معرفی نرم افزار های

محاسبات عددی

Ansys CFX و Ansys Fluent

energyenergy.ir

فصل اول : مقدمه ۱
۱-۱. - CFD چیست؟ ۱
۱-۲. - روش‌های حل CFD ۲
۱-۲-۱. - روش تفاضل محدود (FDM) ۲
۱-۲-۲. - روش اجزا محدود (FEM) ۳
۱-۲-۳. - روش حجم محدود (FVM) ۳
۱-۲-۴. - روش طیفی ۴
۱-۳. حل معادلات جبری با استفاده از یک روش تکرار ۴
۱-۴. - معتبر سازی نتایج CFD ۴
۱-۵. - توضیح سازگاری و پایداری ۵
فصل دوم: معرفی نرم‌افزار ۶
۲-۱. - نرم‌افزار انسیس سی اف ایکس ۶
۲-۲. - نرم‌افزار فلوئنت ۷

energyenergy.ir

energyenergy.ir

فصل اول

مقدمه

۱-۱. CFD چیست؟

بطور کلی روشهای پیشگویی یک پدیده فیزیکی به دو قسمت عمده تقسیم می‌شود

روش تجربی (آزمایشگاهی)

روش تئوری

در روشهای تئوری ابتدا با مشاهده پدیده فیزیکی به بیان معادلات دیفرانسیل مربوط پرداخته و پس از آن به معادلات جبری حاکم بر مسـأله می‌پردازیم. مشکلی که وجود دارد این است که بر خلاف پدیده‌هایی که برای آنها مدل ریاضی مناسبی ارائه شده‌اند پدیده‌هایی نیز وجود دارند که هنوز مدل ریاضی مناسبی برای آن‌ها یافت نشده است.

در اینجاست که استفاده از روش‌های عددی به‌عنوان یک‌راه سوم برای حل مسائل جریان سیال جای خود را باز می‌کند. بنابراین در یک تقسیم‌بندی دیگر می‌توان دینامیک سیالات را به دو بخش تقسیم کرد[۱]:

دینامیک سیالات تئوری

دینامیک سیالات محاسباتی

دینامیک سـیالات محاسـباتی (CFD) عبارت از تحلیل سـیسـتم‌های شامل جریان سیال، انتقال حرارت و پدیده‌های همراه، نظیر واکنش‌های شیمیایی‌بر اساس شبیه‌سازی کامپیوتری هست.

CFD روش بسـیار توانایی هسـت ، به‌طوری‌که طیف وسـیعی از کاربردهای صـنعتی و غیر صـنعتی را در برمی‌گیرد. برخی مثال‌ها عبارت‌اند از:

آیرودینامیک هواپیما و وسایل نقلیه وهیدرودینامیک کشتی‌ها

نیروگاه: احتراق در موتورهای IC و توربین‌های گاز

توربوماشین: جریان‌های داخل گذرگاه‌های دوار، پخش‌کننده‌ها و ...

مهندسی برق و الکترونیک، خنک کاری دستگاه‌هایی که دارای مدارهای ریز می‌باشند.

مهندسی فرآورده‌های شیمیایی: اختلاط جداسازی شکل‌گیری پلیمر

مهندسی محیط‌زیست: توزیع آلودگی و جریان‌های گذرا

مهندسی پزشکی: جریان خون عبوری از رگ‌ها

هواشناسی پیش‌بینی وضع هوا

از سال‌های ۱۹۶۰ به بعد صنعت هوافضا روش‌های CFD را در طراحی، تحقیق توسعه و ساخت موتورهای هواپیما و جت بکار گرفته است.

اخیراً روش‌هایی برای طراحی موتورهای احتراق داخلی و محفظه‌های احتراق توربین‌های گاز و کوره بکار می‌رود. بعلاوه سازندگان موتورهای وسایل نقلیه همه‌روزه با استفاده از CFD نیروهای مقاوم ناشی از جریان هوا روی بدنه و محیط داخل اتومبیل را پیش‌بینی می‌کنند. لذا CFD به‌طور فزاینده‌ای به‌صورت یک جزء اساسی در طراحی تولیدات صنعتی و فرآورده‌ها درآمده است.

