

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دینامه‌ریزی و مدیریت سامانه‌های منابع آب (جلد اول)

پیل پیترو لاکس
مدیرون بیک

ترجمه

امید بزرگ حداد

عضو هیأت علمی دانشگاه تهران

پریساسادات آشفته

دکتری مهندسی منابع آب دانشگاه تهران

سمانه سیفاللهی آغمیونی

دکتری مهندسی منابع آب دانشگاه تهران



شماره مسلسل ۷۹۶۷

شماره انتشار ۳۵۰۱

انتشارات دانشگاه تهران

- عنوان و نام پدیدآور : برنامه‌ریزی و مدیریت سامانه‌های منابع آب / تألیف پیتر لاکس... (او دیگران)؛ ترجمه امید بزرگ‌حداد، پریاسادات آشفته، سمانه سیف‌اللهی آغمیونی.
- مشخصات نشر : تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۲.
- مشخصات ظاهری : ۴ج: مصور، جدول، نمودار.
- فروست : انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۳۵۰۱.
- شابک دوره : 978-964-03-6617-2
- شابک جلد اول : 978-964-03-6616-5
- وضع فهرست نویسی : فیفا
- وضع ثبت : عنوان اصلی: Water Resources Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models and Applications, 2005.
- داش : تألیف دنیل پیتر لاکس، الکوون بیگ، جری‌ار، استدینگر، یوزف پ.م. دایکمان، مونیکت ویلار.
- یادداشت : کتابنامه.
- موضوع : ب - افزایش منابع - اصطلاح‌ها و تعبیرها
- موضوع : تجزیه و تحلیل سیستم‌ها
- شناسه افزوده : لاکس، دنیل پی.، ۱۹۳۲ - م.
- شناسه افزوده : Loucks, Daniel
- شناسه افزوده : بزرگ‌حداد، امید، ۱۳۵۳ - مترجم
- شناسه افزوده : پریاسادات، آشفته، ۱۳۵۳ - مترجم
- شناسه افزوده : سیف‌اللهی، آغمیونی، سمانه، ۱۳۶۴ - مترجم
- شناسه افزوده : دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات
- رده‌بندی کنگره : ۱۳۹۲ ب۴/ت۵۵ TC
- رده‌بندی دیویی : ۶۲۷
- شماره کتابشناسی ملی : ۳۴۳۹۶۵۴

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفین است. کثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازتولید در وبسایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود.

عنوان: برنامه‌ریزی و مدیریت سامانه‌های منابع آب (جلد اول)

تألیف: دنیل پیتر لاکس - الکوون بیگ

ترجمه: دکتر امید بزرگ‌حداد - دکتر پریاسادات آشفته - دکتر سمانه سیف‌اللهی آغمیونی

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۲

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجمان است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها: ۳۴۰۰۰۰ ریال

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

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

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۰۱۲۰۷۸

BN: 978-964-03-6616



9 789640 366165

تقدیم به :

پروفسور میگوئل ای، مارینو،

استاد بازنشسته دانشگاه دیویس، آمریکا

مترجمان این کتاب، علاوه بر ترجمه کتاب حاضر، در بسیاری از زمینه‌های علمی، تحقیقاتی و غیره از همکاری، راهنمایی و ارائه رهنمودهای سازنده پروفسور میگوئل ای. مارینو، بهره برده‌اند. خدمات ارزنده و بی‌بدیل ایشان در زمینه توسعه علوم مهندسی و مدیریت منابع آب قابل ستایش است و بدون شک ایشان از برجسته‌ترین اساتید مطرح در علوم آب می‌باشند. ایشان با انجام مطالعات گسترده و آموزش و تربیت نیروی متخصص و فعال در صنعت آب سهم به‌سزایی در ارتقاء سطح کمتی و کیفی علوم آب داشته و نقش چشم‌گیری در تأمین کادر متخصص و هیئت علمی مجرب در سراسر جهان به طور عام و کشور عزیزمان ایران به طور خاص داشته‌اند.

مترجمان، از صمیم قلب این کتاب را برای قدردانی از همکاری مؤثر و بی‌دریغ ایشان و نیز به پاس بیش از نیم قرن تلاش ارزنده در زمینه مهندسی و مدیریت آب، به ایشان تقدیم می‌کنند.



Dedication to:

Prof. Miguel A. Mariño,

Distinguished Professor Emeritus, University of California, Davis

The translators of this book have benefited from the cooperation, guidance, and suggestions provided by Professor Miguel A. Mariño, in addition to the comments provided for the present translation during recent years. His valuable and unique services in the development of water resources engineering and management is very much appreciated. Without a doubt, it can be concluded that he is really among the most distinguished professors in the field of water resources. The wide range of his investigations and teaching, as well as the training of current and former students in water technology, has contributed immensely to the development of, and advancement in, water quantity and quality modeling. It is with distinction that he has represented university professors throughout the world in general and in our lovely country in specific.

We would like to dedicate this book to Professor Mariño because of his effective and unselfish cooperation and, for more than half a century, his valuable contributions in water resources engineering and management.

فهرست مطالب

فصل اول - مروری بر برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب

۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- مباحث مدیریت و برنامه‌ریزی: برخی مطالعات موردی	۴
۳-۱- ۱-۲-۱- کردها در جستجوی زمین، ترک‌ها خواهان آب	۶
۲-۲-۱- تقسیم آب حوزه رودخانه اردن: آیا این کار یک چاره است؟	۹
۳-۲-۱- مرمت رودخانه خروشان و گل‌آلود میسوری	۱۱
۴-۲-۱- در معرض خطر قرار گرفتن ماهی‌های قزل‌آلا	۱۲
۵-۲-۱- رودخانه زرد: چگونه جریان آب حفظ شود؟	۱۵
۶-۲-۱- رودخانه سند: چگونه با منبع دریاچه: کمک به محیط زیست یا تهدیدی برای دریاچه؟	۱۷
۷-۲-۱- مدیریت آب در زمین‌های باتلاقی فلوریدا	۱۹
۸-۲-۱- احیای دریاها و رودخانه‌های اروپا	۱۹
۹-۲-۱- رودخانه این	۲۱
۱۰-۲-۱- رودخانه سیاه	۲۳
۱۱-۲-۱- رودخانه سیاه	۲۵
۱۲-۲-۱- رودخانه سیاه: محدودیت‌های رشد کشاورزی	۲۸
۱۳-۲-۱- سدسازی برای توسعه میکنگ	۳۱
۱۴-۲-۱- بنابرین، چرا برنامه‌ریزی؟	۳۲
۱۵-۲-۱- آب بسیار کم	۳۳
۱۶-۲-۱- آب بسیار زیاد	۳۴
۱۷-۲-۱- آب آلوده	۳۴
۱۸-۲-۱- تخریب زیست‌بوم‌های آبی و ساحلی	۳۵
۱۹-۲-۱- سایر مسائل مدیریت و برنامه‌ریزی	۳۵
۲۰-۲-۱- کشتی‌رانی	۳۶
۲۱-۲-۱- فرسایش ساحل رودخانه	۳۶
۲۲-۲-۱- مسائل مربوط به مخازن	۳۷
۲۳-۲-۱- اجزای سامانه، مقیاس‌های برنامه‌ریزی و پایدار	۳۷
۲۴-۲-۱- مقیاس‌های مکانی برای برنامه‌ریزی و مدیریت	۳۸
۲۵-۲-۱- مقیاس‌های زمانی برای برنامه‌ریزی و مدیریت	۳۹
۲۶-۲-۱- پایداری	۴۱
۲۷-۲-۱- برنامه‌ریزی و مدیریت	۴۱
۲۸-۲-۱- روش‌ها	۴۲
۲۹-۲-۱- برنامه‌ریزی و مدیریت از بالا به پایین	۴۲
۳۰-۲-۱- برنامه‌ریزی و مدیریت از پایین به بالا	۴۴
۳۱-۲-۱- مدیریت یک‌پارچه منابع آب	۴۵
۳۲-۲-۱- دیدگاه‌های برنامه‌ریزی و مدیریت	۴۵
۳۳-۲-۱- جنبه‌های فنی	۴۷
۳۴-۲-۱- دیدگاه‌های اقتصادی و مالی	۴۸
۳۵-۲-۱- دیدگاه‌های سازمانی	۴۹
۳۶-۲-۱- تحلیل‌ها برای برنامه‌ریزی و مدیریت	۵۲
۳۷-۲-۱- مدل‌های پیش‌بینی و ارزیابی اثرها	۵۳
۳۸-۲-۱- مدل‌سازی با دیدگاه اشتراکی	۵۴
۳۹-۲-۱- سیاست‌های یک‌پارچه تطبیقی	۵۶
۴۰-۲-۱- مسائل پس از برنامه‌ریزی و مدیریت	۵۷
۴۱-۲-۱- مختصری از رویارویی با چالش‌های برنامه‌ریزی و مدیریت	۶۰
مسائل	۶۲
مراجع	۶۲
مراجع بیش‌تر	۶۲

فصل دوم- مدل سازی سامانه های منابع آب: نقش آن در برنامه ریزی و مدیریت

۶۵	۱-۲- مقدمه
۶۶	۲-۲- مدل سازی سامانه های منابع آب
۶۹	۱-۲-۲- یک مثال از رویکرد مدل سازی
۷۲	۲-۲-۲- ویژگی های مسائل برای مدل سازی
۷۳	۳-۲- چالش ها در مدل سازی سامانه های منابع آبی
۷۳	۱-۳-۲- چالش های برنامه ریزان و مدیران
۷۳	۲-۳-۲- چالش های مدل سازی
۷۵	۳-۳-۲- چالش های عملی استفاده از مدل ها
۷۷	۴-۲- توسعه در مدل سازی
۷۸	۱-۴- آشنایی با اصول فنی مدل سازی
۷۸	۲-۴- سامانه های پشتیبانی تصمیم گیری (DSS)
۸۰	۳-۴- مدل سازی با دیدگاه اشتراکی
۸۳	۴-۴-۲- سامانه های مدل سازی گسترده
۸۷	۳-۴-۲- یک مثال از DSS برای مدیریت سیلاب رودخانه
۸۸	۵-۲- مدیریت
۹۲	مسائل
۹۴	مراجع
۹۶	

فصل سوم- روش ها مدل سازی برای ارزیابی گزینه ها

۹۹	۱-۳- مقدمه
۱۰۱	۱-۱-۳- اجزای مدل
۱۰۳	۲-۳- تدوین و انتخاب طرح
۱۰۳	۱-۲-۳- تدوین طرح
۱۰۳	۲-۲-۳- انتخاب طرح
۱۰۶	۳-۳- روش های مدل سازی: شبیه سازی با مدل سازی
۱۰۹	۱-۳-۳- مثالی از برنامه ریزی
۱۱۰	۲-۳-۳- رویکرد مدل سازی شبیه سازی
۱۱۲	۳-۳-۳- رویکرد مدل سازی بهینه سازی
۱۱۴	۴-۳-۳- شبیه سازی در مقابل بهینه سازی
۱۱۵	۵-۳-۳- انواع مدل ها
۱۱۷	۱-۵-۳-۳- انواع مدل های شبیه سازی
۱۱۷	۲-۵-۳-۳- انواع مدل های بهینه سازی
۱۲۰	۴-۳- توسعه مدل
۱۲۲	۵-۳- مدیریت طرح های مدل سازی
۱۲۳	۱-۵-۳- جمع آوری سوابق مدل
۱۲۴	۲-۵-۳- شروع مدل سازی
۱۲۴	۳-۵-۳- انتخاب مدل
۱۲۵	۴-۵-۳- تحلیل مدل
۱۲۶	۵-۵-۳- استفاده از مدل
۱۲۷	۶-۵-۳- تفسیر نتایج مدل
۱۲۸	۷-۵-۳- گزارش نتایج مدل
۱۲۹	۶-۳- موضوعات مربوط به مقیاس
۱۲۹	۱-۶-۳- مقیاس فرایند
۱۳۰	۲-۶-۳- مقیاس اطلاعات
۱۳۰	۳-۶-۳- مقیاس مدل
۱۳۰	۴-۶-۳- مقیاس نمونه گیری
۱۳۱	۵-۶-۳- انتخاب مقیاس های درست
۱۳۱	۷-۳- جمع بندی
۱۳۳	مسائل
۱۳۳	مراجع
۱۳۸	

