



شرکت
مهندسين مشاور سکو
تحقيقات، طرح، نظارت

مدل سازی

آب و محیط زیست

(کنترل سيل، تامین آب، مدیریت آب زیرزمینی)

حوضه‌های شهری و روستایی

تالیف:

فرهاد دلیری

مدرس دوره‌های تخصصی دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی آب و محیط زیست

و

حسن سید سراجی

عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی آب و محیط زیست

۱۳۹۳ - چاپ اول

سرشناسه	:	دلیری، فرهاد، ۱۳۵۴ -
عنوان و نام پدیدآور	:	مدلسازی آب و محیط زیست (کنترل سیل، تامین آب، مدیریت آب زیرزمینی) حوضه‌های شهری و روستایی/ تالیف فرهاد دلیری، حسن سیدسراجی تهران: مکت نظر، ۱۳۹۳.
مشخصات نشر	:	۶۱۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.
مشخصات ظاهری	:	۳۰۰۰۰۰ ریال: ۵-۲۱-۶۹۲۳-۶۰۰-۹۷۸
شابک	:	فیبا
وضعیت فهرست نویسی	:	
یادداشت	:	کتاب حاضر با حمایت مالی شرکت مهندسیین مشاور سگو منتشر شده است.
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	آب -- مهندسی
موضوع	:	آب، منابع -- مدیریت
موضوع	:	آب‌های زیرزمینی -- مدیریت
شناسه افزوده	:	سید سراجی، حسن، ۱۳۳۳ -
شناسه افزوده	:	شرکت مهندسیین مشاور سگو
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۳/۴م ۱۲۹۳۷۳۱۲۵
رده بندی دیویی	:	۶۳۷
شماره کتابشناسی ملی	:	۲۶۳۴۴۸۵



نشانی: خیابان وصال شیرازی، خیابان ایتالیا، پلاک ۲۷ / تلفن: ۳-۸۸۹۸۹۱۵۰

E: www.iranmaxgroup.org



مدلسازی آب و محیط زیست (کنترل سیل، تامین آب، مدیریت آب زیرزمینی)

مولفان: فرهاد دلیری / حسن سیدسراجی

ویراستار و صفحه‌بند: منیژه شیرمحمدی

طراح جلد: زهرا خسروی

نوبت چاپ: نخست، ۱۳۹۳

ناشر: مکت نظر

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: 5 - 21 - 6923 - 600 - 978

تلفن سفارش: ۰۹۳۸۵۰۶۰۰۴۸

بها: ۳۰۰۰۰ تومان

شرح حال مولفان

"این کتاب

به کسانی تقدیم می‌شود که هدف آنها مدیریت آب و زمین است"

فرهاد دلیری

تخصص: هیدرولوژی

تجارب کاری و تحقیقاتی از ۱۳۸۰: مدل‌سازی جریان و آلودگی آب زیرزمینی، مدل‌سازی سیل، برنامه‌ریزی آب، پیش‌بینی و کنترل سیل، هیدرولیک سیل و رواناب شهری، هیدرولوژی اسفوکسینیک، برنامه‌ریزی سیستمی در طراحی مخازن سد و مدیریت منابع آبخیز، تصمیم‌گیری چند معیاره، ردیابی، آزمایش همباز، تغییر اقلیم و خشکسالی، تامین آب غیرمتعارف، مهندسی رودخانه، تصفیه طبیعی فاضلاب، نظارت بر اجراء واسنجی بیلان، هواشناسی، کیفیت آب، رسوب سد و حوضه، ذوب برف، GIS, RS.

