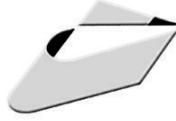


به نام خدا



مؤسسه فرهنگی هنری
دیبانگران تهران

راهنمای جامع

ANSYS CFX

(پیشرفته)

(ویرایش دوم)

مؤلفان

دکتر کاظم اسماعیل پور

مهندس امیرمسعود رحیمی جونوش

دکتر امیر توحیدی



هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

◀ عنوان کتاب: راهنمای جامع ANSYS CFX (پیشرفته)

ویرایش دوم

◀ مولفان: دکتر کاظم اسماعیل پور-مهندس امیر مسعود رحیمی جونوش-دکتر امیر توحیدی
◀ ناشر: موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

◀ صفحه آرابی: مجتمع فنی تهران

◀ طراح جلد: مجتمع فنی تهران

◀ نوبت چاپ: سوم

◀ تاریخ نشر: ۱۳۹۸

◀ چاپ و صحافی: درج عقیق

◀ تیراژ: ۵۰ جلد

◀ قیمت: ۱۵۵۰۰۰۰ ریال

◀ شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۴۲۹-۲

◀ نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

پلاک ۱۲۵۱

تلفن: ۰۴۶-۶۶۴۱۰۰۴۶-۲۲۰۸۵۱۱۱

◀ فروشگاههای اینترنتی دیباگران تهران:

WWW.MFTBOOK.IR

www.dibagaran-tehran.com

www.mftdibagaran.ir

◀ نشانی تلگرام: @mftbook

سرشناسه: اسماعیل پور، کاظم، ۱۳۶۴-
عنوان و نام پدیدآور: راهنمای جامع ANSYS CFX
(پیشرفته)/مؤلفان: کاظم اسماعیل پور، امیر مسعود
جونوش، امیر توحیدی
و شعبیت ویراست: ویراست ۲
مشخصات نشر: تهران: دیباگران تهران: ۱۳۹۴
مشخصات ظاهری: ۵۰۶ ص: مصور، یک لوح فشرده
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۴۲۹-۲
وضعیت فهرست نویسی: فیبا
موضوع: انسیس (سیستم کامپیوتری)
موضوع: انسیس (سیستم کامپیوتری)-راهنمای آموزشی
شناسه افزوده: رحیمی جونوش، امیر مسعود، ۱۳۵۹-
شناسه افزوده: توحیدی، امیر، ۱۳۶۱-
رده بندی کنگره: ۱۳۹۴ الف ۵/الف ۵/۳۴۵ TA
رده بندی دیویی: ۶۲۰/۰۰۲۸۵۵۳۶
شماره کتابشناسی ملی: ۴۱۶۵۴۸۹

اپلیکیشن دیباگران تهران را از سایت های اینترنتی دیباگران دریافت نمایید.

فهرست مطالب

۸	مقدمه ناشر
۹	مقدمه مؤلفان
۱۱	فصل اول: مقدمه‌ای بر جریان چند فاز
۱۱	۱-۱ مقدمه
۱۱	۱-۲ جریان‌های چند فاز پیوسته - پیوسته
۱۲	۱-۳ جریان چند فاز پیوسته - پیوسته
۱۲	۱-۴ رژیم‌های مختلف جریان چند فاز
۱۳	۱-۵ روش‌های مدل‌سازی
۱۴	۱-۶ کاربردهای چند فاز برای صنعت
۱۷	فصل دوم: پدیده‌های فیزیکی در جریان چند فاز
۱۷	۲-۱ پدیده‌های مؤثر بر جریان‌های چندفازی
۱۷	۲-۲ نیروی شناوری
۱۸	۲-۳ درگ بین فازها
۲۰	۲-۴ فرایند انتقال جرم میان فازها
۲۲	۲-۵ رویکرد چند جزئی تک فاز یا تعادلی
۲۲	۲-۶ رویکرد غیرتعادلی
۲۳	۲-۷ کشش سطحی
۲۳	۲-۸ اثرات متقابل ذرات بر یکدیگر
۲۳	۲-۹ فرایندهای شکست و ترکیب ذرات
۲۴	۲-۱۰ چگالی ناحیه واسط
۲۵	فصل سوم: روش‌های مدل‌سازی جریان چند فاز
۲۵	۳-۱ روش‌های مدل‌سازی
۲۵	۳-۲ رویکرد اویلری - اویلری
۲۸	۳-۳ روش اویلری - لاگرانژی
۲۹	۳-۴ مدل‌های چند فاز تعادلی
۳۵	فصل چهارم: مدل‌سازی نیروی درگ و غیر درگ
۳۵	۴-۱ مقدمه
۳۵	۴-۲ استراتژی‌های مدل‌سازی
۳۵	۴-۳ انتقال ممنوع میان فاز
۳۸	۴-۴ نواحی جریان حبابی

