



**HRVATSKO DRUŠTVO ZA MEHANIKU**  
**CROATIAN SOCIETY OF MECHANICS**

✉ **Ivana Lučića 5, HR -10000 ZAGREB**  
**Republika Hrvatska**

☎ **01 61 68 540**

Faks: **01 61 68 187**

Žiro račun: 2360000-1101406777

e-mail: [ivica.smojver@csm.hr](mailto:ivica.smojver@csm.hr)

<http://www.csm.hr>

*Zagreb, 15. listopada 2009.*

***P o z i v***

*Pozivamo Vas na predavanje*

***“ Novi algoritam za povezivanje polja brzine i tlaka ”***


*koje će održati Severino KRIZMANIĆ, dipl. inž.*  
*Fakultet strojarstva i brodogradnje,*  
*Sveučilište u Zagrebu,*

***u četvrtak 22. listopada 2009. u 18,00 sati,***

***na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Zagreb, Ivana Lučića 5, predavaonica F.***

*Više o predavanju može se naći na web stranici: <http://www.csm.hr>.*

***PREDSJEDNIK DRUŠTVA***

  
***Prof. dr. sc. Jurica Sorić***

## **Životopis**

Severino Krizmanić, dipl. ing. strojarstva rođen je i odrastao u Puli gdje je završio osnovnu školu i gimnaziju. Diplomirao je na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu.

Od 2002. godine zaposlen je kao znanstveni novak na Katedri za Mehaniku fluida Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu u svojstvu suradnika kroz više znanstvenih projekata i programa. Sudjeluje u pripremi i izvođenju nastave iz kolegija Mehanika fluida, Mehanika fluida 1, Mehanika fluida K, Mehanika fluida 2, Računalna dinamika fluida, Računalna mehanika fluida, Računalna aerodinamika i kolegija Transportni procesi, te sudjeluje u pripremi i vođenju završnih radova diplomanata. Autor je 9 znanstvenih i više stručnih radova iz područja Računalne dinamike fluida i njene primjene. Profesionalno područje interesa mu je Računalna dinamika fluida i njene primjene te aerodinamika. Govori engleski, talijanski i slovenski jezik. Član je Hrvatskog društva za mehaniku.

# Novi algoritam za povezivanje polja brzine i tlaka

Severino Krizmanić

## *Uvod:*

Današnji stupanj razvoja računala omogućuje primjenu računalne dinamike fluida u proučavanju gotovo svih fizikalnih procesa i tehničkih primjena koje podrazumijevaju strujanje fluida poput: aerodinamike, hidrodinamike, meteorologije, turbulentnog strujanja višekomponentnih fluida i strujanja uz izmjenu faza, modeliranje izgaranja uz istodobno zračenje, modeliranje procesa u kemijskoj industriji, ekologiji, hidrologiji, modeliranje krvotoka itd. Računala još uvijek nisu dovoljno razvijena za direktno rješavanje nekih vrlo kompleksnih pojava poput turbulentnog strujanja pri visokim Reynoldsovima ili npr. brzih kemijskih reakcija koje utiču na samo strujanje, no tu se više ili manje uspješno primjenjuju empirijski modeli poput raznih modela turbulencije. U tom smislu može se reći da modeli računalne dinamike fluida prate razvoj računala, međutim obzirom na računalne resurse koji su uvijek konačni, njihova primjenjivost ponajprije ovisi o efikasnosti algoritma za rješavanje sustava jednadžbi. Tako u okviru dostupnih računalnih resursa, brži i efikasniji algoritam omogućuje kraće trajanje proračuna, dobivanje rezultata veće razlučivosti, upotrebu složenijih modela ili omogućuje višu razinu primjene poput optimiranja aerodinamske konstrukcije ili tehnološkog procesa.

Za rješavanje problema transporta neke fizikalne veličine potrebno je poznavati polje brzine. Polje brzine mora svugdje i u svakom trenutku zadovoljavati jednadžbu kontinuiteta i jednadžbe količine gibanja. Nelinearna priroda jednadžbi količine gibanja ostaje problem u računalnoj dinamici fluida, koji rezultira iterativnim karakterom algoritama za rješavanje. Dodatni problem pri rješavanju polja brzine jest taj da je za rješavanje potrebno poznavati i polje tlaka koje se u jednadžbama količine gibanja pojavljuje u obliku nepoznatog gradijenta tlaka dok se u jednadžbi kontinuiteta ne pojavljuje eksplicitno. Kao prirodno rješenje ovog problema nameće se istodobno rješavanje svih jednadžbi kojima je opisano strujanje (coupled algorithms). Zbog relativno skromnih mogućnosti računala u ranoj fazi razvoja CFD-a ovakav pristup nije bio poželjan te su se istraživanja usmjerila na razvijanje alternativnih algoritama koji će jednadžbe rješavati sekvencijalno (segregated algorithms) i u okviru dostupnih memorijskih resursa omogućiti zadovoljavajuća rješenja. Tako se danas u računalnoj dinamici fluida uglavnom primjenjuju algoritmi SIMPLE (Semi Implicit Method for Pressure Linked Equations, Patankar&Spalding, 1972.) tipa. Riječ je o algoritmima koji koriste tlak kao primitivnu varijablu za povezivanje jednadžbi količine gibanja sa jednadžbom kontinuiteta. Njihova primjena na današnjim mrežama koje su nestrukturirane i nepomaknute zahtijeva razrješavanje problema koji se pojavljuju prilikom diskretizacije tlaka što rezultira upotrebom nefizikalnih interpolacija (Rhie&Chow, 1983.), sa posljedicom moguće ostatne greške nakon završetka iterativnog postupka. Nadalje, procedura izvođenja jednadžbe za tlak nije u potpunosti implicitna pa se prilikom iterativnog rješavanja nužno koriste podrelaksacijski faktori što zahtijeva iskustvo korisnika i rezultira sporijom konvergencijom ili njenim izostankom.

## *Sažetak:*

U ovom će izlaganju biti prikazani rezultati dosadašnjeg rada na iznalaženju novog algoritma za povezivanje polja brzine i tlaka, koji je tema doktorskog rada izlagatelja. Odmak od upotrebe brzine i tlaka kao varijabli nad kojima se izvršava algoritam za rješavanje strujanja, omogućio je zasnivanje potpuno novog algoritma. Novi algoritam se izvršava nad samo jednom varijablom - protokom po stranicama konačnih volumena, te za izračunavanje brzine i gradijenta tlaka koristi isključivo fizikalne interpolacije. Algoritam rješava samo jednadžbe količine gibanja i to iterativnim postupkom koji ne narušava jednadžbu kontinuiteta. Zbog toga je jednadžbu kontinuiteta potrebno riješiti samo jedanput, na početku postupka. Ovakva građa algoritma isključuje potrebu za podrelaksacijskim faktorima pri rješavanju jednadžbi strujanja i rezultira znatnim smanjenjem potrebnog broja iteracija u usporedbi sa dosadašnjim sekvencijalnim algoritmima. Dosadašnja istraživanja pokazuju i primjenjivost algoritma na većinu problema za čije se rješavanje danas koriste algoritmi SIMPLE tipa.