

مقدمه ای بر

مدل های ریاضی آب های زیرزمینی

الیف :

Mary P. Anderson Herbert F. Wang

Wisconsin, Madison

ترجمه و تالیف :

دکتر محمدعلی داره

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

سرشناسه: آندرسن، مری

Anderson, Mary P

عنوان و نام پدیدآور: مقدمه‌ای بر مدل‌های ریاضی آب‌های زیر زمینی

مشخصات نشر: مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی (مراغه)، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری: ۲۶۸ ص: مصور

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۳۰۰۴-۱

وضعیت فهرست نویسی: فبیای مختصر

یادداشت: فهرست نویسی کامل این اثر در نشانی: <http://opac.nlai.ir> قابل دسترسی است

یادداشت: عنوان اصلی: Introduction to Mathematical Models of groundwater

شناسه افزوده: فان، هربرت فان، ۱۹۴۶-م

Wang, Herbert Fan شناسه افزوده:

شناسه افزوده: داره، محمدعلی، ۱۳۲۸-، مترجم

شناسه افزوده: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه

شناسه افزوده: Islamic azad university, Maragheh Branch

شماره کتابشناسی ملی: ۲۸۷۴۱۳۳



نام کتاب: مقدمه‌ای بر مدل‌های ریاضی آب‌های زیر زمینی

مؤلفان: Mary P. Andersns و Herbert F. Wang

مترجم: محمد علی داره

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۹۴

تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

طرح روی جلد: فرید حاتمی

محل نشر: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۳۰۰۴-۱

قیمت: ۱۵۰۰۰ ریال

مرکز پخش: حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه - تلفن: ۰۴۱۳۷۴۵۴۵۵۰ و ۰۴۱۰۴۱۳۷۴۵۲۵۹۴

کلیه حقوق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است

فهرست مطالب

۱.....	پیشگفتار
۳.....	دیاچه
فصل ۱ : مقدمه	
۵.....	۱-۱ مدلها
۶.....	انواع مدل های آب زیرزمینی
۱۱.....	۱-۲ فیزیک جریان آب زیرزمینی
۱۱.....	قانون دارسی
۱۳.....	پتانسیل نیروی Hubert
۱۶.....	قانون دارسی در سدهای
۱۷.....	معادله پیوستگی برای جریان حالت پایدار
۲۰.....	۱-۳ معادله لاپلاس
۲۱.....	شرایط مرزی
۲۱.....	۱-۴ سیستم مجریان آب زیرزمینی ناحیه ای
۲۵.....	یادداشت ها و منابع برای مطالعه بیشتر
فصل ۲ : تفاضل های محدود - جریان حالت پایدار (معادله لاپلاس)	
۲۷.....	۲-۱ مقدمه
۲۹.....	۲-۲ تفاضل ها برای مشتقات
۲۹.....	شرح تفاضل محدود معادله ی لاپلاس
۳۲.....	مثالی از شرایط مرزی Dirichlet: ناحیه ی نزدیک یک چاه
۳۴.....	۲-۳ روشهای تکرار
۳۵.....	تکرار ژاکوبی
۳۶.....	تکرار گوسسایدل
۳۷.....	Successive Over Relaxation (SOR) و یا
۴۱.....	۲-۴ برنامه کامپیوتری گوسسایدل

۴۴..... ۵-۲ شرایط مرزی

۴۹..... یادداشت‌ها و منابع برای مطالعه‌ی بیشتر

۵۱..... مسائل

فصل ۳: تفاضل‌های محدود: جریان پایدار (معادله پواسون)

۵۳..... ۱-۳ مقدمه

۵۴..... ۲-۳ معادله پواسون

۵۵..... ۳-۳ تغذیه جزیره

۵۷..... ۴-۳ مدل‌های تفاضل محدود

۵۷..... تغذیه جزیره

۵۹..... افت چاه (اکسپوزانت)

۶۶..... ۵-۳ اکسپوزانت با فرضیات دوپونی

۶۸..... تراوش از یک سد

۷۳..... افت چاه (اکسپوزانت)

