



Namatek
True Education

Computational Fluid Dynamics

www.namatek.com

دینامیک سیالات
محاسباتی چیست؟

فهرست مطالب

۱. دینامیک سیالات محاسباتی چیست؟ (Computational Fluid Dynamics)
۲. چگونه از محاسبات اطمینان حاصل می شود؟
۳. دسته بندی کلی علم سیالات
۴. منظور از پویایی علم دینامیک سیالات محاسباتی چیست؟
۵. روش های گسسته سازی و حل معادلات دیفرانسیل
۶. لیستی از نرم افزارهای کاربردی در دینامیک سیالات محاسباتی

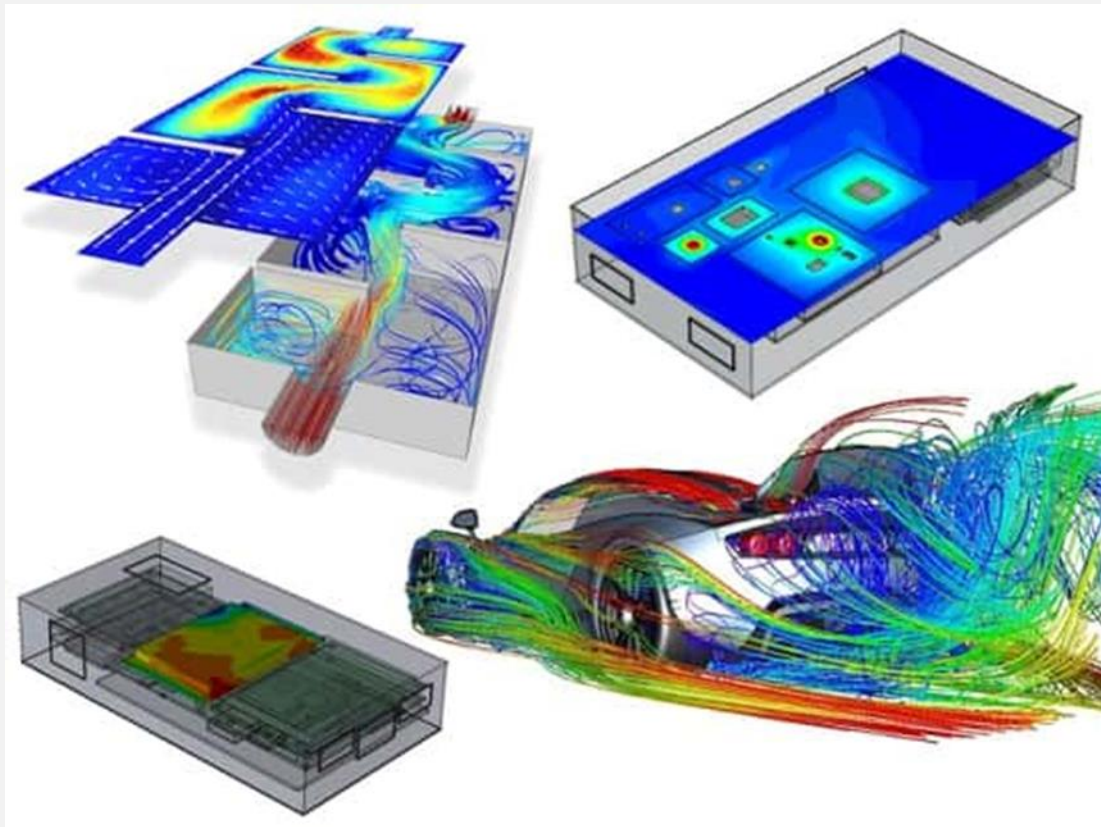
در صورتیکه شما هم از علاقه مندان به علم مکانیک هستید و یا در این حوزه فعالیت می کنید حتما باید بدانید که منظور از دینامیک سیالات محاسباتی چیست؟ این علم یکی از زیر شاخه های علم سیالات است که با پیشرفت های روز افزون نرم افزار ها، توسعه یافته و امکان مدل سازی و پیش بینی عملکرد سیستم ها را فراهم کرده است. زمینه های تحقیقاتی بسیاری در این علم وجود دارد و از این رو آشنایی با آن ضروری است.

