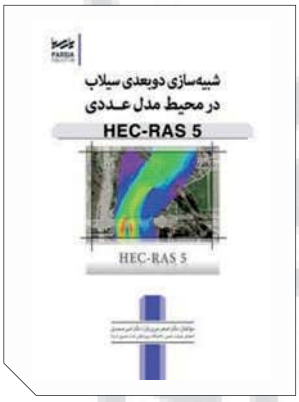
شبیه‌سازی دوبعدی سیلاب در محیط مدل عددی HEC-RAS 5



تألیف:
دکتر اصغر عزیزیان ـ دکتر امیر صمدی
اعضای هیأت علمی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)

تلفن: ۶۶۴۱۱۲۱۲

سرشناسه: عزیزیان، اصغر، ۱۳۶۵ –
عنوان و نام پدیدآور: شبیه‌سازی دوبعدی سیلاب در محیط مدل عددی HEC-RAS 5/ تالیف اصغر عزیزیان، امیر صمدی
مشخصات نشر: تهران: پارسیا، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری: ۲۱۶ ص.: مصور (رنگی)، جدول (بخشی رنگی) ، نمودار (بخشی رنگی).
شابک: ۹۷۸–۶۰۰–۷۰۱۰–۹۶–۹
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: کتابنامه: ص. [۲۷۹] – ۲۸۰.
موضوع: مهندسی رودخانه-- نرم‌افزار
موضوع: نرم‌افزار هک–راس
موضوع: HEC-RAS (Computer software)
موضوع: River engineering-- Saftware
موضوع: مهندسی رودخانه -- الگوهای ریاضی
موضوع: River engineering -- Mathematical models
موضوع: آب -- مهندسی -- نرم‌افزار
موضوع: Hydraulic engineering -- Software
موضوع: آب -- مهندسی -- الگوهای ریاضی
موضوع: Hydraulic engineering -- Mathematical models
شناسه افزوده: صمدی، امیر، ۱۳۵۹ –
رده بندی کنگره: ۱۳۹۶ ش۴۴ع/TC۴۰۹
رده بندی دیویی: ۶۲۷
شماره کتابشناسی ملی: ۴۵۱۲۶۶۵

شبیه‌سازی دوبعدی سیلاب در محیط مدل عددی HEC-RAS 5

تألیف: اصغر عزیزیان، امیر صمدی
ناشر: پارسیا
شمارگان: ۳۰۰ نسخه
نوبت چاپ:
شابک: ۹۷۸–۶۰۰–۷۰۱۰–۹۶–۹
قیمت:

پارسیا
نشر پارسیا

مرکز پخش:

تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲ـ ۶۶۴۸۴۱۹۱، www. noavarpub. com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر پارسیا می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر پارسیا ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فـهرست مطالب

فصل اول: ساختار مدل‌های عددی برای شبیه‌سازی جریان در رودخانه‌ها ۱۲

۱-۱- مقدمه ۱۲

۱-۲- ضرورت مدلسازی و انواع مدل‌ها ۱۳

۱-۳- مزایا و معایب شبیه‌سازی عددی- ریاضی ۱۳

۱-۴- مدلسازی عددی ۱۴

۱-۴-۱- مبانی مدلسازی عددی ۱۴

۱-۴-۱-۱- شبکه‌بندی میدان محاسباتی ۱۵

الف- شبکه‌بندی با سازمان ۱۵

ب- شبکه‌بندی بی‌سازمان ..... Error! Bookmark not defined.

ج- شبکه‌بندی کارتزین ..... Error! Bookmark not defined.

۱-۴-۱-۲- نحوه در نظر گرفتن شرایط مرزی در حل میدان جریان ..... Error! Bookmark not defined.

۱-۴-۱-۳- روشهای مختلف حل معادلات حاکم ..... Error! Bookmark not defined.

۱-۴-۱-۴- صحت‌سنجی ..... Error! Bookmark not defined.

۱-۴-۱-۵- واسنجی ..... Error! Bookmark not defined.

۱-۵- انواع مدل‌های عددی- ریاضی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۵-۱- مدلهای یک بعدی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۵-۲- مدلهای دوبعدی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۵-۳- مدلهای سه‌بعدی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶- مدلهای رایانه‌ای توسعه یافته برای مدلسازی هیدرولیکی جریان ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۱- مدل BRI-STARS ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۲- مدل CCHE1D ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۳- مدل CCHE2D ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۴- مدل DELFT3D ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۵- مدل WOLF ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۶- مدل HEMAT1D ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۷- مدل HEMAT2D ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۸- مدل ISIS ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۹- مدل MIKE11 ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۱۰- مدل MIKE21 ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۱۱- مدل MIKE3 ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۱۲- مدل SSIIM ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۱۳- مدل SMS ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۶-۱۴- مدل HEC-RAS 4.1, 5.0 ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۷- معیارهای انتخاب مدل عددی مناسب ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱-۸- پرسش‌ها و مسائل فصل اول ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

فصل دوم: بررسی ساختار و توانمندی‌های مدل دو بعدی HEC-RAS Error! Bookmark not defined.

