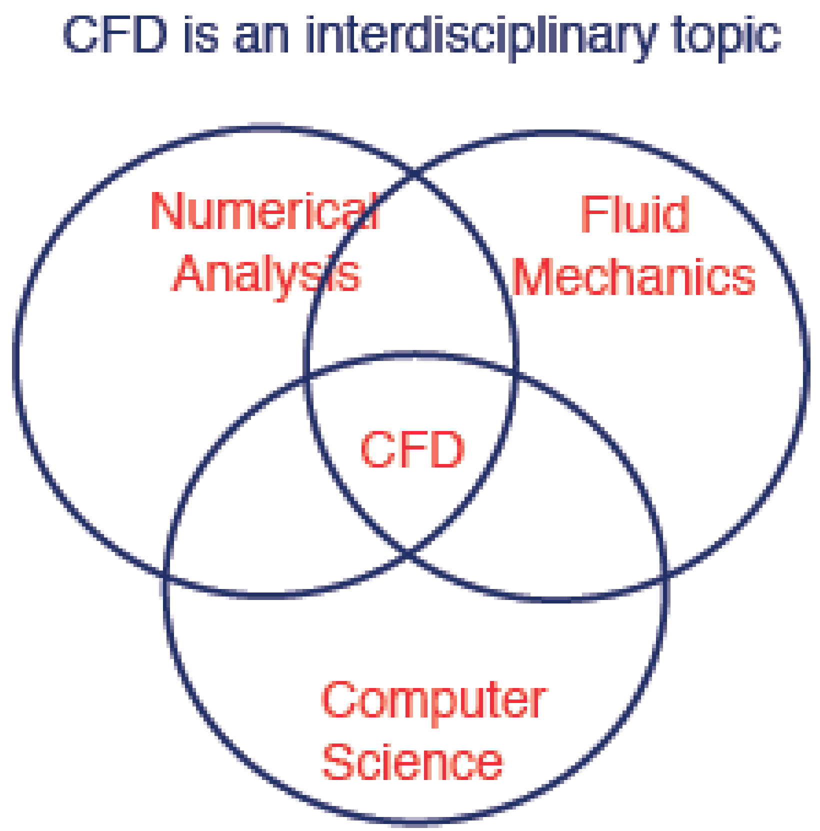
مقدمه ای بر

دینامیک سیالات محاسباتی

CFDProject.ir

- روش‌های تحلیل جریان سیالات
  - روش تحلیلی
  - روش تجربی
  - روش عددی

CFD چیست ؟



- دینامیک سیالات محاسباتی یا CFD، علم پیش بینی جریان سیالات، انتقال حرارت، انتقال جرم، واکنش شیمیایی و پدیده‌های مرتبط، به وسیله حل معادلات ریاضی حاکم بر مساله مورد نظر می‌باشد.
- نتایج تحلیل CFD در طراحی مفهومی، طراحی جزئیات، رفع مشکلات و طراحی مجدد سیستم‌های مختلف مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- CFD مکملی برای تست تجربی و آزمایشگاهی بوده و تعداد تست‌های تجربی مورد نیاز را کاهش می‌دهد.

مراحل حل CFD

پیش پردازش

- ایجاد مدل هندسی مناسب از مساله مورد بررسی
- ایجاد شبکه روی دامنه محاسباتی

پردازش

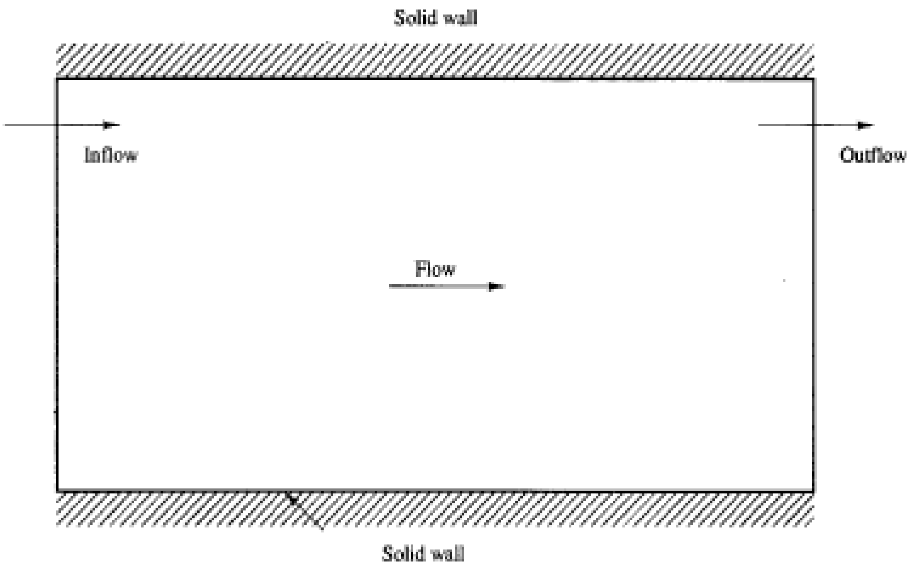
- تعیین شرایط اولیه و شرایط مرزی مناسب
- حل معادلات حاکم با کمک نرم افزارهای تجاری مانند Fluent، CFX و ... .

