

به نام خدا



مهندسی آبیاری و زهکشی

(بخش اول)

نویسندگان:

Peter Waller

Muluneh Yitayew

مترجمان:

مهندس حسین رحمتی، دکتر سعید برومندنسب، مهندس حسن گلی

ویراستار علمی:

دکتر فرهاد موسوی (عضو هیأت علمی دانشگاه سمنان)

ویراستار ادبی:

دکتر نوید فیروزی (عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود)

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 می گیرند.

مهندسی آبیاری و زهکشی (بخش اول)

مؤلفان: Peter Waller
Muluneh Yitayew
مترجمان: مهندس حسین رحمتی
دکتر سعید برومند نسب
مهندس حسن گلی
ویراستار علمی: دکتر فرهاد موسوی
ویراستار ادبی: دکتر نوید فیروزی
ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
صفحه آرای: شبنم هاشم زاده
طرح روی جلد: داریوش فرسای
چاپ: صدف
نوبت چاپ: سوم
تاریخ نشر: ۱۳۹۸
تیراژ: ۵۰ جلد
قیمت: ۱۳۵۰۰۰۰ ریال
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۷۲۴-۸
نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،
خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،
پلاک ۱۲۵۱ تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶
فروشگاههای اینترنتی دیباگران تهران:

WWW.MFTBOOK.IR

www.dibagarantehran.com

نشانی اینستاگرام: [Dibagaran_publishing](https://www.instagram.com/Dibagaran_publishing) نشانی تلگرام: [@mftbook](https://www.t.me/mftbook)

اپلیکیشن دیباگران را از سایت های فروشگاههای ما دریافت و نصب نمایید.

سرشناسه: والر، پیتر، Waller, Peter

عنوان و نام پدید آور: مهندسی آبیاری و زهکشی / نویسنده
پیت والر: مترجمان: حسین رحمتی، سعید برومند نسب، حسن
گلی.

مشخصات نشر: تهران- دیباگران تهران- ۱۳۹۶

مشخصات ظاهری: ۵۰۸ ص. مصور.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۷۲۴-۸

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: عنوان اصلی: Irrigation and Drainage Engineering

موضوع: آبیاری - مهندسی

موضوع: Irrigation Engineering

موضوع: زهکشی

موضوع: Drainage

موضوع: کشاورزی- مهندسی

موضوع: Agricultural Engineering

شناسه افزوده: بیتایو، مولونه

شناسه افزوده: Yitayew, Muluneh

شناسه افزوده: رحمتی، حسین، (مترجم)، ۱۳۶۸-

شناسه افزوده: برومند نسب، سعید، ۱۳۳۸- مترجم

شناسه افزوده: گلی، حسن، ۱۳۳۸- مترجم

رده بندی کنگره: ۹۱۳۹۶ م ۲ و ۸۰۵/ TC

رده بندی دیویی: ۶۲۷/۵۲

شماره کتابشناسی ملی: ۴۸۷۶۹۵۹

www.mftdibagaran.ir

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه.....	۱۵
تاریخچه آبیاری و زهکشی زیرزمینی.....	۱۷
اصول بنیادین (فصول ۲ الی ۱۱).....	۲۶
سیستم‌های آبیاری (فصول ۱۲ الی ۲۲).....	۲۷
آبیاری بارانی (فصول ۱۲ الی ۱۴).....	۳۴
آبیاری قطره‌ای محصولات کشاورزی (فصول ۱۷ الی ۱۹).....	۳۹
آبیاری سطحی (فصل ۲۰).....	۴۲
سیستم‌های آبیاری قطره‌ای هیدروپونیک (فصل ۲۱).....	۴۳
آبیاری حبابی کم‌فشار (فصل ۲۲).....	۴۳
زیر سطح خاک (فصول ۲۳ الی ۳۱).....	۴۳
کاربرد ضایعات و آلاینده‌ها در خاک (فصول ۲۳ و ۲۴).....	۴۴
مدل WINDS (فصول ۲۵ الی ۲۹).....	۴۴
سیستم‌های زهکشی زیرسطحی (فصول ۳۰ و ۳۱).....	۴۶
ارزش آب.....	۴۶
سؤالات.....	۴۹
منابع.....	۴۹
فصل دوم: اقتصاد آبیاری.....	۵۱
تابع تولید محصول نسبت به آب.....	۵۲
هزینه‌های زیست‌محیطی.....	۵۶
انتقال تابع تولید محصول نسبت به آب از یک اقلیم به اقلیم دیگر.....	۵۹