بعلاوه CFD در طراحی سیستم‌های سیالاتی چند مزیت منحصربه‌فرد نسبت به روش‌های تجربی دارد:

کاهش اساسی در زمان و قیمت طراحی‌های جدید

توانایی مطالعه سیستم‌هایی که انجام آزمایش‌ها روی آن‌ها مشکل و یا غیرممکن است

توانایی مطالعه سیستم‌ها تحت شرایط تصادفی و بالاتر از حدود معمول آن‌ها

جزئیات نتایج با دقت افزون

۱-۲. - روش‌های حل CFD

روش‌های حل CFD عبارت‌اند از:

- تفاضل محدود
- اجزا محدود (المان محدود)
- حجم محدود
- روش طیفی

۱-۲-۱. - روش تفاضل محدود[۱] (FDM)

در این روش معادلات دیفرانسیل پاره‌ای در مکانیک سیالات و انتقال حرارت را به همان صورت دیفرانسیلی در نظر می‌گیریم و با استفاده از بسط تیلور این معادلات را تقریب می‌زنیم تا تبدیل به یک سری از معادلات جبری بنام معادلات تفاضل محدود شوند. برای تقریب تابع f در نقطه h+.x با استفاده از بسط تیلور داریم:

۱ . Finite difference Method

$$f(x_0+h) = f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!}h + \frac{f^{(2)}(x_0)}{2!}h^2 + \cdots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}h^n + R_n(x)$$

سپس برای a=.x و تقسیم طرفین بر h خواهیم داشت:

$$\frac{f(a+h)}{h} = \frac{f(a)}{h} + f'(a) + \frac{R_1(x)}{h}$$

درنتیجه داریم:

$$f'(a) = \lim_{h\to 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h}$$

که درروش تفاضل محدود یک تقریب مناسب برای این تابع به‌صورت زیر خواهد بود:

$$f'(a) \approx \frac{f(a+h) - f(a)}{h}$$

۱-۲-۲. - روش اجزا محدود[۱](FEM)

روش اجزاء محدود یا روش المان محدود، روشی عددی برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل جزئی و نیز حل معادله‌های انتگرالی است. اساس کار این روش یا حذف کامل معادلات دیفرانسیل یا ساده‌سازی آن‌ها به معادلات دیفرانسیل معمولی، که با روش‌های عددی مثل اویلر حل می‌شوند، هست. در حل معادلات دیفرانسیل جزئی مسئله مهم این است که به معادله ساده‌ای که ازنظر عددی پایداراست، دست بیابیم. روش‌هایی با مزایا و معایب مختلف برای این امر وجود دارد، که روش اجزاء محدود یکی از بهترین آن‌هاست. این روش در حل معادلات دیفرانسیل جزئی روی دامنه‌های پیچیده یا هنگامی‌که دامنه متغیر است، یا وقتی‌که دقت بالا در همه جای دامنه الزامی نیست و یا اگر نتایج همبستگی و یکنواختی کافی را ندارند، بسیار مفید هست. به‌عنوان‌مثال در شبیه‌سازی یک تصادف در قسمت جلوی ماشین، نیازی به‌دقت بالای نتایج در عقب ماشین نیست، همچنین در شبیه‌سازی و پیش‌بینی هوا روی کره زمین، هوای روی خشکی‌ها اهمیت بیشتری از هوای روی دریاها دارند.

۱-۲-۳. - روش حجم محدود [۲] (FVM)

درواقع نوعی از روش المان محدود است که در آن روش تقریب این انتگرال‌ها با روش المان محدود متفاوت است. این روش بیشتر برای سیالات و انتقال حرارت مناسب است. نرم‌افزار فلوئنت از این متد پیروی می‌کند.

۱ . Finite Element Method

۲ . Finite Volume Method

۱-۲-۴. - روش طیفی

درروش طیفی مجهولات با استفاده ازسری‌های منقطع فوریه و یاسری‌های چندجمله‌ای CHEBYSHEV تقریب می‌زند. این تقریب‌ها محلی نیستند ولی برای تمام ناحیه محاسباتی معتبرند.