۷۷..... اعتبار یک روش عددی

۷۸..... یادداشت‌ها و منابع برای مطالعه‌ی بیشتر

۷۹..... مسائل

فصل ۴: تفاضل‌های محدود: جریان ناپایدار

۸۲..... ۱-۴ معادله جریان ناپایدار

۸۴..... ۲-۴ تقریب صریح تفاضل محدود

۸۶..... اعتبار روش حل صریح

۸۷..... پاسخ اکسپوزانت به تغییر ناگهانی از لحاظ سطح مخزن

۹۳..... ۳-۴ تقریب غیر صریح تفاضل محدود

۹۸..... افت چاه (مسئله Theis)

۱۰۶..... ۴-۴ اکسپوزانت با فرضیات دوپونی

۱۰۷..... تقریب صریح

۱۰۸..... تقریب غیر صریح

۱۰۸..... مسائل

فصل ۵: سایر روشهای حل

- ۱-۵ مقدمه ۱۱۵
- ۲-۵ نماد ماتریسی و یا نوشتن معادلات به شکل ماتریس ۱۱۶
- ۳-۵ ماتریس های سه قطری ۱۱۷
- الگوریتم توماس ۱۱۹
- حل مستقیم مسئله مخزن ۱۲۲
- ۴-۵ روش مستقیم غیر صریح متناوب (ADI) ۱۲۶
- تکرار ADI ۱۳۱
- ۵-۵ مدل های Trescott-Pinder-Larson و Lonnquist-Prickett ۱۳۲
- داده های ورودی ۱۳۴
- ۶-۵ واسنجی و صحت سنجی ۱۳۵
- صحت سنجی تحلیلی ۱۳۶
- یادداشت ها و منابع برای مطالعه بیشتر ۱۳۷
- مسائل ۱۳۹

فصل ۶: عناصر محدود: جریان حالت پایدار

- ۱-۶ مقدمه ۱۴۱
- ۲-۶ روش گالرکین ۱۴۲
- انتگرال گیری به وسیله اجزاء ۱۴۵
- ۳-۶ عناصر مثلثی ۱۴۶
- شبکه عنصر محدود ۱۴۶
- نمونه ای از یک عنصر مثلثی ۱۴۸
- ۴-۶ جمع ماتریس هادی ۱۵۱
- ماتریس هادی عنصر ۱۵۲
- ماتریس هادی گسی ۱۵۴
- ۵-۶ شرایط مرزی ۱۵۶
- جریان تخصیص یافته ۱۵۷
- ارزاق تخصیص یافته ۱۵۸

۱۵۹	۶-۶ برنامه کامپیوتری عناصر محدود
۱۶۰	تخصیص گره (خطوط ۶ تا ۲۱)
۱۶۰	ماتریس هادی کلی (خطوط ۲۳ تا ۵۰)
۱۶۲	حل تکراری معادلات (خطوط ۵۲ تا ۷۳)
۱۶۳	۶-۷ مثال نزدیک چاه
۱۶۴	سیکه نامنظم
۱۶۹	۶-۸ تراوش از یک سد
۱۷۱	روش تکرار خ سازه‌گر
۱۷۲	برنامه کامپیوتر
۱۷۷	۶-۹ معادله پواسن
۱۷۹	برنامه کامپیوتری
۱۸۰	یادداشت‌ها و منابع برای مطالعه بیشتر
۱۸۱	مسائل
	فصل ۷: عناصر محدود: جریان نابیدار
۱۸۶	۷-۱ مقدمه
۱۸۷	۷-۲ روش گالرکین
۱۸۷	حل از صفر
۱۸۷	باقیمانده وزن دار شده
۱۸۸	انتگرال گیری بوسیله اجزاء
۱۸۸	۷-۳ عناصر مستطیلی
۱۹۱	مختصات موضعی و کلی
۱۹۱	قطعه‌ای عناصر
۱۹۲	۷-۴ تجميع معادله‌ی دیفرانسیل ماتریسی
۱۹۳	ماتریس‌های عنصر
۱۹۴	تربیع گوسی
۱۹۶	ماتریس‌های کلی
۱۹۶	ارتباط مرزی

۱۹۷	۷-۵ حل معادله دیفرانسیل ماتریسی
۱۹۸	۷-۶ برنامه کامپیوتری برای مسئله مخزن
۲۰۱	ماتریس های هادی کلی و ذخیره و ذخیره (خطوط ۳۰ تا ۷۱)
۲۰۲	پله بندی کردن زمان (خطوط ۷۳ تا ۱۱۴)
۲۰۶	یادداشت ها و منابع برای مطالعه ی بیشتر
۲۰۷	مسائل