پس پردازش

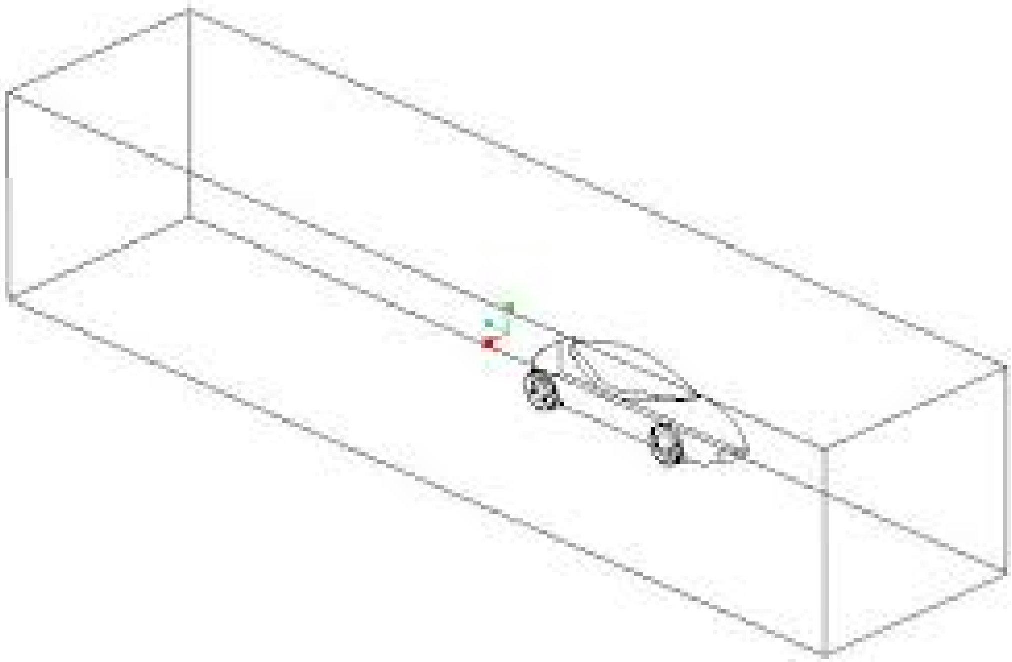
- تحلیل نتایج به وسیله رسم نمودارها و کانتورها