در ادامه این مقاله، به چیرستی این ماجرا و جزئیات آن به صورت دقیق تر می پردازیم.

#1 دینامیک سیالات محاسباتی چیست؟ (Computational Fluid Dynamics)

دینامیک سیالات محاسباتی، شاخه ای از مکانیک سیالات است که از تجزیه و تحلیل اعداد و داده ها برای حل مشکلاتی که شامل جریان سیالات هستند استفاده می کند. از کامپیوترها برای انجام محاسبات مورد نیاز و شبیه سازی جریان آزاد مایع و برهم کنش سیالات (مایعات و گازها) با سطوح تعریف شده توسط شرایط مرزی استفاده می شود.

در واقع دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) فرآیند مدل سازی ریاضی یک پدیده فیزیکی شامل جریان سیالات و حل عددی آن با استفاده از محاسبات است.



#۲ چگونه از محاسبات اطمینان حاصل می شود؟

در علم دینامیک سیالات محاسباتی، معمولاً پس از انجام محاسبات مربوطه و تخمین های نرم افزاری، از روش هایی برای آزمایش درستی محاسبات مثل تونل های باد استفاده می شود. مثلاً اتومبیلی را در نظر بگیرید که قرار است در تونل باد تحت آزمایش قرار گیرد. این اتومبیل، در تونل باد ساکن نگه داشته می شود و اطراف آن جریان هوا برقرار می شود (برعکس چیزی که در واقعیت اتفاق می افتد) و شکل جریان مورد بررسی قرار می گیرد.

امروزه با وجود پیشرفت چشمگیر محاسبات نرم افزاری، هنوز نمی توان نقش این گونه آزمایش ها را نادیده گرفت.



#۳ دسته بندی کلی علم سیالات

به طور کلی علم مکانیک به دو دسته قابل تقسیم بندی است:

۱. علم مانا و پایدار بودن یا استاتیک

۲. علم پویایی یا دینامیک

حال از آن جایی که می دانیم سیالات دو دسته مایع (هیدرو) ها و گاز (آیرو) ها هستند، می توان گفت علم سیالات علمی است شامل:

۱. هیدرواستاتیک و آیرواستاتیک

۲. هیدرودینامیک و آیروودینامیک

#۴ منظور از پویایی علم دینامیک سیالات محاسباتی چیست؟

معادلات حاکم برای دینامیک سیالات نیوتنی (ویسکوزیته ثابت و نمودار تنش و کرنش برشی خطی) و معادلات ناپایدار ناویر-استوکس (Navier-Stokes equations)، بیش از ۱۵۰ سال است که شناخته شده است. با این حال، توسعه این معادلات، هنوز یک زمینه تحقیقاتی محسوب می شود. برای مثال روش میانگین گیری رینولدز معادلات ناویر استوکس (Reynolds averaging method) یکی از همین توسعه ها محسوب می شود.

برای دینامیک سیالات غیر نیوتنی، جریان های دو فازی، از جمله زمینه هایی است که تا کنون نسبت به سایر مسائل پیشرفت کمتری کرده است.

