

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فلوئنت کاربردی گام به گام

«ویژه دانشجویان مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد و دکتری»

(به انضمام CD)

تألیف:

دکتر سیدامیرعباس علومی

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

محمدحسن زارع

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

امیرحسین نگهی

محقق و کارشناس ارشد مهندسی مکانیک



۱۳۹۴

سرشناسه	:	علمی، سیدامیرعباس، ۱۳۵۸.
عنوان و نام پدیدآور	:	فلوئنت کاربردی گام به گام/ سیدامیرعباس علمی، محمدحسن زارع، امیرحسین نگهی.
مشخصات نشر	:	یزد: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	:	۱۴۷ ص: مصور (بخشی رنگی)
شابک	:	۱۰۰۰۰۰ ریال 978-964-10-3299-1
وضعیت فهرست‌نویسی	:	فیا.
یادداشت	:	نرم‌افزار فلوئنت.
موضوع	:	نرم‌افزار گمبیت.
موضوع	:	سیالات، مکانیک، داده‌پردازی.
موضوع	:	گرما، انتقال، داده‌پردازی.
شناسه افزوده	:	زارع، محمدحسن، ۱۳۵۵.
شناسه افزوده	:	نگهی، امیرحسین، ۱۳۶۹.
شناسه افزوده	:	دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.
رده‌بندی کنگره	:	۱۳۹۳ ۸ع/۵/۵/۳۴۵ TA
رده‌بندی دیویی	:	۶۲۰/۰۰۳۸۵۵۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۳۷۴۲۸۸۵



فلوئنت کاربردی گام به گام

نویسندگان	:	دکتر سیدامیرعباس علمی، دکتر محمدحسن زارع، امیرحسین نگهی
ناشر	:	انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی یزد
ناظر چاپ	:	حمید صادقی، اسماعیل ثقفی
نوبت چاپ	:	اول ۱۳۹۴
شمارگان	:	۲۰۰۰ نسخه
طرح جلد	:	حسن دشتی
صفحه‌آرایی	:	محمد مهدی صادقی نژاد
قیمت	:	۱۰۰۰۰۰ ریال
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۳۲۹۹-۱
	:	ISBN: 978-964-10-3299-1

انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

E-mail: entesharat_elmi@iauyazd.ac.ir

یزد- صفایه- دانشگاه آزاد اسلامی- انتشارات ۰۳۵-۳۸۲۱۴۸۱۳-۳۱۸۷۲۲۸۰

حق چاپ برای دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد محفوظ است.

تلفن مرکز پخش: ۰۳۵-۳۸۲۱۴۸۱۳-۳۱۸۷۲۲۸۰

سخن ناشر

در دنیای امروز، نرم‌افزارهای کامپیوتری به یک نیروی محرکه تبدیل شده‌اند. موتوری که تصمیم‌گیری تجاری را به جلو می‌رانند، به عنوان پایه‌ای برای پژوهش‌های علمی مدرن و حل مسائل مهندسی عمل می‌کند. عاملی کلیدی است که تفاوت میان خدمات و محصولات مدرن را مشخص می‌کند. در تمام انواع سیستم‌ها تعبیه شده است: حمل و نقل، پزشکی، ارتباطات، نظامی و ... لسیته‌ای که تقریباً پایانی ندارد. نرم‌افزار در حقیقت در دنیای نوین گریزناپذیر است و با عبور به قرن ۲۱، نیروی محرکه‌ای برای پیشرفت‌های جدید در همه امور، از تحصیلات ابتدائی گرفته تا مهندسی ژنتیک خواهد بود.

از انواع نرم‌افزارها می‌توان از نرم‌افزار فلوئنت نام برد که قابلیت انجام محاسبات با دقت معمولی و مضاعف را دارد. این کتاب که به آموزش این نرم‌افزار می‌پردازد توسط اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر سیدامیرعباس علومی، جناب آقای محمدحسن زارع و جناب آقای امیرحسین نگهبی تألیف شده است.