بیوگرافی

ایشان از سال ۱۳۸۰ به عنوان کارشناس منابع آب و GIS, RS کار در شرکت ویرجیوم، مدیر پروژه در شرکت وزنا (۱۳۸۶)، و سپس در شرکت مهتاب قدس (وابسته به وزارت نیرو) به عنوان هیدرولوژیست، کارشناس نمونه و عضو کمیته فنی بخش رودخانه و پیگره‌های آبی تا سال ۱۳۸۹ فعالیت نموده‌اند. در این مدت بیش از ۵۰ گزارش در مشاوره، تألیف کتاب حاضر و چندین مقاله ISI تا نوآوری تألیف نموده‌اند. در این خصوص روش ابتدائی شماره منحنی دلیری در محاسبه سیلاب (۱۳۸۱) در مجله Desert با نمایه ISI، ارائه روش ابتدائی MITUDRN در هیدرولوژی اسفوکسینیک در طراحی حجم ترمال مخازن سد و مطالعه خشکسالی‌ها در سال ۱۳۸۸ در مجله با نمایه SID، ارائه روش ابتدائی معیارسازی دلیری جهت تصمیم‌گیری چند معیاره نیمه‌فازی در مدیریت منابع آب (۱۳۹۲) در مجله Desert با نمایه ISI، ارائه نخستین تعریف سیستمی از مدیریت آبخیز سدها و حوضه‌های شهری (۱۳۸۸) در دنیا و مجلات CAB International و دانشگاه تهران بر اساس مفهوم مهندسی هیدروسینم‌ها، توسعه مفاهیم جدید روش‌شناسی محاسبه بیلان و برداشت مجاز از آب‌های زیرزمینی بر اساس مولفه ابهام و IWRM در دنیا در کتاب حاضر، توسعه مفاهیم و روش‌شناسی محاسبه زمان تمرکز و کنترل سیلاب بر اساس مفاهیم مهندسی زمان تمرکز و آبخیزداری در کتاب حاضر، توسعه مفاهیم محاسبه دبی سیل در مناطق خاص در کتاب حاضر و برخی مجلات داخلی، توسعه مفاهیم واسنجی مولفه‌های بیلان در کتاب حاضر، اصلاح تجربی اثر ذوب برف در مدل HEC-HMS در مجله با نمایه SID و کنفرانس بین‌المللی با حضور دانشگاه Exeter امریکا (۱۳۸۸). و چندین نوآوری دیگر از ایشان قابل ذکر است. ایشان از سال ۱۳۸۶ هم‌زمان به عنوان مدرس دانشگاه علمی کاربردی مشغول به تدریس هیدرولیک، آب زیرزمینی و آب سطحی در گروه عمران آب و فاضلاب بوده و همچنین از سال ۱۳۹۰ در دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی به عنوان مربی دوره‌های تخصصی آب و محیط زیست آب منطقه‌ای‌ها و سایر سازمان‌های مرتبط کشور تدریس کرده‌اند. همچنین هم‌زمان، از سال ۱۳۸۹ در دفتر ارتباط با صنعت واحد سنجش آزمایشگاهی دانشگاه صنعتی شریف به عنوان مدیر بخش آب و مشاور و داور مهندسی مشاور، دانشگاه و سازمان‌ها در تهیه دستورالعمل‌ها، بررسی گزارش و ... مشغول بوده و از سال ۱۳۹۲ به عنوان مدیر بخش آب و محیط زیست مشاور معمار و شهرساز آداک و از ۱۳۹۳ به عنوان ناظر فنی در تیم نظارت غالبه پروژه اجرایی سد و نیروگاه رودبار لرستان در شرکت مهندسین مشاور سکو مشغول هستند.

سوابق تحصیلی

MSc (۱۳۸۵-۱۳۸۳) مهندسی مدیریت آبخیز، تهران، "برنامه‌ریزی و طراحی تلفیقی مخازن سد" (مدیریت و تامین نیازها، آب زیرزمینی، هیدرولیک سیل و آلودگی با برنامه‌نویسی)

BSc (۱۳۷۶-۸۰) مهندسی مدیریت آبخیز، دانشگاه تهران، "هیدرولوژی آب‌سنگینی" (محاسبات سیل، ردیابی و خط‌کش Rod در نهر)

حسن سید سراجی

تخصص: ۱- سبک، رولیک، ۲- مهندسی آب، ۳- آبیاری و زهکشی، ۴- ارزیابی زیست محیطی طرح‌های مهندسی منابع آب و ۵- رودخانه

چندین مقاله در ژورنال‌های علمی پژوهشی، ISI و کنفرانس‌های خارجی و داخلی

سوابق تحصیلی

دکتری مهندسی (Ph.D.) مکانیک سیالات از دانشگاه کان فرانسه، رفتارهای هیدرودینامیکی عملیات رسوب زدانی سدها.

