
Výpočet evropských úmoří

Semestrální práce z předmětu Algoritmy prostorových analýz (KMA/APA)

Michal Kára <mkara@students.zcu.cz>

31.1.2010

Obsah

1. Úvod	1
2. Analýza dat	1
2.1. Definování zájmového území	1
2.2. Příprava dat	1
3. Výpočet úmoří	3
3.1. Hydrologicky korektní DMR	3
3.2. Rastr směru proudění	3
3.3. Povodí	4
3.4. Rozvodí	4
3.5. Ohraničující vrstva	5
3.6. Evropská úmoří	6
4. Závěr	8
5. Seznam literatury	8

1. Úvod

Úmoří je část pevniny, ze které všechna povrchová voda teče do jednoho moře nebo oceánu. Jednotlivá úmoří jsou oddělena hranicemi vedoucími po důležitých horských hřebenech (tzv. rozvodí), od kterých mají povodí a voda řek spád do jednotlivých moří. Hlavní pevninská úmoří patří k Tichému, Atlantskému, Indickému a Severnímu ledovému oceánu. Území České republiky (ČR) je odvodňováno třemi úmořími: úmoří Severního moře, Baltského moře a Černého moře. [1] Cílem semestrální práce je výpočet evropských úmoří, která byla zvolena podle významných moří a oceánů, do nichž odtéká povrchová voda z oblasti evropské pevniny.

2. Analýza dat

Původním předmětem zkoumání byl výpočet úmoří pro území ČR. Všechny analýzy dat byly prováděny v programu ArcGIS. Prvotní výpočty byly prováděny s pomocí funkce basin. Bylo však zjištěno, že systém není kompletní a bude nutné jeho rozšíření. Na hranicích zkoumaného území docházelo k roztříštění jednotného celku úmoří. V důsledku neexistence propojení se zbytkem území přes odpovídající říční síť a vznikaly menší lokální úmoří (povodí). Bylo nutné provést rozšíření zájmového území na vhodnou velikost, aby byl soubor objektů ovlivňující zkoumaný objekt kompletní.

2.1. Definování zájmového území

Zájmové území bylo nutné zvolit natolik velké, aby nebyly opomenuty žádné menší říční systémy. Zároveň je nezbytné nezahrnovat do výpočtu příliš mnoho podrobností, aby se neprodložoval nadbytečně výpočetní čas. Pro výpočet úmoří ČR se provedlo rozšíření území na celou Evropu, kdy omezující hranicí tvořily jednotlivá moře a oceány. Důsledkem rozšíření výpočetní oblasti byla možnost vytvoření úmoří pro celou Evropu. Výpočet byl prováděn pro úmoří Severního moře, Baltského moře, Černého moře, Středozemního moře, Severního ledového oceánu, Atlantského oceánu a bezodtokové oblasti Kaspického moře.

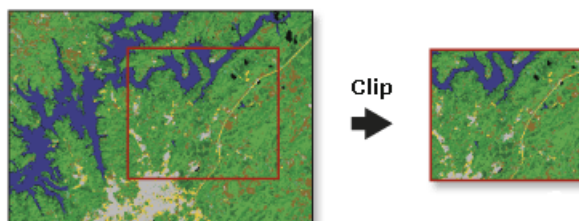
2.2. Příprava dat

Před výpočtem je nutné mít připravená dostatečně přesná data, která budou pro zvolenou velikost území zpracovatelná v reálném čase. Jako podkladová data byl použit digitální model reliéfu (DMR) z ESRI Data and Maps [2] s velikostí buňky 1x1 km. Pro výpočetní operace pro oblast ohraničenou zvolenými moři a oceány

jsou výpočetní operace zpracovatelné v řádu několika minut. Pokud výpočty budou prováděny nad daty s rozlišením 90x90 m, výpočetní čas se poté pohybuje v řádu desítek hodin.

