

Posudek na disertační práci Mgr. **Jakuba Kmece**

Analysis of the mathematical models for unsaturated porous media flow

Předložená práce se zabývá matematickým modelováním proudění v nenasyceném porézním prostředí. Práce má celkem 120 stran, z čehož 2 strany zabírá seznam označení a zkratk, 13 stran soupis použité literatury a 2 strany seznam videí s výsledky výpočtů uložených na příloženém DVD. Formálně je rozdělená do pěti částí (počítáno včetně úvodu a závěru) plus DVD příloha s matlabovskými kódy a zmíněnými videi. Napsaná je celá v angličtině. Soupis použité literatury obsahuje úctyhodných 142 titulů.

První matematický model popisující množství vody vypařované z půdy v horkých letních měsících, tedy model pohybu vody a vodní páry v nenasyceném porézním prostředí, odvodil Lewis Fry Richardson (1881–1953) již v roce 1922, tedy téměř před sto lety. Pár stránek popisujících jednu výslednou rovnici tehdy vzniklo jako snaha vymyslet výpočetní model předpovídající počasí (*Weather Prediction by Numerical Processes*, Boston, Cambridge University Press, 1922). Část Richardsonovy rovnice, která popisuje pohyb kapalně vody, se dnes jmenuje podle Lorenzo Adolpha Richardse (1904–1993), který se jí podrobněji zabýval zhruba o dekádu později (*Capillary conduction of liquids through porous mediums*, PhD Thesis, Cornell University, 1931).

Tato Richardsova rovnice je v hydrogeologii stále hojně používána, je však známo, že jsou situace, které popisuje vcelku dobře a kde se jí naopak nedaří. Je proto velmi užitečné podívat se, jak je to vlastně s její použitelností.

Odstavec 1.1 shrnuje ty problémy, které nejsou v rámci Richardsovy rovnice řešitelné. V části 1.2 je provedeno odvození Richardsovy rovnice, což umožňuje autorovi udělat si jasno v tom, co z toho jsou čistě fyzikální předpoklady a co „dodala“ matematika. To je velmi důležité, pokud máme pochybnosti o vhodnosti tohoto modelu.

Velmi vysoko hodnotím kapitolu 2, která obsahuje shrnutí vývoje modelování proudění v nenasyceném homogenním porézním prostředí za posledních cca 100 let. Na takovém základě lze už něco kvalitního postavit!

Kapitola 3 je představuje zcela nový koncept řešení - vytvořit matematický model zkombinováním celulárního automatu s parciální diferenciální rovnicí, což je zde ilustrováno na jednorozměrné úloze. A přitom tento model je schopný reprodukovat všechno podstatné, co se v realitě pozoruje, což doposud žádný jiný model neumí. Zajisté skvělý výsledek.

V kapitole 4 vidíme dvoudimenzionální model vystavěný na stejných principech jako jednodušší verze v kapitole předcházející. Zde je pozoruhodné, jak model dokáže zachytit finger flow (proudění v kanálcích), piston flow (proudění v kanálu) a přechod mezi nimi. To staré modely nedovedly. Autor odvedl zde (ale i u 1D-modelu) množství náročných programátorských prací, kterou velmi oceňuji.

Mohu konstatovat, že v práci jsem nenašel žádné sporné pasáže ani chyby. V dalším uvádím své připomínky a poznámky k textu, které jsem při hodnocení obsahu ponechal stranou.

Připomínky k posuzované práci :

- Začnu připomínkou, o níž si myslím, že by měla zaznít: významnou roli ve zkoumání celé problematiky sehráli kolegové Tomáš Fürst a Rostislav Vodák. Tím ovšem nechci umenšovat autorův podíl. Výzkum, pokud se nezabývá triviálními problémy, je už dlouhou dobu týmová práce, nikoliv doména solitérů.
- Odstavec 3.3 obsahuje nedořešený problém s limitou jednorozměrného semi-continuum modelu. Numerická limita se zdá indikovat, že (analytická) limita existuje. Nicméně k jasnému závěru se nedošlo. Já ovšem nevidím nic nepatřičného na tom, že práci na disertaci je třeba v rozumném čase ukončit. Problém ovšem zůstává otevřený.
- Výsledky z této práce jsou publikované v Scientific Reports, což je na úrovni disertace skvělé doporučení.

Otázka k obhajobě:

- Předmětem práce je i numerické řešení nového resp. vylepšeného matematického modelu. V takových případech bývá obvyklé postup řešení zapsat pomocí algoritmů. Přivítal bych proto, kdyby autor mohl své řešení takto prezentovat.

Závěr :

- Stanovených cílů disertační práce bylo dosaženo v té míře, jak jsem to již uvedl výše. U náročné problematiky zpravidla vždy ještě zbudou otázky, které je třeba dořešit a není to nic neobvyklého a neakceptovatelného.
- Práce obsahuje samostatný přístup autora k dané problematice vycházející z jeho dosavadních publikací, přičemž neobsahuje žádné zásadní chyby a odvozuje používané postupy v dostatečném rozsahu.
- Problematika, jíž se disertační práce zabývá, vystupuje v řadě důležitých praktických problémů a má význam např. i pro dnes tak diskutovanou tvorbu klimatických modelů nebo pro správné hospodaření s vodou v krajině.
- Grafická úprava práce je na velmi dobré úrovni, což platí, pokud mohu posoudit, i pro její zpracování v angličtině.
- Publikační způsobilost uchazeče i rozsah a úroveň jeho publikací hodnotím jako vysoce kvalitní.
- Předloženou práci hodnotím s ohledem na její náročnost a nově získané poznatky jako mimořádně zdařilou a bez jakýchkoliv pochyb **doporučuji k obhajobě**.

V Olomouci, 28. 4. 2021

RNDr. Horymír Netuka, Ph.D.
katedra MAaAM
PřF UP Olomouc