MSc زمین‌شناسی مهندسی از دانشگاه پاریس ۷، بررسی پایداری خاک‌های آلی کناره‌های در بای خزر.

BSc مهندسی آبیاری و آبادانی از دانشگاه تبریز.

بیوگرافی

- عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی از ۱۳۶۸ و بسیاری از دانشگاه‌های دولتی و آزاد از ۱۳۷۰ تا زمان حاضر
- کارشناس سدها سازی در سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و سازمان برنامه و بودجه بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۶۸
- ارائه خدمات مشاوره‌ای در شرکت‌های مهندسی مشاور از ۱۳۶۶ تا حال
- مشاور طرح‌های تخصصی و مطالعاتی رسته منابع آب وزارت نیرو، همایش‌های تخصصی و عضو هیأت تحریریه مجله سامانه منابع آب ایران از سال ۱۳۹۲

"این کتاب با حمایت شرکت مهندسین مشاور سکو چاپ شده است."

پیشگفتار

اهداف: تمرکز کتاب حاضر بر دانش مهندسی هیدرولوژی شامل شیبه سازی توزیعی (هیدرولیکی)، شیبه سازی سیستمی (گرده ای، تجربی و...) و برنامه ریزی کمی-کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی (بهینه سازی) در مدیریت حوضه های شهری و منابع طبیعی است. لذا این کتاب برای دانشجویان لیسانس و دوره های تکمیلی عمران آب و هیدرولوژیست های رشته آبخیزداری که درگیر مسائل کمی-کیفی آب زیرزمینی، جریان سیل، رواناب آلوده و تامین آب در سطح مطالعه و اجرا هستند با هدف ارائه مطالب کاربردی و تئوری به عنوان یک مرجع تحقیقاتی-اجرایی تدوین شده است. در این کتاب ضمن توجه به مسائل کاربردی و تئوری، به جزئیات و روش های تکرار شده در کتب هیدرولوژی عمومی مراجع داخلی و خارجی تا حد امکان پرداخته نشده است. در این خصوص، با توجه به وجود نرم افزارهای مختلف جهت حل بسیاری از مسائل ذکر شده، عمده تمرکز خود را در جهت ارتقاء مهارت ها، سطح شناختی و درک کارشناسان از فرآیندهای درگیر هیدرولوژیکی و ارتباط مولفه های خرد تا کلان سیستم در به کارگیری اجرای مدل های کامپیوتری، درک مسائل و همچنین تفسیر نتایج جهت برنامه ریزی سیستم، معطوف نموده است. با توجه به این که تشریح تمام روش ها و شرایط مختلف در یک کتاب امکان پذیر نیست سعی شد تا چارچوب مطالب به نحوی ارائه گردد که پس از مطالعه متن کتاب و مثال ها، خواننده بتواند با مراجعه به منابع معرفی شده سایر نیازهای خود را بر طرف نماید.

پیش نیاز: بر اساس تجربه نویسندگان کتاب حاضر، نیاز است تا جهت درک عمیق و توسعه علم هیدرولوژی خواننده پس از گذراندن یک دوره ۳ واحدی هیدرولوژی عمومی یا دو علم اصلی هیدرولوژی یعنی هیدرولیک (تا حد بالا) و ریاضی (حساب دیفرانسیل و جبر ماتریسی، فازی، CFD، آمار-ریاضیات گسسته و ترکیباتی) و سایر علوم وابسته فرعی مانند متورولوژی، فیزیولوژی گیاهی، اکولوژی و اکوسیستم، مکانیک سیالات، کامپیوتر و برنامه نویسی، شیمی آب و محیط زیست، بیولوژی، علوم خاک، مکانیک مواد قابل انعطاف (مقاومت مصالح)، مکانیک جامدات شامل دینامیک (سینماتیک و استاتیک) و استاتیک، اقتصاد و حقوق در منابع طبیعی بر حسب مورد تا حد کافی اطلاع داشته باشد.