در حالت کلی روش‌های تفاضل محدود برای هندسه‌ها و قلمروهای پیچیده ذاتاً ضعیف هستند و فقط باید از شبکه‌های با سازمان برای حل به‌وسیله آن‌ها استفاده کرد. اما روش‌های حجم محدود یا المان محدود دارای چنین ضعفی نیستند و قابلیت حل در دامنه‌های پیچیده را افزایش می‌دهند. در ضمن چون در این روش‌ها معادله‌های انتگرالی مستقیماً در قلمروی فیزیکی بکار می‌روند،لذا نیازی به تبدیل‌های ریاضی برای تغییر مختصات(تبدیل فضای فیزیکی به محاسباتی) نیست درحالی‌که برای استفاده از روش تفاضل محدود به این مسئله زیاد برمی‌خوریم.

البته درروش حجم محدود هم از شبکه با سازمان و هم بی‌سازمان استفاده می‌شود. درهرحال گفتنی است که اگر بتوانیم دامنه مسئله را به‌صورت شبکه با سازمان درآوریم، روش تفاضل محدود به علت راندمان بهتر آن در مقایسه با روش‌های حجم محدود والمان محدود برتر است.۲

۱-۳. حل معادلات جبری با استفاده از یک روش تکرار

قدم اول یعنی انتگرال‌گیری از حجم کنترل، روش حجم محدود را از سایر روش‌های CFD متمایز می‌کند. دیدگاه حجم محدود بقاء محلی هر خاصیت از سیال را برای هر حجم کنترل تضمین می‌کند. این رابطه روشن‌بین الگوریتم عددی و قاعده کلی بقاء اصل فیزیکی، یکی از جاذبه‌های اصلی روش حجم محدود را تشکیل می‌دهد و درک مفاهیم آن را برای مهندسین، خیلی ساده‌تر از روش‌های عنصر محدود و طیفی مهیا می‌کند.

برنامه‌های CFD شامل روش‌های گسسته سازی مناسب، برای حل پدیده‌های انتقالی مهم، جابجایی از نقطه‌ای به نقطه دیگر و نرخ تغییر نسبت به زمان و... هست. همچنین پدیده‌های فیزیکی اساسی، پیچیده و غیرخطی می‌باشند بنابراین یک روش حل تکرار موردنیاز است.

۱-۴. - معتبر سازی نتایج CFD

برای این‌که از اعتبار محاسبات CFD اطمینان حاصل کنیم و بتوانیم از این نتایج استفاده کنیم باید نتایج محاسبات CFD با نتایج عملی و آزمایشگاهی مطابقت داده شود تا در صورت کم بودن خطا از آن‌ها استفاده

گردد.

اگر نتایج آزمایشگاهی برای مقایسه موجود نباشد باید از روش‌های زیر برای معبرسازی نتایج استفاده کرد:

- آزمایش‌های قبلی انجام‌گرفته برای پروژه‌های مشابه
- مقایسه بین حل تحلیلی جریان‌های مشابه ولی ساده‌تر
- مقایسه با نتایج حاصل از مقاله‌های معتبر علمی

شـاید این سؤال مطرح شود که اگر باید نتایج حل فلوئنت معتبر سازی گردد پس چه نیازی به حل عددی و نرم‌افزار است؟ جواب این است که ما فقط برای یک حالت عملکردی مسئله نتایج را معتبر سازی می‌کنیم ولی می‌توان برای حالت‌های عملکردی دیگر و متنوع بدون معتبر سازی از نتایج CFD با اطمینان استفاده کرد. به‌طور مثال ممکن اسـت جریان پمپ در یک دبی و فشـار مشـخص با CFD تحلیل شـود، اگر در این شرایط بتوانیم با انجام آزمایش صـحت محاسـبات CFD را اثبات کنیم آنگاه می‌توان برای این پمپ در هر دبی و فشار دلخواهی با اطمینان از نتایج CFD استفاده نماییم.

