

GEOINFORMATICKÉ MODELOVÁNÍ A JEHO PŘÍSTUPY V TVORBĚ MESH MODELU ÚZEMÍ

Blanka MALÁ¹, Zuzana CAPEKOVÁ²

¹ *Technická univerzita v Liberci, Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií, Ústav nových technologií a aplikované informatiky, Liberec, ČR*

² *Technická univerzita v Liberci, Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií, Ústav mechatroniky a technické informatiky, Liberec, ČR*

E-mail: blanka.mala@tul.cz

E-mail: zuzana.capekova@tul.cz

Klíčová slova: mesh model území, organizace dat, element pokrytí, atribut elementu.

Keywords: mesh model of area, data organization, cover element, element attribute.

Abstrakt: Mesh model území je geoinformatický model, který je specifický především svojí geometrií, organizací dat, mírou generalizace a aplikováním generalizačních metod v rámci všech fází výstavby modelu a v neposlední řadě svým účelovým využitím. Základem pro tvorbu specifického mesh modelu území je geoinformační systém území jakožto originál, který modelujeme jiným systémem (modelem). Organizace dat mesh modelu území spočívá ve vytvoření systému konečného počtu dvojrozměrných a trojrozměrných elementů v prostoru pokrývajících území podle stanovených kritérií a v daném prostorovém rozlišení. Každý element území definovaný polohou v prostoru nese dále informaci o poloze v topologickém smyslu a další atributy. Přístup k mesh modelování je popsán v článku a ukázán na příkladu vybraného území. Využití mesh modelu území je v aplikacích modelovaných například metodou konečných prvků. Příklady aplikačních oblastí: proudění podzemních vod, doprava, šíření chorob, postup migrací. Výsledky se mohou snadno implementovat do původního GIS.

Abstract: Mesh model of an area is a geoinformatic model, which is specific mainly by its geometry, data organization, degree of generalization and by application of generalization methods within the scope of all phases of model architecture and not least by its purpose utilization. The base for the specific mesh model of area creation is the geoinformatic system of given area as original, which is modeled by other system (model). Data organization of mesh model of area is based on creation of finite number of two and three-dimensional elements in 3D space in accordance with given criteria and spatial resolution by which is covered given area. Every space element defined by location has further information about location in topological context and further attributes. Approaches to mesh modeling of given area are described in article. Usage of mesh model of area is in applications which are modeled by finite elements method. Examples of application areas: groundwater flow, transportation, disease diffusion, migration movements. Results can be implemented into original GIS.

I. ÚVOD

Praxe se svými aktuálními problémy, které je nutné řešit, je velkou zásobárnou námětů pro geoinformatické modelování. Řešení úkolů, které před nás praxe staví, si žádá hledání nových řešení a přístupů. Právě mesh modelování území je problematika, která vzešla z požadavků praxe. Řada praktických úloh je dnes řešena pomocí nástrojů matematického modelování, použitím metody konečných prvků. Pro tyto úlohy je vždy nutné vystavět modelovou prostorovou síť. Pokud je kladen požadavek na použití metod

matematického modelování na datech z reálného světa – tedy geografických datech a zpětné interpretování výsledků modelování v krajině, v reálném světě, je pak nutné řešit, jak zpracovat geografická data tak, aby celé území bylo diskretizováno v souladu s požadavky matematického modelování a v každé fázi výstavby tohoto modelu (geoinformačního) existovala vazba na původní reálná data. Geoinformační modelování a nasazení GIS systémů pro zpracování dat reálného světa, vytvoření geoinformačního systému daného území a vytvoření mesh modelu území je přístup, který umožní v maximálně krátké době zpracovat data jakkoliv rozsáhlého území s požadovanou přesností pro daný účel.

II. MESH MODEL ÚZEMÍ A JEHO DEFINICE

Modelování zájmových objektů reality v prostoru a v čase je účinným prostředkem poznávacího procesu. Podle Veverka (1987) je model zjednodušené zobrazení skutečnosti, části objektivní reality. Zobrazovaná skutečnost se nazývá předmět modelování (předloha, originál). Modelem jsou zobrazeny pouze některé vybrané znaky předlohy, které nás v konkrétním případě zkoumání zajímají, zatímco od ostatních vlastností předlohy se upouští. O tom, které vlastnosti má model zobrazit, rozhoduje především účel, kterému má model sloužit. Cílem modelování je snaha o poznání vlastností studované části reality nebo určité logické konstrukce.