فصل بندی: این کتاب شامل ۳ مبحث مجزا در زمینه مدل سازی آب (سیل، خشکسالی و آب زیرزمینی) در ۲ بخش آب سطحی و آب زیرزمینی و اندرکش آب-خاک و محیط به همراه مثال های متنوع است. در هر مبحث ۳ موضوع مطالعات پایه، مدل سازی و مدیریت هیدروسستم تشریح شده است. بخش اول ۴ فصل دارد که شامل آنالیز و مدیریت مولفه حد بالا و پایین رواناب، آنالیز آمار ترکیبی سیلاب برقی، تاثیر رسوب بر دبی و تراز سیل، مدل سازی و روندیابی سیلاب با حل عددی و تحلیلی، سیل آلوده، کنترل سیل، تخفیف خشکسالی و معرفی مدل های مربوطه است. بخش دوم شامل ۲ فصل بوده که موضوعات پایه تا پیشرفته آب زیرزمینی، اصول انتقال آلاینده در بدنه آب و محیط زیست (رودخانه، دریاچه، خاک، قون و فلور)، مدل سازی عددی جریان و آلودگی آب های زیرزمینی را در بر می گیرد. انتقادات را به آدرس fm_daliri@yahoo.com و mhseraji@pwut.ac.ir ارسال فرمایید. بدین ترتیب از استاد عالی قدر اینجانب در دوران تحصیل دانشگاه تهران جناب پرفسور محمد مهدوی، داوران محترم گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه تهران آقای دکتر غلامرضا زهتانیان و دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی آقای دکتر سعید علی محمدی و در آخر از آقای مهندس امیرحسین دهقانی پور دانشگاه صنعتی شریف که زحمت آماده سازی کتاب را به عهده گرفتند، تشکر می شود.

فرهاد دلیری

حسن سیدسواجی

(چاپ اول ۱۳۹۳)

فهرست مطالب

فصل ۱: مطالعات پایه سیل	۱۳
۱-۱- انواع سیلاب و خصوصیات آن	۱۳
۲-۱- مرز هیدروسیستم	۲۳
۳-۱- مکانیک هیدروسیستم	۲۸
۱-۳-۱- تئوری انتقال رینولدز	۳۱
۴-۱- برآورد رگبار طرح	۳۵
۱-۴-۱- ثبت آمار رگبار- سیلاب	۳۵
۲-۴-۱- رگبار طراحی (Design Storm)	۳۷
۳-۴-۱- عمق رگبار طرح	۳۷
۴-۴-۱- توزیع مکانی رگبار (DAD_T)	۳۸
۵-۴-۱- منحنی های شدت-مدت-خراوانی (IDF)	۳۹
۶-۴-۱- مدل طوفان و حداکثر بارش محتمل - PMP_T	۴۰
۷-۴-۱- توزیع زمانی رگبار (TDP)	۴۸
۵-۱- مبانی برآورد سیلاب طرح	۵۰
۱-۵-۱- دبی طرح هیدرولوژیکی	۵۰
۲-۵-۱- تلفات هیدرولوژیکی و اجزاء رواناب	۵۶
۳-۵-۱- روش های محاسبه سیلاب در مناطق غیر ساحلی	۶۰
۶-۱- مبانی روندیابی موج سیل	۸۴
۱-۶-۱- اصول روندیابی موج سیل - سیستم مخزن و رودخانه	۸۶
۲-۶-۱- سیلاب های ساحلی	۹۶
۷-۱- مبانی محاسبات سیلاب آلوده و رسوب سیل	۹۹
۸-۱- تمرین	۱۰۳
۹-۱- مراجع	۱۰۴
فصل ۲: مدل سازی سیلاب	۱۰۷
۱-۲- طبقه بندی مدل ها	۱۰۷
۲-۲- عملگر سیستم خطی و غیر خطی	۱۰۹
۱-۲-۲- معیارهای خطی بودن سیستم های هیدرولوژیکی	۱۱۰
۳-۲- مشخصه های زمانی سیستم	۱۱۲
۱-۳-۲- هیدرولیک جریان کانالی و جریان روزمینی	۱۱۲
۲-۳-۲- زمان پیمایش	۱۱۹