Reynolds Averaged Navier Stokes equations

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$$

Reynolds stresses
total 9 - 6 are unknown

$$\begin{aligned} \rho \left(\frac{\partial V_x}{\partial \tau} + V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_x}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 V_x}{\partial z^2} - \rho \left(\overline{\frac{\partial v'_x v'_x}{\partial x}} - \rho \frac{\partial \overline{v'_x v'_y}}{\partial y} - \rho \frac{\partial \overline{v'_x v'_z}}{\partial z} \right) + S_x \\ \rho \left(\frac{\partial V_y}{\partial \tau} + V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_y}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 V_y}{\partial z^2} - \rho \left(\overline{\frac{\partial v'_y v'_x}{\partial x}} - \rho \frac{\partial \overline{v'_y v'_y}}{\partial y} - \rho \frac{\partial \overline{v'_y v'_z}}{\partial z} \right) + S_y \\ \rho \left(\frac{\partial V_z}{\partial \tau} + V_x \frac{\partial V_z}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_z}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \frac{\partial^2 V_z}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 V_z}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} - \rho \left(\overline{\frac{\partial v'_z v'_x}{\partial x}} - \rho \frac{\partial \overline{v'_z v'_y}}{\partial y} - \rho \frac{\partial \overline{v'_z v'_z}}{\partial z} \right) + S_z \end{aligned}$$

same

#۵ روش های گسسته سازی و حل معادلات

دیفرانسیل

اکثر سیستم ها، توسط گرادیان ها و معادلات دیفرانسیلی تحلیل می شوند و اکنون می دانیم که در دینامیک سیالات محاسباتی هم با حل عددی (مثل معادله ناویر استوکس که در شکل زیر می بینید) سر و کار داریم؛ اما برای حل معادلات به دست آمده از روابط و تحلیل ها، احتیاج به گسسته سازی داریم که روش هایی هم برای این کار وجود دارد.

The diagram shows the Navier-Stokes equation with labels for each term:

$$\frac{\delta \mathbf{u}}{\delta t} = \underbrace{\nu \nabla \cdot (\nabla \mathbf{u})}_{\text{viscous drag}} - \underbrace{(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u}}_{\text{convection}} + \underbrace{\mathbf{F}_{body}}_{\text{gravity}} - \underbrace{\frac{1}{\rho} \nabla p}_{\text{pressure}}$$

Below the equation, the mass conservation equation is shown:

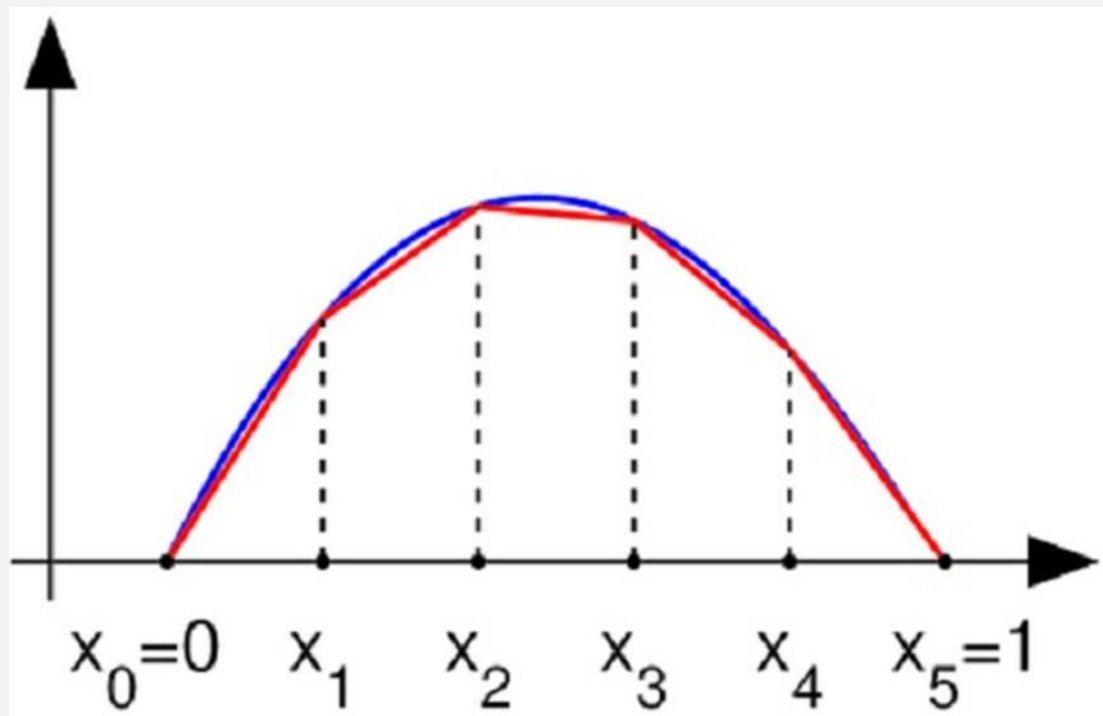
$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