در پایان از اعضای فرهیخته شورای انتشارات و نیز داوران و ویراستاران علمی و ادبی و همه عزیزانی که در راه انتشار این مجموعه تلاش کرده‌اند به ویژه از جناب آقای دکتر محمدرضا اسلامی رئیس محترم دانشگاه، جناب آقای دکتر محمد میرجلیلی معاون محترم پژوهش و فناوری که همواره عنایت ویژه‌ای به مجموعه انتشارات علمی دانشگاه دارند صمیمانه قدردانی و سپاسگذاری می‌گردد.

به امید توفیق الهی

حمید صادقی

مدیر مسئول انتشارات علمی دانشگاه

پیش‌گفتار

امروزه استفاده از روش‌های عددی در محاسبات کامپیوتری اهمیت زیادی داشته و به عنوان ابزاری کارآمد در طراحی وسایل مهندسی به کار می‌رود. نرم‌افزار Fluent یکی از نرم‌افزارهای صنعتی مشهور می‌باشد که دارای قابلیت‌های فراوانی است. این نرم‌افزار قابلیت مدل‌سازی جریان‌های دو و سه بعدی را داراست. برای استفاده از این نرم‌افزار ابتدا توسط یک نرم‌افزار کمکی مانند Gambit 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 به عنوان یک اختیار، کاربر می‌تواند هر کدام را انتخاب نماید. این نرم‌افزار بر پایه روش حجم محدود که یک روش بسیار قوی و مناسب در روش‌های دینامیک سیالات محاسباتی می‌باشد، بنا شده 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 یک فاز پیوسته و ده‌ها قابلیت دیگر Fluent را تبدیل به یک نرم‌افزار بسیار قوی و مشهور نموده است. 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 در راه اندازه‌گیری از جمله مشکلاتی هستند که روش‌های عملی با آنها رو به رو هستند و کارایی این حالت‌ها را در بعضی موارد، مورد سوال قرار می‌دهند. مهمترین امتیاز محاسبات تئوری در مقایسه با آزمایش‌های تجربی، هزینه کم آن است. گرچه در بسیاری موارد ترجیح داده می‌شود با استفاده از روش‌های محاسباتی، آنالیز جریان و انتقال حرارت صورت گیرد ولی تایید تحلیل‌های عددی، نیاز به مقایسه با نتایج آزمایشگاهی و یا نتایج تایید شده دیگری دارد. در هر صورت 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 مورد بررسی پیچیدگی بیشتری داشته باشد، روش‌های عددی اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. فلوئنت یکی از قوی‌ترین و کاربردی‌ترین نرم‌افزارهای CFD (دینامیک سیالات محاسباتی) در حال حاضر بوده که در حالت‌های دوبعدی و سه بعدی براساس روش‌های المان محدود به آنالیز رفتار سیالات می‌پردازد. کاربری آسان و قابلیت‌های فراوان این

نرم‌افزار باعث شده تا محققان زیادی از این نرم‌افزار استفاده کنند.

کتاب حاضر در ۴ فصل آماده شده است. فصل ۱ به معرفی کلی نرم‌افزار Fluent 6.3.26 در قالب تصویری و به صورت ساده می‌پردازد. در فصل ۲ چهار پروژه کاربردی بررسی و به صورت گام به گام آورده شده است. در فصل ۳ نرم‌افزار Tecplot در قالب حل مساله اول بررسی شده است. شایان ذکر است خود نرم‌افزار فلونت قابلیت نمایش خروجی‌ها را دارد، ولی برای استفاده از خروجی این نرم‌افزار در مقالات و پایان نامه‌ها بهتر است از نرم‌افزار تک پلات استفاده شود. در فصل ۴ به بررسی نرم‌افزار پیش پردازنده Gambit 2.2.30 در قالب حل مساله اول پرداخته شده است. لازم به ذکر است نرم‌افزار فلونت بسیار گسترده بوده و مطالبی که در این مجموعه گنجانده شده صرفاً جهت آشنایی کلی با این نرم‌افزار بوده است. فایل‌های مربوط به پروژه‌های مذکور به همراه نسخه‌های نرم‌افزار FLUENT, GAMBIT, EXCEED و TECPLOT در CD همراه موجود است.