۲-۱- مقدمه ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۲- مزایا و معایب مدلسازی دوبعدی جریان با HEC-RAS 5.0 ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۳- توسعه و ساخت یک مدل زمینی برای استفاده در مدلسازی دوبعدی و نمایش خروجی‌ها ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۳-۱- پنجره RAS Mapper ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۳-۲- تنظیم سیستم مختصات جغرافیایی مدل هندسی سطح زمین ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۳-۳- فراخوانی داده‌ها و ساخت مدل هندسی سطح زمین ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۳-۴- اصلاح و بهبود مدل هندسی سطح زمین با استفاده از داده‌های مربوط به مقاطع عرضی ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۳-۵- تلفیق مدل هندسی کانال اصلی و محدوده سیلابدشت ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۴- ساخت یک مدل هندسی ترکیبی یک بعدی و دوبعدی ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۴-۱- ساخت یک شبکه محاسباتی دوبعدی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۴-۳- ایجاد جداول مربوط به خصوصیات هیدرولیکی سطوح دوبعدی ..... Error! Bookmark not defined.

۲-۴-۴- اتصال سطوح دو بعدی جریان به بخشهای یک‌بعدی ..... Error! Bookmark not defined.

۲-۴-۵- شرایط مرزی خارجی سطح جریان دوبعدی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۴-۶- شرایط اولیه سطح جریان دوبعدی ..... Error! Bookmark not defined.

۲-۵- نحوه ساخت داده‌های رستری با فرمت FLOAT در بستر GIS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۶- پرسش‌ها و مسائل فصل دوم ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

فصل سوم: مثال‌های کاربردی از مدلسازی دوبعدی جریان در HEC-RAS (2D) Error! Bookmark not defined.

۳-۱- مقدمه ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۳-۲- مثال ۱: مدلسازی یک بعدی کانال اصلی و دو بعدی سیلاب‌دشت ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۳-۲-۱- تعریف پروژه ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۳-۲-۲- بارگذاری آبراهه یک‌بعدی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۳-۲-۳- ترسیم ناحیه دو بعدی جریان ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۳-۲-۴- ساخت شبکه محاسباتی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۳-۲-۵- استفاده از نقشه کاربری اراضی برای محاسبه ضریب مانینگ در ناحیه دوبعدی Error! Bookmark not defined.

۳-۲-۶- تعریف سازه جانبی واقع در ابتدای رودخانه ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۳-۲-۷- تعریف دیواره سیلبند واقع در انتهای رودخانه ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۳-۲-۸- وارد نمودن شرایط مرزی بالادست و پائیندست ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۳-۲-۹- انجام تنظیم‌های مربوط به جریان غیرماندگار ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۲-۱۰- اجرای مدل ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۲-۱۱- مشاهده نتایج و تهیه خروجیهای دو بعدی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۳- مثال ۲: مدلسازی دوبعدی جریان در بالادست و یک‌بعدی در پائیندست ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۳-۱- تعریف پروژه ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۳-۲- بارگذاری آبراهه یک‌بعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۳-۳- ترسیم ناحیه دوبعدی جریان ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۳-۴- ساخت شبکه محاسباتی ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۳-۵- استفاده از نقشه کاربری اراضی برای محاسبه ضریب مانینگ در ناحیه دوبعدی ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۳-۶- وارد نمودن شرایط مرزی بالادست و پائیندست ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۳-۷- انجام تنظیم‌های مربوط به جریان غیرماندگار ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۳-۸- اجرای مدل ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۳-۹- مشاهده نتایج و تهیه خروجیهای دوبعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴- پرسش‌ها و مسائل فصل سوم ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

فصل چهارم: روش‌های مختلف برآورد پارامترهای شکست سد و سازه جانبی Error! Bookmark not defined.
۴-۱- مقدمه ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۴-۲- معرفی پارامترهای موردنیاز برای تحلیل شکست سد ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۴-۲-۱-تنظیم پارامترهای موردنیاز شکست سد ..... Error! Bookmark not defined.
۴-۲-۲- انتخاب روند نحوه پیشرفت شکست سد ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۴-۲-۳- ترمیم ناحیه شکست ..... Error! Bookmark not defined.
۴-۲-۴- محاسبه پارامترهای شکست سد ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۴-۲-۴-۱- تعیین شکل ناحیه بازشدگی ناشی از شکست سد ..... Error! Bookmark not defined.
۴-۲-۴-۲- کاربردی‌ترین روش‌ها برای تخمین پارامترهای شکست ..... Error! Bookmark not defined.
۴-۳- توصیه‌ها و پیشنهادها ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۴-۴- مثال کاربردی: نحوه برآورد پارامترهای شکست سد ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۴-۵- پرسش‌ها و مسائل فصل چهارم ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

