



دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)

مبانی مهندسی زهکشی

دکتر سید حسن طباطبائی

(عضو هیأت علمی دانشگاه شهرکرد)

مهندس نگار نورمهناد

(دانشجوی دکترای گروه مهندسی آب دانشگاه شهرکرد)

دکتر پیام نجفی

(عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان اصفهان)

تابستان ۱۳۹۰

سرشناسه : طباطبائی، حسن، ۱۳۵۲ -
 عنوان و نام پدیدآور : مبانی مهندسی زهکشی/ حسن طباطبائی، نگار نورمهناد، بهام نجفی.
 مشخصات نشر : خوراسگان: دانشگاه آزاد اسلامی(خوراسگان)، ۱۳۹۰.
 مشخصات ظاهری : ۲۶۵ص.: مصور(بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
 شابک : 978-964-10-0685-5
 وضعیت فهرست نویسی : فیا
 موضوع : زهکشی
 موضوع : آبیاری - مهندسی
 شناسه افزوده : نورمهناد، نگار، ۱۳۶۲ -
 شناسه افزوده : نجفی، بهام
 شناسه افزوده : دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان
 رده بندی کنگره : ۱۳۹۰ ۲۲/۵۲/۷۲۹۷-TC
 رده بندی دیویی : ۶۲۷/۵۲
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۲۰۵۲۵۲



ناشر: معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)

نشانی: اصفهان، خیابان جی، صندوق پستی: ۸۱۵۹۵-۱۵۸

تلفن: ۹-۰۳۱۱-۵۳۵۴۰۰۱، فاکس: ۰۳۱۱-۵۳۵۴۰۶۰، Email: info@khuisf.ac.ir

مبانی مهندسی زهکشی

سید حسن طباطبائی، نگار نورمهناد، بهام نجفی

- تعداد: ۱۰۰۰ جلد
- نوبت چاپ: اول/ویرجی
- تعداد صفحات: ۳۳۶ صفحه
- تاریخ نشر: ۱۳۹۰
- ویراستار ادبی: زینب امینی
- ویراستار علمی: دکتر محمد شایان نژاد
- مجری چاپ: شرکت انتشارات فرزندگان زاینده رود

قیمت: ۱۲۰۰۰ تومان

© حق چاپ محفوظ است.

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰۰-۶۸۵-۵ ISBN: 978964100-685-5

پیشگفتار:

زهکشی یکی از اساسی‌ترین راه‌های حفظ و پایداری کشاورزی خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک است. تاکنون کتاب‌های متعددی در زمینه زهکشی به رشته تحریر درآمده است. اولین کتاب در زمینه زهکشی به زبان فارسی در سال ۱۳۵۰ توسط استاد ارجمند آقای دکتر محمد بای‌بوردی با عنوان اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک چاپ شد. پس از آن کتاب‌های طراحی سیستم‌های زهکشی سطحی و چهار جلد کتاب زهکشی توسط استاد محترم آقای دکتر حسین فرداد در سال ۱۳۶۲ به چاپ رسید. کتاب زهکشی اراضی و مهندسی زهکشی توسط استاد محترم آقای دکتر امین علیزاده در سال ۱۳۷۰ ترجمه شده و اخیراً کتاب مهندسی زهکشی توسط آقای دکتر بهروز مصطفی‌زاده و نیز کتاب اصول طراحی سیستم‌های زهکشی توسط آقای دکتر محمد شایان‌نژاد به رشته تحریر درآمده است.

کتاب حاضر با رویکردی نو به تدوین مبانی زهکشی پرداخته است. مطالبی که در این کتاب آمده است حاصل تألیف، ترجمه و گردآوری نویسندگان بوده که در طی ۵ سال تدریس در دانشگاه شهرکرد و آزاد اسلامی واحد خوراسگان در مقاطع مختلف کارشناسی تکمیل شده است. امید است مفید واقع شود. این کتاب در چهارده فصل نگارش شده است و هدف این درس، دانشجویان مقطع کارشناسی رشته مهندسی آبیاری و زهکشی و خاکشناسی هستند. از کلیه خوانندگان محترم استدعا داریم ایرادها و اشکالات علمی و نگارشی متن را به ما منعکس کرده تا اصلاح شود.

