

مروری بر هیدرولیک محاسباتی

تصنیف: دکتر رسول دانشفراز
دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی

شابک	978-600-97258-8-5 :
شماره کتابشناسی ملی	۵۲۵۰۲۷۲ :
عنوان و نام پدیدآور	مروری بر هیدرولیک محاسباتی / تصنیف رسول دانشفرارز؛
مشخصات نشر	ویراستار علمی یوسف حسن زاده.
مشخصات ظاهری	مراغه: دانشگاه مراغه، ۱۳۹۷.
بازداشت	۲۷۴ص: مصور، جدول، نمودار.
موضوع	کتابنامه.
موضوع	هیدرولیک -- الگوهای ریاضی
موضوع	Hydraulics -- Mathematical models
موضوع	هیدرولیک -- ریاضیات
موضوع	Hydraulics-- Mathematics
رده بندی دیویی	۶۲۷ :
رده بندی کنگره	۱۳۹۷ TC۱۶۴/د۲م۴ :
سرشناسه	دانشفرارز، رسول، ۱۳۵۱ -
شناسه افروده	حسن زاده، یوسف، ۱۳۲۶ - ، ویراستار
شناسه افروده	دانشگاه مراغه
وضعیت درست نویسی	قیما :



نام کتاب: مروری بر هیدرولیک محاسباتی

تصنیف: دکتر رسول دانشفرارز

ویراستار علمی: دکتر یوسف حسن زاده

طرح روی جلد: سهیل افتخارزاده

نوبت و تاریخ چاپ: اول ۱۳۹۷

تعداد صفحات: ۳۷۴ صفحه وزیر

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ناشر: دانشگاه مراغه

چاپ: اعظم

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۷۲۵۸-۸-۵

قیمت: ۳۵۰۰۰ تومان

حق چاپ محفوظ است.

مراکز پخش:

مراغه - میدان مادر، شهرک گلشهر، انتشارات دانشگاه مراغه تلفن: ۳۷۲۷۳۰۶۸ - ۰۴۱ داخلی ۳۵۱ و ۳۵۲
تبریز - خیابان امام، بازار بزرگ تربیت، طبقه پایین، پلاک ۴۰ انتشارات عمیدی، تلفن: ۳۵۳۵۹۶۱

صفحه	عنوان
م	پیشگفتار مولف
ف	پیشگفتار ویراستار علمی
۱	فصل اول
۱	حل معادلات هیدرولیکی ساده
۱-۱	حل معادله کلبروک وایت به روش نیوتن رافسون
۱-۱-۱	افت اصطکاکي در لوله ها
۱-۲	ضریب اصطکاک (f) در جریان های آرام
۱-۳	جریان عمودی از لوله
۱-۴	ضریب اصطکاک f در جریان های آشفته
۱-۵	روش عددی نیوتن رافسون
۱-۲	عمق نرمال در جریان سطح آزاد
۱-۲-۱	روشهای عددی برای محاسبه عمق نرمال
۱-۲-۲	روش نیوتن رافسون در محاسبه عمق نرمال
۱-۲-۳	روش تصحیف
۱-۴	روش تصحیف در محاسبه عمق نرمال
۱-۳	مدل ریاضی جریان متغیر تدریجی
۱-۳-۱	روش های حل جریان متغیر تدریجی
۱-۳-۱-۱	محاسبه مسافت به کمک عمق جریان (گام به گام مستقیم)
۱-۳-۱-۲	روشهای حل معادلات به فرم $y' = f(x, y)$
۱-۳-۱-۳	روش اولر
۱-۳-۱-۴	روش اولر بهسازی شده
۱-۳-۱-۵	روش رانگ - کوتای مرتبه دوم
۱-۳-۱-۶	روش رانگ - کوتای مرتبه چهارم
۱-۴	محاسبات مربوط به سیستم لوله ها
۱-۴-۱	لوله معادل در لوله های سری

