

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Eva JELÍNKOVÁ

**ČASOPROSTOROVÁ ANALÝZA FRAGMENTACE
STEPNÍCH LOKALIT PANONSKÉ OBLASTI**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.

Olomouc 2011

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci bakalářského studia oboru Geoinformatika a geografie vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Viléma Pechance, Ph.D.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 20. května 2011

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Vilému Pechancovi, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji konzultantu Doc. RNDr. Pavlu Cudlínovi, CSc. z Centra výzkumu globální změny Akademie Věd České republiky za poskytnuté rady v problematice fragmentace krajiny.

Za poskytnutá data děkuji archivu Správy CHKO Bílé Karpaty.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva JELÍNKOVÁ**
Osobní číslo: **R08220**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a geografie**
Název tématu: **Časoprostorová analýza fragmentace stepních lokalit panonské oblasti**
Zadávací katedra: **Katedra geoinformatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


Cílem práce je provést popis a analýzu fragmentace vybraných 50 stepních lokalit panonské oblasti. V každém ze tří analyzovaných období dojde k tvorbě soudobého land-use a popsání krajinné struktury s důrazem na stanovení míry fragmentace krajiny. Jednotlivé časové etapy budou následně vzájemně porovnány a vyhodnoceny. Zpracování dat, stejně jako hodnocení proběhne v prostředí GIS a výsledky budou odpovídajícím způsobem vizualizovány. Doporučený postup prací - sběr a příprava dat, tvorba map soudobého land-use - studium problematiky fragmentace krajiny a možných GIS přístupů k její analýze - stanovení fragmentace v jednotlivých obdobích a následná analýza v čase - zhodnocení fragmentace krajiny a interpretace dosažených výsledků. Studentka odevzdá údaje o všech datových sadách, které vytvořila nebo získala v rámci práce, pro potřeby zaevidování do Metainformačního systému katedry geoinformatiky ve formě vyplněného webového formuláře. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, metadatový xml záznam) bude odevzdána v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O bakalářské práci studentka vytvoří webovou stránku, která bude v den odevzdání práce umístěna na katedrální server. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002). Na závěr bakalářské práce připojí studentka jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **max.50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.**
Katedra geoinformatiky


Datum zadání bakalářské práce: **13. června 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2011**


RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.
vedoucí práce

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOINFORMATIKY
 tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc
-1-

L.S.


Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 13. června 2010

Příloha zadání bakalářské práce

Seznam odborné literatury:

- Aurambout, J. P.: A spatial model to estimate habitat fragmentation and its consequences of long-term survival of animal populations. Dostupné z <http://www.ucgis.org/summer03/studentpapers/jpaurambout.pdf> Borrough P. A., McDonnell R.A. (1998): Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics. Oxford, Oxford University Press, 333 s. Cousins S.A.O. & Lindborg R. (2004): Assessing changes in plant distribution patterns?indicator species versus plant functional types. ? Ecol. Indicators 4: 17?27. Cousins S. A.O., Ohlson H. & Eriksson O. (2007): Effects of historical and present fragmentation on plant species diversity in semi-natural grasslands in Swedish rural landscapes. ? Lands. Ecol. 22: 723?730. Forman, R.T.T., Godron, M. (1993). Krajinná ekologie. Academia, Praha, 582 s. Haines,A., McFarlane, D., Understanding landscape fragmentation and parcelization: An examination of traditional planning tools. Dostupné z www.uwsp.edu/.../parcelizationstudy/Haines_McFarlane_ACSP07_Understanding_landscape_fragmentation.pdf Habitat Fragmentation Research through Spatial Analysis. Dostupné z <http://people.oregonstate.edu/~Helm> A., Hanski I. & Pärtel M. (2006): Slow response of plant species richness to habitat loss and fragmentation. ? Ecol. Letters 9: 72?77. Kamusoko, C.Land use/cover change and landscape fragmentation analysis in the Bindura District, Zimbabwe Dostupné z <http://www3.interscience.wiley.com/journal/112748687/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0> Lindborg R. & Eriksson O. (2004): Historical landscape connectivity affects present plant species diversity. ? Ecology 85: 1840?1845. Lipský Z.(1998): Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů. Praha, Karolinum, 129s. Lipský Z. (1999): Sledování změn v kulturní krajině. Kostelec nad Černými lesy, ÚAE LF ČZU, 69 s. Roy, P.S., Joshi, P.K. : Landscape fragmentation & biodiversity conservation. Dostupné z <http://www.gisdevelopment.net/application> Voženílek, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	7
ÚVOD	8
1 CÍLE PRÁCE.....	9
2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	10
2.1 Použitá data	10
2.1.1 II. vojenské mapování.....	10
2.1.2 50. léta 20. století.....	10
2.1.3 Současnost	10
2.2 Použité programy	11
2.3 Vymezení zájmového území	11
2.4 Postup zpracování	11
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
4 VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ	17
4.1 V-LATE	17
4.2 Patch Analyst	20
4.3 FRAGSTATS	22
4.4 Krajinně-ekologické indexy	25
4.4.1 Průměrný tvar plošky.....	25
4.4.2 Průměrný tvar plošky v závislosti na rozloze.....	25
4.4.3 Průměrný poměr obvod-rozloha	25
4.4.4 Průměrná fraktální dimenze.....	25
4.4.5 Průměrná fraktální dimenze v závislosti na rozloze.....	26
4.4.6 Shannonův index rozmanitosti	26
4.4.7 Shannonův index rovnováhy	26
4.4.8 Hustota okrajů.....	27
4.4.9 Index celkového kontrastu okrajů.....	27
5 VÝSLEDKY	30
5.1 Výsledky z extenze V-LATE	30
5.2 Výsledky z extenze Patch Analyst	32
5.3 Výsledky z aplikace FRAGSTATS	37
6 DISKUZE	39
7 ZÁVĚR.....	40
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
SUMMARY	
PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
AWMFD	Area Weighted Mean Fractal Dimension
AWMSI	Area Weighted Mean Shape Index
CA	Class Area
CAD	Computer Aided Design
CSV	Comma Separated Value
DBF	DataBase File
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
ED	Edge Density
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GIS	geografický informační systém
CHKO	chráněná krajinná oblast
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
MedPS	Median Patch Size
MFD	Mean Fractal Dimension
MPAR	Mean Perimeter-Area Ratio
MPE	Mean Patch Edge
MPS	Mean Patch Size
MSI	Mean Shape Index
NP	Number of Patches
PSCoV	Patch Size Coefficient of Variance
PSSD	Patch Size Standard Deviation
SHDI	Shannon's Diversity Index
SHEI	Shannon's Evenness Index
SHP	Shapefile
TE	Total Edge
TECI	Total Edge Contrast Index
WMS	Web Map Service

ÚVOD

Každý člověk vnímá krajinu kolem sebe, nějak se v ní pohybuje a svým způsobem ji i utváří a mění. Krajina je velice různorodá a mění se jak v prostoru, tak v čase. Je tedy velice těžké krajinu jednoznačně definovat či ji dokonale popsat, přestože se o ni zajímá mnoho vědních oborů.

Krajinní ekologové se snaží popsat krajinu mimo jiné i pomocí výpočtu krajinných indexů, které se dají v dnešní době počítat díky vyspělým informačním technologiím, především v oblasti geografických informačních systémů (GIS). Kvantifikace vztahů v krajině je důležitá pro vyjádření struktury krajiny, prostorové heterogenity a vazeb mezi jednotlivými typy využití zemského povrchu. Struktura životního prostředí má totiž silný vliv na ekologické procesy v krajině – pohyb organismů, přenos hmoty a energie z místa na místo. Narušení původní struktury krajiny tedy silně narušuje její funkcionalitu a biodiverzitu.

Tato bakalářská práce byla řešena v rámci projektu VaV MŽP SP/2d3/54/07 s názvem „Syntéza poznatků o stavu biodiverzity travních porostů v CHKO Bílé Karpaty s cílem vytvoření metodiky pro zachování biodiverzity tohoto ekosystému“, který byl řešen na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci, dále pak Českým svazem ochránců přírody (základní organizace 58/06 Bílé Karpaty), Ústavem botaniky a zoologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy Univerzity a Správou CHKO Bílé Karpaty.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je provést popis a analýzu fragmentace vybraných stepních lokalit panonské oblasti. Dané území bude analyzováno ve třech časových obdobích, a to v období II. vojenského mapování, dále v období 50. let 20. století a v současnosti.

V rámci bakalářské práce je třeba vytvořit vrstvu využití půdy pro každou tuto časovou etapu. Následně bude v každém ze tří analyzovaných období na daném území popsána struktura krajiny s důrazem na míru fragmentace krajiny pomocí výpočtů krajinně-ekologických indexů. Zpracování a vyhodnocování dat proběhne v prostředí GIS, výpočty indexů budou provedeny konkrétně pomocí extenzí V-LATE a Patch Analyst a aplikace FRAGSTATS. Jednotlivé časové etapy budou poté vzájemně porovnány a vyhodnoceny a výsledky budou odpovídajícím způsobem vizualizovány.

2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

2.1 Použitá data

Data vstupující do výpočtů jsou ve formátu ESRI shapefile (dále jen SHP) a byla připravována pro měřítko velikosti 1 : 10 000. Pro každé ze tří časových období existují na daném území dvě liniové vrstvy – komunikace a vodní toky, dále pak jedna polygonová vrstva využití půdy klasifikovaná do následujících osmi kategorií:

- les,
- louka, pastvina,
- orná půda, ostatní,
- vinice,
- ovocný sad, zahrada,
- okrasná zahrada, park,
- zastavěné území,
- vodní plocha.

2.1.1 II. vojenské mapování

Data pro období II. vojenského mapování byla získána digitalizací na podkladu webové mapové služby (WMS) Národního geoportálu INSPIRE verze 1.0. Digitalizace probíhala v prostředí ArcGIS přímo v datovém formátu SHP. Mapy II. vojenského mapování byly pořizovány v letech 1836 – 1852 v měřítku 1 : 28 800 a jsou ve vlastnictví Austrian State Archive/Military Archive, Vienna. Legenda k těmto mapám je dostupná online na stránkách <http://projekty.geolab.cz/cd/klic2.htm>.

2.1.2 50. léta 20. století

Vstupní vrstvy pro období 50. let 20. století byly pořízeny digitalizací černobílých leteckých snímků ze serveru <http://kontaminace.cenia.cz/> (historická ortofotomapa © CENIA 2010; podkladové letecké snímky poskytl VGHMÚř Dobruška, © MO ČR 2009). Jedná se o snímky pořízené v letech 1950 – 1953. Tyto snímky bohužel nejsou k dispozici jako WMS služba, proto byly postupně ukládány jako obrázky a do prostředí ArcGIS vkládány a rektifikovány ručně. Rektifikace byla provedena podle SHP současného stavu.

2.1.3 Současnost

Většina vybraného území pro analýzu současného stavu byla získána z archivu Správy CHKO Bílé Karpaty. Tato data sice byla získána ve formátu SHP, původně však byla pořizována v prostředí CAD, a proto musela být místy opravena topologie. Zbývající území bylo digitalizováno podle leteckých snímků WMS Národního geoportálu INSPIRE verze 1.0 pořízených v letech 2008 – 2009, dodávaných společností GEODIS Brno. Podle této WMS služby byla kontrolována také geometrie dat získaných z archivu, jelikož tato

data byla pořizována již na konci 90. let 20. století. Vrstva vodních toků byla získána z Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka.

2.2 Použité programy

Digitalizace, úpravy a zpracování vstupních dat probíhaly v prostředí ArcGIS 10 a ArcView GIS 3.2 od společnosti ESRI (Environmental Systems Research Institute). Pro následné výpočty bylo využito extenzí V-LATE a Patch Analyst 4 pro ArcGIS 10 a aplikace FRAGSTATS 3.3. Zpracování a vizualizace výsledků probíhala v aplikacích kancelářského balíku Microsoft Office.

2.3 Vymezení zájmového území

Na území České republiky bylo odborníky (řešiteli projektu Syntéza poznatků o stavu biodiverzity travních porostů v CHKO Bílé Karpaty s cílem vytvoření metodiky pro zachování biodiverzity tohoto ekosystému – Ústav botaniky a zoologie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity) vybráno 68 stepních lokalit v panonské oblasti. Kolem těchto bodů byla vytvořena obalová zóna (tzv. buffer) do vzdálenosti 5 km. Tato hodnota byla stanovena odborným odhadem (Chytrý, Otýpková, orig.). Tím bylo vymezeno území o rozloze 1 890 km², které je znázorněno v příloze 1.

Step je označení pro travnaté oblasti mírného pásu. Panonská oblast (*Pannonicum*) je fytogeografická oblast ve střední Evropě se subkontinentálním podnebím a poměrně suchomilnou a teplomilnou vegetací. Rozkládá se ve Velké a Malé uherské nížině a v přilehlých okrcích jižní Moravy a Slovenska. Dříve byly za enklávu panonské oblasti považovány i střední a severozápadní Čechy. V těchto oblastech jsou četné teplomilné doubravy a smíšené habrové lesy, s ostrůvky nelesní vegetace – teplomilnými trávničky na slunných svazích a slanomilnými trávničky na trvale zamokřených plochách. Rozmanitá květena často obsahuje druhy původem z okolí Černého či Středozemního moře (Vševěd, © 2005–2011).

2.4 Postup zpracování

Po vymezení zájmového území následovala příprava prostorových dat pro jednotlivá časová období, jak bylo popsáno v kapitole 2.1. Aby byla zachována lepší časová kontinuita dat, byla snaha získat podklady i pro období počátku 20. století. Z této doby ale bohužel neexistují podklady pro celé zájmové území a v dostatečném měřítku tak, aby se z nich daly vytvořit vrstvy využití půdy. Zároveň byla daná problematika studována z odborných publikací a článků.

Po této, časově velmi náročné, přípravné fázi došlo k vyhodnocení vstupních vrstev pomocí extenzí V-LATE a Patch Analyst 4 pro ArcGIS 10 a aplikace FRAGSTATS. Tyto programové prostředky počítají indexy týkající se struktury krajiny založené na obvodu a ploše jednotlivých fragmentů území ale také jejich rozmanitost na základě

využití půdy. Hodnoty byly počítány pro každé ze tří časových období a následně byly mezi sebou porovnány.

Z extenze V-LATE (*Vector-based Landscape Analysis Tools Extension*) bylo využito nástrojů *Form Analysis* (analýza tvaru) a *Diversity Analysis* (analýza rozmanitosti). *Form Analysis* počítá pro celou polygonovou vrstvu i pro každou z kategorií využití půdy celkový počet plošek, průměrný tvar plošky, průměrný poměr obvod-rozloha a průměrnou fraktální dimenzi. *Diversity Analysis* počítá absolutní a relativní hodnotu bohatství (na vybrané druhy využití krajiny), Shannonův index rozmanitosti, Shannonův index rovnováhy a nadřazenosti.

Z extenze Patch Analyst bylo využito nástroje *Spatial Statistics* (prostorové statistiky), který umožňuje výpočet rozlohy plošek jednotlivých tříd, počet plošek, průměrnou velikost plošky, medián velikosti plošky, koeficient variance velikosti plošky, směrodatnou odchylku velikosti plošky, celkový počet okrajů, hustotu okrajů, průměrný okraj plošky, průměrný tvar plošky, vážený průměr tvaru plošky v závislosti na rozloze, průměrný poměr obvod-rozloha, průměrná fraktální dimenze plošky, vážený průměr fraktální dimenze plošky v závislosti na rozloze, Shannonův index diverzity a Shannonův index rovnováhy.

Pro výpočet indexu celkového kontrastu hran v krajině byla použita aplikace FRAGSTATS 3.3, která zpracovává rastrová data. Vstupní data tedy musela být převedena do rastrového formátu, kdy bylo třeba zvolit vhodnou velikost pixlu a zároveň neopomenout důležitost vodních toků a komunikací, které by se při převodu na rastr mohly ztratit. Pro výpočet indexu celkového kontrastu hran v krajině bylo také třeba vhodně určit hodnoty rozdílnosti mezi jednotlivými kategoriemi využití půdy.

Po vypočítání všech vybraných krajinně-ekologických indexů bylo třeba zpracovat výstupní soubory z programových prostředků do srozumitelné formy. Závěrečnou fází bylo hodnocení naměřených hodnot a jejich analýza v čase.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Podle Forman a Godron (1993) definujeme **krajinu** jako heterogenní území tvořené shlukem vzájemně se ovlivňujících ekosystémů, které se v drobných obměnách opakují. Rozsah je většinou několik kilometrů v průměru a větší.

Struktura krajiny je utvářena geomorfologickými procesy, osidlováním jednotlivými organismy a soustavou rušivých činitelů, působících na ekosystémy v krajině. Jsou jí vyjádřeny prostorové vztahy mezi zastoupenými ekosystémy či krajinnými složkami. Struktura krajiny závisí na rozložení energie, látek a druhů organismů ve vztahu k velikosti, tvaru, počtu, druhu a prostorovému uspořádání ekosystémů (Forman, Godron, 1993). Podle Mimry (1995) určuje strukturu krajiny ekologický typ, rozloha, tvar, původ a vnitřní heterogenita (jakožto individuální parametry), heterogenita, počet a konfigurace (jakožto parametry skupinové) stavebních součástí krajiny.

Analýzou struktury krajiny tedy zjišťujeme vzájemný poměr a uspořádání stavebních součástí krajiny a charakter vztahů mezi nimi. Složitost struktur je rozmanitá jak v přírodní, tak v kulturní krajině, je proto základní rozlišovací a definiční vlastností každé krajiny. Struktura krajiny je jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících biodiverzitu, je tedy ukazatelem ekologické hodnoty krajiny a jejího bohatství. Při analýze struktury je podstatná jak prostorová a funkční stránka krajiny, tak její vývoj v čase. Tím se zabývá zejména krajinná ekologie. Středem jejího zájmu je charakter rozšíření krajinných složek a ekosystémů, dále toky živočichů, rostlin, energie, minerálních živin a vody mezi krajinnými složkami a také ekologické změny v krajinné mozaice v čase (Forman, Godron, 1993).