۱۳۸	مراجع بیش‌تر
۱۴۱	فصل چهارم - روش‌های بهینه‌سازی
۱۴۲	۱-۴-۱- مقدمه
۱۴۲	۲-۴-۲- مقایسه جریان‌های زمانی منافع و هزینه‌ها
۱۴۳	۱-۴-۲-۱- نرخ‌های بهره
۱۴۴	۲-۴-۲-۲- ارزش فعلی معادل
۱۴۵	۳-۴-۲-۳- ارزش سالانه معادل
۱۴۷	۳-۴-۳- مدل‌های بهینه‌سازی غیرخطی و روش‌های حل آن
۱۴۷	۱-۴-۳-۱- حل با استفاده از حساب دیفرانسیل و انتگرال
۱۵۰	۲-۴-۳-۲- حل با استفاده از قله‌نوردی
۱۵۰	۳-۴-۳-۳- حل با استفاده از ضرایب لاگرانژ
۱۵۴	روش
۱۵۶	۳-۴-۳-۱- مفهوم ضرایب لاگرانژ
۱۵۷	۴-۴-۳- برنامه‌ریزی پویا
۱۶۱	۱-۴-۴- شبکه‌های پویا و رابطه‌های بازگشتی
۱۶۷	۲-۴-۴-۱- روش پل پس
۱۶۹	۳-۴-۴-۲- روش پل پیش
۱۷۰	۴-۴-۴-۳- حل‌های پویا
۱۷۱	۵-۴-۴-۱- ابعاد
۱۷۱	۶-۴-۴-۲- اصل بهینگی
۱۷۱	۷-۴-۴-۳- کاربردهای بیش‌تر
۱۷۸	۱-۴-۴-۴- توسعه ظرفیت
۱۹۳	۲-۴-۴-۵- بهره‌برداری از مخزن
۱۹۴	۸-۴-۴- نکات کلی درباره برنامه‌ریزی پویا
۱۹۵	۵-۴-۵- برنامه‌ریزی خطی
۱۹۹	۱-۵-۴-۱- مدل‌های ذخیره-آبدهی مخزن
۲۰۲	۲-۵-۴-۲- مسئله مدیریت کیفیت آب
۲۰۳	۱-۵-۴-۳- واسنجی مدل
۲۱۱	۲-۵-۴-۴- مدل مدیریت
۲۱۳	۳-۵-۴-۵- مثال تامین آب زیرزمینی
۲۱۴	۱-۵-۴-۶- مدل ساده‌سازی شده
۲۱۶	۲-۵-۴-۷- مدل دقیق‌تر
۲۱۸	۳-۵-۴-۸- مدل کامل‌تر
۲۲۰	۴-۵-۴-۹- روش خطی‌سازی قطعه‌ای
۲۲۶	۴-۵-۴-۱۰- بازنگری روش‌های خطی‌سازی
۲۲۷	۶-۴-۵- جمع‌بندی
۲۴۷	مسائل
۲۴۷	مراجع
	مراجع بیش‌تر
۲۴۹	فصل پنجم - بهینه‌سازی فازی
۲۴۹	۱-۵-۱- مقدمه
۲۵۰	۱-۵-۱-۱- توابع عضویت فازی
۲۵۲	۲-۵-۱-۲- عمل‌گرهای تابع عضویت
۲۵۴	۲-۵-۲- بهینه‌سازی در شرایط فازی
۲۵۶	۳-۵-۱- مجموعه‌های فازی برای تخصیص آب
۲۵۹	۴-۵-۱- مجموعه‌های فازی برای هدف‌های ذخیره مخزن و رهاسازی آب
۲۶۵	۵-۵-۱- مجموعه‌های فازی برای مدیریت کیفی آب
۲۶۵	۶-۵-۱- جمع‌بندی
۲۶۷	مسائل
	مراجع بیش‌تر

فصل ششم - مدل های برپایه داده

۲۶۹	۱-۶ - مقدمه
۲۷۲	۲-۶ - شبکه های عصبی مصنوعی
۲۷۲	۱-۲-۶ - روش
۲۷۷	۲-۲-۶ - یک مثال
۲۷۷	۳-۲-۶ - شبکه عصبی بازگشتی در مدل سازی سامانه های مرتبط با آب شناسی پویا
۲۷۹	۴-۲-۶ - کاربردها
۲۸۰	۱-۴-۲-۶ - کاربرد شبکه عصبی بازگشتی برای شبیه سازی سامانه فاضلاب در هلند
۲۸۱	۲-۴-۲-۶ - تعادل آب در دریاچه ایسلمیر
۲۸۳	۳- الگوریتم ژنتیک
۲۸۵	۱- روش
۲۸۵	۲-۱ - تکرار مثال
۲۸۹	۴- نامهریزی ژنتیک
۲۹۱	۶- داده کاوی
۲۹۵	۱-۶ - روش های داده کاوی
۲۹۵	۶-۶ - جمع بندی
۲۹۷	مسائل
۲۹۸	مراجع
۳۰۰	مراجع بیش تر
۳۰۲	

فصل هفتم - مفاهیم آماری در مدل سازی استوکاستیک

۳۰۳	۱-۷ - مقدمه
۳۰۶	۲-۷ - مفاهیم و روش های احتمالی
۳۰۶	۱-۲-۷ - متغیرهای تصادفی و فرآیندها
۳۱۰	۲-۲-۷ - امید ریاضی
۳۱۱	۳-۲-۷ - چارک ها، گشتاورها و برآوردها
۳۱۹	۴-۲-۷ - گشتاورهای L و برآوردهای آنها
۳۲۱	۳-۷ - توزیع های پدیده های تصادفی
۳۲۱	۱-۳-۷ - برآورد نمایه ها
۳۲۳	۲-۳-۷ - کفایت مدل
۳۲۸	۳-۳-۷ - توزیع های نرمال و لوگ نرمال
۳۳۵	۴-۳-۷ - توزیع های گاما
۳۳۹	۵-۳-۷ - توزیع لوگ پیرسون نوع سه
۳۴۲	۶-۳-۷ - توزیع های گامیل و GEV
۳۴۵	۷-۳-۷ - نمودارهای گشتاورهای L
۳۴۹	۴-۷ - تحلیل داده های حذف شده
۳۵۰	۵-۷ - منطقه بندی و روش شاخص سیلاب
۳۵۴	۶-۷ - سری های تداوم جزئی
۳۵۷	۷-۷ - فرآیندهای استوکاستیکی و سری های زمانی
۳۵۹	۱-۷-۷ - توصیف فرآیندهای استوکاستیک
۳۶۰	۲-۷-۷ - فرآیندهای مارکوف و زنجیره مارکوف
۳۶۱	۳-۷-۷ - ویژگی های آماره های سری های زمانی
۳۶۵	۸-۷ - تولید جریان های مصنوعی
۳۶۹	۱-۸-۷ - مقدمه
۳۶۹	۲-۸-۷ - مدل های تولید جریان
۳۷۳	۳-۸-۷ - یک مدل خودهمبسته ساده
۳۷۵	۴-۸-۷ - تولید مجدد توزیع حاشیه ای
۳۷۹	۵-۸-۷ - مدل های چندمتغیره
۳۸۱	۶-۸-۷ - مدل های چندفصلی، مدل های چندمحلی
۳۸۵	۱-۶-۸-۷ - مدل های غیرتوده ای
۳۸۵	۲-۶-۸-۷ - مدل های ادغام شده
۳۸۹	

۳۹۱	۹-۷- شبیه‌سازی استوکاستیک
۳۹۲	۹-۷-۱- تولید متغیرهای تصادفی
۳۹۳	۹-۷-۲- شبیه‌سازی حوضه رودخانه
۳۹۴	۹-۷-۳- مدل شبیه‌سازی
۳۹۵	۹-۷-۴- شبیه‌سازی حوضه
۳۹۸	۹-۷-۵- تفسیر خروجی شبیه‌سازی
۴۰۷	۱۰-۷- جمع‌بندی
۴۰۸	مسائل
۴۲۸	مراجع
۴۳۷	فصل هشتم - مدل‌سازی عدم قطعیت
۴۳۸	۸-۱- مقدمه
۴۴۲	۸-۲- تعریف مقادیر از توزیع‌های بر مبنای احتمال معلوم
۴۴۵	۸-۳- شبیه‌سازی مونت کارلو
۴۴۷	۸-۴- مدل‌های متغیرهای شانس
۴۵۱	۸-۵- فرآیندهای مارکوف با احتمال‌های انتقال
۴۵۹	۸-۶- بهینه‌سازی استوکاستیک
۴۶۱	۸-۶-۱- احتمال‌های تصمیم‌گیری
۴۷۱	۸-۶-۲- یک مثال
۴۷۲	۸-۷- جمع‌بندی
۴۷۴	مسائل
۴۷۴	مراجع
	مراجع بیش‌تر
۴۷۷	فصل نهم - تحلیل عدم قطعیت و حساسیت مدل
۴۷۸	۹-۱- مقدمه
۴۸۳	۹-۲- مسائل، ضرورت‌ها و ادبیات فنی
۴۸۵	۹-۳- تغییرپذیری و عدم قطعیت در خروجی مدل
۴۸۷	۹-۳-۱- تغییرپذیری ذاتی
۴۸۷	۹-۳-۲- عدم قطعیت دانش
۴۸۸	۹-۳-۱-۲- عدم قطعیت مقادیر نمایه‌ها
۴۸۸	۹-۳-۲-۲- خطاهای محاسباتی و ساختاری مدل
۴۹۰	۹-۳-۳-۲- عدم قطعیت تصمیم
۴۹۰	۹-۴- تحلیل حساسیت و عدم قطعیت
۴۹۱	۹-۴-۱- تحلیل عدم قطعیت
۴۹۶	۹-۴-۱-۱- عدم قطعیت‌های مدل و نمایه‌های مدل
۴۹۷	۹-۴-۱-۲- آنچه که تحلیل عدم قطعیت می‌تواند فراهم کند
۴۹۹	۹-۴-۲- تحلیل حساسیت
۵۰۰	۹-۴-۲-۱- ضرائب حساسیت
۵۰۴	۹-۴-۲-۲- یک روش تحلیل حساسیت قطعی ساده
۵۰۶	۹-۴-۲-۳- خطاهای چندگانه و اثرهای متقابل
۵۱۰	۹-۴-۲-۴- تحلیل حساسیت مرتبه اول
۵۱۲	۹-۴-۲-۵- روش طراحی فاکتوریل جزئی
۵۲۰	۹-۴-۲-۶- روش‌های نمونه‌گیری مونت کارلو
۵۲۰	۹-۵- عدم قطعیت‌های شاخص عمل‌کرد
۵۲۵	۹-۵-۱- عدم قطعیت معیار عمل‌کرد مطلوب
۵۲۷	۹-۵-۲- شناسایی تفاوت‌های بین توزیع‌های شاخص‌های عمل‌کرد
۵۳۲	۹-۶- انتقال عدم قطعیت خروجی مدل
۵۳۳	۹-۷- جمع‌بندی
۵۳۵	مسائل
۵۳۵	مراجع
	مراجع بیش‌تر

فصل دهم- معیارهای عمل کرد

۵۴۱	۱-۱-۱- مقدمه
۵۴۳	۲-۱-۱- تصمیم گیری آگاهانه
۵۴۵	۳-۱-۱- معیارهای عمل کرد و گزینه های جایگزین کلی
۵۴۷	۱-۳-۱- قیدها بر تصمیم ها
۵۴۸	۲-۳-۱- تقابلات
۵۵۰	۴-۱-۱- کمی کردن معیارهای عمل کرد
۵۵۰	۱-۴-۱- معیارهای اقتصادی
۵۵۳	۱-۴-۱-۱- برآوردهای سود و هزینه
۵۶۰	۱-۴-۱-۲- تعبیری از در نظر گرفتن هزینه ها
۵۶۱	۱-۴-۱-۳- توابع سود کوتاه مدت و بلند مدت
۵۶۶	۱-۴-۱-۴- معیارهای زیست محیطی
۵۶۷	۳-۱-۱- معیارهای بوم شناختی
۵۷۱	۴-۱-۱- معیارهای اجتماعی
۵۷۳	۵-۱-۱- تحلیل چند معیاره
۵۷۵	۱-۵-۱-۱- روش وزنی
۵۷۶	۳-۵-۱-۱- روش وزنی
۵۷۸	۴-۵-۱-۱- رضای بخش
۵۸۱	۵-۵-۱-۱- واژه نگاری
۵۸۱	۶-۵-۱-۱- تحلیل بی تف
۵۸۲	۷-۵-۱-۱- دست یابی آرمانی
۵۸۴	۸-۵-۱-۱- برنامه ریزی آرمانی
۵۸۵	۹-۵-۱-۱- روش های تقابلی
۵۸۶	۱۰-۵-۱-۱- شبیه سازی و ارزیابی طرح
۵۸۷	۶-۱-۱- خلاصه سازی آماری معیارهای عمل کرد
۵۹۴	۱-۶-۱-۱- اطمینان پذیری
۵۹۶	۲-۶-۱-۱- برگشت پذیری
۵۹۷	۳-۶-۱-۱- آسیب پذیری
۵۹۷	۷-۱-۱- جمع بندی
۵۹۸	مسائل
۵۹۹	مراجع
۶۰۶	مراجع بیش تر
۶۰۶	واژه نامه
۶۰۹	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۶۶۴	واژه نامه فارسی به انگلیسی

فهرست مطالب جلد دوم

۱	فصل یازدهم- مدل های برنامه ریزی حوزه رودخانه
۹۳	فصل دوازدهم- مدل سازی و پیش بینی کیفیت آب
۱۹۳	فصل سیزدهم- سامانه های آب شهری
۲۵۳	فصل چهاردهم- خلاصه
۲۹۱	پیوست الف- فرآیندها و اندرکنش های سامانه طبیعی
۴۳۵	پیوست ب- پایش و مدیریت تطبیقی
۴۷۵	پیوست پ- مدیریت خشک سالی
۵۰۹	پیوست ت- مدیریت سیلاب
۵۷۹	پیوست ث- برنامه ریزی و تحلیل طرح