ایجاد مدل هندسی

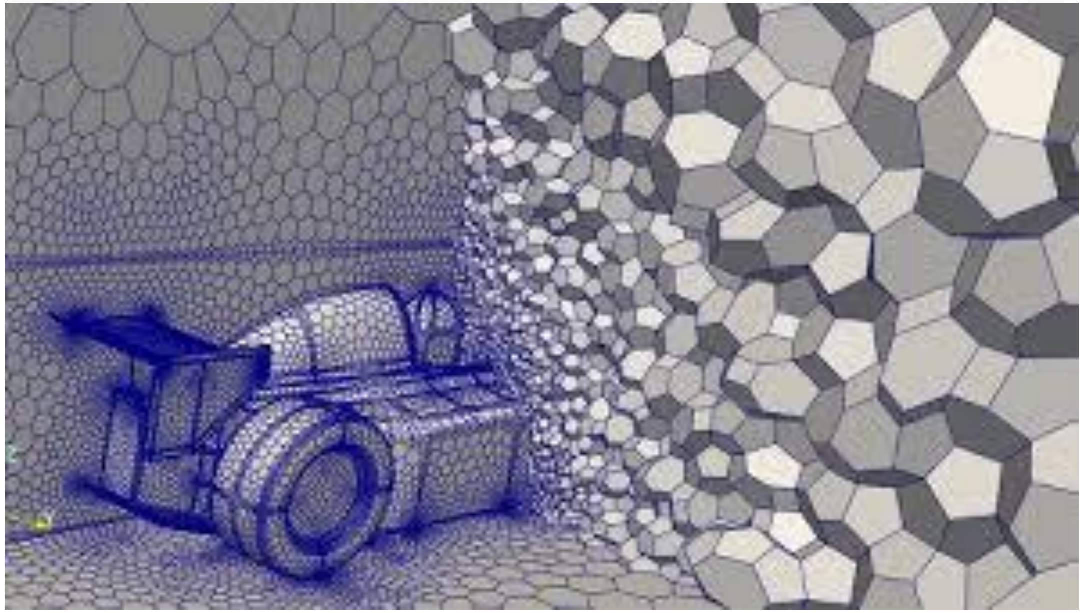
جریان داخلی

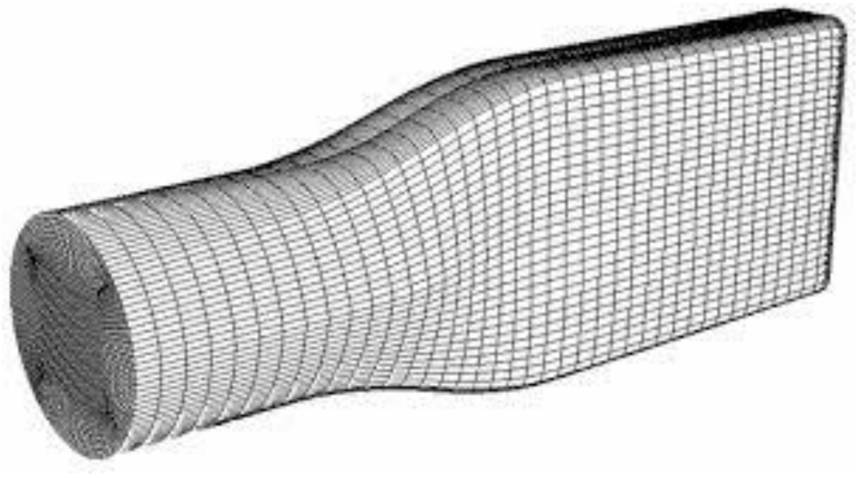


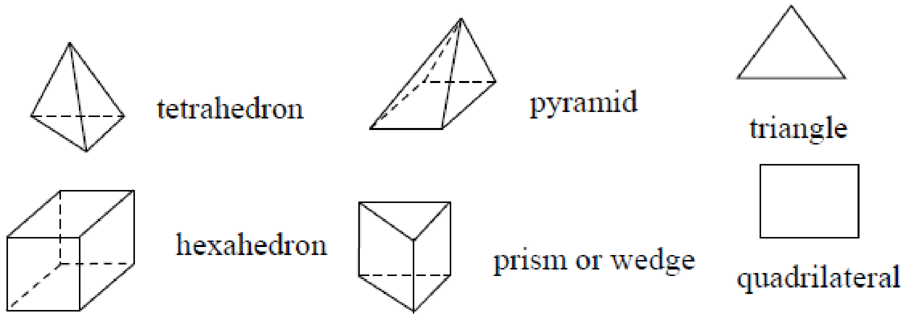
جریان خارجی



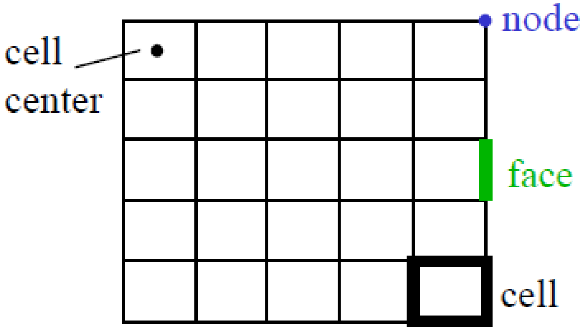
ایجاد شبکه



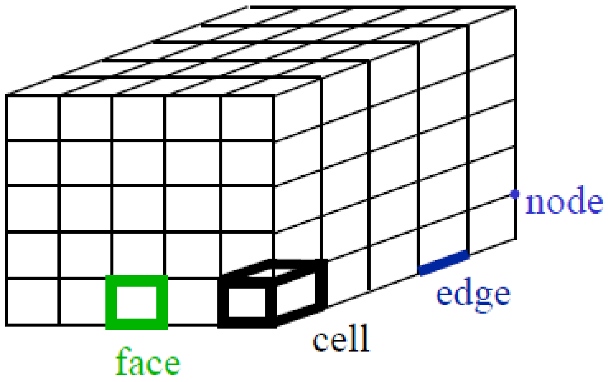



tetrahedron
pyramid
triangle
hexahedron
prism or wedge
quadrilateral

ایجاد شبکه

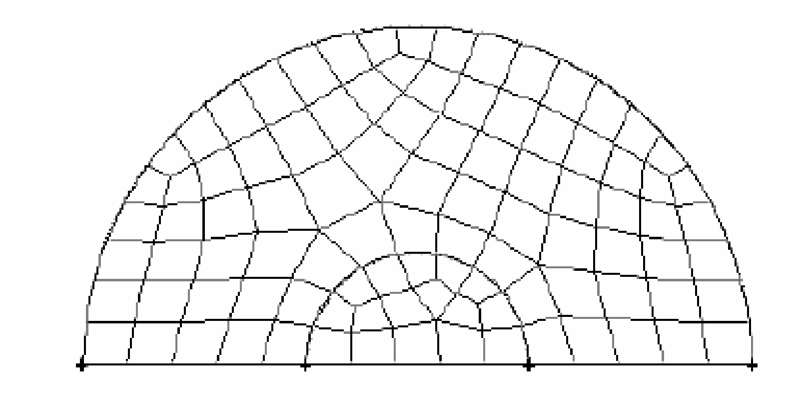


2D computational grid

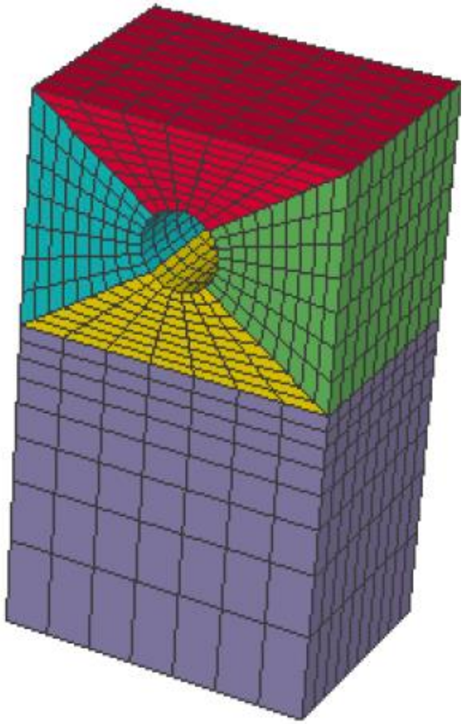


3D computational grid

شبکه بی‌سازمان



شبکه سازمان یافته

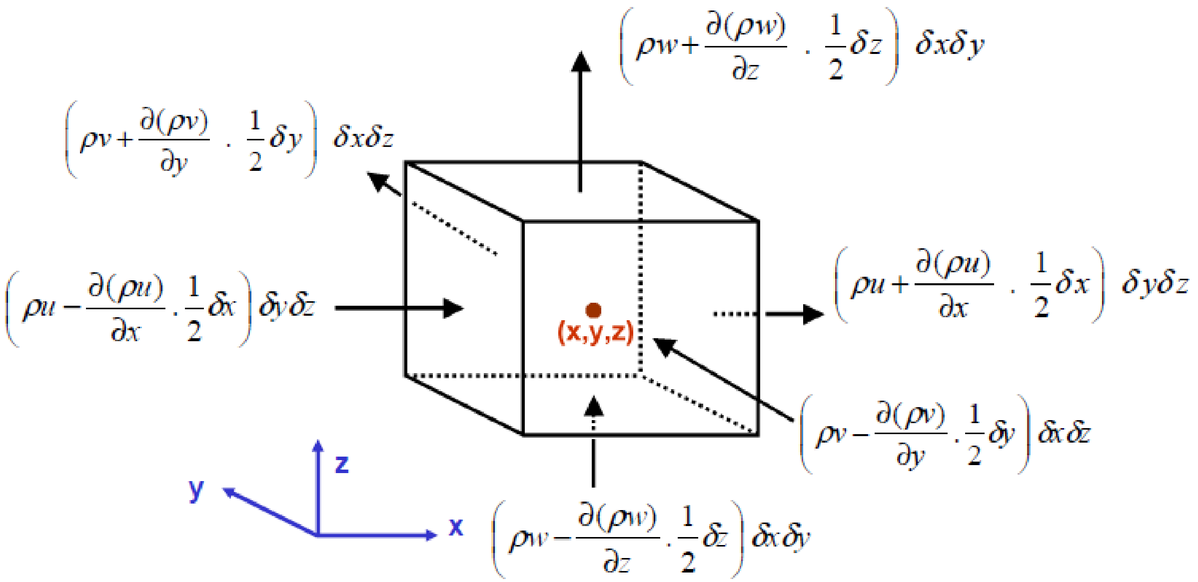


حل معادلات حاکم

- دامنه محاسباتی به تعدادی حجم کنترل یا مش یا شبکه تقسیم بندی می‌شود.
- معادلات حاکم شامل بقای جرم، بقای ممنتوم، بقای انرژی و ... گسسته سازی شده و به شکل معادلات جبری در می‌آیند.
- دستگاه معادلات جبری به صورت عددی و روی هر یک از نقاط شبکه حل می‌شوند و میدان جریان بدست می‌آید.
- دستگاه معادلات با استفاده از روش تکراری حل می‌شوند.

معادلات حاکم

بقای جرم برای یک حجم کنترل



$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

معادلات حاکم

Summary of equations in conservation form

$$Mass: \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + div(\rho\,\mathbf{u}) = 0$$

$$x - momentum: \quad \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + div(\rho u \mathbf{u}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + div(\mu\ grad\ u) + S_{Mx}$$

$$y - momentum: \quad \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + div(\rho v \mathbf{u}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + div(\mu\ grad\ v) + S_{My}$$

$$z - momentum: \quad \frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + div(\rho w \mathbf{u}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + div(\mu\ grad\ w) + S_{Mz}$$

$$Internal\ energy: \quad \frac{\partial(\rho i)}{\partial t} + div(\rho i \mathbf{u}) = -p\ div\ \mathbf{u} + div(k\ grad\ T) + \Phi + S_i$$

