

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بهینه‌سازی سامانه‌های منابع آب

www.ketab.ir

تألیف:

دکتر امید بزرگ‌حداد

عضو هیئت علمی دانشگاه تهران



شماره مسلسل ۸۲۲۶

شماره انتشار ۳۵۶۱

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه : بزرگ حداد، امید، ۱۳۵۳-
عنوان و نام پدیدآور : بهینه‌سازی سامانه‌های منابع آب / تألیف امید بزرگ حداد.
مشخصات نشر : تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری : ۴۱۲ ص.؛ مصور، جدول، نمودار.
فراوانیت : انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۳۵۶۱
شابک : 978-964-03-6703-2
وضعیت فهرست‌نویسی : فیا
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : آب - منابع - استفاده بهینه.
موضوع : آب - ایران - - مصرف.
موضوع : آب، منابع - ایران - - مدیریت.
شناسه افزوده : دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات
رده‌بندی کنگره : ۱۳۹۳ ب ۹ ۴ / ب ۳۴۵ TD
رده‌بندی دیویی : ۳۳۳/۹۱۰ - ۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی : ۳۶۳۰۲۶۲

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. کتب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، پرنوبندی در وبلاگ، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی نشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود.

ISBN: 978-964-03-6703-2



9 789640 367032

عنوان: بهینه‌سازی سامانه‌های منابع آب

تألیف: دکتر امید بزرگ حداد

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۳

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتب با مؤلف است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بهای: ۲۰۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید قرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir تارنما: <http://press.ut.ac.ir>

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲

درباره مولف

دکتر امید بزرگ حداد



کارشناسی خود را در سال ۱۳۷۴ از دانشگاه تبریز در رشته مهندسی عمران-آب و کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۷۷ از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی در رشته مهندسی عمران سازه‌های هیدرولیکی اخذ کردند. پس از اخذ درجه دکتری در رشته مهندسی عمران منابع آب از دانشگاه علم و صنعت ایران در سال ۱۳۸۴ جهت ادامه تحقیق به خارج از کشور عزیمت کردند. در این راستا موفق به اخذ دو درجه پسادکتری به ترتیب از دانشگاه تورنتو در کانادا در سال ۲۰۰۵ در رشته عمران منابع آب و از دانشگاه دیویس کالیفرنیا در آمریکا در سال ۲۰۰۶ در رشته عمران-هیدرولوژی شدند.

پس از آن در همان سال ضمن مراجعت به ایران همکاری خود را به عنوان هیئت علمی دانشگاه تهران آغاز کردند و هم‌اکنون دانشیار دانشگاه تهران هستند. غالب موضوع تحقیق‌های ایشان را می‌توان در زمینه برنامه‌ریزی و مدیریت کمی و کیفی منابع آب و محیط زیست خلاصه کرد. همکاری با صنعت آب کشور، راهنمایی و مشاوره تعدادی رساله دکتری و پایان‌نامه کارشناسی ارشد و چاپ و ارائه مقاله‌های متعدد در مجله‌ها و کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی و تألیف و ترجمه کتاب‌های مختلف از سابقه فعالیت‌های ایشان و کسب عنوان‌های متعدد در جشنواره‌های گوناگون از جمله افتخارات ایشان است.