Mesh model území je geoinformační model, který je specifický především svojí geometrií, organizací dat, mírou generalizace a aplikováním generalizačních metod v rámci všech fází výstavby modelu a v neposlední řadě svým účelovým využitím

Geometrie mesh modelu území je dána konečným počtem dvojrozměrných a trojrozměrných elementů v prostoru pokrývajících území podle stanovených kritérií a v daném prostorovém rozlišení. Každý element území definovaný polohou v prostoru nese dále informaci o poloze v topologickém smyslu a další atributy.

Organizace dat mesh modelu území je v souladu s geometrií a spočívá v přiřazení atributů (charakteristik, popisu, vlastností) vytvořeným elementům. Organizace dat nesmí být závislá na systému, v jakém je mesh model území vytvářen a udržován.

III. VÝCHODISKA PRO TVORBU MESH MODELU

Model je zobrazením systému definovaného na daném objektu. Systém (originál) je modelován jiným systémem (modelem). Předlohou pro vybudování mesh modelu území je geoinformační systém území. Čili předlohou není území samotné, ale již jeho model. Na něm musí být definován systém, který je pak modelován. Záleží na účelu, za jakým je mesh model území vytvářen, podle toho jsou definovány entity a jejich vztahy, které budou součástí mesh modelu území. Zároveň musí být definovány požadavky na prostorové rozlišení modelu. Tyto požadavky závisí na měřítku modelování, podle kterého se stanoví kritéria pro geometrickou přesnost. Tu lze také nazvat krokem modelu. Na velikosti kroku modelu pak závisí výsledný počet elementů, který je v podstatě dalším vstupním údajem. Geometrická přesnost modelu tak může být dána implicitně nebo explicitně. Buď přímo – krok modelu bude např. 100m, nebo nepřímo odvozena z požadovaného počtu elementů – např. 5000 – 7000. Počet elementů je zde jenom jako příklad, u 3D modelových sítí je obvyklé 5-50 tisíc elementů, čím hustější síť, tím lepší, ale je zde omezení v hustotě sítě dané používaným SW pro další aplikační výpočty. Konkrétní omezení počtu elementů je dané zkušenostmi a praxí, jaká rozlišení modelu (tedy i hustota sítě elementů) je potřeba pro dané

typy výpočtu a to je věc, kterou neřešíme v rámci našeho modelování v GIS, protože tam lze připravit data jakkoliv podrobná, ale je to podmínka daná zadavatelem. Takže hustota výsledné sítě je jedním z parametrů vytvářeného mesh modelu.

IV. GENERALIZACE

Generalizace může být viděna jako transformace obsahu databáze. Generalizace spočívá ve výběru, geometrickém zjednodušení a zevšeobecnění objektů, jevů a jejich vzájemných vztahů pro jejich reprezentaci v modelu, ovlivněné účelem, měřítkem modelu (nebo jeho prostorovým rozlišením) a vlastním předmětem modelování. Cíl je odvodit novou (digitální) databázi s rozdílným nebo užším prostorovým a tematickým obsahem oproti originální databázi. Generalizace je hlavně účelový postup, nemůžeme optimalizovat množinu dat pro všechny účely.

Je potřeba vidět geografické jevy a prvky na vyšší úrovni pohledu. Generalizaci můžeme považovat za sérii transformací vykonanou na určitých prostorových datech s ohledem na definici odvozovaného modelu. Tedy se jedná o proces odvozování méně detailní množiny dat z detailní velkoměřítkové zdrojové množiny dat, prostřednictvím aplikování prostorových a atributových transformací.

