

# Studentská Vědecká Konference 2011

## NUMERICKÁ SIMULACE PROUDĚNÍ VZDUCHU OKOLO LETECKÉHO PROFILU NACA UŽITÍM AUSM SCHÉMATU APLIKOVANÉHO NA NESTRUKTUROVANÝCH SÍTÍCH

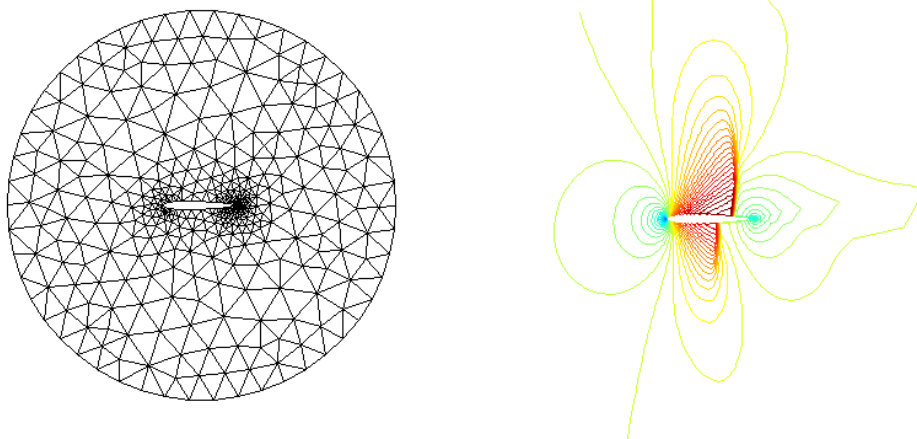
Helena MLYNAŘÍKOVÁ<sup>1</sup>

### 1 ÚVOD

Pro numerické řešení úloh proudění tekutin je potřeba výpočtovou oblast pokrýt sítí, a to strukturovanou nebo nestrukturovanou. Tato práce se zabývá vytvořením trojúhelníkové nestrukturované sítě pomocí Delaunayovy triangulace. Na takové síti je následně provedena numerická simulace proudění vzduchu okolo symetrického leteckého profilu NACA 0012, k výpočtu nevazkých numerických toků stěnami kontrolních objemů je použito AUSM schéma. První řád přesnosti AUSM schématu je zvýšen pomocí lineární rekonstrukce s Barthovým limiterem.

### 2 NESTRUKTUROVANÁ SÍŤ

Optimální nestrukturovanou trojúhelníkovou síť na množině daných bodů v rovině lze vytvořit Delaunayovou triangulací, [3]. Základní vlastností takové sítě je skutečnost, že kružnice opsaná každému trojúhelníku této sítě neobsahuje žádný další bod. Nejmenší úhly v trojúhelnících tak jsou maximalizovány a tím je omezen výskyt úzkých trojúhelníků. Síť vytvořená Delaunayovou triangulací je jednoznačná, pokud žádné čtyři body neleží na kružnici.

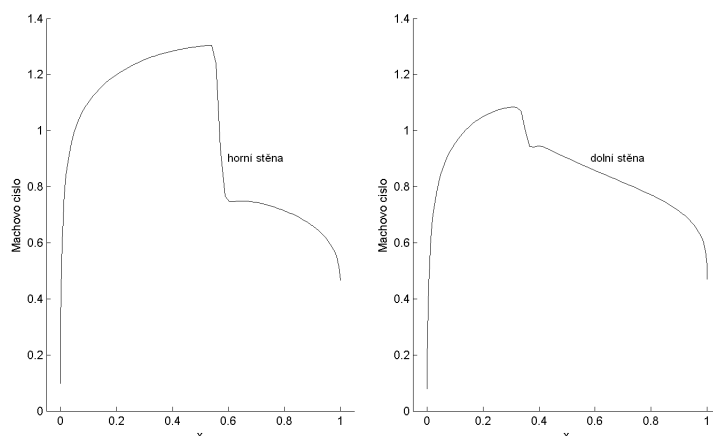


Obrázek 1: Nestrukturovaná síť (vlevo) a izočáry Machova čísla (vpravo)

<sup>1</sup> Helena Mlynaříková, studentka navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, specializace Aplikovaná mechanika, e-mail: hmlynar@students.zcu.cz

### 3 NUMERICKÁ SIMULACE OBTEKÁNÍ LETECKÉHO PROFILU

Proudění vzduchu okolo leteckého profilu ve 2D je modelováno nelineárním systémem Eulerových rovnic popisujících proudění stlačitelné, nevazké a tepelně nevodivé tekutiny. K prostorové diskretizaci systému rovnic je využita metoda konečných objemů, časová integrace je provedena explicitní Rungeovou-Kuttovou metodou druhého řádu. Nevazký numerický tok stěnami kontrolních objemů je aproximován pomocí AUSM schématu, [4], [2], založeného na štěpení toku. Toto schéma je prvního řádu přesnosti v prostorové proměnné, proto je pro zvýšení jeho řádu přesnosti provedena lineární rekonstrukce s Barthovým limiterem, [1], navrženým právě pro nestrukturované sítě.



**Obrázek 2:** Průběh Machova čísla podél horní a dolní stěny leteckého profilu

### 4 ZÁVĚR

Nestrukturovanou síť je možné ve srovnání se strukturovanou sítí snadněji vygenerovat i na výpočtové oblasti se složitější geometrií. Ukázka takové sítě na výpočtové oblasti okolo symetrického profilu NACA 0012 je na obr. 1 vlevo. Na síti vytvořené Delaunayovou triangulací je provedena numerická simulace obtékání leteckého profilu. Na obr. 1 vpravo jsou prezentovány dosažené výsledky ve formě izochar Machova čísla pro okrajové podmínky  $M_\infty = 0.85$  a úhel náběhu  $\alpha = 1^\circ$ . Na obr. 2 je zobrazen průběh Machova čísla podél horní a dolní stěny leteckého profilu NACA 0012 pro stejné okrajové podmínky.

**Poděkování:** Tato práce byla podpořena interním studentským grantovým projektem SGS-2010-046 na ZČU v Plzni.

### REFERENCE

- [1] T. J. Barth, D. C. Jespersen: *The design and application of upwind schemes on unstructured meshes*. AIAA Paper, 89(0366), 1989
- [2] M. Hajžman, O. Bublík, J. Vimmr: *On the modelling of compressible inviscid flow problems using AUSM schemes*. Applied and Computational Mechanics, vol. 1(2), pp. 469-478, 2007
- [3] K. A. Hoffmann, S. T. Chiang: *Computational Fluid Dynamics*, vol. 2. Engineering education system, 2000
- [4] M. S. Liou, Ch. J. Steffen: *A New Flux Splitting Scheme*. Journal of Computational Physics 107, 23-39, Roskild, 1998