۱۳۱	۴-۲- مدل عمومی سیستم هیدرولوژیکی گرده ای
۱۳۳	۴-۲-۱- تابع پاسخ سیستم خطی از هیدروگراف واحد (UH)
۱۳۸	۴-۲-۲- تابع پاسخ سیستم خطی از هیدروگراف واحد لحظه‌ای (IUH)
۱۴۶	۵-۲- معادلات پایه روندیابی گرده‌ای سیل
۱۵۰	۵-۲-۱- روندیابی با روش عددی رانگ کوتا در مخ ازن
۱۵۳	۵-۲-۲- روندیابی در رودخانه‌های با تلفات نفوذ
۱۵۴	۶-۲- معادلات پایه روندیابی توزیعی سیل
۱۶۵	۶-۲-۱- حل تحلیلی مدل موج جنبشی در کانال‌های منشوری و مدل‌سازی بارش- رواناب
۱۶۸	۶-۲-۲- حل عددی روندیابی موج جنبشی در کانال‌های منشوری
۱۷۶	۶-۲-۳- حل تقریبی موج جنبشی و انتشار بارش ماسکینگام-کانج
۱۷۷	۶-۲-۴- حل عددی روندیابی موج دینامیک رودخانه‌های ماندری و شکست سد
۱۹۳	۶-۲-۵- مدل‌های کامپیوتری
۱۹۸	۷-۲- آنالیز ریسک و عدم قطعیت سیل
۲۰۲	۷-۲-۱- آنالیز عدم قطعیت
۲۰۶	۷-۲-۲- آنالیز ریسک
۲۰۷	۸-۲- ملاحظات فنی مدل‌سازی
۲۱۱	۹-۲- تمرین
۲۱۳	۱۰-۲- سراج
۲۱۵	فصل ۳: کنترل سیل
۲۱۵	۳-۱- مبانی کنترل سیلاب
۲۱۸	۳-۱-۱- نگرش صرفاً "سازه‌ای" (Hardwork)
۲۱۹	۳-۱-۲- نگرش مدیریت سیستمی
۲۲۰	۳-۲- مسائل حقوقی، مالی و اداری در کنترل سیلاب
۲۲۱	۳-۳- درس‌هایی از حوادث سیل
۲۲۱	۳-۳-۱- سیل‌های تاریخی و تجارب کنترل سیل در دنیا
۲۲۷	۳-۳-۲- سیل‌های تاریخی و تجارب کنترل سیلاب در کشور
۲۲۹	۴-۳- مفهوم سیلخیزی و اولویت‌بندی مناطق سیلخیز
۲۳۰	۴-۳-۱- روش DSM (Daliri Standardization Method) و UTA (Utility Additive)
۲۳۴	۴-۳-۲- روش واکنش سیل واحد
۲۳۵	۵-۳- روش‌های سازه‌ای کنترل سیلاب
۲۳۶	۵-۳-۱- سازه‌های آبخیزداری
۲۳۶	۵-۳-۲- دیواره‌های سیل‌بند، دایک و ایی