فصل پنجم: نحوه استخراج پارامترهای هندسی مدل HEC-RAS با استفاده از ... Error! Bookmark not defined.
۵-۱- مقدمه ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۵-۲- تجهیزات رایانه‌ای موردنیاز ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۵-۳- داده‌های موردنیاز ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۵-۴- تعریف پروژه و شروع کار ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۵-۴-۱- شروع کار با الحاقیه HEC-GeoRAS ..... Error! Bookmark not defined.
۵-۴-۲- ایجاد لایه‌های RAS ..... Error! Bookmark not defined.
۵-۴-۳- ایجاد خط مرکزی رودخانه (Stream Centerline) ..... Error! Bookmark not defined.
۵-۴-۴- ترسیم خطوط سواحل (Bank Lines) ..... Error! Bookmark not defined.
۵-۴-۵- ترسیم مسیرهای جریان (Flow Paths) ..... Error! Bookmark not defined.
۵-۴-۶- ترسیم مقاطع عرضی (XSCutLines) ..... Error! Bookmark not defined.
۵-۴-۷- ترسیم محل پل و یا کالورت ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۵-۴-۸- ایجاد سطوح غیر موثر (Ineffective Areas) ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۵-۴-۹- ایجاد موانع انسدادی (Obstructions) ..... Error! Bookmark not defined.
۵-۴-۱۰-آماده‌سازی اطلاعات جهت انتقال به مدل HEC-RAS ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۵-۵- وارد نمودن اطلاعات هندسی در مدل HEC-RAS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۵-۵-۱- وارد نمودن داده‌های پل ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۵-۶- پرسش‌ها و مسائل فصل پنجم ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

فصل ششم: مبانی مدلسازی جریان غیرماندگار در مدل HEC-RAS.. Error! Bookmark not defined.
۶-۱- مقدمه ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۶-۲- معادله پیوستگی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۶-۳- معادله اندازه حرکت ..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
۶-۴- نحوه کاربرد معادلات جریان غیرماندگار در مدل HEC-RAS **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
۶-۵- شمای حل تفاضل محدود ضمنی **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
۶-۵-۱- معادله پیوستگی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۶-۵-۲- معادله اندازه حرکت ..... Error! Bookmark not defined.
۶-۵-۳- الگوی حل تفاضل محدود معادلات جریان غیرماندگار ..... Error! Bookmark not defined.
۶-۶- نحوه ارزیابی صحت، پایداری و حساسیت مدل HEC-RAS در حالت غیرماندگار **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
۶-۶-۱- صحت مدل ..... Error! Bookmark not defined.
۶-۶-۲- پایداری مدل ..... Error! Bookmark not defined.
۶-۷- پرسش‌ها و مسائل فصل ششم **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

فصل هفتم: ارزیابی عملکرد مدل دو بعدی HEC-RAS در برابر ... . Error! Bookmark not defined.
۷-۱- مقدمه ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۷-۲- ساخت سه گزینه برای ارزیابی مدل **ERROR! BOOKMARK NOT**

DEFINED.
۷-۲-۱- گزینه اول- افت در قوس کانال ..... Error! Bookmark not defined.
۷-۲-۲- خلاصه نتایج گزینه اول ..... Error! Bookmark not defined.
۷-۲-۳- گزینه دوم- کانال دارای تنگ‌شدگی ..... Error! Bookmark not defined.
۷-۲-۴- خلاصه نتایج گزینه دوم ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۷-۲-۵- گزینه سوم- سرعت پخش سیل در یک سطح صاف و مسطح ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۷-۲-۶- خلاصه نتایج گزینه سوم ..... Error! Bookmark not defined.
۷-۳- پرسش‌ها و مسائل فصل هفتم. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

منابع و مآخذ ۲۱۳

نشر نوآور
تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

فراخوان مساعدت فرهنگی و علمی

خوانندهٔ فرهیخته و بزرگوار

نشر پارسیا ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، بـه استحضـارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلّفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همّت خود را برای ارائهٔ کتابی درخـور و شایسـتهٔ شـما فرهیختـهٔ گرامـی بـه‌کـار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حدّاقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیّت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

بااین‌وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائهٔ اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بـروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرّا از نقص و اِشکال دانست. ازسوی‌دیگـر، ایـن انتشارت بنابه تعهّدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلّم خوانندگان گرامی، سـعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، ازهرگونه اشکال احتمـالی کتـاب‌هـای منتشرهٔ خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا دراین راستا، از شما فرهیختهٔ گرامی تقاضا داریم درصورتی‌که حین مطالعهٔ کتاب بـا اشـکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شدهٔ خود را با هزینهٔ انتشارات پارسیا، پـس از همـاهنگی بـا انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگهٔ جداگانـه‌ای یادداشـت نمـوده‌ایـد، لطف کرده عکس یا اسکن برگهٔ مزبور را با ذکر نام و شمارهٔ تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات پارسـیا ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اِعمال و اصلاح گـردد و باعث هرچه پربارترشدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر پارسیا، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهّدانه و مسئولانهٔ شما خوانندهٔ فرهیختـه و گرانقـدر، به‌منظور تقدیر و تشکّر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، درصورتی‌که اصلاحات درسـت و بجـا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و قدرشناسی، نسخهٔ دیگری از همان کتـاب و یـا چـاپ اصلاح‌شدهٔ آن و نیز از سایر کتب منتشرهٔ خود را به‌عنوان هدیـه، بـه انتخـاب خودتـان، برایتـان ارسـال می‌نماید، و درصورتی‌که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدّمهٔ چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر پارسیا و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشـنهادها، نظـرات، انتقـادات و راه‌کارهـای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمـی آن صـمیمانه و مشـتاقانه استقبال می‌نمایند.

