

Válasz

Turányi Tamás, az MTA doktorának bírálataira

Janiga Gábor:

Numerical Investigations of Turbulent Structures in Fluids
című MTA doktori értekezésére vonatkozóan

Először is meg szeretném köszönni a Bíráló munkáját és hogy vette a fáradságot a doktori értekezés alapos véleményezésre.

Köszönöm a Bírálónak az értekezés felépítésére, formájára tett megállapításait és azt, hogy felhívta a figyelmemet egy sajnálatos hibára, hogy két különböző ábrát is 3.7. sorszámmal jelöltem. A LaTeX program-környezetben készített kézirat korábbi változata még nem tartalmazta ezt a hibát. Miután a 34. és 35. oldalon található ábrák méretét a jobb olvashatóság érdekében megnöveltem, az ábrák automatikusan a fejezet végére kerültek és itt vélhetően a 3.7 fejezet számlálója felülírta az ábra sorszámát szintén 3.7-re. Sajnálom, hogy ezáltal az ábrák automatikus sorszámozása a LaTeX környezetben egy fordítási hiba által a 3. fejezetben nem lett következetes.

Az alábbiakban válaszolok a feltett kérdésekre és észrevételekre.

1. kérdés: *A 2.6.1. fejezetben (14. oldal) bemutatja a „snapshot POD” módszert. Mi a módusok fizikai jelentése?*

Válasz: Időben változó jelek vizsgálatokor számos lehetőség adódik, hogy a jeleket alkotó elemekre bontsuk fel. Többek között erre kínál megoldást a Fourier-sorba fejtés.

A POD módszer segítségével szintén időben változó jellemzőket vizsgálhatunk, amelynek segítségével a domináns jellemzőket tudjuk kinyerni. Ha a módszert a folyadékáramlás sebességterére alkalmazzuk, akkor a legdominánsabb mód fizikai jelentése az áramlási sebesség elsődleges (primér) struktúráját írja le. Ez a gyakorlatban megfelel az időbeli átlagsebességtérnek. A második legdominánsabb mód az áramlás másodlagos (szekundér), a harmadik mód pedig a harmadlagos (tercier) struktúráit hivatott reprezentálni. A magasabb módok fizikai interpretációja nem szokásos.

2. kérdés: *A 3.6 és 3.7a ábrákat (26. és 27. oldal) együtt érdemes nézni, de az első ábrán az x-tengely beosztása z/D, a második ábrán cm. Szerencsésebb lett volna azonos skálabeosztás.*

Válasz: Egyetértek a Bírálónak azzal az észrevételével, hogy szerencsésebb lett volna azonos skálabeosztás az x-tengelyek esetén. A gyakorlatban ugyan mindkettőnek van létjogosultsága: az abszolút távolságnak cm-ben, vagy az átmérővel dimenziótlanított relatív jellemzőnek; viszont az összehasonlítást természetesen nagyban megkönnyíti, ha azonos jellemzők kerülnek összevetésre.

3. kérdés: *Az 5. fejezetben nem világos a számomra, hogy mikor végzett 3D és mikor 2D számításokat. Az 5.1. ábra egy 3D számítás eredményét mutatja be, míg a szisztematikus φ és Re változtatások hatásának vizsgálata (5.1 és 5.2 táblázatok, 5.2.–5.5. ábrák) 2D számításokon alapul. A technikai részleteket leíró szövegben nem találtam nyomát a 2D és 3D számításoknál használt módszerek megkülönböztetésének.*

Válasz: Köszönöm a Bírálónak azt a megjegyzését, hogy az 5. fejezetben jobban ki lehetett volna emelni 2D és 3D számítások közötti különbségeket. A számítási módszer és a számítógépes program mindkét esetben azonos volt. Az itt alkalmazott direkt numerikus szimulációk még párhuzamos szuperszámítógépeken is jelentős számítási igénnyel bírnak. A szisztematikus változtatások hatásának vizsgálatára szükséges szimulációk két dimenzióban történtek, a jelentős számítási igény mérséklésének érdekében. Az 5.1. ábra is szemlélteti, hogy az alkalmazott számítógépes kód megfelelő erőforrások mellett szintén alkalmas 3D számításokra is. Háromdimenziós szimulációkra egyelőre nem végeztem szisztematikus vizsgálatokat.