فصل ۸: فصل حمل Advection-Dispersive

۲۱۰	۸-۱ مقدمه
۲۱۲	۸-۲ پخش
۲۱۴	جریان پخش شونده و یا Dispersive
۲۱۵	ضریب پخش (میدان، میان یک ناحیه)
۲۱۶	قابلیت پخش شونده ی Dispersivity
۲۱۶	ضریب پخش و یا ضریب پراکندگی میدان در این امر یکنواخت)
۲۱۹	۸-۳ معادله ماده حمل شونده و یا محلول
۲۲۱	منابع تغذیه و تخلیه و واکنش های شیمیایی
۲۲۲	حل معادله ی حاکم
۲۲۳	۸-۴ مثال عنصر محدود: پخش ماده ی محلول در میدان جریان غیر یکنواخت
۲۲۵	تئوری عنصر محدود
۲۲۸	برنامه کامپیوتری عنصر محدود
۲۳۶	یادداشت ها و منابع برای مطالعه ی بیشتر
۲۳۸	مسائل

ضمیمه A: ناهمسانی و تانسورها

۲۳۹	ملاحظات پایانی
۲۴۲	۸-۱ مقدمه
۲۴۲	۸-۲ تانسور قابلیت هدایت هیدرولیکی
۲۴۵	۸-۳ دوران سیستم مختصات

ضمیمه B : روش تغییری

۲۴۸.....B-۱ مقدمه

۲۴۸.....B-۲ اصل اتلاف حداقل

۲۵۰.....B-۳ عناصر محدود

ضمیمه C : عناصر چهار ضلعی ایزو بارامتریک

۲۵۲.....C-۱ مقدمه

۲۵۳.....C-۲ تبدیل مختصات

۲۵۴.....C-۳ حل آزمون عناصر

۲۵۵.....C-۴ تبدیل انرژی ها

۲۵۸.....C-۵ تغییر برنامه کامپیوتر

ضمیمه D : آنالوژی ها

۲۶۰.....D-۱ مقدمه

۲۶۱.....D-۲ آنالوژی با تشابه الکتریکی

۲۶۳.....D-۳ تشابه جریان گرما

۲۶۵.....D-۴ تشابه مکانیک ساختمانی

۲۶۸.....فهرست معانی و علائم

۲۷۰.....منابع

پیش گفتار

در طی چندین سال گذشته که اینجانب تدریس درس مدل های ریاضی آب زیرزمینی را به عهده داشته ام مرا بر آن داشت که کتاب درسی تحت عنوان مقدمه ای بر مدل های ریاضی آب های زیرزمینی، تألیف شده بوسیله آقای Herbert F. Wang و خانم Mary P. Andersons از اساتید دانشگاه Wisconsin, Madison آمریکا را ترجمه نمایم. البته این کتاب درسی صرفاً یک ترجمه نمی باشد بلکه نه تنها معادلات ریاضی سراسر این کتاب در صورت لزوم اثبات شده اند تا خواننده محترم با چگونگی بدست آمدن این معادلات آشنا باشد و هیچگونه ابهامی در یادگیری مطالب ریاضی در ذهن خواننده وجود نداشته باشد بلکه کلیه برنامه های کامپیوتری موجود در این کتاب درسی که همگی به زبان برنامه نویسی فرترن نوشته شده اند بوسیله اینجانب به زبان برنامه نویسی Q Basic ترجمه شده و عین برنامه های ترجمه شده در این کتاب درسی گنجانده شده اند. هر چند که نرم افزارهای مختلفی از قبیل Grwin, P. M. win, Visual Modflow و غیره در زمینه حل مسائل آبهای زیرزمینی ارائه شده اند، لیکن مطالب کتاب حاضر پایه و اساس تهیه این نرم افزارها و نرم افزارهای فوق الذکر می باشد.

در این کتاب به روش های تفاضل محدود و عناصر محدود، در شرایط مرزی مختلف ولی آسان برای یاد گرفتن به حل مسائل آبهای زیرزمینی در حالت جریان ماندگار و غیرماندگار پرداخته شده است.