۴۲	.....	۴-۵ مدل مخلوط
۴۹	.....	فصل پنجم: جریان سطح آزاد
۴۹	.....	۵-۱ مقدمه
۵۰	.....	۵-۲ دسته‌بندی جریان‌های سطح آزاد
۵۱	.....	۵-۳ کشش سطحی در ANSYS CFX
۵۲	.....	۵-۴ جریان جت آزاد
۵۳	.....	فصل ششم: ردیابی لاگرانژی ذره
۵۳	.....	۶-۱ مقدمه
۵۳	.....	۶-۲ مدل اوپلری یا لاگرانژی
۵۴	.....	۶-۳ معادله تعادل نیرویی روی یک ذره متحرک
۵۵	.....	۶-۴ قانون درگ ذره
۵۶	.....	۶-۵ تزریق ذره
۵۶	.....	۶-۶ پراکندگی آشفته‌گی
۵۸	.....	۶-۷ مرزهای متقارن و متناوب
۵۸	.....	۶-۸ کنترل انتگرال‌گیری
۵۹	.....	۶-۹ متغیرهای نقطه‌ای
۶۰	.....	۶-۱۰ مدل برخورد ذره
۶۳	.....	فصل هفتم: ردیابی ذره با روش لاگرانژی پیشرفته
۶۳	.....	۷-۱ نیروهای دیگر وارد بر ذره
۶۵	.....	۷-۲ تزریق ذرات غیردائم
۶۸	.....	۷-۳ مکانیسم شکست ذرات
۶۸	.....	۷-۴ مدل اتمیزاسیون القایی توربولانس
۷۳	.....	۷-۵ مدل شکست آنالوژی تیلور (TAB)
۷۵	.....	۷-۶ مدل CAB Break-up
۷۸	.....	۷-۷ انتقال جرم ذره
۸۷	.....	۷-۸ مدل‌سازی اندرکنش ذره با دیواره
۹۱	.....	فصل هشتم: مدل‌سازی بالانس جمعیت
۹۱	.....	۸-۱ مقدمه
۹۱	.....	۸-۲ کلیات مدل MUSIG
۹۳	.....	۸-۳ مدل‌سازی فرایند ترکیب و شکست ذرات
۹۳	.....	۸-۴ گسسته‌سازی گروه اندازه‌ها
۹۴	.....	۸-۵ پیاده‌سازی MUSIG در ANSYS CFX
۹۸	.....	۸-۶ مقایسه MUSIG و DQMOM