فهرست شکل‌ها

۵. شکل ۱-۲-۱-۱- رودخانه‌های دجله و فرات در کشورهای ترکیه، شمال سوریه و عراق.....
۵. شکل ۲-۱-۲-۱- سد آتاتورک روی رودخانه فرات در کشور ترکیه (DSI).....
۶. شکل ۳-۱-۲-۱- ورزش‌های آبی روی دریاچه سد آتاتورک روی رودخانه فرات در کشور ترکیه (DSI).....
۷. شکل ۱-۲-۲-۱- رودخانه اردن بین سرزمین‌های فلسطین اشغالی و اردن.....
۱۰. شکل ۱-۳-۲-۱- رودخانه‌های اصلی در قاره ایالات متحده.....
۱۱. شکل ۱-۴-۲-۱- یک ماهی قزل‌آلا در حال شنا به بالادست (سازمان خدمات ماهیان و حیات وحش ایالت متحده، اقیانوسیه).....
۱۳. شکل ۲-۴-۲-۱- سدهای رودخانه‌های مار و کلمبیا که توسط کمپین رودخانه‌های کلمبیا و مار برای اصلاح یا از بین بردن ایجاد مکان عبور برای ماهی‌های قزل‌آلا تعیین شده‌اند.....
۱۵. شکل ۱-۵-۱- حوضه رودخانه زرد.....
۱۶. شکل ۱-۶-۲- آب‌های سرد و عمیق دریاچه کایوگا برای خنک کردن ساختمان‌های یک مدرسه و دانشگاه محلی مورد استفاده قرار می‌گیرند (آزمایشگاه زیست‌محیطی شهر ایتاکا).....
۱۸. شکل ۷-۲-۱- تالارهای زمین‌های باتلاقی در فلوریدای جنوبی (بخش مدیریت آب فلوریدای جنوبی).....
۱۹. شکل ۷-۱-۱- ایستگاه پمپاژ روی کانال زهکش در فلوریدای جنوبی (بخش مدیریت آب فلوریدای جنوبی).....
۲۰. شکل ۱-۲-۱- حوضه رودخانه راین در غرب اروپا و گستردگی آن در هلند.....
۲۳. شکل ۱-۸-۲-۱- رودخانه‌های اروپای مرکزی.....
۲۴. شکل ۱-۳-۸-۲-۱- رودخانه‌های اصلی اروپا.....
۲۷. شکل ۱-۹-۲-۱- حوضه رودخانه نیل.....
۲۸. شکل ۱-۱۰-۲-۱- رودخانه‌های بزرگ که هنوز در تعادل با زندگی پیرامون خود می‌باشد.....
۲۹. شکل ۲-۱۰-۲-۱- پایین‌دست رودخانه می‌کونگ.....
۳۱. شکل ۱-۲-۳-۱- کم‌ترین ریسک وقوع سیلاب روی یک سیلاب‌دشت همیشه به عنوان بهترین ریسک نیست و ریسک قابل قبول ممکن است به مقدار بیمه یا کمک‌های دولتی تأمین شود در زمان وقوع خسارت‌های سیلاب بستگی داشته باشد.....
۳۸. شکل ۱-۴-۱- تقابل بین زیرسامانه‌ها و بین محیط‌های زیرسامانه‌ها.....
۵۱. شکل ۱-۳-۵-۱- چارچوب تحلیلی معمول برای منابع آب.....
۶۶. شکل ۱-۱-۲- استفاده از مدل‌های ذهنی برای پیش‌بینی.....
۷۰. شکل ۲-۱-۲- استفاده از مدل‌های رایانه‌ای برای پیش‌بینی.....
- شکل ۱-۱-۲-۲- تأثیرهای ورود بیش از حد مواد مغذی در رودخانه‌ها و دلیل ورود بارهای بیش از حد مواد مغذی (بورساک و همکاران، ۲۰۰۱).....
۷۱. شکل ۲-۱-۲-۲- نمودار علت و معلول برای مغذی شدن رودخانه‌ها و دلیل ورود بارهای بیش از حد مواد مغذی (بورساک و همکاران، ۲۰۰۱).....
- شکل ۱-۲-۴-۲- ذی‌نفعان دخیل در برنامه‌ریزی و مدیریت حوضه رودخانه‌ها و اهداف و اطلاعات مورد نیاز مختلف (تیت اخبار مهندسی، ۲۰ سپتامبر ۱۹۹۳).....
۸۱. شکل ۲-۲-۴-۲- مؤلفه‌های معمول در بسیاری از DSSها.....
۸۳. شکل ۳-۲-۴-۲- انواع مختلف DSSها (آکالاگان، ۱۹۹۶).....
۸۵. شکل ۱-۱-۲-۴-۲- رابط اصلی برنامه WEAP، که نوعی از انواع مدل‌های عمرانی حوضه رودخانه می‌باشد که قادر به شبیه‌سازی هر سامانه رودخانه ترسیم شده بر روی رایانه است.....
۸۸. شکل ۱-۳-۲-۴-۲- اقدامات مربوط به بهسازی رودخانه (سوست (ت) ملاحظه شود).....
۸۹. شکل ۲-۲-۴-۲- اثر رقم آب از ۴۰ اندازه‌گیری رودخانه آب‌وال تحت شرایط سیلاب واقعی و محاسبه شده توسط مدل دوبعدی، شبیه‌سازی اندازه‌گیری‌ها با خط کم‌رنگ و روش بسته برنامه‌ریزی با خط پررنگ.....
۹۱. شکل ۳-۳-۲-۴-۲- صفحه اصلی بسته برنامه‌ریزی، شکل‌های هندسی کوچک در محل‌های مختلف روی بازه انتخابی رودخانه، گزینه‌ها هستند. نمودار، رقوم‌های مرتبط با گزینه‌های انتخابی را نشان می‌دهد.....
۹۲. شکل ۱-۱-۱-۳- این ذی‌نفعان، هریک دارای هدفی در مدیریت حوضه رودخانه و حوضه آبریز هستند. در اینجا آنها از مدل فیزیکی برای کمک به تجسم و پرداختن به مسائل مربوط به برنامه‌ریزی و مدیریت استفاده می‌کنند. مدل‌های ریاضی، به‌ویژه برای برنامه‌ریزی و مدیریت مطالعات اغلب جایگزین مدل‌های فیزیکی می‌شوند (مک‌گرو-هیل، ۲۰ سپتامبر، ۱۹۹۳).....
۱۰۲. شکل ۱-۱-۳-۳- سامانه شبیه‌سازی شده تخصیص آب و مخزن.....
۱۱۰. شکل ۱-۱-۳-۳- سامانه شبیه‌سازی شده تخصیص آب و مخزن.....

شکل ۳-۱-۳-۲ - سیاست رهاسازی مخزن به صورت تابعی از حجم ذخیره فعلی و جریان ورودی فعلی و سیاست تخصیص رهاسازی مخزن برای جریان پایین دست مخزن است. ناحیه مشخص شده در سیاست رهاسازی مخزن، منطقه رهاسازی های موجه را نشان می دهد. از نظر فیزیکی، رهاسازی ها در نقاط خارج از ناحیه مشخص شده غیرممکن هستند. ۱۱۱

شکل ۳-۲-۳-۱ - روند جریان فرآیند شبیه سازی سامانه تخصیص. پس از تعدادی گام های زمانی از پیش تعریف شده، شبیه سازی پایان می یابد. ۱۱۳

شکل ۳-۲-۳-۴ - نمایش تفاوت میان مدل های شبیه سازی و بهینه سازی. شبیه سازی "چه چیزی ممکن است اتفاق بیافتد، اگر" و بهینه سازی "چه چیزی باید باشد" را در نظر دارند. هر دو نوع مدل سازی اغلب در مطالعات برنامه ریزی و مدیریت منابع آب ضروری هستند. ۱۱۶

شکل ۳-۲-۴-۲ - طیف وسیعی از انواع مدل های شبیه سازی بر اساس این که تا چه حد داده های اندازه گیری و توصیف های فرایندهای سامانه در مدل سازی شامل می شوند. ۱۱۷

شکل ۳-۲-۴-۱ - نمونه ای از یک مدل مفهومی بدون جزئیات مربوطه، که ارتباط علت و معلول را بین تصمیمات مدیریتی و راهکارها مشخص، نشان می دهد. ۱۲۲

شکل ۳-۵-۲ - مراحل مختلف فرآیند مدل سازی. ۱۲۴

شکل ۳-۶-۲ - تطبیق بین انواع مختلف مقیاس. ۱۳۱

شکل ۳-۳-۳ - سه روش تخصیص آب که مقدار تخصیص x_i به آنها به مقدار کل آب موجود Q وابسته است. ۱۴۶

شکل ۳-۴-۴ - توانایی منافع خالص مقعر و شیب آنها در تخصیص های x_1^* ، x_2^* و x_3^* . ۱۴۷

شکل ۳-۳-۴ - روش مدیریت قلمرویی برای یافتن تخصیص جریان Q_{max} به هر سه کارخانه با حفظ کمترین جریان مورد نیاز در رودخانه. ۱۴۸

شکل ۳-۲-۲-۳ - سیاست تخصیص که کل سود خالص به دست آمده از مجموع کارخانه ها را بیشینه می کند. ۱۴۹

شکل ۳-۱-۳-۳-۴ - قیمت های واحد که فروش مقادیر مشخصی از تولیدهای (p_j) هر سه کارخانه را تضمین می کند. ۱۵۱

شکل ۳-۱-۴-۴ - شبکه ای با تعداد محدودی مسیر گسسته قابل تخصیص به سه کارخانه مصرف کننده آب (j) را نشان می دهد. گره ها نشان دهنده مقدار گسسته آب و اتصالات نیز نشان دهنده مقادیر تخصیص (x_j) هستند. ۱۵۷

شکل ۳-۱-۴-۴ - شبکه ای که تعدیل انبساط مدیران نسبت به تخصیص به سه کارخانه مصرف کننده آب را نشان می دهد. گره ها نشان دهنده مقدار گسسته آب در دسترس اتصالات نیز نشان دهنده مقادیر تخصیص هستند. اعداد روی اتصالات نشان دهنده سودهای خالص به دست آمده از این مقادیر تخصیص می باشند. ۱۶۱

شکل ۳-۲-۴-۴ - استفاده از روش پس رو در برنامه حل پویا برای یافتن بقیه سودهای خالص بیشینه $F_j(S)$ و تخصیص های بهینه (با علامت پیکان بر روی اتصالات مشخص شده اند) برای هر حالت در مرحله سوم، سپس برای هر حالت در مرحله دوم و در نهایت برای حالت اولیه در مرحله اول، به منظور محاسبه سیاست تخصیص بیشینه کل سودهای خالص $F(10)$ کم ترین جریان مورد نیاز در رودخانه (R). علاوه بر ۱۰ واحد آب موجود برای مصرف در شبکه ارائه نشده است. ۱۶۴

شکل ۳-۲-۴-۴ - استفاده از روش پیش رو برای محاسبه سود خالص بیشینه $F_j(S)$ و تخصیص های بهینه (که با علامت پیکان مشخص شده اند) برای رسیدن به حالت های مختلف در راه های هر مرحله. ۱۶۸

شکل ۳-۱-۷-۴-۴ - تغییرات تقاضا (خط چین) و برنامه ریزی توسعه ظرفیت برای پاسخ دادن به افزایش تقاضا. ۱۷۳

شکل ۳-۱-۷-۴-۴ - شکل کلی تابع هزینه برای ظرفیت اضافه شده با داشتن یک سطح ظرفیت معلوم فعلی. تابع هزینه نشان دهنده هزینه های ثابت C_0 و اقتصاد مقیاس در ارتباط با بخش مقعر تابع هزینه می باشد. ۱۷۳

شکل ۳-۱-۷-۴-۴ - شبکه تصمیمات (اتصالات) گسسته توسعه ظرفیت برای تامین تقاضا. ۱۷۴

شکل ۳-۱-۷-۴-۴ - شبکه گسسته توسعه ظرفیت که نشان دهنده ارزش فعلی هزینه سرمایه گذاری برای هر تصمیم اتخاذ شده برای توسعه ظرفیت سامانه است. بهترین مسیر در طول این شبکه را می توان با استفاده از روش پیش رو یا پس رو جستجو کرد. ۱۷۵

شکل ۳-۱-۷-۴-۴ - روش حل پیش رو برای مسئله توسعه ظرفیت. مقادیر نوشته شده در کنار گره ها معادل مقادیر کمیته هزینه برای رسیدن به حالت خاص در پایان دوره زمانی خاص t هستند. ۱۷۷

شکل ۳-۱-۷-۴-۴ - روش حل پس رو برای مسئله توسعه ظرفیت. مقادیر نوشته شده در کنار گره ها معادل مقادیر کمیته هزینه باقی مانده برای داشتن ظرفیت خاص مورد نیاز در انتهای افق برنامه ریزی، با توجه به ظرفیت موجود هر حالت هستند. ۱۷۷

شکل ۳-۲-۷-۴-۴ - یک نمونه از منحنی فرمان برای حجم ذخیره هدف در دوره های زمانی مختلف و قیدهای مربوط به رهاسازی با داشتن حجم فعلی مخزن و دوره زمانی. قیدهای رهاسازی خروجی شامل مقدار بیشینه و کمیته رهاسازی، بیشینه نرخ جریان و مقدار بیشینه عمق آب پایین دست در هر ماه هستند. ۱۷۸

