

RIDUZIONE D'ORDINE DELLA COMPLESSITÀ COMPUTAZIONALE BASATA SU MODELLI A ELEMENTI FINITI O A VOLUMI FINITI PER LA FLUIDODINAMICA

GIANLUIGI ROZZA E GIOVANNI STABILE
 SISSA, Scuola Internazionale Superiore di
 Studi Avanzati, Trieste
 mathLab, Area Matematica
 gianluigi.rozza@sissa.it
 giovanni.stabile@sissa.it

Uno degli obiettivi del progetto AROMA-CFD è quello dello sviluppo di librerie computazionali open source per la riduzione di modello. Questo framework computazionale, denominato ITHACA (In real Time Highly Advanced Computational Applications), è stato sviluppato per diverse tecniche di discretizzazione standard ed in questo articolo ci concentreremo sui due moduli basati su elementi finiti e su volumi finiti.

RBniCS [1] è il modulo di ITHACA basato su tecniche di discretizzazione agli elementi finiti. Il pacchetto software è scritto in linguaggio python ed è basato sul solutore ad elementi finiti FEniCS [2]. All'interno della libreria sono implementate numerose tecniche di riduzione di modello per problemi parametrici ed è particolarmente indicata per corsi introduttivi sulle tecniche di riduzione computazionale. A tale scopo è stata utilizzata in numerose edizioni del corso dottorale "Reduced Basis Methods for Computational Mechanics" offerto alla SISSA di Trieste. È stata anche particolarmente utilizzata all'interno di collaborazioni di ricerca per la modellazione di flussi a basso numero di Reynolds. Particolarmente rilevanti sono le collaborazioni nel settore biomedicale, in particolare per la simulazione emodinamica. Uno degli obiettivi del progetto AROMA-CFD è infatti quello di avanzare la conoscenza nel campo di strumenti diagnostici non-intrusivi per patologie cardiovascolari. La modellistica numerica può infatti essere utilizzata per simulare il flusso sanguigno e determinare

quindi lo stato di severità della patologia del paziente. Senza ulteriori accorgimenti tale tipo di simulazioni possono impiegare giorni o settimane. I modelli ridotti vengono in questo caso utilizzati per accelerare la risposta diagnostica e renderla compatibile con le esigenze mediche.

ITHACA-FV [3] è il modulo di ITHACA basato su tecniche di discretizzazione ai volumi finiti. La libreria, scritta in linguaggio C++, è basata sul solutore opensource OpenFOAM [4]. All'interno della libreria sono implementate numerose tecniche di riduzione di modello sia di tipo intrusivo che di tipo non-intrusivo. OpenFOAM, grazie alla sua flessibilità, è il solutore CFD open source più utilizzato in ambito industriale. Tale diffusione ha fatto da cassa di risonanza per ITHACA-FV che ha riscosso interesse sia in ambito accademico che in realtà private operanti in diversi settori produttivi. Una delle sfide più grandi per esportare i metodi di ordine ridotto nel contesto industriale, ed in particolar modo nella risoluzione di flussi ad alto numero di Reynolds, è quello della riduzione computazionale da operare anche sui modelli di turbolenza. L'approccio utilizzato all'interno di ITHACA-FV per la risoluzione della turbolenza è un approccio basato sull'utilizzo di tecniche ibride. Queste sono parzialmente basate su leggi fisiche di conservazione e parzialmente sull'utilizzo di tecniche data-driven. L'impiego di metodi ibridi permette di avere un modello ridotto che erediti globalmente le proprietà di conservazione del modello ad ordine pieno e che non soffra dei problemi di stabilità tipici dei flussi turbolenti. ITHACA-FV è stato utilizzato per risolvere problemi legati al mondo dell'ingegneria nucleare con applicazioni termofluidodinamiche, per l'ottimizzazione di forma in campo automotive, navale e nautico, e per la risoluzione di problemi inversi e di quantificazione dell'incertezza. Una lista completa di pacchetti software è disponibile qui [6].

[1] <https://www.rbnicsproject.org/>

[2] <https://fenicsproject.org/>

[3] <https://github.com/mathLab/ITHACA-FV>

[4] <https://openfoam.com/>

[5] <https://people.sissa.it/~grozza/aroma-cfd/>

[6] <https://mathlab.sissa.it/cse-software>