مؤلفین

تابستان ۱۳۹۰

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- فصل اول: کلیات
۱	۱-۱- زهکشی
۲	۱-۲- تاریخچه زهکشی
۳	۱-۳- بررسی آمارهای زهکشی
۴	۱-۴- زهکشی در ایران
۶	۱-۵- علل زهدان شدن اراضی
۹	۱-۶- اهمیت زهکشی
۱۰	۱-۶-۱- اثرات زیانبار نحوه بهره‌برداری از منابع آب و خاک کشور
۱۱	۱-۶-۲- شاخصهای پایداری
۱۱	۱-۶-۳- عوامل پایداری
۱۲	۱-۶-۴- عوامل ناپایداری
۱۳	۱-۷- اهداف زهکشی
۱۳	۱-۷-۱- در مناطق مرطوب
۱۴	۱-۷-۲- در مناطق خشک
۱۴	۱-۷-۳- اصلاح زمینهای شور و قلیا
۱۵	۱-۷-۴- اجرای عملیات عمرانی
۱۵	۱-۸- فواید زهکشی
۲۰	۱-۹- رابطه زهکشی و عملکرد گیاهان مختلف
۲۰	۱-۹-۱- زهکشی و مرتع
۲۱	۱-۹-۲- زهکشی و محصولات زراعی
۲۱	۱-۹-۳- زهکشی و درختان میوه
۲۳	۱-۱۰- مسائل
۲۶	۱-۱۱- منابع
۲۷	۲- فصل دوم: مطالعات زهکشی
۲۷	۲-۱- مراحل یک پروژه زهکشی
۲۸	۲-۱-۱- مطالعه اولیه، شناسایی (فاز یک)

۳۰	۲-۱-۲- مطالعه تقضیلی (فاز دو).....
۳۱	۳-۱-۲- مرحله اجرا (فاز سه).....
۳۲	۲-۲- مطالعات هیدرولوژیکی.....
۳۳	۱-۲-۲- اندازه‌گیری باران.....
۳۵	۲-۲-۲- مشخصات بارش.....
۳۹	۳-۲-۲- محاسب ارتفاع متوسط بارندگی در یک منطقه.....
۴۲	۴-۲-۲- برآورد دبی رواناب ناشی از بارندگی.....
۴۹	۳-۲- روشهای جمع آوری اطلاعات زهکشی.....
۴۹	۱-۳-۲- چاهکهای مشاهداتی.....
۵۲	۲-۳-۲- پیزومترها.....
۵۴	۳-۳-۲- مقایسه چاهک مشاهداتی و پیزومتر.....
۵۵	۴-۳-۲- چاهک خاکشناسی.....
۶۰	۴-۲- مسائل.....
۶۳	۵-۲- منابع.....
۶۵	۳- فصل سوم: حرکت آب در خاک.....
۶۵	۱-۳- رابطه داریسی.....
۶۶	۲-۳- معادله پویزل.....
۶۷	۳-۳- حدود اعتبار معادله داریسی.....
۷۱	۴-۳- شبکه جریان.....
۷۳	۱-۴-۳- ترسیم شبکه جریان.....
۷۷	۵-۳- معادله حرکت آب در خاک.....
۷۷	۱-۵-۳- معادله ریچاردز.....
۸۰	۲-۵-۳- معادله لاپلاس.....
۸۰	۳-۵-۳- فرضیات دوپویی - فورش هایمر.....
۸۴	۶-۳- مسائل.....
۸۷	۷-۳- منابع.....
۸۹	۴- فصل چهارم: هدایت هیدرولیکی.....
۸۹	۱-۴- مقدمه.....

