



هیدروژئولوژی عملی و کاربردی

نویسنده:

زکای شن

مترجمان:

دکتر وهاب امیری (استادیار هیدروژئولوژی دانشگاه یزد)

مهندس فیروز موسائی (کارشناس ارشد هیدروژئولوژی)

دکتر نسیم سهرابی (شرکت آب منطقه‌ای یزد)



انتشارات آوای قلم

سرشناسه	سن، زکای Sen, Zekai
عنوان و نام پدیدآور	هیدروژئولوژی عملی و کاربردی / نویسنده زکای سن؛ مترجمان وهاب امیری، فیروز موسائی، نسیم سهرابی.
مشخصات نشر	تهران: آوای قلم، ۱۴۰۱. مشخصات ظاهری: ۵۶۴ ص. جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۲۲-۷۶۵۲-۴۵-۱ : وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت	عنوان اصلی: Practical and applied hydrogeology, 2015
یادداشت	کتابنامه: ص. ۵۳۶ - ۵۵۳.
موضوع	آزمین شناسی Hydrogeology
شناسه افزوده	امیری، وهاب، ۱۳۶۵- مترجم
شناسه افزوده	موسائی، فیروز، ۱۳۶۵- مترجم
شناسه افزوده	سهرابی، نسیم، ۱۳۶۵- مترجم
رده بندی کنگره	GB۱۰۰۳/۲
رده بندی دیویی	۵۵۱/۴۹
شماره کتابشناسی ملی	۸۷۷۵۶۴۸

نام کتاب اصلی: Practical and Applied Hydrogeology

نویسنده: Zekâi Şen

نام کتاب: هیدروژئولوژی عملی و کاربردی

نویسنده:	زکای سن	نوبت چاپ:	اول
مترجمان:	دکتر وهاب امیری	تاریخ نشر:	بهار ۱۴۰۱
مهندس فیروز موسائی، دکتر نسیم سهرابی	شمارگان:	قیمت:	۱۵۰ جلد
انتشارات آوای قلم	انتشارات آوای قلم	قیمت:	۱۸۵۰۰۰ تومان
انتشارات آوای قلم	شابک:	شابک:	۹۷۸-۶۲۲-۷۶۵۲-۴۵-۱

آدرس: تهران - میدان انقلاب - خیابان کارگر شمالی - ابتدای خیابان نصرت - کوچه باغ نو

کوچه داوود آبادی شرقی - پلاک ۴

تلفن: ۶۶۵۹۱۵۰۴ تلفکس: ۶۶۵۹۱۵۰۵

فروشگاه اینترنتی کتاب چاپی و الکترونیکی: www.avapublisher.com

این کتاب با حمایت شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد به چاپ رسیده است.

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 می‌گیرند.

پیشگفتار نویسنده

پس از سابقه ۳۰ ساله در کسب دانش نظری علم آب زیرزمینی، با سوالات عملی فراوانی مواجه شدم. یافتن پاسخ عملی و منطقی برای آنها و متقاعد کردن زمین‌شناسان، هیدروژئولوژیست‌ها، هیدرولوژیست‌های آب زیرزمینی و مهندسان که نیازمند راه‌حل‌های آماده، ساده، موثر و کاربردی بودند، همراه با مشکلات زیادی بود. مفروضات نظری توسط دانشجویان باهوش و متخصصین میدانی که به راه‌حلی با کمترین زمینه ریاضیاتی اهمیت می‌دادند؛ نقد می‌شدند. من دریافتم که کاربردی بودن این علم از طریق توصیفات فیزیکی، استنتاج‌های و روابط منطقی قابل دستیابی است. بدین منظور، من از نظرات متفاوت و گاه متناقض و همچنین سوالات هدفمند برای رسیدن به اهداف عملی و کاربردی در زمینه ارزیابی و مدیریت منابع آب زیرزمینی بهره‌مند شدم.