مطالب این کتاب برای دانشجویان در کارشناسی ارشد رشته آب شناسی و کارشناسان امور مطالعات آب های زیرزمینی و ادارات حفاظت منابع آب زیرزمینی سازمان های آب منطقه ای کشور که به نحوی با تهیه کردن مدل های آب زیرزمینی سروکار دارند مفید می باشد.

همانطوریکه گفته شد برنامه های کامپیوتری به دو زبان برنامه نویسی فرترن و Q Basic میباشند و هدف از ترجمه زبان برنامه نویسی فرترن به Q Basic این بوده است تا دانشجویان و یا کاربرانی که به زبان برنامه نویسی Q Basic آشنائی دارند نیز بتوانند از مطالب آن استفاده بکنند. این ویژگی و نیز اثبات بعضی از فرمول های ریاضی که در متن کتاب آمده اند،

تا هیچگونه ابهامی در مورد چگونگی بدست آمدن فرمول ریاضی در ذهن خواننده وجود نداشته باشد، این کتاب درسی ترجمه شده را از متن اصلی متمایز میسازد. معنی بعضی از اصطلاحات علمی به صورت پاورقی آمده است تا این موضوع نیز به درک و فهم موضوع کمک نماید.

لازم به توضیح است که اینجانب با درجه دکتری در رشته هیدروژئولوژی از سازمان آب منطقه ای آذربایجان شرقی در اردیبهشت ماه ۱۳۸۲ بازنشسته شده ام. تعیین محل حفر چاه های عمیق و نیمه عمیق جهت تامین آب شرب و کشاورزی و صنعت در سطح شهرها و روستاهای این استان و نیز بررسی گزارشات مهندسیین مشاور در زمینه مطالعات آب های زیرزمینی و ژئوفیزیک و سرپرستی بعضی از پروژه های تحقیقاتی در زمینه منابع آب زیرزمینی از وظایف من بوده اند. ترجمه و ارائه این کتاب درسی نیز در راستای خدمات قبلی اینجانب و کمک به اعتلای دانش فنی دانشجویان و کاربران محترم میباشد و از خداوند بزرگ سپاسگزارم که اینجانب را در این امر مهم یاری نموده است.

این امکان وجود دارد که این کتاب دارای اشتباهات تایپی و یا احیاناً علمی باشد، از خوانندگان محترم بسیار سپاسگزار خواهم بود که مراتب را به اینجانب اطلاع دهند تا در چاپ های بعدی مورد بررسی و اصلاح قرار بگیرند.

دکتر محمد علی داره

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

دیباچه

مدل های ریاضی جریان آب زیرزمینی از اواخر سال ۱۸۰۰ بکار برده شده اند. یک مدل ریاضی از مجموعه ای از معادلات دیفرانسیل تشکیل میشود که این معادلات بر جریان آب زیر زمینی حاکم میباشند. قابلیت اعتبار پیش بینی های به عمل آمده از یک مدل آب زیرزمینی به این بستگی دارد که مدل چگونه وضعیت صحرایی را خوب تقریب میکند. فرضیات ساده کننده بایستی برای ساختن یک مدل در نظر گرفته شوند زیرا وضعیت صحرایی برای اینکه بطور دقیق نظیر ساز شود بسیار پیچیده میباشد.

معمولا، فرضیات لازم ای حل یک مدل ریاضی به طور تحلیلی نسبتا محدود کننده میباشد. مثلا، بسیاری از روش های تحلیلی نیاز دارند که محیط همگن و همسان باشد. برای بحث در مورد وضعیت های بسیار واقع بنانه معمولا لازم است که مدل ریاضی را به طور تقریبی با بکار بردن فنون عددی حل کنیم. از سال ۱۹۶۰ به این طرف که کامپیوترهای رقمی با سرعت بالا بطور وسیع در دسترس قرار گرفته اند، مدل های عددی نوع مطلوب مدل برای بررسی آب زیرزمینی بوده اند.

موضوع این کتاب عبارت از استفاده از مدل های عددی برای نظیر سازی جریان آب زیرزمینی و انتقال آلاینده میباشد.