Charakteristikou prostorové struktury je **diverzita** krajiny, která souvisí s heterogenitou a kontrastností. Krajinné typy s vysokou heterogenitou a kontrastností se zároveň vyznačují vnitřní diverzitou. Pod pojmem „diverzita krajiny“ rozumíme rozmanitost krajinných složek a prvků na jakékoliv hierarchické úrovni (Klementová, 2005).

Další z charakteristik struktury krajiny je **konektivita** (spojitost). Ta vyjadřuje propojenost jednotlivých prvků v krajině, často formou koridorů. Opakem této konektivity je **izolovanost**, která vyjadřuje stupeň fragmentace krajiny. Izolovanost způsobují krajinné prvky s bariérovým efektem, které v intenzivně využívané krajině izolují některé prvky (Klementová, 2005).

Jelikož vycházíme z toho, že krajina je soubor ekosystémů, můžeme ji dělit na jednotlivé krajinné složky. Krajinné složky jsou obvykle rozeznatelné na leteckých snímcích, jejich rozměry se pohybují od desítek metrů po kilometry a jsou dobře ohraničené. Příkladem krajinných složek naší kulturní krajiny je les, pole, silnice, rybník nebo louka. Krajinné složky se ještě dělí na menší a více homogenní jednotky. To jsou krajinné tesery, nejmenší strukturální jednotky, které jsou ještě viditelné v prostorovém

měřítku krajiny. Příkladem jsou pole různých plodin nebo fenologických fází, lesní mýtina, homogenní lesní porost stejného věku a skladby, dům apod. (Lipský, 1998).

S jiným pojetím přichází Zonneveld (1995), který používá pojem krajinná jednotka (land unit) jako základní koncept krajinné ekologie. Krajinná jednotka je úsek zemského povrchu, který je v daném měřítku relativně ekologicky homogenní. Krajinné jednotky mohou být vymezeny a rozlišeny na libovolných úrovních, existuje tedy hierarchie krajinných jednotek (Lipský, 1998).

Krajinná ekologie v současné době rozlišuje skladebné součásti krajiny – krajinné složky nebo elementy – podle prostorově funkčních kritérií na tři základní kategorie:

- krajinné plošky neboli enklávy (*patches*),
- krajinné koridory (*corridors*),
- krajinné matrice (*matrixs*).

Krajinná ploška (enkláva) se v krajině vymezuje jako nelineární plošná část povrchu, která se vzhledem nápadně liší od svého okolí. Plošky se vyznačují velkou rozmanitostí co do své velikosti, tvaru, původu, ostrosti hranic (kontrastu), stáří a dynamiky vývoje. Může jít o relativně jednoduché i značně složité, abiotické i biotické útvary v krajině. Krajinné plošky se na pozadí krajinné matrice obvykle nápadně odlišují a dobře interpretují na leteckých snímcích (Lipský, 1998).

Základními charakteristikami krajinných plošek jsou původ (příčina vzniku), velikost a tvar, dále jejich počet a uspořádání v krajinné mozaice. Podle příčiny vzniku je rozlišováno pět typů plošek: plošky vzniklé narušením, zbytkové plošky, plošky zdrojů prostředí, obdělávané plošky a sídla. Plošky zdrojů prostředí jsou poměrně stálé, ale ostatní typy plošek se, pokud jde o stálost, liší podle toho, je-li příčinný rušivý vliv jednorázový nebo trvalý. Velikost plošek je nejdůležitější proměnnou, která ovlivňuje biomasu, produkci a zásobu živin na jednotku plochy, stejně jako druhové složení a diverzita. Zdá se však, že druhovou diverzitu plošek určují hlavně diverzita stanovišť a režim narušení. Velký význam má v krajině také tvar plošek, zejména z hlediska okrajového efektu. Okrajová část plošky se totiž podstatně liší od vnitřního prostředí – je zde jiné druhové složení a počet druhů organismů (Forman, Godron, 1993).

Krajinné koridory vznikají podobným způsobem jako plošky, jejich základní charakteristikou je však výrazně protáhlý až lineární tvar a jejich propojenost nebo přítomnost mezer. Mezi jejich nejdůležitější funkce patří:

- umožnění a usměrnění pohybu ekologických objektů v krajině,
- bariérový, případně selektivně bariérový účinek,
- propojení krajinných plošek,
- působení na okolní matici, od níž se koridor výrazně odlišuje,
- poskytnutí útočiště, případně i trvalých existenčních podmínek některým druhům bioty.

Podle prostorově funkčních hledisek se dle Lipského (1998) rozlišují tři základní typy koridorů: liniové (úzké koridory bez vnitřního prostředí; např. silnice, meze, živé ploty,

meliorační kanály, rozhraní pozemků), pásové (širší pruhy s vlastním vnitřním prostředím, bývají méně časté než liniové; např. široké pruhy pro vedení vysokého napětí) a proudové (podél vodních toků; různé široký pás tzv. poříční zóny může zahrnovat vodní tok, údolní nivu, břehové porosty i zalesněné údolní svahy, osou pásu je vodní tok).

Krajinná matrice hraje dominantní roli v dynamice celé krajiny, to znamená v tocích energie, materiálu a organismů. Má větší relativní plochu než jakýkoli typ krajinné složky v ní se nacházející a je prostorově nejpropojenějším typem krajinné složky. Často se matrice zjednodušeně považuje za homogenní, ale v jejím rámci lze obvykle rozlišit určité ekologicky diferencované plochy a elementy (např. v rámci lesní matrice různé věkové stupně lesa, různé stanovištní podmínky a druhové složení). V některých případech je matrice zjednodušeně chápána jako prostor obklopující krajinnou plošku (Mimra, 1995).

Fragmentace krajiny je proces, během něhož je rozlehlé stanoviště děleno na řadu menších částí. Jednotlivé fragmenty pak od sebe oddělují méně hodnotné plochy, které mají často charakter bariéry pro některé organizmy. Zvyšování krajinné heterogenity tedy může ohrožovat existenci některých druhů, dochází k redukci migračního a kolonizačního potenciálu krajiny, ke zvýšení náchylnosti částí krajiny k invazím nepůvodních druhů, ke zmenšení loveckých možností místních druhů a ke genetickým problémům malých populací, čímž klesá populační hustota, až může dojít k vyhynutí druhu. V důsledku výstavby abiotických bariér (dálnic, železnic, plotů) také dochází k izolaci populací. Problémem, kterým se nyní odborníci zabývají, je kvantitativní vyjádření fragmentace krajiny a její rozmanitosti.

H. Li a J. F. Reynolds (1994) ve studii *A simulation experiment to quantify spatial heterogeneity in categorical maps* definují prostorovou heterogenitu na základě pěti komponent: počet typů plošek (tříd využití půdy), míra každého typu, prostorové uspořádání, tvar plošky a kontrast mezi sousedními ploškami. Autoři zde také vysvětlují čtyři vybrané ukazatele prostorové heterogenity, jimiž jsou:

- fraktální dimenze (*fractal dimension*) – podle plochy a obvodu jednotlivých plošek určuje nepravidelnost tvaru plošky v krajině,
- index nákazy (*relative contagion index*) – udává rozsah, v jakém jsou plošky stejného typu shlukovány, tedy jejich prostorové uspořádání; měl by také reagovat na počet typů plošek a jejich poměry v krajině,
- index vyrovnanosti (*Romme's relative evenness index*) – se počítá na základě pravděpodobnosti, že náhodně vybraný pixel patří danému typu plošky, závisí tedy také na počtu typů plošek a jejich poměrech v krajině,
- index ploškovitosti (*Romme's relative patchiness index*) – na základě matice rozdílnosti jednotlivých typů plošek (podle využití krajiny) měří kontrast mezi sousedními ploškami v krajinné mozaice.

Výsledky jejich experimentů ukázaly, že každá definice prostorové heterogenity je silně závislá na základních proměnných a použitých metodách, že existují značné

interakce mezi výše vyjmenovanými komponenty prostorové heterogenity a že některé indexy silně korelují. Všechny metody měření je tedy třeba posuzovat podle území se známými charakteristikami prostorové heterogenity. Kvantitativní pochopení prostorové heterogenity však může pomoci určit její roli ve funkcích a procesích krajiny, včetně šíření poruch. Díky kvantifikaci se také dají porovnávat různá území.

Jeden z autorů, Habin Li, se problematice věnoval už v roce 1989 ve své dizertační práci s názvem *Spatio-temporal Pattern Analysis of Managed Forest Landscapes: A Simulation Approach*. Z této práce byly čerpány informace ohledně indexu ploškovitosti a matic rozdílnosti. Pro výpočet ploškovitosti se dá použít i *Lloyd's Index of Patchiness*, který je počítán v případové studii *Case Study #2: Lloyd's Index of Patchiness* autorů Xiao, Hao, Subbarao (1997) v programu R. Vztah mezi prostorovými či funkčními změnami v krajině a dílčím indexem ploškovitosti na loukách a pastvinách popsali Gao a Yang (1997) v článku *A relationship between spatial processes and a partial patchiness index in a grassland landscape*. Odvozený lineární vztah aplikovali na jednom hektaru sledované pastviny v severovýchodní Číně.

S. Kumar, T. J. Stohlgren a G. W. Chong (2006) ve studii *Spatial heterogeneity influences native and nonnative plant species richness* určují heterogenitu krajiny Rocky Mountains National Park v Coloradu, USA, pomocí krajinných metrik s využitím aplikace FRAGSTATS. Specializují se na různorodost vegetace, tou je však velmi ovlivněn také výskyt ptactva a jiných živočišných druhů. Řeší zde tedy, jakou roli hraje prostorová heterogenita v rozmístění druhů rostlin, jestli jsou výsledky jiné pro původní a nepůvodní druhy rostlin a jaký vliv má na výsledky změna ve vybraném území či změna na jiné úrovni ekologické hierarchie (v krajině, v kategorii využití půdy, ve společenství).

Vlivu fragmentace krajinných složek na vegetaci ve středním Texasu se věnovali Alofs, Fowler (2007) ve studii *The effects of habitat fragmentation on herbaceous plant diversity in Central Texas*. Článek autorů Ahlqvist a Shortridge (2010) *Spatial and semantic dimensions of landscape heterogeneity* se zabývá prostorovou heterogenitou a její kvantifikací pomocí aplikace FRAGSTATS. Metzger a Muller (1996) se zabývali metodami pro charakteristiku složitosti hran v krajině pomocí dálkového průzkumu Země ve studii *Characterizing the complexity of landscape boundaries by remote sensing*.

Analýzu struktury krajiny v čase na současném území vesnice Naubinway v Michiganu, USA, prováděl v roce 2002 H. R. Delcourt. Analyzované území porovnával v obdobích kolem let 1890 (před osídlením Evropany) a 1980. Kromě výpočtu krajinně-ekologických indexů se věnoval také zjišťováním příčin změn ve využití půdy a druhů vegetace v porovnání s tematickými mapami typů půd a rušivých vlivů (mezi které jsou zahrnuty např. velké požáry).

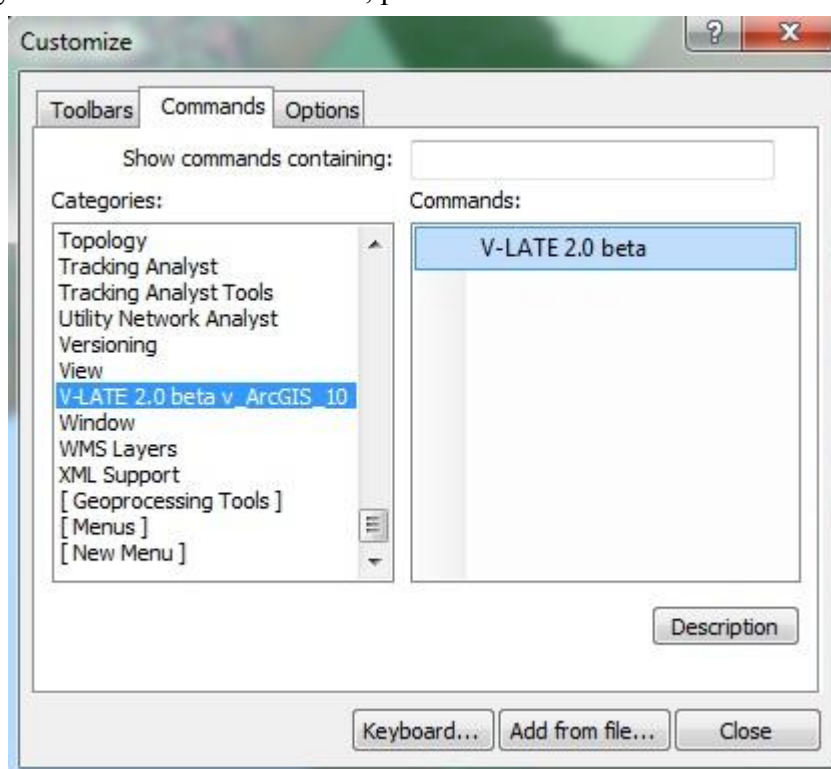
Na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci se problematikou analýz struktury krajiny zabývaly Kateřina Pavková (2008) v bakalářské práci *Toolbox pro analýzu struktury krajiny* StraKa a Eva Alková (2008) v bakalářské práci *Ekologické a ekonomické zhodnocení aktuálního využití země v povodí Trkmanky*.

4 VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ

4.1 V-LATE

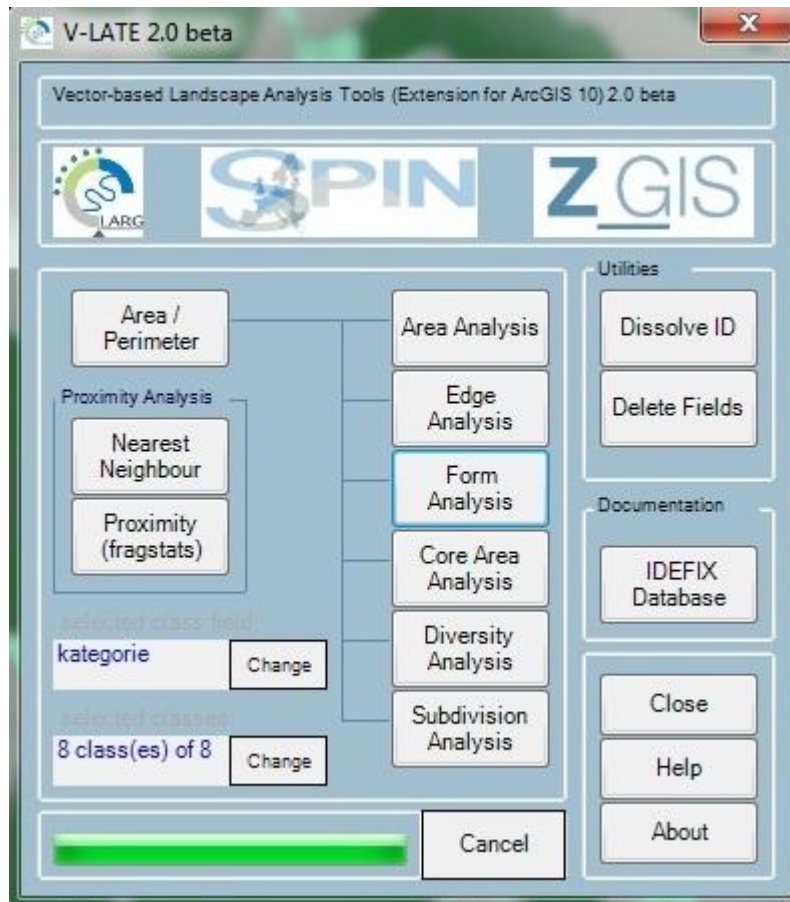
V-LATE (*Vector-based Landscape Analysis Tools Extension*) je vektorově založená extenze pro analýzu krajiny. Pomocí této extenze lze počítat základní sadu nejpoužívanějších krajinně-ekologických indexů, zejména pro výzkumy v oblasti struktury krajiny. Extenze V-LATE se vyvíjí od roku 2004 na Salcburské univerzitě v Rakousku a je volně ke stažení na adrese <http://www.geo.sbg.ac.at/larg/vlate.htm> (Tiede et al., 2010). V této práci byla použita verze V-LATE 2.0 beta pro ArcGIS 10.

Po stažení a rozbalení instalačního balíku souborů je třeba extenzi implementovat do prostředí ArcGIS. To se provede v ArcGIS přes položku *Customize Mode* v menu *Customize*. V dialogovém okně, které se tímto otevře (viz obr. 1), se pod záložkou *Commands* přes *Add from file* zvolí cesta k souboru „V_LATE_2beta_argis10.tlb“. Posledním krokem instalace je vybrání „V-LATE 2.0 beta v_ArcGIS_10“ z nabídky v sekci *Categories*, tím se ve vedlejším sloupci objeví položka „V-LATE 2.0 beta“ a tu je třeba myší přetáhnout mezi ostatní položky menu prostředí ArcGIS. Celý tento postup je podrobně vysvětlen v textovém souboru, přibaleném v instalačním balíku souborů.



Obr. 1 Dialogové okno *Customize* v prostředí ArcGIS.

Jako vstupní data do extenze jsou podporovány pouze polygonové vrstvy ve formátu ESRI shapefile. V-LATE nedokáže pracovat s rastry nebo s třídami prvků z geodatabází. Extenze je aktivní, pouze pokud je do ArcMap nahrána polygonová vrstva a je vybrána myší. Také je třeba mít nastaveny mapové a zobrazovací jednotky na metry. Projekce on-the-fly zatím není extenzí V-LATE podporována, pracuje pouze s projektovanými daty.



Obr. 2 Grafické rozhraní extenze V-LATE.