۹۰	۲-۴- تعداد آزمایشات مورد نیاز در یک مزرعه
۹۱	۳-۴- غیر یکنواختی خاک
۹۹	۴-۴- روشهای اندازه گیری هدایت هیدرولیکی
۱۰۰	۴-۴-۱- روشهای آزمایشگاهی
۱۰۲	۴-۴-۲- روشهای صحرایی
۱۰۳	۴-۴-۳- روش چاهک
۱۱۶	۴-۴-۴- روش پیزومتری
۱۲۰	۴-۴-۵- روش چاهک وارونه
۱۲۲	۴-۴-۶- روش پمپاژ به داخل چاهک
۱۲۸	۴-۴-۷- روش پرماتر گلف
۱۳۲	۴-۵- مسائل
۱۳۵	۴-۶- منابع
۱۳۷	۵- فصل پنجم: زهکشی و انواع آن
۱۳۷	۵-۱- تعاریف
۱۴۰	۵-۲- انواع سیستمهای زهکشی
۱۴۰	۵-۲-۱- زهکش های زیر زمینی
۱۴۱	۵-۲-۲- زهکش های لوله ای
۱۴۴	۵-۲-۳- زهکش های حایل
۱۴۸	۵-۲-۴- زهکشی توسط چاه
۱۵۲	۵-۲-۵- زهکشی لانه موشی (مول)
۱۵۴	۵-۳- آرایش سیستم زهکشی
۱۵۴	۵-۳-۱- سیستم درهم یا نامنظم یا تصادفی
۱۵۴	۵-۳-۲- سیستم موازی
۱۵۴	۵-۳-۳- سیستم شانه ای یا گرده ماهی
۱۵۶	۵-۴- زهکش های سطحی
۱۵۶	۵-۴-۱- سیستم زهکش تصادفی
۱۵۷	۵-۴-۲- سیستم زهکش موازی
۱۵۸	۵-۴-۳- سیستم زهکشی نهر متقاطع
۱۵۹	۵-۴-۴- پشته بندی

۱۶۰	۵-۴-۵- بستر باریک و مرتفع
۱۶۰	۵-۴-۶- شکل دهی زمین
۱۶۱	۵-۵-۵- زهکش های جمع کننده
۱۶۲	۵-۵-۱- زهکش های نیمه خروجی (متقل کننده)
۱۶۲	۵-۶-۶- خروجی زهکش ها
۱۶۲	۵-۷-۷- زهکشی زیستی
۱۶۴	۵-۷-۱- معایب زهکشی زیستی
۱۶۶	۵-۸- مسائل
۱۶۷	۵-۹- منابع
۱۶۹	۶- فصل ششم: نفوذ عمقی و بارامترهای زهکشی
۱۶۹	۶-۱- تخمین برنامه های آبیاری و نفوذ عمقی
۱۷۳	۶-۲- ضریب زهکشی
۱۷۹	۶-۳- تخلخل قابل زهکشی
۱۸۱	۶-۴- آبدهی ویژه
۱۸۴	۶-۵- عمق تثبیت سطح ایستابی
۱۸۸	۶-۶- عمق بهینه نصب زهکش ها
۱۹۱	۶-۷- مقدار مجاز نشست و افت در زهکشی زیرزمینی
۱۹۳	۶-۸- مسائل
۱۹۵	۶-۹- منابع
۱۹۷	۷- فصل هفتم: ماشینهای زهکشی
۱۹۷	۷-۱- ماشین های ترنچلس
۲۰۰	۷-۲- ماشین های ترنچر
۲۰۲	۷-۳- منابع
۲۰۳	۸- فصل هشتم: پوشش های زهکشی
۲۰۶	۸-۱- روش به کار بردن فیلتر
۲۰۶	۸-۲- معیارهای انتخاب مواد
۲۰۷	۸-۳- ضخامت پوشش
۲۰۸	۸-۴- انواع پوششها

۲۰۹	۸-۴-۱- فیلترهای شنی
۲۱۵	۸-۴-۲- فیلترهای مصنوعی
۲۱۸	۸-۵- مسائل
۲۱۹	۸-۶- منابع

۹- فصل نهم: نصب و نگهداری سیستمهای زهکشی

۲۲۱	۹-۱- نصب زهکش‌ها
۲۲۱	۹-۲- حفاظت لوله‌ها از مواد آلی و معدنی
۲۲۴	۹-۳- نگهداری زهکش‌ها
۲۲۴	۹-۳-۱- تمیز کردن به وسیله جت آب
۲۲۶	۹-۳-۲- استفاده از محلول اسیدی
۲۲۷	۹-۴- یازرسی لوله‌های زهکش
۲۲۷	۹-۴-۱- کاهش میزان خروجی زهکش‌ها
۲۲۷	۹-۴-۲- بروز لکه‌های مرطوب در مزرعه
۲۲۷	۹-۴-۳- شوری خاک
۲۲۷	۹-۴-۴- سطح آب زیرزمینی
۲۲۸	۹-۴-۵- عکس‌هوایی
۲۲۸	۹-۵- تشخیص گرفتگی زهکش
۲۲۹	۹-۵-۱- حالت ۱- متوقف شدن نفوذ آب
۲۳۰	۹-۵-۲- حالت ۲- مقاومت زیاد در برابر جریان آب زیرزمینی
۲۳۰	۹-۵-۳- حالت ۳- مقاومت شدید در برابر ورود جریان آب به زهکش
۲۳۰	۹-۵-۴- حالت ۴- قطع جریان آب در لوله جمع‌کننده
۲۳۱	۹-۶- منابع