Generalizace pro vytváření geometrie a organizace dat mesh modelu území spočívá především ve výběru a zjednodušování tvarů. Výběr znamená, že pracujeme pouze s prvky a jevy reálného světa (nebo originálního geoinformačního systému), které jsou požadovány z hlediska účelu modelování. Od ostatních můžeme upustit. Dále v souladu s rozlišením modelu dojde v rámci jednotlivých vrstev původního geoinformačního systému k výběru prvků podstatných, jedná se o normativní výběr.

Do modelu budou vybrány jenom požadované vrstvy původního geoinformačního modelu v souladu s účelem, pro který je mesh model území vytvářen. Zde census pro výběr je dán právě účelem modelu. Výběr v rámci jednotlivých datových vrstev vstupujících do nového modelu je dále uplatňován v souladu s rozlišením modelu. Pokud dojde k tomu, že na ploše jednoho elementu dojde k několikanásobnému výskytu jednoho prvku, pak jsou tyto prvky eliminovány a zůstane jediný. Tedy dva výskyty stejného prvku nebudou prostorově blíže, než je rozlišení modelu. Např. 4 studny vzdálené od sebe 1-2 m budou modelovány jako studna jediná v modelu s rozlišením 200 m. Obdobně dochází k prostorové redukci v souladu s rozlišením modelu. Pokud např. máme tektonický zlom o šířce 20 cm, pak bude modelován jako linie, protože v modelu s rozlišením 200m je šířka zlomu zanedbatelná.

Dochází také k opačnému jevu – např. v mesh modelu území modelujeme vodní toky tak, že vodní tok je reprezentován množinou elementů, kterými protéká. Pokud bychom se zabývali prostorovou stránkou tohoto způsobu modelování, pak vodní tok reprezentovaný linií v původním modelu nyní bude reprezentován jako plocha v novém modelu.

Samozřejmě grafická reprezentace v tomto typu modelování nehraje zásadní roli, protože nejdůležitější jsou topologické vztahy, které musí zůstat zachovány. Tj. sousednost, obsahování. Stejně tak nehraje roli změna geometrie objektu – zjednodušení linií a podobně, protože pokud nedojde k porušení topologických vztahů elementů modelu, mesh model území má pořád tutéž kvalitu.

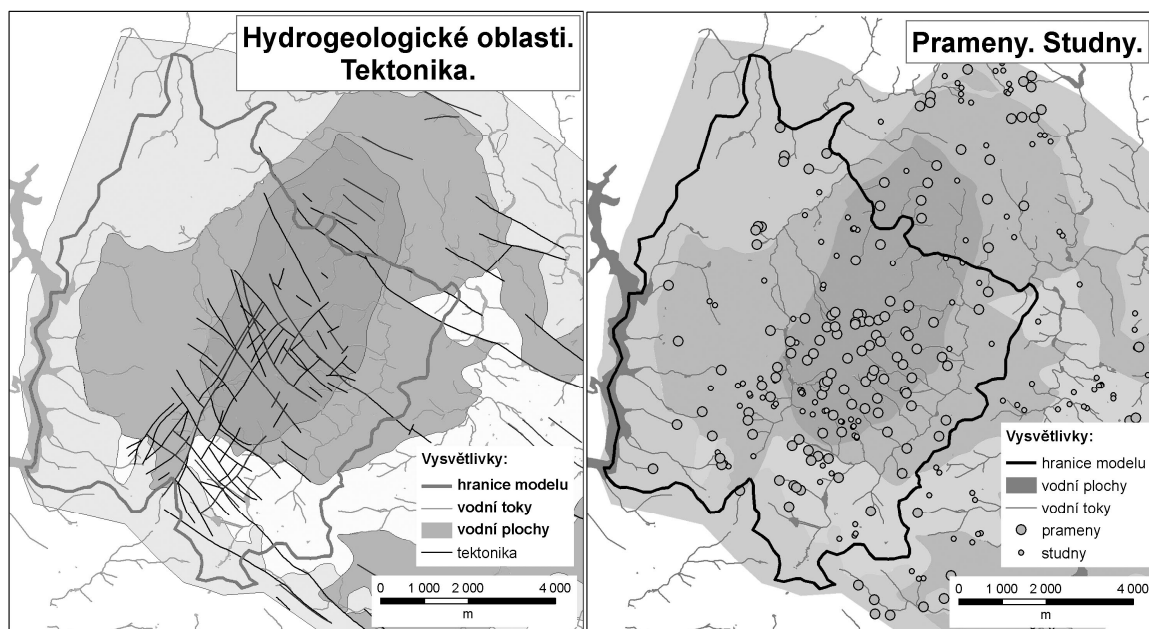
Na základě vymezení účelu modelu dochází také ke generalizaci atributů původní geografické báze dat. Obvykle se jedná o výběr atributů podle předem stanovených kritérií a dále změny klasifikace.