Na obr. 2 je vidět rozdělení počítaných krajinně-ekologických indexů do šesti kategorií: *Area Analysis* (analýza rozlohy), *Edge Analysis* (analýza okrajů), *Form Analysis* (analýza tvaru), *Core Area Analysis* (analýza jádrových oblastí), *Diversity Analysis* (analýza rozmanitosti) a *Subdivision Analysis* (analýza druhotného dělení).

Před vlastním použitím této extenze bylo třeba připravit si polygonové vrstvy pro vstup do analýzy. Již v kapitole 2.1 byla vysvětlena příprava jednotlivých vrstev pro každé ze tří časových období. Pro analýzu pomocí extenze V-LATE byla polygonová vrstva využití půdy „rozsekána“ liniemi vodních toků a komunikací. To bylo provedeno tím způsobem, že byla původní polygonová vrstva převedena na liniovou, aby se do ní mohly nakopírovat linie vodních toků a komunikací a poté byla převedena pomocí nástroje *Feature to Polygon* zpět na polygony s přiřazením atributů využití půdy z původní polygonové vrstvy. Tato úprava proběhla jak pro vrstvy z období II. vojenského mapování, tak pro vrstvy z 50. let 20. století a ze současnosti. Připraveny byly tedy tři polygonové vrstvy využití půdy, které pak postupně vstupovaly do zpracování extenzí V-LATE. Pro potřeby bakalářské práce bylo využito dvou z výše jmenovaných kategorií výpočtů této extenze, a to *Form Analysis* a *Diversity Analysis*.

Prvním krokem před provedením analýzy samotné byl výpočet či aktualizace geometrických funkcí pomocí interního tlačítka *Area / Perimeter* (viz obr. 2), které počítá pro každou plošku rozlohu a obvod. Pokud tyto hodnoty ještě počítány nebyly, přidají se

do atributové tabulky vybrané vrstvy, pokud už tabulka atributy rozlohy a obvodu plošky obsahuje, jejich pole se aktualizují. Dále bylo třeba vybrat atribut vstupní polygonové vrstvy, ve kterém jsou vypsány kategorie využití půdy, a zvolit, pro které z těchto kategorií se mají indexy počítat. V tomto případě bylo zvoleno všech osm kategorií (les; louka, pastvina; orná půda, ostatní; vinice; ovocný sad, zahrada; okrasná zahrada, park; zastavěné území; vodní plocha). Jelikož byly zpracovávány polygonové vrstvy o velké rozloze a velkém počtu plošek, některé výpočty zabraly více než hodinu času.

Výsledky výpočtů se zobrazují v novém okně, jehož příklad je ukázán na obrázku 3. Výstupní tabulky napočítaných hodnot se dají vyexportovat ve formátu textového souboru s příponou *.txt. Výsledky výpočtů této extenze jsou popsány v kapitole 5.1 a v neupravené podobě jsou do práce vloženy v příloze 2.

The screenshot shows the 'Diversity Analysis' window. At the top, the 'Layer name' is 'll_voj_landuse_rozsek_atrib'. Under 'Landscape level', the following metrics are displayed in input fields: Richness (8), Potential Richness (8), Rel. Richness (%) (100,00), Shannon's Diversity (1,264), Shannon's Evenness (0,608), and Dominance (0,815). Under 'Class level', a table is shown with the following data:

Class	NP	CA	Proportion
intravilan	2489	21283184,72	1,13
les	3866	441085687,84	23,32
louka	8936	374640200,86	19,81
omapudaostatni	8687	949606529,79	50,21
ovocnysadzahrada	2045	24845505,97	1,31
vinice	671	69522794,00	3,68
vodniplocha	233	9496194,07	0,50
okrasnazhradapark	45	634024,66	0,03

At the bottom of the window, there are three buttons: 'Save results of landscape level', 'Save results of class level', and 'Close'.

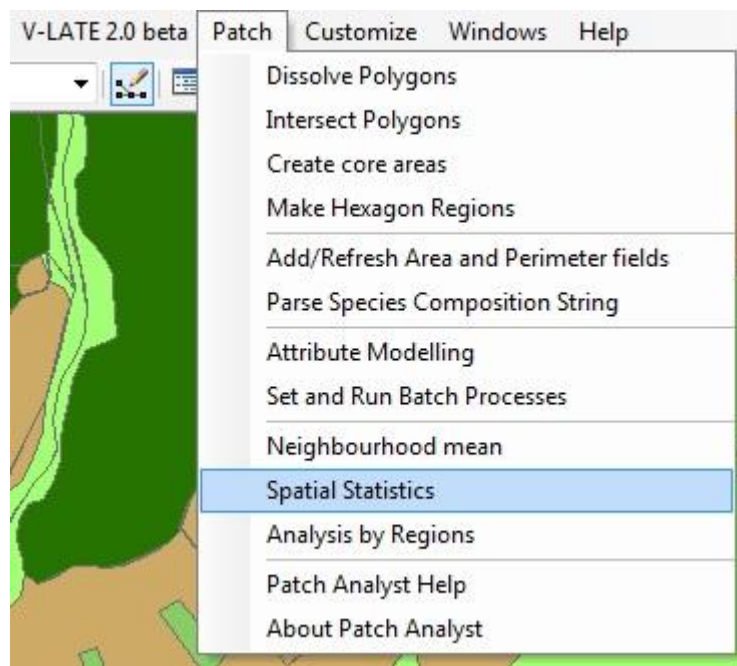
Obr. 3 Výstup výpočtů skupiny *Diversity Analysis* z extenze V-LATE.

4.2 Patch Analyst

Patch Analyst je extenze pro ArcGIS, která je dostupná ve dvou variantách. Jednou z nich je Patch Analyst, který pracuje s vektorovými daty, druhou možností je pak Patch Grid pro rastrové vrstvy. Extenze slouží k prostorovým analýzám krajiny, zjišťuje rozmanitost využití půdy, tím i možnou biodiverzitu a často se využívá pro plánování v lesnictví.

Patch Analyst byl vyvinut za podpory Ontario Ministry of Natural Resources a je volně dostupný na internetových stránkách kanadské univerzity Lakehead z adresy <http://flash.lakeheadu.ca/~rrempe/patch> (Rempel, Carr, Kaukinen, 2008). Tato extenze byla programována v prostředí Visual Basic a ve výpočtech vychází z aplikace FRAGSTATS, o které se bude více v kapitole 4.3.

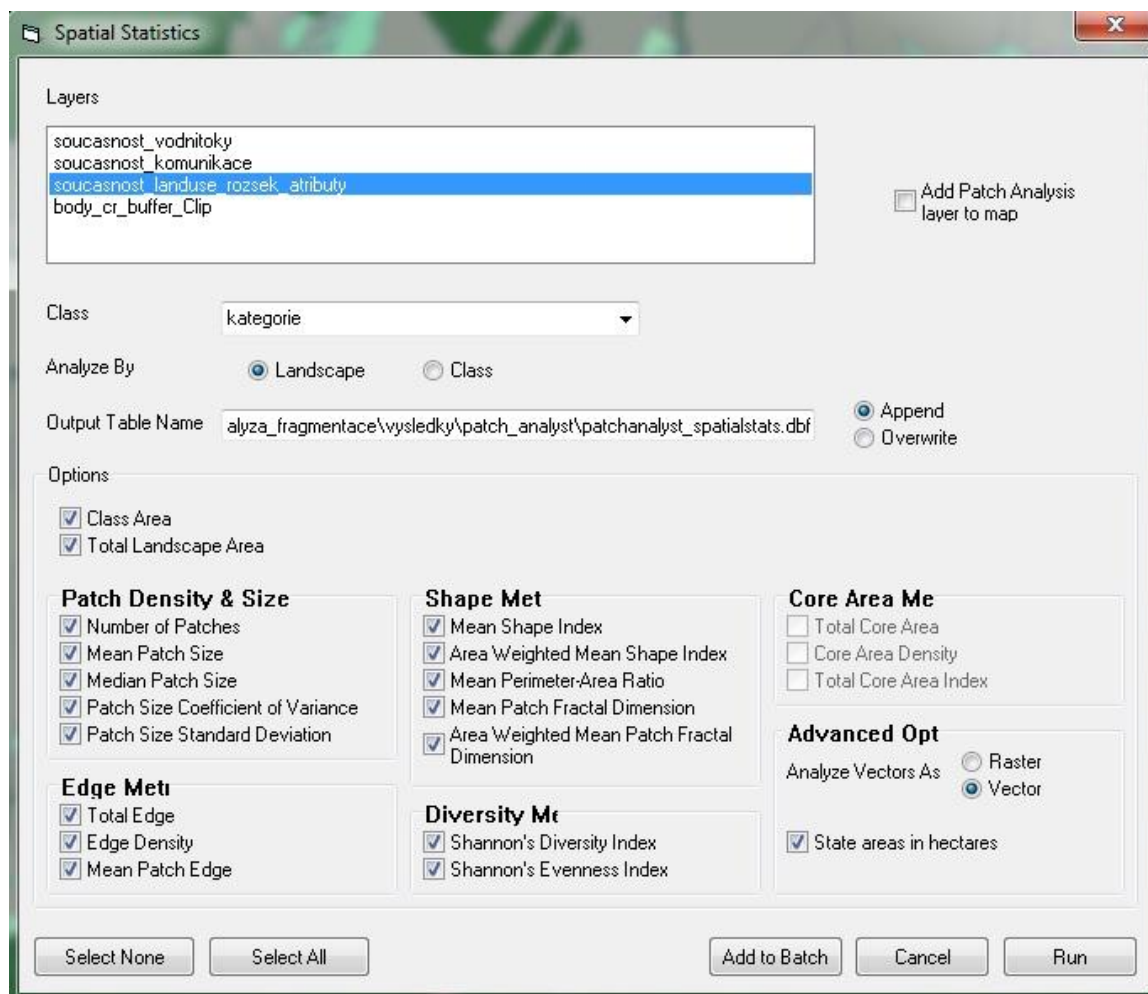
V této práci byl použit Patch Analyst 4.2.10 z roku 2009. Po přidání této extenze do prostředí ArcGIS (postupuje se obdobně jako při implementaci extenze V-LATE) je v menu položka Patch, z jejíž nabídky možností byla využita skupina výpočtů *Spatial Statistics* (prostorové statistiky).



Obr. 4 Nabídka možností z menu extenze Patch Analyst.

Jako vstupní data byly použity stejné vrstvy, jako u extenze V-LATE, opět se tedy pracovalo s vektorovými polygonovými vrstvami využití půdy. Na obrázku číslo 5 je zobrazeno dialogové okno skupiny výpočtů *Spatial Statistics*. Zde je nejprve třeba vybrat vrstvu, nad kterou budou analýzy provedeny, následuje výběr atributu (v našem případě kategorie), ve kterém je rozlišeno využití půdy, a určení výstupního souboru. Před spuštěním běhu programu je ještě třeba zvolit, zda chceme vybrané výpočty provádět pro celé území nebo zvlášť pro každou kategorii využití půdy. Indexy zjišťující hustotu a velikost plošek (*Patch Density & Size*), vlastnosti jejich tvaru (*Shape Metrics*) a okrajů (*Edge Metrics*) se dají počítat v obou zvolených případech, zato indexy rozmanitosti

(*Diversity Metrics*) jsou povoleny jen při analýzách celého území, protože v rámci kategorie by jejich zjišťování pozbývalo smyslu. Další skupinou výpočtů jsou indexy jádrových oblastí (*Core Area Metrics*), které jsou však dostupné pouze pokud je v extenzi Patch Analyst předem vytvořena zvláštní vrstva těchto oblastí. Charakteristika jádrových oblastí však nebyla předmětem této bakalářské práce, proto nebude zahrnuta do výsledků.

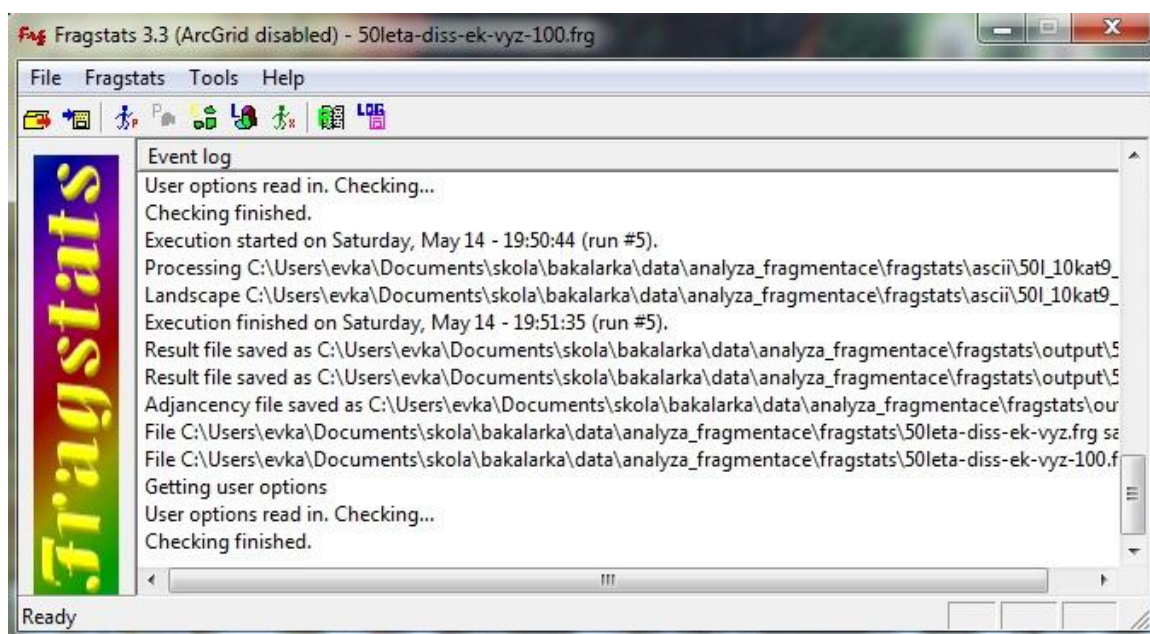


Obr. 5 Dialogové okno Spatial Statistics extenze Patch Analyst.

Výstupem z extenze je tabulka vypočítaných hodnot indexů ve formátu DBF (*DataBase File*). Při nastavení již existující tabulky jako výstupního souboru se dá zvolit, jestli mají být nové záznamy přidány za záznamy stávající, nebo zda mají být hodnoty přepsány. Po skončení běhu programu se tabulka neotevře sama, je tedy třeba ji vyhledat v adresáři. V příloze 3 je k vidění výsledná tabulka v kompletní, neupravené podobě.

4.3 FRAGSTATS

FRAGSTATS je program pro analýzu prostorové struktury krajiny, který umožňuje výpočet široké škály krajinných indexů. Původní program (verze 2) byl zveřejněn během roku 1995 a brzy se velice proslavil mezi odborníky. Programovali ho Dr. Kevin McGarigal a Barbara Marks z Oregonské státní univerzity. Kompletně byl pak předělán v roce 2002, kdy vznikla verze 3.3. Ta byla použita i v této práci. Získat se dá z internetové adresy <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>, kde je pod odkazem *Download* k dispozici instalační balíček *fragstats.zip*. Po stažení a rozbalení této složky se instalace zahájí dvojklikem na soubor *setup.exe* a dále se postupuje podle instrukcí. Po nainstalování se aplikace otevírá dvojklikem na soubor *Fragstats.exe*. FRAGSTATS umí pracovat s datovým formátem ArcGrid, protože je třeba aplikaci propojit s knihovnamy programových prostředků ArcView GIS či ArcGIS. To ale není v této práci zapotřebí.

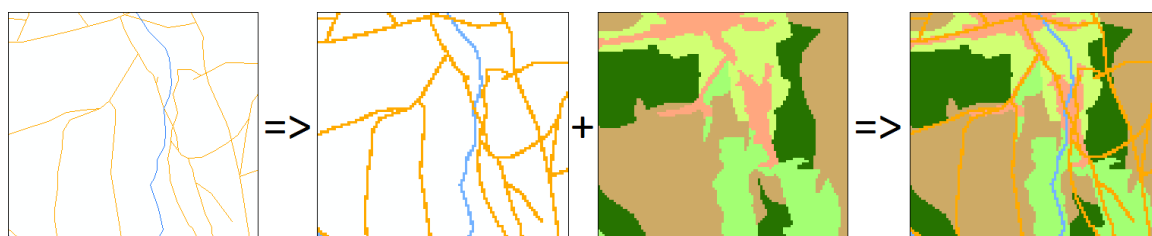


Obr. 6 Grafické rozhraní aplikace FRAGSTATS 3.3.

Přestože předchozí verze dokázaly pracovat i s vektorem, FRAGSTATS 3.3 přijímá jako vstupní data pouze rastrové formáty. Vstupní vrstvy, které byly doposud využívány ve vektorovém formátu, tedy musely být převedeny na rastr. Jelikož byla vstupní data pořizována v měřítku 1 : 10 000, byla, po konzultaci s vedoucím práce, stanovena velikost pixlu v rastrové mřížce na 10 m.

Vrstva využití půdy pro každé časové období (celkem tedy tři) byla na rastr převedena pomocí nástroje *Polygon to Raster* v prostředí ArcGIS, kde jako hodnota pixlu byla zvolena kategorie využití půdy. Tímto převodem se ale z krajinné mozaiky ztratily hrany tvořené vodními toky a komunikacemi, které mají ve vektorovém formátu nulovou šířku. Jelikož jsou tyto liniové prvky ve struktuře krajiny velmi důležitým činitelem fragmentace, bylo třeba je zahrnout i do rastrového formátu.