۶۱	برآورد ترکیبی از عملکرد محصول
۶۱	یکنواختی آبیاری و اقتصاد
۶۳	تجزیه و تحلیل اقتصاد مهندسی
۷۳	نمودارهای جریان نقدی
۷۶	فروش و روابط مشتری
۸۰	سؤالات
۸۲	منابع
۸۳	فصل سوم: فیزیک خاک
۸۵	تکامل خاک و لایه‌بندی
۸۵	بافت خاک
۸۹	ساختمان خاک
۸۹	منطقه ریشه
۹۰	روابط آب-خاک
۱۰۵	توصیف لایه‌های خاک
۱۰۶	سری Mohall
۱۰۸	تخمین پارامترها در لایه‌های خاک
۱۱۱	نفوذ
۱۱۷	حسگرهای رطوبت خاک
۱۲۱	سؤالات
۱۲۴	منابع
۱۲۵	فصل چهارم: تنش‌های شوری و رطوبتی
۱۲۶	واحدهای شوری
۱۲۹	انرژی پتانسیل اسمزی در خاک‌ها

تنش شوری.....	۱۳۳
ضریب تنش آبی.....	۱۳۹
مدل سازی شوری خاک.....	۱۴۱
نسبت آب شویی.....	۱۴۳
عمق کاربرد آبیاری و نسبت آب شویی.....	۱۴۸
برنامه ریزی پروژه و شوری.....	۱۴۸
سدیمی شدن.....	۱۴۹
سمیت یون ویژه.....	۱۵۱
سؤالات.....	۱۵۲
منابع.....	۱۵۴

فصل پنجم: تبخیر-تعرق..... ۱۵۵

انتقال جرم و انرژی از گیاه به اتمسفر.....	۱۵۷
تابش.....	۱۶۲
مدل تبخیر-تعرق پنمن.....	۱۶۵
محاسبه تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از داده های ایستگاه هواشناسی.....	۱۶۹
روش محاسبه تبخیر-تعرق مرجع هارگریوز-سامانی.....	۱۸۳
برآورد تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از تَشت تبخیر.....	۱۸۵
دستیابی به اطلاعات هواشناسی.....	۱۸۷
شبیه سازی سری فوریه از اطلاعات اقلیمی.....	۱۸۸
سؤالات.....	۱۹۰
منابع.....	۱۹۲

فصل ششم: تبخیر-تعرق گیاه..... ۱۹۳

ضریب گیاهی.....	۱۹۴
-----------------	-----

۲۰۴ضریب واحد حرارتی گیاهی.....

۲۰۸سری فوریه ضریب واحد حرارتی گیاهی.....

۲۰۹برنامه‌ریزی آبیاری.....

۲۱۴سیستم‌های آبیاری با تناوب بالا.....

۲۱۷سنجش از دور و تنش گیاهی.....

۲۲۳سؤالات.....

۲۲۵منابع.....

فصل هفتم: طراحی لاترال آبیاری ۲۲۷

۲۲۸هیدرولیک.....

۲۳۶آمار.....

۲۴۱بهینه‌سازی طراحی و مدیریت آبیاری.....

۲۴۲شبیه‌سازی تغییرات هیدرولیکی و آماری.....

۲۵۲شبیه‌سازی شیب.....

۲۵۳شبیه‌سازی پارامترهای محیطی.....

۲۵۶سؤالات.....

۲۵۹منابع.....

فصل هشتم: طراحی خط اصلی..... ۲۶۱

۲۶۲طبقه‌بندی اندازه لوله.....

۲۶۳محاسبات انرژی خط لوله.....