- شکل ۴-۷-۲- شبکه نشان‌دهنده مسئله مقدار رهاسازی برای چهار فصل مخزن. با داشتن هر مقدار حجم مخزن (S_t) و مقدار ورودی متوسط (Q_t) در ابتدای دوره زمانی t ، اتصال‌ها نشان‌دهنده مقادیر رهاسازی محتمل با توجه به جدول ۴-۷-۲ هستند. ۱۸۳
- شکل ۴-۷-۳- منحنی فرمان مخزن براساس سیاست تعریف شده در جدول ۴-۷-۲. هر فصل به مناطق حجم ذخیره تقسیم شده است. رهاسازی مورد نظر برای هر منطقه حجم ذخیره، مشخص شده است. همچنین حجم‌های ذخیره در شرایطی که جریان‌های ورودی واقعی به‌دقت برابر با جریان‌های ورودی فرض شده باشند، نیز ارائه شده است. ۱۹۱
- شکل ۴-۵-۱- دو نوع تابع ذخیره-آبدهی برای یک سامانه تک‌مخزنه. این توابع را می‌توان برای سطح‌های مختلف اطمینان‌پذیری آبدهی مخزن استخراج کرد. ۱۹۶
- شکل ۴-۵-۲- مسئله کیفیت آب رودخانه که هدف از آن یافتن درصد حذف آلاینده (x_1 و x_2) در محل‌های تصفیه ۱ و ۲ منظور آموین استانداردهای کیفی در محل‌های ۲ و ۳ با کم‌ترین هزینه است. W_1 و W_2 مقادیر آلاینده موجود در محلهای ۱ و ۲ هستند. ۲۰۰
- شکل ۵-۲-۱- ترسیم قیده‌های مدل مدیریت کیفیت آب که بیان‌گر مقادیر متغیرهای تصمیم معلوم x_1 و x_2 هستند. همه قیدها را ارضا می‌کنند. ۲۰۷
- شکل ۴-۵-۳- ترسیم منحنی‌های توابع هزینه برای تصفیه در محل‌های ۱ و ۲ در شکل ۴-۷-۲. خطوط با شیب‌های C_1 و C_2 نشان‌دهنده هزینه متغیر به‌ازای درصد حذف آلاینده برای تصفیه ۸۰ درصد هستند. واضح است که مقدار دقیق تصفیه به مقادیر حذف فاضلاب x_1 و x_2 در این بازه بستگی دارد. ۲۰۸
- شکل ۴-۵-۴- ترسیم برنامه هدف مختلف همراه با قیده‌های مدل مدیریت کیفیت آب. ۲۰۹
- شکل ۴-۵-۱- نمایانگر سامانه تأمین آب زیرزمینی که می‌تواند برای بخش صنعت به کار گرفته شود. متغیرهای مجهول، جریان Q_A و Q_B از هر یک از چاه‌ها A و B نشان داده شده در شکل ۴-۵-۱. توابع واقعی در سمت چپ و دو مجموعه از تقریب‌های خطی در سمت راست مشاهده می‌شوند. ۲۱۲
- شکل ۴-۵-۱-۱- مقادیر بهینه استخراج شده از هر کدام از چاه‌ها از نظر اقتصادی با توجه به کل تقاضای Q و براساس مدل توصیف شده توسط رابطه‌های (۴-۱-۲) تا (۴-۵-۹). ۲۱۴
- شکل ۴-۵-۲-۱- مقادیر بهینه استخراج شده از هر کدام از چاه‌ها از نظر اقتصادی با توجه به تقاضای کل Q و براساس مدل توصیف شده در رابطه‌های (۴-۵-۳) تا (۴-۵-۱۲). ۲۱۶
- شکل ۴-۵-۳-۱- تابع سود براساس مقدار آب به دست آمده از تقریب‌های خطی قطعه‌ای آن در سمت راست. ۲۱۷
- شکل ۵-۱-۱-۲- تابع عضویت فازی برای مناسب بودن دمای آب برای شنا. ۲۵۰
- شکل ۵-۱-۲-۱- دو تابع عضویت فازی مربوط به دمای آب برای شنا کردن. مجموعه A مربوط به اشخاصی است که علاقه دارند دمای آب خیلی سرد و مجموعه B مربوط به اشخاصی است که علاقه دارند دمای آب خیلی گرم باشد. ۲۵۱
- شکل ۵-۲-۱-۲- تابع عضویت برای دماهای خیلی سرد یا خیلی گرم آب. ۲۵۱
- شکل ۵-۲-۵- مسئله بهینه‌سازی شفاف که توسط رابطه‌های (۵-۲-۵) تا (۵-۲-۵) تعین می‌شوند. ۲۵۲
- شکل ۵-۲-۵-۲- تابع عضویتی که در آن مقدار x به‌طور اساسی بیش‌تر از x_0 است. ۲۵۳
- شکل ۵-۲-۵-۳- تابع عضویت مربوط به همسایگی ۱۱. ۲۵۳
- شکل ۵-۲-۵-۴- توابع عضویت اشتراک و مقدار x که بیان‌گر تصمیم بهینه فازی است. ۲۵۴
- شکل ۵-۳-۱- سه مصرف‌کننده آب از رودخانه‌ای که میزان جریان آن Q است، همراه با سود B و C به هر یک از آنها. ۲۵۴
- شکل ۵-۳-۲- تابع عضویت در "حدود شش واحد بیش‌تر یا کم‌تر". ۲۵۶
- شکل ۵-۴-۱- تابع عضویت برای حجم‌های ذخیره. ۲۵۸
- شکل ۵-۴-۲- تابع عضویت برای رهاسازی‌ها. ۲۵۸
- شکل ۵-۵-۱- مسئله آلودگی رودخانه برای یافتن بازده حذف آلودگی به‌منظور دستیابی به استاندارد کیفی آب که دارای کم‌ترین هزینه باشد. ۲۶۱
- شکل ۵-۵-۲- تابع عضویت برای "حدود ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر یا کم‌تر". ۲۶۲
- شکل ۵-۵-۳- تابع عضویت برای بهترین فن‌آوری تصفیه‌خانه موجود. ۲۶۲
- شکل ۵-۵-۴- تابع عضویت مربوط به قاعده تساوی در موارد اختلاف قطعی بین دو بازده تصفیه. ۲۶۳
- شکل ۵-۶-۱- مدل‌های برپایه داده توانایی تخمین دقیق داده‌ها را در درون منطقه واسنجی دارا هستند، اما در برون‌یابی ضعیف هستند. منحنی پایینی نمایان‌گر تراکم داده‌های مورد استفاده در واسنجی است. پیکان‌ها نقاط ضعف مدل را نشان می‌دهند. ۲۷۱
- شکل ۶-۲-۱- یک نمونه از ANN چندلایه با ۱۰ ورودی مختلف، لایه پنهان و سه لایه خروجی. ۲۷۳

شکل ۲-۱-۲-۶-۳- تابع لجستیک یا سیگموئید با نمایه آربی θ_k

شکل ۲-۱-۲-۶-۴- گره k از لایه پنهان شبکه عصبی چندلایه با استفاده از رابطه غیر خطی f (مطابق رابطه ۲-۱-۲-۶)

ورودی‌ها را به خروجی‌ها تبدیل می‌کند.

شکل ۲-۱-۲-۶-۵- ANN اولیه برای مثال

شکل ۲-۱-۲-۶-۶- ANN اصلاح شده برای مثال

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- ساختار شبکه عصبی بازگشتی (RNN) که در آن ورودی‌ها برابر U و خروجی‌ها برابر X در دوره زمانی t هستند

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- نقشه دریاچه ایسلمیر

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- تخصیص آب به سه کارخانه از جریان رودخانه با دبی Q .

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- روندنمای انجام GA

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- درخت اجزاء برای عبارت $a+(b/c)$

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- نمونه‌هایی از عمل گرهای تزویج و جهش (تقسیم تبدیل به توان) در GP

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- تابع توزیع تجمعی و تابع چگالی یا جرم احتمال متغیرهای تصادفی: (الف) توزیع‌های پیوسته و (ب) توزیع‌های گسسته

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- دبی‌های بیشینه سالانه رودخانه ماگرا، ایتالیا، در مقابل چارک‌های (الف) توزیع نرمال برازش داده شده و (ب) توزیع لوگ نرمال برازش داده شده

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- توابع احتمال لوگ نرمال با انحراف معیارهای مختلف σ

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- توابع احتمال لوگ نرمال با مقادیر مختلف از نمایه شکل (α)

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- توابع احتمال لوگ پیرسون نوع سه برای مقادیر مختلف ضریب چولگی (γ)

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- ضریب چولگی (γ_x) برای توزیع لوگ پیرسون نوع سه متغیر x به عنوان تابعی از انحراف معیار تبدیل لگاریتمی (σ_y) و ضریب چولگی (γ_y)

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- ضریب تغییرات (V) برای توزیع لوگ پیرسون نوع سه متغیر x به عنوان تابعی از انحراف معیار تبدیل لگاریتمی (σ_y) و ضریب چولگی (γ_y)

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- ضریب چولگی (γ) که $\ln(\gamma)$ است

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- توزیع‌های چگالی GEV برای داده‌های مختلف نمایه شکل (K)

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- دنباله‌های سمت راست توزیع‌های GE نشان داده شده در شکل ۲-۱-۳-۲-۶-۱

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- نسبت‌های چولگی L در مقابل کشیدگی L برای توزیع‌های مختلف

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- ماتریس‌ها (بالا) و نمودارهای میله‌ای (پایین) احتمال‌های انتقال جریان رودخانه که نشان‌دهنده احتمال جریان q_i در سال $t+1$ است در حالی که در سال t جریان q_j وجود داشته باشد

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- ساختار یک مطالعه شبیه‌سازی، شامل بخش یک در جریان مصنوعی، تقاضاهای آینده و یک طراحی و سیاست بهره‌برداری از سامانه به آماره‌های عمل کرد سامانه

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- توزیع شرطی $Q_{y+1} = q_y$ به ازای $Q_y = q_y$ معلوم برای دو نمونه تصادفی از فرآیند ادفی نرمال

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- میانگین‌های شرطی Q_{y+1} به ازای $Q_y = q_y$ معلوم محاسبه شده احتمال ۹۰ درصد برای مقدار Q_{y+1}

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- تعداد شکست‌ها در هر سال از ۲۵ شبیه‌سازی ۲۰ ساله

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- توزیع چگالی احتمال متغیر تصادفی R احتمال آن که R کوچکتر یا برابر با r^* باشد، برابر با p^* است

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- تابع توزیع تجمعی متغیر تصادفی R که بیانگر احتمال هر مقدار مشاهداتی از R کوچکتر یا برابر با مقدار r داده شده است. احتمال آن که R کوچکتر یا برابر با r^* باشد برابر با p^* است

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- دیگرام بیانگر نحوه محاسبه یک دنباله از مقادیر متغیر تصادفی R از یک توزیع نرمال چندمتغیره به گونه‌ای که میانگین، واریانس و هم‌بستگی متغیر تصادفی حفظ شود

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- تخصیص جریان رودخانه در هر بازه زمانی t که در هر محل مصرف i منجر به سود $B_i(x_{it})$ می‌شود

شکل ۲-۱-۳-۲-۶- در هر محل مصرف i ، جریان‌های تصادفی هستند که منجر به کاهش جریان بازگشتی بالادست می‌شوند