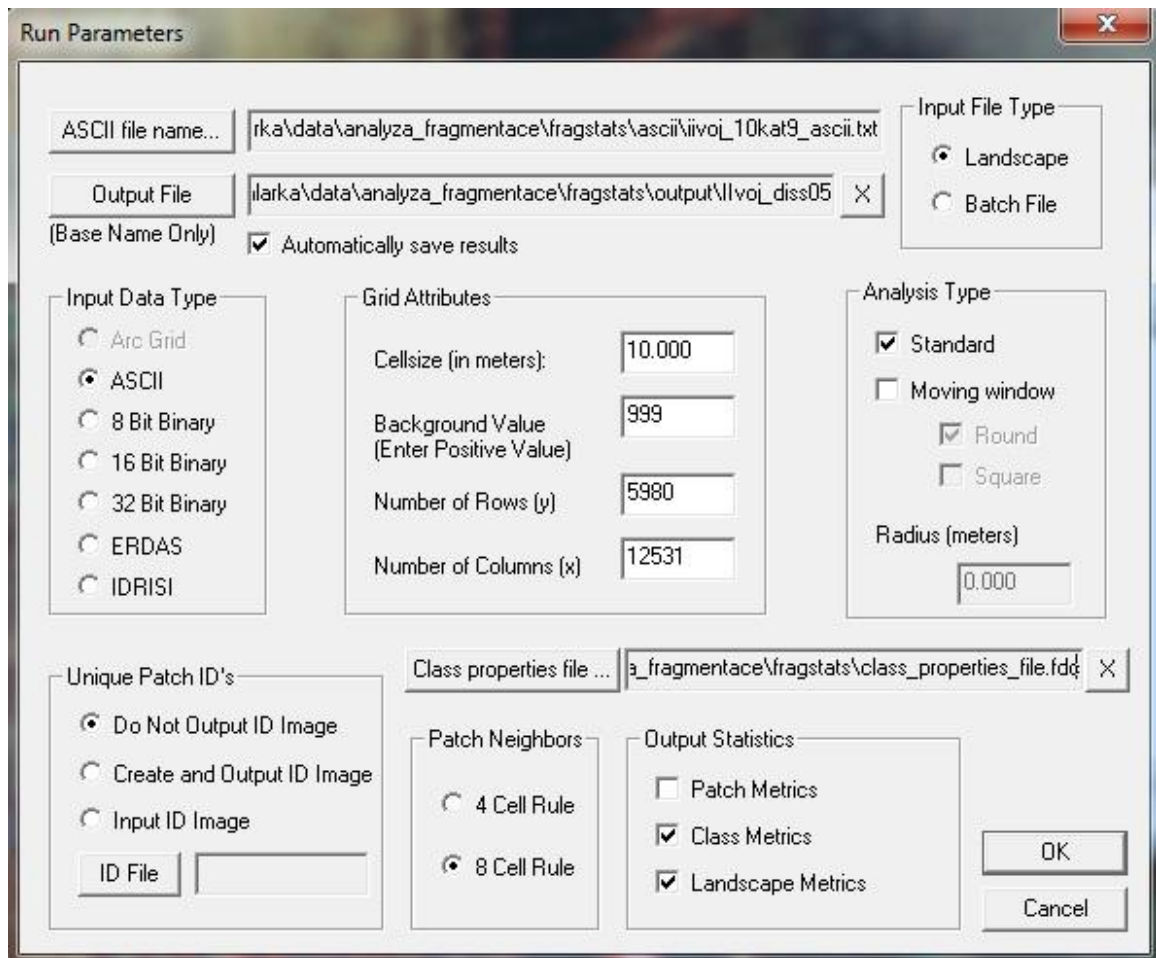
Nejprve byly nad liniovými vrstvami vytvořeny obalové zóny, a to pro vodní toky ve vzdálenosti do 0,5 m (průměr vodního toku byl tedy stanoven na 1 m) a kolem komunikací do vzdálenosti 1 m. Následně byly tyto dvě vrstvy obalových zón spojeny pomocí nástroje *Merge* a nástrojem *Polygon to Raster* převedeny na rastrovou mřížku o velikosti pixlu 10 m. Při tomto převodu byla zvolena metoda *Maximum_Area*, aby byly linie i v rastru spojitě. Při ponechání výchozí metody *Cell_Center* je totiž pixlu přiřazena hodnota polygonu pouze pokud se vstupní polygon nachází pod středem pixlu, a to se v řešené situaci nestane úplně často. Následně bylo třeba přidat vytvořený rastr liniových prvků do již dříve připraveného rastru ploch využití krajiny. To bylo provedeno pomocí mapové algebry tak, že vodním tokům byla reklasifikací přiřazena hodnota 100, komunikacím 1000 a jejich okolí hodnota 1. Takto nachystaným rastrem byl poté vynásoben rastr ploch využití půdy. Hodnoty tohoto rastru se tedy v místě výskytu vodních toků a komunikací zvýšily sto- a tisícinásobně. Do výsledné podoby byl rastr upraven opět pomocí nástroje *Reclassify*. Vodním tokům byla přiřazena stejná hodnota jako vodním plochám, komunikace vytvořily zvláštní kategorii.



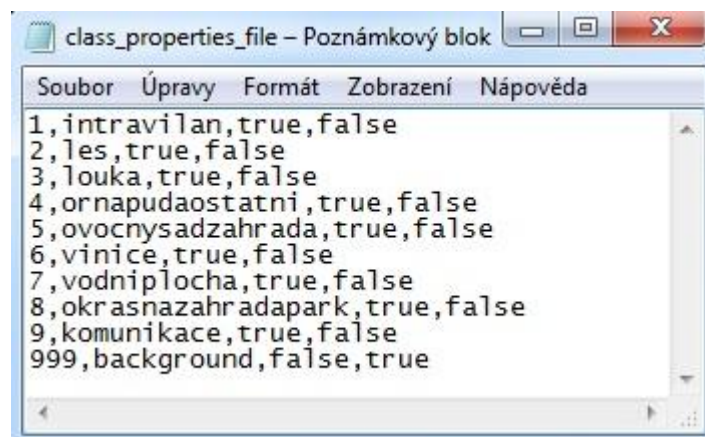
Obr. 7 Schéma převodu vektorových linií na rastr a jejich přidání k rastru využití půdy.

Výsledná rastrová vrstva byla na závěr převedena nástrojem *Raster to ASCII* do ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) formátu, který se dá dobře upravovat a je vhodným vstupem do aplikace FRAGSTATS. Dialogové okno nastavení základních parametrů potřebných pro běh programu je zobrazeno na obrázku 8. Definují se zde vstupní a výstupní data, velikost pixlu, počet řádků a sloupců v rastrové mřížce a hodnota pixelů pozadí. Ta zde musí být kladná, proto je třeba ji ve vstupní vrstvě upravit. ArcGIS totiž neznámým hodnotám rastru automaticky přiřazuje hodnotu -9999. V ASCII souboru však změna této hodnoty vůbec není složitá a na hodnotu 999 ji lze v textovém editoru jednoduše změnit pomocí funkce nahrazování. Výstupní data lze získat ve třech úrovních. Statistiky mohou být prováděny buď pro každou plošku, nebo pro jednotlivé kategorie využití půdy, anebo pro celé vybrané území. Pro každou z těchto úrovní se potom musí zvlášť vybrat indexy, které mají být počítány.

Do programu je vhodné nahrát i soubor vlastností kategorií (viz obr. 9). Jedná se o textový soubor s příponou *.fdc, ve kterém je pro každou kategorii vepsána do řádku její hodnota pixelu v rastru, název, dále pak zda má vstupovat do výpočtů (*true/false*) a zda se jedná o hodnotu pozadí (*true/false*).



Obr. 8 Dialogové okno nastavení parametrů v aplikaci FRAGSTATS 3.3.



Obr. 9 Soubor vlastností kategorií, otevřený v Poznámkovém bloku.

Výstupem z aplikace FRAGSTATS jsou tabulky ve formátu ASCII, uložené s příponami *.patch, *.class, *.land a *.adj. Tyto přípony korespondují se zvolenou úrovní, pro kterou jsou indexy počítány (ploška, kategorie využití půdy, celé území). Soubor s příponou *.adj obsahuje matici přilehlosti, která pro každé dvě kategorie využití půdy udává počet přilehlých pixelů. Kompletní sada výstupů je k dispozici v příloze 4.

4.4 Krajinně-ekologické indexy

V této kapitole je přehled vzorců počítaných extenzemi, vybraných pro potřeby práce. Indexy 4.4.1 až 4.4.8 jsou počítány nad vektorovými daty extenzemi V-LATE a Patch Analyst, index 4.4.9 je počítán aplikací FRAGSTATS a zpracovává rastrovou vstupní vrstvu.

4.4.1 Průměrný tvar plošky

Průměrný tvar plošky, dále jen MSI (*Mean Shape Index*), se rovná jedné, pokud jsou všechny plošky kruhové a jeho hodnota narůstá se zvyšující se nepravidelností tvaru plošky.

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{2\sqrt{\pi a_i}}}{n} \quad (1)$$

Index tvaru je pro jednotlivou plošku získán vydělením jejího obvodu (p) nejmenším možným obvodem při dané rozloze plošky (a), což je obvod kruhu o této rozloze. Abychom získali průměrný tvar plošky, sečteme všechny indexy jednotlivých plošek a vydělíme je celkovým počtem plošek (n) buď ve vybrané kategorii, nebo v celém území (McGarigal et al., 2002).

4.4.2 Průměrný tvar plošky v závislosti na rozloze

Průměrný tvar plošky v závislosti na rozloze je zde označován zkratkou AWMSI (*Area Weighted Mean Shape Index*) a vyjádřen vzorcem 2 (McGarigal et al., 2002). V tomto případě jde o vážený průměr, kde vahou je rozloha dané plošky. To znamená, že čím větší ploška je, tím má její tvar větší vliv na celkový průměrný tvar plošky.

$$AWMSI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{p_i}{2\sqrt{\pi a_i}} \cdot \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \right) \quad (2)$$

4.4.3 Průměrný poměr obvod-rozloha

Průměrný poměr obvod-rozloha, zkráceně MPAR (*Mean Perimeter-Area Ratio*), je také počítán jak pro jednotlivé kategorie využití půdy, tak pro celé území, a udává průměrný poměr obvodu (p) a rozlohy (a) plošky (McGarigal et al., 2002). Neznámá n je zde opět počet plošek, vstupujících do výpočtu.

$$MPAR = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{a_i}}{n} \quad (3)$$

4.4.4 Průměrná fraktální dimenze

Index průměrné fraktální dimenze MFD (*Mean Fractal Dimension*) vyjadřuje tvarovou složitost plošek a nabývá hodnot uzavřeného intervalu od jedné do dvou. Jeho

hodnota se blíží jedné, pokud má obvod plošky jednoduchý tvar, k horní hranici intervalu se hodnota blíží při složitějším tvaru. Index je často používaný, protože odráží složitost tvaru plošky nezávisle na měřítku její velikosti.

$$\text{MFD} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{2 \ln p_i}{\ln a_i}}{n} \quad (4)$$

Výpočet tohoto indexu je vyjádřen vzorcem 4 (McGarigal et al., 2002). Fraktální dimenze se tedy získá tím, že se podělí dvakrát logaritmus obvodu plošky (p) logaritmem rozlohy dané plošky (a). Průměrnou hodnotu pro celou kategorii či celé vybrané území pak získáme součtem těchto fraktálních dimenzí pro každou plošku (i) děleno celkovým počtem plošek (n).

4.4.5 Průměrná fraktální dimenze v závislosti na rozloze

Průměrná fraktální dimenze v závislosti na rozloze, zde zkracována na AWMFD (*Area Weighted Mean Fractal Dimension*), je obdobou předchozího vztahu (rovnice číslo 4), s tím, že jde o vážený průměr (McGarigal et al., 2002). Vahou je zde rozloha plošky, větší plošky mají tedy větší vliv na celkovou průměrnou fraktální dimenzi.

$$\text{AWMFD} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{2 \ln p_i}{\ln a_i} \cdot \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \right) \quad (5)$$

4.4.6 Shannonův index rozmanitosti

Shannonův index rozmanitosti, označovaný SHDI (*Shannon's Diversity Index*), už patří do skupiny výpočtů zjišťujících rozmanitost krajiny. SHDI ji počítá na základě poměru rozloh jednotlivých kategorií využití půdy na celkové rozloze (P – Proportion), jak je zřejmé z rovnice 6 (McGarigal et al., 2002). Index m zde tedy představuje počet kategorií využití půdy na daném území.

$$\text{SHDI} = - \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i) \quad (6)$$

Hodnoty se pohybují od nuly výše, přičemž nulová rozmanitost nastane, pokud se v celém území nachází pouze jedna kategorie (území je homogenní). Čím má index vyšší hodnotu, tím vyšší je na pozorovaném území druhová rozmanitost.

4.4.7 Shannonův index rovnováhy

Shannonův index rovnováhy SHEI (*Shannon's Evenness Index*) se počítá vydělením indexu SHDI logaritmem počtu kategorií v krajině a vyjadřuje rozdělení prostoru mezi jednotlivé druhy využití půdy (McGarigal et al., 2002).

$$\text{SHEI} = \frac{- \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)}{\ln m} \quad (7)$$

Hodnoty se poté pohybují pouze v uzavřeném intervalu od nuly do jedné. SHEI se blíží nule, pokud je rozšíření pozorovaných typů plošek velmi nerovnoměrné, k jedné se hodnoty blíží, pokud je rozšíření jednotlivých kategorií rovnoměrné.

4.4.8 Hustota okrajů

Hustota okrajů, dále jen ED (*Edge Density*), je poměr celkové délky okrajů a celkové rozlohy daného území (McGarigal et al., 2002). Hodnota se v extenzi Patch Analyst násobí 10 000, aby byla vyjádřena v hektarech. Dá se počítat jak pro celé území, tak pro území jednotlivých kategorií. Čím vyšší je hodnota ED, tím více hran se v krajině nachází.

$$ED = \frac{E}{A} \cdot 10\,000 \quad (8)$$

4.4.9 Index celkového kontrastu okrajů

Index celkového kontrastu okrajů, dále jen TECI (*Total Edge Contrast Index*), procentuálně vyjadřuje rozdílnost sousedících kategorií využití půdy v závislosti na délce hran mezi těmito kategoriemi. Hodnoty indexu se tedy pohybují od 0 do 100 %. Nulové hodnoty TECI nabude, pokud ve sledovaném území není žádná hrana. Naopak nejvyšší hodnota by nastala, pokud by všechny rozdíly mezi kategoriemi měly nejvyšší možnou hodnotu a tou je 1, jak bude vysvětleno níže u popisu matice rozdílnosti.

$$TECI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=i+1}^m (e_{i,j} \cdot d_{i,j})}{E} \cdot 100 \quad (9)$$

Index m ve vztahu vyjádřeném rovnicí číslo 9 (McGarigal et al., 2002) udává počet kategorií využití půdy na daném území. Neznámá $e_{i,j}$ vyjadřuje celkovou délku hran mezi kategoriemi i a j , $d_{i,j}$ je váha rozdílnosti kategorií i a j , která je zadána v matici rozdílnosti. E udává součet délek hran mezi všemi kategoriemi ve sledovaném území.

The screenshot shows a Notepad window titled "dissimilarity05 - Poznámkový blok". The text content is as follows:

```

Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
FTABLE , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9
1 , 0 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5
2 , 0 , 5 , 0 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5
3 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5
4 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5
5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5
6 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5
7 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5
8 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5
9 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0 , 5 , 0

```

Obr. 10 Matice rozdílnosti s konstantní hodnotou 0,5.

Matice rozdílnosti (dissimilarity matrix) obsahuje hodnoty rozdílnosti jednotlivých kategorií využití půdy. Rozdílnost se vyjadřuje hodnotami od nuly do jedné tak, že nula vyjadřuje nulový kontrast mezi kategoriemi, váha rozdílnosti 0,8 znamená 80% kontrast mezi dvěma přilehlými kategoriemi. V této práci byly pro srovnání použity matice dvě.

V jedné byl kontrast mezi kategoriemi stanoven konstantně na hodnotu 0,5 (obr. 10), v druhém případě (obr. 11) se váha kontrastu počítala na základě koeficientu ekologické významnosti (viz tab. 1) prostým odečtením rozdílů těchto hodnot. Z rozhodnutí vedoucího práce byla kategorii les přisouzena hodnota bukových a jedlových lesů podle Klementové (2005) a okrasným zahradám a parkům hodnota ekologické významnosti 0,29. Kategorii komunikace byla pro období 50. let 20. století a současnosti přiřazena hodnota zastavěných a dopravních ploch, ale jelikož v polovině 19. století, kdy probíhalo II. vojenské mapování, ještě nebyly cesty zpevněné asfaltem, byla jim v tomto období přiřazena hodnota ekologické významnosti 0,29. Hodnoty ekologické významnosti využití k určení kontrastu v matici rozdílnosti pro účely této práce jsou vypsány v tabulce číslo 2.