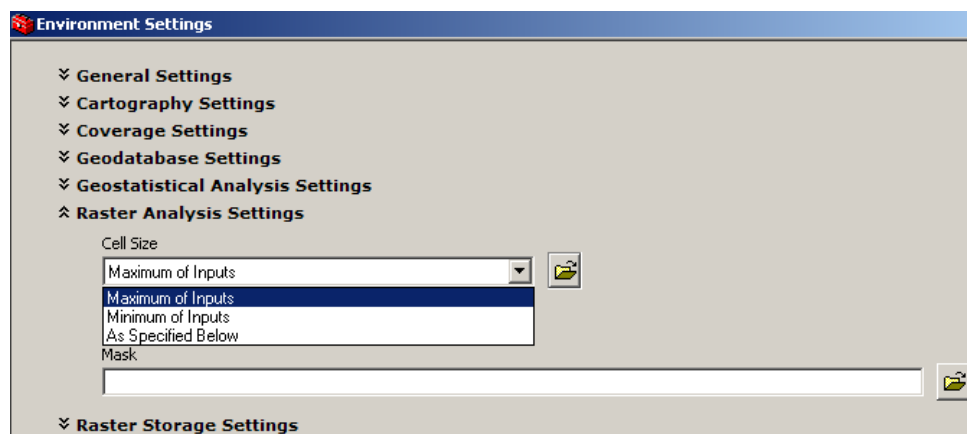
Pro další operace je vhodné, aby data s odpovídajícím rozlišením zobrazovaly pouze výpočetní oblast. Proto se provede ořez na požadované zájmové území. K ořezu rastrových dat byla použita funkce clip z Data Management Tools, kdy byl definován ohraničující obdélník, pomocí minima a maxima, zobrazující zájmové území. Obr. 1 zobrazuje použití ořezové funkce clip.

Obrázek 1. Funkce clip [3]



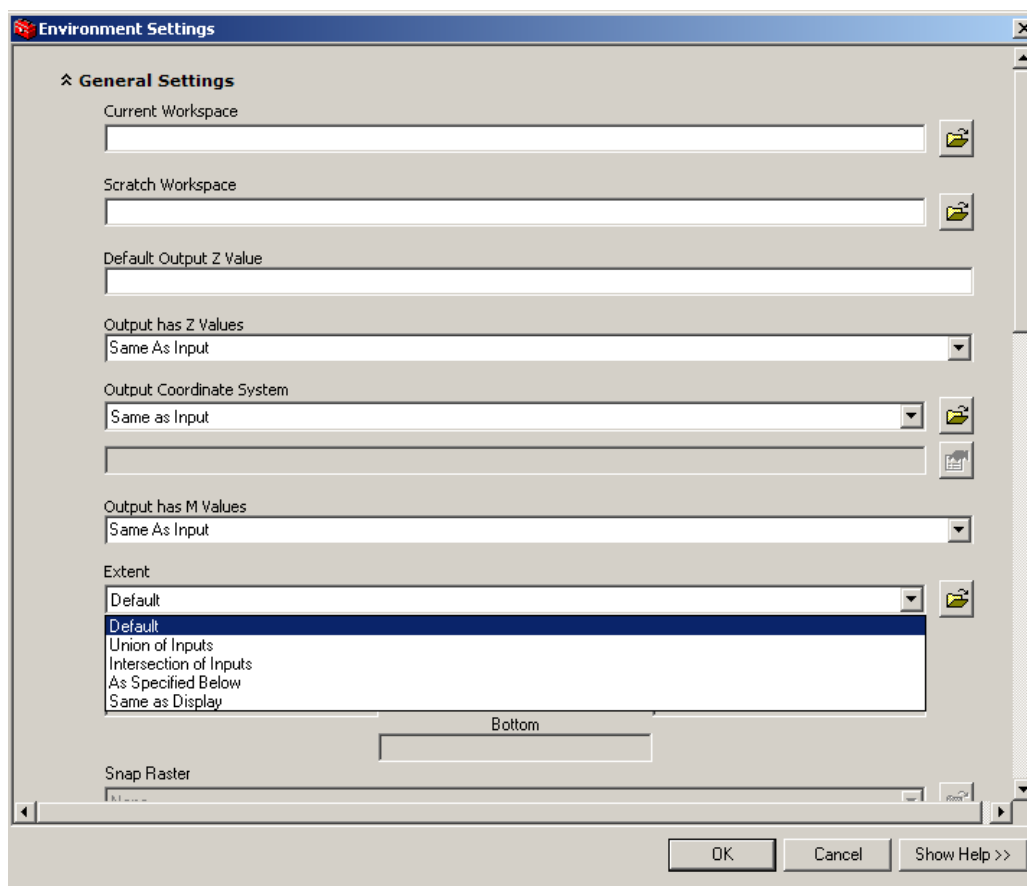
Důležité pro zachování požadovaného rozlišení je nastavení shodné velikosti výstupní buňky s buňkou vstupní, viz obr. 2. Pokud budeme provádět více operací, kdy potřebujeme zachovat stejnou velikost buňky, provede se globální nastavení pro všechny výpočty a úpravy.