۱۰- فصل دهم: زهکشی و کنترل شوری

۲۳۳	۱۰-۱- مقدمه
۲۳۴	۱۰-۲- شوری و قلیائیت خاک در ایران
۲۳۴	۱۰-۳- راه حل کلی
۲۳۶	۱۰-۴- منشاء نمکهای خاک
۲۳۷	۱۰-۵- طبقه‌بندی خاکهای شوری-سدیمی

۲۳۷	 ۱۰-۵-۱- طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری خاک آمریکا
۲۳۸	 ۱۰-۵-۲- طبقه‌بندی آب آبیاری براساس آزمایشگاه شوری خاک آمریکا
۲۳۹	 ۱۰-۵-۳- طبقه‌بندی تورن و پترسون
۲۳۹	 ۱۰-۵-۴- طبقه‌بندی کارتر
۲۴۰	 ۱۰-۵-۵- طبقه‌بندی بیک و بریمن
۲۴۱	 ۱۰-۵-۶- طبقه‌بندی رودز
۲۴۱	 ۱۰-۶-۱- ییلان درازمدت نمک و آب در منطقه ریشه
۲۵۰	 ۱۰-۷- مسائل
۲۵۱	 ۱۰-۸- منابع
۲۵۳	 ۱۱- فصل یازدهم: معادلات زهکشی
۲۵۳	 ۱۱-۱- جریان ماندگار و غیرماندگار در زهکشی
۲۵۴	 ۱۱-۲- معادله هوخهات
۲۵۸	 ۱۱-۲-۱- معادله هوخهات برای لوله‌های زهکشی
۲۶۱	 ۱۱-۲-۲- معادله هوخهات برای خاک های مطبق
۲۶۱	 ۱۱-۲-۳- معادله هوخهات برای خاک های غیر ایزوتروپ
۲۶۲	 ۱۱-۲-۴- حل معادله هوخهات با استفاده از دیاگرام
۲۷۳	 ۱۱-۳- مسائل
۲۷۷	 ۱۱-۴- منابع
۲۷۹	 ۱۲- فصل دوازدهم: تهیه آلبوم نقشه‌های پایه زهکشی
۲۸۰	 ۱۲-۱- خطوط توپوگرافی
۲۸۱	 ۱۲-۲- نقاط موقعیت پیزومترها
۲۸۱	 ۱۲-۳- خطوط هم‌عمق
۲۸۳	 ۱۲-۴- خطوط ایزوپیز
۲۸۴	 ۱۲-۵- نقاط موقعیت اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی
۲۸۵	 ۱۲-۶- خطوط هم هدایت هیدرولیکی
۲۸۶	 ۱۲-۷- ناحیه‌بندی براساس هدایت هیدرولیکی
۲۸۷	 ۱۲-۸- محدوده اراضی که باید برای کشت گندم زهکشی شود
۲۸۸	 ۱۲-۹- محدوده اراضی که باید برای کشت بونجه زهکشی شود