- شکل ۸-۳-۲-الف- سیاست تخصیص برای محل ۱ براساس جریان در محل انحراف آن. این سیاست برای هر دوره t به کار می‌رود. ۴۴۳
- شکل ۸-۳-۲-ب- سیاست تخصیص برای محل ۲ براساس جریان در محل انحراف آن. این سیاست برای هر دوره t به کار می‌رود. ۴۴۳
- شکل ۸-۳-۲-پ- سیاست تخصیص برای محل ۳ براساس جریان در محل انحراف آن. این سیاست برای هر دوره t به کار می‌رود. ۴۴۳
- شکل ۸-۳-۲-ت- جریان رودخانه در پایین دست محل ۳ برای $Q_{3,t}$ معلوم در محل ۳ قبل از انحراف. این سیاست برای دوره t به کار می‌رود. ۴۴۴
- شکل ۸-۳-۳- شبیه سازی مونت کارلو برای تعیین توزیع‌های برمبنای احتمال تخصیص به هر یک از سه مصرف کننده آب که در شکل ۸-۳-۱ نشان داده شده‌اند. خط چین‌ها جریان اطلاعات (داده‌ها) را نشان می‌دهند. ۴۴۴
- شکل ۸-۳-۴- توزیع چگالی احتمال تخصیص تصادفی X_i به بخش i مقدار تخصیص مشخص $x_{i,0.10}$ همان طور که در شکل نشان داده شده است، دارای شانس ۹۰ درصد یا بیش تر است. ۴۴۶
- شکل ۸-۳-۵- رنج محتمل تجمعی نمونه که نشان دهنده مقدار مشخصی از متغیر تصادفی است، $q_i^{0.10}$ ، که این مقدار برابر با بزرگ‌ترین درصد مواقع است. ۴۴۷
- شکل ۸-۳-۵-۱- نمودار شبیه سازی نشان دهنده احتمال‌های مساوی یک سوم، برای این که مقادیر متغیر تصادفی Q_i در هر یک از سه بازه دو رودی همان بار داشته باشند. ۴۴۸
- شکل ۸-۳-۶-۱- مثال به منظور نشان دادن برداشت‌های آب از یک رودخانه برای هر دو بالادست و پایین دست مخزن با ظرفیت معلوم می‌باشد. ۴۵۳
- شکل ۸-۳-۶-۲- گسسته سازی جریان در رودخانه و حجم‌های ذخیره. سطح درون هر بازه جریان i در زیر منحنی توزیع چگالی احتمال، احتمال غیر شرطی، PQ_i ، مربوط به جریان گسسته $q_{i,0}$ است. ۴۵۷
- شکل ۸-۳-۶-۱-۲- سیاست‌های تخصیص ممکن نشان داده شده‌اند. آنها در دوره یک مستقل از حجم‌های ذخیره اولیه پایین دست هستند. در دوره دوم، متصدی باید به تابع تخصیص داده شده برای سه حجم ذخیره اولیه گسسته مخزن درون یابی انجام دهد. ۴۷۰
- شکل ۸-۳-۶-۲- قاعده رهاسازی مخزن که نشان می‌دهد خروجی‌های درون یابی شده با افزایش حجم‌های ذخیره افزایش می‌یابند. ۴۷۰
- شکل ۹-۲-۱- نمودار نمایش ارتباط بین عدم قطعیت محاسبات نمایه‌های ورودی مدل با عدم قطعیت متغیرهای خروجی مدل. ۴۷۹
- شکل ۹-۲-۲- دقت پیش بینی‌های مدل متأثر از تفاوت بین شرایط سناریوهای مورد نظر و شرایط یا سناریوهایی که مدل برای آنها واسنجی شده است. ۴۸۰
- شکل ۹-۳-۱- یکی از روش‌های دسته بندی انواع عدم قطعیت. ۴۸۳
- شکل ۹-۳-۱-۱- سری زمانی خروجی مدل یا عمل کرد سامانه که تغییر یافته را بر طول زمان نشان می‌دهد. محدوده a از تغییرپذیری ذاتی داده‌های ورودی در طول زمان ناشی می‌شود. محدوده b از تغییرپذیری داده‌های ورودی طبیعی همچون عدم دقت در اندازه گیری داده‌های ورودی، برآورد مقدار نمایه، ساختار مدل و خطاهای الگوریتم حل مدل نتیجه می‌شود. گستردگی این محدوده به سطح اطمینان مربوط به آن محدوده، بستگی خواهد داشت. ۴۸۵
- شکل ۹-۳-۱-۲- سری زمانی نمونه از خروجی‌های مدل یا مقادیر شاخص عمل کرد سامانه که نتیجه تغییرپذیری داده‌های ورودی و عدم دقت ممکن در اندازه گیری داده‌های ورودی، برآورد مقدار نمایه، ساختار مدل و خطاهای الگوریتم حل مدل است. ۴۸۶
- شکل ۹-۴-۱-۱- توزیع‌های برمبنای احتمال برای یک متغیر تصادفی X گسسته یا پیوسته. سطح زیر توزیع‌ها (ناحیه سایه زده شده در شکل‌های (الف) و (ب)) برابر با یک است و سطح سایه زده شده در شکل (پ) احتمال آن است که مقدار مشاهده شده x از متغیر تصادفی X بین دو مقدار u و v باشد. ۴۹۰
- شکل ۹-۴-۱-۲- تقابلات شامل هزینه و احتمال تجاوز از یک مقدار مطلوب بیشینه. در این نمایش کمترین هزینه (B) بهترین است) و کمترین احتمال تجاوز (A بهترین است) مورد نظر هستند. ۴۹۱
- شکل ۹-۴-۱-۱-۱- یک مدل شبیه سازی قطعی برای یک سامانه استوکاستیک یا تصادفی که نیازمند واسنجی و اصلاح ساختار آن می‌باشد. عامل تصادفی بودن وجود ندارد و فقط مقدار نمایه یا خطاهای ساختار مدل تعیین و تصحیح شده‌اند. ۴۹۲
- شکل ۹-۴-۱-۱-۲- یک مدل شبیه سازی قطعی برای یک سامانه استوکاستیک یا تصادفی. برای تولید تغییرپذیری در خروجی مدل که در سامانه واقعی مشاهده می‌شود، حتی به ازای مقادیر ورودی مشابه، ممکن است مقادیر نمایه‌های مدل به

همراه توزیع‌های مقادیر نیاز به تغییر داشته باشند و/یا ممکن است ساختار مدل نیاز به اصلاح به ازای ورودی‌های جدید در مدل داشته باشد. ۴۹۳

شکل ۹-۴-۱-۳- شبیه‌سازی ورودی‌های متغیر برای دست‌یابی به توزیع‌های برمی‌نای احتمال شاخص‌های عمل کرد پیش‌بینی شده که با توزیع‌های برمی‌نای احتمال مقادیر عمل کرد مشاهده شده تطابق دارند. ۴۹۵

شکل ۹-۴-۱-۲- توزیع معیارهای عمل کرد محدوده‌ای از مقادیر نهفته و احتمال تجاوز از یک مقدار مشخص مطلوب را بیان می‌کند. سطح سایه زده شده زیر تابع چگالی در سمت چپ، احتمال تجاوز از مقدار مطلوب را نشان می‌دهد. این احتمال در نمودار احتمال تجاوز در سمت راست نشان داده شده است. ۴۹۶

شکل ۹-۴-۲-۱- نمودار توفان که محدوده متغیرهای خروجی معرف غلظت فسفر را برای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار از هر مجموعه نمایه‌ها نشان می‌دهد. نمایه‌ها به گونه‌ای مرتب شده‌اند که بزرگ‌ترین محدوده در بالا و کوچک‌ترین محدوده در پایین قرار گیرد و نمودار شکل توفان را به خود گیرد. ۵۰۲

شکل ۴-۲-۲- نمودار پرتو که نشان‌دهنده محدوده متغیرهای خروجی معرف غلظت فسفر به‌ازای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار از نمایه‌های مفروض می‌باشد. ۵۰۳

شکل ۹-۴-۲-۳- نمودار عنکبوتی که نشان‌دهنده ارتباط‌های میان خروجی مدل که غلظت فسفر را تعریف می‌کنند و تغییرات در معیارهای عملکرد به صورت درصد انحراف از مقادیر اسمی آنها بیان شده است. ۵۰۴

شکل ۹-۴-۳- نمودار پرتو که نمایش‌دهنده خطاها در غلظت‌های فسفر به‌ازای جفت‌های خطاهای نمایه‌های ورودی می‌باشد. نشان‌دهنده بیش‌ترین مقدار و علامت - نشان‌دهنده کم‌ترین مقدار برای نمایه نشان داده شده است. L سرعت جریان در فیلتر، z متوسط عمق دریاچه است. ۵۰۵

شکل ۹-۴-۳-۲- نمودار پرتو که نشان‌دهنده ترکیبات نامطلوب‌ترین خطا به‌ازای هر جفت از نمایه‌های ورودی است. علامت + نشان‌دهنده بیش‌ترین مقدار و علامت - نشان‌دهنده کم‌ترین مقدار برای نمایه نشان داده شده است. ۵۰۶

شکل ۹-۴-۳-۱- روند پیش‌بینی و نمونه‌گیری مونت کارلو برای یافتن توزیع‌های برمی‌نای احتمال مقادیر متغیرهای خروجی بر اساس توزیع‌هایی برای پارامترهای مشخص از مقادیر داده‌های ورودی. این روش می‌تواند برای یک یا چند متغیر ورودی غیرقطعی در یک زمان به کار رود. این روش می‌تواند تأثیر همزمان عدم قطعیت ورودی‌ها را در محدوده خاصی نشان دهند. ۵۱۳

شکل ۹-۴-۳-۱-۱- توزیع غلظت‌های فسفر از حالت مونت کارلو. ۵۱۴

شکل ۹-۴-۳-۱-۲- کاهش در واریانس پس از حذف هر یک از متغیرها به‌صورت جداگانه از مدل رگرسیون حاصل می‌شود. به‌طور واضح، L دارای بزرگ‌ترین اثر عدم قطعیت P و z دارای کم‌ترین اثر است. ۵۱۶

شکل ۹-۴-۳-۱-۳- نمایش روش LHS برای شبیه‌سازی. ۵۲۱

شکل ۹-۴-۳-۱-۴- ترکیب توزیع احتمال مقادیر معیار عمل کرد با توزیع احتمال مقادیر مطلوب معیار عمل کرد برای برآورد اطمینان موجود در احتمال تجاوز از یک مقدار پیشینه. ۵۲۲

شکل ۹-۴-۳-۱-۵- تفسیر نتایج حاصل از ترکیب احتمال‌های معیار عمل کرد با احتمال‌های معیار عمل کرد مطلوب بر اساس نوع معیار عمل کرد. حروف α و β و γ بخش‌هایی از تابع احتمالی مقادیر معیار عمل کرد را نشان می‌دهند (بنابراین $\alpha + \beta + \gamma = 1$). ۵۲۳

شکل ۹-۴-۳-۱-۵- وضعیت دو طرح از نظر محدوده احتمال‌های مربوط به اطمینان به‌دست‌آمده از احتمال تجاوز از یک مقدار عمل کرد پیشینه مطلوب (مرز بالایی) را نشان می‌دهد. سطح‌های ۹۵ درصد اطمینان به‌دست‌آمده به بیش‌ترین احتمال‌های تجاوز از مقدار مطلوب پیشینه هستند. سطح‌های پنج درصد اطمینان‌پذیری مربوط به کم‌ترین احتمال‌های تجاوز از مقدار مطلوب پیشینه است. طرح ۸ با احتمال‌های تجاوز کم‌تر از مرز بالایی، دارای هزینه‌های بیش‌تر نسبت به طرح B است. ۵۲۴

شکل ۹-۴-۳-۱-۵- تعادل بین هزینه، احتمال‌ها و اطمینان‌پذیری یا سطح اعتماد آن احتمال‌ها به‌دست‌آمده از نسبت به احتمال تجاوز از مقدار مطلوب (مرز پیشینه) ممکن است به اطمینان‌پذیری یا سطح اعتماد مربوط به آن احتمال وابسته باشد. ۵۲۵

شکل ۹-۴-۳-۱-۶- کاهش خطرپذیری (محور x) به‌ترتیب بزرگی، معادل کاهش‌های خطی در برخی از شاخص‌های ریسک (محور y) نیست. ۵۲۹

شکل ۹-۴-۳-۱-۷- انواع مختلف ارائه مورد استفاده برای نمایش خروجی مدل Y یا مقادیر شاخص عمل کرد سامانه $F(Y)$. ۵۳۱

شکل ۹-۴-۳-۱-۸- نمودارهای محدوده‌های ممکن برای خروجی مدل Y یا مقادیر شاخص عمل کرد سامانه $F(Y)$ برای انواع مختلف ارائه. ۵۳۱

شکل ۱۰-۴-۱-۱- یک مسئله طراحی دو هدفه که ترکیبات موجه و کارایی آب آبیاری X و روزهای بازدید تفریحی Y را نشان می‌دهد. ۵۵۲

