

به نام خدا

۲۰۱۸۸۴

۹۷,۸,۳.



# انسیم، فلوئنت پیشرفته شبیه سازی جریان های چند فازی

مؤلفان

دکتر مهدی دادخواه

مهندس مائده نعمتی



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: **انسیس فلونت پیشرفته**»

## شبه سازی جریان های چند فازی

«مؤلفان: **حسین مهدی دادخواه**»

**مهندس مائده نعمتی**

«ناشر: **موسسه علمی و فناوری دیباگران تهران**»

«صفحه آرای: **فریاد جلاله**»

«طراح جلد: **داریوش فرسی**»

«نوبت چاپ: **اول**»

«تاریخ نشر: **۱۳۹۷**»

«چاپ و صحافی: **درج عقیق**»

«تیراژ: **۱۰۰ جلد**»

«قیمت: **۸۷۰۰۰ ریال**»

«شابک: **۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۰۱۲-۶**»

«نشانی واحد فروش: **تهران، میدان انقلاب،**

**خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،**

**پلاک ۱۲۵۱**

«تلفن: **۲۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶**»

«فروشگاههای اینترنتی **دیباگران تهران** :

**WWW.MFTBOOK.IR**

**www.dibagarantehran.com**

**www.mftdibagaran.ir**

«نشانی تلگرام: **@mftbook**»

«لینک ربات دیباگران: **@dibagarantehranbot**»

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

سرشناسه: **دادخواه، مهدی، ۱۳۶۷-**

عنوان و نام پدیدآور: **انسیس فلونت پیشرفته: شبهه**

**سازی جریان های چندفازی**

مؤلفان: **مهدی دادخواه، مائده نعمتی.**

مشخصات نشر: **تهران: دیباگران تهران: ۱۳۹۷**

مشخصات ظاهری: **۴۱۲ ص: مصور.**

شابک: **۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۰۱۲-۶**

وضعیت فهرست نویسی: **فیا**

عنوان دیگر: **شبهه سازی جریان های چندفازی**

«موضوع: **جریان چندفازی-شبهه سازی-نرم افزار**

موضوع: **multiphase flow-simulation methods- ftw**»

موضوع: **سیالات-حائیک-داده پردازی**

موضوع: **fluid mechanics data processing**

شناسه افزوده: **نعمتی، مائده، ۱۳۶۹-**

رده بندی کنگره: **۱۳۹۷ ۸۵۲ ۳۳۵ TA**

رده بندی دیویی: **۶۲۰/۰۰۲۸۵۵۳**

شماره کتابشناسی ملی: **۵۴۰۹۰۸۹**

# فهرست مطلب

|     |                                                              |
|-----|--------------------------------------------------------------|
| ۹   | روش‌های مدل‌سازی سیالات چند فازی                             |
| ۱۱  | ۱-۱ مقدمه                                                    |
| ۳۵  | ۲-۱ مراحل شبیه‌سازی در مدل‌های چند فازی                      |
| ۵۹  | مدل چند فازی (VOF) Volume of Fluid                           |
| ۶۳  | ۱-۲ مقدمه                                                    |
| ۶۲  | ۲-۲ معادلات مدل VOF                                          |
| ۶۲  | ۳-۲ انتخاب روش‌های مدل‌سازی در مدل کسر حجمی VOF              |
| ۶۸  | ۴-۲ نحوه مدل‌سازی مدل حرکت                                   |
| ۷۰  | ۵-۲ روش‌های گسسته‌سازی و تداخل کسر حجمی                      |
| ۷۲  | ۶-۲ محدود کردن کسر حجمی در زمان                              |
| ۷۲  | ۷-۲ گزینه‌های پیشرفته                                        |
| ۷۳  | ۸-۲ نکات مربوط به حلگر                                       |
| ۷۵  | ۹-۲ کشش سطحی و چسبندگی                                       |
| ۷۷  | ۱۰-۲ حل گر Coupled VOF                                       |
| ۷۸  | ۱۱-۲ گسسته‌سازی گام زمانی                                    |
| ۸۱  | ۱۲-۲ کاربرد Coupled Level Set به همراه مدل چند فازی VOF      |
| ۸۲  | ۱۳-۲ گزینه‌های Patch کردن کسر حجمی در مدل VOF                |
| ۸۴  | ۱۴-۲ مدل‌سازی جریان در کانال‌های باز                         |
| ۱۰۱ | ۱۵-۲ تعریف فازها در مدل چند فازی VOF                         |
| ۱۰۳ | ۱۶-۲ در نظر گرفتن تنش سطحی و اثرات چسبندگی                   |
| ۱۰۷ | ۱۷-۲ طرح گسسته‌سازی با فشرده‌سازی محلی                       |
| ۱۱۰ | ۱۸-۲ تنظیم متغیرهای وابسته به زمان برای طرح صریح در کسر حجمی |
| ۱۱۲ | ۱۹-۲ مدل‌سازی فرآیند ذوب و انجماد                            |