با توجه به پیچیدگی زمین‌شناسی زیرسطحی، علم هیدروژئولوژی نیز در زمینه بررسی پیدایش، توزیع، اکتشاف، حرکت، تغییرات کیفی، تغذیه و مدیریت آب زیرزمینی دارای پیچیدگی‌هایی است. اغلب افرادی که در فعالیت‌ها و بازدهی‌های میدانی با کاربردهای هیدروژئولوژی سروکار دارند، به راه‌حل‌های عددی که مبتنی بر روابط ریاضیاتی است؛ توجه نمی‌کنند. در مقابل، آنها آماده درک مدل‌های مفهومی هستند که ویژگی‌های آنها را بتوان به راحتی بر اساس روابط ساده ریاضیاتی و به صورت کلامی توضیح داد. با توجه به اینکه هر راه‌حل ریاضیاتی تحلیلی دارای اصول کلامی، قوانین و مفاهیم منطقی معتبر است، روابط ریاضیاتی نهایی بدست آمده از مشتقات تحلیلی پیچیده را در صورت ارائه می‌توان درک کرد. با وجودی که به نظر می‌رسد کاربردی بودن مسائل هیدروژئولوژیکی از طریق نرم‌افزارهای موجود قابل درک است، با این حال، در صورتیکه نحوه عملکرد این نرم‌افزارها به درستی درک نشود، چگونه می‌توان یک گزارش معنادار و منطقی از نتایج و تفاسیر آنها را ارائه داد. هر برنامه کامپیوتری بر اساس مجموعه‌ای از قوانین منطقی پنهان که خود مبتنی بر روابط تحلیلی هستند کار می‌کند. بنابراین، خروجی این نرم‌افزارها نیازمند تفسیر منطقی و معنادار است که این خود بدون توصیفات عملی امکانپذیر نیست. هدف این کتاب ارائه اصول منطقی و مفهومی برای هر مساله مشخص و همچنین استخراج روابط مناسب بر اساس محاسبات معین و در نظرگیری مفروضات مرتبط است.

هنگامیکه شخصی با یک مساله مواجه می‌شود، باید رخدادها و شرایط مربوطه را تصور کند که به این ترتیب قادر باشد برنامه‌ریزی و طراحی مناسبی برای استخراج مجموعه‌ای از عبارات استنتاجی را انجام دهد. از آنجائیکه مسائل هیدروژئولوژیکی با توجه به ماهیت زمین‌شناسی زیرسطحی دارای پیچیدگی‌های زیادی است، مفروضات متعددی را می‌توان برای ساده‌سازی شرایط و استخراج راه‌حل‌های ابتدایی در نظر گرفت. مطالعات فراوانی را می‌توان یافت که بر جزئیات راه‌حل‌های ریاضیاتی تحلیلی متمرکز شده‌اند ولی در مقابل، موارد زیادی وجود ندارد که به توصیف مفهومی مدل‌های هیدروژئولوژیکی پرداخته باشند. علاوه بر متصور شدن شرایط، تجربه نیز می‌تواند منجر به روشن شدن هر چه بیشتر وجوه مختلف سوالات و بهبود روش‌های حل ارائه شده برای آنها شود. منطق و تجربه نشان داده است که هیچ آبخوانی در دنیا، همگن و ایزوتروپ نیست و تقریباً در مقیاس هر حجم کنترلی می‌توان تغییرات مکانی در پارامترهای آبخوان را مشاهده کرد. در مبحث حرکت آب زیرزمینی به سمت چاه‌ها، مخروط افت معادل حجم کنترلی است که با گذشت زمان و به صورت پایدار و البته کاهشی، گسترش پیدا می‌کند. همزمان با گسترش، حجم کنترلی نیز تغییر می‌کند و عوارض مختلف زمین‌شناسی زیرسطحی در محدوده تأثیر قرار می‌گیرند. به این ترتیب، پارامترهای آبخوان نیز به صورت مکانی تغییر می‌کنند.

پس از درک شرایط موجود و ارائه اصول ساده، عملی و مفهومی، فرایندهای کلیدی موثر در حرکت آب زیرزمینی و همینطور پارامترهای آبخوان را می‌توان به صورت منطقی تعریف کرد. تعریف پارامترهای آبخوان برای ارزیابی هیدروژئولوژیکی یک منطقه بسیار حائز اهمیت بوده و هدف اصلی هر مطالعه است.