۱-۴-۲- اتصال لوله ها به روش موازی	۶۶
۱-۴-۳- رابطه تلفات محلی	۶۷
۱-۴-۴- سیستم معادلات تشریح کننده جریان دائمی در شبکه های لوله	۶۹
۱-۴-۵- روش تئوری خطی	۷۳
فصل دوم	۸۳
جریان های غیر دائمی	۸۳
۱-۲-۱- ماده	۸۵
۱-۲-۲- موج و پارامترهای آن	۸۵
۱-۲-۲-۱- سرعت سیال و موج ثقلی	۸۸
۱-۲-۲-۲- ماده پرستگ	۸۹
۱-۲-۳- معادله حرکت	۹۰
۱-۲-۳- معادلات سنت و نانت	۹۳
۱-۳-۲- معادله پیوستگی	۹۴
۱-۳-۲- معادله حرکت	۹۶
۱-۴-۲- مدل ریاضی برای جریانهای غیر دائمی در لوله ها	۱۰۱
۱-۴-۲-۱- مدل ریاضی افزایش فشار حاصل از بستن تدریجی شیر	۱۰۳
۱-۴-۲-۲- محاسبه زمان لازم برای برقراری جریان دائمی به هنگام باز کردن شیر	۱۰۶
۱-۴-۳- مدل ریاضی مخازن تعادل	۱۰۹
۱-۴-۳-۱- معادله پیوستگی	۱۱۲
۱-۴-۳-۲- معادله دینامیکی	۱۱۲
۱-۴-۳-۳- مطالعه مدل ریاضی باز و بسته کردن شیر بدون در نظر گرفتن افت بار	۱۱۴
۱-۴-۳-۴- حل معادله دیفرانسیلی باز و بسته کردن شیر بدون در نظر گرفتن افت بار	۱۱۸
۱-۴-۳-۵- مدل ریاضی بستن ناگهانی شیر با نظر گرفتن افت بار	۱۲۲
۱-۴-۳-۶- معادلات دیفرانسیلی ضربه قوچ آبی	۱۲۸
فصل سوم	۱۳۴
معادلات دیفرانسیل جزئی و حل عددی	۱۳۴

۱-۳- مقدمه	۱۳۵
۲-۳- طبقه بندی معادلات دیفرانسیل جزئی مرتبه دوم	۱۳۵
۳-۳- روش های حل معادلات دیفرانسیل جزئی	۱۳۶
۴-۳- حل عددی و خطا	۱۳۷
۱-۴-۳- منابع خطا	۱۳۷
۲-۴-۳- خطاهای داده ای	۱۳۸
۱-۴-۳- خطاهای برشی	۱۳۸
۲-۴-۳- خطاهای گرد کردن	۱۳۹
۵-۳- روش تفاضل محدود	۱۴۰
۱-۵-۳- تقریب های حاصل محدود با استفاده از بسط تیلور	۱۴۲
۶-۳- گسسته سازی معادلات دیفرانسیلی جزئی به معادلات تفاضل محدود	۱۴۷
۱-۶-۳- حل معادلات پارابولیک با روش تفاضل محدود	۱۴۹
۷-۳- روش تفاضل محدود صریح	۱۵۱
۱-۷-۳- روش تفاضل محدود صریح ساده	۱۵۱
۲-۷-۳- روش تفاضل محدود صریح دیو-فورت فاکل	۱۵۲
۸-۳- روش تفاضل محدود ضمنی	۱۵۳
۱-۸-۳- روش تفاضل محدود ضمنی ساده	۱۵۴
۲-۸-۳- روش تفاضل محدود ضمنی کرانک - نیکلسون	۱۵۵
۹-۳- معادلات پارابولیک دوبعدی	۱۵۶
۱-۹-۳- حل به روش تفاضل محدود صریح ساده	۱۵۷
۲-۹-۳- روش کرانک - نیکلسون دوبعدی	۱۵۷
۳-۹-۳- روش ADI	۱۵۸
۴-۹-۳- معادلات پارابولیک غیر خطی	۱۵۹
۱۰-۳- حل معادلات هیپربولیک با روش تفاضل محدود	۱۶۰
۱-۱۰-۳- روش های صریح	۱۶۱
۲-۱۰-۳- روش آپریند	۱۶۲