۲۸۱فشارپذیری.....

۲۸۴جریان غیرماندگار، فشار ضربه قوچ و هوا.....

۲۹۳نصب.....

۲۹۴حفر ترانشه، نصب، مقاومت لوله و خوردگی.....

۲۹۷	اتصالات لوله.....
۲۹۸	تنظیم فشار.....
۲۹۹	قطر اقتصادی لوله: هزینه انرژی در مقابل هزینه‌های اصلی.....
۳۰۴	سؤالات.....
۳۰۶	منابع.....
۳۰۷	فصل نهم: پمپ
۳۰۸	انواع پمپ.....
۳۱۱	منحنی‌های عملکرد پمپ.....
۳۱۸	پیدا کردن نقطه تلاقی منحنی سیستم و منحنی پمپ.....
۳۲۱	کنترل‌کننده‌های پمپ دور متغیر.....
۳۲۳	نصب پمپ گریز از مرکز.....
۳۲۶	پمپ‌های توربینی (پمپ‌های چاه).....
۳۲۸	توان و هزینه ایستگاه پمپاژ.....
۳۳۱	افت اصطکاکی ایستگاه پمپاژ و ارتفاع مورد نیاز.....
۳۴۰	سیستم‌های شیم‌آبیاری.....
۳۴۲	سؤالات.....
۳۴۶	منابع.....
۳۴۷	فصل دهم: آب‌های زیرزمینی
۳۵۰	لایه‌های آبدار.....
۳۵۴	پارامترهای لایه آبدار.....
۳۵۶	جریان در لایه آبدار.....
۳۶۰	مدل‌های حالت ماندگار از شدت جریان چاه.....
۳۶۱	مدل لایه آبدار محصور.....

۳۶۴	مدل لایه آبدار آزاد.....
۳۶۵	ظرفیت ویژه.....
۳۶۶	مدل‌های غیرماندگار لایه آبدار.....
۳۷۱	چاه‌ها.....
۳۷۳	آلودگی آب زیرزمینی.....
۳۷۴	سؤالات.....
۳۷۷	منابع.....
۳۷۹	فصل یازدهم: جریان در مجاری روباز.....
۳۸۰	انحراف آب.....
۳۸۴	راندمان انتقال.....
۳۹۱	لوله‌ها و سیفون‌ها در سیستم‌های انتقال آب.....
۳۹۲	هیدرولیک کانال‌ها: حالت ماندگار، جریان یکنواخت.....
۴۰۰	هیدرولیک کانال‌ها: استهلاک انرژی.....
۴۰۷	هیدرولیک کانال: جریان متغیر تدریجی.....
۴۱۱	اندازه‌گیری جریان.....
۴۱۹	سؤالات.....
۴۲۱	منابع.....
۴۲۳	پاسخنامه.....
۴۲۴	فصل اول.....
۴۲۵	فصل دوم.....
۴۳۲	فصل سوم.....
۴۳۷	فصل چهارم.....
۴۴۳	فصل پنجم.....

۴۴۹	.....	فصل ششم
۴۶۶۰	.....	فصل هفتم
۴۶۶	.....	فصل هشتم
۴۷۷	.....	فصل نهم
۴۹۱	.....	فصل دهم
۵۰۳	.....	فصل یازدهم

خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب‌های است که بتواند خواسته‌های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد.

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بی‌کران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگی این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گسترده‌گی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید.

در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پُر بار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "آقایان مهندس حسین رحمتی - دکتر سعید برومند نسب و مهندس حسن گلی" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نماید با مراجعه به آدرس dibagaran.mft.info (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می‌داند، یاری فرمایید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
Publishing@mftmail.com

مقدمه مؤلف

این کتاب برای سه دوره آموزشی مهندسی منابع آب و خاک، طراحی سیستم‌های آبیاری، زهکشی کشاورزی و تصفیه پساب تألیف شده است. تقریباً همه فصول با برنامه‌های "Excel/VBA" همراهند که دانشجویان با استفاده از آنها می‌توانند مانند مهندسين شاغل، مطالب اصولی را درک و همچنین این اصول را اجرا نمایند.