Obrázek 2. Nastavení ohraničení území



Pokud budou všechny operace prováděny nad stejným územím, provedeme nastavení shodné výpočetní oblasti (extent), viz obr. 3.

Obrázek 3. Nastavení velikosti buňky

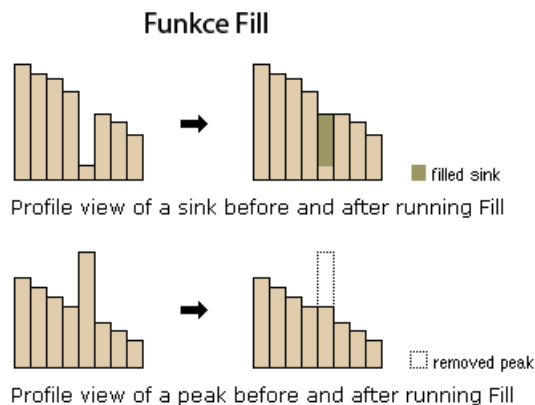


3. Výpočet úmoří

3.1. Hydrologicky korektní DMR

Hydrologické analýzy provádíme nad hydrologicky korektními daty, proto zvolený DMR upravíme na hydrologicky korektní. K tomuto účelu se využívá funkce Fill, odstraňující nespojitě oblasti v říční síti. Provádíme odstranění lokálních depresí, které mohli vzniknout při tvorbě DMR. Tyto deprese se mohou vyskytovat například na soutoku říčních ramen. Neopravením nespojitých oblastí může dojít k přerušení říční sítě a nesprávnému provedení dalších analýz. Obr. 4 zobrazuje vyplnění propast a odstranění výběžku za použití funkce fill. Více o tomto nástroji je možné zjistit v [3] nebo [4].

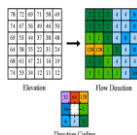
Obrázek 4. Grafické znázornění funkce Fill [3]



3.2. Rastr směru proudění

Pokud je prováděn výpočet povodí nebo úmoří je nutné znát říční síť se směrem odtoku rastru z buňky. Pro určení směru proudění využívá ArcGIS tzv. D8 algoritmus (osmi bodový algoritmus toku). D8 algoritmus aproximuje směr toků směrem nejstrmějšího klesání v okolí buňky o velikosti 3x3, tzn. že zjišťuje která buňka z tohoto okolí má nejmenší nadmořskou výšku. Tímto postupem je pro každou buňku z DMR zjištěn směr největšího spádu. Tento algoritmus vede automaticky k diskretizaci směru toků na násobky 45°, kdy nový atribut směru toků nabývá jednu z osmi směrových hodnot, viz obr. 5. Výpočet provádíme za pomoci nástroje flow direction nad hydrologicky korektním DMR, aby nám nevznikaly chybné výsledky.

