

APLIKACE GEOINFORMAČNÍHO SYSTÉMU V RÁMCI VÝSTAVBY MODELOVÝCH SÍTÍ PRO MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ PROUDĚNÍ PODZEMNÍCH VOD

Zuzana Capeková¹, Blanka Malá²

Technická univerzita v Liberci, Fakulta Mechatroniky,

Studentská 2, 461 17 Liberec 1^{1,2}

zuzana.capekova@tul.cz, blanka.mala@tul.cz

Klíčová slova: modelování proudění podzemních vod, síť

GIS je v současnosti významný zdroj informací pro matematické modelování jak ekonomických, tak i přírodních jevů. Přímé převzetí dat z GIS znamená zvýšení přesnosti modelu, ale také snížení pracnosti při jeho vytváření, protože data obsažená v GIS jsou již v elektronické podobě. Přesnost modelu je významně závislá na přesnosti vytvořené sítě. Tvorba sítě pro modelování se skládá z tvorby geometrie sítě, na základě které se vytvoří síť a následně soubory, které obsahují materiálové vlastnosti elementů, okrajové podmínky a počáteční podmínky. Využití GIS se jeví jako výhodné řešení. Data z GIS slouží jak při tvorbě geometrie, tak při tvorbě materiálových podmínek a okrajových podmínek, ale mohou sloužit i pro kontrolu přesnosti výpočtu. Prostředí umožňuje efektivně předzpracovat data pro další využití z hlediska generalizace a interpretace, vazba modelové sítě na GIS v různých fázích výstavby umožňuje udržet kontinuitu s původními daty v geoinformačním systému.

GIS APPLICATIONS IN TERMS OF CREATING MODEL FOR GROUNDWATER FLOW MODELLING

Zuzana Capeková¹, Blanka Malá²

Technická univerzita v Liberci, Fakulta Mechatroniky,

Studentská 2, 461 17 Liberec 1^{1,2}

zuzana.capekova@tul.cz, blanka.mala@tul.cz

Key worlds: groundwater flow modelling, mesh, geometry

GIS is the most important source of information for the mathematic modelling of economic or natural effect. Direct usage of data from GIS means the model exactness increasing and reductions of the work difficulty. The highest advantage is that the GIS data are already in digital condition, which we could use directly. The modeling exactness is depends of the model precisions. The model for mathematical modeling is contains of creating geometry, from which is generated the mesh, set of files with some additional information like material properties, boundary conditions and starting conditions. GIS could be used also for the comparing modelling conditions with the reality. Its Use of GIS for geographical data upkeep is seems like advantage solution. GIS environment makes possible effective data preparing for the next use. Mapping the data from GIS into the model makes possible to keep in context between GIS and model during all the condition of modeling and let model to be in link with the reality.

Úvod

Matematické modelování slouží v dnešní době zejména pro modelování procesů, které jsou buď ekonomicky náročné, jevy nezvratné nebo jevy, které je nutno sledovat v dlouhém časovém intervalu. Modelování slouží jako účinný aparát, ale pouze za předpokladu dostatečné znalosti modelovaného jevu, vhodného zvolení hranic oblasti, okrajových podmínek a materiálových podmínek. Volba těchto parametrů umožňuje velkou variabilitu, ale velmi ovlivňuje přesnost modelu. Právě možnost tvorby geometrie modelu s podporou GIS, kde můžeme zvolit přesně vymezenou oblast na základě získaných údajů, nám umožňuje správně definovat kromě hranice oblasti i materiálové vlastnosti a okrajové podmínky modelu. Tyto vlastnosti a podmínky je možno pomocí GIS přidělovat přímo jednotlivým elementům nebo uzlům podle toho, zda se jedná o hybridní nebo uzlový model.

