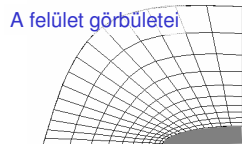


Hálógenerálás

Dr. Kristóf Gergely
2010. március 1.

A numerikus háló mérete (1)

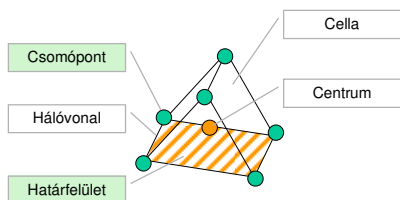
A numerikus hibák egyenletes eloszlására kell törekedni, ezért ott kell finomabb felbontás, ahol gyorsan változik a megoldás.



Ha az áramlás követi a felület görbületeit, akkor görbületi középpont felé haladva a nyomás és sebesség gyorsan változik.

Hézagokban legalább 4 cellasor alkalmazása szükséges a sebességprofil megfelelő közelítéséhez.

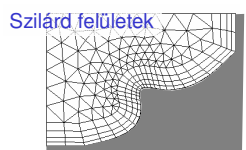
A numerikus háló elemei



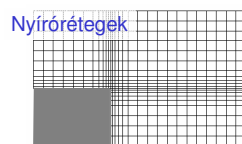
A háló fájl tartalma:
- Csomópontok pozíciója
- Határfelületek: hivatkozások a csomópontok sorszáma

A FLUENT rendszer minden mezőváltozót cellacentrumokban tárol. A hálónonalak szakaszonként egyenesek.

A numerikus háló mérete (2)



A fali határretegben a sebesség rohamosan változik. A fal melletti cellasorban általában falüggvényt használunk. E cellák mérete erősen befolyásolja a számítás eredményét.



Nyírórétegekben a sebesség és a turbulens jellemzők a rétegre merőlegesen rohamosan változnak, továbbá az elején a réteg irányában haladva is.

Lehetséges geometriai modellek:

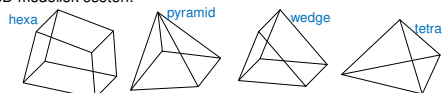
- 2D tengelyszimmetrikus
- 2D tengelyszimmetrikus, perdületes
- 2D síkármlás
- 3D áramlás

Reguláris elemek:

2D modellek esetén:



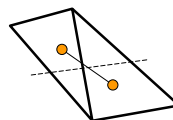
3D modellek esetén:



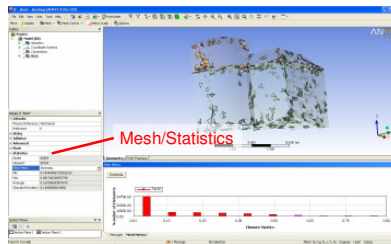
Poliéder elemek:

- FLUENT-en belül tetszőleges oldalszámú cellák is létrehozhatók:
- adaptálással;
- duális háló készítésével;
- nem-konform interfészekkel.

A háló torzultsága



A konduktív fluxusok numerikus közelítésének hibája rohamosan nő, ha a középpontokat összekötő szakasz a felületi normálissal túl nagy szöveget zár be. Általában a lapos cellák esetében nagy.

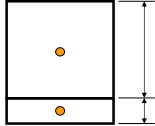


Skewness:

hexa elemek esetén legfeljebb: 0.85

tetra elemek esetén legfeljebb: 0.95

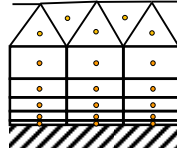
Hirtelen méretváltozás



A numerikus sémák egyenközű hálón adják a legpontosabb eredményt. Ha a cellák magassága hirtelen változik, akkor a formális pontosság (pl. a Second Order Upwinding) nem érhető el.

Törekedni kell 30%-nál kisebb méret növekedésre. Tolerálható legnagyobb méretnövekedés: 100%.

Fali inflációs réteg

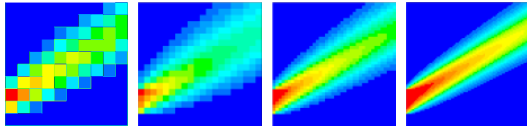


- Prizmatikus réteg (hexa vagy wedge elemek);
- A fali cellasor igen lapos (legalább a logaritmusos fali rétegig lemeget);
- Legalább 3 (inkább 5) réteg;
- Fokozatos méretnövekedés (max. 50% cellasoronként);
- Sima átmenet a belső tér hálójába.

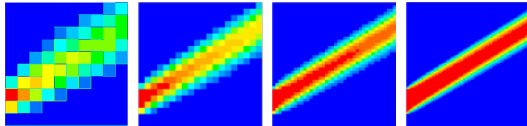
A háló áramvonalasítása (1)

A diskretizációs hiba egy fontos formája a fals diffúzió:

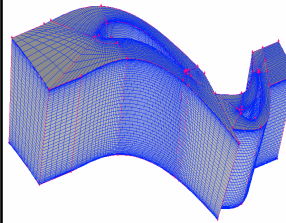
First Order Upwinding alkalmazásával:



Second Order Upwinding alkalmazásával:



Hexa hálók



- Általános esetben (kb. 30-50%-al) kevesebb cellával érhető el azonos pontosság, jó minőségű háló esetén.
- Anizotróp (egyirányú) sűrítés lehetséges: határretek, nyírórétek, rések hálózhatók.
- Többirányú sűrítéshez bonyolult háló topológiát kell felépíteni. Blokkstruktúrált hálót célszerű, készíteni: ICEM CFD hálózó javasolható. Ez különösen fontos pl. ventilátorok, szivattyúk, repülőgépek modellezése esetén.