پارسیا
تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱
www.noavarpub.com
info@noavarpub.com

پیشگفتار

انجام هرگونه فعالیت در رودخانه‌ها مستلزم شناخت قواعد حاکم بر رودخانه و پیش‌بینی عکس‌العمل رودخانه نسبت به آن است تا از پیامدهای زیان‌بار مربوطه جلوگیری شود. شناخت یک فرآیند رودخانه‌ای با اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی در مقیاس واقعی معمولاً دشوار می‌باشد. از سوی دیگر مدلسازی جریان و انتقال رسوب در رودخانه نیز امری کاملاً پیچیده و مشکل می‌باشد، زیرا اطلاعاتی که برای پیش‌بینی تغییرات بستر به کار می‌رود اساساً دارای عدم قطعیت بوده و تئوری‌های به کار رفته نیز تجربی بوده و از حساسیت شدیدی نسبت به دامنه وسیعی از متغیرهای فیزیکی از خود نشان می‌دهند. هزینه‌بر بودن تجهیزات آزمایشگاهی و محدودیت استفاده از ادوات آزمایشگاهی، باعث متمایل شدن محققین و مهندسین به سمت مدلسازی ریاضی و عددی برای شبیه‌سازی جریان و رسوب در رودخانه‌ها شده است. در دهه‌های اخیر و با گسترش روز افزون تکنولوژی به ویژه در زمینه رایانه، انواع مدل‌های یک، دو و سه‌بعدی توسعه و در غالب بسته‌های تجاری و یا رایگان به بازار عرضه شده‌اند. یکی از معروف‌ترین و در عین حال پرکاربردترین مدل‌های عددی در زمینه مهندسی هیدرولیک و مهندسی رودخانه در سه دههٔ اخیر مدل یک‌بعدی HEC-RAS بوده است. به جرات می‌توان گفت که در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد پروژه‌های مرتبط با مهندسی رودخانه و مباحث ساماندهی از این مدل برای شبیه‌سازی جریان و رسوب استفاده می‌نمایند. این مدل برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسعه و با گذشت زمان، نسخه‌های مختلف و به روز آن روانه بازار گردید. پس از سال‌ها تلاش تیم توسعه دهنده جهت ارتقای این مدل، در نهایت نسخه دو بعدی این مدل با عنوان HEC-RAS 5.0.1 در فوریه سال ۲۰۱۶ روانه بازار گردید. بر خلاف بسیاری از مدل‌های دوبعدی، نسخه جدید مدل HEC-RAS همچنان رایگان بوده و علاوه‌بر مدلسازی جریان‌های ماندگار، غیرماندگار، شبه غیرماندگار، سازه‌های تقاطعی و جانبی به صورت یک‌بعدی، از توانائی لازم برای مدلسازی دوبعدی جریان به ویژه در سیلابدشت‌ها نیز برخوردار می‌باشد. این مدل توانائی حل معادلات سنت- ونانت را در قالب دو فرم موج دینامیک و موج پخشیدگی برای مدلساز فراهم می‌نماید. همچنین پشتیبانی از انواع داده‌های رستری (مانند Float، Tiff و adf)، امکان دسترسی به منابع مختلف نقشه مانند Google Earth، Bing Satellite و NASA USDA NAIP Infrared، استفاده از هسته‌های مختلف پردازنده مرکزی (موجب استفاده حداکثری از پتانسیل رایانه برای اجرای مدل عددی خواهد شد) از دیگر توانائی‌های این مدل می‌باشد. به جرات می‌توان گفت که چنین توانائی‌هایی در کمتر مدل دوبعدی قابل مشاهده است. در زمینه کاربرد مدل‌های دو بعدی در مهندسی رودخانه تاکنون کتب بسیار کمی به چاپ رسیده است که هر کدام از آنها دارای محدودیت‌هایی از نظر مبانی علمی و کاربرد عملی می‌باشند. لذا کتاب حاضر تقریباً در نقطه مقابل کتب مذکور قرار داشته و می‌تواند راهگشای بسیاری از مشکلات موجود در مدلسازی انواع پدیده‌های هیدرولیکی در نظر گرفته شود.