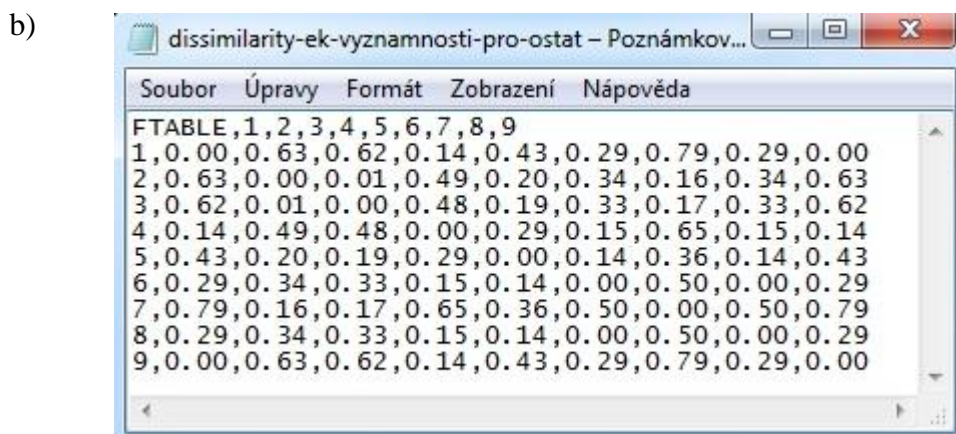
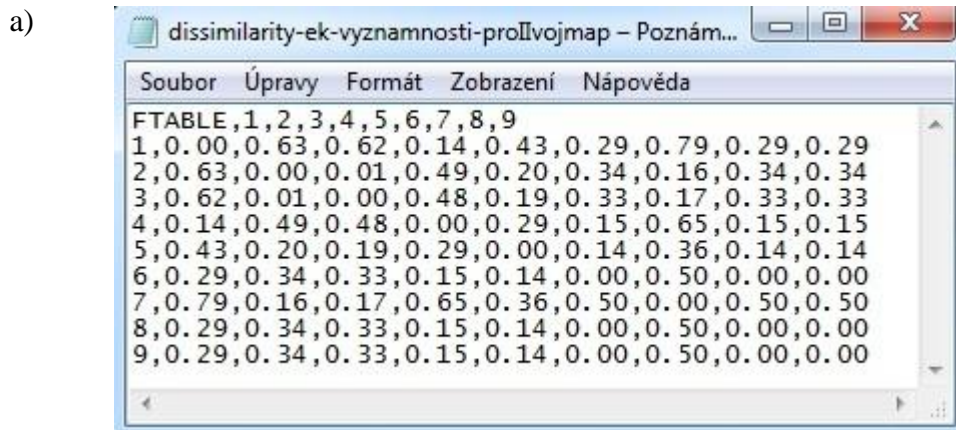
Tab. 1 Koeficienty ekologické významnosti dle Klementové (2005)

Biotechnický prvek (kultura)	Koeficient ekologické významnosti
zastavěné a dopravní plochy	0,00
orná půda, chmelnice	0,14
vinice	0,29
smrkové monokultury	0,38
ovocné sady, akátové lesy	0,43
zahrady	0,50
louky	0,62
bukové a jedlové lesy	0,63
pastviny	0,68
rybníky a vodní plochy	0,79
lužní lesy, přírodní smrky, kosodřevina	1,00

Tab. 2 Koeficienty ekologické významnosti kategorií využití půdy, používaných v této práci

Hodnota v rastru	Kategorie využití půdy	Koeficient ekologické významnosti
1	zastavěné území	0,00
2	les	0,63
3	louka, pastvina	0,62
4	orná půda, ostatní	0,14
5	ovocný sad, zahrada	0,43
6	vinice	0,29
7	vodní plocha	0,79
8	okrasná zahrada, park	0,29
9	komunikace II. voj. mapování / ostatní období	0,29 / 0,00

Matice jsou pro vstup do programu FRAGSTATS uloženy ve formátu CSV (Comma Separated Value), kde první řádek začíná identifikátorem tabulky FTABLE a v řádku i sloupci potom následují čárkami oddělená čísla kategorií využití půdy (podle hodnoty v rastru) a jejich vzájemný kontrast. V diagonále, kde se střetávají tytéž kategorie, tedy zůstává rozdílnost nulová.



Obr. 11 Matice rozdílnosti s vahami kontrastu podle ekologické významnosti
 a) pro období II. vojenského mapování, b) pro ostatní období.

5 VÝSLEDKY

V každém z použitých programových prostředků byly spočítány vybrané ukazatele fragmentace krajiny. Následovat tedy bude přehled spočítaných indexů pro vybrané území v období II. vojenského mapování, 50. let 20. století a v současnosti.

5.1 Výsledky z extenze V-LATE

Z extenze V-LATE byly využity skupiny výpočtů Analýza tvaru a Analýza rozmanitosti. V tabulce číslo 3 jsou vypsány indexy týkající se celého sledovaného území, v tabulkách 4 – 6 jsou pak zobrazeny hodnoty těchto výpočtů pro jednotlivé kategorie. Kompletní výsledky v surové podobě jsou k dispozici v příloze 2.

NP (*Number of Patches*) udává počet plošek, CA (*Class Area*) vyjadřuje celkovou rozlohu dané kategorie v území v metrech čtverečních a *Proportion* je poměr rozlohy kategorie na rozloze celkové, uvedený v procentech. Ostatní zkratky již byly vysvětleny v kapitole 4.4. Pro úplnost přehledu jsou v tabulkách uvedeny všechny kategorie, i když hodnoty indexů pro vodní plochy a zastavěná území nás v rámci kategorie zajímají maximálně svou rozlohou (CA) a poměrem zastoupení v krajině (*Proportion*).

Průměrný tvar plošky (MSI) a průměrný poměr obvod-rozloha (MPAR) nabývají nejnižších hodnot v období II. vojenského mapování, v 50. letech 20. století jsou vyšší a hodnoty dále narůstají k hodnotám vypočítaným pro současnost. Dá se tedy usuzovat, že dříve byly plošky využití půdy celkově celistvější a svým tvarem kulatější, než jsou nyní. Průměrná fraktální dimenze (MFD) je v extenzi V-LATE počítána špatně, protože kromě období II. vojenského mapování, kde vyšly hodnoty ve správném rozmezí, došlo k překročení intervalu $\langle 1,2 \rangle$ (viz kapitolu 4.4.4). V-LATE po skončení běhu programu zobrazí informaci, že to může svědčit o přítomnosti artefaktů nebo odštěpků polygonů, nebo že byla data zachycena ve velmi malém měřítku (menším než 1 : 1 000), anebo že byly polygony vytvořeny automatizovaně – např. segmentací či klasifikací.

Po srovnání výsledků z V-LATE a Patch Analyst bylo zjištěno, že extenze V-LATE má odlišné hodnoty výsledků výpočtů v období současnosti. Dalo by se říci, že tento problém může být způsoben velikostí vstupních dat či složitostí výpočtů, ale v nápovědě extenze je psáno, že pokud hodnoty počítaného indexu nemohou být spočítány, objeví se ve výsledku hodnota -999. Ta se nezobrazila. Pravděpodobně tedy do výpočtů z této vrstvy nebyly zahrnuty všechny polygony.

Shannonův index rozmanitosti (SHDI) není výrazně rozdílný, přeci jen však nabývá nejnižší hodnoty v období 50. let 20. století. To ale může být do značné míry zaviněno přesností vstupních dat. Při kontrole poměru zastoupení jednotlivých kategorií na celkové rozloze sledovaného území (*Proportion*) v tomto časovém období je totiž pozorovatelný výrazný propad množství vinic, které na černobílém snímku nebyly mnohdy jednoznačně rozlišitelné. Obdobně nejspíš došlo k nepřesnostem při přiřazování atributů louka a orná půda. Z ostatních kategorií je zřetelně znát nárůst rozlohy zastavěných ploch v čase.

Tab. 3 Vybrané indexy počítané pomocí extenze V-LATE pro celou vrstvu

Období	NP	SHDI	SHEI	Dominance	MSI	MPAR	MFD
II. voj. mapování	26972	1,264	0,608	0,815	1,927	0,908	1,538
50. léta 20. stol.	21194	1,006	0,484	1,073	2,515	2,513	2,419
současnost	65206	1,413	0,679	0,667	3,775	21,239	3,495

Tab. 4 Výsledky z V-LATE pro jednotlivé kategorie z období II. vojenského mapování

Kategorie	NP	CA	Proportion	MSI	MPAR	MFD
les	3866	441085687,8	23,32	1,892	0,998	1,434
louka, pastvina	8936	374640200,9	19,81	2,106	0,994	1,587
okrasná zahrada, park	45	634024,66	0,03	1,751	0,122	1,434
orná půda, ostatní	8687	949606529,8	50,21	1,788	0,887	1,503
ovocný sad, zahrada	2045	24845505,97	1,31	1,648	0,564	1,537
vinice	671	69522794	3,68	2,023	1,755	1,696
vodní plocha	233	9496194,07	0,50	2,95	0,402	1,736
zastavěné území	2489	21283184,72	1,13	1,933	0,649	1,587

Tab. 5 Výsledky z V-LATE pro jednotlivé kategorie z období 50. let 20. století

Kategorie	NP	CA	Proportion	MSI	MPAR	MFD
les	2966	422771022,5	22,38	2,577	2,337	4,81
louka, pastvina	2851	144799237,7	7,66	2,873	3,267	2,184
okrasná zahrada, park	27	833231,98	0,04	2,651	0,426	1,503
orná půda, ostatní	8042	1228182905	65,00	2,691	3,01	1,91
ovocný sad, zahrada	3665	49659462,24	2,63	2,267	2,113	2,122
vinice	81	3934597,92	0,21	3,078	6,308	1,95
vodní plocha	47	771254,68	0,04	2,197	2,392	1,989
zastavěné území	3515	38510533,33	2,04	2,018	1,265	2,085

Tab. 6 Výsledky z V-LATE pro jednotlivé kategorie z období současnosti

Kategorie	NP	CA	Proportion	MSI	MPAR	MFD
les	9913	232982104,2	26,12	5,171	36,675	6,486
louka, pastvina	5391	98972914,06	11,10	7,505	64,419	7,491
okrasná zahrada, park	577	1373805,66	0,15	2,079	0,67	1,499
orná půda, ostatní	9203	425881855,6	47,75	5,005	29,055	2,949
ovocný sad, zahrada	7477	48830734,52	5,48	3,991	22,078	2,158
vinice	1556	43347226,61	4,86	2,635	9,794	9,331
vodní plocha	984	1996230,99	0,22	3,453	1,31	1,818
zastavěné území	30105	38472364,33	4,31	2,002	4,391	1,759

5.2 Výsledky z extenze Patch Analyst

Z extenze Patch Analyst byla využita skupina výpočtů Prostorové statistiky (*Spatial Statistics*). Kromě již vysvětlených zkratk se zde objevuje MPS (*Mean Patch Size*) – průměrná velikost plošky, MedPS (*Median Patch Size*) – medián velikosti plošky, PSCoV (*Patch Size Coefficient of Variance*) – koeficient variance velikosti plošky a PSSD (*Patch Size Standard Deviation*) – směrodatná odchylka velikosti plošky. Z indexů týkajících se okrajů plošek je v tabulkách navíc sloupec TE (*Total Edge*), který udává celkovou délku okrajů, ED (*Edge Density*) neboli hustota okrajů, jejíž výpočet je vysvětlen v kapitole 4.4, a MPE (*Mean Patch Edge*) – průměrná délka okraje plošky.

Tab. 7 Vybrané indexy počítané pomocí extenze Patch Analyst pro celou vrstvu

Období	NP	MPS	MedPS	PSCoV	PSSD
II. voj. mapování	26972	7,01140	1,42050	235,16946	16,48867
50. léta 20. stol.	21194	8,91508	0,57863	446,62145	39,81666
současnost	65206	2,89773	0,11006	475,95100	13,79177

Období	MSI	AWMSI	MPAR	MFD	AWMFD
II. voj. mapování	1,92698	1,68273	9079,89889	1,41610	1,28565
50. léta 20. stol.	2,51505	1,72532	25134,90401	1,52505	1,26940
současnost	2,87865	1,83012	113415,50250	1,52071	1,29732

Období	TE	ED	MPE	SHDI	SHEI
II. voj. mapování	30252433,72	159,97149	1121,623673	1,26428	0,60799
50. léta 20. stol.	21255602,82	112,49551	1002,906616	1,00629	0,48392
současnost	39108463,73	206,97861	599,7678701	1,26929	0,61040

Tabulka číslo 7 obsahuje výsledky výpočtů pro celou vrstvu využití půdy, tedy pro všechny kategorie dohromady. Je zřejmé, že s postupem času se fragmentace krajiny zvyšuje. Naznačuje to jak index MSI a MPAR, které se věnují tvaru plošky – ten se postupem času zesložitňuje, tak indexy vyjadřující velikost plošky (MPS, MedPS) – ta se s postupem času zmenšuje.

Nejvíce nevyrovnaným obdobím co do velikosti jednotlivých plošek je na základě směrodatné odchylky (PSSD) období 50. let 20. století. V této době se v České republice násilně zvětšovala rozloha orné půdy, což stojí za povšimnutí při porovnávání tabulek výpočtů pro jednotlivé kategorie využití půdy (tab. 8 - 10). V tomto období tím také zmizelo hodně interakčních stabilizačních prvků, jako jsou remízky, zatravněné meze nebo třeba i staré cesty.

Průměrná fraktální dimenze (MFD) se v průběhu času příliš nemění a její hodnoty se nacházejí ve středu intervalu $<1,2>$, což vypovídá o středně složitém tvaru plošek (viz kapitolu 4.4.4). Mírně nižší hodnotu má období II. vojenského mapování, tvary plošek v tomto období tedy pravděpodobně nejsou tak složité jako v obdobích pozdějších. Při váženém průměru (AWMFD) se však tato rozdílnost vytrácí.

Tab. 8 Výsledky z Patch Analyst pro jednotlivé kategorie z období II. vojenského mapování

Kategorie	NP	MPS	MedPS	PSCoV	PSSD	TE	ED	MPE
les	3866	11,409	3,140	207,153	23,635	5 425 595,27	28,690	1 403,413
louka, pastvina	8936	4,192	1,080	280,629	11,765	9 502 381,60	50,248	1 063,382
okrasná zahrada, park	45	1,409	0,790	199,422	2,810	26 663,06	0,141	592,512
orná půda, ostatní	8687	10,931	3,611	177,508	19,404	11 769 504,78	62,236	1 354,841
ovocný sad, zahrada	2045	1,215	0,619	131,816	1,601	1 035 607,82	5,476	506,410
vinice	671	10,361	3,107	150,396	15,583	834 049,57	4,410	1 242,995
vodní plocha	233	4,076	0,627	325,211	13,254	286 096,30	1,513	1 227,881
zastavěné území	2489	0,855	0,465	128,696	1,100	1 372 535,32	7,258	551,440

Kategorie	MSI	AWMSI	MPAR	MFD	AWMFD	CA
les	1,89211	1,56896	9 977,4591	1,37798	1,26911	44 108,5688
louka, pastvina	2,10574	2,14080	9 943,7894	1,44336	1,33509	37 464,0201
okrasná zahrada, park	1,75063	1,76001	1 224,7178	1,43400	1,34759	63,4025
orná půda, ostatní	1,78848	1,55383	8 867,2250	1,38246	1,27050	94 960,6530
ovocný sad, zahrada	1,64840	1,62719	5 637,7025	1,43502	1,34552	2 484,5506
vinice	2,02272	1,48712	17 550,2988	1,44127	1,26558	6 952,2794
vodní plocha	2,95044	2,30398	4 020,9940	1,52024	1,32490	949,6194
zastavěné území	1,93323	2,15241	6 486,7554	1,46252	1,41046	2 128,3185

Tab. 9 Výsledky z Patch Analyst pro jednotlivé kategorie z období 50. let 20. století

Kategorie	NP	MPS	MedPS	PSCoV	PSSD	TE	ED	MPE
les	2966	14,254	0,526	525,907	74,962	3 502 382,79	18,536	1 180,844
louka, pastvina	2851	5,079	0,186	288,523	14,654	2 451 074,48	12,972	859,724
okrasná zahrada, park	27	3,086	1,270	135,548	4,183	22 181,93	0,117	821,553
orná půda, ostatní	8042	15,272	1,514	286,400	43,739	11 448 198,51	60,590	1 423,551
ovocný sad, zahrada	3665	1,355	0,427	226,238	3,065	1 870 997,31	9,902	510,504
vinice	81	4,858	0,266	238,239	11,573	63 254,37	0,335	780,918
vodní plocha	47	1,641	0,435	227,457	3,733	22 024,97	0,117	468,616
zastavěné území	3515	1,096	0,548	143,391	1,571	1 875 488,47	9,926	533,567

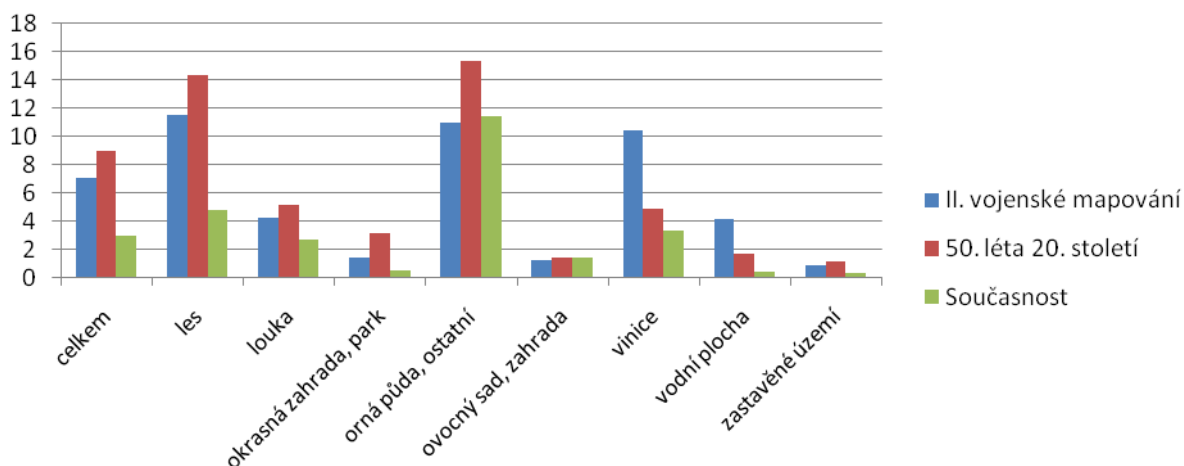
Kategorie	MSI	AWMSI	MPAR	MFD	AWMFD	CA
les	2,57740	1,88375	23 367,3002	1,53838	1,26462	42 277,1022
louka, pastvina	2,87296	1,78049	32 668,5858	1,59796	1,29231	14 479,9238
okrasná zahrada, park	2,65135	1,46885	4 264,1963	1,46211	1,29695	83,3232
orná půda, ostatní	2,69105	1,66233	30 097,4476	1,51041	1,26239	122 818,2905
ovocný sad, zahrada	2,26736	1,69194	21 125,0515	1,52413	1,33706	4 965,9462
vinice	3,07815	1,55405	63 076,3346	1,57072	1,27775	393,4598
vodní plocha	2,19704	1,63044	23 921,3787	1,46658	1,31612	77,1255
zastavěné území	2,01797	1,85563	12 645,2337	1,48933	1,36945	3 851,0533