پیشگفتار

در سال‌های اخیر، رشد روزافزون جمعیت و تغییرهای ناشی از ارتقا و بهبود استانداردها و الگوهای زندگی، توسعه صنایع و منطقه‌های کشاورزی از یک سو و محدودیت منابع آب شیرین با کیفیت مناسب و قابل استفاده برای نیازهای مختلف از سوی دیگر، سبب توجه خاص به منابع آب، چگونگی استفاده و بازگشت آن به چرخه آب شده است. هم‌چنین، تغییرهای اقلیمی به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر منابع آب تأثیر گذاشته و اغلب موجب پدیدار شدن اثر مخرب بر منابع آب شده است. بنابراین، برقراری تعادل میان عرضه و تقاضای آب ضمن توجه به مسئله‌های هیدرولوژیکی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی هدف نهایی طراحی و بهره‌برداری از سامانه‌های آبی می‌باشد. در این بین، چالش‌هایی نظیر اختلاف‌های گروه‌های ذینفع متفاوت، لزوم توجه سطح‌های مختلف مدیریتی جهت اعمال روش‌های متفاوت ضمن توجه به معیارهای مربوطه، مانع‌های هم‌کاری و جذب سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، پیچیدگی‌های تطبیق تخصیص‌های منابع آب در قالب حوضه‌های آبریز با تقسیم‌بندی کشوری و کمبود و گاه فقدان آمار و داده‌های مناسب سبب بروز مشکل در مدیریت صحیح، به‌هم‌پیوسته و کارآمد منابع و سامانه‌های آب می‌شوند.

تحقیق در عملیات، شاخه‌ای میان‌رشته‌ای از ریاضیات کاربردی است که در زمینه‌های مختلفی نظیر مدیریت، اقتصاد و مهندسی صنایع استفاده می‌شود. در مدیریت منابع آب نیز رویکرد کاربرد تحقیق در عملیات به‌خصوص روش‌های بهینه‌سازی، می‌تواند جهت دستیابی به گزینه مناسب و بهینه عملیاتی، هم‌چنین فائق آمدن بر چالش‌های موجود در حوزه منابع آب، مفید باشد. گرچه برخی نرم‌افزارهای بهینه‌سازی و شبیه‌سازی-بهینه‌سازی موجود در مدیریت منابع آب بر پایه روش‌های بهینه‌سازی می‌باشند و بدون آموزش جزئیات نیز قابل استفاده هستند، اما آشنایی و آموزش روش‌های بهینه‌سازی، کاربر را از حالت مصرف‌کننده مطلق خارج کرده و امکان تحلیل، مقایسه و انتخاب روش‌های مختلف و نتیجه حاصل از آن را فراهم می‌آورد.

هرچند کتاب‌های متعددی در حوزه بهینه‌سازی به رشته تحریر درآمده‌اند اما کتاب حاضر سعی در معرفی و آموزش روش‌های بهینه‌سازی در حوزه منابع آب به زبان ساده دارد. در این راستا، مثال‌های آبی مختلفی از کاربرد روش‌های بهینه‌سازی ارائه شده است. به این ترتیب ضمن آشنایی با مرحله‌ها و چگونگی حل هر یک از روش‌ها، امکان مقایسه، تحلیل و انتخاب روش مناسب بهینه‌سازی برای هر مدل توسط کاربر فراهم می‌شود.

این کتاب در قالب هشت فصل تدوین شده است که در فصل اول کلیاتی از منابع آب موجود، محدودیت‌ها و لزوم کاربرد بهینه‌سازی در مسئله‌های مهندسی منابع آب ارائه می‌شوند. در فصل دوم،

مفهوم‌های پایه و اساسی مطرح در بهینه‌سازی که به عنوان مبانی اولیه باید در مدل‌سازی هر طرح منابع آب مدنظر باشند، معرفی می‌شوند. به‌طور قطع یادگیری مطالب مطرح شده در فصل دوم می‌تواند سهولت آموزش مطالب فصل‌های بعدی را فراهم آورد. در فصل سوم، برنامه‌ریزی خطی که از اصلی‌ترین روش‌های بهینه‌سازی می‌باشد، با حل مثال‌های کاربردی تشریح می‌شوند. در فصل چهارم، به معرفی و گردآوری روش‌های اصلی برنامه‌ریزی غیرخطی پرداخته شده است و مثال‌های گوناگونی در حوزه منابع آب، حل شده‌اند. در فصل پنجم، به معرفی برنامه‌ریزی پویا به عنوان روشی ساده، مهم و کاربردی از آنها بهینه‌سازی در مسئله‌هایی که یا دارای ماهیت گسسته هستند و یا با روش‌هایی گسسته‌سازی در آنها انجام گرفته است، پرداخته می‌شود. در فصل ششم، روش‌های بهینه‌سازی در مسئله‌های دارای عدم قطعیت، با ماهیت پیوسته، در منابع آب ارائه می‌شوند و در فصل هفتم عدم قطعیت‌ها در بهینه‌سازی مسئله‌های گسسته مطرح می‌شوند. در فصل هشتم، مبانی الگوریتم‌های تکاملی و فراکاوشی به عنوان روش‌های نوینی که جایگاه خود را در یافتن جواب بهینه آب پیدا کرده‌اند، معرفی می‌شوند.