کتاب حاضر سعی بر این دارد تا با ارائه پروژه‌های کاربردی و نیز بررسی ساختار مدل دوبعدی HEC-RAS 5.0.1، نیازهای جامعه محققین و مهندسین در زمینه مدلسازی هیدرولیکی به ویژه در بخش دوبعدی را تا حدود بسیار زیادی برطرف نماید. هر چند همانند هر فعالیت حرفه‌ای، ضامن موفقیت هر شخص تلاش، پشتکار و البته کنجکاوی در زوایای مختلف علمی و کاربردی یک زمینه تخصصی است. نویسندگان این کتاب تلاش نموده‌اند تا با در نظر داشتن ویژگی‌ها و نکات زیر، ویژگی‌های بارز کتاب حاضر را افزایش دهند:

- ✓ وحدت رویه در ارائه مطالب
- ✓ بیان اهمیت مدلسازی عددی به ویژه در زمینه مدلسازی سیلاب
- ✓ تشریح اهمیت و ضرورت مدلسازی دو بعدی در مطالعات مهندسی رودخانه
- ✓ بیان مبانی علمی مربوط به مدلسازی عددی

در هر حال امید است این مجموعه که برای تهیه آن زحمات فراوانی کشیده شده، توانسته باشد گامی مفید در راستای ارتقا سطح علمی جامعه محققین، اساتید، دانشجویان و مهندسین برداشته باشد. بدیهی است هیچ اثری نمی‌تواند مصون از اشتباهاتی اعم از ویرایشی و یا فنی باشد، لذا نویسندگان این کتاب مشتاقانه انتظار دارند تا نظرات کارشناسی شما خواننده گرامی را همچون هدیه‌ای گرانبها دریافت نموده تا در چاپ‌های بعدی کتاب، مدنظر خویش قرار دهند. پیشاپیش از هرگونه پیشنهاد و یا نظر نقادانه شما صمیمانه سپاسگزاری می‌نماییم.

همچنین به منظور برقراری تعامل پایدار، آدرس پست‌های الکترونیکی زیر در نظر گرفته شده است که در هر زمان پذیرای سوال‌ها و نظرات خوانندگان گرامی می‌باشد.

اصغر عزیزیان- امیر صمدی
Info@noavarpub.com

هشـــدار

کلّیهٔ حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قـانون حقـوق مؤلّفـان و مصـنّفان و هنرمنـدان مصوّب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامهٔ اجرایی آن مصوّب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلّق بـه نشـر پارسیا است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسـمتی از مطالـب، اشـکال، نمودارهـا، جـداول، تصـاویر ایـن کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یـا قسـمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتـوکپی، اسـکن، تایـپ از کتـاب، تهیّـهٔ پـی دی اف از کتـاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار بـه‌صـورت اینترنتـی، سـی دی، دی وی دی، فـیلم، فایـل صوتی یا تصویری و غیره بـدون اجازهٔ کتبی از نشر پارسیا ممنوع و غیرقانونی بوده و **شرعاً نیـز حـرام** است، و متخلّفین تحت **پیگرد قانونی و قضایی** قرار می‌گیرند.

با توجّه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر پارسـیا بـه‌صـورت فایـل ورد یـا پـی دی اف و مـوارد این‌چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لـذا درصـورتی‌کـه هـر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر پارسـیا را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسـط کارشناسـان امـور اینترنتـی ایـن انتشارات، که مسئولیّت ادارهٔ سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و درصورت مشخص شدن هرگونه تخلّف، ضمن اینکه این کار از نظر قـانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قـانونی انتشـارات از طریـق وزارت فرهنـگ و ارشاد اسلامی، **پلیس فتا** (پلیس رسیدگی به جرایم رایانـه‌ای و اینترنتـی) و نیـز سـایر مراجـع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سـایت متخلّـف کـرده و طـیّ انجـام مراحـل قـانونی و اقـدامات قضایی، خاطیان را مـورد **پیگرد قانونی و قضـایی** قـرار داده و کلّیّـهٔ خسـارات وارده بـه ایـن انتشارات از متخلّف اخذ می‌گردد.

همچنین درصورتی‌که هر کتابفروشی، اقدام به تهیّهٔ کپی، جزوه، چـاپ دیجیتـال، چـاپ ریسـو، اُفست از کتب انتشارات پارسیا نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضـمن اطـلاع‌رسـانی تخلّفـات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مُوَزّعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسـلامی، اتحادیهٔ ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجـع قـانونی و قضـایی اقـدام بـه اسـتیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلّف می‌نماید.

خرید، فروش، تهیّه، استفاده و مطالعه از روی نسخهٔ غیراصلِ کتاب،

از نظر قانونی غیرمجاز و شرعاً نیز حرام است.

انتشارات پارسیا از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهدهٔ هر گونه تخلّف از قبیـل مـوارد فـوق، مراتب را یا از طـریق تلفـن‌های انتشارات پارسـیا بـه شـماره‌هـای۲- ۶۶۴۸۴۱۹۱ ۰۲۱ و ۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیـل انتشـارات بـه آدرس *info@noavarpub.com* و یـا از طریق منوی تماس با ما در سایت *www.noavarpub.com* به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضـییع حقـوق ناشـر، پدیدآورنـده و نیـز خـود خواننـدگان محتـرم جلـوگیری بـه‌عمـل آیـد، و نیز به‌عنوان تشکّر و قدردانی، از کتب انتشارات پارسیا نیز هدیه دریافت نمایند.