فصل نهم: مدل سازی راکتورهای بستر سیالی..... ۹۹

۹-۱ مقدمه ۹۹

۹-۲ اندرکنش ذرات ۹۹

۹-۳ مدل تئوری جنبشی ۱۰۰

۹-۴ فعل و انفعالات ذرات جامد ۱۰۰

۹-۵ روابط ساختاری ۱۰۱

۹-۶ دمای دانه‌ای ۱۰۱

۹-۷ مدل نظریه جنبشی برای فشار جامدات ۱۰۱

۹-۸ تابع توزیع شعاعی ۱۰۲

۹-۹ نظریه جنبشی برای ویسکوزیته جامدات ۱۰۲

۹-۱۰ محاسبه دمای ذره‌ای ۱۰۲

۹-۱۱ نکات عددی ۱۰۲

فصل دهم: جریان‌های چند فاز چند جزئی..... ۱۰۳

۱۰-۱ مقدمه ۱۰۳

۱۰-۲ انتقال گونه‌ها در جریان چند فازی اویلری ۱۰۳

۱۰-۳ مدل سازی انتقال گونه‌ها ۱۰۴

۱۰-۴ اثرات انتقال جرم محدود ۱۰۴

۱۰-۵ اثرات آنتالپی ۱۰۵

فصل یازدهم: ترفندها و میان‌برها..... ۱۰۷

۱۱-۱ شرایط مرزی ۱۰۷

۱۱-۲ شرط Degassing ۱۰۷

۱۱-۳ شرط HeadSpace ۱۰۸

۱۱-۴ اثرات چگالی ذرات بر قوانین درگ ۱۰۹

۱۱-۵ مدل سازی توربولانس در جریان‌های چند فازی ۱۰۹

۱۱-۶ آشفستگی القا شده توسط ذره ۱۱۰

۱۱-۷ سطح مشترک برای نیروهای غیر درگ ۱۱۱

۱۱-۸ مدل‌های پیشرفته برای سطح مشترک ۱۱۱

۱۱-۹ تعریف سطح مشترک توسط کاربر ۱۱۲

۱۱-۱۰ تعیین حد و مرز ناحیه سطح مشترک ۱۱۲

۱۱-۱۱ موضوعات مطرح در همگرایی ۱۱۳

فصل دوازدهم: مقدمه‌ای بر مسائل FSI ۱۱۵

۱۲-۱ مقدمه ۱۱۵

۱۲-۲ رهیافت‌های مختلف شبیه‌سازی FSI ۱۱۵

۱۲-۳ رهیافت‌های ضمنی و صریح در شبیه‌سازی ۱۱۶

۱۱۷	تحلیل سازه‌ای یک راهه.....
۱۱۸	تحلیل حرارتی یک راهه.....
۱۱۸	مسائل حرارتی دو راهه.....
۱۱۸	مسائل سازه‌ای دو راهه.....
۱۱۹	مسائل سازه‌ای و حرارتی دو راهه.....
۱۱۹	رهیافت شبیه‌سازی FSI برای اجسام صلب.....
۱۲۱	فصل سیزدهم: مسائل FSI با کوپلینگ یک راهه.....
۱۲۱	انتقال اطلاعات تک راهه.....
۱۲۲	نحوه متصل کردن سیستم‌های تحلیلی در FSI.....
۱۲۴	ملاحظات مربوط به هندسه و شبکه.....
۱۲۴	نیروهای وارد شده.....
۱۲۵	انتقال اطلاعات به Mechanical Systems.....
۱۲۵	انتقال داده‌های حرارتی به Mechanical Systems.....
۱۲۷	انتقال نیروهای فشاری به Mechanical Systems.....
۱۲۸	جریان کاری برای محاسبه تنش‌های حرارتی.....
۱۳۳	انتقال اطلاعات میانگین‌گیری شده زمانی.....
۱۳۴	انتقال اطلاعات گذرا.....
۱۳۵	انتقال اطلاعات از ANSYS به CFX.....
۱۳۷	فصل چهاردهم: اجسام غوطه‌ور.....
۱۳۷	مقدمه.....
۱۳۹	محدودیت‌های روش جسم شناور.....
۱۳۹	اصول ابتدایی روش جسم غوطه‌ور.....
۱۴۳	ملاحظات مربوط به ایجاد شبکه.....
۱۴۹	فصل پانزدهم: حرکت شبکه در CFX.....
۱۴۹	مقدمه.....
۱۵۱	معادله نفوذ جابه‌جایی شبکه.....
۱۵۱	سفتی شبکه.....
۱۵۳	شرایط مرزی در دسترس.....
۱۵۷	حرکت شبکه و دیواره‌های بدون لغزش.....
۱۶۰	متغیرهای حرکت شبکه.....
۱۶۱	راهنمایی‌ها و ترفندهای موجود در نرم‌افزار برای حرکت شبکه.....
۱۶۵	شبیه‌سازی مسائل FSI ساده.....
۱۶۷	مش‌بندی مجدد.....