۲۸۹	۱۰-۱۲- محدود اراضی که برای کشت گندم باید زهکشی شود و در یک ناحیه قرار دارند.....
۲۹۰	۱۱-۱۲- محدود اراضی که برای کشت یونجه باید زهکشی شود و در یک ناحیه قرار دارند.....
۲۹۱	۱۳- فصل سیزدهم: نرم افزارهای زهکشی
۲۹۱	۱-۱۳- نرم افزار <i>Endrain</i>
۲۹۱	۱-۱-۱۳- مقدمه.....
۲۹۶	۲-۱۳- نرم افزار <i>Drainmod</i>
۲۹۶	۱-۲-۱۳- مقدمه.....
۲۹۷	۲-۲-۱۳- فایل های مختلف <i>Drainmod</i>
۲۹۸	۳-۲-۱۳- معرفی منوهای برنامه.....
۳۲۵	۳-۱۳- نرم افزار <i>Saltmod</i>
۳۲۵	۱-۳-۱۳- مقدمه.....
۳۲۶	۲-۳-۱۳- اطلاعات ورودی نرم افزار.....
۳۳۳	۳-۳-۱۳- اطلاعات خروجی نرم افزار.....
۳۴۱	۴-۱۳- نرم افزار <i>Watermod</i>
۳۴۱	۱-۴-۱۳- مقدمه.....
۳۴۱	۲-۴-۱۳- اطلاعات ورودی نرم افزار.....
۳۵۲	۵-۱۳- نرم افزار <i>Autocad land development</i>
۳۵۲	۱-۵-۱۳- مقدمه.....
۳۹۲	۶-۱۳- منابع.....
۳۹۳	۱۴- فصل چهاردهم: آزمایشهای زهکشی
۳۹۴	۱-۱۴- آزمایش یک: اندازه گیری هدایت هیدرولیکی به روش بار ثابت.....
۳۹۴	۱-۱-۱۴- مقدمه.....
۳۹۶	۲-۱-۱۴- وسایل آزمایش.....
۳۹۶	۳-۱-۱۴- شرح آزمایش.....
۳۹۷	۲-۱۴- آزمایش دو: تعیین هدایت هیدرولیکی با استفاده از استوانه نفوذ.....
۳۹۷	۱-۲-۱۴- مقدمه.....
۳۹۷	۲-۲-۱۴- وسایل آزمایش.....
۳۹۷	۳-۲-۱۴- شرح آزمایش.....

۳۹۹	۳-۱۴ آزمون سه: اندازه گیری هدایت هیدرولیکی به روش بارافشان
۳۹۹	۱-۳-۱۴ مقدمه
۳۹۹	۲-۳-۱۴ وسایل آزمون
۴۰۰	۳-۳-۱۴ شرح آزمون
۴۰۳	۴-۱۴ آزمون چهار: اندازه گیری ضریب آبگذری به روش چاهک وارونه
۴۰۳	۱-۴-۱۴ مقدمه
۴۰۴	۲-۴-۱۴ وسایل آزمون
۴۰۴	۳-۴-۱۴ شرح آزمون
۴۰۵	۵-۱۴ آزمون پنج: تعیین ضریب آبدهی ویژه
۴۰۵	۱-۵-۱۴ مقدمه
۴۰۶	۲-۵-۱۴ وسایل مورد نیاز
۴۰۶	۳-۵-۱۴ شرح آزمون
۴۰۷	۶-۱۴ آزمون شش: تهیه فیلتر شش
۴۰۷	۱-۶-۱۴ مقدمه
۴۰۸	۲-۶-۱۴ وسایل آزمون
۴۰۸	۳-۶-۱۴ شرح آزمون
۴۰۹	۷-۱۴ آزمون هفت: پروفیل جریان به سمت زهکش های عمودی
۴۰۹	۱-۷-۱۴ مقدمه
۴۰۹	۲-۷-۱۴ وسایل آزمون
۴۰۹	۳-۷-۱۴ شرح آزمون