فصل اول

ساختار مدل‌های عددی برای شبیه‌سازی جریان در رودخانه‌ها

۱-۱- مقدمه

فرایند تلاش در مسیر ایجاد و انتخاب مدل‌های ریاضی برای مطالعه پدیده‌ها را مدلسازی ریاضی می‌نامند. انتخاب و کاربرد مدل‌های ریاضی بستگی به اطمینان و کارکرد مدل‌ها در شرایط مختلف دارد. مدلسازی‌های ریاضی را اغلب به منظور توضیح و تبیین رفتار پدیده‌ها، پیش‌بینی و نیز کنترل آنها انجام می‌دهند. مدل‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی به دسته‌بندی‌های مختلفی تقسیم می‌گردند که در ساده‌ترین دسته‌بندی‌ها، مدل‌ها به دو دسته فیزیکی و ریاضی تقسیم می‌شوند. مدل‌های فیزیکی به‌دلیل محدودیت‌های موجود در آنها، قادر به شبیه‌سازی تغییرات تمامی پارامترهای یک حوضه فیزیکی نمی‌باشند. به همین خاطر امروزه استفاده از مدل‌های ریاضی به‌دلیل سرعت بالا و تحلیل حالت‌های مختلف مورد توجه محققین قرار گرفته است. استفاده از مدل‌های ریاضی جایگاه ویژه‌ای را در تحلیل، مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب به خود اختصاص داده است. در بهره‌برداری از سیستم‌های دارای مخزن، مدیران بهره‌بردار می‌توانند به کمک این مدل‌ها سیاست‌های بهینه برداشت و ذخیره‌سازی را در دوره‌های مختلف اتخاذ نموده و موجب ارتقای این سیستم‌ها گردند. یکی از روش‌هایی که برای شناخت وضع موجود و بهبود عملکرد سیستم‌ها بوجود آمده، شبیه‌سازی است (وو[۱]، ۲۰۰۷).

انجام مطالعات و تحقیقات مختلف مهندسی هیدرولیک به طور معمول دارای پیچیدگی‌ها و محاسبات فراوانی است که مستلزم دقت و توجه زیاد می‌باشد. بنابراین لازم است قبل از اقدام به طراحی و اجرای پروژه‌های هیدرولیکی از نحوه عملکرد آنها اطلاعاتی به دست آورد. به منظور پیش‌بینی پدیده‌های پیچیده هیدرولیکی لازم است از تکنیک شبیه‌سازی یا مدلینگ استفاده شود که برای انجام این امر عمدتاً دو روش وجود دارد: یکی مدل ریاضی و دیگری مدل فیزیکی. در مدل‌های ریاضی اطلاعات موردنظر از طریق محاسبات بدست می‌آیند در حالی‌که این امر در مدل‌های فیزیکی با اندازه‌گیری امکان‌پذیر است (ورستک و مالالاسِکِرا، ۱۹۹۵). امروزه با پیشرفت رایانه‌ها و توسعه هرچه بیشتر روش‌های عددی، مدل‌های ریاضی کاربرد فوق‌العاده وسیعی یافته‌اند. مراحلی که جهت آماده‌سازی مدل برای استفاده عملی در پروژه‌ها لازم می‌باشد، خود آشنایی با نحوه آزمایش‌های فیزیکی و مطالعات و اندازه‌گیری‌های صحرایی را طلب می‌نماید. این مراحل که شامل تنظیم و واسنجی

۱- Wu

(کالیبراسیون) مدل با استفاده از معیارهای مناسب آزمایشگاهی و صحرایی و سنجش میزان صحت و دقت عملکرد مدل از طریق آزمایش‌های گوناگون می‌باشد، خود بخش اعظمی از زمان تهیه مدل را تشکیل می‌دهد. علاوه‌بر این یک مدل ریاضی ممکن است سیر تکاملی خود را در صحنه عمل و به کارگیری در پروژهای واقعی طی کند. مواردی بوده است که یک مدل به تدریج طی ۲۰ سال تجربه و استفاده عملی شکل جامع و کامل خود را یافته است.

۱-۲- ضرورت مدلسازی و انواع مدل‌ها

شبیه‌سازی عبارت از فرآیند طراحی مدلی از یک سیستم واقعی و انجام آزمایش‌هایی با آن مدل است که با هدف پی بردن به رفتار سیستم یا ارزیابی راهبردهای گوناگون برای عملیات سیستم صورت می‌گیرد. بنابراین فرآیند شبیه‌سازی هم شامل مدلسازی و هم شامل استفاده تحلیلی از آن برای مطالعه یک مساله است. شبیه‌سازی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که (نواک و کابلکا[۱]، ۱۹۸۱) :

الف- امکان حل معادلات ریاضی حاکم با روش‌های تحلیلی وجود نداشته باشد.

ب- انجام آزمایش‌ها و مشاهده پدیده‌ها در محیط واقعی آنها مشکل یا غیر عملی باشد.