فصل شانزدهم: حلگر 6 درجه آزادی جسم صلب..... ۱۶۹

- ۱۶-۱ مقدمه ۱۶۹
- ۱۶-۲ دینامیک جسم صلب ۱۶۹
- ۱۶-۳ ایجاد یک Rigid Body در CFX-Pre ۱۷۰
- ۱۶-۴ تنظیمات اولیه Rigid Body ۱۷۱
- ۱۶-۵ دینامیک جسم صلب ۱۷۳
- ۱۶-۶ شرایط اولیه برای حل مسأله جسم صلب ۱۷۳
- ۱۶-۷ حرکت شبکه(مش) جسم صلب ۱۷۳
- ۱۶-۸ کنترل حلگر جسم صلب ۱۷۶

فصل هفدهم: شبیه‌سازی مسائل FSI دو طرفه ۱۷۹

- ۱۷-۱ مقدمه ۱۷۹
 - ۱۷-۲ حلگر MFX ۱۸۰
 - ۱۷-۳ کوپلینگ تکرارشونده در حلگر MFX ۱۸۱
 - ۱۷-۴ جریان کاری استاندارد برای FSI دو طرفه ۱۸۲
 - ۱۷-۵ جزئیات تولید هندسه و شبکه‌بندی ۱۸۴
 - ۱۷-۶ تنظیمات مربوط به تحلیل مکانیکی ۱۸۷
 - ۱۷-۷ تحلیل حرارتی و سازه‌ای دو طرفه ۱۹۰
 - ۱۷-۸ شبیه‌سازی در CFX ۱۹۱
 - ۱۷-۹ شبیه‌سازی جریان گذرای FSI یک طرفه با استفاده از رهیافت دو طرفه ۱۹۳
 - ۱۷-۱۰ کنترل خروجی‌ها در CFX ۱۹۶
 - ۱۷-۱۱ ایجاد نقاط برای مانیتور و گزارش اطلاعات ۱۹۷
 - ۱۷-۱۲ کنترل حلگر در CFX ۱۹۸
 - ۱۷-۱۳ تنظیمات حلگر مسأله FSI دوطرفه برای جریان دائم ۲۰۰
 - ۱۷-۱۴ شروع شبیه‌سازی ۲۰۱
 - ۱۷-۱۵ نگاه کلی به جریان کاری ۲۰۳
 - ۱۷-۱۶ فایل‌های تولید شده توسط حلگر ۲۰۵
- ## فصل هجدهم: پروژه‌ها..... ۲۰۹

خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرضه کتاب هائی است که تواند

خواسته های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هر چند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید. در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پربار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقه‌مندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "آقایان دکتر کاظم اسماعیل پور، مهندس امیرمسعود رحیمی جونوش و دکتر امیر توحیدی" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

ویراستار: فاطمه اعتمادی - راضیه گودرزی

ویرایش و صفحه‌آرایی کامپیوتری: معصومه گنجی‌پور

کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش - راضیه گودرزی

طراح جلد: مریم فرجیان

ناظر چاپ: منصور عزیزی

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نماید با مراجعه به آدرس dibagaran.mft.info (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می‌داند، یاری فرمایید. امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

publishing@mftmail.com

مقدمه مؤلفان

دینامیک سیالات محاسباتی ابزاری است که با استفاده از آن می‌توان رفتار سیستم‌های شامل جریان سیال، انتقال حرارت و دیگر فرایندهای فیزیکی مربوط را شبیه‌سازی کرد. در این روش میدان جریان با حل معادلات حاکم تحت شرایط مرزی مشخص در ناحیه محاسباتی معین به دست می‌آید. محققان از دیرباز برای حل مسائل جریان سیال از کامپیوتر بهره می‌گرفته‌اند. بدین منظور برنامه‌های بسیار زیادی برای حل مسائل مشخص نوشته شده‌است. از اواسط دهه ۸۰ میلادی برای استخراج الگوریتم‌های مناسب حل از معادلات ریاضی پیچیده استفاده شد و اولین قدم‌ها برای توسعه روش‌های دینامیک سیالات محاسباتی توسعه داده شد. در اوایل دهه ۹۰ با پیشرفت اطلاعات در زمینه مهندسی سیالات و علوم کامپیوتری، میزان تحقیقات در این حوزه شتاب بیشتری پیدا کرد. امروزه با ظهور سخت‌افزارهای قدرتمند محاسباتی و پیشرفت الگوریتم‌های حل، دینامیک سیالات محاسباتی به عنوان ابزار اصلی در طراحی سیستم‌های صنعتی مورد توجه قرار می‌گیرد. با استفاده از این ابزار می‌توان قبل از ساخت نمونه تجربی و عملیاتی سیستم مورد نظر را شبیه‌سازی و اثر پارامترهای مختلف را روی آن بررسی نمود. بنابراین روند طراحی با صرف هزینه انسانی و زمانی کمتری انجام می‌شود.