شایان ذکر است که با وجود ابزارهای متنوع بهینه‌سازی، کاربردهای فراوان و کارایی مطلوب آنها در حل مسئله‌های مختلف، فرهنگ‌سازی به‌منظور کمی کردن، ارائه مدل ریاضی و در نهایت بهینه‌سازی مسئله‌های حوزه آب، نیاز به کمک و پشتیبانی تمامی دست‌اندرکاران این حوزه دارد. بنابراین کتاب حاضر سعی در گردآوری، تدوین و معرفی ابزارهای بهینه‌سازی به تمامی مخاطبان حوزه آب به زبان ساده، جهت استفاده و کاربرد در سطح‌های مختلف علمی و عملی را دارد. در این قسمت از تلاش‌های خانم مهندس سمانه سیفالهی آغمیونی در تدوین و بازخوانی کتاب، به خصوص فصل‌های دوم، ششم، هفتم و هشتم قدردانی می‌شود. به‌طور قطع با وجود تمامی تلاش‌های انجام شده، کاستی‌هایی در کتاب حاضر وجود دارد که از نظر خوانندگان پوشیده نمی‌ماند. امید است که خوانندگان محترم، با ارائه نظرها و پیشنهادهای خود، زمینه غنای بیش‌تر و بهبود کیفیت مجموعه حاضر را فراهم آورند.

امید بزرگ‌حداد، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
فصل اول.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- منابع و مصارف آب در جهان و ایران.....	۲
۳-۱- مفهومها، تعاریفها و اصطلاحهای منابع آب.....	۷
۴-۱- لزوم بهینه‌سازی در مدیریت منابع آب.....	۹
۵-۱- شاخص‌های مدیریت و ارتباط و انطباق آن با بهینه‌سازی.....	۱۲
۶-۱- کاربردهایی از بهینه‌سازی در مدیریت منابع آب.....	۱۶
۷-۱- جمع‌بندی.....	۲۲
۸-۱- منابع و مآخذ.....	۲۳
فصل دوم.....	۲۵
۱-۲- مقدمه.....	۲۵
۲-۲- مفهوم‌های پایه.....	۲۵
۳-۲- خصوصیت‌های مختلف مسئله‌های بهینه‌سازی.....	۳۹
۱-۳-۲- مسئله‌های خطی و غیرخطی.....	۴۰
۲-۳-۲- مسئله‌های پیوسته و ناپیوسته (صحیح، گسسته و دودویی).....	۴۱
۳-۳-۲- مسئله‌های محدب و غیرمحدب (مقعر).....	۴۴
۴-۳-۲- مسئله‌های تفکیک‌پذیر و تفکیک‌ناپذیر.....	۴۹
۵-۳-۲- مسئله‌های تک‌قله‌ای و چندقله‌ای.....	۴۹
۴-۲- خصوصیت‌های متغیرها و نمایه‌های مدل‌های بهینه‌سازی.....	۵۱
۱-۴-۲- متغیرهای پیوسته.....	۵۱
۲-۴-۲- متغیرهای ناپیوسته (عدد صحیح، گسسته یا دودویی).....	۵۱
۳-۴-۲- نمایه‌های قطعی.....	۵۲
۴-۴-۲- نمایه‌های تصادفی یا احتمالی.....	۵۲
۵-۴-۲- نمایه‌های استوکاستیکی.....	۵۳