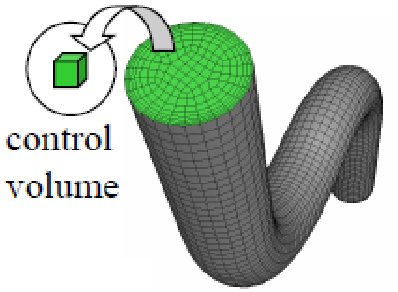
$$Equations\ of\ state: \quad p = p(\rho, T) \quad and \quad i = i(\rho, T)$$

$$e.g.\ for\ perfect\ gas: p = \rho R T \quad and \quad i = C_v T$$

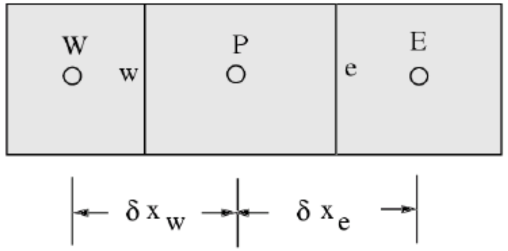
معادلات حاکم

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial t}\int_V \rho\phi \, dV}_{\text{unsteady}} + \underbrace{\oint_A \rho\phi \mathbf{V}\cdot d\mathbf{A}}_{\text{convection}} = \underbrace{\oint_A \Gamma\nabla\phi\cdot d\mathbf{A}}_{\text{diffusion}} + \underbrace{\int_V S_\phi \, dV}_{\text{generation}}$$

Eqn.	ϕ
continuity	1
x-mom.	u
y-mom.	v
energy	h



گسسته سازی معادلات حاکم



Consider the diffusion equation:

$$\frac{d}{dx}\left(\Gamma\frac{d\phi}{dx}\right)+S=0$$

Step 1: Integrate over control volume

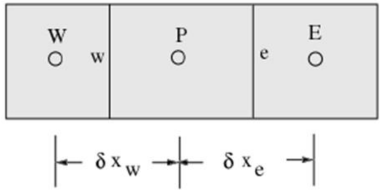
$$\int_w^e \frac{d}{dx}\left(\Gamma\frac{d\phi}{dx}\right)dx+\int_w^e Sdx=0$$

$$\left(\Gamma\frac{d\phi}{dx}\right)_e-\left(\Gamma\frac{d\phi}{dx}\right)_w+\int_w^e Sdx=0$$

Step 2: Make linear profile assumption between cell centroids for ϕ.

$$\frac{\Gamma_e(\phi_E-\phi_P)}{(\delta x_e)}-\frac{\Gamma_w(\phi_P-\phi_W)}{(\delta x_w)}+\bar{S}\Delta x=0$$

Step 3: Collect terms and cast into algebraic equation:



$$\boxed{a_P\phi_P=a_E\phi_E+a_W\phi_W+b}$$

$$\begin{aligned} a_E &= \Gamma_e/(\delta x_e) \\ a_W &= \Gamma_w/(\delta x_w) \\ a_P &= a_E+a_W \\ b &= \bar{S}\Delta x \end{aligned}$$

حل دستگاه معادلات حاکم

- دستگاه معادلات جبری با استفاده از روش تکراری حل می‌شود

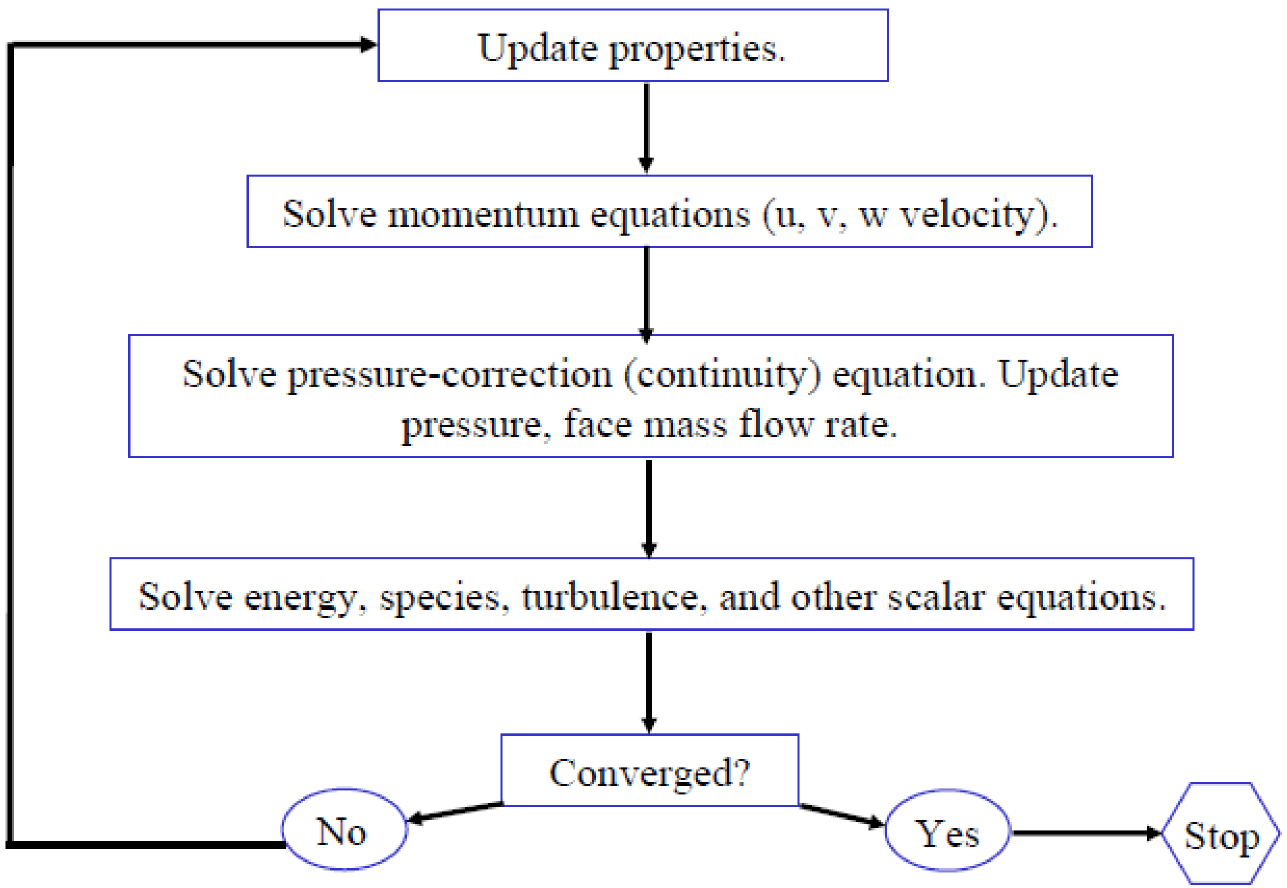
$$a_P \phi_P = \sum_{nb} a_{nb} \phi_{nb} + b$$