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- عوامل مورد توجه در تعریف بانک جهانی کشاورزی از زهکشی	۲
شکل ۱-۲- وضعیت زمین های متأثر از شوری در ایران	۶
شکل ۱-۳- آبخش نمک از خاک توسط زهکشی	۱۶
شکل ۱-۴- سیکل هیدرولوژی	۳۳
شکل ۲-۲- نمودار تخمین زمان تمرکز	۴۴
شکل ۳-۲- بارندگی با دوره بازگشت ۵ ساله و به مدت یک ساعت	۴۶
شکل ۴-۲- روش شماره منحنی (CN) برای تخمین رواناب سطحی	۴۷
شکل ۵-۲- تعیین رواناب با استفاده از شماره منحنی و بارندگی	۴۸
شکل ۶-۲- انواع وسایل قرائت سطح ایستایی	۵۱
شکل ۷-۲- نحوه نصب و راه اندازی پیزومترهای کم عمق	۵۴
شکل ۸-۲- تخلیه آب از پیزومتر	۵۴
شکل ۹-۲- نمونه های از چاهک و پیزومتر	۵۵
شکل ۱-۳- انواع مختلف خاک براساس هدایت هیدرولیکی	۶۸
شکل ۲-۳- جریان عمودی در خاک لایه های	۷۰
شکل ۳-۳- جریان افقی در خاک لایه های	۷۰
شکل ۴-۳- دو نوع شبکه جریان در دو خاک اشباع	۷۲
شکل ۵-۳- یک مدل الکتریکی به منظور بررسی جریان و رسم شبکه آن	۷۵
شکل ۶-۳- جریان سه بعدی آب در خاک	۷۸
شکل ۷-۳- جزء سه بعدی در سفره های آزاد	۸۱
شکل ۱-۴- منطقه های از مزرعه همراه با داده های هدایت هیدرولیکی اندازه گیری شده	۹۲
شکل ۲-۴- سه نوع خاک با خصوصیات متفاوت	۹۳
شکل ۳-۴- دستگاه اندازه گیری هدایت هیدرولیکی بار ثابت (a) و بار متغیر (b)	۱۰۰
شکل ۴-۴- ساده روش تعیین نفوذپذیری آزمایشگاهی	۱۰۱
شکل ۵-۴- انواع وسایل مورد نیاز در آزمایش چاهک	۱۰۵
شکل ۶-۴- اگر همدی یا باز مناسب برای خاک های مرطوب و غیر ریزشی	۱۰۶
شکل ۷-۴- اگر آمریکایی یا بسته مناسب برای برای خاک های سخت (خشک و یا مرطوب)	۱۰۶
شکل ۸-۴- اگر ماریچی مناسب برای خاک های بسیار سخت (گچی و آهکی)	۱۰۷
شکل ۹-۴- اگر باز مناسب برای خاک های سنگریزه دار	۱۰۷
شکل ۱۰-۴- اگر نمونه برداری مناسب برای برداشت نمونه نسبتاً دست نخورده	۱۰۸

- شکل ۴-۱۱- اگر ماریجی نامتقارن برای برداشت سطحی از زمین های چمنی ۱۰۸
- شکل ۴-۱۲- روش پمپاژ از چاهک برای محاسبه هدایت هیدرولیکی (k) ۱۱۰
- شکل ۴-۱۳- روش پمپاژ از چاهک برای محاسبه هدایت هیدرولیکی (k) ۱۱۱
- شکل ۴-۱۴- نمایی از روش پمپاژ از چاهک برای اندازه گیری هدایت هیدرولیکی ۱۱۲
- شکل ۴-۱۵- روش پمپاژ از چاهک برای محاسبه هدایت هیدرولیکی (به روش ارنست) ۱۱۴
- شکل ۴-۱۶- روش پمپاژ از چاهک برای محاسبه هدایت هیدرولیکی (به روش ارنست) ۱۱۵
- شکل ۴-۱۷- برگه اطلاعات برای آزمایش پیزومتری ۱۱۸
- شکل ۴-۱۸- آزمایش چاهک وارونه ۱۲۰
- شکل ۴-۱۹- شمای آزمایش پمپاژ به داخل چاهک ۱۲۴
- شکل ۴-۲۰- نمودگراف برای تعیین هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژ به داخل چاهک ۱۲۶
- شکل ۴-۲۱- نمودگراف برای تعیین هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژ به داخل چاهک ۱۲۷
- شکل ۴-۲۲- شمای دستگاه پرماسر گلف ۱۳۰
- شکل ۴-۲۳- رابطه C با H/F برای خاکهای مختلف ۱۳۱
- شکل ۵-۱- جهت جریان آب و موقعیت سطح ایستایی در مدیریتهای مختلف زهکشی و آبیاری زیرزمینی ۱۳۸
- شکل ۵-۲- نحوه جریان آب به سمت زهکش لوله ای ۱۴۱
- شکل ۵-۳- انواع لوله های زهکش ۱۴۲
- شکل ۵-۴- زهکش حایل در پای تپه برای جلوگیری از ماندن آب در زمین پایین دست ۱۴۵
- شکل ۵-۵- زهکش های حایل در شرایط هیدرولیکی مشابه ۱۴۷
- شکل ۵-۶- زهکش حایل در منطقه شیبدار ۱۴۸
- شکل ۵-۷- حرکت آب به داخل چاه در لایه آزاد ۱۵۱
- شکل ۵-۸- حرکت آب به داخل چاه در لایه تحت فشار ۱۵۲
- شکل ۵-۹- میله مخروطی شکل مورد استفاده در زهکشی مول ۱۵۳
- شکل ۵-۱۰- انواع آرایش سیستم زهکشی زیرزمینی ۱۵۶
- شکل ۵-۱۱- آرایش سیستم زهکشی سطحی تصادفی ۱۵۷
- شکل ۵-۱۲- سیستم زهکش موازی ۱۵۸
- شکل ۵-۱۳- سیستم زهکشی نهرهای متقاطع ۱۵۹
- شکل ۵-۱۴- زمین پشته بندی شده ۱۶۰
- شکل ۵-۱۵- شکل دمی زمین با استفاده از اسکیر و سیستم تسطیح لیزی ۱۶۱
- شکل ۵-۱۶- نحوه پایین انداختن سطح ایستایی در ناحیه زراعی (*Biodrainage*) ۱۶۴
- شکل ۶-۱- توزیع رطوبت بالا و پایین سفره آب ۱۸۰
- شکل ۶-۲- رابطه بین آبدی ویژه و هدایت هیدرولیک خاک (دفتر استاندارد مهندسی آب، ۱۳۸۱) ۱۸۳
- شکل ۶-۳- نوسان سطح ایستایی در طول سال ۱۸۵
- شکل ۶-۴- مکان قرارگیری لوله ها یا کانال ها در پروفیل خاک ۱۸۹