۵۳	۶-۴-۲- نمایه‌های فازی
۵۶	۵-۲- دسته‌بندی روش‌های بهینه‌سازی
۵۷	۱-۵-۲- روش‌های خطی-غیرخطی
۵۷	۲-۵-۲- روش‌های قطعی-تصادفی (احتمالی)-استوکاستیک
۵۸	۳-۵-۲- روش‌های پیوسته-ناپیوسته
۵۹	۴-۵-۲- روش‌های صریح-فازی
۵۹	۱-۵-۲- روش‌های کلاسیک-مدرن
۶۰	۶-۲- جستجو در فضای تصمیم به دنبال نقطه بهینه
۶۱	۱-۶-۲- روش‌های شبیه‌سازی و جستجو
۶۱	۱-۱-۶-۲- نمونه‌گیری در شبکه یکنواخت
۶۵	۲-۱-۶-۲- روش نمونه‌گیری تصادفی
۶۸	۳-۱-۶-۲- روش آزمون و خطای هدف‌مند
۶۹	۲-۶-۲- روش حل دستگاه معادله‌ها
۶۹	۳-۶-۲- روش استفاده از مشتق‌های جزئی تابع هدف
۷۲	۴-۶-۲- مبنای مقایسه روش‌های مبتنی بر جستجوی نقطه به نقطه
۷۳	۷-۲- مبنای ریاضی در جستجوی نقطه بهینه
۷۶	۸-۲- جمع‌بندی
۷۷	۹-۲- منابع و مآخذ
۷۹	فصل سوم
۷۹	۱-۳- مقدمه
۸۰	۲-۳- مبانی برنامه‌ریزی خطی
۸۳	۱-۲-۳- فرضیه‌های برنامه‌ریزی خطی
۸۳	۱-۱-۲-۳- تناسب
۸۳	۲-۱-۲-۳- جمع‌پذیری
۸۴	۳-۱-۲-۳- بخش‌پذیری
۸۴	۴-۱-۲-۳- معین بودن
۸۴	۲-۲-۳- مثال‌هایی از برنامه‌ریزی خطی
۹۴	۳-۳- روش ترسیمی

۱۰۵	۳-۴- جستجو در بین نقطه‌های گوشه موجه
۱۰۹	۳-۵- روش سادک (سیمپلکس)
۱۲۲	۳-۵-۱- تعبیر هندسی روش سادک
۱۲۸	۳-۵-۲- حالت‌های خاص در روش سادک
۱۴۰	۳-۵-۳- حالت‌های مشابه در روش سادک
۱۴۲	۳-۵-۴- قیمت‌های سایه‌ای
۱۴۵	۳-۵-۵- دوگان (هم‌زاد) یک مسئله برنامه‌ریزی خطی
۱۵۲	۳-۶- جمع‌بندی
۱۵۲	۳-۷- منابع و مآخذ
۱۵۳	فصل چهارم
۱۵۳	۴-۱- مقدمه
۱۵۴	۴-۲- برنامه‌ریزی عدد صحیح
۱۵۹	۴-۲-۱- فرمول‌بندی مسئله‌های برنامه‌ریزی عدد صحیح
۱۵۹	۴-۲-۱-۱- رابطه‌های بین متغیرهای صفر و یک
۱۶۰	۴-۲-۱-۲- مسئله بودجه‌بندی سرمایه
۱۶۲	۴-۲-۱-۳- مسئله شارژ ثابت
۱۶۴	۴-۲-۱-۴- محدودیت‌های یا این یا آن
۱۶۶	۴-۲-۱-۵- محدودیت‌های اگر-آن‌گاه
۱۶۷	۴-۲-۱-۶- تابع‌ها با N مقدار قابل وقوع
۱۶۸	۴-۲-۲- روش‌های شاخه و کران
۱۶۹	۴-۲-۲-۱- شاخه‌بندی
۱۷۰	۴-۲-۲-۲- محاسبه حدود پایین و بالای زیرشاخه‌ها
۱۷۱	۴-۲-۲-۳- به ته رسیدن (حذف)
۱۷۱	۴-۲-۲-۴- روش‌های جستجو
۱۷۲	۴-۲-۲-۵- الگوریتم روش شاخه و کران برای مسئله‌های کمینه‌سازی (بیشینه‌سازی)
۱۷۷	۴-۳- مدل‌های غیرخطی با ماهیت غیرخطی
۱۷۸	۴-۳-۱- کشت محصول‌ها با در نظر گرفتن کشت بازار
۱۸۰	۴-۳-۲- بهره‌برداری از مخزن