- شکل ۱۰-۴-۲- طرح دو هدفه شامل تقابلات بین درآمد آبیاری و تفریحات و تمام سطح‌های درآمد ثابت، ۵۵۳
- شکل ۱۰-۴-۱-۱-۱- تابع تقاضا که تعیین می‌کند چه میزان آب Q برای یک قیمت واحد خاص p خریداری شده است. ۵۵۴
- شکل ۱۰-۴-۱-۲- ناحیه زیر منحنی تمایل به پرداخت برای یک کمیت آب Q^* را نشان می‌دهد. ۵۵۸
- شکل ۱۰-۴-۱-۳- ارتباط برآورد شده بین هزینه گردش و بازدیدهای سرانه. ۵۵۹
- شکل ۱۰-۴-۱-۴- تابع تقاضا برای امکانات تفریحی. ۵۶۲
- شکل ۱۰-۴-۱-۵- توابع سود بلندمدت و کوتاه‌مدت، به همراه خسارت، $(L(Q|Q^T))$ ، مربوط به یک کمبود تخصیص Q و تخصیص مطلوب Q^T . ۵۶۴
- شکل ۱۰-۴-۱-۶- تابع خسارت کوتاه‌مدت، $(L(Q|p^T))$ ، مربوط به تخصیص Q و تخصیص مطلوب Q^T . ۵۶۹
- شکل ۱۰-۳-۱- برخی از شاخص‌های شایستگی سکونت‌گاه (SI) برای سه نوع پرفیتون (جلبک) و گونه‌ای از ماهی در بخشی از منطقه زمین‌های باتلاقی در فلوریدای جنوبی از ایالات متحده. ۵۷۱
- شکل ۱۰-۳-۲- توزیع پیش‌بینی شده (شبیه‌سازی شده با خط نشان داده شده است) و ایده‌آل (با محدوده سایه خورده نشان داده شده است) برای مقادیر خصوصیت‌ها برای برخی از گونه‌های شاخص زیست‌بوم. نسبت ناحیه مربوط به هر دو توزیع معیاری از شاخص سکونت‌گاه است. ۵۷۱
- شکل ۱۰-۵-۱- مقایسه زوجی طرح‌های مختلف برای تخصیص منابع آبی به همراه یک مرز کارایی پیوسته مربوط به دو هدف Z_1 و Z_2 . ممکن است یک مقایسه زوجی طرح‌های مختلف، تمام منابع آبی نامغلوب را تعیین نکند. قبل از معرفی یک طرح به‌عنوان یک طرح نامرغوب، تمام هدف‌ها باید مورد بررسی قرار گیرند. ۵۷۶
- شکل ۱۰-۵-۲- مرز کارایی بین دو هدف $Z_1(X)$ و $Z_2(X)$ که بیان‌گر کاهش در یک هدف، به‌ازای افزایش وزن نسبی w_2 مرتبط با هدف دیگر است. ۵۷۷
- شکل ۱۰-۵-۳- یک مرز کارایی که برای مقایسه دو هدف با بیشینه می‌شوند، نمی‌تواند با استفاده از روش وزن‌دهی به‌طور کامل در ناحیه محدب خود تعیین شود. برای نواحی زمانی که هر دو هدف با بیشینه می‌شوند، شرایط مشابهی به‌وجود می‌آید. ۵۷۹
- شکل ۱۰-۵-۳- روش قید برای تعیین مرز کارایی و بیشینه‌سازی $Z_1(X)$ با محدودیت آن که $Z_2(X)$ کم‌تر از I_2 نباشد. ۵۸۰
- شکل ۱۰-۵-۴- دو تکرار متوالی از روش رضایت‌بخشی که در آن سطح‌های کمینه هر هدف، در نتیجه حذف گزینه‌های جایگزینی که این سطح‌های کمینه را تأمین نمی‌کند، مشخص شده‌اند. ۵۸۲
- شکل ۱۰-۵-۷- روش دستیابی آرمانی برای تولید نقطه‌ای برای ارزیابی با استفاده از مقادیر متفاوت از وزن‌های w_1 و w_2 برای مقادیر ثابت مطلوب هدف T_1 و T_2 . ۵۸۵
- شکل ۱۰-۵-۹- دو روش معیارهای چندگانه تکراری تقابلی برای تعیین بهترین مورد نظر و بهترین تصمیم ممکن. ۵۸۸
- شکل ۱۰-۵-۱۰- شاخص‌های عمل‌کرد که به‌عنوان توابعی از ویژگی‌های مربوط به بیشینه‌سازی شبیه‌سازی شده بیان شده‌اند. ۵۸۹
- شکل ۱۰-۵-۱۰- نگاشت یک سری زمانی از مقادیر ویژگی‌های مرتبط با سری زمانی متناظر از مقادیر شاخص عمل‌کرد. ۵۸۹
- شکل ۱۰-۵-۱۰- ترکیب چندین سری زمانی از مقادیر یک شاخص عمل‌کرد به‌عنوان یک سری زمانی منفرد از مقادیر آن شاخص عمل‌کرد. ۵۹۱
- شکل ۱۰-۵-۴- راه‌های خلاصه‌سازی و نمایش داده‌های سری زمانی شاخص عمل‌کرد، شامل تریس‌های تجاوز، نقشه‌های کدگذاری شده از طریق رنگ و برگه‌های امتیازدهی. نقشه کدگذاری شده از طریق رنگ به‌عنوان رایانه‌ها نمایش داده می‌شود، می‌تواند به‌صورت پویا بوده و تغییرات را در طول زمان نشان دهد. برگه‌های امتیازدهی خاکستری روشن و تیره، به‌ترتیب بهترین و بدترین طرح یا راه‌کار را برای شاخص عمل‌کرد مربوطه نشان می‌دهند (در مورد برگه‌های امتیازدهی به پیوست (پ) بخش ۴-۶ مراجعه شود). ۵۹۲
- شکل ۱۰-۵-۱- سه تابع گذر که نشان می‌دهند در صورت به‌کار بردن سیاست یک در مقایسه با سیاست‌های دو و سه مقدار متوسط عمل‌کرد کاهش می‌یابد. ۵۹۳
- شکل ۱۰-۶-۱- نمودار داده‌های سری زمانی دارای مقدار میانگین $4/6$ و واریانس $7/44$. ۵۹۵
- شکل ۱۰-۶-۲- نموداری از دو سری زمانی متفاوت دارای میانگین و واریانس مشابه. ۵۹۵
- شکل ۱۰-۶-۳- مقدار آستانه مشخص‌کننده مقادیر رضایت‌بخش و مقادیر غیر رضایت‌بخش. ۵۹۶

فهرست جدول‌ها

کادر ۱-۳-۱-۵-۱- اصول دوبلین.....	۴۴
کادر ۱-۳-۱-۵-۱- IWRM مفاهیم.....	۴۵
جدول ۱-۲-۳-۴- تکرارهای روش قله‌نوردی برای یافتن تخصیص‌هایی که کل سود خالص را با توجه به مقدار کل جریان (Q_{max}) و مقدار کم‌ترین جریان رودخانه برابر $R=2$ ، بیشینه می‌کنند.....	۱۴۸
جدول ۱-۱-۳-۳-۴- حل رابطه‌های (۲۴-۱-۳-۳-۴) تا (۳۳-۱-۳-۳-۴).....	۱۵۴
جدول ۱-۴-۴-۴- محاسبه مقادیر $F_3(S_3)$ و مقدار تخصیص بهینه x_3 برای تمامی حالت‌های S_3 در مرحله سوم.....	۱۶۹
جدول ۲-۴-۴-۴- محاسبه مقادیر $F_2(S_2)$ و مقدار تخصیص بهینه x_2 برای تمامی حالت‌های S_2 در مرحله دوم.....	۱۶۹
جدول ۳-۴-۴-۴- محاسبه مقدار $F_1(S_1)$ و مقدار تخصیص بهینه x_1 برای تمامی حالت‌های S_1 در مرحله اول.....	۱۷۰
جدول ۱-۲-۷-۴-۴- تلفات تبخیر و نشت براساس حجم‌های ذخیره اولیه و نهایی برای مسئله بهره‌برداری از مخزن.....	۱۸۰
جدول ۲-۲-۷-۴-۴- مقادیر رهاسازی (گسسته) مخزن همراه با حجم‌های ذخیره اولیه و نهایی.....	۱۸۲
جدول ۳-۲-۷-۴-۴- مقادیر هدف برای حجم ذخیره مخزن و رهاسازی برای مسئله بهره‌برداری از مخزن.....	۱۸۳
جدول ۴-۲-۷-۴-۴- مجموع کل مجذور انحرافات TSD که با توجه به حجم‌های ذخیره اولیه و نهایی دوره محاسبه شده‌اند. این مقادیر به محاسبه رابطه‌های (۳-۲-۷-۴-۴) تا (۵-۲-۷-۴-۴) محاسبه شده‌اند.....	۱۸۵
جدول ۲-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=4$ و $n=1$	۱۸۷
جدول ۲-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=3$ و $n=2$	۱۸۷
جدول ۱-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=2$ و $n=3$	۱۸۸
جدول ۲-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=1$ و $n=4$	۱۸۹
جدول ۲-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=4$ و $n=5$	۱۸۹
جدول ۲-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=3$ و $n=6$	۱۸۹
جدول ۱-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=2$ و $n=7$	۱۹۰
جدول ۲-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=1$ و $n=8$	۱۹۰
جدول ۱-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=4$ و $n=9$	۱۹۰
جدول ۲-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=3$ و $n=10$	۱۹۱
جدول ۲-۲-۷-۴-۴- محاسبه مجذور انحرافات برای حالت‌های مختلف گسسته حجم مخزن برای $t=1$ و $n=11$ تا $11-2-7-4-4$	۱۹۲
جدول ۱۶-۲-۷-۴-۴- شبیه‌سازی سیاست بهره‌برداری ارائه شده در جدول ۱۵-۲-۷-۴-۴. پس از سال اول، مقادیر حجم‌های ذخیره و رهاسازی‌ها تکرار می‌شوند. کل مجذور انحرافات سالانه TSD برای حجم‌های ذخیره اولیه و نهایی و شرایط رهاسازی نیز از جدول ۴-۲-۷-۴-۴ به‌دست آمده‌اند.....	۱۹۳
کادر ۱-۱-۵-۴- مدل ذخیره-آبدهی مخزن و حل آن توسط برنامه‌نویس لینگو.....	۲۰۴
کادر ۱-۱-۲-۵-۴- واسنجی نمایه ضریب انتقال a_{12} مدل کیفیت.....	۲۰۴
کادر ۲-۱-۲-۵-۴- واسنجی نمایه ضریب انتقال a_{23} مدل کیفیت.....	۲۰۵
جدول ۱-۲-۲-۵-۴- مقادیر نمایه‌های انتخابی برای مسئله مدیریت کیفیت آب در رودخانه در شکل ۱-۲-۵-۴.....	۲۰۷
جدول ۱-۴-۵- حل لینگو برای مسئله بهینه‌سازی مخزن.....	۲۵۷
کادر ۱-۴-۵- مدل مخزن نوشته شده در لینگو.....	۲۵۸
جدول ۲-۴-۵- حل مدل فازی برای حجم‌های ذخیره مخزن و رهاسازی‌ها براساس تابع هدف رابطه (۵-۴-۵).....	۲۵۹
جدول ۳-۴-۵- راه‌حل بهینه برای مدل بهره‌برداری مخزن براساس تابع هدف رابطه (۴-۴-۵).....	۲۶۰
جدول ۱-۵-۵- مقادیر انتخاب شده نمایه‌ها برای مسئله مدیریت کیفی آب که در شکل ۱-۵-۵ نشان داده شده است.....	۲۶۱
جدول ۲-۵-۵- حل مدل فازی مدیریت کیفی آب، رابطه‌های (۵-۵-۵) تا (۲۲-۵-۵).....	۲۶۴
جدول ۱-۲-۲-۵-۴- غلظت آلودگی و سرعت جریان.....	۲۷۸
جدول ۲-۲-۲-۶- وزن‌های شبکه عصبی نشان داده شده در شکل ۲-۲-۲-۶ براساس شش داده از داده‌های جدول ۶-۲-۲-۲.....	۲۷۹
جدول ۱-۲-۳-۶- حل مسئله تخصیص با استفاده از GA با چندین تکرار.....	۲۹۰
جدول ۱-۱-۷- داده‌های مربوط به تعیین پتانسیل تفریحی مخزن.....	۳۰۴
جدول ۱-۳-۲-۷- دبی‌های بیشینه سالانه رودخانه ماگرا ایتالیا، کالامازا، ۷۰-۱۹۳ (داده مربوط به ۱۹۴۵ مفقود شده است).....	۳۱۵
جدول ۲-۳-۲-۷- ویژگی‌های ضریب چولگی برآورد نمونه منبع: والیس و همکاران (۱۹۷۴b) که در برآوردهای گشتاورها فقط از تقسیم بر n استفاده می‌کنند. در حالی که در رابطه‌های (۲-۷-۹-۲-۷) و (۲-۷-۹-۲-۷) از ضرایب عمومی پذیرفته شده $1/(n-1)$ و $n/(n-1)(n-2)$ برای واریانس و چولگی استفاده می‌شود.....	۳۱۸
جدول ۱-۴-۲-۷- تعاریف نتایج بدون بُعد نسبت‌های گشتاور و گشتاور L	۳۲۱