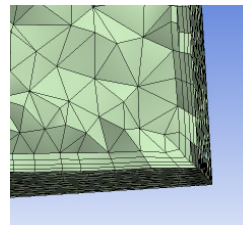
A háló áramvonalasítása (2)

Mozgásegyenlet esetében ez fals viszkozitásként jelentkezik, ami a fizikai viszkozitásnál általában sokkal nagyobb.

Ennek kiküszöbölésére:

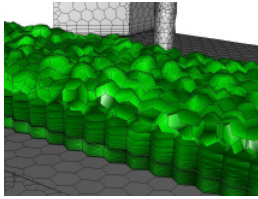
- Lehetőleg alkalmazzunk Second Order Upwindinget vagy más nagy nagyobb formális pontosságú sémát;
- Érzékeny helyeken részekben pl. fali határretek, szabad nyírórétek áramlás irányában rendezett (prizmatikus) hálót alkalmazzunk, mert ez a fals diffúziót teljesen kiküszöböli.

Tetra hálók

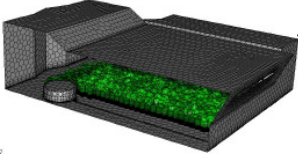


- Háromirányú sűrítés egyszerűen végezhető, azonban anizotróp sűrítés nem lehetséges. (Háló torzulást okoz.)
- Hexa hálóval jól összekapcsolható, kivéve, ha lapos hexa cellákat kell körbevenni vele.
- Igen jó automatikus módszerek vannak rá, amelyek prizmatikus inflációs rétegekkel (pl. fali határretek hálóval) is képesek kombinálni az alaphálót.
- Adaptáláskor kevésbé nő a cellaszám mint hexa cellák esetében.

Duális (poliéder) hálók



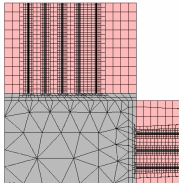
- Tetra hálóból átalakítható FLUENT-ben. Mesh/Polyhedra
A cella középpontok és a csomópontok felcserélődnek.
- Patch Conforming hálózó használata célszerű.
- Zónáisan is alkalmazható.
- A cellaszám kb. 60%-al csökken, a felületek száma azonban nem csökken.
- Kb. azonos a műveletigény iterációs lépésként, viszont sokkal kevesebb iterációs lépés kell (gyorsabb konvergencia).
- Igen torz tetra hálóból is jó minőségű poliéder háló állítható elő: a torzulás kiküszöbölésének hatékony módszere.
- Az effektív térbeli felbontás számottevően csökken, azonban a memória igény nem csökken jelentősen, ezért leginkább lokálisan célszerű alkalmazni.



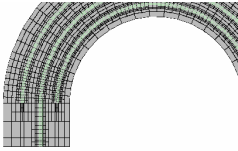
Hálózás előkészítése

- A geometriai modell alkalmas elmozdítása a hálózás megkönnyítésére. Pl. Sweep-elhető tartományok létrehozása.
- Rövid élek, keskeny felületek kiszűrése hálózáskor:
 - Model/Insert Virtual Topology
 - Mesh/Pinch (globális)
 - Mesh/Insert Pinch (lokális)
- Hálóméret szabályozása:
 - Mesh/Sizing (globális)
 - Mesh/Insert Sizing (lokális)
- Inflációs réteg (felületre merőleges sűrítés) létrehozása:
 - Mesh/Inflation (globális)
 - Mesh/Insert Inflation (lokális)

Adaptált hálók

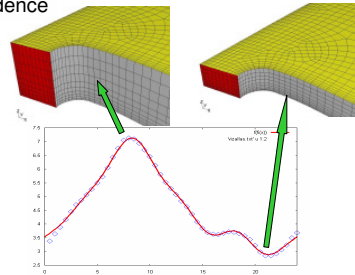


- Fluenten belül a háló helyileg sűríthető: Adapt menü. Minden cella középsébe tesz egy újabb node-ot.
- Használható a nehezen hálózható részek utólagos finomítására, vagy a megoldáshoz igazodó felbontású hálók készítésére.
- A cellaméretben túl nagy (100%-os) ugrásokat hoz létre, ezért kerülendő.



Deformálódó háló

1. pl: Víz tároló medence



2. pl: Mozdgó pillangó szelep



Hálózási módszerek a Workbench Mesher-ben

-
-
-
-
-

1. Sweep
A Source Face hálóját „extrudálja” a tartományba.
2. Multi zone
Jó minőségű hálót készít. Nem mindent tud behálózni. Nem kombinálható más módszerekkel.
3. Hex dominant
Kívülről befelé parkettáz. Néha betesz egy-két tertrát is.
4. Patch Conforming tetra
A felületről kiindulva befelé növeszti a hálót.
5. Patch Independent tetra
Szabályos kocka hálóból készít tetrát, majd a felület közelében besűríti. Geometriai hibákra érzéketlen. Nem kombinálható más módszerekkel.

Kompresszibilis áramlások számítása

	Inkompresszibilis	Kompresszibilis
Sűrűség a nyomástól:	nem függ	függ
Anyagmodellek:	$\rho = \text{áll.}$ Boussinesq Inkomp. id. gáz	Ideális gáz
Megoldó:	Pressure Based	Density Based
Torlónyomás értelmezése:	$P_{\text{tot}} = p + \frac{\rho}{2} v^2$	$P_{\text{tot}} = p \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$
Lehetséges időlépés Courant-szám	$\Delta t = C \frac{\Delta x}{v_{\perp} _{\min}}$	$\Delta t = C \frac{\Delta x}{a + v _{\min}}$