$$\phi_P^{new,\,used} = \phi_P^{old} + U(\phi_P^{new,\,predicted} - \phi_P^{old})$$

حل دستگاه معادلات حاکم

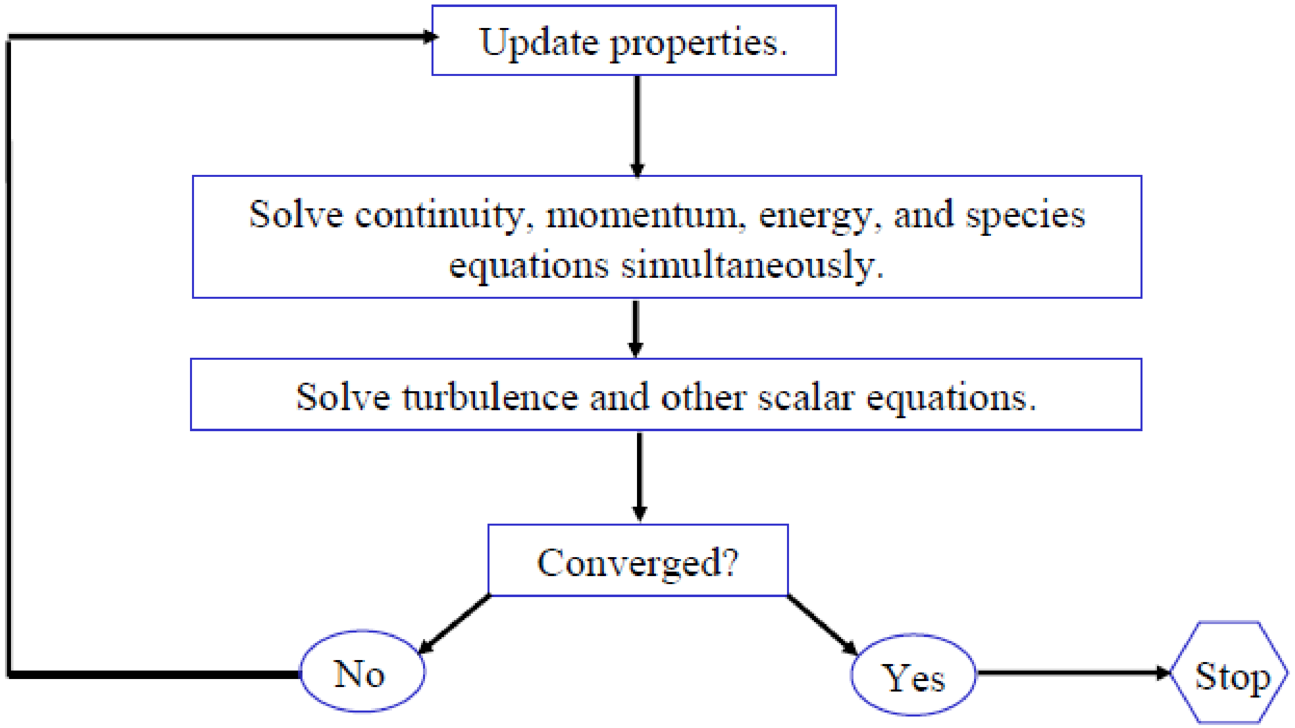
روش فشار مبنا