V. PRAKTICKÉ ŘEŠENÍ – PŘÍKLAD

Zde nastíníme konkrétní řešení mesh modelu dané lokality vytvářeného pro účel modelování migrace podzemních vod. Toto řešení bylo realizováno v prostředí programových systémů ArcGIS, GRASS GIS a AutoCAD.

A. Obsah mesh modelu území

Požadavek byl na vytvoření mesh modelu území, který bude obsahovat následující geografické jevy a prvky: hydrogeologické složení, tektoniku, povrchové vodstvo, studny, prameny. Část vrstev předzpracovaných v programu ArcGIS ukazuje obr. 1



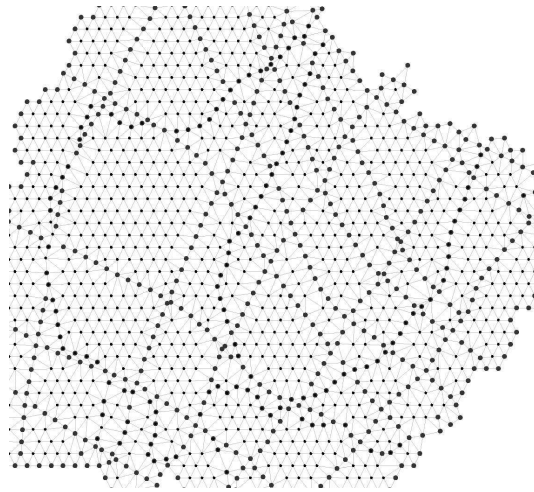
Obr.1. Účelově vybrané vrstvy z originálního geoinformačního systému dané lokality

B. Geometrické parametry

Geometrické parametry mesh modelu území se stanovují před samotným vytvářením modelu. Závisí na účelu, také na velikosti modelovaného území. V tomto příkladu se jedná o území rozsahu asi 15x15 km, požadováno je prostorové rozlišení 150-200 metrů. Mesh model území bude 2,5D (tj. bude obsahovat dvojrozměrné elementy v prostoru, objemové elementy nejsou požadovány). Území bude pokryto konečným množstvím trojúhelníkových elementů, požadavek je stanoven na maximálně 5-7000 elementů. Strany trojúhelníkových elementů musí ležet na hranicích území, na tektonických liniích a na hranicích hydrogeologických polygonů. Strana elementu je dána požadavkem prostorového rozlišení 150 – 200 m. Území má být pokryto co nejvíce pravidelnou sítí elementů dané přesnosti. Poznámka: pokud jsou v mesh modelu požadovány objemové elementy, jsou požadavky na geometrii formulovány obdobně.

C. Organizace dat

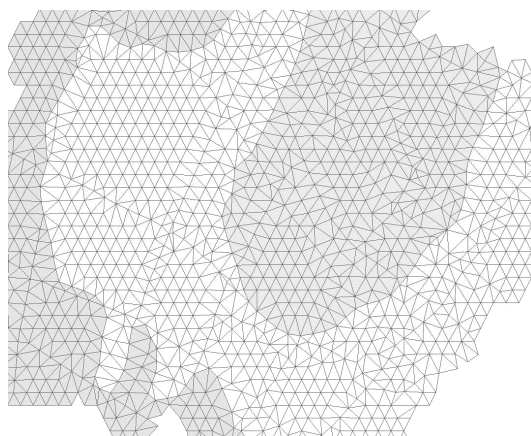
Požadavky na organizaci dat je nutné formulovat pře praktickým řešením modelu, těmito požadavky je ovlivněn výběr datových vrstev originálního modelu, které vstupují do odvozeného modelu. Požadované atributy mohou pocházet z jiných vrstev originálního modelu, než se kterými se pracuje při zpracování geometrie modelu. Konkrétní požadavky mohou být zformulovány například takto: Každý trojúhelníkový element bude mít jednoznačný identifikátor a dále ponese identifikaci bodů, které tvoří jeho vrcholy. Každý bod (vrchol elementu) bude mít jednoznačný identifikátor a pak souřadnice x,y,z. Kromě toho je u bodů požadována informace, k jaké tektonické linii patří nebo k jakému hydrogeologickému rozhraní. U elementů je požadována informace o příslušnosti k hydrogeologické oblasti, dále informace o výskytu vodního toku, vodní plochy, pramene a studny. Pokud se bude vyskytovat studna, je vyžadován údaj o nadmořské výšce hladiny.