۲۳۸	۳-۵-۳- انحراف سیل (Flood bypass)
۲۴۰	۳-۵-۴- سدهای مخزنی تخفیف سیل
۲۴۳	۳-۵-۵- زهکشی اراضی پست و سیلاب شهری
۲۴۵	۳-۶-۲- روش‌های مدیریت سیستمی کنترل سیلاب
۲۴۵	۳-۶-۱- مدل بهینه آبخیزداری شهری و روستایی (Systems analysis)
۲۵۳	۳-۶-۲- مدل بهینه مخازن سد (Systems analysis)
۲۵۳	۳-۶-۳- مشارکت مردمی (PRA)، آموزش و آگاهی مردم
۲۵۴	۳-۶-۴- ساماندهی مسیر رودخانه و آبگذرها
۲۵۶	۳-۶-۵- بهینه‌بندی سیلاب‌دشت
۲۶۰	۳-۶-۶- بیمه سیل
۲۶۰	۳-۶-۷- آمایش و مدیریت سرزمین
۲۶۶	۳-۶-۸- تغذیه مصنوعی و بخش سیل
۲۶۶	۳-۶-۹- سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل (Flood Forecasting and Warning Systems)
۲۷۶	۳-۶-۱۰- ملاحظات زیست محیطی، اجتماعی، اقتصادی و فنی
۲۸۱	۳-۶-۱۱- مدیریت بحران و ریسک بلایای طبیعی
۲۸۴	۳-۷- تمرین
۲۸۵	۳-۸- مراجع
۲۸۹	فصل ۴: مدل سازی و تخفیف خشکسالی
۲۸۹	۴-۱- انواع خشکسالی و خصوصیات آن
۲۹۵	۴-۲- آبدهی و جریان حداقل
۲۹۷	۴-۲-۱- روش‌های مطالعه جریان حداقل
۲۹۹	۴-۲-۲- عوامل موثر در دبی کمینه حوضه
۳۰۲	۴-۲-۳- انواع رژیم آب‌های زیرزمینی و رابطه آنها با دبی کمینه رودخانه‌ها
۳۰۲	۴-۲-۴- نکات فنی در آنالیز فراوانی دبی‌های حداقل مناطق خشک
۳۰۶	۴-۳- مدل‌های استوکاستیک، دترمینستیک و فازی
۳۰۹	۴-۳-۱- روش MIUDRN و IUDRN
۳۱۱	۴-۳-۲- روش توماس-فایرینگ
۳۱۱	۴-۳-۳- تئوری و اجزای سری زمانی (Time series)
۳۱۵	۴-۳-۴- مدل‌سازی فازی در مدیریت منابع آب
۳۱۶	۴-۵- مدل‌های کامپیوتری
۳۱۷	۴-۴- استحصال آب‌های غیرمتعارف یا بدون کلاس
۳۲۴	۴-۵- برنامه‌ریزی آب بر اساس مدل‌سازی (شیبه‌سازی و بهینه‌سازی)

۳۴۲	۴-۵-۱- پروژه‌های چند منظوره سدسازی
۳۵۱	۴-۵-۲- سدها و مخازن آب
۳۷۳	۴-۵-۳- منحنی‌های فرمان بهره‌برداری
۳۷۵	۴-۵-۴- روش‌های محاسبه عملکرد مخازن سد
۳۸۴	۴-۵-۵- طراحی هیدرولوژیکی و بررسی کارایی سیاست‌های بهره‌برداری
۳۹۱	۴-۵-۶- برنامه‌نویسی با LINGO
۴۰۲	۴-۶- کاربرد رادیوایزوتوپ‌ها در مناطق خشک
۴۰۴	۴-۷- ملاحظات فنی برنامه‌ریزی آب
۴۱۵	۴-۸- تمرین
۴۱۶	۴-۹- مراجع
۴۱۹	فصل ۵: مطالعات پایه آب زیرزمینی
۴۱۹	۵-۱- تشکیل آب زیرزمینی
۴۲۰	۵-۱-۱- اهمیت آب‌های زیرزمینی
۴۲۲	۵-۱-۲- منشأ آب‌های زیرزمینی
۴۲۲	۵-۱-۳- آب‌یابی
۴۲۸	۵-۱-۴- تخلیه آب زیرزمینی (چشمه، قنات، تبخیر و...)
۴۳۲	۵-۲- هیدرولیک جریان آب زیرزمینی
۴۳۲	۵-۲-۱- حرکت آب‌های زیرزمینی
۴۴۳	۵-۲-۲- هیدرولیک چاه و قنات
۴۶۶	۵-۲-۳- مدل‌های کامپیوتری
۴۶۸	۵-۳- سازه چاه
۴۷۴	۵-۴- کیفیت آب سطحی و زیرزمینی و انتقال آلاینده
۴۷۵	۵-۴-۱- منابع آلاینده
۴۸۱	۵-۴-۲- فرآیندهای انتقال
۴۹۲	۵-۵- مدیریت و حفاظت از آبخانه
۴۹۳	۵-۵-۱- روش‌های عمده کنترل آلاینده
۴۹۵	۵-۵-۲- کاربرد نقشه‌های کمی آب‌های زیرزمینی
۵۰۱	۵-۵-۳- کاربرد نقشه‌های کیفی آب‌های زیرزمینی
۵۰۲	۵-۵-۴- آبدهی پایدار (Sustainable yield)
۵۱۷	۵-۵-۵- تغذیه مصنوعی
۵۲۲	۵-۵-۶- حریم آب‌های زیرزمینی
۵۲۳	۵-۵-۷- نشست زمین و کنترل آن