Tab. 10 Výsledky z Patch Analyst pro jednotlivé kategorie z období současnosti

Kategorie	NP	MPS	MedPS	PSCoV	PSSD	TE	ED	MPE
les	9913	4,760	1,081	228,820	10,892	9 622 501,29	50,926	970,695
louka, pastvina	5391	2,627	0,550	349,569	9,183	3 696 688,82	19,564	685,715
okrasná zahrada, park	577	0,480	0,262	156,975	0,754	258 695,33	1,369	448,345
orná půda, ostatní	9203	11,350	0,835	285,232	32,375	11 478 992,58	60,752	1 247,310
ovocný sad, zahrada	7477	1,339	0,503	244,357	3,271	5 788 496,26	30,635	774,174
vinice	1556	3,243	0,608	205,098	6,652	1 125 816,76	5,958	723,533
vodní plocha	984	0,339	0,082	289,430	0,982	399 218,70	2,113	405,710
zastavěné území	3010	0,248	0,018	489,443	1,216	6 738 053,99	35,661	223,818

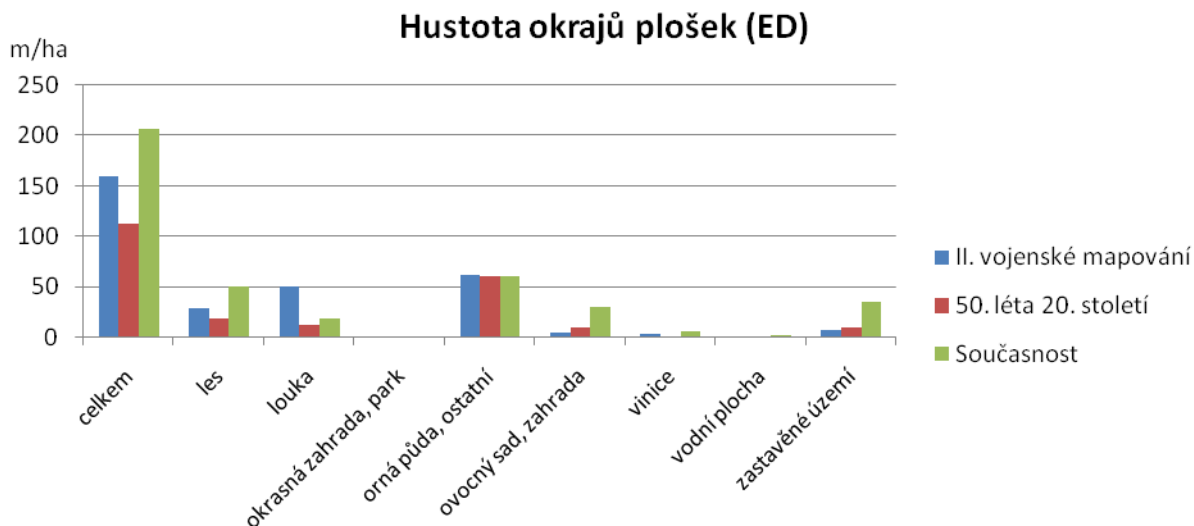
Kategorie	MSI	AWMSI	MPAR	MFD	AWMFD	CA
les	3,77529	1,82581	210 315,7700	1,40570	1,30666	47 186,1282
louka, pastvina	5,03703	2,01194	371 532,5838	1,40520	1,32933	14 162,4869
okrasná zahrada, park	2,01103	2,24893	4 394,0442	1,48852	1,44334	277,2280
orná půda, ostatní	3,64831	1,72380	164 873,5604	1,43145	1,27062	104 457,2517
ovocný sad, zahrada	3,36625	2,49762	132 753,5628	1,50142	1,40098	10 008,9762
vinice	2,41968	1,53719	77 432,1618	1,40617	1,29325	5 046,8354
vodní plocha	2,87850	2,40116	9 273,2398	1,63095	1,42101	333,7774
zastavěné území	1,88087	2,26135	22 106,1094	1,61426	1,40367	7 476,6191

Index průměrné velikosti plošky (MPS)



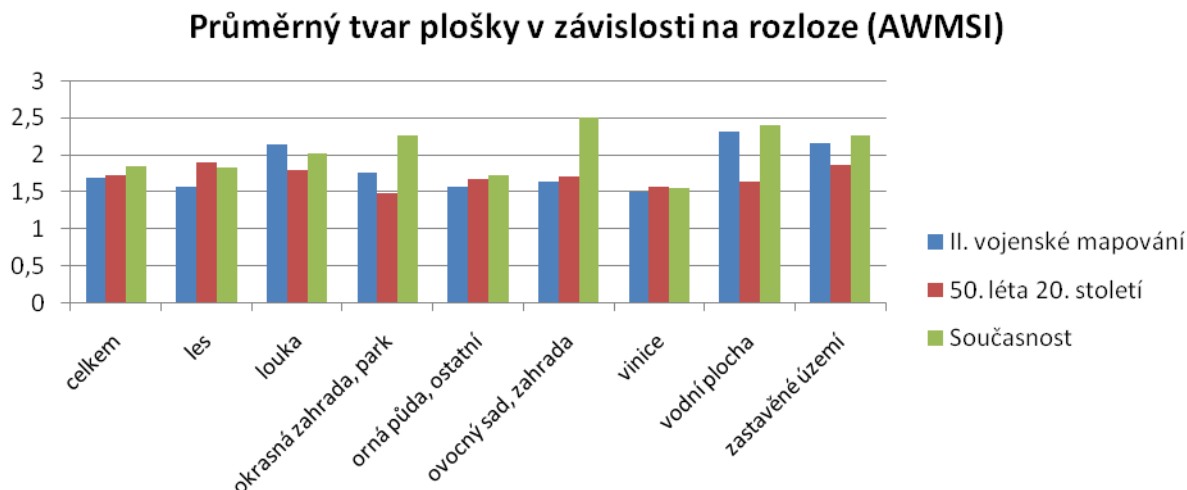
Obr. 12 Srovnání indexu průměrné velikosti plošky ve třech časových obdobích

Z hodnot indexu průměrné velikosti plošky (obr. 12) je patrná výrazná velikost plošek s ornou půdou a plošek zalesněných. Plochy ostatních kategorií využití půdy jsou buď samy o sobě malé, nebo jsou protkány velkým počtem komunikací či vodních toků. Nepřehlédnutelná je zde průměrná velikost plošek vinic v období II. vojenského mapování, která je oproti následujícím obdobím výrazně vysoká.



Obr. 13 Srovnání hustoty okrajů plošek ve třech časových obdobích

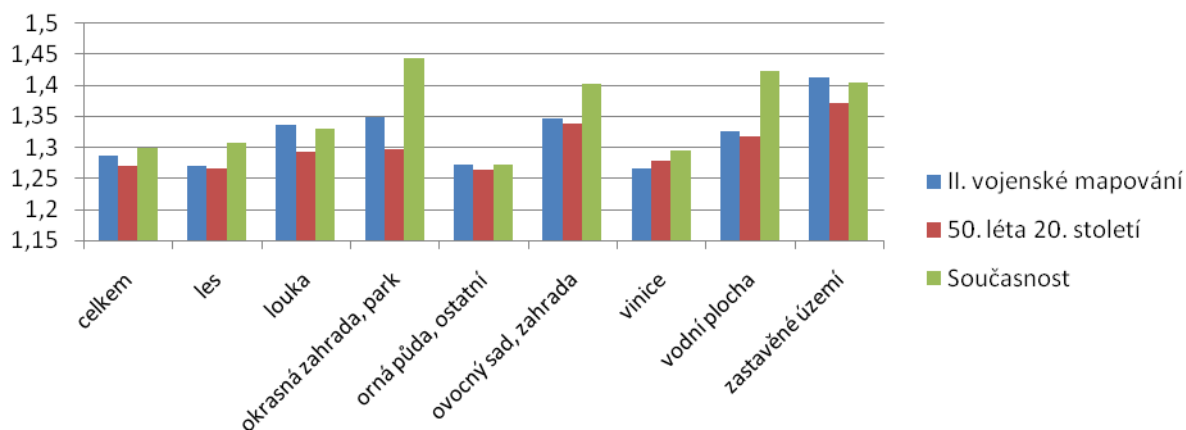
Z obrázku číslo 13 je patrné, že hustota okrajů plošek na území orné půdy zůstává stabilně vysoká. Na lesních plochách se hustota okrajů v současné době oproti II. vojenskému mapování zvýšila, klesla naopak v kategorii luk a pastvin. Na tento pokles může mít vliv i celkové snížení rozlohy lučních oblastí v posledním sledovaném období. Ovocné sady, zahrady a zastavěná území mají s ohledem na hustotu hran téměř stejný vývoj. Není to však nic nečekaného, jelikož se navzájem nacházejí v těsné blízkosti a jsou dnes protkány hustou sítí komunikací.



Obr. 14 Srovnání váženého průměrného tvaru plošky ve třech časových obdobích

Znázornění váženého průměru tvaru plošky na obr. 14 ukazuje výrazně složitější tvary polygonů okrasných zahrad, parků a ovocných sadů a zahrad v dnešní době. V ostatních kategoriích využití půdy zůstává složitost tvaru plošek poměrně stabilní, pokud pomineme vodní toky a zastavěné území, které není příliš vhodné těmito krajinně-ekologickými metrikami hodnotit. Zastavěné území totiž protíná mnoho komunikací a mnohé polygony vodních ploch jsou protnuty vodními toky, což jejich tvar výrazně prodlužuje.

Průměrná fraktální dimenze v závislosti na rozloze (AWMFD)



Obr. 15 Srovnání vážené průměrné fraktální dimenze plošky ve třech časových obdobích

Obrázek 15, zobrazující hodnoty AWMFD, vykazuje silný nárůst průměrné fraktální dimenze v období současnosti u kategorií okrasná zahrada a park, ovocný sad a zahrada a u vodních ploch. Rovnoměrný, ale poměrně mírný, je nárůst váženého průměru fraktální dimenze u vinic. Celkově je ve většině případů patrný propad hodnot u období 50. let 20. století. To může být způsobeno i nedostatečným zaznamenáním komunikací v tomto časovém období, protože z černobílých leteckých snímků nebyly při digitalizaci vždy jednoznačně identifikovatelné – obzvláště nezpevněné cesty nebo cesty vedoucí pod stromy.

Jelikož jsou zájmovým územím vybrané stepní lokality, tedy oblasti travních porostů, budou zde detailněji popsány vlastnosti a vývoj plošek z kategorie louky a pastviny. Jak je vidět na obrázku 16, jejich rozloha se na sledovaném území rapidně snížila před obdobím 50. let 20. století, a to o více než polovinu. Značná část luk a pastvin byla tehdy převedena na ornou půdu, či byla pokryta zástavbou.



Obr. 16 Vývoj rozlohy luk a pastvin

Vypočítaný index průměrného tvaru plošky (MSI) má u luk a pastvin zvyšující se tendenci. To znamená, že čím blíže k současnosti, tím složitějších tvarů plošky dosahují.

Pokud se ale MSI spočítá jako vážený průměr, kde vahou je rozloha plošky, tato tendence se neprojeví. Větší plošky (mající ve výpočtu vyšší váhu) se tedy od kruhovitěho tvaru moc výrazně neliší. Za pozornost také stojí silně se zvyšující hodnota průměrného poměru obvod-rozloha. Zprůměrované podíly obvodu a rozlohy všech plošek travnatých oblastí vypovídají o tom, že přibýlo plošek s velkou délkou okraje v porovnání s jejich plochou. Tím se vysvětluje i nárůst MSI. Jelikož je u luk a pastvin v současnosti nejnižší hodnota indexu MPS (viz obr. 12), dá se usuzovat, že byly mnohé louky protkány sítí komunikací, či byly rozděleny poli. To potvrzuje index ED, který ukazuje, že v současném období se oproti 50. letům 20. století zvýšila hustota hran uvnitř této kategorie. Nejvyšší hodnota u tohoto indexu sice nastala v období II. vojenského mapování, ale tam přirozeně velké množství komunikací či vodních toků přes louky procházelo, protože bylo luk celkově mnohem více.

5.3 Výsledky z aplikace FRAGSTATS

V tabulce 11 jsou zobrazeny výsledky výpočtů indexu celkového kontrastu okrajů (TECI), kde je maticí A myšlen výpočet za použití matice rozdílnosti s konstantní hodnotou rozdílu 0,5 a maticí B výpočet s použitím kontrastů určených dle ekologické významnosti (viz kapitolu 4.4.9). Hodnoty indexu TECI jsou v tabulce vyjádřeny v procentech. Čím vyšší hodnota je, tím více existuje hran s vyšší mírou kontrastu.

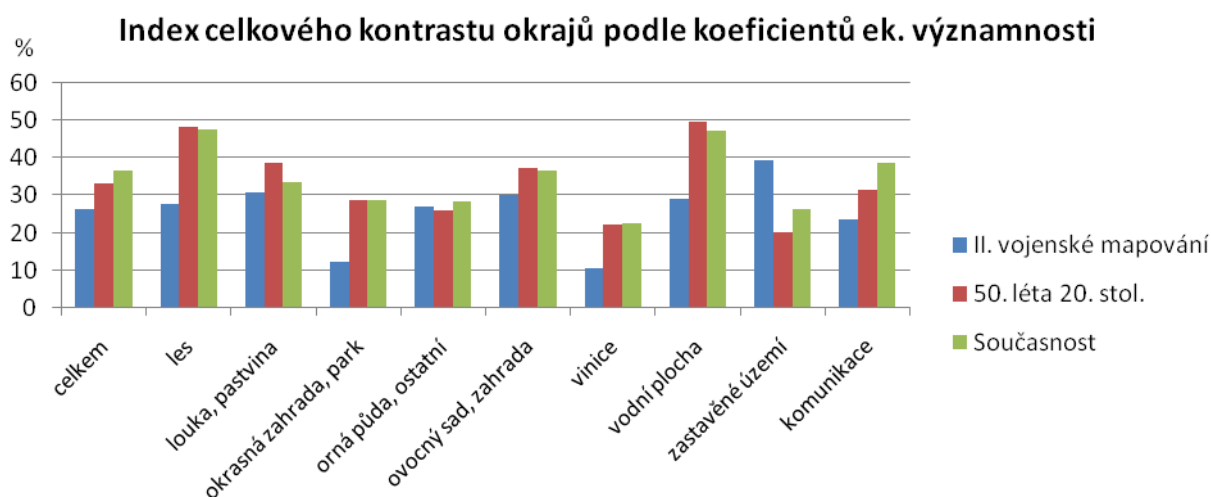
Je zřejmé, že první případ výpočtů (matice A) má téměř nulovou vypovídací hodnotu. Prováděn byl spíše pro porovnání a pro demonstraci důležitosti individuálního určení kontrastu mezi kategoriemi. Pokud je totiž hodnota rozdílnosti mezi každou dvojicí kategorií využití půdy rovna 0,5, je index celkového kontrastu okrajů roven 50 %. V tabulce 11 jsou hodnoty o něco nižší, protože hodnoty kontrastu okrajových pixlů (pixlů sousedících s hodnotami pozadí) mají nulovou hodnotu rozdílnosti.

Tab. 11 Výsledky výpočtů indexu celkového kontrastu okrajů (TECI)

Kategorie	II. voj. mapování		50. léta 20. století		současnost	
	matice A	matice B	matice A	matice B	matice A	matice B
celkem	48,2452	26,3684	48,0567	33,2454	48,4079	36,4877
les	48,5259	27,6811	48,6818	48,2673	49,1602	47,7238
louka, pastvina	49,4074	30,9201	49,4920	38,6190	49,5381	33,5217
okrasná zahrada, park	49,7242	12,3034	48,0269	28,7563	49,9873	28,7465
orná půda, ostatní	48,9970	27,1892	48,7627	25,9759	48,7858	28,2386
ovocný sad, zahrada	49,7264	30,1767	49,7329	37,2545	49,8050	36,7404
vinice	48,8510	10,4709	48,9150	22,1953	49,5917	22,7120
vodní plocha	49,9035	29,2167	49,7091	49,5404	49,6382	47,3175
zastavěné území	49,8157	39,3185	49,7874	20,2518	49,7980	26,2663
komunikace	49,9299	23,4601	49,9266	31,5634	49,8596	38,8701

Při pohledu na celkové hodnoty jednotlivých časových období je pozorovatelný nárůst hodnoty indexu v čase. S postupem času se tedy rozdílily ekologické významnosti u

sousedních plošek zvyšují. To je dáno cílenou změnou využití půdy (např. změna luk na ornou půdu) nebo například rozšiřováním zastavěných oblastí. Svůj podíl na nárůstu hodnot indexu TECI má i ekologická významnost komunikací, která je v období II. vojenského mapování stanovena na 0,29 (jelikož v té době byly cesty polní a lesní, nezpevněné) a v obdobích následujících nulová (zde už jsou cesty zejména asfaltové). To se projevilo jak na indexech u samotné kategorie komunikací, jejichž kontrast k ekologicky významnějším plochám se tímto zvýšil, tak například zcela zřetelně ve vrstvě lesů, kterou komunikace hojně protínají. Pozadu nezůstává ani kategorie vodních ploch, u které je nárůst hodnot v 50. letech a v současnosti jasně zřetelný. Jelikož mají vodní plochy vysoký koeficient ekologické významnosti a komunikace v těchto obdobích naopak nulový, projevily se zde pravděpodobně místa, kde vede komunikace podél vodního toku. Pro lepší představu jsou hodnoty TECI, počítané z matice rozdílnosti založené na koeficientech ekologické významnosti, znázorněny na obr. 17.