به منظور تمرکز بر جنبه عملی و کاربردی پروژه‌های هیدروژئولوژیکی، مجموعه‌ای از مطالعات موردی و مثال‌ها در تمامی فصل‌ها و پس از بخش‌های مختلف این کتاب ارائه شده است. موفقیت در مطالعات کاربردی آب زیرزمینی زمانی حاصل می‌شود که افراد یک تیم تحقیقاتی بتوانند دانش نظری و تجربه عملی خود را برای ارائه راه‌حل‌های موثر بکار گیرند. بدون صبر، حمایت و همکاری همسر، فاطمه‌شن، من قادر به تکمیل و انتشار این کتاب نبودم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار	
فصل اول: اطلاعات پایه علم آب‌شناسی	۱
۱-۱- هیدرولوژی (علم آب‌شناسی)	۱
۲-۱- چرخه هیدرولوژیکی	۳
۳-۱- بارش	۵
۱-۳-۱- روش میانگین حسابی	۹
۲-۳-۱- روش تیسن	۹
۳-۳-۱- روش هم‌بارش	۱۱
۴-۱- تبخیر و تعرق	۲۲
۱-۴-۱- معادله پنمن-مونتیت	۲۳
۲-۴-۱- محاسبات عملی تبخیر و تعرق	۲۴
۱-۲-۴-۱- روش پرستلی-تیلور	۲۵
۲-۲-۴-۱- روش بلانی-کریدل	۲۵
۳-۲-۴-۱- روش تشت تبخیر	۲۶
۴-۲-۴-۱- فرمول ماير	۲۸
۵-۲-۴-۱- موازنه گرما	۲۹
۵-۱- نفوذ	۳۰
۶-۱- رواناب	۴۲
۷-۱- آب زیرزمینی	۴۴
۸-۱- تغییر آب و هوا و آب زیرزمینی	۴۵
۹-۱- زمین‌شناسی و آب زیرزمینی	۴۸
۱-۹-۱- سپر زمین‌شناسی و فلات قاره	۴۹
۲-۹-۱- نهشته‌های کواترنری	۵۰
۱-۲-۹-۱- مخروط‌افکنه	۵۱
۲-۲-۹-۱- پرشدگی‌های آبرفتی	۵۱
۳-۲-۹-۱- تلماسه (ماسه بادی)	۵۲
۴-۲-۹-۱- سبخا (پلایا)	۵۳
۳-۹-۱- بازالت‌ها	۵۳

۱۰-۱- استفاده آب زیرزمینی در صنعت نفت	۵۴
فصل دوم: مفاهیم پایه محیط متخلخل	۵۸
۱-۲- ملاحظات زمین‌شناسی	۵۸
۲-۲- اندازه ذرات	۵۹
۳-۲- طبقه‌بندی مخازن آب زیرزمینی	۶۳
۱-۳-۲- آبخوان	۶۳
۲-۳-۲- آکی تارد	۶۴
۳-۳-۲- آکی کلود	۶۴
۴-۲- شناسایی اصطلاحات هیدرولیکی	۶۴
۱-۴-۲- بار هیدرولیکی (سطح پیزومتریک) و گرادیان هیدرولیکی	۶۴
۵-۲- خطوط هم‌پتانسیل	۷۰
۱-۵-۲- شبکه جریان	۷۰
۶-۲- انواع آبخوان	۷۵
۱-۶-۲- آبخوان آزاد	۷۵
۲-۶-۲- آبخوان محبوس	۷۶
۳-۶-۲- آبخوان نشتی	۷۷
۴-۶-۲- آبخوان معلق	۷۸
۵-۶-۲- آبخوان مرکب	۷۹
۷-۲- پارامترهای آبخوان	۷۹
۱-۷-۲- تخلخل	۸۰
۲-۷-۲- آبدهی و نگهداشت ویژه	۸۱
۱-۲-۷-۲- روش‌های تعیین آبدهی ویژه	۸۷
۱-۱-۲-۷-۲- روش آزمون آبخوان آزاد (آزمون پمپاژ)	۸۷
۲-۱-۲-۷-۲- روش بیلان حجمی	۸۷
۳-۱-۲-۷-۲- روش بیلان آب	۸۸
۴-۱-۲-۷-۲- مطالب بیشتر در خصوص آبدهی ویژه	۸۹
۳-۷-۲- هدایت هیدرولیکی	۸۹
۱-۳-۷-۲- شکست هیدرولیکی	۹۴
۴-۷-۲- قابلیت انتقال	۹۵
۵-۷-۲- مقایسه ظرفیت ویژه و شاخص بازدهی	۹۹
۱-۵-۷-۲- ضریب ذخیره و ذخیره ویژه	۱۰۰
۲-۵-۷-۲- ضریب ذخیره و تراکم‌پذیری	۱۰۲