این کتاب یک مقدمه ی بنیادی و عملی را در مورد نحوه نفاذ محدود و عناصر محدود ارائه میدهد. هدف ما عبارت از قادر ساختن خوانندگان برای حل مسائل آب زیرزمینی بوسیله کامپیوترهای رقمی است، و هر مبحث با هدف انتقال دادن یک بهم کامل در مورد مراحل توسعه داده میشود که این مراحل به برنامه های کوتاه کامپیوتری منتهی که به عنوان قسمتی از متن درس گنجانیده شده اند، منجر میگردد. این برنامه ها با استفاده از کامپیوتر که نرم افزار زبان برنامه نویسی FORTRAN در آن نصب شده باشد، اجرا کرد.

چند تا از این برنامه ها به عنوان مثال به شکل های مختلف در سراسر این کتاب برای نشان دادن روش ها و فرضیات مختلف ظاهر میشوند. مسائل در پایان فصول جهت تقویت کردن اصول ارائه شده در متن کتاب طرح میشوند.

این کتاب ۵ مبحث بزرگ را پوشش میدهد. در فصل یک بعضی از اصول بنیادی جریان آب زیرزمینی را مرور می کنیم. در فصول ۲ و ۳ مقدمه ای را برای روش تفاضل محدود که برای مسائل حالت پایدار بکار برده میشود ارائه میدهیم. روش ما عبارتست از ارائه کاربرد های

انتخاب شده است که برای این کاربردها روش های عددی باروشهای تحلیلی مقایسه میشوند . این روش ها برای صحت سنجی روش عددی بکار برده میشوند .

همینکه ما در مورد فن روش عددی اطمینان حاصل کردیم ، مدل عددی را میتوان برای حل مسائلی که برای آن ها هیچگونه روش های تحلیلی وجود ندارند ، بکار برد .

در فصول ۴ و ۵ روش تفاضلهای محدود برای مسائل ناپایدار بکار برده میشوند ، معادلات حاکم بکار رفته در فصول ۱ تا ۵ در صورت نیاز حل میشوند . فصول ۶ و ۷ شامل یک مقدمه برای روش عناصر محدود است که به ترتیب برای مسائل حالت پایدار و ناپایدار بکار برده میشوند . بالاخره فصل ۸ شامل یک بحث در مورد انتقال الاینده است . ما معادله انتقال الاینده را که حاکم بر حرکت الاینده ها در یک سیستم آب زیرزمینی است ، حل میکنیم و روش عنصر محدود را برای حل مسئله نمونه بکار می بریم .

موضوع درس درجاء در فصول بعدی کتاب مشکل تر میشود و خوانندگان بایستی دقت بیشتری را در مورد درک موضوع درس در فصول ۴ و ۵ در مقایسه با فصول ۱ و ۳ مبذول دارند . مشابه موضوع درس در فصول ۶ تا ۸ ذاتا بسیار مشکل تر از فصول قبلی میباشد .

کتاب ما میتواند به عنوان اولین مقدمه برای خوانندگانی باشد که به سوی کار پیشرفته در مورد تهیه مدل ریاضی عددی سیستم های آب زیرزمینی روی می آورند و یا این کتاب میتواند به عنوان یک دوره کامل برای خوانندگانی که در رابطه با آب های زیرزمینی کار می کنند و به یک فهم اساسی در مورد مفاهیم تهیه مدل نیاز دارند ، خدمت نماید . حساب انتگرال و دیفرانسیل (Calculus) ، فیزیک ، برنامه نویسی با زبان فورتن و یک مقدمه مختصر در مورد ماتریس از پیش نیازهای لازم میباشد .

این کتاب را میتوان در یک ترم در سطح کارشناسی و یا کارشناس ارشد در رشته های زمین شناسی و مهندسی بکار برد . این کتاب همچنین میتواند مکمل بسیاری از دوره های عمومی در هیدروژئولوژی و یا مکانیک سیالات باشد . این کتاب هم چنین میتواند برای مهندسیین حرفه ای و زمین شناسانی که علاقمند به یک مقدمه در مورد تهیه مدل آب زیرزمینی هستند قابل خواندن و مفید باشد ، خصوصا اگر آنها به یک کامپیوتر دسترسی داشته باشند از Irwin Remson که چندین شرح از کل نسخه ی خطی را به طور انتقادی بررسی کرده اند و از Jey Lehr ، Evelyn Roeloffs و Debu Majundar که پیشنهادهای مفیدی ارائه نموده اند به طور مخصوص تشکرمی کنیم . هم چنین از بسیاری از دانشجویان که در مورد فصول اول کتاب اظهار نظر نموده اند سپاسگزاریم .