přístup při zpracování v prostředí GIS. Vlastnosti, které lze modelovat, lze rozdělit do několika základních skupin. Pro každý okruh již dnes existují specifické metody výzkumu, jež mohou pomoci při jejich studiu.

Literatura

FORMAN, R. T. T., GODRON, M. (1993): Krajinná ekologie. Academia, Praha, 584 str. ISBN 80-200-0464-5.

PECHANEC, V., KILIANOVÁ, H. (2008): GIS - nástroj pro studium ekotonů. Sborník symposia GIS Ostrava 2008. Ostrava, VŠB-TU, [CD-ROM] ISBN: 978-80-254-1340-1.

PECHANEC, V., KILIANOVÁ, H., VOŽENÍLEK, V. (2008): GIS analysis of ecotone variability. Annals of Geomatics 2008, Volume VI., Number 2. Warsaw, Polish association for spatial information., str. 55-64 ISSN:1731-5522

Summary

Ecotone – key elements of landscape structure

Which features can be modeled by using geographical information systems ?

Modeling landscape changes is the issue that accompanies geographical information systems since their beginning. Subjects of modeling are phenomena and processes in the landscape, which entail changes in the flow of energy, masses or information, mostly because disruption of landscape changes. Landscape-ecological indices are used for localization, identification and fitting quantification of these changes. Their interpretation is highly requested information starting point for landscape planning and management in the frame of sustainable development. Beside traditional tools for descriptive analysis the prediction modeling techniques (e.g. cellular automata algorithms and advanced geostatistics) are today more widely used. Development of tools for modeling landscape changes in GIS is constantly evolving and their ultimate stage is the tool Land Change Modeller for Ecological Sustainability (LCM). This unique component is available for ESRI and IDRISI platform and provides wide set of tools modeling changes in the landscape. The concept of instruments and approaches "vertical tools" are still incomparable. The area of interest (Trkmanka river catchment, South-East Moravia) is analyzed trough index of landscape metrics and LCM tools. This area is chosen because of the human influences since the Middle Ages. Changes identified in historical documents are inputs for the prediction analysis of size and landscape changes intensity for next twenty years.

Príspevek vznikl v rámci projektu Analýza a modelování dynamiky prostorových vazeb ekotonů v prostředí GIS (GA ČR 205/07/0821), podporovaného Grantovou agenturou ČR.