شناخت دقیق یک فرآیند فیزیکی توسط اندازه‌گیری پارامترهای حاکم بر آن در مقیاس واقعی امکان‌پذیر است. البته کنترل شرایط حاکم بر سیستم واقعی (بازه‌ای از یک رودخانه) معمولاً دشوار بوده و اندازه‌گیری پارامترهای حاکم نیز با پیچیدگی‌های فراوانی همراه است. علاوه‌بر آن بررسی تاثیر شرایط مختلف بر پدیده مورد مطالعه (نظیر تاثیر سیلاب‌های مختلف بر روند پدیده‌های فرسایش و رسوبگذاری در رودخانه‌ها، اثر الگوی جریان بر روی ریخت‌شناسی رودخانه، تاثیرات ناشی از اعمال روش‌های حفاظت سواحل بر هندسه و هیدرودینامیک جریان رودخانه، تاثیر روش‌های انحراف جریان بر روی رودخانه و پیرامون آن و ...) در مقیاس واقعی به راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد. بدین علت شناخت و بررسی پدیده‌های فیزیکی، معمولاً در حالت کلی به دو طریق زیر صورت می‌گیرد:

الف- مدلسازی آزمایشگاهی یا فیزیکی

ب- مدلسازی ریاضی

۱-۳- مزایا و معایب شبیه‌سازی عددی- ریاضی

شناخت توانایی‌ها و ضعف‌های مدلسازی فیزیکی و ریاضی برای انتخاب صحیح یک روش مناسب ضروری است. به علت شباهت رفتار هیدرودینامیکی مدل فیزیکی با نمونه واقعی و نیز ضرورت مدل کردن جریان‌های پیچیده سه‌بعدی، هنوز هم مدل‌های فیزیکی کاربرد وسیعی دارند. بسیاری از پدیده‌ها دارای آن‌چنان پیچیدگی هستند که روابط ریاضی حاکم یا پیچیده بوده و یا هنوز حل عددی دقیق آنها امکان‌پذیر نیست. معمولاً اطلاعات دقیق در مورد یک فرایند فیزیکی توسط اندازه‌گیری‌ها بدست می‌آید. اما همانطور که گفته شد انجام آزمایش در یک مدل با مقیاس یک به یک خیلی گران بوده و یا شاید غیرممکن باشد. همچنین در استفاده از مدل‌های با مقیاس کوچکتر، مساله دقت و نحوه تعمیم نتایج بدست آمده از مدل به نمونه اصلی در تمام جنبه‌های مختلف مطرح می‌باشد. این محدودیت‌ها و معایب، مفید بودن نتایج آزمایشگاهی را کاهش می‌دهد. هم‌چنین در بسیاری از حالت‌ها مشکلات جدی اندازه‌گیری وجود دارد. مدل ریاضی، مدلی است که بر اساس روابط حاکم بر یک پدیده به‌وجود

۱- Novak and Cábelka

می‌آید. بنابراین تنها پدیده‌هایی را می‌توان مدلسازی نمود که اولاً روابط ریاضی حاکم بر آن پدیده استخراج شده باشد و ثانیاً روش قابل قبول و ابزار مناسبی برای حل روابط وجود داشته باشد. یک مدل ریاضی دارای مزایایی است که در زیر ارایه شده است (شفاعی بجستان، ۱۳۸۴ و مقیمان، ۱۳۸۲):

الف- مهم‌ترین امتیاز هزینه پایین مدل ریاضی است. در بیشتر کاربردها هزینه به کار بردن یک مدل ریاضی به مراتب کمتر از مدلسازی آزمایشگاهی است که با پیچیده شدن فیزیک مساله این عامل اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

ب- نتایج حاصله به سرعت بدست می‌آیند، به‌طوریکه بررسی تاثیر هر یک از متغیرها در یک پدیده خاص، خیلی سریع و آسان بوده و می‌توان در زمان کوتاه یک طرح بهینه را بدست آورد.

ج- در یک مدلسازی ریاضی، خیلی از شرایط واقعی مساله به راحتی قابل شبیه‌سازی است.

د- امکان شبیه‌سازی شرایط ایده‌آل، به‌طوری‌که فقط روی پارامترهای محدودی تمرکز شده و بقیه جنبه‌ها حذف شود، وجود دارد.

با این حال سهولت کاربرد و دقت نتایج بدست آمده از مدلسازی ریاضی بستگی به مدل و روش‌های عددی مورد استفاده دارد. برای برخی مسائل که دارای پیچیدگی‌های زیادی است، بدست آوردن حل عددی دشوار بوده و یا بسیار گران خواهد بود. هم‌چنین برخی از پدیده‌های فیزیکی دارای بیان ریاضی مناسبی نیستند. یکی دیگر از معایب مدل‌های ریاضی تجاری، نداشتن منبع باز[۱] است، به طوری‌که اگر اشکالی وجود داشته باشد، نمی‌توان آن‌را رفع نمود یا مدل را برای شرایط مختلف مورد نیاز تغییر داد.