Obrázek 5. Rastr směru proudění a D8 algoritmus [3]



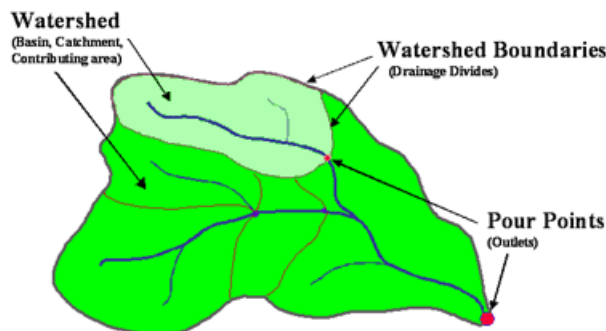
3.3. Povodí

K tvorbě povodí lze v ArcGIS použít funkci basin, která na základě identifikace rozvodnice vypočítá jednotlivá povodí. Funkce basin analyzuje rastr se směry odtoku z buňky a hledá soubory všech buněk patřících do stejného povodí. Vzniklý rastr obsahuje povodí, což jsou oblasti menší než požadované úmoří. Nyní máme možnost provést reklasifikaci a spojit menší povodí do větších celků, k čemuž nám schází informace o příslušnosti jednotlivých povodí do úmoří. Vhodné by tedy bylo definovat prahovou hodnotu, určující úroveň do níž budou povodí vytvářena, nebo určení cílových bodů, která budou definovat místa shromaždiště vody. Funkce basin bohužel neobsahuje žádné další možnosti nastavení týkající se těchto vymezení. V ArcGIS využijeme proto funkci watershed, umožňující výpočet rozvodí s definováním cílových míst shromaždiště vody.

3.4. Rozvodí

Funkcí watershed vytváříme oblasti, ze kterých teče voda do jednoho bodu. Tyto oblasti nazýváme rozvodí. Obr. 6 znázorňuje fungování funkce watershed, kdy určením nejnižšího bodu na říčním toku zajistíme hraniční bod pro rozvodí. Tento nástroj lze využít pro přesnější definování povodí nebo k jeho generalizaci.

Obrázek 6. Grafické znázornění funkce watershed [3]



Pro úmoří jsou stanoveny konečnými body jednotlivá moře, která jsou definována jako polygony ohraničující pevninu a dotýkající se pevniny na pobřeží. Funkce watershed umožňuje použití bodové nebo rastrové vrstvy, pro určení nejnižšího bodu říční sítě. Provedeme vytvoření omezujícího rastru moří. V této vrstvě musí každé moře obsahovat unikátní atribut, na jehož základě funkce watershed určí příslušnost rozvodí pro dané moře nebo oceán. Tvorba ohraničující vrstvy moří viz kap. 3.5. Výsledek výpočtu zobrazuje obr. 7

Obrázek 7. Úmoří vytvořená pomocí funkce watershed

Úmoří Evropy



Vstupní vrstvy pro funkci watershed tvoří rastr směru proudění a omezující vrstva moří. Obě vrstvy musí mít nastavený shodný rozměr (extent) a velikost jednotlivé buňky. Rastr směru odtoku z buňky nesmí obsahovat žádná NoData ve výpočetní oblasti, aby byla zajištěna návaznost všech buněk. Rastr moří musí obsahovat NoData v oblastech, kde se má vyskytovat pevnina. V tomto rastru jsou ohodnoceny pouze oblasti určující cílové destinace proudění vody.