Labels for the mass conservation equation include: mass conservation, velocity, viscosity, density, and pressure.

#۵-۱ روش اجزاء محدود (Finite Element Method)

روش اجزاء محدود یا المان محدود، رایج ترین روشی است که برای حل عددی معادلات دیفرانسیل ناشی از مهندسی و مدل سازی ریاضی استفاده می شود.

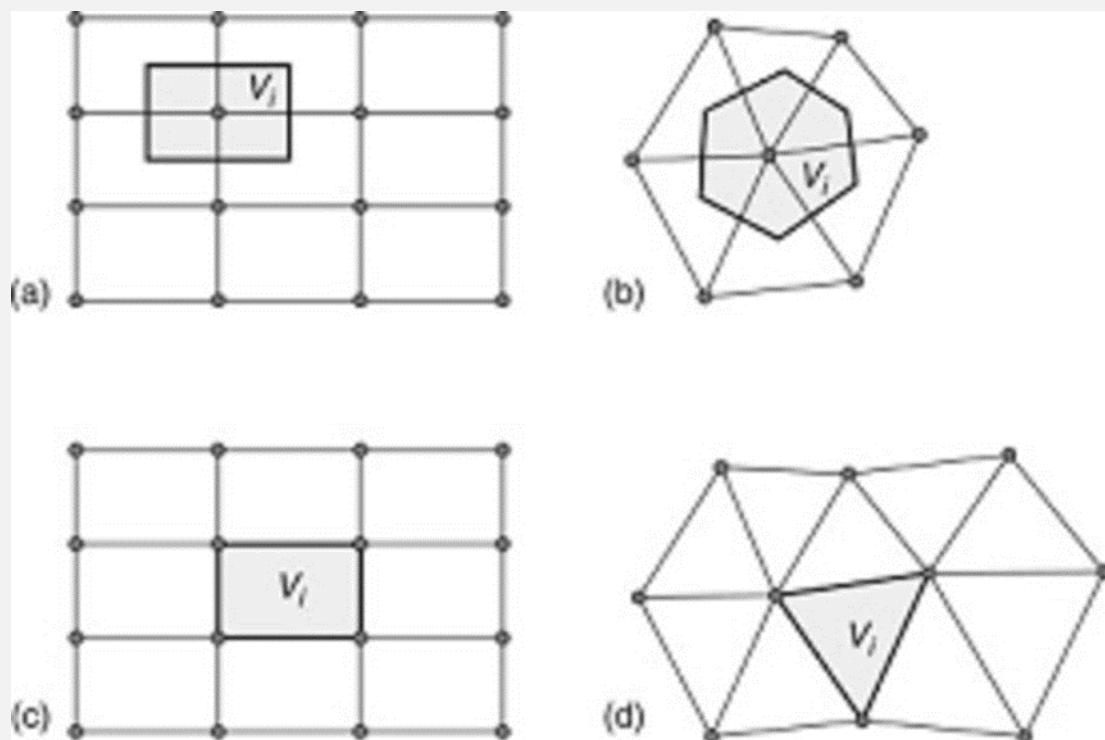
در این روش، یک سیستم به قسمت های کوچک تری به نام المان محدود که از نظر محاسبه ساده تر هستند، تقسیم می شود و یک معادله دیفرانسیل همراه با شرایط مرزی آن، به معادله های خطی ساده تبدیل می شود که به راحتی قابل حل هستند و پس از حل، نتایج آن ها به کل دامنه تعمیم داده می شود. این روش، در جاهای مختلفی از دینامیک سیالات محاسباتی کاربرد دارد؛ مثل محاسبه تنش های وارد به یک ساختمان در اثر طوفان.