|     |                                                                             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------|
| ۱۱۳ | ..... ۲۰-۲ مثال                                                             |
| ۱۳۱ | ..... Mixture مدل چند فازی                                                  |
| ۱۳۳ | ..... ۱-۳ مقدمه                                                             |
| ۱۳۳ | ..... ۲-۳ معادلات اساسی در مدل Mixture                                      |
| ۱۳۴ | ..... ۳-۳ تعیین فازها در مدل چند فازی Mixture                               |
| ۱۳۸ | ..... ۴-۳ تعریف غلظت در فصل مشترک                                           |
| ۱۴۱ | ..... ۱-۳ تعیین درگ بین فازها                                               |
| ۱۴۱ | ..... ۶-۳ تعیین سرعت لغزشی                                                  |
| ۱۴۲ | ..... ۷-۳ مدلسازی سیال چند فازی به روش Mixture به همراه Mixture Drift Force |
| ۱۴۲ | ..... ۸-۳ مدلسازی به روش Mixture همراه با کاویتاسیون                        |
| ۱۴۳ | ..... ۹-۳ نکاتی پیرامون مدل کاویتاسیون                                      |
| ۱۴۴ | ..... ۱۰-۳ تحلیل جریان چند فازی ممکن                                        |
| ۱۴۴ | ..... ۱۱-۳ در نظر گرفتن اثرات انتقال جرم                                    |
| ۱۵۷ | ..... ۱۲-۳ مثال                                                             |
| ۱۷۳ | ..... Eulerian مدل چند فازی                                                 |
| ۱۷۳ | ..... ۱-۴ مقدمه                                                             |
| ۱۷۵ | ..... ۲-۴ معادلات بقا در مدل Eulerian                                       |
| ۱۷۵ | ..... ۳-۴ نکات کاربردی در مدلسازی سیال چند فازی به روش Eulerian             |
| ۱۷۶ | ..... ۴-۴ تئوری جنبشی جریان دانه‌ای (KTGF)                                  |
| ۱۷۷ | ..... ۵-۴ مدل Euler - Granular                                              |
| ۲۱۴ | ..... ۶-۴ اعمال مدل فاز گسسته متراکم (DDPM)                                 |
| ۲۱۹ | ..... ۷-۴ اعمال مدل جوشش                                                    |
| ۲۳۳ | ..... ۸-۴ اعمال مدل Multi-Fluid VOF                                         |
| ۲۳۵ | ..... ۹-۴ مثال                                                              |

|          |                                            |
|----------|--------------------------------------------|
| ۲۵۹..... | مدل بخار مرطوب (Wet steam)                 |
| ۲۵۷..... | ۱-۵ مقدمه                                  |
| ۲۶۱..... | ۲-۵ فرضیات                                 |
| ۲۶۲..... | ۳-۵ محدودیت‌های مدل Wet-Steam              |
| ۲۶۲..... | ۴-۵ استراتژی حل مدل Wet-Steam              |
| ۲۶۳..... | مدلسازی Eulerian Wall Film                 |
| ۲۶۱..... | ۱-۶ مقدمه                                  |
| ۲۶۵..... | ۲-۶ فیزیکی فیلم                            |
| ۲۶۶..... | ۳-۶ فرضیات                                 |
| ۲۶۸..... | ۴-۶ مدل پاشش (Splashing)                   |
| ۲۶۹..... | ۵-۶ مدل جدایش (Separation)                 |
| ۲۶۹..... | ۶-۶ مدل جدا کردن قشر از سطح (Stripping)    |
| ۲۷۰..... | ۷-۶ مدل انتقال گونه و میعان                |
| ۲۷۱..... | ۸-۶ تنظیمات مدل Eulerian Wall Film         |
| ۲۷۵..... | ۹-۶ پردازش نهایی                           |
| ۲۷۷..... | مدل فاز گسسته DPM                          |
| ۲۷۹..... | ۱-۷ مقدمه                                  |
| ۲۸۰..... | ۲-۷ مفاهیم کلی                             |
| ۲۸۲..... | ۳-۷ محدودیت‌ها                             |
| ۲۸۶..... | ۴-۷ رویکرد اولیه - لاکرانژین               |
| ۲۸۷..... | ۵-۷ قوانین تبادل جرم و حرارت               |
| ۳۰۱..... | ۶-۷ گام‌های مورد استفاده در مدل DPM        |
| ۳۳۱..... | ۷-۷ تنظیم شرایط اولیه برای فاز پراکنده     |
| ۳۶۸..... | ۸-۷ تنظیم شرایط مرزی برای فاز پراکنده      |
| ۳۷۲..... | ۹-۷ تنظیم خواص فیزیکی مربوط به فاز پراکنده |