- جدول ۱-۲-۳-۷- مقادیر بحرانی آماره کلموگروف- اسمیرنوف به‌عنوان تابعی از اندازه نمونه n (استفانز، ۱۹۷۴)..... ۳۳۱
- جدول ۲-۲-۳-۷- مقادیر بحرانی پایین برای آماره آزمون هم‌بستگی نمودار احتمال برای توزیع نرمال با استفاده از..... ۳۳۲
- جدول ۳-۲-۳-۷- مقادیر بحرانی پایین برای آماره آزمون هم‌بستگی نمودار احتمال برای توزیع گامبل با استفاده از..... ۳۳۴
- جدول ۱-۲-۷-۷- احتمال‌های متناوب جریان رودخانه براساس احتمال‌های انتقال شکل ۱-۲-۷-۷..... ۳۶۵
- جدول ۱-۳-۷-۷- خطای استاندارد $\bar{X}$ زمانی که $\sigma_x = 0.25$ و $\rho_x(k) = \rho^k$ هستند..... ۳۶۶
- جدول ۲-۳-۷-۷- انحراف معیار $[V_x^2 / \sigma_x^2]$ زمانی که مشاهدات دارای توزیع نرمال بوده و $\rho_x(k) = \rho^k$ برقرار است..... ۳۶۷
- جدول ۳-۳-۷-۷- انحراف معیارهای تقریبی F_i زمانی که مشاهدات دارای توزیع نرمال بوده و $\rho_x(k) = \rho^k$ برقرار است..... ۳۶۹
- جدول ۱-۲-۹-۷- تقاضای آب پیشنهاد شده برای آب آبیاری..... ۳۹۶
- جدول ۲-۲-۹-۷- ویژگی‌های جریان رودخانه..... ۳۹۶
- جدول ۱-۵-۹-۷- نتایج ۲۵ شبیه‌سازی ۲۰ ساله..... ۴۰۰
- جدول ۱-۵-۹-۷- شبیه‌سازی ۲۰ ساله با سیاست بهره‌برداری اصلاح شده برای اجتناب از کمبودهای شدید..... ۴۰۵
- جدول ۱-۵-۸- دنباله جریان‌ها برای ۳۱ دوره زمانی t ۴۴۸
- جدول ۲-۵-۸- ماتریس نشان‌دهنده تعداد دفعه‌هایی که یک جریان در بازه i در دوره t با یک جریان در بازه t در دوره $t+1$ ۴۴۹
- جدول ۳-۵-۸- ماتریس نشان‌دهنده احتمال‌های P_{ij} داشتن یک جریان در بازه t در دوره $t+1$ با معلوم بودن یک جریان مشاهداتی در بازه t در دوره t ۴۵۰
- جدول ۴-۵-۸- احتمال‌های مشاهده یک جریان در هر بازه جریان i در یک دوره زمانی t با معلوم بودن یک جریان فعلی در بازه $t=3$ این احتمال‌ها با استفاده از احتمال‌های انتقال P_{ij} جدول ۳-۵-۸ و رابطه (۴-۵-۸) فرض آن که بازه جریان مشاهده شده در دوره یک در بازه t در دست می‌آیند..... ۴۵۱
- جدول ۱-۲-۶-۸- احتمال‌های انتقال با فرض مشاهده یک جریان در دو دوره درون‌سالی..... ۴۶۲
- جدول ۲-۲-۶-۸- تخصیص‌های بهین مرتبط به حجم ذخیره اولیه S_k ، جریان Q_i و ذخیره نهایی S_i . این تخصیص‌ها..... ۴۶۵
- u_{ki} و d_{kil} مجموع مربعات انحراف از تخصیص‌های مطلوب بالادست، ۳۰ و پایین‌دست، ۸۰..... ۴۶۴
- جدول ۳-۲-۶-۸- چهار تکرار اول مدل برنامه‌ریزی پویا براساس رابطه (۱-۲-۶-۸) (الف) تا (۱-۲-۶-۸) (پ) با در نظر گرفتن حرکت پس‌رو در دوره‌های متوالی n شروع از $t=2$ در $n=1$ ۴۶۵
- هر حجم ذخیره اولیه و جریان معلوم در دو سال متوالی تکرار شود بدون در نظر گرفتن تر. رابطه $F_1^0(k, i) = 0$ برای تمام مقادیر k و i برقرار است..... ۴۶۵
- جدول ۴-۲-۶-۸- خلاصه مقادیر تابع هدف $F_1^n(k, i)$ و تصمیم‌های بهینه برای مراحل ۹ تا ۵ دوره تکرار..... ۴۶۷
- جدول ۵-۲-۶-۸- سیاست بهینه مخزن $\ell(k, i, t)$ برای مسئله نمونه..... ۴۶۷
- جدول ۶-۲-۶-۸- احتمال‌های بازه‌های حجم ذخیره و جریان مربوط به سیاست بهره‌برداری تعریف شده در جدول ۸-۲-۶-۸ برای مسئله نمونه..... ۴۶۸
- جدول ۷-۲-۶-۸- سیاست بهره‌برداری بهینه و احتمال هر تصمیم و حالت..... ۴۶۹
- جدول ۱-۲-۲-۴-۹- حساسیت خروجی مدل Y نسبت به خطاهای ممکن در چهار مجموعه مدل که شامل یک نمایه منفرد یا گروهی از نمایه‌ها است که با یکدیگر تغییر می‌کنند..... ۵۰۱
- جدول ۲-۲-۲-۴-۹- حساسیت برآورد غلظت فسفر (mg/m^3) نسبت به مقادیر نمایه‌های مدل..... ۵۰۲
- جدول ۱-۱-۴-۲-۴-۹- ضرایب حساسیت برآورد شده نمایه..... ۵۰۸
- جدول ۲-۱-۴-۲-۴-۹- محاسبه ضرایب حساسیت برآورد شده نمایه..... ۵۰۸
- جدول ۱-۵-۲-۴-۹- یک طراحی فاکتوریل برای یک مثال با سه ورودی..... ۵۱۰
- جدول ۱-۱-۶-۲-۴-۹- تحلیل مونت کارلو برای سطح‌های فسفر دریاچه..... ۵۱۴
- جدول ۱-۳-۶-۲-۴-۹- تحلیل همبستگی نتایج مونت کارلو..... ۵۱۵
- جدول ۲-۲-۲-۴-۹- نتایج تحلیل رگرسیون بر روی نتایج مونت کارلو..... ۵۱۶
- جدول ۱-۴-۶-۲-۴-۹- تحلیل مونت کارلو استاندارد برای سطح‌های فسفر دریاچه..... ۵۱۷
- جدول ۲-۴-۶-۲-۴-۹- تحلیل همبستگی نتایج مونت کارلو استاندارد..... ۵۱۸
- جدول ۱-۲-۵-۹- داده‌های محتمل جریان از یک شبیه‌سازی ۵۰ ساله..... ۵۲۶

پیش‌گفتار مترجمان

با توجه به اهمیت روزافزون منابع آب و نیاز به هزینه‌های هنگفت برای ساخت و بهره‌برداری از سامانه‌های منابع آب، از یک طرف و نیز نپایا بودن علوم مرتبط با مهندسی و مدیریت منابع آب در جهان، به‌طور عام و در ایران، به‌طور خاص از طرف دیگر، اهمیت در دسترس قرار گرفتن کتاب‌های پایه و تخصصی که در برگزیده اصول، کلیات و فنون مورد استفاده در این زمینه باشند، دو چندان شده است. این موضوع مترجمان را بر آن داشت تا با ترجمه این کتاب گامی هر چند کوچک در این زمینه بردارند.

کتاب "برنامه‌ریزی و مدیریت سامانه‌های منابع آب" اثر ارزشمند پروفسور دنیل پیتر لاکس^۱ (استاد دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه کرنل^۲، ایتهاکا، آمریکا) و پروفسور الکو ون بیک^۳ (استاد دانشکده مهندسی و مدیریت آب دانشگاه توئنته^۴، هلند و متخصص مدیریت منابع آب مؤسسه هیدرولیک دلفت^۵، هلند) و با همکاری جری راسل استدینگر^۶، جری راسل استدینگر^۷ و مونیکو ویلارز^۸ است. از آنجا که این کتاب به شیوه‌ای ساده، اما آموزنده و فراگیر خواننده را با جنبه‌های مختلف مهندسی و مدیریت منابع آب آشنا می‌سازد، منحصره‌فرد می‌باشد. این کتاب به استفاده از روش‌های کتی‌سازی، برای سنجایی و ارزیابی گزینه‌های مختلف برنامه‌ریزی و سیاست‌های مدیریت منابع آب می‌پردازد و در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از کتاب‌های مرجع بسیاری از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی جهان مورد استفاده مهندسان، مدیران، برنامه‌ریزان و تحلیل‌گران سامانه‌های منابع آب قرار گرفته است. در یک جمله می‌توان گفت این کتاب روش‌های کارآمدی را به‌منظور به‌دست آوردن اصول و مفاهیم مهندسی لازم برای مدیریت منابع حیاتی آب دنیا ارائه می‌دهد.

پس از استقبال دانش‌مندان و متخصصان صنعت آب کشور از ترجمه موفقیت‌آمیز کتاب پایه‌ای "مهندسی و مدیریت سامانه‌های آبی" توسط امید بزرگ حداد^۹، من بلوری‌زدلی و پریسادات آشفته، مترجمان این کتاب تصمیم گرفتند تا به‌منظور غنی‌سازی منابع فارسی پیشرفته در زمینه منابع آب، به ترجمه کتاب حاضر نیز بپردازند. در ترجمه این کتاب سعی شده است، مفاهیم علمی به نحو مطلوبی و با استناد از ادله علمی کلمات تخصصی منتقل شوند. فصل‌های مدل‌سازی و بهینه‌سازی، هسته اصلی مدیریت منابع آب هستند که در فصل‌های مربوطه ارائه شده‌اند. مفاهیم احتمال‌ها، عدم قطعیت و تحلیل حساسیت که آگاهی از آنها برای انجام مطالعات در مسائل علمی منابع آب ضروری است، به روشنی و سادگی در کتاب آمده است. همچنین از آنجا که پیامد مدیریت منابع آب تحلیل تصمیم‌گیری است، مفهوم تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره در کتاب بحث شده است. مثال‌های واقع‌بینانه‌ای که جنبه‌های مختلف منابع آب را در بر می‌گیرند به تعداد کافی ارائه شده‌اند که خوانندگان کتاب، این مثال‌ها را در تمامی زمینه‌های منابع آب مفید و مؤثر خواهند یافت.

کتاب حاضر در قالب ۱۴ فصل و پنج پیوست می‌باشد که با به‌کارگیری منطق و اصولی بسیاری از موارد و مسائل مطرح در برنامه‌ریزی و مدیریت سامانه‌های منابع آب را شامل می‌شود. از این‌رو، مترجمان کتاب به دانشجویان مهندسی منابع آب، مدیران و کارشناسان صنعت آب و مهندسان مشاور توصیه می‌شود.

علی‌رغم تمامی تلاش‌های انجام شده، این کتاب یقیناً دارای کاستی‌هایی است که از چشم خوانندگان کتاب پوشیده نخواهد ماند. بنابراین، امیدواریم با انعکاس نظرها، پیشنهادها و انتقادهای سازنده، در دورهای بعدی هرچه پربار کردن کتاب در چاپ‌های آتی، یاری کنید.

امید بزرگ حداد، عضو هیأت علمی، دانشگاه تهران

پریسادات آشفته، دکتری مهندسی منابع آب، دانشگاه تهران

سمانه سیف‌اللهی آغمیونی، دکتری مهندسی منابع آب، دانشگاه تهران

1- Daniel Peter Loucks

2- Cornell

3- Ithaca

4- Elco Van Beek

5- Twente

6- Delft

7- Jerry Russel Stedinger

8- Jos Dijkman

9- Monique Villars

درباره مترجمان

امید بزرگ حداد



ایشان کارشناسی خود را در سال ۱۳۷۴ از دانشگاه تبریز در رشته مهندسی عمران- آب و کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۷۷ از دانشگاه 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 برای ادامه تحقیقات به خارج از کشور عزیمت کردند و در این راستا موفق به اخذ دو درجه پسادکتری به ترتیب از دانشگاه تورنتو در کانادا در سال ۱۳۸۰ و رشته عمران- منابع آب و از دانشگاه دیویس کالیفرنیا در آمریکا در سال ۱۳۸۵ در رشته مهندسی هیدرولوژی شدند. پس از آن در همان سال ضمن مراجعت به ایران همکاری خود را با هیئت علمی دانشگاه تهران آغاز کردند و هم‌اکنون دانشیار دانشگاه تهران می‌باشند.

موضوعات تحقیقی ایشان در زمینه برنامه‌ریزی و مدیریت کمی و کیفی منابع آب و محیط زیست خلاصه کرد. همکاری با صورت آب‌سور، راهنمایی و مشاوره تعدادی رساله دکتری و پایان نامه کارشناسی ارشد و چاپ و ارائه مقالات متعدد در مجله‌های علمی ملی و بین‌المللی و تألیف و ترجمه کتب مختلف از سابقه فعالیت‌های ایشان می‌باشد. کسب عناوین متعدد در رشته‌های گوناگون از جمله افتخارات ایشان می‌باشد.

پریسادات آشفته



دکترای مهندسی منبع آب دانشگاه تهران می‌باشند. ایشان دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی آبیاری و زهکشی در دانشگاه تهران و در مقطع کارشناسی ارشد در زمینه بررسی تأثیرهای تغییر اقلیم بر منبع آب با درجه عالی به پایان رسانده و عنوان دانشجوی ممتاز دوره کارشناسی ارشد شناخته شدند. زمینه تحقیقاتی ایشان در دوره دکتری به بررسی تطبیقی منبع آب، تغییر اقلیم و برنامه‌ریزی ژنتیک می‌باشد. ارائه مقالات متعدد علمی- پژوهشی در مجلات داخلی و بین‌المللی و نیز کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی از دیگر فعالیت‌های پژوهشی ایشان است. در سوابق ایشان مشارکت به عنوان استاد مشاور در پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد نیز وجود دارد. در زمینه طرح پژوهشی رانیز با دفتر پژوهش‌های کاربردی شرکت مدیریت منبع آب ایران با موفقیت به اتمام رسیده و ایشان یکی از مترجمین کتاب «مهندسی و مدیریت سامانه‌های آبی» که در سال ۱۳۹۱ به چاپ رسیده، هستند. ایشان از سال ۱۳۸۲ در شرکت‌های

مهندسی مشاور در زمینه مطالعات، طراحی و مدیریت پروژه در طرح‌های توسعه منبع آب و آبرسانی و زهکشی فعالیت داشته‌اند.

سمانه سیف‌اللهی آغمیونی



دکترای مهندسی منبع آب دانشگاه تهران می‌باشند. ایشان در سال ۱۳۸۲ تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی رشته مهندسی آبیاری دانشگاه تهران آغاز کردند و در سال ۱۳۸۶ کسب رتبه هفتم در آزمون سراسری، تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع آب دانشگاه تهران ادامه دادند. ایشان پایان‌نامه خود را در زمینه بررسی تأثیر برخی عدم قطعیت‌های موجود در دوران بهره‌برداری در طراحی و توسعه پویای شبکه‌های توزیع آب شهری در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۸۹ با کسب نمره عالی به پایان رساندند و با کسب رتبه اول در آزمون ورودی به مقطع دکتری همین رشته در دانشگاه تهران تحصیلات خود را پی گرفتند. ایشان در طول دوران تحصیل خود در سمینارها و کنفرانس‌های علمی مختلف شرکت داشته و مقالات متعددی

را در زمینه برنامه‌ریزی و مدیریت منبع آب در کنفرانس‌ها و مجلات معتبر علمی- پژوهشی داخلی و خارجی ارائه کرده‌اند. فعالیت‌های اجرایی از جمله برنامه‌ریزی و طراحی سد، تدریس در دانشگاه به عنوان دستیار استاد، ارائه کلاس‌های عملی برای دروس مختلف دانشگاهی در مقاطع تحصیلی متفاوت و تألیف کتاب «مقدمه‌ای بر تحلیل عدم قطعیت در سامانه‌های منابع آب» در سال ۱۳۹۲ از جمله فعالیت‌هایی است که در کارنامه آموزشی و پژوهشی ایشان دیده می‌شود.