Sít' pro modelování metodou konečných prvků

Pro různé druhy modelování jsou potřeba sítě určitým způsobem specifické, ale základní požadavky se nijak neliší. Pro definování území, které chceme modelovat nám slouží geometrický model, který vymezuje modelovanou oblast, rozděluje oblast na jednotlivé objemy, které mohou mít různé materiálové vlastnosti, nebo jsou odděleny zlomy se sníženou nebo zvýšenou propustností.

Rozdělení modelu do podoblastí nám vymezuje části modelu s různými materiálovými vlastnosti.

Okrajové podmínky modelu

Okrajové podmínky jsou v modelování metodou konečných prvků obecně tří druhů a to podmínka Dirichletova, Neumanova a Newtonova. Ne všechny druhy okrajových podmínek můžeme použít na všechny typy úloh. Okrajové podmínky pomáhá vhodně zvolit GIS pomocí přirozených hranic, na kterých jsou známé dané sledované parametry, které můžeme v modelování jako hranice uplatnit, při modelování proudění podzemních vod jsou to zejména rozvodnice, hranice zvodní nebo hranice s nulovou propustností.

Pomocí GIS je možné nastavit okrajové podmínky elementů, na kterých se nacházejí objekty které mají vliv na parametry modelu, například je možno dohledat elementy, kterými prochází řeka, elementy s výskytem studní a podobně, taky je možné vybrat elementy, na kterých jsou známé hodnoty modelovaných fyzikálních jevů a tak je můžeme pro vyšší přesnost začlenit do modelu.

Transformace dat z GIS

Jestliže uvažujeme obecný případ, postupujeme obvykle tak, že nejprve vyexportujeme vybraná data z GIS ve formátu, který nám GIS umožňuje a tato data pak upravíme do formátu, který je vhodný pro další zpracování. Postup při tvorbě souborů pro modelování je individuální podle potřeb modelovacího nástroje, ale obecně je potřeba vytvořit soubor elementů, jejich materiálových vlastností, hranic oblastí a okrajových podmínek pro okrajové elementy.

Popis tvorby vstupních souborů pro modelování simulačním nástrojem Flow123D

V případě použití simulačního nástroje pro modelování Flow123D, který byl vytvořen na fakultě mechatroniky TUL vytváříme nejprve geometrický model.

Geometrický Model

Geometrický model vymezuje hranici modelované oblasti, rozdělení oblasti na podoblasti s různými materiálovými vlastnostmi a soubor puklin, které rozdělují jednotlivé oblasti. K vytvoření geometrického modelu slouží data vyexportovaná z databáze GIS, které je ale potřeba ručně optimalizovat, protože GIS funkce pro generalizaci dat slouží spíše pro kartografické účely a nedokáže vytvořit body vymezující hranice tak, aby do optimalizované hranice zahrnul i bod který protíná hranici modelované oblasti s hranicí území, respektive s puklinou, GIS má tato data uložené v jiné vrstvě. Také je problém s vytvořením ID bodů pro geometrický model. Geometrický model území je poměrně rozsáhlý soubor, který obsahuje až 1000 záznamů, které je potřeba identifikovat na základě ID, to znamená, že je potřeba číslovat body vymezující jednotlivé hranice oblastí tak, aby byla možná pozdější identifikace na základě čísla bodu.

Množinu bodů, kterou jsme transportem získali, je nutné dále upravovat. Je potřeba propojit body přímkami, pomocí uzavřené množiny přímek definovat plochy a pomocí uzavřené množiny ploch definovat objemy, to všechno je potřeba přečíslovat podle zvoleného klíče. Tento proces není zatím automatizován. Generátor sítí, který využíváme, má vizuální pomůcku pro tvorbu ploch a objemů.

Mesh model

Po zhotovení Geometrického modelu je potřeba oblast rozdělit na systém podoblastí elementů. Elementy jsou čtyřstěny pro objemové oblasti a trojúhelníky pro pukliny. Pro rozdělení oblasti na systém podoblastí využíváme generátor sítí GMSH, který oblast rozdělí na podoblasti, každý element podoblasti nese informaci o tom, v které části modelovaného území se nachází na základě ID z geometrického modelu. Tento model nazýváme mesh model.