سیدامیر عباس علومی

محمد حسن زارع

امیرحسین نگهی

۱۳۹۴

فهرست مطالب

۱	فصل اول: مقدمه.....
۱	.....
۳	یک برنامه‌ی CFD چگونه کار میکند؟.....
۳	تفاضل محدود، عناصر محدود، روش‌های طیفی.....
۳	روش حجم محدود.....
۴	توضیح سازگاری و پایداری.....
۴	مراحل کاری یک برنامه CFD.....
۴	مدل سازی هندسی.....
۵	تولید شبکه مناسب.....
۵	انتخاب معادلات مناسب جهت حل.....
۵	تعریف شرایط مرزی.....
۵	گسسته سازی معادلات حل.....
۵	اجرای برنامه.....
۶	نتایج آماری و نموداری.....
۶	معرفی و کاربرد نرم‌افزار Fluent.....
۹	فصل دوم: نرم‌افزار Fluent.....
۹	نرم‌افزار Fluent و اجرای آن.....
۱۰	خواندن فایل مش مورد نظر.....
۱۱	بررسی شبکه و اجزای منوی Grid.....
۱۱	چک کردن شبکه توسط منوی Check.....
۱۷	تعریف مساله، Define.....
۱۸	منوی Solver.....
۲۷	الگوریتم‌های مورد نظر منوی Solve.....
۳۶	منوی Surface.....
۳۶	نمایش جواب‌ها.....
۳۷	نمایش کانتور فشار.....

۳۸.....	نمایش بردارهای جریان.....
۳۹.....	رسم منحنی‌های دو پارامتر.....
۴۰.....	نمایش خلاصه‌ای از حل و مساله.....
۴۰.....	نمایش عددی شارهای عبوری.....
۴۳.....	فصل سوم: پروژه‌های نمونه.....
۴۳.....	پروژه اول: انتقال حرارت جابه‌جایی مخلوط.....
۴۳.....	هدف: مطالعه توزیع دما و بررسی خطوط جریان.....
۴۴.....	هندسه مساله.....
۴۴.....	اجرای برنامه در حالت 2D.....
۴۵.....	فعال‌سازی حالت حل معادله انرژی در منوی Energy.....
۴۵.....	منوی انتخاب سیال و پنجره مواد Material.....
۴۷.....	انتخاب شرایط کاری منوی Operating Conditions برای تعریف شتاب ثقل.....
۴۸.....	تعیین شرایط مرزی Boundary Condition.....
۴۹.....	انتخاب دیواره پایینی.....
۵۰.....	تعیین شرایط دیوار سمت راست.....
۵۱.....	تعیین شرایط دیوار سمت بالا.....
۵۲.....	تعیین شرایط دیوار سمت چپ.....
۵۳.....	تعیین سرعت ورودی velocity_inlet.....
۵۵.....	منوی معادلات تحلیلگر Solution.....
۵۶.....	تعیین حدس اولیه منوی Initialize.....
۵۶.....	منوی نمایش باقیمانده در حین عمل Residual.....
۵۷.....	منوی حل Iterate.....
۵۸.....	نمایی از حل در حین همگرا شدن جواب‌ها.....
۵۹.....	نمایش کانتورها (منوی Contours).....
۶۰.....	نمایش کانتور سرعت و انتخاب Stream Function.....
۶۰.....	نمایش کانتور Stream Function.....
۶۱.....	انتخاب نمایش کانتورهای دما.....
۶۱.....	نمایش کانتور دما.....