بخش اول، اصول کلی و بنیادین مهندسی آبیاری و زهکشی را ارائه می‌دهد: اقتصاد، فیزیک خاک، تبخیر-تعرق، طراحی لاترال، طراحی خط اصلی، پمپ‌ها، آب‌های زیرزمینی و چاه‌ها و جریان در کانال‌های روباز. از آنجا که اقتصاد، پایه تحلیل در سرمایه‌گذاری‌های کشاورزی است، ما در فصول آغازین با بحث اقتصاد شروع کرده‌ایم. خاک و تبخیر-تعرق، متغیرهای بنیادی طراحی، در طراحی سیستم‌های آبیاری هستند. در فصولی که نام برده شد، چهار رکن اصلی سیستم‌های آبیاری پوشش داده می‌شوند.

بخش دوم، فرآیند طراحی سیستم‌های آبیاری را توصیف می‌کند: سیستم عقربه‌ای، سیستم بارانی جهت آبیاری مرتع و چمن، سیستم بارانی چرخ‌دار، سیستم بارانی جهت آبیاری باغ، سیستم قطره‌ای و افشان برای فضای سبز، قطره‌ای زیرزمینی، سطحی، هیدروپونیک گلخانه‌ای و افشان کم‌فشار. برنامه‌های Excel/VBA ارائه شده در این بخش دانشجویان را قادر می‌سازد تا سیستم‌ها را با توجه به رشد گیاه، ذخایر آب، اقتصادی بودن مصرف انرژی و اثرات زیست‌محیطی، بهینه نمایند. برنامه‌های ارائه شده، کمک می‌کنند تا دانشجویان بتوانند پلی بین اصول پایه‌ای و زیربنایی و طراحی‌های پیچیده ایجاد نمایند.

در بخش پایانی این کتاب نیز به چگونگی استفاده از زمین‌های باتلاقی و کشاورزی برای تصفیه پساب، زهکشی زیرزمینی و مدل "WINDS" (کاربرد آب، آبیاری، نیتروژن، زهکشی و شوری) پرداخته شده است. توسعه نظری در این فصول بر الگوریتم‌های مدل WINDS - که شامل مدل‌های تبخیر-تعرق و شبیه‌سازی‌های انتقال و جابجایی املاح، نیتروژن و آب در لایه‌های مختلف خاک است - می‌پردازد. آب و املاح بعد از هر بارندگی در بین رخدادهای نفوذ با استفاده از روش Tipping Bucket و معادله ریچاردز روندیابی می‌شوند. مدل نیتروژن، فرآیندهای کوددهی، معدنی‌شدن، دنیتریفیکاسیون و جذب گیاه را شبیه‌سازی می‌کند. الگوریتم زهکشی از روش جریان کرکهام و همچنین اثر متقابل بین سطح ایستابی و ناحیه غیر اشباع بهره می‌گیرد. الگوریتم‌های زهکشی سنتی به کار رفته در USBR و DRAINMOD با تأکید بر ارزیابی اقتصادی طرح‌های سیستم‌های زهکشی جایگزین، ارائه می‌شود.

انتظار می‌رود که تولید محصولات کشاورزی و تقاضای آب برای بقای جمعیت رو به گسترش جهان، بحرانی باشد. امید ما این است که این کتاب به دانشجویان و مهندسين شاغل کمک کند تا با منابع محدود آب بتوانند سیستم‌های تولید غذا را گسترش داده و اثرات محیطی ناشی از این سیستم‌ها را محدود کنند. در این روش می‌توانیم برای تأمین نیازهای جمعیت رو به رشد، سیستم‌های تولید غذایی پایدار را توسعه دهیم. مهندسين کشاورزی با حل مشکلات و مدیریت تخصصی آب، نقش بسیار مهمی را در دهه‌های آینده ایفا خواهند نمود.