Materialové vlastnosti mesh modelu

Ke každému Mesh modelu je potřeba vytvořit soubory s materiálovými vlastnostmi jednotlivých objemových a plošných elementů, ty se přiřadí na základě údajů o rozdělení oblasti na podoblasti z GIS.

Okrajové podmínky mesh modelu

Nejproblémovější je soubor, který přiřadí jednotlivým hraničním okrajové podmínky. Na základě dat z GIS je například možné vyhledat jednotlivé povrchové elementy, kterými prochází vodní tok, rozvodnice nebo jiné oblasti na základě atributů, které mají vliv na změnu okrajových podmínek.

Mesh model povrchu

Mesh model povrchu slouží pro kontrolu. Simulační nástroj Flow123D počítá proudění pouze v saturovaném prostředí, ale je vhodné mít k modelu informaci o tom, jak je model vzdálen od zemského povrchu. K tomuto nám slouží síť hraničních povrchových elementů, ve kterých je původní z-souřadnice nahrazena souřadnicí podle skutečné nadmořské výšky převzaté například z digitálního modelu reliéfu.

Kontrola přesnosti výpočtu na mesh modelu

Po proběhnutí výpočtu je možné zkontrolovat přesnost výpočtu v případě, že máme v GIS k dispozici potřebné údaje - například z vrtů, na kterých byla vykonána určitá měření. Na základě polohy vrtu se v modelu dohledají všechny elementy, které jsou vrtem dotčeny.

Data která je možné převzít z databáze GIS do modelu

U tvorby geometrického modelu je obecně výhodné převzetí hranice modelu z GIS, stejně jako převzetí hranic oblastí s různými materiálovými vlastnosti.

Na úrovni tvorby okrajových podmínek je vhodné za podpory GIS vyhledání elementů, na kterých jsou jiné okrajové podmínky oproti zbývajícím okrajovým částem daného území.

Při kontrole přesnosti výpočtu je vhodné využití polohy vrtů, u kterých jsou známé počítané veličiny.

Převod z GIS databáze do geometrického modelu není prostý. Data je potřeba nejprve vyexportovat z GIS do souboru, který má známou strukturu, například do souboru, který obsahuje postupně x, y, z souřadnici jednotlivých bodů. Pro některé účely je potřeba data z GIS upravit pouze částečně, pro některé je úprava dát náročnější a je nutné vytvoření důmyslnější aplikace. Například pokud chceme použít body z hranic oblastí do geometrického modelu, postačí pouze vyexportovaná data z GIS upravit do formátu který rozpoznává GMesh, který používáme při tvorbě Geometrického modelu a pro generování sítě mesh modelu je potřeba soubor pouze poupravit tak, aby bylo možné ho v GMesh vizualizovat. Pro tvorbu povrchové sítě je jednou z možností vyexportovat grid výšek z GIS, následně použít aplikaci, která najde pro každý uzel elementu Mesh modelu výšku bodu ze souboru vyexportovaného z GIS. Každému uzlu mesh modelu je přiřazena výška nejbližšího bodu z grid souboru.

Postup transportu dat z GIS do modelu

Data získaná z matematického modelování za pomocí popisovaného mesh modelu je jednoduché vložit do GIS jako další vrstvu jednoduše, protože jsou zachovány přesné souřadnice. Tato data je možno v GIS lépe vizualizovat, uchovávat a dále s nimi pracovat.

Závěr

Transport dat pro matematické modelování z GIS se jeví jako výhodné řešení. Můžeme porovnávat řešení výstavby mesh modelu bez nasazení GIS a s využitím GIS. Zkušenosti ukázaly, že v druhém případě je tvorba sítě a mesh modelování efektivnější, data přesnější a zároveň zůstává zachována integrita s daty uloženými v GIS po celou dobu práce s modelem. Nespornou výhodou je i následná archivace výsledků v GIS.