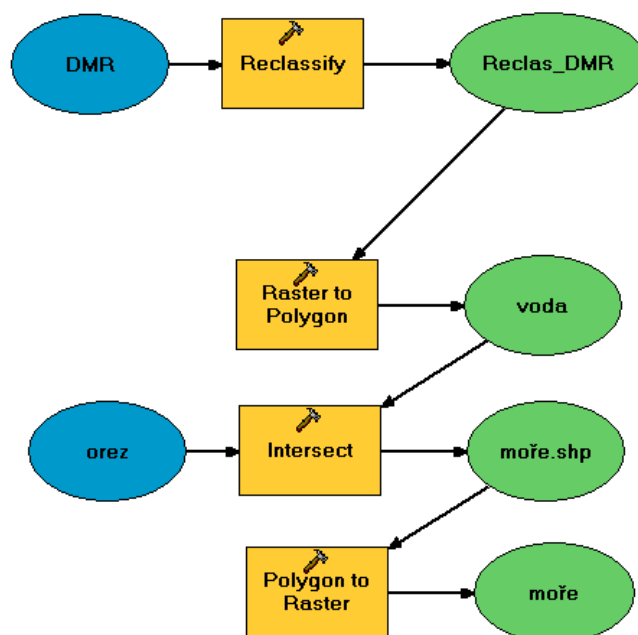
3.5. Ohraničující vrstva

Definovat místa, kam směřují vodní proudy, lze pomocí bodové nebo rastrové vrstvy. Pro vymezení moří se použije rastrová vrstva, která nejlépe reprezentuje zvolené oblasti. Pokud je k dispozici již existující vektorová vrstva vodních ploch, lze ji využít převedením na data rastrová. Při převodu je potřeba nastavit shodný extent a rozměr buňky pro správné provedení dalších operací.

Ohraničující vrstvu s vymezením moří a oceánů lze získat i z digitálního modelu reliéfu. Vstupní DMR, použitý pro výpočty, obsahoval informace o různé hloubce moří a nadmořských výškách pevniny. Nejprve se provede reklasifikace, kdy pevnina je nově ohodnocena jako NoData a zájmové vodní plochy sjednoceny pod jednu hodnotu. Reklasifikovaná data se převedou funkcí raster to polygon na data vektorová. Funkcí intersect dojde k rozdělení vektorové vrstvy vody na jednotlivá moře. Jako ořezová vrstva pro funkci intersect slouží vytvořená vrstva ořez, kde jsou pomocí polygonů vymezena moře. Každé moře má v této vrstvě unikátní atribut, na jehož základě provede funkce watershed určení příslušnosti území k danému moři. Ohodnocené a rozdělené moře se převedou zpět funkcí polygon to raster na data rastrová. Pokud bylo provedeno nastavení globálních parametrů cell size a extent, je zaručena stejná velikost buňky a návaznost rastru moří na rastr směru proudění.

Posloupnost jednotlivých operací tvorby moří znázorňuje obr. 8. Vstupními vrstvami jsou digitální model reliéfu a ořezová vrstva pro moře. Výstupem je rastrová vrstva moří a oceánů použitá.

Obrázek 8. Posloupnost operací pro tvorbu moří v Model-Builderu



Obr. 9 zobrazuje použitou ohraničující vrstvu se zvolenými a klasifikovanými moři a oceány. Jak již bylo zmíněno, pro korektní výpočet funkce watershed, musí být hodnota v oblasti pevniny nastavena jako NoData.