۱-۴- مدلسازی عددی

در مدلسازی ابتدا باید عناصر و روابطی که برای هدف خاصی در نظر گرفته می‌شود، انتخاب گردد. پس از تعیین اهداف و مقاصد مطالعه و تعریف محدوده سیستم، سیستم واقعی به یک نمودار گردش منطقی تبدیل می‌شود. بایستی مدلی ساخت که نه آن را تا حد زیاد ساده کند که مدل به صورت ناچیزی درآید و نه آنقدر جزییات زیاد را در برگیرد که مدل پیچیده شده و هزینه آن زیاد شود. بنابراین همیشه بجای تقلید دقیق از سیستم واقعی، باید مدل طوری طراحی شود که پاسخگوی سؤالات موردنظر باشد. مدل باید آن جنبه‌هایی از سیستم را شامل شود که تنها به اهداف مطالعه مربوط می‌باشد. امروزه به‌واسطه رشد روز افزون رایانه و افزایش قدرت محاسباتی آنها، مدل‌های ریاضی به‌عنوان یک ابزار پرقدرت و توانا برای تحلیل رفتار جریان سیال و انتقال رسوب در سیستم‌هایی با هندسه و معادلات پیچیده در اختیار محققین و مهندسین هستند.

۱-۴-۱- مبانی مدلسازی عددی

برای حل عددی معادلات دیفرانسیل جزیی حاکم بر هر میدان جریان، بایستی میدان مزبور به مجموعه‌ای از نقاط یا سلول‌ها گسسته شود. معادلات مزبور بر روی مجموعه نقاط و یا سلول‌های حاصله، با استفاده از یکسری معادلات جبری تقریب زده شده و در نهایت با حل دستگاه معادلات جبری حاصله، مجموعه‌ای از مقادیر عددی گسسته که به عنوان یک تقریب از حل معادلات بر روی کل میدان می‌باشند، حاصل می‌گردد. بنابراین بطورکلی برای شبیه‌سازی ریاضی و عددی هر نوع پدیده فیزیکی، بایستی مراحلی به‌شرح زیر طی شود (نشریه ۵۸۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، ۱۳۹۱):

۱- Open Source

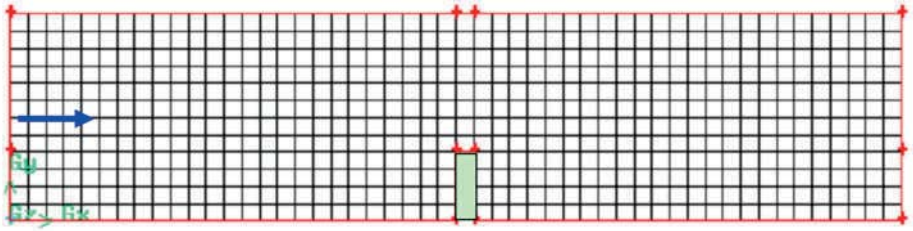
۱) تعریف هندسه موردنظر و قلمرو فیزیکی[۱]
۲) انتخاب پدیده‌های فیزیکی مورد بررسی
۳) استخراج معادلات حاکم
۴) تولید شبکه[۲]
۵) تشخیص و تعریف شرایط مرزی[۳]
۶) انتخاب روش عددی مناسب برای انفصال و حل معادلات
۷) انفصال معادلات حاکم[۴]
۸) حل معادلات منفصل شده
۹) ارزیابی و صحت‌سنجی مدل[۵]

۱-۴-۱-۱- شبکه‌بندی میدان محاسباتی

گسسته‌سازی میدان حل بایستی به‌نحوی صورت گیرد که منجر به حل کارای معادلات حاکم شود. شبکه‌بندی بر روی میدان بایستی طوری انجام شود که در انفصال یک معادله بر روی یک گره و یا سلول، تمام گره‌های مجاور آن براحتی قابل شناسایی باشد. علاوه‌بر آن، شبکه‌بندی بایستی حتی‌الامکان منطبق بر مرزهای میدان بوده و تمام میدان حل معادلات در نظر گرفته شود. بسته به روش حل معادلات حاکم و نیز هندسه میدان موردنظر، شبکه‌بندی‌های مختلفی به‌شرح زیر قابل کاربرد می‌باشند:

الف- شبکه‌بندی با سازمان[۶]

در این نوع از شبکه‌بندی، معمولاً قلمرو محاسبات به شکل مستطیل انتخاب می‌شود و نقاط داخلی شبکه بر روی خطوط شبکه توزیع می‌شوند. بنابراین، نقاط شبکه را می‌توان به‌راحتی نسبت به خطوط شبکه مشخص کرد. به‌منظور کاهش هزینه محاسبات و نیز افزایش دقت حل می‌توان از شبکه‌بندی ریز در نواحی از میدان که تغییرات مشخصه‌های جریان زیاد است، استفاده کرده و در مقابل در نواحی با گرادیان پایین مشخصه‌ها، از شبکه‌بندی درشت‌تر استفاده کرد. این نوع شبکه‌بندی به شبکه‌بندی غیریکنواخت موسوم است. در شکل (۱-۱) یک نمونه از شبکه‌بندی با سازمان یکنواخت و غیریکنواخت برای میدان جریان حول یک آبشکن واقع در یک کانال مستقیم نشان داده شده است.



(الف)

۱- Physical Domain
۲- Mesh Generation
۳- Define Boundary Condition
۴- Discretization
۵- Evaluation & Calibration
۶- Structured Mesh

نشر نوآور
تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