- ۱۰-۷ راه کارهای حل فاز پراکنده ..... ۳۸۳
- ۱۱-۷ مدلسازی فرسایش (Erosion Modelling) ..... ۳۸۷
- ۱۲-۷ پردازش نهایی فاز پراکنده ..... ۳۹۸

www.ketab.ir

در همه جای دنیا، هزینه انجام بسیاری از تست‌های تجربی و آزمایشگاهی بسیار زیاد بوده و در برخی موارد حتی با انجام آزمایش، سنسورهایی وجود ندارد که بتواند تمامی وقایع را ثبت و داده برداری نماید. از اینرو، استفاده از نرم افزارهای حل عددی (CFD) می‌تواند بسیار راهگشا بوده و نه تنها هزینه تست‌ها را کاهش می‌دهد، بلکه هر پدیده‌ای را می‌توان با جزئیات بیشتری بررسی کرد. از جمله انواع نرم افزارهای حل عددی که همگی از ابزارهای CFD محسوب می‌شوند، نرم افزارهای تجاری مثل FLUENT یا CFX و یا نرم افزارهای متن باز مثل OPEN FOAM بوده که از قابلیت‌های زیادی برخوردار هستند و طرفداران زیادی پیدا کرده است. از آنجایی که نویسنده کتاب، سالیان متمادیست با نرم افزارهای مختلف کار کرده و خروجی‌های آنها را با تست‌های تجربی مقایسه کرده است، با قابلیت‌های نرم افزار انسیس فلوئنت و نقاط ضعف آن آشنایی پیدا کرده و در این کتاب سعی کرده تا بخشی از یافته‌های خود را در اختیار خواننده قرار دهد. در تهیه متن کتاب نه تنها از راهنمای نرم افزار کمک گرفته شده بلکه، تجربیات شخصی و نکات مفیدی که در پاورپوینت‌های شرکت انسیس یا وبینارهای این شرکت آموخته، بهره گرفته شده است. سعی شده تا فصل‌های کتاب منطبق با انواع مدل‌های شبیه‌سازی جریان‌ها، چرناقی باشد که در نرم افزار فلوئنت در دسترس است. در ارائه مطالب تلاش شده تا هم تئوری و معادلات حاکم توضیح داده شود و هم منوهای نرم افزار گام به گام همراه با توضیحات آورده شود تا حتی کسی که قبلاً هیچ گاه از این منوها استفاده نکرده‌اند، بتوانند توضیحات را بهتر درک کنند.

یادگیری هر نرم افزاری مستلزم تمرین و انجام پروژه‌های متعدد می‌باشد. نویسنده این کتاب، به دلیل همکاری با بسیاری از صنایع، اندک تجربه‌ای بدست آورده که در قالب این کتاب به دیگران منتقل کند. در مدت زمانی که مشغول نوشتن این کتاب بودم، دریافتم که خیلی از سخت‌ترین کارها انتقال تجربیات به صورت مکتوب و تالیف کتاب است چرا که احتمالاً مخاطبان آن از پژوهشگران و اساتیدی خواهند بود که با دقت و ریزبینی مطالب را ارزیابی خواهند کرد و اگر پیگیری‌های خانم قزلباش و جناب فرسای در مجموعه‌ی انتشارات دیباگران نبود، شاید در همان ابتدای کار، از ادامه راه باز می‌ماندم. لذا بر خود لازم می‌دانم از ایشان و خانم عبداللهی، ویراستار محترم کتاب کمال تشکر را داشته باشم. امیدوارم مطالعه‌ی این کتاب برای دانشجویان و صنعتگران مفید باشد و اگر در برخی از بخش‌های کتاب، اشتباه و قصوری وجود دارد، با ارسال ایمیل و پیام‌های خود، ما را در ویرایش آنها کمک کرده و باعث دلگرمی ما برای انتشار جلدهای بعدی این کتاب شوند.