4. kérdés: *A 41. oldalon a szerző ezt írja: „the 2D investigation might have limitations in recovering the entire flow domain.” ... „They pointed out the importance of a 3D analysis to improve the understanding of the complex underlying processes.” Ennek ellenére az 5. fejezetben számos következtetést von le 2D számítások eredménye alapján. Kérem a jelöltet, hogy fűzzön ehhez megjegyzést.*

Válasz: Amint a Bíráló helyesen rávilágított arra, hogy a turbulens áramlások kétdimenziós, illetve háromdimenziós megközelítése között jelentős különbségek figyelhetők meg.

Komplex háromdimenziós struktúrák vizsgálatokor egy kétdimenziós vizsgálati módszer szükségszerűen csak részleges információt szolgáltat. Az

értekezésemben ezért, a POD módszert a harmadik és negyedik fejezetben háromdimenziós turbulens áramlások vizsgálatára alkalmaztam. Az ehhez szükséges numerikus szimulációk a nagy örvények módszerén alapultak. Ezeket a számításokat egy több processzormagos workstation számítógépen végeztem, melyen a több tízezer időlépés kiszámítása három-négy hetet vett igénybe. Az ötödik fejezetben bemutatott direkt numerikus szimulációk számítási ideje ezt bőven meghaladja, ezért még a szuperszámítógépek alkalmazása is korlátot szab a háromdimenziós szisztematikus vizsgálatoknak. A számítási kapacitások rohamos fejlődése a közeljövőben utat nyithat az ilyen vizsgálatoknak, adott esetben még magasabb Reynolds-számok esetén is, ahol a Kolmogorov lépték csökkenésével, még finomabb térbeli és időbeli felbontás szükséges.

5. kérdés: A metánláng-számításnál a reaktánsok és termékek térbeli profilját a kezdeti időpontban a (5.18) egyenlettel közelíti. Miért nem egy lamináris lángszámítás eredménye a kezdeti profil?

Válasz: Köszönöm a Bírálónak a metánláng-számításához kapcsolódó felvetését a kezdeti profilt illetően. Egy adott áramlási irány mellett egy két- vagy háromdimenziós szimuláció inicializálását valóban megkönnyíti, ha a kezdeti időpontot egy egydimenziós lamináris lángszámítás eredményének segítségével inicializáljuk. Azonban az értekezés 5. fejezetében bemutatott esetekben az áramlás iránya előre nem definiált. Itt az inicializálás során - sík esetben - egy szabályos kör tartományon belül, illetve - egy háromdimenziós esetben - egy gömb tartományon belül írom elő a metán vizsgálandó tömegarányát. Az ezt körülölelő tartományt levegőként definiálom. A kémiai reakciót, vagyis a láng begyújtását egy apró magas hőmérsékletű ún. hotspot pont segítségével indítom újtárra. A DNS szimuláció eredményeként, nemcsak a láng begyulladását tudjuk követni, hanem a turbulencia hatásának a lángfrontra gyakorolt hatását és annak deformálódásait is.

Köszönettel vettem, hogy a Bíráló felsorolt néhány nyelvtani hibát. Sajnálom, hogy ezek a gondos előkészítés ellenére is az értekezésben maradtak.

Végezetül köszönöm szépen a Bírálónak, hogy pozitívan értékelte a publikációs tevékenységemet és azt is, hogy támogatta a nyilvános védés kitűzését.

Magdeburg, 2020. szeptember 29.

Janiga Gábor