۱۱۲	۶-۷-۲- سرعت آب زیرزمینی
۱۱۴	۸-۲- قانون داریسی
۱۱۹	۱-۸-۲- جریان غیرداریسی
۱۲۲	۱-۱-۸-۲- تعریف ضریب آبگذری در جریان غیرداریسی
۱۲۵	۹-۲- همگنی و ایزوتروپی محیط متخلخل
۱۳۱	۱۰-۲- بیان آب
۱۳۱	۱-۱۰-۲- فرمولاسیون نظری
۱۳۱	۱-۱-۱۰-۲- شرایط محبوس
۱۳۳	۲-۱-۱۰-۲- شرایط آزاد
۱۳۵	۲-۱۰-۲- فرمولاسیون عملی
۱۳۸	۱۱-۲- مولفه‌های آب زیرزمینی
۱۳۸	۱-۱۱-۲- مولفه های ورودی به آب زیرزمینی
۱۴۰	۲-۱۱-۲- مولفه‌های خروجی از آب زیرزمینی
۱۴۲	فصل سوم: هیدرولیک آب زیرزمینی و آبخوان‌های محبوس
۱۴۲	۱-۳- چاه برداشت آب زیرزمینی
۱۴۳	۱-۱-۳- انواع چاه
۱۴۶	۱-۱-۳- رابطه قطر چاه- تخلیه
۱۴۹	۲-۱-۳- رابطه افت-تخلیه در زمان‌های اولیه پمپاژ
۱۵۰	۳-۱-۳- چاه‌های پیرومتری و مشاهداتی
۱۵۲	۴-۱-۳- وضعیت چاه در آبخوان
۱۵۲	۲-۱-۳- نفوذ چاه در آبخوان
۱۵۳	۱-۲-۳- نفوذ کامل
۱۵۴	۲-۲-۳- نفوذ بخشی
۱۵۸	۳-۲-۳- اثر پوسته‌ای، افت آبخوان و دیگر افت‌های چاه
۱۶۱	۲-۳- اندازه‌گیری‌ها و آزمون‌های صحرائی
۱۶۲	۱-۲-۳- دستورالعمل صحرائی و اداری
۱۶۳	۲-۲-۳- برنامه‌ریزی انجام آزمون آبخوان (پمپاژ)
۱۶۴	۳-۲-۳- اندازه‌گیری‌های آزمون
۱۶۷	۴-۲-۳- اندازه‌گیری نرخ تخلیه و افت
۱۶۸	۵-۲-۳- آزمون آبخوان
۱۶۹	۶-۲-۳- ارزیابی اولیه اطلاعات افت-زمان
۱۷۳	۷-۲-۳- تعیین پارامترهای آبخوان