Obrázek 9. Ohraničující vrstva moří

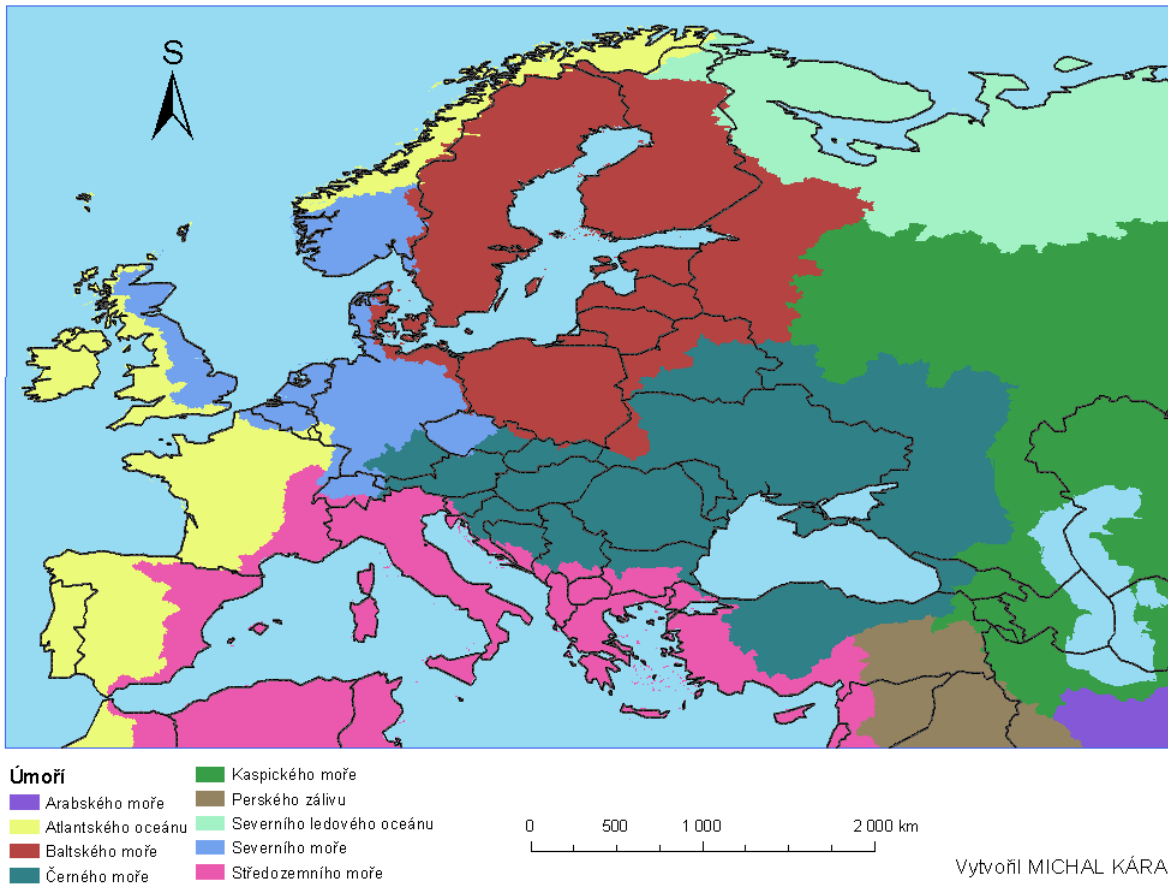


3.6. Evropská úmoří

Vniklý rastr z funkce watershed představuje rozvodí pro oblasti zvolených moří a oceánů. Výsledek zobrazuje nejen zájmovou oblast pro pevninu, nýbrž též oblasti vodních ploch. Provedeme oříznutí zájmové oblasti pomocí rastru pouze s pevninou, který získáme reklasifikací rastru moří. Vizualizace výsledné vrstvy, s popisem jednotlivých úmoří a pro větší přehlednost překrytá hranicemi jednotlivých států, zobrazuje obr. 10.