۱-۵. - توضیح سازگاری و پایداری

فهم مناسب الگوریتم حل عددی نیز یک مسئله مهم است. سه ایده ریاضی در مشخص کردن کارایی یا عدم کارایی هر یک از الگوریتم‌ها مفید است:

- همگرایی
- سازگاری
- پایداری

همگرایی خاصیتی از روش عددی برای بدست‌آوردن جوابی است که به حل دقیق نزدیک هست، به‌طوری‌که فاصله شبکه اندازه حجم کنترل یا المان به صفر میل می‌کند طرح‌های عددی سازگار دستگاهی از معادلات جبری را ایجاد می‌کند که می‌توان نشـان داد، با معادله حاکم اصـلی زمانی که فاصـله شـبکه به سمت صفر میل می‌کند معادل باشد، پایداری درروش عددی با میرایی خطاها همراه می‌باشد.

اگر یک روش پایدار نباشـــد، حتی با گرد کردن خطاها در داده‌های اولیه، موجب واگرایی یا نوســـانات زیاد می‌گردد.

فصل دوم
معرفی نرم‌افزار

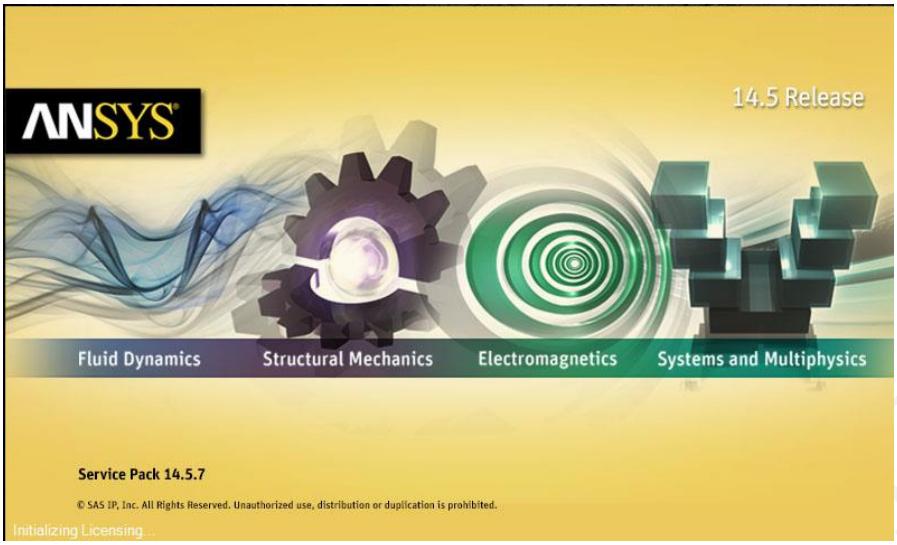
در این فصل با دو نرم‌افزار مربوطه و نحوه عملکرد آن‌ها آشنا می‌شویم.

۲-۱. - نرم‌افزار انسیس سی اف ایکس[۱]

این نرم‌افزار که بر مبنای روش اجزا محدود می‌باشد، می‌توان گفت قدرتمندترین درزمینه CFD می‌باشد. نرم‌افزارهای ارائه‌شده در این زمینه با توجه به گستردگی علم سیالات از محدودیت‌های زیادی برخوردار می‌باشند. نرم‌افزار ANSYS CFX یکی از نرم‌افزارهای سرآمد درزمینهٔ ی تحلیل CFD می‌باشد و با توجه به محیط کاربرپسند و ارتباط راحت آن با نرم‌افزارهای مدل‌سازی، طرفداران زیادی در محافل دانشگاهی و صنعتی پیداکرده است.

برای انجام مدل‌سازی و مش زدن می‌توان از نرم‌افزار ANSYS WORKBENCH استفاده کرد. لینک‌های قوی ANSYS WORKBENCH و قدرت MESHING این نرم‌افزار منحصربه‌فرد بوده و دیگر نرم‌افزارهای CFD دارای چنین قابلیت‌هایی نمی‌باشند. ازآنجاکه زبان برنامه‌نویسی ANSYS توسط برنامه FORTRAN انجام‌شده، این نرم‌افزار این قابلیت را برای کاربران ایجاد کرده است تا در محیط نرم‌افزار با استفاده از یک‌زبان برنامه‌نویسی منطبق بر FORTRAN بسیاری از محدودیت‌های موجود در CFD را برطرف کنند. ازجمله قابلیت‌های مهم و قابل‌ذکر این نرم‌افزار MESH MOTION هست. که با ایجاد حرکت در مش، تحلیل سیالاتی مدل‌های متحرک را ایجاد کرده است. در شکل - ۱ - نرم‌افزار انسیس‌محیط ورودی نرم افزار انسیس دیده می‌شود.