۵۲۵	۵-۸- مدل سازی در ارتباط با منافع اجتماعی-اقتصادی
۵۲۶	۵-۶- آبخانه های کارستی
۵۲۷	۵-۷- کاربرد تکنیک های ایزوتوپ و ردیابی
۵۳۸	۵-۸- تمرین
۵۴۰	۵-۹- مراجع
۵۴۳	فصل ۶: مدل سازی آب زیرزمینی
۵۴۳	۶-۱- مراحل شبیه سازی
۵۴۵	۶-۲- طبقه بندی مدل ها
۵۴۵	۶-۳- معادلات پایه جریان
۵۴۷	۶-۳-۱- اثبات معادلات لاپلاسی
۵۵۴	۶-۴- معادلات پایه انتقال آلاینده
۵۵۶	۶-۴-۱- ترم انتقال با جابجایی (Advection)
۵۵۶	۶-۴-۲- ترم پخشودگی هیدرودینامیک (Hydrodynamic Dispersion)
۵۶۲	۶-۴-۳- ترم خالص خروجی سیستم
۵۶۲	۶-۴-۴- عکس العمل بیوزنوشیمیایی
۵۶۴	۶-۴-۵- تاثیر آلودگی و حرارت روی جریان
۵۶۵	۶-۵- حل عددی معادلات پایه جریان
۵۶۶	۶-۵-۱- شرایط مرزی و اولیه
۵۷۲	۶-۵-۲- روش تفاضل های محدود (Finite difference)
۵۷۸	۶-۵-۳- روش اجزاء محدود (Finite elements)
۵۸۰	۶-۶- حل عددی معادلات پایه انتقال
۵۸۱	۶-۶-۱- شرایط مرزی و اولیه
۵۸۴	۶-۶-۲- نگرش اولرین
۵۸۴	۶-۶-۳- نگرش لاگرانژین
۵۸۷	۶-۶-۴- نگرش اولرین-لاگرانژین
۵۸۹	۶-۷- سایر ملاحظات فنی مدل سازی
۵۹۰	۶-۷-۱- تهیه پایگاه مدیریت داده
۵۹۰	۶-۷-۲- شبکه بندی مکانی
۵۹۲	۶-۷-۳- شبکه بندی زمانی
۵۹۳	۶-۷-۴- کاربرد روش زمین آمار (Geostatistic)
۵۹۴	۶-۷-۵- تطابق مدل جریان و انتقال
۵۹۴	۶-۷-۶- مراحل کالیبراسیون

۵۹۷	۷-۶-۷ برنامه‌نویسی با Fortran
۶۰۱	۷-۶-۸ سناریوسازی و مدیریت آبخانه بر پایه مفهوم MAS
۶۰۳	۶-۸-۸ انتخاب بین نگرش‌ها
۶۰۵	۶-۹-۹ تمرین
۶۰۷	۶-۱۰-۹ مراجع
۵۱۶	سنگندنامه مهندسی ارزش

www.ketab.ir