Obr. 2. Zpracování geometrie modelu – bodové pole

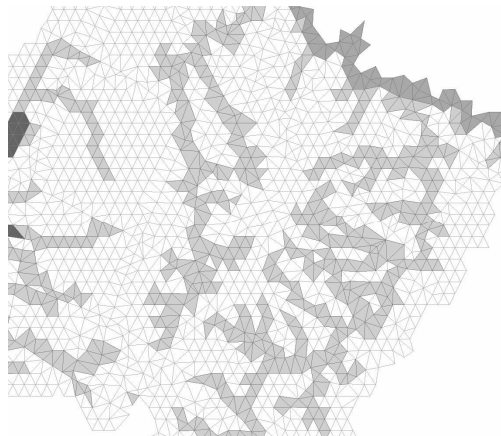
D. Řešení geometrie a organizace dat mesh modelu území

Nejprve bylo vytvořeno pravidelné bodové pole pokrývající zájmovou oblast s krokem 200m. Z originálního geoinformačního systému byly vybrány vrstvy tektoniky a hydrogeologických polygonů. Tyto liniové vrstvy byly nahrazeny množinami bodů s krokem 150 m a byly přidány do pravidelného bodového pole. Odtud byly pak eliminovány body, které ležely blízko tektonických linií a hranic hydropolygonů. Dále byly eliminovány podle podobného pravidla body na tektonických liniích a hranicích hydropolygonů, které byly blíže, než stanovený krok modelu. Tím bylo vytvořeno pole bodů, které mají požadované vlastnosti. Bodům byl přiřazen jednoznačný identifikátor a pak zaznamenány jako atributy x, y souřadnice. Souřadnice z byla odvozena z digitálního modelu reliéfu. Dále bodům byly přiřazeny atributy identifikující polohu na hranici modelovaného území, tektonické linii (číslo tektonické linie), hydrogeologickém rozhraní (číslo rozhraní) nebo uvnitř území ostatní body.



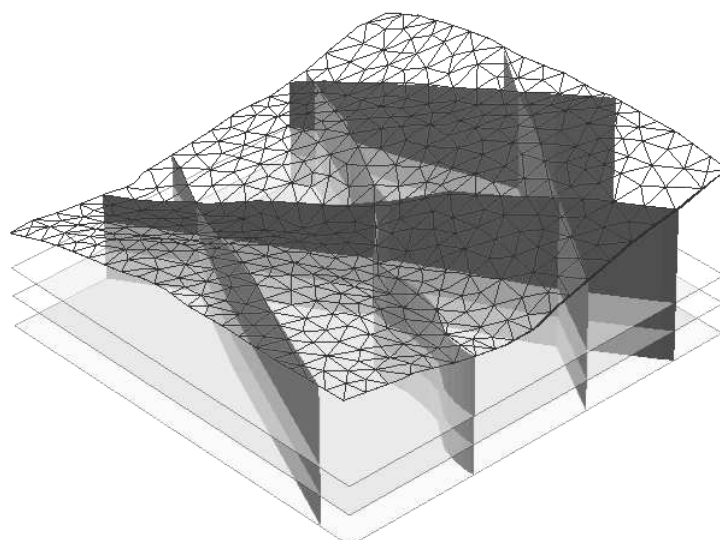
Obr. 3. Vizualizace zpracování geometrie modelu – vytvoření elementů

