

Posudek na disertační práci

Mathematical modelling of air-flow in geometrically complicated areas

pana

Vladimíra Fuky

Předložená práce se zabývá numerickou simulací turbulentního proudění v mezní vrstvě atmosféry. Hlavním cílem práce je vývoj numerického modelu (*Charles University Large-eddy Microscale Model, CLMM*), který je založen na numerickém řešení Navierových-Stokesových rovnic v Boussinesqově aproximaci spolu s rovnicí pro potenciální teplotu a případně pro pasivní příměsi. Řešení je získáváno pomocí metody konečných objemů kombinované s metodou konečných diferencí na tzv. *staggered* síti. Rovnice kontinuity je splňována pomocí projekční metody využívající rychlou Fourierovu transformaci a vlivy turbulence jsou zahrnuty pomocí metody simulace velkých vírů (*large-eddy simulation, LES*). Okrajové podmínky jsou řešeny pomocí metody vnořené hranice.

V úvodních kapitolách autor podává přehled matematických modelů a numerických metod používaných při numerických simulace proudění. Dále popisuje metodu simulace velkých vírů a podrobněji popisuje model mezní vrstvy atmosféry. Ve čtvrté kapitole je stručně popsán autorem vyvinutý program CLMM. Kapitoly 5 až 8 jsou založeny na autorem publikovaných článcích a obsahují popis autorem vyvinuté knihovny pro řešení Poissonovy rovnice na paralelních počítačích a některé výsledky získané pomocí CLMM softwaru. Je zde provedeno též srovnání s jinými ve světě používanými modely a s experimentem provedeným na modelu proudění v městské zástavbě.

Hodnocení práce

Autor vyvinul numerický model CLMM a tím prokazatelně splnil hlavní cíl práce. Problematika proudění v mezní vrstvě atmosféry s přenosem příměsí je vysoce aktuální a dotýká se širokého spektra aplikací od meteorologie přes posuzování vlivů staveb na životní prostředí až po omezování bezpečnostních rizik např. při explozi či úniku nebezpečných látek. Použitá metoda (tj. numerická simulace Navierových-Stokesových rovnic) je v posledních letech velice populární neboť dokáže poskytnout poměrně spolehlivé a detailní údaje v přiměřeném čase. Autorem zvolený postup tomuto trendu odpovídá a jeví se mi tedy jako vhodně zvolený a závěrečná část práce dokazuje, že CLMM lze využít pro řešení praktických úloh (např. přenos znečištění v atmosféře nad městskou zástavbou). V průběhu vývoje CLMM byla také vyvinuta volně dostupná knihovna PoisFFT sloužící pro řešení Poissonovy rovnice na paralelních počítačích.

K předložené práci mám následující poznámky a výhrady:

1. Z popisu numerických metod není zřejmé, které varianty byly použity v CLMM. Navíc je popis metod je poněkud neuspořádaný. Např. na str. 26 je podrobně rozepsáno schéma obsahující aproximace všech členů přičemž na stranách 27-29 jsou popisovány jiné způsoby diskretizace advektivních členů.
2. Z textu není zřejmé zda schéma 1.56-1.62 obsahující korekční členy je navržené autorem práce

či zda je převzaté z literatury.

3. Na str. 15 se uvádí „... term can be approximated by any multistep method“ a jako příklad je uvedena mimo jiné i Crankova-Nicolsonova metoda. Ta však mezi více krokové metody nepatří. Navíc aproximace uvedených členů mohou být provedeny i jinými než více krokovými metodami.
4. Ve vzorci 1.127 je r vyjádřeno jako podíl diference toků. To je ve sporu s popisem v textu pod vzorcem, kde je uveden podíl diferencí řešení. Navíc podíl diferencí toků může vést na schéma produkující řešení nevyhovující entropické podmínce.
5. Na straně 30 je uvedena nepřesná nebo nejasná definice lineárního schématu. Je dle této definice například schéma 1.122 lineární?
6. Z popisu knihovny PoisFFT není na první pohled zřejmé zda je knihovna použitelná i pro případ nehomogenních okrajových podmínek.
7. Jak si mám vysvětlit rozdíl v rychlosti OpenMP a MPI implementace pro jedno jádro (grafy 5.2 a 5.3)?

Závěr

I přes výše uvedené výhrady považuji předloženou práci za velmi kvalitní a jednoznačně prokazující předpoklady autora k další samostatné vědecké práci. Proto tuto práci **doporučuji** k obhajobě.

V Praze, dne 10.11.2014

Doc. Ing. Jiří Fürst, PhD.



Drobné připomínky a překlepy:

1. V rovnici 1.19 není vysvětlen symbol ρ_0' .
2. V rovnici 1.59 je pravděpodobně místo u^* uvedeno \hat{u} .
3. Na straně 21 na řádce 4 chybí závorka za „(like....“.
4. Na straně 22 v posledním odstavci je překlep „Th“ místo „The“.
5. Vzorce 1.103 a 1.104 překračují hranici stránky
6. Na straně 29 se píše „... *velocity normal to the control volume...*“. Není mi jasné, jak může být vektor kolmý na objem. Autor chtěl zřejmě napsat „rychlost kolmá na hranici objemu“
7. Na straně 29 dole je „... *do not case any ...*“. Pravděpodobně má být *cause*.
8. Na straně 31 ve třetím odstavci je dvakrát slovo *linear*.
9. Na straně 34 v prvním řádku schází mezera mezi *single closest*.
10. Popis algoritmu v posledním odstavci na str. 37 není příliš srozumitelný.
11. Na straně 39 ve třetím řádku schází mezera
12. Na str. 84 se uvádí, že PoisFFT podporuje Python. V závěru páté kapitoly je však uvedeno, že Python je v plánu.