مقدمه مترجم

امنیت غذایی یکی از ارکان مهم استقلال کشور محسوب می‌شود. بخش کشاورزی در ایران با تأمین ۸۵ درصد مواد غذایی مورد نیاز، نقش تعیین کننده‌ای در تأمین امنیت غذایی کشور بر عهده دارد. بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده آب در اکثر مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و از جمله کشور ایران به شمار می‌رود. کمبود آب در سال‌های اخیر به یک مانع اصلی برای دستیابی به مدیریت پایدار منابع آب تبدیل شده است. در نیمه اول قرن بیستم افزایش تولید محصولات کشاورزی براساس گسترش سطح زیرکشت بوده است و در نیمه دوم قرن گذشته افزایش بهره‌وری در هر هکتار مورد توجه بوده است.

کتاب حاضر ترجمه بخش اول کتاب "مهندسی آبیاری و زهکشی"^۱ است که توسط آقایان پیتر والر^۲ و مولونه ییتایو^۳ در ۳۷ فصل تألیف و در سال ۲۰۱۶ توسط انتشارات Springer چاپ شده است. این کتاب به صورت کامل به بررسی اصول بنیادین طراحی سیستم‌های آبیاری و زهکشی پرداخته است. کتاب مذکور به سه بخش مجزا تقسیم می‌شود که بخش اول به اصول بنیادین، بخش دوم به طراحی سیستم‌های آبیاری و بخش پایانی به مباحث تکمیلی و طراحی سیستم‌های زهکشی پرداخته است. وجه تمایز این کتاب با سایر کتب موجود در عرصه مهندسی آبیاری و زهکشی، توجه به مسائل اقتصادی و زیست‌محیطی در طرح‌های آبیاری و زهکشی و ارائه برنامه‌های کامپیوتری برای حل مسائل پیچیده و یا ارزیابی طرح‌های آبیاری و زهکشی با در نظر گرفتن سناریوهای متفاوت است.

این کتاب با سرفصل‌های رشته مهندسی آبیاری و زهکشی مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در مقطع کارشناسی هم‌خوانی و تطابق دارد و همچنین می‌تواند به‌عنوان درسنامه برای دروس مرتبط با مباحثی همچون تحلیل اقتصادی طرح‌های آبیاری و زهکشی، فیزیک خاک، تنش‌های شوری و رطوبتی، تبخیر-تعرق، طراحی خطوط اصلی و نیمه‌اصلی، پمپ، آب‌های زیرزمینی و جریان در کانال‌های روباز استفاده شود. تمامی فصول این کتاب با مثال‌های متعدد و سؤالات متنوع همراه است که باعث آشنایی دانشجویان با مبانی طراحی سیستم‌های آبیاری و زهکشی و کاربرد آن‌ها در طرح‌های مذکور می‌شود. در پایان، از اساتید بزرگوار آقایان دکتر فرهاد موسوی، عضو محترم هیات علمی دانشگاه سمنان و دکتر نوید فیروزی، عضو محترم هیات علمی دانشگاه صنعتی شاهرود که به‌عنوان ویراستار علمی و ادبی، کتاب را مورد بررسی قرار داده‌اند قدردانی می‌نماییم.

¹ - Irrigation and Drainage Engineering

² - Peter Waller

³ - Muluneh Yitayew

همچنین از آقایان دکتر یاسر صفری، عضو محترم هیات علمی دانشگاه صنعتی شاهرود و دکتر محمد پرویز عضو محترم هیات علمی دانشگاه امام علی^(ع) و سرکار خانم مهندس سمیه فلاح بابت مطالعه کتاب و ارائه پیشنهادهای مؤثر سپاسگزاریم.

از خوانندگان محترم تقاضا می‌شود که با ارسال نظرات، انتقادات و پیشنهادات سازنده‌ی خود به آدرس رایانامه زیر، ما را در راستای پُربارتر کردن این اثر در چاپ‌های آینده یاری نمایند.

Hosein.Rahmati86@gmail.com

حسین رحمتی (دانشجو دکتری آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز)

سعید برومند نسب (استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز)

حسن گلی (مربی بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود)

اهواز، تابستان ۱۳۹۶