Segregated solution procedure



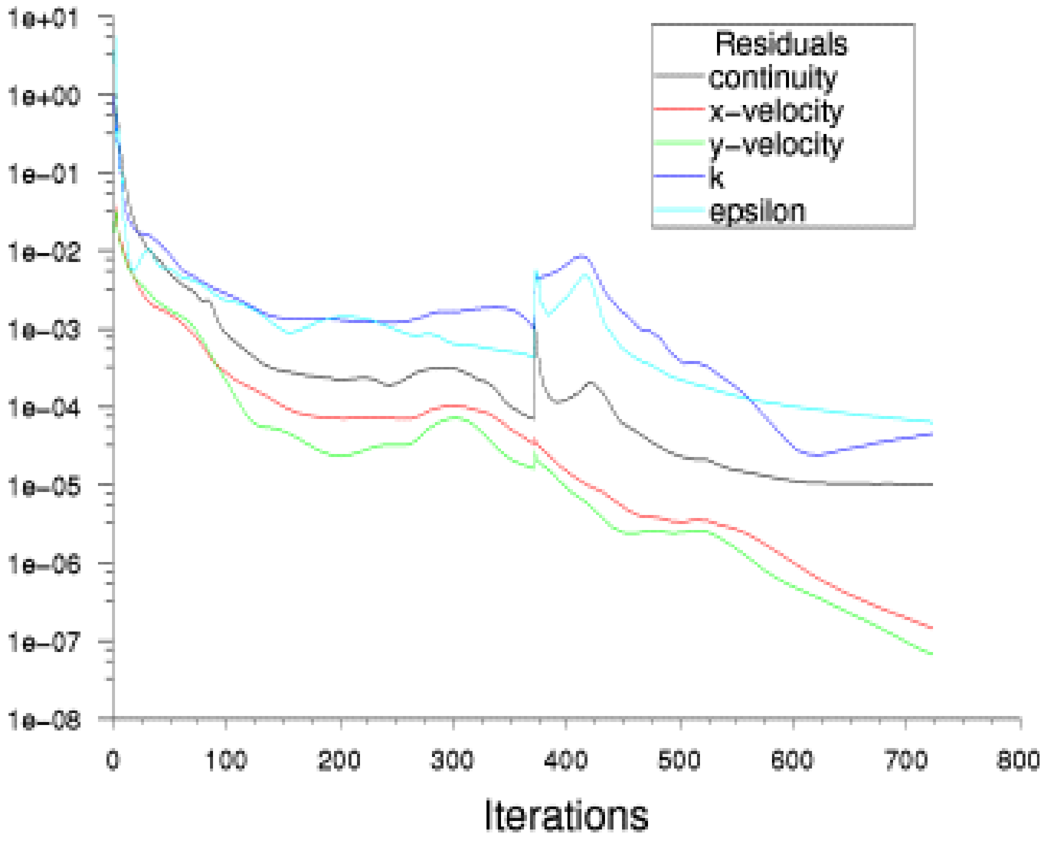
حل دستگاه معادلات حاکم

روش چگالی مبنا



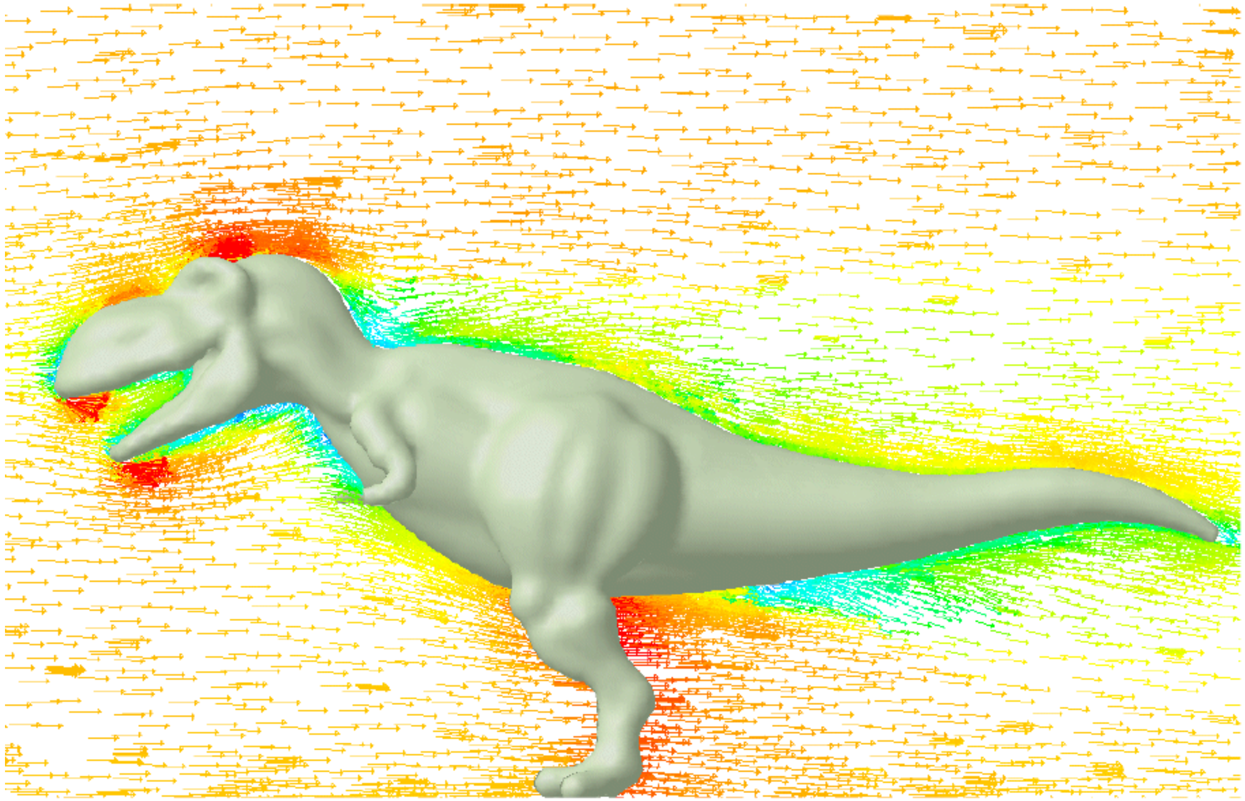