Obr. 17 Srovnání indexu celkového kontrastu okrajů podle koeficientů ekologické významnosti ve třech časových obdobích

6 DISKUZE

Analýza fragmentace krajiny pomocí výpočtů krajinně-ekologických indexů je silně závislá na kvalitě prostorových dat, vstupních hodnotách a použitých metodách výpočtů. V této práci přirozeně nastalo mnoho okamžiků, kdy bylo třeba se rozhodovat a kdy mohlo dojít k nepřesnostem.

Hned v první fázi, při digitalizaci využití půdy jednotlivých časových období, je zřejmá různorodost zdrojů. Z období poloviny 19. století existují jako podklady pouze mapy II. vojenského mapování, jejichž kartometrická přesnost není zdaleka tak vysoká jako u leteckých ortofotosnímků, které byly použity v následujících obdobích. Na těchto starých vojenských mapách také nebyly vždy jednoznačně identifikovatelné kategorie využití půdy, či odlišitelné vodní toky od komunikací, jelikož některé mapové listy jsou poněkud vybledlé. I při digitalizaci využití půdy z leteckých snímků mohlo dojít k špatnému určení kategorie využití, a to obzvlášť v období 50. let 20. století, kdy byly k dispozici pouze snímky černobílé. V období současného stavu je také jistě patrný rozdíl mezi daty získanými z archivu Správy CHKO a daty dodigitalizovanými, i když byla snaha přizpůsobit získaná data tak, aby byl rozdíl zanedbatelný.

Dalším výrazným krokem v úpravě vstupních dat byl převod vektorových vrstev do rastrové podoby. Zde byla zvolena velikost pixlu 10 m, což sice vyhovuje měřítku digitalizace a přiměřeně zachovává kvalitu polygonových vrstev, zcela však potlačuje vyjádření komunikací a vodních toků. Jelikož jsou tyto liniové prvky v krajinné mozaice velmi důležité, ať už jako bariéra nebo naopak jako prvek propojující okolní složky krajiny, bylo rozhodnuto je v rastru zachovat i přesto, že nebudou odpovídat skutečnému měřítku.

Při výpočtu indexu celkového kontrastu okrajů zase bylo třeba zvolit hodnoty rozdílnosti mezi jednotlivými kategoriemi využití půdy. Jak bylo ověřeno porovnáním výsledků po použití dvou různých matic rozdílnosti, má určení hodnot kontrastu nebývalou váhu. Proto byly hodnoty matice rozdílnosti určeny podle koeficientů ekologické významnosti, která byla určena odborníky.

V neposlední řadě záleží na použitých programových prostředcích. V této práci se příliš neosvědčila extenze V-LATE, jelikož nedokázala správně zpracovat velké množství drobnějších polygonů. Pro účely výpočtu základních krajinně-ekologických metrik z vektorových dat ji dokáže plně nahradit extenze Patch Analyst. S rastrovými daty spolehlivě pracuje aplikace FRAGSTATS.

7 ZÁVĚR

Cílem práce bylo analyzovat fragmentaci krajiny ve vybraných lokalitách panonské oblasti o celkové rozloze 1 890 km² ve třech časových obdobích. Jednalo se o období poloviny 19. století (II. vojenské mapování), 50. let 20. století a současnosti. Fragmentace krajiny byla analyzována pomocí výpočtu krajinně-ekologických indexů za využití geografických informačních systémů.

V první fázi proběhla příprava vstupních dat pro každé ze tří časových období. Vytvořeny byly vektorové vrstvy využití půdy ve formátu ESRI shapefile, konkrétně vrstva polygonová, klasifikovaná do osmi kategorií podle využití půdy, a dvě liniové vrstvy – vodní toky a komunikace.

Následně byly z připravených vektorových dat počítány vybrané krajinně-ekologické indexy pomocí programových prostředků volně dostupných na internetu. První z nich, extenze V-LATE (*Vector-based Landscape Analysis Tools Extension*), která zpracovává vektorová data, se v této práci neosvědčila. Zřejmě je vhodná pouze pro zpracování menšího objemu dat.

Druhou z extenzí pro ArcGIS, která byla použita k výpočtům základních krajinných metrik z vektorových dat, je extenze Patch Analyst. Tou byly počítány indexy zjišťující hustotu a velikost plošek (počet plošek, průměrná velikost plošky, medián velikosti plošky, koeficient variance velikosti plošky a směrodatná odchylka velikosti plošky), vlastností jejich tvaru (průměrný tvar plošky, průměrný tvar plošky v závislosti na rozloze, průměrný poměr obvod-plocha, průměrná fraktální dimenze a průměrná fraktální dimenze v závislosti na rozloze), okrajů (celková délka okrajů, hustota okrajů a průměrná délka okraje plošky) a indexy rozmanitosti (Shannonův index rozmanitosti a rovnováhy).

K výpočtu indexu celkového kontrastu hran, který procentuálně vyjadřuje rozdílnost sousedících kategorií využití půdy v závislosti na délce hran mezi těmito kategoriemi, byla využita aplikace FRAGSTATS verze 3.3. Ta však nedokáže pracovat s vektorovými daty, proto musely být vstupní vrstvy převedeny na rastr.

Jelikož jsou předmětem zkoumání stepní oblasti, byla při hodnocení výsledků podrobněji analyzována kategorie luk a pastvin. Tyto plochy byly silně narušeny před obdobím 50. let 20. století a v průběhu času byla výrazně změněna jejich struktura. V současné době není travnatých ploch zdaleka tolik, jako jich bylo v době II. vojenského mapování, a jsou poměrně dost fragmentované.

Z hodnocení celku vyplývá, že s postupem času se fragmentace krajiny ve vybraném území spíše zvyšuje, což může ohrožovat biodiverzitu, snižovat migrační a kolonizační potenciál krajiny, zvýšit náchylnost částí krajiny k invazím nepůvodních druhů či ke zmenšení loveckých možností místních druhů. Z výpočtu celkového kontrastu okrajů byla zjištěna přibývající rozdílnost sousedících plošek v krajinné mozaice. Ta je podporována rozšiřováním zástavby a stavbou komunikací, což jsou abiotické složky, které pak narušují chod ekologicky významných složek krajiny.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- AHLQVIST, Ola; SHORTRIDGE, Ashton. Spatial and semantic dimensions of landscape heterogeneity. *Landscape Ecology* [online]. 2010, Vol. 25, No. 4, [cit. 2011-05-12]. Dostupný z www: <<http://www.springerlink.com/content/41076746pu50n054/>>.
- ALKOVÁ, Eva. *Ekologické a ekonomické zhodnocení aktuálního využití země v povodí Trkmanky* [online]. [s.l.], 2008. 66 s. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupný z www: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/alkova08//pictures/BP_text.pdf>.
- ALOFS, Karen M.; FOWLER, Norma L. *The effects of habitat fragmentation on herbaceous plant diversity in Central Texas* [online]. 2007 [cit. 2011-05-12]. Dostupný z www: <<http://www.sbs.utexas.edu/fowler/docs/Alofs2007poster.pdf>>.
- XIAO, C. L.; HAO, J. J.; SUBBARAO, K. V. *APSnet* [online]. 1997 [cit. 2011-05-12]. Case Study #2: Lloyd's Index of Patchiness. Dostupné z www: <<http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/EcologyAndEpidemiologyInR/SpatialAnalysis/Pages/CaseStudy2Lloyd'sIndexofPatchiness.aspx>>.
- CENIA : česká informační agentura životního prostředí [online]. © CENIA 2010 [cit. 2011-05-15]. Kontaminovaná místa. Dostupné z www: <<http://kontaminace.cenia.cz/>>.
- DELCOURT, Hazel R. Creating Landscape Pattern. *Learning Landscape Ecology* [online]. 2002, Section 2, [cit. 2011-05-12]. Dostupný z www: <<http://www.springerlink.com/content/t5545372g7866334/>>.
- Florida International University [online]. © 2011 [cit. 2011-05-12]. Dostupné z www: <http://www2.fiu.edu/~serp1/projects/sharkslough/final_report/section6_body.html>.
- FORMAN, Richard T. T.; GODRON, Michel. *Krajinná ekologie*. Vydání 1. Praha : Academia, 1993. 583 s. ISBN 80-200-0464-5.
- GAO, Qiong; YANG, Xiusheng. A relationship between spatial processes and a partial patchiness index in a grassland landscape. *Landscape Ecology* [online]. 1997, Vol. 12, No. 5, [cit. 2011-05-12]. Dostupný z www: <<http://www.springerlink.com/content/w67130734782x845/>>.
- KLEMENTOVÁ, Eva. *Krajinná ekológia*. 1. vydanie. Bratislava : STU Bratislava, 2005. 176 s. ISBN 80-227-2343-6.
- KUMAR, Sunil; STOHLGREN, Thomas J.; CHONG, Geneva W. Spatial Heterogeneity Influences Native and Nonnative Plant Species Richness. *Ecology* [online]. 2006, Vol. 87, No. 12, [cit. 2011-05-12]. Dostupný z www: <<http://www.jstor.org/stable/20069347>>.

- Laboratoř geoinformatiky Fakulty životního prostředí UJEP* [online]. 2002 [cit. 2011-05-15]. Identifikace historické sítě prvků ekologické stability krajiny na mapách vojenského mapování. Dostupné z www: <<http://projekty.geolab.cz/cd/klic2.htm>>.
- LI, Habin; REYNOLDS, James F. A Simulation Experiment to Quantify Spatial Heterogeneity in Categorical Maps. *Ecology* [online]. 1994, Vol. 75, No. 8, [cit. 2011-05-12]. Dostupný z www: <<http://www.esajournals.org/doi/abs/10.2307/1940898>>.
- LI, Habin. *Spatio-temporal Pattern Analysis of Managed Forest Landscapes: A Simulation Approach* [online]. [s.l.], 1989. 178 s. Dizertační práce. Oregon State University. Dostupné z www: <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/10950/Li_Habin_1989.pdf>.
- LIPSKÝ, Zdeněk. *Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů*. 1. vydání. Praha : Karolinum, 1998. 129 s. ISBN 80-7184-545-0.
- McGARIGAL, Kevin, et al. *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. 2002 [cit. 2011-05-12]. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>.
- METZGER, Jean Paul; MULLER, Etienne. Characterizing the complexity of landscape boundaries by remote sensing. *Landscape Ecology* [online]. 1996, Vol. 11, No. 2, [cit. 2011-05-12]. Dostupný z www: <<http://www.springerlink.com/content/m47r35782081n701/>>.
- MIMRA, M. Hodnocení prostorové heterogenity krajiny z hlediska její biotické rozmanitosti. *Geografický časopis*. 1995, 47, 2, s. 131-144.
- PAVKOVÁ, Kateřina. *Toolbox pro analýzu struktury krajiny StraKa*. [s.l.], 2008. 42 s. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- REMPEL, Rob S.; CARR Angus P.; KAUKINEN, Daniel. *Patch Analyst extension for ArcMap: Version 4.2*. 2008 [cit. 2011-05-12]. Ontario Ministry of Natural Resources. <<http://flash.lakeheadu.ca/~rrempel/patch>>.
- TIEDE, Dirk, et al. *Vector-based Landscape Analysis Tools (Extension for ArcGIS 10) 2.0 beta: V-LATE 2.0 beta*. 2010 [cit. 2011-05-12]. Centre for Geoinformatics, Z_GIS, University of Salzburg. <<http://www.geo.sbg.ac.at/larg/vlate.htm>>.
- Vševěd : encyklopedie v pohybu* [online]. © 2005–2011 [cit. 2011-05-12]. Panonská oblast. Dostupné z www: <<http://encyklopedie.vseved.cz/panonská+oblast>>.
- Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka : Oddělení GIS a kartografie* [online]. © 2007 [cit. 2011-05-15]. Dostupné z www: <<http://www.dibavod.cz/>>.
- ZONNEVELD, Isaak S. *Land Ecology : An Introduction to Landscape Ecology as a base for Land Evaluation, Land Management and Conservation*. Amsterdam : SPB Academic Press, 1995. 199 s. ISBN 90-510-3101-7.

SUMMARY

This bachelor thesis describes landscape fragmentation of the Pannonian steppe sites in the Czech Republic. The total area of the studied landscape is 1 890 square km. Fragmentation was determined by calculation of landscape metrics for selected area in three time periods. Firstly it was period of the Second Military Survey (1836-1852), than fifties of the 20th century and finally the current state.

The preparation of spatial data was made in ArcGIS environment. As the input data, three shapefiles were created for each of the time periods. They consisted of one polygon shapefile, classified into eight categories according to land use, and two line shapefiles – watercourses and communications.

These vector data were used for calculation of the basic landscape metrics by using V-LATE (Vector-based Landscape Analysis Tools Extension) and Patch Analyst Extension for ArcGIS. These extensions are freely available on the Internet. V-LATE was found to be inappropriate to calculate indices from such a big amount of the input data. Patch Analyst was used to calculate Patch Density & Shape (Number of Patches, Mean Patch Size, Median Patch Size, Patch Size Coefficient of Variance and Patch Size Standard Deviation), Shape Metrics (Mean Shape Index, Area Weighted Mean Shape Index, Mean Perimeter-Area Ratio, Mean Patch Fractal Dimension and Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension), Edge Metrics (Total Edge, Edge Density and Mean Patch Edge) and Diversity Metrics (Shannon's Diversity and Evenness Index).

The third of software used for measuring landscape indices in this thesis is FRAGSTATS – Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. It was used for calculation of the Total Edge Contrast Index. Unfortunately, FRAGSTATS in version 3.3 cannot work with vector data, so the input shapefiles had to be converted to raster format.

Because steppe sites are areas of grassland, the land use category of grassland was analyzed in greater detail. These areas were strongly disturbed before the period of fifties of the 20th century and they changed a lot over time. Nowadays, there is much less grassland, than it was in the period of the Second Military Survey, and they are significantly fragmented.

The calculated values of the entire studied area showed that the landscape fragmentation tends to increase over time, which can threaten biodiversity, reduce migration and colonization potential in the landscape, increase the susceptibility of the landscape for invasions of nonnative species and reduce hunting opportunities of local species. The calculation of the Total Edge Contrast Index proved increasing dissimilarity of neighbouring patches in the landscape mosaic. It can be caused by expansion of built-up area and construction of roads that are the abiotic components which disturb the processes of ecologically important elements of the landscape.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

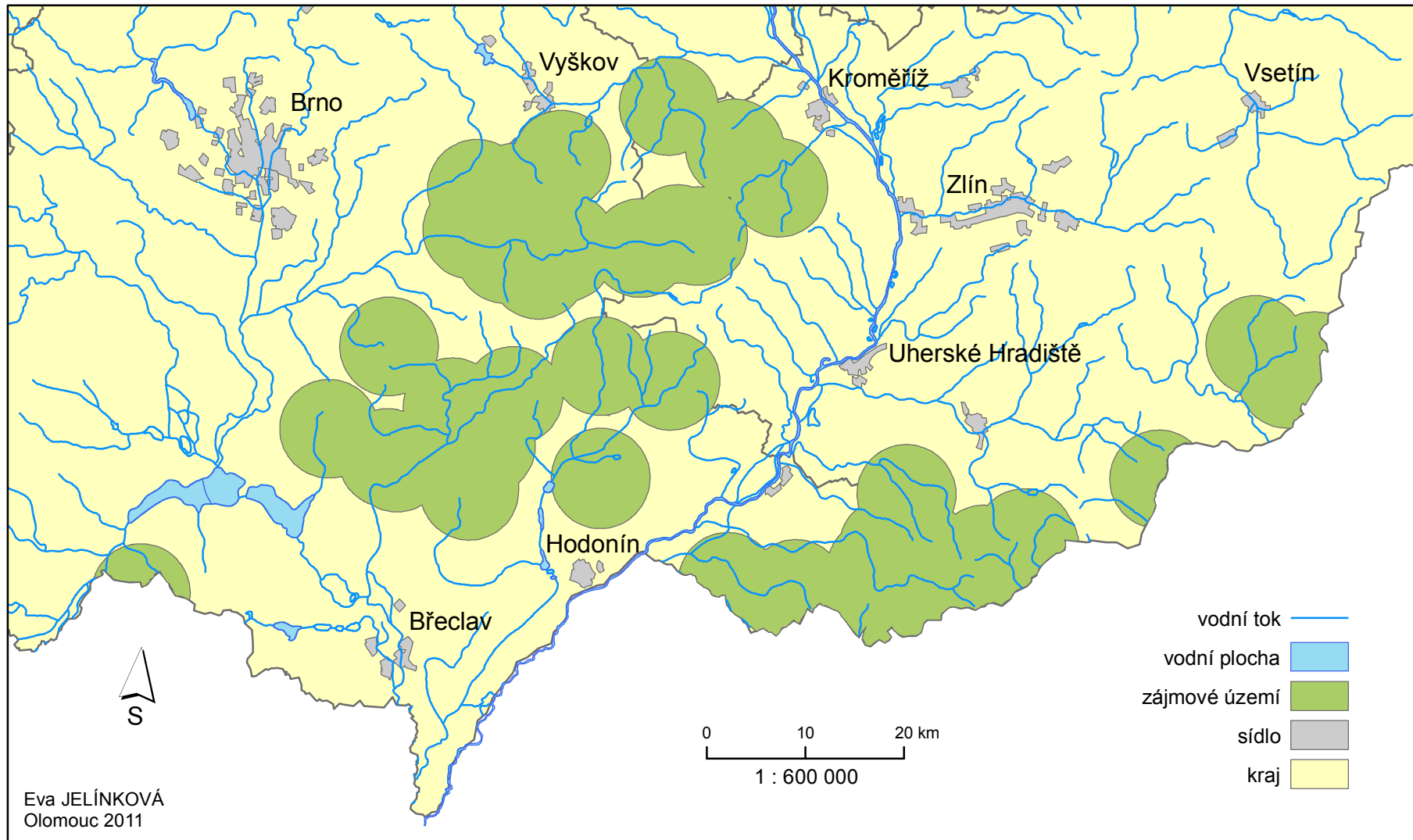
- Příloha 1 Analyzované území
- Příloha 2 Výstup z extenze V-LATE
- Příloha 3 Výstup z extenze Patch Analyst
- Příloha 4 Výstup z aplikace FRAGSTATS

