Áramlások numerikus modellezése

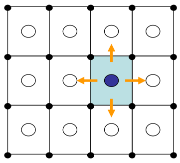
BME Áramlástan Tanszék

Tárgyfelelős:	Dr. Kristóf Gergely
Gyakorlatvezetők:	Lohász Máté
	Dr. Régert Tamás

2010. ősze

Véges térfogatok módszere

Mezőváltozók értékei



U: valamilyen megmaradó mennyiség térfogati sűrűsége

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_V U\,dV + \oint_A \vec{F}\cdot d\vec{A} = \int_V S_V\,dV + \oint_A \vec{S}_A\cdot d\vec{A}$$

A megmaradó mennyiség egységnyi tömegre vonatkoztatva:

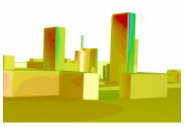
$$\Phi = U/\rho$$

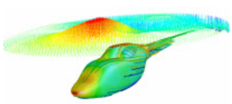
Konvektív és konduktív fluxusok:

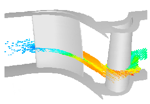
$$\vec{F}_C = \rho\,\Phi\,\vec{v} \qquad \vec{F}_D = -\Gamma\nabla\Phi$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_V \rho\,\Phi\,dV + \oint_A \rho\,\Phi\,\vec{v}\cdot d\vec{A} = \oint_A (\Gamma\nabla\Phi + \vec{S}_A)\cdot d\vec{A} + \int_V S_V\,dV$$

Néhány szót a tantárgyról







- A gyakorlati kurzusok helyszíne: HSZK
  http://www.ara.bme.hu/~cfd
- Előadás:
  - A modellezéssel kapcsolatos elméleti ismeretek
  - Szimulációs eszközök
- Gyakorlat: 5 szimulációs példa (részletes instrukciókkal)
- Számonkérés:
  - Gyakorlat: Önálló feladat kidolgozása a 6 okt. hét gyakorlatán
  - Elmélet: ZH a 7. okt hét gyakorlatán.

Az általános transzportegyenlet differenciál alakban:

$$\frac{\partial\rho\phi}{\partial t} + \underbrace{\nabla\cdot(\rho\,\phi\,\vec{v})}_{\text{konvektív transzport}} = \nabla\cdot\vec{S}_A + \overbrace{\nabla\cdot(\Gamma\nabla\phi)}^{\text{konduktív transzport}} + S_v$$

Egyenlet:	ϕ
kontinuitás	1
x-impulzus	u
y-impulzus	v
z-impulzus	w
fajlagos energia	e

Egykomponensű folyadék áramlását leíró transzportegyenletek konzervatív alakja:

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} + \nabla\cdot(\rho\,\vec{v}) = S_m$$

$$\frac{\partial\rho u}{\partial t} + \nabla\cdot(\rho\,u\,\vec{v}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \nabla\cdot(\mu\nabla u) + \rho\,g_x + S_u$$

$$\frac{\partial\rho v}{\partial t} + \nabla\cdot(\rho\,v\,\vec{v}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \nabla\cdot(\mu\nabla v) + \rho\,g_y + S_v$$

$$\frac{\partial\rho w}{\partial t} + \nabla\cdot(\rho\,w\,\vec{v}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \nabla\cdot(\mu\nabla w) + \rho\,g_z + S_w$$

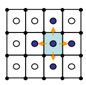
$$\nabla\cdot(-p\,\underline{E} + \underline{\tau})$$

$$\frac{\partial\rho e}{\partial t} + \nabla\cdot(\rho\,e\,\vec{v}) = \nabla\cdot(-p\,\vec{v} + \underline{\tau}\cdot\vec{v}) + \nabla\cdot(\lambda\nabla T) + S_e$$

Az áramlástani szimuláció módszerei

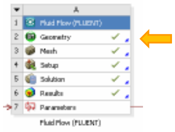
- A három legelterjedtebb módszercsalád:
  - Véges differenciák módszere;
  - Végeselem módszer;
  - **Véges térfogatok módszerek;**

  Néhány kevésbé elterjedt módszer:
  - Spektrál módszerek;
  - Rács nélküli módszerek;
  - Rács-gáz módszerek.
- A véges térfogat módszer (hasonlóan a végeselem módszerhez) a számítási tartomány kisebb térfogati elemekre bontja, amelyeken belül a keresett áramlástani mezőváltozók egyszerűbb (pl. lineáris) függvényekkel közelíthetők.
- A tartomány felbontását **hálógenerálás**nak, a térfogatelemeket pedig **cellák**nak hívjuk. Mezőváltozóink diszkrét értékeit a cellák középpontjában szeretnénk meghatározni.
- Célunk: az áramlást leíró megmaradási egyenletek megoldása közelítő módszerrel.



Véges térfogatok módszere

- Az alapegyenletek előbbi alakjait **konzervatív** (megmaradási) **alaknak** hívjuk.
- A differencál-egyenleteinket **integrálva egy-egy cella térfogatára** minden divergenciás tag a cella összes részfelületére vonatkozó felületi integrállá alakul. Az integrálok értéke minden cellafelületre egy-egy skalár, ami az adott felületen egységnyi idő alatt átáramló megmaradó mennyiséget fejezi ki, ezek a felület két oldalán tárolt (ismeretlen) mezőváltozóktól függenek.
- **Minden transzportegyenlet, minden cellára egy-egy algebrai egyenletet eredményez**, ezt nevezzük a leíró egyenletek **diszkrét közelítésének**. Tipikus példaként: 5 transzportegyenlet és 1 000 000 cella esetén 5 000 000 db. algebrai egyenletből álló egyenletrendszert kapunk.
- Az algebrai egyenletrendszer érdekes tulajdonsága, hogy az egyenletekben **egy-egy cella mezőváltozói csak a szomszédos cella mezőváltozóival állnak kapcsolatban**.
- A sok ismeretlen és az egyenletek nemlinearitása miatt az algebrai egyenletrendszer pontos megoldása nem lehetséges, **iteratív közelítő eljárásokat** alkalmazunk. Azt szeretnénk, hogy a megoldás valamilyen **iniciális** (kezdeti) állapotból indulva lépésenként **konvergáljon** a diszkrét egyenletrendszer pontos megoldásához. (Legtöbbször meg is teszi.)
- A számítási tartomány határára eső cella-részfelületekre vonatkozó integrálok számításához az elhagyott térrész hatását leíró újabb összefüggések: **peremfeltételek** megadása szükséges.



A CFD elemzés folyamata

1. Geometriai modell előállítása — Design Modeller
2. Hálógenerálás
3. Peremfeltételi zónák kijelölése

Workbench Mesher

4. Fizikai modell kiválasztása, anyagjellemzők megadása
5. Peremfeltételek számértékei
6. Numerikus paraméterek
7. Megoldás inicializálása
8. Iteráció

FLUENT

9. Eredmények értékelése — CFD-Post

ANSYS Workbench

Lásuk ezt egy mérőperem elemzése kapcsán…