۲-۵ روش حجم محدود (Finite Volume Method)

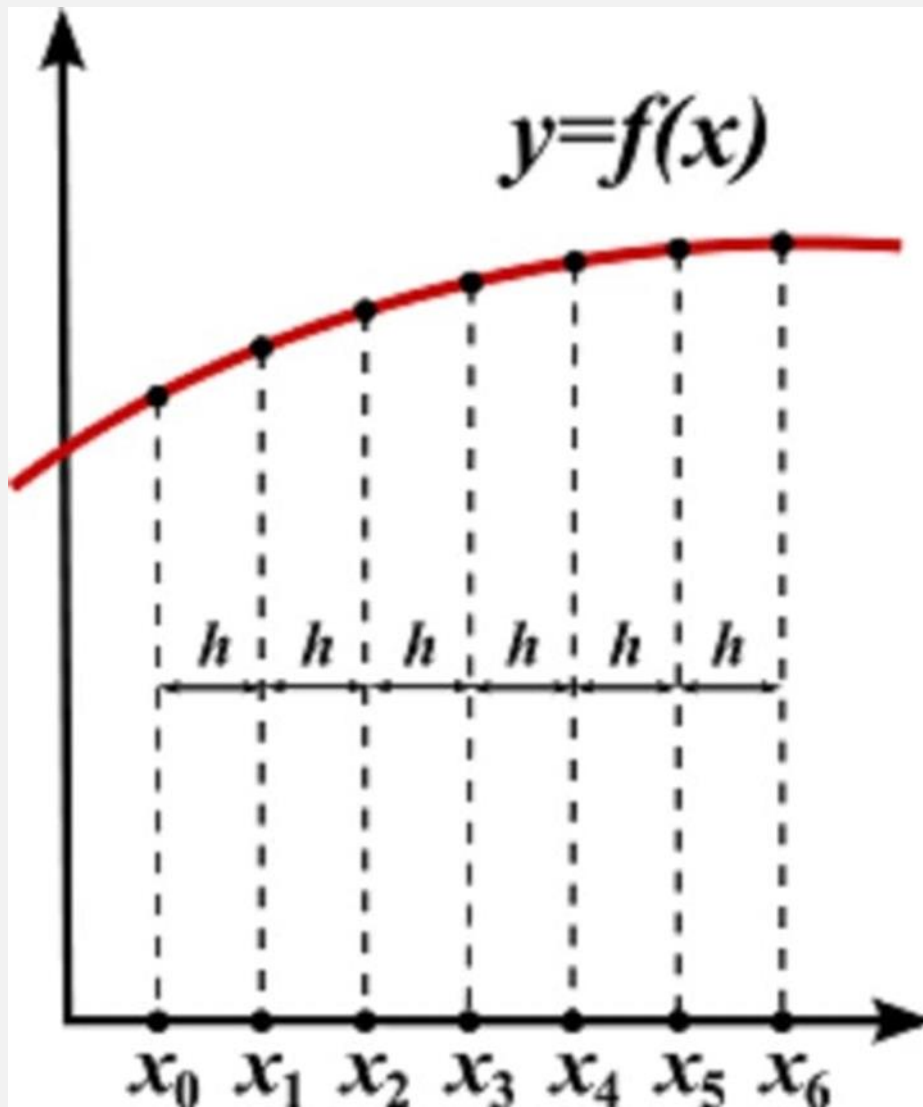
با این روش، می توان معادلات دیفرانسیل جزئی را به شکل ماتریس درآورد. این روش اساس کار اکثر نرم افزار های شبیه سازی است و قدیمی تر از روش قبل است.