Volné přílohy

- Příloha 5 CD (obsahuje text práce, vstupní data, výstupní data, metadata, web)

ANALYZOVANÉ STEPŇÍ LOKALITY PANONSKÉ OBLASTI

Příloha 1



Příloha 2

Výstup z extenze V-LATE – *Form Analysis a Diversity Analysis:*

1) II. vojenské mapování

Form Analysis - landscape level

Total Patches (NP): 26972
Mean Shape Index (MSI): 1,927
Mean Perimeter-Area Ratio (MPAR): 0,908
Mean Fractal Dimension (MFRACT): 1,538

Class	NP	MSI	MPAR	MFRACT
intravilan	2489	1,933	0,649	1,587
les	3866	1,892	0,998	1,434
louka	8936	2,106	0,994	1,587
ornapudaostatni	8687	1,788	0,887	1,503
ovocnysadzahrada	2045	1,648	0,564	1,537
vinice	671	2,023	1,755	1,696
vodniplocha	233	2,950	0,402	1,736
okrasnazahradapark45		1,751	0,122	1,434

Diversity Analysis - landscape level

Richness: 8
Rel. Richness (%): 100,00
Shannon's Diversity: 1,264
Shannon's Evenness: 0,608
Dominance: 0,815
Number of classes (pot.): 8

Class	NP	CA	Proportion
intravilan	2489	21283184,72	1,13
les	3866	441085687,84	23,32
louka	8936	374640200,86	19,81
ornapudaostatni	8687	949606529,79	50,21
ovocnysadzahrada	2045	24845505,97	1,31
vinice	671	69522794,00	3,68
vodniplocha	233	9496194,07	0,50
okrasnazahradapark45		634024,66	0,03

2) 50. léta 20. století

Form Analysis - landscape level

Total Patches (NP): 27501
Mean Shape Index (MSI): 2,352
Mean Perimeter-Area Ratio (MPAR): 2,401
Mean Fractal Dimension (MFRACT): 2,228

Class	NP	MSI	MPAR	MFRACT
les	6355	2,064	1,449	3,021
ornapudaostatni	9756	2,552	2,809	1,847
louka	3575	2,772	4,413	2,109
intravilan	3733	2,011	1,265	2,051
ovocnysadzahrada	3922	2,248	2,109	2,109
okrasnazahradapark30		2,727	1,392	9,031
vodniplocha	49	2,168	2,303	1,969
vinice	81	3,078	6,308	1,950

Diversity Analysis - landscape level

Richness: 8
 Rel. Richness (%): 100,00
 Shannon's Diversity: 1,006
 Shannon's Evenness: 0,484
 Dominance: 1,073
 Number of classes (pot.): 8

Class	NP	CA	Proportion
les	6355	422770259,36	22,38
ornapudaostatni	9756	1228170223,82	65,00
louka	3575	144799254,27	7,66
intravilan	3733	38510006,09	2,04
ovocnysadzahrada	3922	49659668,51	2,63
okrasnazahradapark30		833231,98	0,04
vodniplocha	49	771254,69	0,04
vinice	81	3934597,92	0,21

3) Současnost

Form Analysis - landscape level

Total Patches (NP): 65206
 Mean Shape Index (MSI): 3,775
 Mean Perimeter-Area Ratio (MPAR): 21,239
 Mean Fractal Dimension (MFRACT): 3,495

Class	NP	MSI	MPAR	MFRACT
intravilan	30105	2,002	4,391	1,759
les	9913	5,171	36,675	6,486
louka	5391	7,505	64,419	7,491
ornapudaostatni	9203	5,005	29,055	2,949
ovocnysadzahrada	7477	3,991	22,078	2,158
vinice	1556	2,635	9,794	9,331
vodniplocha	984	3,453	1,310	1,818
okrasnazahradapark577		2,079	0,670	1,499

Diversity Analysis - landscape level

Richness: 8
 Rel. Richness (%): 100,00
 Shannon's Diversity: 1,413
 Shannon's Evenness: 0,679
 Dominance: 0,667
 Number of classes (pot.): 8

Class	NP	CA	Proportion
intravilan	30105	38472364,33	4,31
les	9913	232982104,23	26,12
louka	5391	98972914,06	11,10
ornapudaostatni	9203	425881855,55	47,75
ovocnysadzahrada	7477	48830734,52	5,48
vinice	1556	43347226,61	4,86
vodniplocha	984	1996230,99	0,22
okrasnazahradapark577		1373805,66	0,15

Příloha 3

Výstup z extenze Patch Analyst – Spatial Statistics:

Name	RunDate	Run	Class	SDI	SEI	AWMSI	MSI	MPAR	MPFD	AWMPFD	TE	ED	MPE	MPS	NP	MedPS	PSCoV	PSSD	CA
II_voj	11.4.2011 1:51:56	1	All	1,264280075	0,607990198	1,682725473	1,92698405	9079,898891	1,416103976	1,285650961	30252433,72	159,9714865	1121,623673	7,011397456	26972	1,420500589	235,1694616	16,48866565	189111,4122
II_voj	11.4.2011 1:57:58	2	intravilan	0	0	2,152411509	1,933233327	6486,755444	1,462515034	1,410463394	1372535,316	7,257813268	551,4404646	0,855089784	2489	0,464865913	128,6957635	1,100464326	2128,318472
II_voj	11.4.2011 1:57:59	2	les	0	0	1,56896303	1,892113663	9977,459131	1,377977716	1,269105312	5425595,271	28,68994107	1403,413158	11,40935561	3866	3,139618225	207,1526045	23,6347773	44108,56878
II_voj	11.4.2011 1:58:00	2	louka	0	0	2,140798565	2,105738683	9943,789414	1,443355657	1,335091999	9502381,601	50,24753129	1063,382005	4,192482105	8936	1,079755982	280,6293467	11,76533514	37464,02009
II_voj	11.4.2011 1:58:02	2	ornapudaostatni	0	0	1,55383056	1,788483076	8867,224968	1,382457735	1,270502813	11769504,78	62,23582513	1354,841117	10,93135179	8687	3,610754319	177,5079798	19,40402173	94960,65298
II_voj	11.4.2011 1:58:04	2	ovocnysadzahrada	0	0	1,627189208	1,648399731	5637,702543	1,435022367	1,345521091	1035607,822	5,476178354	506,4096929	1,214939167	2045	0,61865786	131,8157058	1,601480638	2484,550597
II_voj	11.4.2011 1:58:05	2	vinice	0	0	1,487116394	2,022716841	17550,29881	1,441268271	1,26557597	834049,5711	4,410360863	1242,99489	10,36107213	671	3,106732798	150,3958122	15,58261859	6952,2794
II_voj	11.4.2011 1:58:06	2	vodniplocha	0	0	2,30397864	2,95043897	4020,993991	1,520242961	1,324899945	286096,2977	1,512845229	1227,881106	4,075619775	233	0,627409665	325,2110806	13,25436711	949,6194075
II_voj	11.4.2011 1:58:06	2	okrasnazahradapark	0	0	1,760012122	1,750634444	1224,717778	1,433996222	1,34759208	26663,05932	0,140991276	592,5124293	1,408943687	45	0,790073477	199,4219407	2,809742844	63,40246591
50leta	11.4.2011 2:07:53	3	All	1,00629314	0,483924708	1,725324828	2,515051725	25134,90401	1,52504805	1,26939718	21255602,82	112,4955149	1002,906616	8,915080899	21194	0,578626485	446,6214495	39,81666353	188946,2246
50leta	11.4.2011 2:14:47	4	les	0	0	1,883747757	2,577401575	23367,30024	1,538381561	1,26461696	3502382,791	18,53639997	1180,843827	14,25391175	2966	0,525645245	525,9071208	74,96233689	42277,10225
50leta	11.4.2011 2:14:48	4	ornapudaostatni	0	0	1,662334663	2,691048216	30097,44756	1,51040737	1,262393305	11448198,51	60,58971822	1423,55117	15,27210775	8042	1,51375497	286,3997587	43,73927974	122818,2905
50leta	11.4.2011 2:14:49	4	louka	0	0	1,780485465	2,872960358	32668,58583	1,597955054	1,292313204	2451074,477	12,972339	859,7244746	5,07889294	2851	0,185821915	288,5228651	14,65376743	14479,92377
50leta	11.4.2011 2:14:50	4	ovocnysadzahrada	0	0	1,691943852	2,267363476	21125,05154	1,524131392	1,337057991	1870997,305	9,902274096	510,5040396	1,354964863	3665	0,426843629	226,2383866	3,065450646	4965,946224
50leta	11.4.2011 2:14:51	4	intravilan	0	0	1,85562856	2,017965516	12645,23371	1,48932771	1,369445564	1875488,47	9,926043636	533,5671323	1,0956055	3515	0,548374303	143,3911515	1,571001343	3851,053333
50leta	11.4.2011 2:14:52	4	okrasnazahradapark	0	0	1,468854662	2,651348889	4264,196296	1,462106296	1,296945162	22181,92585	0,11739809	821,5528093	3,08604437	27	1,270430998	135,547504	4,183056116	83,32319798
50leta	11.4.2011 2:14:53	4	vodniplocha	0	0	1,630441271	2,197044043	23921,37872	1,466576809	1,316124384	22024,97463	0,116567424	468,6164815	1,640967413	47	0,434502553	227,4574722	3,732502997	77,12546842
50leta	11.4.2011 2:14:53	4	vinice	0	0	1,554048302	3,078148765	63076,33457	1,570719877	1,277745247	63254,3678	0,334774447	780,918121	4,857528296	81	0,266340399	238,2389687	11,57252532	393,459792
soucas	11.4.2011 2:24:37	5	All	1,269290535	0,61039972	1,830117627	2,878650008	113415,5025	1,520705331	1,297315091	39108463,73	206,9786082	599,7678701	2,897728782	65206	0,110058959	475,951003	13,7917692	188949,3029
soucas	11.4.2011 2:32:49	6	intravilan	0	0	2,261349225	1,880870781	22106,10941	1,614264269	1,403674289	6738053,995	35,66064489	223,8184353	0,248351407	30105	0,017785112	489,4431688	1,215538995	7476,619098
soucas	11.4.2011 2:32:54	6	les	0	0	1,825805794	3,775287655	210315,77	1,405700495	1,306660024	9622501,295	50,92636567	970,6951775	4,760025033	9913	1,081275761	228,8197877	10,89187918	47186,12816
soucas	11.4.2011 2:32:57	6	louka	0	0	2,011941807	5,037026563	371532,5838	1,405200946	1,329327345	3696688,822	19,56444805	685,7148622	2,627061188	5391	0,55007783	349,5692308	9,183397588	14162,48686
soucas	11.4.2011 2:32:59	6	ornapudaostatni	0	0	1,723804532	3,648305888	164873,5604	1,431451833	1,270621266	11478992,58	60,75170639	1247,309853	11,3503479	9203	0,834713838	285,2323965	32,37486933	104457,2517
soucas	11.4.2011 2:33:02	6	ovocnysadzahrada	0	0	2,497622832	3,366246216	132753,5628	1,501424139	1,40097841	5788496,264	30,63518189	774,1736343	1,338635313	7477	0,502811797	244,3569406	3,271048296	10008,97623
soucas	11.4.2011 2:33:05	6	vinice	0	0	1,537189928	2,419676632	77432,16183	1,406174473	1,293252833	1125816,758	5,958300667	723,5326206	3,243467497	1556	0,608019668	205,0984158	6,652300454	5046,835425
soucas	11.4.2011 2:33:06	6	vodniplocha	0	0	2,401164918	2,878496402	9273,239837	1,630950701	1,421010873	399218,699	2,112834992	405,71006	0,339204667	984	0,082184132	289,4300986	0,981760401	333,7773919
soucas	11.4.2011 2:33:08	6	okrasnazahradapark	0	0	2,248931582	2,011025147	4394,044194	1,48852026	1,443343116	258695,328	1,369125601	448,3454559	0,480464539	577	0,26152668	156,9745222	0,754206914	277,2280389

SDI (Shannon's Diversity Index), SEI (Shannon's Evenness Index), AWMSI (Area Weighted Mean Shape Index), MSI (Mean Shape Index), MPAR (Mean Perimeter-Area Ratio), MPFD (Mean Patch Fractal Dimension), AWMPFD (Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension), TE (Total Edge), ED (Edge Density), MPE (Mean Patch Edge), MPS (Mean Patch Size), NP (Number of Patches), MedPS (Median Patch Size), PSCoV (Patch Size Coefficient of Variance), PSSD (Patch Size Standard Deviation), CA (Class Area)

Příloha 4

Výstupy z FRAGSTATS – výpočet indexu *Total Edge Contrast Index* (TECI):

1) II. vojenské mapování

Soubor *.adj:

Class ID / ID, 9, 3, 1, 4, 7, 8, 5, 2, 6, background
9, 2522668, 398048, 65235, 868131, 28249, 1490, 24662, 391676, 58121, 2576
3, 398048, 12351418, 10719, 323307, 242143, 95, 11122, 93729, 14383, 13116
1, 65235, 10719, 500718, 8628, 12282, 164, 41115, 1502, 367, 518
4, 868131, 323307, 8628, 34327484, 83455, 337, 20120, 81969, 18581, 28752
7, 28249, 242143, 12282, 83455, 888240, 333, 15154, 103440, 2805, 943
8, 1490, 95, 164, 337, 333, 17966, 97, 8, 0, 14
5, 24662, 11122, 41115, 20120, 15154, 97, 789508, 2955, 1087, 640
2, 391676, 93729, 1502, 81969, 103440, 8, 2955, 15779098, 4396, 20647
6, 58121, 14383, 367, 18581, 2805, 0, 1087, 4396, 2538166, 2346

	TECI (rozdílnost 0,5)	TECI (dle ek. výz.)
land ,	48.2452	26.3684
komunikace ,	49.9299	23.4601
louka ,	49.4074	30.9201
intravilan ,	49.8157	39.3185
ornapudaostatni ,	48.9970	27.1892
vodniplocha ,	49.9035	29.2167
okrasnazahradapark ,	49.7242	12.3034
ovocnysadzahrada ,	49.7264	30.1767
les ,	48.5259	27.6811
vinice ,	48.8510	10.4709

2) 50. léta 20. století

Soubor *.adj:

Class ID / ID, 4, 1, 5, 9, 7, 2, 3, 6, 8, background
4, 44546692, 20154, 51630, 1028548, 240412, 125745, 53139, 3284, 383, 38653
1, 20154, 1037300, 55094, 104761, 14578, 1733, 1912, 11, 118, 847
5, 51630, 55094, 1579792, 60148, 24633, 3746, 5264, 105, 74, 1078
9, 1028548, 104761, 60148, 2536956, 38114, 482175, 125241, 2460, 1018, 2707
7, 240412, 14578, 24633, 38114, 528656, 99835, 44652, 155, 377, 2708
2, 125745, 1733, 3746, 482175, 99835, 14712232, 60793, 480, 99, 20974
3, 53139, 1912, 5264, 125241, 44652, 60793, 5092280, 87, 0, 2988
6, 3284, 11, 105, 2460, 155, 480, 87, 144888, 0, 146
8, 383, 118, 74, 1018, 377, 99, 0, 0, 27086, 85

	TECI (rozdílnost 0,5)	TECI (dle ek. výz.)
land ,	48.0567	33.2454
ornapudaostatni ,	48.7627	25.9759
intravilan ,	49.7874	20.2518
ovocnysadzahrada ,	49.7329	37.2545
komunikace ,	49.9266	31.5634
vodniplocha ,	49.7091	49.5404
les ,	48.6818	48.2673
louka ,	49.4920	38.6190
vinice ,	48.9150	22.1953
okrasnazahradapark ,	48.0269	28.7563

3) Současnost

Soubor *.adj:

Class ID / ID, 9, 1, 4, 5, 7, 8, 3, 2, 6, background

9, 2862750, 166273, 678677, 161966, 65288, 11818, 136200, 738685, 59193, 5682

1, 166273, 1976624, 43827, 176971, 24045, 7385, 10713, 8532, 2229, 1785

4, 678677, 43827, 38325608, 105421, 195157, 715, 71352, 147233, 39538, 31904

5, 161966, 176971, 105421, 3092046, 23392, 1894, 24177, 18118, 19199, 2080

7, 65288, 24045, 195157, 23392, 619596, 1479, 48680, 139657, 360, 3630

8, 11818, 7385, 715, 1894, 1479, 61212, 234, 148, 5, 6

3, 136200, 10713, 71352, 24177, 48680, 234, 4801804, 120800, 4717, 3887

2, 738685, 8532, 147233, 18118, 139657, 148, 120800, 15508556, 4606, 20121

6, 59193, 2229, 39538, 19199, 360, 5, 4717, 4606, 1743996, 1069

	TECI (rozdílnost 0,5)	TECI (dle ek. výz.)
land ,	48.4079	36.4877
komunikace ,	49.8596	38.8701
intravilan ,	49.7980	26.2663
ornapudaostatni ,	48.7858	28.2386
ovocnysadzahrada ,	49.8050	36.7404
vodniplocha ,	49.6382	47.3175
okrasnazahradapark ,	49.9873	28.7465
louka ,	49.5381	33.5217
les ,	49.1602	47.7238
vinice ,	49.5917	22.7120