۱۰-۳-۳- روش لیپ-فراق	۱۶۳
۱۰-۳-۴- الگوی پخش لکس	۱۶۴
۱۰-۳-۵- روش لکس- وندروف	۱۶۴
۱۰-۳-۶- روش های دو مرحله ای	۱۶۴
۱۰-۳-۷- روش دو مرحله ای آپویند	۱۶۵
۱۰-۳-۸- روش مک کورمک	۱۶۵
۱۰-۳-۹- روش های ضمنی	۱۶۶
۱۰-۳-۱۰-۱- روش اولر ضمنی	۱۶۶
۱۰-۳-۱۰-۲- روش کرانک نیکلسون ضمنی	۱۶۷
۱۰-۳-۱۱- حل معادلات پنج مرتبه دو	۱۶۸
۱۰-۳-۱۱-۱- روش سریج	۱۶۸
۱۰-۳-۱۱-۲- روش ضمنی	۱۶۹
۱۰-۳-۱۲- حل معادلات بیضوی ۱ روش تفاضل محدود	۱۷۰
۱۰-۳-۱۲-۱- روش ۵ نقطه	۱۷۱
۱۰-۳-۱۲-۲- روش ۹ نقطه	۱۷۲
۱۰-۳-۱۲-۳- حل مجموعه معادلات	۱۷۴
۱۰-۳-۱۲-۴- روش فوق تمدد (SOR)	۱۷۶
۱۰-۳-۱۲-۵- شرایط همگرایی	۱۷۷
۱۰-۳-۱۳- حل عددی مجموعه معادلات دیفرانسیل	۱۷۸
تمرینات فصل سوم	۱۹۶
فصل چهارم	۲۰۵
کاربرد روش تفاضل محدود در حل مسائل هیدرولیکی	۲۰۶
۴-۱- مقدمه	۲۰۷
۴-۲- معادله لاپلاس	۲۰۷
۴-۳- معادله پواسون	۲۰۸
۴-۴- جریان غیر دائمی تدریجی از سرریز با بار متغیر	۲۳۷

۴-۵- جریان غیر دائمی با سطوح آزاد.....	۲۴۵
۴-۵-۱- روش لکس.....	۲۴۵
۴-۵-۲- انتگرال گیری از معادلات سنت ونانت و روش مشخصه.....	۲۵۶
۴-۵-۲-۱- شرایط اولیه و مرزی.....	۲۵۹
۴-۶- جریان غیر دائمی در مجاری تحت فشار.....	۲۷۰
۴-۶-۱- حل عددی پدیده قوچ آبی.....	۲۷۱
فصل پنجم.....	۲۸۳
ماتریس انتقال.....	۲۸۳
۵-۱- مقدمه.....	۲۸۵
۵-۲- ماتریس انتقال در جریان یک بعدی در لوله ها.....	۲۸۷
۵-۳- مطالعه جریان پیردانی در سفره های تحت فشار.....	۳۰۳
۵-۳-۱- معادلات جریان آب پررزمینی.....	۳۰۵
۵-۳-۲- حل معادلات سفره های تحت فشار با استفاده از روش ماتریس انتقال.....	۳۰۶
۵-۳-۳- جریان آب در سفره های تحت فشار در خاک غیر همگن.....	۳۱۶
۵-۴- کاربرد روش ماتریس انتقال در حل معادلات سنت ونانت.....	۳۱۹
۵-۴-۱- گسسته سازی معادلات با روش ماتریس انتقال.....	۳۲۰
۵-۴-۲- نتایج و بحث.....	۳۲۴
فصل ششم.....	۳۳۱
روش دیفرانسیلی کوواتراتوره (QD).....	۳۳۱
۶-۱- مقدمه.....	۳۳۳
۶-۲- روش دیفرانسیلی کوواتراتوره (QD) و ضرایب وزنی.....	۳۳۶
۶-۳- روش دویعدی دیفرانسیل کوواتراتوره توسعه یافته (GQD).....	۳۴۴
تمرینات فصل ششم.....	۳۴۶
منابع.....	۳۴۷

پیشگفتار

شاید به صراحت بتوان گفت که هدف اصلی علوم مهندسی و کاربردی تسهیل کردن زندگی انسانها باشد و عامل اصلی برای توسعه این سیستم‌ها در واقع پاسخگویی به نیازهای اساسی انسان است و این مورد اساسی باعث تحولات مثبت و فن آوری جدید در جهت پیشرفت تمدن بشری شده است.

مهندسی هیدرولیک یکی از شاخه‌های مهم علم مکانیک سیالات می‌باشد که به بررسی رفتار فیزیکی آب می‌پردازد. اهمیت مهندسی هیدرولیک در زندگی روزمره انسانها از یک طرف و سرعت رونق‌آزاد پیشرفت کامپیوترهای شخصی و امکان حل معادلات ریاضی پیچیده با روشهای عددی از سوی دیگر، اهمیت آموزش روش‌های عددی را هر چه بهتر در این شاخه از مهندسی روشن می‌نماید.

مدل‌های هیدرولیکی در دو بخش اساسی مدل‌های ریاضی و فیزیکی مورد بحث قرار می‌گیرد. هدف اصلی کتاب حاضر بررسی مدل‌های ریاضی می‌باشد. مدل‌های ریاضی در هیدرولیک در واقع بیان یک پدیده هیدرولیکی با استفاده از معادلات دیفرانسیل می‌باشد. این مدل‌های ریاضی در اکثر موارد دارای حل دقیق نبوده و نیاز به حل عددی معادلات فوق اجتناب‌ناپذیر است. با ارائه مدل‌های ریاضی در هیدرولیک، و حل آنها قادر به بررسی و تحلیل مسائل بسیار مشکل طبیعی-هیدرولیکی در محیط برنامه‌نویسی خواهیم شد.