۱۷۶	۳-۳- تحلیل آزمون آبخوان
۱۷۸	۴-۳- جریان شعاعی پایدار در آبخوان‌های محبوس
۱۷۸	۱-۴-۳- جریان شعاعی پایدار در آبخوان‌های محبوس
۱۸۵	۲-۴-۳- تغییرات هدایت هیدرولیکی
۱۸۵	۱-۲-۴-۳- تغییر خطی هدایت هیدرولیکی
۱۸۷	۳-۴-۳- تخمین ذخیره
۱۹۲	۵-۳- جریان پایدار شعاعی در آبخوان‌های نشتی
۱۹۲	۱-۵-۳- محاسبه میزان تراوایی
۱۹۵	۶-۳- جریان ناپایدار در آبخوان‌ها
۱۹۵	۱-۶-۳- جریان ناپایدار شعاعی در آزمون آبخوان محبوس
۱۹۸	۱-۱-۶-۳- مدل تاپس
۱۹۹	۲-۱-۶-۳- روش برازش منحنی تیپ تاپس
۲۰۲	۳-۱-۶-۳- روش تطابق بخشی منحنی تیپ
۲۱۱	۷-۳- روش شیب
۲۱۸	۱-۷-۳- ملاحظات آماری
۲۱۹	۲-۷-۳- توزیع فضایی پارامترهای آبخوان
۲۲۳	۸-۳- روش سیمن
۲۲۶	۹-۳- روش‌های خط مستقیم کوپر-ژاکوب
۲۳۲	۱۰-۳- تحلیل خط مستقیم بدون بعد
۲۳۸	۱-۱۰-۳- تعمیم روش خط مستقیم
۲۴۶	۱۱-۳- منحنی‌های تیپ برای حالت پمپاژ با دبی متغیر
۲۴۷	۱-۱۱-۳- تغییر نمایی میزان دبی
۲۵۰	۲-۱۱-۳- روش خط مستقیم
۲۵۶	۱۲-۳- محاسبه ذخیره در حالت جریان نیمه‌پایدار
۲۵۸	۱۳-۳- جریان شعاعی ناپایدار در آزمون آبخوان نشتی
۲۶۳	۱-۱۳-۳- مدل نقطه عطف هانتوش
۲۶۵	۲-۱۳-۳- مدل فاصله-شیب هانتوش
۲۶۷	۱۴-۳- هیدرولیک چاه‌های با قطر بزرگ (دهانه گشاد)
۲۷۲	۱۵-۳- آزمون دوگانه آبخوان
۲۷۵	۱۶-۳- روش برگشت
۲۷۶	۱-۱۶-۳- روش بازگشت تاپس
۲۷۹	۱۷-۳- آزمون چاه (آزمون افت پله‌ای)

۲۸۲	۱۸-۳- رده‌بندی آبخوان با استفاده از توصیف فازی پارامترهای هیدروژئولوژیکی
۲۸۳	۱-۱۸-۳- نمودار رده‌بندی فازی آبخوان
۲۹۰	فصل چهارم: آبخوان‌های آزاد
۲۹۰	۱-۴- ویژگی‌های آبخوان آزاد
۲۹۲	۲-۴- آبخوان‌های تشکیل شده در رسوبات کواترنری
۲۹۲	۱-۲-۴- آبخوان‌های کانال‌های آبرفتی
۲۹۴	۲-۲-۴- آبخوان‌های موجود در مخروط افکنه‌ها
۲۹۵	۳-۲-۴- آبخوان‌های سبخایی (پلایا)
۲۹۶	۴-۲-۴- آبخوان‌های ساحلی
۲۹۸	۳-۴- سنگ‌های درز و شکافدار
۲۹۹	۴-۴- محیط کارستی
۳۰۲	۵-۴- ساختارهای هیدرولیکی
۳۰۲	۱-۵-۴- چاه‌های عمودی با قطر بالا (دهانه گشاد)
۳۰۳	۲-۵-۴- چاه‌های جمع‌کننده (مخزنی)
۳۰۵	۳-۵-۴- چاه‌های تزریق و چاه‌های تنظیف‌کننده
۳۰۸	۴-۵-۴- مجاری افقی دست‌ساز-قنات
۳۱۲	۶-۴- هیدرولیک آب زیرزمینی
۳۱۲	۱-۶-۴- فرضیات دوپویی-فورشه‌ایمر
۳۱۴	۲-۶-۴- آبدهی تأخیری
۳۱۶	۷-۴- جریان پایدار به سمت چاه
۳۱۶	۱-۷-۴- جریان شعاعی در آبخوان آزاد
۳۲۴	۲-۷-۴- چاه ناقص
۳۳۱	۸-۴- تغذیه آب زیرزمینی
۳۳۱	۱-۸-۴- جریان شعاعی در آبخوان آزاد متأثر از فرایند تغذیه
۳۳۴	۲-۸-۴- جریان خطی در آبخوان آزاد متأثر از فرایند تغذیه
۳۳۵	۹-۴- جریان شعاعی ناپایدار در آبخوان آزاد
۳۳۵	۱-۹-۴- تقریب آبخوان محبوس
۳۳۶	۲-۹-۴- مدل بولتون
۳۴۳	۳-۹-۴- مدل نیومن
۳۴۷	۴-۹-۴- روش تخمین پارامتر آبخوان آزاد- جریان نیمه‌پایدار
۳۴۹	۵-۹-۴- محاسبه ضریب ذخیره جریان آب نیمه‌پایدار در آبخوان آزاد
۳۵۰	۱۰-۴- تغذیه طبیعی آب زیرزمینی