شکل ۶-۵- رابطه تقریبی عمق زهکش و هزینه زهکشی در هکتار.....	۱۹۰
شکل ۶-۶- عمق نصب زهکش‌ها.....	۱۹۰
شکل ۶-۷- مقدار قابل قبول ارتفاع سطح ایستایی بالای زهکش یا کانال در آبیاری زیرزمینی.....	۱۹۲
شکل ۶-۸- تخمین ارتفاع سطح ایستایی در فاصله بین زهکش‌ها و کانال‌ها.....	۱۹۲
شکل ۷-۱- ماشین ترنچلس با تیغه ۷ شکل.....	۱۹۸
شکل ۷-۲- طرز کار تیغه ۷ شکل در ماشین ترنچلس.....	۱۹۸
شکل ۷-۳- ماشین ترنچلس با تیغه Z شکل.....	۱۹۹
شکل ۷-۴- طرز کار تیغه Z شکل در ماشین ترنچلس.....	۱۹۹
شکل ۷-۵- ترنچر چرخشی.....	۲۰۰
شکل ۷-۶- ترنچر لادری.....	۲۰۱
شکل ۷-۷- ترنچر زنجیرهای.....	۲۰۱
شکل ۸-۱- انتخاب فیلتر براساس روش USBR (علیزاده، ۱۳۸۳).....	۲۱۲
شکل ۸-۲- پیشنهادانی برای پوشش فیلتر بست به بافت خاک (سرویس حفاظت منابع طبیعی آمریکا، ۲۰۰۱).....	۲۱۳
شکل ۸-۳- روش بستر سازی یا کارگذاری پوشش ریگ- شنی.....	۲۱۵
شکل ۸-۴- نمونه ای از پوشش پیش تنیده.....	۲۱۷
شکل ۹-۱- شنشو دهنده توسط جت آب.....	۲۲۵
شکل ۹-۲- نازل شنشو دهنده لوله زهکش.....	۲۲۶
شکل ۹-۳- کارکرد لوله های زهکش در شرایط مختلف.....	۲۲۹
شکل ۱۱-۱- دیاگرام برای معادله هوخهات برای محاسبه فاصله زهکش‌ها.....	۲۵۶
شکل ۱۱-۲- دیاگرام برای معادله هوخهات در لوله های زهکش.....	۲۵۸
شکل ۱۱-۳- رابطه عمق معادل و عمق وقتی شعاع زهکش ۰/۶ فوت باشد.....	۲۵۹
شکل ۱۱-۴- رابطه عمق معادل و عمق وقتی شعاع زهکش ۰/۷ فوت باشد.....	۲۵۹
شکل ۱۱-۵- رابطه عمق معادل و عمق وقتی شعاع زهکش ۰/۸ فوت باشد.....	۲۶۰
شکل ۱۱-۶- محاسبه فاصله زهکشها به روش هوخهات دونان برای خاک یک لایه و $L/m < 100$ (بومنس).....	۲۶۳
شکل ۱۱-۷- محاسبه فاصله زهکشها به روش هوخهات دونان برای خاک یک لایه و $L/m > 100$ (بومنس).....	۲۶۴
شکل ۱۱-۸- محاسبه فاصله زهکشها به روش هوخهات دونان برای خاک دو لایه و $L'/m < 100$ (بومنس).....	۲۶۷
شکل ۱۱-۹- محاسبه فاصله زهکشها به روش هوخهات دونان برای خاک دو لایه و $L'/m > 100$ (بومنس).....	۲۶۷
شکل ۱۱-۱۰- زهکش در خاک با لایه های مختلف، ضخامت و هدایت هیدرولیکی متفاوت.....	۲۷۰