حل معادلات پیچیده و غیر خطی حاکم بر رفتار جریان آب در شرایط گوناگون با دانش هیدرولیک محاسباتی و استفاده از کامپیوتر امروزه تا مراحل بسیار پیشرفته‌ای عملی شده است و این امر همچنان ادامه دارد. امکان حل معادلات پیچیده با روشهای عددی و شبیه‌سازی کامپیوتری اهمیت روشهای عددی و آموزش برنامه‌های کاربردی (برنامه‌های Bently Hammer, Hytran, Epanet, Fluent Flow3D, Hec-Ras و ...) را در هیدرولیک مدرن مشخص می‌سازد.

دقت شود که برنامه‌های کاربردی که برای شبیه‌سازی پدیده‌های هیدرولیکی به کار می‌روند بر اساس حل عددی و گسسته سازی معادلات به روش‌های مختلف استوار است. با یادگیری روش‌های عددی قادر خواهیم بود که طریقه حل مسائل ریاضی را که حل تحلیلی ندارند درک نمائیم. هر معادله‌ای که با آن مواجه می‌شویم با روش عددی قابل حل است. هنگامی که معادله حل تحلیلی دارد، استفاده از روش عددی آزمونی جهت درستی و دقت آن روش بوده و امکان مقایسه روش عددی با حل تحلیلی را به ما می‌دهد. با توجه به آنچه که ذکر شد، برای حل مسائل هیدرولیکی با روش عددی نیاز به اطلاعات کافی از ریاضی برنامه نویسی کامپیوتری آشکار می‌گردد.

بر این اساس سیستم‌های مهندسی هیدرولیک شامل دو مرحله اساسی است. این دو مرحله شامل ایجاد مدل ریاضی براساس پدیده‌های هیدرولیکی - فیزیکی و ارائه راه حل مناسب برای مدل ریاضی ارائه شده است. ارائه روش‌های حل تحلیلی یا عددی باید مناسب و سازگاری خوبی با شرایط واقعی داشته باشد. برای ارائه چنین راه حلی تجربه کافی، حس مهندسی در دست و کانی از پدیده هیدرولیکی و یک پس زمینه ریاضی خوب نیاز می‌باشد، بنابراین حل مدل ریاضی علاوه بر اطلاعات کافی در زمینه هیدرولیک، مستلزم اطلاعات لازم در مورد حل عددی استفاده مناسب از برنامه نویسی با حل حداقل زمانی می‌باشد.

کتاب حاضر شامل ۶ بخش بوده و فرض بر این است که خواننده کتاب اطلاعات اولیه مربوط به هیدرولیک، محاسبات عددی، معادلات دیفرانسیل و برنامه نویسی در Matlab را دارا می‌باشد. مطالب کتاب طوری تنظیم شده است که در برگیرنده تمامی بخش‌های هیدرولیک (هیدرولیک لوله، هیدرولیک جریان‌های روباز و هیدرولیک آبهای زیرزمینی) باشد.

از ویژگی‌های بارز این کتاب، سادگی بیان و ارائه قدم به قدم مطالب، حل مثالهای کاربردی و ساده و نیز استفاده از برنامه Matlab در حل مسائل مختلف می‌باشد. مؤلف سعی کرده با ارائه برنامه‌های ساده در نرم افزار Matlab اهمیت برنامه نویسی و حل عددی را در مهندسی هیدرولیک نشان دهد. در تالیف این کتاب از منابع مختلف داخلی و خارجی استفاده گردیده است که بعضی از آنها حاصل کار مؤلف و ارائه آنها بصورت مقاله در مجامع علمی معتبر، همچنین حاصل تدریس چندین ساله این درس می‌باشد. با

توجه به کاربردی بودن، این کتاب می‌تواند مورد استفاده دانشجویان دوره‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترای رشته‌های عمران، سازه‌های هیدرولیکی، مهندسی آب، محیط زیست و مکانیک قرار گیرد. امید است که صاحب نظران با راهنمایی‌های خود در رفع نواقص آن، ما را یاری نمایند.

در پایان بر خود وظیفه می‌دانم از زحمات انتشارات دانشگاه مراغه و تمامی عزیزانی که بنده را یاری نمودند، تشکر و قدردانی نمایم.

دکتر رسول دانشفراز

دانشیار گروه مهندسی عمران دانشگاه مراغه

www.ketab.ir