۱۸۲	۴-۴ طبقه‌بندی روش‌های حل مسئله‌های برنامه‌ریزی با ماهیت غیرخطی
۱۸۲	۴-۴-۱ روش‌های خطی‌سازی در مسئله‌های تفکیک‌پذیر
۱۸۳	۴-۴-۱-۱ کمینه‌کردن بیش‌ترین یا بیشینه‌کردن کم‌ترین
۱۸۴	۴-۴-۱-۲ کمینه‌کردن قدر مطلق دو متغیر تصمیم (یا حالت)
۱۸۵	۴-۴-۱-۳ کمینه‌کردن تابع‌های هدف محدب یا بیشینه‌کردن تابع‌های هدف مقعر
۱۸۸	۴-۴-۱-۴ تابع‌های هدفی که نه محدب هستند و نه مقعر
۱۹۸	۴-۴-۲ الگوریتم‌های گرادیانی
۲۰۰	۴-۴-۲-۱ روش گرادیانی برای تابع‌های تک‌متغیره و نامقید
۲۰۲	۴-۴-۲-۲ روش گرادیانی برای مسئله‌های چندمتغیره و نامقید
۲۰۹	۴-۴-۳ الگوریتم‌های تسلسلی نامقید
۲۱۰	۴-۴-۱-۳ تابع جریمه
۲۱۱	۴-۴-۲-۳ ضریب‌های لاگرانژ
۲۱۵	۴-۴-۴ الگوریتم‌های تسلسلی تقریب
۲۱۹	۴-۵ جمع‌بندی
۲۱۹	۴-۶ منابع و مآخذ
۲۲۱	فصل پنجم
۲۲۱	۵-۱ مقدمه
۲۲۲	۵-۲ مبانی اولیه روش برنامه‌ریزی پویا
۲۳۵	۵-۳ شبکه برنامه‌ریزی پویا و رابطه‌های حاکم بر آن
۲۴۱	۵-۴ مسئله تخصیص
۲۴۵	۵-۴-۱ رویکرد حل پس‌رو
۲۴۹	۵-۴-۲ رویکرد حل پیش‌رو
۲۵۱	۵-۴-۳ ارائه جدولی حل مسئله تخصیص
۲۵۴	۵-۵ مسئله افزایش ظرفیت
۲۵۹	۵-۶ مسئله بهره‌برداری از مخزن
۲۷۲	۵-۷ جمع‌بندی
۲۷۲	۵-۸ منابع و مآخذ