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- علل بروز زه در دشتهای بحرانی کشور.....	۹
جدول ۱-۲- تعیین مقدار C مربوط به رابطه $Mc Math$	۴۳
جدول ۲-۲- راهنمای تعیین تعداد چاهک.....	۵۰
جدول ۱-۳- حدود اعتبار قانون دارسی.....	۶۷
جدول ۱-۴- تعداد آزمایش مورد نیاز با توجه به فاصله زهکش ها.....	۹۰
جدول ۲-۴- طبقه بندی هدایت هیدرولیکی.....	۹۴
جدول ۳-۴- عمق مناسب اندازه گیری هدایت هیدرولیکی خاک (<i>Agricultural Drainage</i>).....	۹۹
جدول ۴-۴- عمق مناسب اندازه گیری هدایت هیدرولیکی (قانو).....	۹۹
جدول ۵-۴- فاکتور A به صورت نسبت A/D برای آزمایش پیزومتری.....	۱۱۹
جدول ۶-۴- فاکتورهای تصحیح درجه حرارت برای اصلاح هدایت هیدرولیکی محاسبه شده.....	۱۲۸
جدول ۱-۵- کلیه امکانات و محدودیت های زهکشی زیستی و اولویت های زهکشی (اکرم، ۱۳۸۳).....	۱۶۵
جدول ۱-۶- ضریب زهکشی در شرایط مختلف برای طراحی.....	۱۷۴
جدول ۲-۶- برآورد راندمان کاربرد آب و نفوذ عمقی در روشهای مختلف آبیاری (قانو).....	۱۷۵
جدول ۳-۶- نفوذ عمقی تقریبی در آبیاری سطحی با توجه به بافت خاک ($USBR$).....	۱۷۶
جدول ۴-۶- نفوذ عمقی تقریبی در آبیاری سطحی با توجه به سرعت نفوذ ($USBR$).....	۱۷۶
جدول ۵-۶- ضریب زهکشی در شرایط مختلف.....	۱۷۸
جدول ۶-۶- تغییرات آبدی ویژه با یافت خاک.....	۱۸۲
جدول ۷-۶- عمق تثبیت سطح ایستابی (متر) برای تعیین فاصله زهکش ها برای جریان های ماندگار (قانو).....	۱۸۶
جدول ۸-۶- عمق تثبیت سطح ایستابی (متر) برای تعیین فاصله زهکش ها برای جریان های غیرماندگار (قانو).....	۱۸۶
جدول ۹-۶- عمق تثبیت سطح ایستابی (متر) با توجه به صعود مویستگی.....	۱۸۷
جدول ۱-۱۰- طبقه بندی آب آبیاری توسط آزمایشگاه شوری ایالات متحده (به نقل از غلامعلی زاده آهنگر، ۱۳۸۱).....	۲۳۸
جدول ۲-۱۰- طبقه بندی شوری آب آبیاری (تورن و پترسون، ۱۹۵۵).....	۲۳۹
جدول ۳-۱۰- طبقه بندی شوری آب آبیاری (تورن و پترسون، ۱۹۵۵).....	۲۳۹
جدول ۴-۱۰- طبقه بندی آبها براساس هدایت الکتریکی (رودز و همکاران ۱۹۹۲).....	۲۴۱
جدول ۵-۱۰- حد تحمل گیاهان و پتانسیل تولید درمقابل شوری آب آبیاری و شوری عصاره اشباع خاک (قانو).....	۲۴۴