۳۵۶	۴-۱۰-۱- تغذیه و نوسانات سطح آب زیرزمینی
۳۶۵	۴-۱۱- روش رابطه بین رخنمون (بخش قابل تغذیه آبخوان)-تغذیه (ROR)
۳۷۰	۴-۱۲- روش بیلان جرمی کلراید (CBM)
۳۷۷	فصل پنجم: کیفیت آب زیرزمینی
۳۷۷	۵-۱- هیدروشیمی
۳۷۷	۵-۲- ترکیبات یونی
۳۸۰	۵-۳- یون‌های اصلی
۳۸۰	۵-۳-۱- کاتیون‌های اصلی Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، Na^+ و K^+
۳۸۱	۵-۳-۲- آنیون‌های اصلی SO_4^{2-} ، HCO_3^- ، Cl^- ، CO_3^{2-}
۳۸۲	۵-۴- واحدهای شیمیایی و موازنه
۳۸۷	۵-۵- نمونه‌برداری و آنالیز آب زیرزمینی
۳۸۹	۵-۶- شاخص‌های کیفی ترکیبی
۳۸۹	۵-۶-۱- هدایت الکتریکی (EC)
۳۹۰	۵-۶-۲- کل مواد جامد محلول (TDS)
۳۹۱	۵-۶-۳- سختی کل (TH)
۳۹۳	۵-۶-۴- PH
۳۹۴	۵-۶-۵- نسبت جذب سدیم (SAR)
۳۹۵	۵-۶-۶- محتوای سدیمی (SC)
۳۹۶	۵-۶-۷- کربنات سدیم باقیمانده (RSC)
۳۹۷	۵-۶-۸- شاخص نفوذپذیری (PI)
۳۹۸	۵-۶-۹- طبقه‌بندی کلراید
۴۰۰	۵-۷- روابط ترکیبی متغیرها
۴۰۰	۵-۷-۱- رابطه EC-TDS
۴۰۱	۵-۷-۲- رابطه EC-SAR
۴۰۱	۵-۸- نمایش گرافیکی کیفیت آب
۴۰۳	۵-۸-۱- نمودار استیف
۴۰۳	۵-۸-۲- نمودار دایره‌ای (شعاعی)
۴۰۳	۵-۸-۳- نمودار شولر
۴۰۶	۵-۸-۴- نمودار پایپر
۴۰۸	۵-۸-۵- دیاگرام فراوانی غلظت یونی
۴۱۱	۵-۸-۶- نمودار دوروف
۴۱۲	۵-۸-۷- دیاگرام چهارگوش چندگانه