۲۷۳	فصل ششم.....
۲۷۳	۱-۶- مقدمه.....
۲۷۴	۲-۶- مفهوم‌های پایه در آمار و احتمال.....
۲۷۷	۳-۶- خصوصیت‌های آماری متغیرهای تصادفی.....
۲۸۱	۴-۶- توزیع‌های احتمالاتی متغیرهای تصادفی.....
۲۸۲	۱-۴-۶- توزیع نرمال.....
۲۸۳	۲-۴-۶- توزیع لوگ نرمال.....
۲۸۴	۳-۴-۶- توزیع گاما.....
۲۸۵	۴-۴-۶- توزیع دو جمله‌ای.....
۲۸۵	۵-۴-۶- توزیع پواسون.....
۲۸۶	۵-۶- روش برنامه‌ریزی خطی استوکاستیک.....
۲۸۷	۶-۶- راه‌کارهای مختلف در روش حل برنامه‌ریزی خطی استوکاستیک.....
۲۸۷	۱-۶-۶- راه‌کارهای مبتنی بر جایگزینی مقدارهای قابل وقوع نمایه‌ها.....
۲۹۱	۲-۶-۶- روش‌های مقید به شانس.....
۲۹۹	۷-۶- جمع‌بندی.....
۲۹۹	۸-۶- منابع و مآخذ.....
۳۰۱	فصل هفتم.....
۳۰۱	۱-۷- مقدمه.....
۳۰۱	۲-۷- روش برنامه‌ریزی پویای استوکاستیک.....
۳۰۳	۳-۷- روش‌های گسسته‌سازی حجم مخزن و جریان ورودی.....
۳۰۳	۱-۳-۷- گسسته‌سازی حجم مخزن.....
۳۰۶	۲-۳-۷- گسسته‌سازی جریان ورودی (آورد آب مخزن).....
۳۰۷	۴-۷- زنجیره مارکف و محاسبه احتمال‌های انتقال.....
۳۱۱	۵-۷- رابطه‌های روش برنامه‌ریزی پویای استوکاستیک.....
۳۱۳	۶-۷- شرط‌های هم‌گرایی.....
۳۱۴	۷-۷- توسعه روش برنامه‌ریزی پویای استوکاستیک در بهره‌برداری از مخزن.....
۳۱۶	۸-۷- کاربرد روش برنامه‌ریزی پویای استوکاستیک در مسئله بهره‌برداری از مخزن سد.....
۳۱۹	۹-۷- روش برنامه‌ریزی پویای استوکاستیک در مسئله بهره‌برداری.....

از مخزن سد (مثال واقعی: سد سفیدرود)

- ۷-۱۰- روش برنامه‌ریزی پویای استوکاستیک با در نظر گرفتن دو متغیر غیرقطعی..... ۳۲۴
- ۷-۱۰-۱- ماتریس احتمال انتقال در روش برنامه‌ریزی پویای استوکاستیک با دو متغیر غیرقطعی..... ۳۲۶
- ۷-۱۰-۲- توسعه روش برنامه‌ریزی پویای استوکاستیک با دو متغیر غیرقطعی..... ۳۲۷
- ۷-۱۰-۳- روش برنامه‌ریزی پویای استوکاستیک با دو متغیر غیرقطعی..... ۳۲۹

(آب و رسوب ورودی) در مسئله بهره‌برداری از مخزن سد

- ۷-۱۰-۴- مثال مخزن سد سفیدرود..... ۳۳۴
- ۷-۱۱- جمع‌بندی..... ۳۴۰
- ۷-۱۲- منابع و مآخذ..... ۳۴۱

فصل هشتم..... ۳۴۳

۸-۱- مقدمه..... ۳۴۳

۸-۲- مبانی الگوریتم‌های تکاملی و فراکاوشی..... ۳۴۴

۸-۳- مفهومی‌ها و تعریف‌های موجود در ساختار الگوریتم‌های تکاملی و فراکاوشی..... ۳۴۵

۸-۴- دسته‌بندی الگوریتم‌های تکاملی و فراکاوشی..... ۳۴۹

۸-۵- مفهوم کدگذاری در الگوریتم‌های تکاملی و فراکاوشی..... ۳۵۲

۸-۶- تولید عددهای تصادفی..... ۳۵۴

۸-۷- تخطی از قیدها..... ۳۵۵

۸-۸- تابع برازش..... ۳۶۱

۸-۹- عملگرهای انتخاب..... ۳۶۲

۸-۱۰- عملگرهای تولید..... ۳۷۲

۸-۱۱- معیارهای توقف..... ۳۷۷

۸-۱۲- معیارهای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های تکاملی و فراکاوشی..... ۳۷۹

۸-۱۳- جمع‌بندی..... ۳۸۸

۸-۱۴- منابع و مآخذ..... ۳۸۸

منابع و مآخذ کلی کتاب..... ۳۸۹