حل دستگاه معادلات حاکم

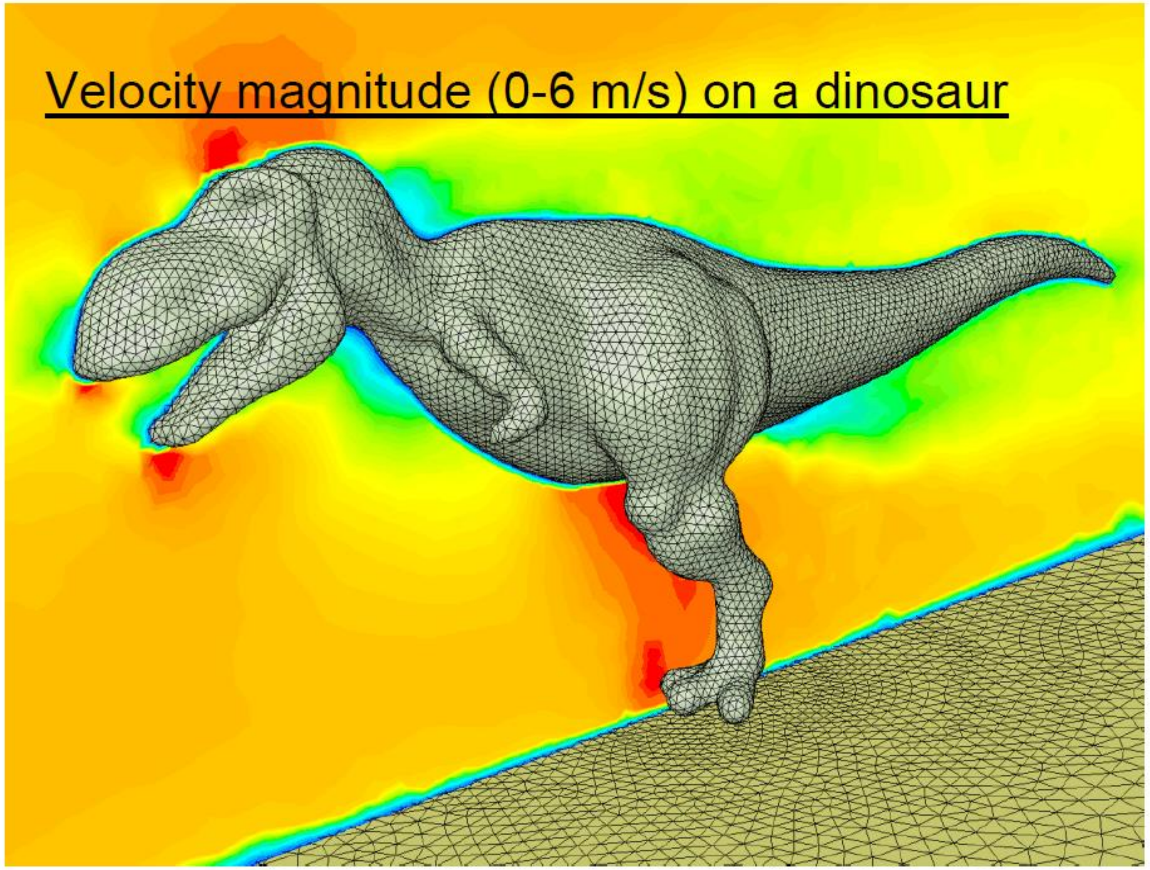
همگرایی



$$R_P = \left| a_P \phi_P - \sum_{nb} a_{nb} \phi_{nb} - b \right|$$

تحلیل نتایج





تحلیل نتایج