۴۱۵	۹-۵- رابطه گین-هرزبرگ
۴۱۷	۱۰-۵- اختلاط مصنوعی آب‌های زیرزمینی
۴۱۸	۱-۱۰-۵- مدل‌های آزمایشگاهی
۴۲۱	۵-۱۰-۲- مدل تئوریکی
۴۲۵	۱۱-۵- ایزوتوپ‌های محیطی
۴۲۸	۱۲-۵- نوسانات سطح آب زیرزمینی و تغییرات کیفی آن
۴۳۰	۱۳-۵- بررسی تکامل کیفی آب زیرزمینی با استفاده شاخص یونی استاندارد
۴۳۱	۱-۱۳-۵- روش SII مجزا
۴۳۵	۲-۱۳-۵- روش SII متوالی
۴۳۸	۱۴-۵- شاخص‌های ارزیابی تغییرات کیفی آب زیرزمینی
۴۳۹	۱-۱۴-۵- شاخص کیفی آب (WQI)
۴۴۲	۲-۱۴-۵- مدل‌های تشابهی
۴۴۳	۱۵-۵- استخراج قوانین طبقه‌بندی فازی آب‌های زیرزمینی با استفاده از نقشه‌های کیفی
۴۵۴	۱۶-۵- تغییر اقلیم و کیفیت آب‌های زیرزمینی
۴۵۶	فصل ششم: مدیریت آب زیرزمینی
۴۵۶	۱-۶- مقدمه
۴۵۷	۲-۶- برنامه‌ریزی مدیریتی
۴۵۹	۳-۶- محیط‌های مدیریت
۴۶۱	۴-۶- شرایط محلی
۴۶۲	۵-۶- ملزومات یک برنامه مدیریتی اولیه
۴۶۵	۶-۶- اهداف مدیریت منابع آب زیرزمینی
۴۶۵	۱-۶-۶- آبدهی (برداشت) مطمئن
۴۶۷	۲-۶-۶- آبدهی پایدار
۴۶۹	۳-۶-۶- برداشت مطمئن و پایدار
۴۷۱	۷-۶- مدیریت یکپارچه آب زیرزمینی
۴۷۳	۸-۶- متغیرهای مدیریت جامع
۴۷۳	۱-۸-۶- تقاضای آب
۴۷۸	۲-۸-۶- ویژگی‌های آبخوان
۴۷۸	۹-۶- مدیریت هیدروژئولوژیکی
۴۸۰	۱-۹-۶- برنامه‌ریزی ذخیره‌سازی استراتژیک آب زیرزمینی
۴۸۰	۱-۱-۹-۶- مدیریت درون آبخوانی
۴۸۲	۲-۱-۹-۶- مدیریت بین آبخوانی

۴۸۲	۱۰-۶- مدل‌های پایه مدیریتی برای آبخوان‌ها
۴۸۶	۱-۱۰-۶- قوانین مدیریت منطقی
۴۸۷	۲-۱۰-۶- اطلاعات بنیادی
۴۸۸	۳-۱۰-۶- مدل مفهومی سیستم آبخوان A-B
۴۸۹	۴-۱۰-۶- اصول مدیریت منطقی
۴۹۵	۶-۱۱- مدیریت ریسک احتمالاتی در یک آبخوان
۴۹۸	۱-۱۱-۶- روش احتمالاتی
۵۰۰	۲-۱۱-۶- مدل مدیریت آماری
۵۰۵	۱۲-۶- مدل‌سازی افزایش سطح آب زیرزمینی در شهرها
۵۰۶	۱-۱۲-۶- محاسبه بالا آمدن آب زیرزمینی
۵۰۹	۱۳-۶- برنامه‌ریزی استراتژیک و عدم قطعیت در مطالعات آبخوان
۵۱۰	۱-۱۳-۶- محاسبه ریسک برای پارامترهای مختلف هیدروژئولوژیکی
۵۱۱	۱۴-۶- برداشت بهینه و مدیریت در یک میدان چاه
۵۱۶	۱-۱۴-۶- برداشت بهینه آبخوان
۵۲۴	۱۵-۶- محاسبه ریسک در حجم ذخیره آب
۵۲۹	۱۶-۶- مدیریت و عدم قطعیت‌ها در آبخوان
۵۳۵	منابع و مآخذ