۱ . Ansys CFX



شکل - ۱ - نرم‌افزار انسیس

۲-۲. - نرم‌افزار فلوئنت[۱]

یکی از نرم‌افزارهای صنعتی مشهور می‌باشد که دارای قابلیت‌های فراوانی در تحلیل سیالات است. این نرم‌افزار قابلیت مدل‌سازی جریان‌های دو و سه‌بعدی را دارا می‌باشد. برای استفاده از این نرم‌افزار ابتدا توسط یک نرم‌افزار کمکی مانند Gambit یا نرم‌افزارهای CAD، هندسه جریان مشخص می‌گردد و عمل مش بندی نیز صورت می‌گیرد. نرم‌افزار Fluent از خروجی نرم‌افزار Gambit استفاده می‌نماید.

این نرم‌افزار قابلیت انجام محاسبات با دقت معمولی و دقت مضاعف را دارد و کاربر می‌تواند هرکدام را بر اساس نیاز خود انتخاب نماید. این نرم‌افزار بر پایه روش حجم محدود که یک روش بسیار قوی و مناسب در روش‌های دینامیک سیالات محاسباتی هست، بناشده است. قابلیت‌های فراوانی نظیر مدل‌سازی جریان‌های دائم و غیر دائم، جریان لزج و غیر لزج، احتراق، جریان مغشوش، حرکت ذرات جامد و قطرات مایع در یک‌فاز پیوسته و دهها قابلیت دیگر، Fluent را به یک نرم‌افزار بسیار قوی و مشهور تبدیل نموده است. آزمایش‌ها عملی و محاسبات تئوری، دو روش اصلی و مشخص برای پیش‌بینی میزان انتقال حرارت و چگونگی جریان سیال در کاربردهای مختلف صنعتی و تحقیقاتی می‌باشند. در اندازه‌گیری‌های تجربی به دلیل هزینه‌های زیاد ترجیح داده می‌شود که آزمایش‌ها بر روی مدلی با مقیاس کوچک‌تر از نسخه اصلی انجام پذیرد. حذف پیچیدگی‌ها و ساده‌سازی آزمایش‌ها، خطای دستگاه‌های اندازه‌گیری و بعضی موانع درراه اندازه‌گیری ازجمله مشکلاتی هستند که روش‌های عملی با آن‌ها روبه‌رو هستند و کارآیی این حالت‌ها را در بعضی موارد، مورد سؤال قرار می‌دهند. مهم‌ترین امتیاز محاسبات تئوری در مقایسه با آزمایش‌های تجربی، هزینه کم آن است. گرچه در بسیاری موارد

۱-Fluent

ترجیح داده می‌شود با استفاده از روش‌های محاسباتی، آنالیز جریان و انتقال حرارت صورت گیرد ولی تائید تحلیل‌های عددی نیاز به مقایسه با نتایج آزمایشگاهی و یا نتایج تائید شده دیگری دارد. در میان محققین، انجام پژوهش‌های تجربی ارزش بسیاری دارد و اگر بتوان آزمایش مطلوبی انجام داد، تحلیل‌های زیادی را بر محور آن‌ها می‌توان گسترش داد و اطلاعات فراوانی به دست آورد. درهرصورت با دسترسی به دستگاه‌های محاسبه‌گر و رایانه‌های قوی، امروزه در بسیاری از موارد آنالیز دینامیک سیالات و انتقال حرارت با روش‌های عددی انجام می‌پذیرد. هرچه پدیده موردبررسی پیچیدگی بیشتری داشته باشد، روش‌های عددی اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند.

علاوه بر سرعت بیشتر محاسبات عددی، می‌توان با این روش‌ها اطلاعات کامل با جزئیات بیشتر، از قبیل تغییرات سرعت، فشار، درجه حرارت و غیره را در سراسر حوزه موردنظر به دست آورد. در مقابل، اغلب اوقات، شبیه‌سازی آزمایشگاهی جهت به دست آوردن این‌گونه اطلاعات مشکل و مستلزم صرف زمان زیاد بوده و در بعضی شرایط غیرممکن است. در اکثر مسائل مربوط به مکانیک سیالات، به دلیل پیچیدگی معادلات مربوطه، استفاده از حل تحلیلی امکان‌پذیر نیست.