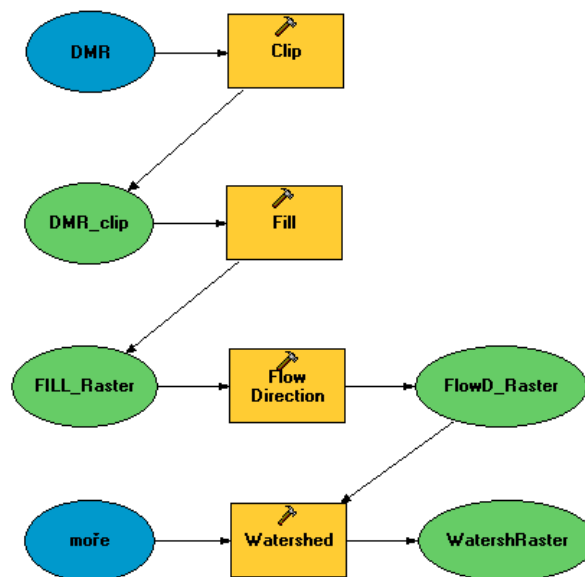
Obrázek 10. Evropská úmoří

Evropská úmoří



Posloupnost jednotlivých operací tvorby úmoří, bez úpravy pro výslednou vizualizaci, znázorňuje obr. 11. Vstupními vrstvami jsou digitální model reliéfu a vrstva moří. DMR je nejprve oříznut na menší zájmovou oblast a následně opraven o možné lokální deprese. Následuje vytvoření rastru směru proudění, který společně s vrstvou moří slouží k výpočtu úmoří. Výstupní rastrovou vrstvou následně ořízneme, aby zobrazovala požadovanou lokalitu. Dále je možné převedení na data vektorová a případně další úpravy.

Obrázek 11. Posloupnost operací pro tvorbu úmoří v Model-Builderu



4. Závěr

Určené vymezení jednotlivých úmoří je závislé na volbě hranic mezi moři a oceány. Pro některá moře nepanuje u geografických zdrojů shoda ve vymezení přesných hranic. Pokud určíme hranice moře v jiném místě, například posunem o několik kilometrů, může dojít k přiřazení ústí toku řeky, a tím celého číselného toku, k jinému moři, čímž dojde ke změně tvaru úmoří. Je nutné pečlivě zvážit úvodní volbu definování moří a oceánů. Z obr. 10 je patrné, že výsledky splnily očekávání, a že ČR má tři úmoří, což je mimo jiné nejvíce ve střední Evropě. Pokud budeme hledat pouze hlavní pevninská úmoří pro Evropu, dojde k rozdělení na úmoří Atlantského oceánu, Severního ledového oceánu a bezodtokovou oblast Kaspického moře nepatřící žádnému oceánu.

Důležité při těchto analýzách také je, aby byla zvolena vhodná podkladová data s optimální velikostí buňky, kterou zachováváme pro všechny výpočetní operace. Při nevhodné volbě velikosti zájmového území a velikosti buňky se výpočetní čas může z řádu minut změnit na desítky hodin. Pokud provádíme analýzu pro rozsáhlé území a požadujeme velkou přesnost, je nutné počítat s větší časovou náročností. Při operacemi s rastry je potřeba vhodně volit nejen výpočetní oblast, nýbrž také atributy zasahující do výpočtu. Pokud se v datech vyskytují oblasti s hodnotou NoData, musíme počítat s tím, že tyto oblasti nebudou do výpočtu zahrnuty, například při sčítání rastrů. V případě potřeby lze provést reklasifikaci těchto dat, kdy vhodně volíme jakými hodnotami se provede nahrazení.

Výše popsany postup tvorby úmoří je poměrně jednoduchý a lehce opakovatelný. K tvorbě postačuje digitální model reliéfu, z něhož lze následně získat všechny potřebné vrstvy a údaje. Je možné využít i jiné zdroje dat z nichž je potřeba digitální model reliéfu vytvořit.

5. Seznam literatury

- [1] CENIA. Vítejte na Zemi.. [online]. 2008 [17.1.2010].
<<http://vitejtenazemi.cenia.cz/slovník/index.php?article=50>>
- [2] ESRI. ESRI Data and Maps. [CD]. 2006 [17.1.2010].
- [3] ESRI. ArcGIS Desktop 9.3 Help. [online]. 2008 [17.1.2010].
<<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcome/>>
- [4] Petr Čejka. Hydrologické analýzy v ArcGIS a GRASS. [online]. 2009 [17.1.2010].
<http://gis.zcu.cz/studium/apa/referaty/2008/Cejka_HydrologickeAnalzy/>