به طور کلی از سه روش عددی المان محدود، تفاضل محدود و احجام محدود در دینامیک سیالات محاسباتی استفاده می‌شود. بر این اساس نرم‌افزارهای تجاری بسیاری نظیر فونیکس، فلوئنت، ANSYS، Flow3D و... تولید و در طی سال‌های متمادی توسعه داده شده‌اند. کمپانی ANSYS به عنوان یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین پایگاه‌های تولید نرم‌افزارهای تجاری، بستری آماده کرده است که می‌توان با استفاده از آن تمام مراحل طراحی را در آن پیمود. در این Platform فضایی مهیا شده است که می‌توان تحلیل‌های سازه‌ای، حرارتی و سیالاتی را به صورت هم‌زمان انجام داد و از نتایج یک تحلیل به عنوان ورودی تحلیل دیگر استفاده کرد.

یکی از نرم‌افزارهای موجود در ANSYS Workbench ابزار بسیار قوی CFX می‌باشد. این ابزار برای حل معادلات حاکم از روش عددی احجام محدود بهره می‌گیرد. کتاب پیشرو قابلیت‌های پیشرفته نرم‌افزار CFX را تشریح می‌کند. در این کتاب سعی شده است ابتدا با ارائه مقدمه‌ای خواننده با جریان دوفاز آشنا شود و سپس در فصل‌های بعدی قابلیت‌های شبیه‌سازی مسائل مختلف مثل پدیده‌های فیزیکی در جریان چند فازی، روش‌های مدل‌سازی جریان چند فاز، مدل‌سازی نیروهای درگ و غیر درگ، انتقال حرارت میان فازی، جریان سطح آزاد، ردیابی لاگرانژی ذره، ردیابی ذره با روی لاگرانژی پیشرفته، مدل‌سازی بالانس جمعیت، مدل‌سازی رآکتورهای بستر سیالی، جریان‌های چند فاز چند جزئی، ترفندها و میان‌برها، مقدمه‌ای بر مسائل FSI، مسائل FSI با کوپلینگ یک راهه، اجسام غوطه‌ور، حرکت شبکه در CFX، حلگر ۶ درجه آزادی جسم صلب و شبیه‌سازی مسائل FSI دو طرفه مورد توجه قرار می‌گیرد. در انتها نیز سعی شده است با ارائه مثال‌هایی مفید از هر بخش و ارائه روند حل آن در نرم‌افزار، تسلط لازم برای خواننده فراهم آید.

در انتها جا دارد از خانم فرزلباش مسئول واحد تألیف و ترجمه، خانم گودرزی کارشناس واحد تألیف و ترجمه سایر پرسنل انتشارات دیباگران کمال تشکر را بنماییم. این کتاب حاصل سال‌ها تجربه و کار تحقیقاتی توسط مؤلفان با این نرم‌افزار می‌باشد و سعی شده قدم کوچکی در راه آموزش و اعتلای علمی و دانشگاهی ایران اسلامی برداشته شود. ولی همان‌طور که هیچ اثری خالی از عیب و نقص نیست لذا کلیه انتقادات و پیشنهادات خود را جهت افزایش کیفیت بیشتر کتاب به آدرس tohidiamir@yahoo.com ارسال نمایید.

کاظم اسماعیل پور

امیرمسعود رحیمی جونوش

امیر توحیدی