فلوئنت یک نرم‌افزار چندمنظوره برای مدل‌سازی جریان سیال، انتقال حرارت و واکنش شیمیایی نوشته‌شده است. با توجه به محیط مناسب نرم‌افزار جهت تعریف مسئله و شرایط‌های پیچیده، تعریف شرایط مرزی گوناگون و حل مسائل پیچیده شامل تأثیر پدیده‌های مختلف به کمک این نرم‌افزار قابل‌حل هست.

این نرم‌افزار برای تحلیل مسائل خاص، روش‌های شبیه‌سازی کامپیوتری متفاوتی را بکار می‌برد و نرم‌افزار برای راحتی کار، تعریف مسئله، محاسبه و دیدن نتایج، منوهای مختلفی در نظر گرفته‌شده است. وقتی نیاز باشد،Fluent می‌تواند مدل موردنظر را از دیگر نرم‌افزارهای تولید مدل که با آن‌ها سازگاری دارد وارد کند. این نرم‌افزار امکان تغییر مش بندی به‌صورت کامل و تحلیل جریان با مش بندی‌های پیچیده را فراهم می‌سازد. نوع مش‌های قابل‌تولید و دریافت توسط این نرم‌افزار شامل مش‌های با المان‌های مثلثی و چهارضلعی (برای هندسه‌های دوبعدی) و چهاروجهی، شش‌وجهی، هرمی یا گوه‌ای (برای هندسه‌های سه‌بعدی) هست.

همچنین Fluent به کاربر اجازه دست‌کاری مش (مثلاً ریز کردن یا درشت کردن مش در مرز و مکان‌های لازم در هندسه) را می‌دهد. این نرم‌افزار قابلیتی را در اختیار کاربر قرار می‌دهد که در نواحی که دارای گرادیان‌های بزرگ (مثل لایه‌مرزی و...) باشند، مش دقیق‌تری را ایجاد کند. این قابلیت‌ها مدت‌زمان تحلیل را به‌طور قابل‌ملاحظه ای کاهش می‌دهد.

این نرم‌افزار با زبان برنامه‌نویسی C نوشته‌شده است و از تمامی توان و قابلیت انعطاف این زبان بهره می‌برد. درنتیجه این نرم‌افزار با استفاده از ساختار مناسب داده‌ها و اطلاعات، حافظه دینامیک و کنترل انعطاف‌پذیر محاسبات را ممکن می‌سازد. این نرم‌افزار هم‌اکنون تحت نرم‌افزار ANSYS ارائه می‌گردد و با محیط‌های مختلف

آن ارتباط دوسویه دارد. از این قابلیت می‌توان برای تحلیل مسائل (FSI)[1] استفاده نمود.

در پایان می‌توان گفت، هر دو نرم‌افزار Fluent و Ansys CFX در شبیه‌سازی مسائل باقدرت فراوانی عمل می‌کنند. در بعضی از زمینه‌ها مشاهده‌شده است که نرم‌افزار فلوئنت که بر مبنای حجم محدود عمل می‌کند، نه‌تنها سرعت بیشتری در حل داشته است، بلکه نتایج دقیق‌تری را می‌توان از آن استخراج کرد. آخرین ورژن نرم‌افزار فلوئنت نیز در قالب شرکت انسیس[2] عرضه می‌شود.

در کل می‌توان گفت هر دو نرم‌افزار در این زمینه به‌خوبی عمل کرده و تفاوت چندان زیادی در نتیجه‌گیری نخواهند داشت.

energyenergy.ir

۱-Fluid Structure Interaction

۲-Ansys Inc.

مراجع

[1] CFX Release 4.4 User Guide, 2001, AEA Technology, CFX International, Harwell, Didcot, UK
[2] Goldstein Jr. L. and Sparrow E.M., Heat/mass transfer characteristics for flow in a corrugated wall channel, Trans. ASME, J. Heat Transfer, 99, 187–195 , 1977

energyenergy.ir