در این روش، حجمی به عنوان نمونه در نظر گرفته می شود و سپس به کل تعمیم داده می شود. این روش در دینامیک سیالات محاسباتی از لحاظ کاربردی تر بودن یا دقت، با روش قبلی قابل مقایسه نیست و هر کدام کاربردهای خود را دارند. در واقع در بعضی از زیر شاخه ها، این روش تقریباً همانند قبلی است.



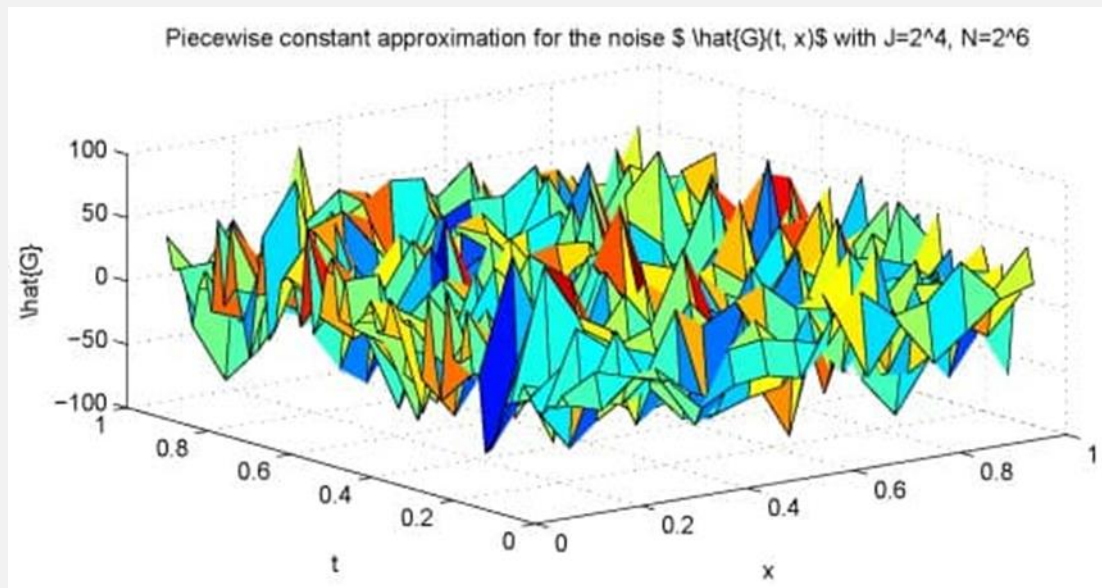
روش تفاضل محدود (Finite Difference Method) #۵-۳

اساس این روش، بسط تیلور است. از مزایای این روش، سهولت آن است. در این روش در دینامیک سیالات محاسباتی، دو نقطه با فاصله در نظر گرفته می شود و تفاضلی تقریبی بین این دو محاسبه می شود.



۴-۵ روش های طیفی (Spectral methods)

علاوه بر این روش ها، متد دیگری به اسم روش طیفی وجود دارد که به نسبت، دقت بالایی دارد. در این روش از سری فوریه و توابع متناوب استفاده می شود.



#۶ لیستی از نرم افزارهای کاربردی در دینامیک سیالات محاسباتی

- ANSYS: برای تجزیه و تحلیل در طراحی و شبیه سازی
 - Open FOAM: شبیه سازی انواع محیط ها
 - Power FLOW: شبیه سازی و طراحی برای بیزینس های بزرگ
 - Sims Cale: ساده سازی تست عملکرد، دوام و بهینه سازی
 - COMSOL Multiphysics: شبیه سازی و قابل پیش بینی کردن
- فرآیندها