V tomto bodovém poli byla vytvořena trojúhelníková síť elementů. Jednalo se o Delaunay triangulaci. Elementy byly vytvořeny jako plochy, kterým byl přiřazen jednoznačný identifikátor. Jako atributy elementům byly přiřazeny informace o jejich vrcholech (3 jednoznačné identifikátory vrcholů trojúhelníkového elementu), dále informace o tom, zda se na elementu vyskytuje vodní plocha (a identifikace vodní plochy), vodní tok (samozřejmě s identifikací), pramen, studna (kromě atributu udávajícího výskyt studny je vytvořen atribut udávající nadmořskou výšku hladiny studny – tento atribut je odvozen ze známé hloubky studny v původním geoinformačním systému a z digitálního modelu terénu). Toto přiřazení atributů (a také informace o topologických vztazích) je nejčastěji výsledkem prostorových analýz na obou modelech současně, jak originálním, tak na odvozeném mesh modelu území.



Obr. 4. Vizualizace řešení atributů – vodní toky

Řešení není triviální, pro vytvoření mesh modelu území byly použity nástroje ArcGIS a GRASS GIS, výsledný mesh model území byl uložen jako systém dbf souborů. Vizualizace byla provedena v systému ArcGIS, ale vizualizace mesh modelu území slouží spíše pro dokreslení celkové situace v území a rozdělení území na jednotlivé elementy, ale pro využití mesh modelu území není nezbytná.



Obr. 5. Vizualizace části mesh modelu v ArcScene

VI. ZÁVĚR

Uvedený příklad definice požadavků na účelový mesh model území je pouze příkladem, v praxi je takových požadavků mnoho, stejně tak konkrétních postupů řešení geometrie modelu a organizace dat. Také použitý SW se liší podle toho, jaké požadavky na mesh model území jsou kladeny. Na jedné lokalitě se v rámci matematického modelování používá více mesh modelů téhož území, které se liší svým rozsahem území, prostorovým rozlišením a také množstvím zpracovávaných atributů. Aby bylo možné podle definovaných požadavků vytvářet tyto mesh modely území s různými parametry, je nutné mít kvalitně zpracovaný originální model – geoinformační systém území, který slouží jako výchozí model pro tvorbu mesh modelů daného území. Bylo zjištěno, že se jeví jako velmi vhodné udržovat geoinformační systém území v souborových systémech několika různých SW nástrojů, což umožní rychlé vytvoření požadovaných odvozených modelů. Je zároveň nezbytné mít vyřešen vzájemný přenos souborů mezi SW systémy a zároveň udržovat data originálního modelu aktuální. Využití mesh modelu území je v řadě aplikací modelovaných například metodou konečných prvků. Jako příklady aplikačních oblastí lze uvést proudění podzemních vod, doprava, šíření chorob, postup migrací. Vzájemná provázanost originálního modelu a odvozeného mesh modelu území umožní výsledky implementovat do původního GIS.

LITERATURA

- Hálková Malá, B. (2003): Dynamic Geoinformatic Models. Acta Universitatis Carolinae – Geographica, 38, č. 1, s. 79 – 86
- Hálková Malá, B. 2002. Tvorba kartografických modelů pod CAD systémy. Kartografie a geoinformatika, 4, č. 2, s. 1-158
- Malá, B. (2007): Tvorba geoinformačního systému Melechov a předzpracování dat v GIS pro tvorbu sítě pro další modelování. [Online.] Dostupné na <www.geoinformatika.wz.cz>
- Malá, B., Capeková, Z. (2008). Výstavba modelové sítě a její naplnění daty z GIS a stanovení počátečních podmínek pro různé varianty migrace. Zpráva o stavu řešení. NTI, FM, TUL.
- Malá, B., Capeková, Z. (2007): Geoinformační systém lokality Melechov a účelový model geometrie se zpracováním sítě pro danou lokalitu. [Online.] Dostupné na <www.geoinformatika.wz.cz>
- Veverka, B. (1987): Teorie systémů a kybernetika. Praha, ČVUT. 154 s.