۶۲	.....	پروژه دوم: انبساط‌های پیاپی
۶۲	.....	هدف: بررسی جریان‌های سرعت در اثر انبساط در لوله حاوی آب
۶۲	.....	هندسه مساله
۶۲	.....	خواندن فایل پروژه
۶۲	.....	نمایش شبکه حل منوی Display
۶۳	.....	چک کردن شبکه
۶۴	.....	تعیین معادلات ویسکوزیته مساله Viscous Model
۶۴	.....	قرار دادن حالت K-epsilon
۶۵	.....	انتخاب سیال به کاررفته در مساله
۶۷	.....	شرایط مرزی Boundary Conditions
۶۸	.....	تعیین شرایط سرعت سیال ورودی
۶۸	.....	قرار دادن ۱m/s برای مرز سرعت ورودی سیال
۶۹	.....	حدس اولیه حل منوی Initialize
۷۰	.....	نمایش باقیمانده در حین حل منوی Residuals
۷۱	.....	قرار دادن مقادیر همگرایی در پنجره نمایش باقیمانده‌ها
۷۱	.....	بررسی پنجره منوی Solution Controls
۷۲	.....	شروع حل منوی Iterate
۷۳	.....	نمایش حل و همگرایی
۷۴	.....	نمایش کانتورها منوی Contours
۷۴	.....	نمایش کانتور سرعت
۷۵	.....	نمایش کانتور سرعت در حالت Filled
۸۲	.....	پروژه سوم: ضریب دراگ برای ایرفویل دایره ای
۸۲	.....	هندسه مساله
۸۲	.....	تعیین معادلات تحلیل گر منوی Solver
۸۳	.....	تعیین معادله ویسکوزیته و انتخاب مدل K-epsilon
۸۵	.....	تعریف شرایط مرزی منوی Boundary Conditions
۸۵	.....	شرط سرعت ورودی سیال
۸۶	.....	تنظیم کنترل کننده‌های حل منوی Solve

۸۷.....	initialize منوی و اولیه حدس
۸۸.....	Residuals نمایش باقیمانده در حین حل منوی
۹۰.....	Iterate شروع حل منوی
۹۱.....	نمایش حل و همگرایی
۹۱.....	velocity_inlet.1 مشخص کردن مقادیر مرجع و انتخاب
۹۳.....	Report نمایش گزارش نیرو از منوی
۹۴.....	Filled نمایش کانتور سرعت در حالت
۹۵.....	پروژه چهارم: جریان سیال درون حفره با در پوش متحرک
۹۵.....	هندسه مساله
۹۵.....	خواندن فایل پروژه
۹۶.....	چک کردن شبکه حل
۹۶.....	Display نمایش شبکه حل منوی
۹۷.....	Solver تعیین معادلات تحلیلگر از منوی
۹۸.....	تعیین مواد استفاده شونده
۹۹.....	تعیین شرایط مرزی
۱۰۰.....	شرایط حل
۱۰۱.....	حدس اولیه
۱۰۲.....	معیار همگرایی
۱۰۳.....	حل مساله
۱۰۳.....	ایجاد خطوط مرکزی
۱۰۷.....	ترسیم پروفیل سرعت افقی روی خط مرکزی عمودی
۱۰۹.....	ترسیم پروفیل سرعت عمودی روی خط مرکزی افقی
۱۱۰.....	رسم توابع جریان
۱۱۲.....	رسم خطوط مسیر (Path Lines)
۱۱۵.....	فصل چهارم: نرم افزار Tecplot
۱۳۰.....	نمودار رسم شده در فلوننت
۱۳۱.....	نمودار رسم شده در تک پلات
۱۳۳.....	فصل پنجم: نرم افزار Gambit

۱۳۳	معرفی نرم‌افزار تولید شبکه Gambit
۱۳۳	منوی اصلی
۱۳۴	صفحه ابزارهای کاربردی (Operation Tool Pad)
۱۳۴	دسته ابزارهای اصلی
۱۳۴	دسته ابزارهای زیر گروه
۱۳۵	دسته ابزارهای کنترل کننده محلی
۱۳۵	پنجره توضیحات
۱۳۶	پنجره Transcript
۱۳۶	پروژه نمونه تولید شبکه
۱۵۵	منابع فارسی
۱۵۵	منابع لاتین