پیش‌گفتار مؤلفان

در طول تاریخ تا به حال، بسیاری از نقاط جهان شاهد تقاضای روزافزون برای تأمین آب قابل اطمینان، با کیفیت بالا و تجهیزات ارزان برای مصرف خانگی، کشاورزی و صنعت بوده‌اند. در دهه‌های اخیر تقاضاها برای رژیم‌های آب‌شناسی (که زیست‌بوم‌های متنوع را حمایت می‌کنند)، فعالیت‌های تفریحی و در برخی موارد، برای تولید برق آبی و اطمینان از وجود سطح کافی آب برای کشتی‌رانی، افزایش یافته‌اند. مدیران آب برای پاسخ‌گویی به این تقاضاهای متعدد و اغلب متناقض، به چالش کشیده شده‌اند. هم‌زمان، ذی‌نفعان مردمی تمایل شدیدی به شرکت در فرآیند تصمیم‌گیری مدیریتی و توسعه منابع آب خود نشان داده‌اند. به تمام این چالش‌های مدیریتی، مواردی نظیر عدم قطعیت تأمین آب طبیعی و تقاضاها، به واسطه تغییرات در آب و هوا، تغییرات در استانداردهای زندگی مردم، تغییرات در کاربری اراضی حوضه‌های آبریز و تغییرات در فناوری‌های مضافه شده است. چه‌گونه مدیران می‌توانند سامانه‌های منابع آب (سامانه‌هایی از آبریزهای کوچک تا حوضه رودخانه‌های بزرگ و مناطق با وسعت زیاد ساحلی) را توسعه داده یا بازایی کرده و پس از آن مدیریت کنند، به شیوه‌ای که با توجه به وجود تغییرات، جامعه، اهداف مورد نظر را تأمین کنند؟ به عبارت دیگر، چه‌گونه سامانه‌های منابع آب می‌توانند یکپارچه‌تر و بادارتر شوند؟

قبل از این نسخه‌های علمی برای پرداختن به مسائل مدیریت آب یا برای استفاده از فرصت‌ها برای افزایش منافع اقتصادی، بوم‌شناختی، اجتماعی و محیطی، مورد استفاده قرار گیرند، ابتدا بایستی برنامه‌ریزی شوند که این موضوع شامل شناسایی گزینه‌های مختلف، ارزیابی مسائل و فرصت‌ها می‌باشد. در مرحله بعد، اثرهای مختلف هر یک از گزینه‌های پیشنهادی، برآورد و ارزیابی می‌شوند. در این مرحله، بهینه‌سازی و شبیه‌سازی و رویکردهای مدل‌سازی برای کمک به برنامه‌ریزان و مدیران آب در شناسایی و ارزیابی طرح‌ها توسعه داده شده‌اند. این کتاب به معرفی علم و فن مدل‌سازی در پشتیبانی از برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب می‌پردازد. تأکید اصلی این کتاب بر عملیات توسعه و استفاده از مدل‌ها برای پرداختن به مسائل خاص برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب می‌باشد. این عملیات باید به شیوه‌ای انجام شوند که اطلاعات معنی‌دار و مشخص، در اختیار کسانی که مسئول تصمیم‌گیری در مورد مسائل خاص در حوضه‌های آبریز است و یا حوضه‌های رودخانه هستند، قرار گیرند.

خوانندگان این کتاب به احتمال زیاد قادر به یادگیری فنون مدل‌سازی نیستند، مگر این که آنها به‌طور واقعی آن را به‌کار گیرند. به اعتقاد ما، اطلاعات، مثال‌ها و مطالعات موردی در این کتاب، همراه با تمرینات، فرآیند تبدیل شدن به یک مدل‌ساز ماهر، تحلیل‌گر و برنامه‌ریز سامانه‌های منابع آب را تسهیل خواهد کرد که مطالعه آنها را به دیگران به‌شدت توصیه می‌کنیم. برنامه‌ریزی و مدیریت مدل‌سازی، فعالیت‌های چندرشته‌ای است که بخشی ضروری از به‌طور تقریبی همه پروژه‌های طراحی شده برای افزایش منافع از آب موجود و منابع مرتبط با آن است. مدل‌سازی و تحلیل سامانه‌های منابع آب، علمی را شامل می‌شود که دربرگیرنده هر دوی مردم و سیاست است. این موضوع چالشی است که همچنان در حال تکمیل شدن است.

این کتاب براساس متن تحلیل و برنامه‌ریزی سامانه‌های منابع آب می‌باشد که توسط استیون گارنر، استادیتر و هایت^۱ در سال ۱۹۸۱ منتشر شده است. آنچه که در آن متن بود در کتاب حاضر به روز شده است و برخی از بخش‌های مدل‌سازی جدید که مفید بودن آنها ثابت شده است و شامل مطالعات موردی زیادی هستند، معرفی شده است. کتاب حاضر به‌طور قابل ملاحظه‌ای از تجارب مؤسسه هیدرولیک دلفت، سود می‌برد. این مؤسسه یکی از سازمان‌ها در جهان است که از رویکردها و روش‌های مورد بحث در این کتاب، استفاده می‌کند.

توسعه در جعبه ابزار ترسیمی^۲ مبتنی بر برنامه‌های تعاملی رایانه‌ای و فن‌آوری رایانه در طول ربع قرن گذشته، تأثیر سودمند و مهمی در استفاده از مدل‌سازی در برنامه‌ریزی، مدیریت و مهندسی منابع آب داشته است. تمام مدل‌های مورد بحث در این کتاب برای استفاده در رایانه‌های کوچک طراحی شده‌اند. نرم‌افزارهای به‌کار رفته به عنوان ابزار حل مسائل

مختلف می‌توانند از شبکه رایانه‌ای جهانی برای مبادله اطلاعات^۱، به‌طور رایگان به‌دست آورده شوند. اغلب نرم‌افزارهای صفحه گسترده موجود نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. هیچ‌یک از این موارد در سال ۱۹۸۱ موجود نبود.

هرچند که ما تلاش کرده‌ایم تا در هر فصل رویکردهای رایج برای تحلیل و برنامه‌ریزی سامانه‌های منابع آب را وارد نماییم، با این حال، این کتاب ادعا نمی‌کند که به بررسی کامل تحلیل سامانه‌های منابع آب پرداخته است. به‌جای آن در نظر دارد به خوانندگان برخی از معمول‌ترین مدل‌های به‌کار رفته و رویکردهای مدل‌سازی استفاده شده در برنامه‌ریزی و مدیریت سامانه‌های منابع آب را معرفی کند. در این کتاب سعی شده است، مبحث‌های این موضوع‌ها به شیوه‌ای مفید، برای آموزش و مطالعه شخصی، سازمان‌دهی شوند. به‌طور مناسب‌ترین روش برای برنامه‌ریزی و مدیریت اغلب آنهایی هستند که ساده‌اند، زیرا درک و توضیح آنها سهل‌تر بوده و نیاز به داده‌های ورودی و زمان کم‌تری دارند و برای استفاده در مسائل و موضوعات خاص، آسان‌تر هستند. این به معنی آن نیست که مدل‌های پیچیده ارزش کم‌تری دارند. گاهی استفاده از مدل‌های پیچیده، تنها راهی است که می‌تواند اطلاعات مورد نیاز را فراهم آورد. در این کتاب، سعی شده است که با توجه به پیچیدگی مدل‌ها، در صورت نیاز، برای انتخاب‌های مناسب به خوانندگان داده شود. این انتخاب‌ها به عواملی از جمله نوع مسائلی که به آن پرداخته می‌شود، اطلاعات مورد نیاز، سطح دقت مورد نظر، در دسترس بودن داده‌ها، هزینه‌های مربوطه و زمان موجود و مورد نیاز برای تحلیل، بستگی دارد. در حالی که بسیاری از تحلیل‌گران، رویکرد مدل‌سازی مورد علاقه خود را دارند، انتخاب مدل را بر این اساس قرار می‌دهند. رویکردهای مختلف مدل‌سازی و مزایا و محدودیت‌های هر مدل باشد.

در این کتاب فرض بر این است که خوانندگان به برخی از اصول ریاضی در جبر، حساب دیفرانسیل و انتگرال، هندسه و استفاده از بردارها و ماتریس‌ها آشنا باشند. خوانندگان فصل‌های هفتم تا نهم، به کمی پیش‌زمینه در احتمال و آمار سود نیاز خواهند داشت. به همین ترتیب، به‌منظور آشنایی خوانندگان با تئوری اقتصاد خرد و رفاه اقتصادی، فصل دهم مفید خواهد بود. برای برخی دیگر، داشتن دانش زمینه‌ای در شانس^۲، علوم وابسته به مبحث خواص آب در حرکت^۳ و مهندسی محیط زیست مفید خواهد بود، اما به‌طور مطلق نیست. برای مرور کلی از برخی از فرآیندهای طبیعی که در حوضه آبریز، حوضه رودخانه، مصب‌ها و مناطق ساحلی رخ می‌دهند، خوانندگان می‌توانند به پیوست الف مراجعه کنند. آموزش مقدماتی روش‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی، به‌طور معمول در مباحث تحقیق در عملیات یا تئوری اقتصادی ارائه می‌شود که مطالعه آنها می‌تواند به نفع خواننده باشد، اما باز هم ضروری نیست.

فصل اول به معرفی برنامه‌ریزی و مدیریت سامانه‌های منابع آب به‌صورت کلی، مثال‌ها از طرح‌های سامانه‌های منابع آب که در آنها مدل‌سازی نقش حیاتی دارد، می‌پردازد. این مثال‌ها برای توضیح برخی از مسائل پیش روی مدیران آب در بخش‌های مختلف جهان به‌کار گرفته می‌شوند. فصل دوم به‌طور کلی رویکرد مدل‌سازی نقش مدل‌ها را در برنامه‌ریزی و مدیریت طرح‌های منابع آب، تعریف می‌کند. فصل سوم به مبحث روش‌های مدل‌سازی بهینه‌سازی و شبیه‌سازی و چگونگی کاربرد آنها می‌پردازد. همچنین تشریح می‌شود که چه‌گونه فعالیت‌های مدل‌سازی توسعه، برنامه‌ریزی و مدیریت طرح‌های منابع آب بایستی هدایت شوند.

فصل چهارم به مدل‌سازی بهینه‌سازی اختصاص داده شده است. این فصل به نسبت حجیم، به‌واسطه استفاده از روش‌های مختلف بهینه‌سازی برای تعریف اولیه سیاست‌های طراحی و بهره‌برداری زیرساخت‌ها تمرکز دارد. این نتایج اولیه، گزینه‌هایی را تعریف می‌کنند که اغلب نیازمند تحلیل و بهبود بیش‌تر با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی می‌باشند. مزایا و محدودیت‌های رویکردهای مختلف بهینه‌سازی با استفاده از برخی تخصیص‌های ساده آب، از جمله بهره‌برداری از مخزن و مسائل مدیریت کیفیت آب، معرفی و بیان شده‌اند. فصل پنجم مبحث بهینه‌سازی را برای مسائل خاص، توسط اهداف فازی (که اغلب کیفی هستند)، بسط می‌دهد.

فصل ششم برخی از روش‌های جدید در توسعه مدل‌سازی آماری، از جمله شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش‌های جستجوی تکاملی، از جمله الگوریتم ژنتیک را معرفی می‌نماید. در این فصل انتظار می‌رود که خوانندگان علاقه‌مند، به کتاب‌های دیگر در این زمینه، که بسیاری از آنها فقط به جزئیات بیش‌تر این موضوعات اختصاص داده شده‌اند، مراجعه کنند.

فصل‌های هفتم تا نهم به احتمال‌ها، عدم قطعیت و تحلیل حساسیت اختصاص داده شده است. این روش‌ها، نه تنها برای شناسایی سیاست‌های طراحی و بهره‌برداری زیرساخت‌های واقعی‌تر با توجه به تغییرپذیری مرتبط با آب‌شناسی^۱ و مقادیر نمایه‌های غیرقطعی، بلکه برای تخمین برخی از عدم قطعیت‌های مرتبط با پیش‌گویی‌های^۲ مدل، مفید هستند. چنین مدل‌های استوکاستیک و احتمالاتی نیز می‌توانند در شناسایی آنچه که به‌عنوان داده‌های ورودی مدل نیاز می‌شوند و نیز تأیید دقت داده‌ها در تصمیم‌گیری کمک کنند.

امروزه، ناچار برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب شامل اهداف یا منظوره‌های متعددی است که ممکن است در تناقض با هم باشد. خشکساختن تمام ذی‌نفعان در همه زمان‌ها، اگر غیرممکن نباشد، دشوار است. مدل‌ها دربرگیرنده اهداف متعدد هستند که می‌توانند برای شناسایی تقابلات میان اهداف متناقض، به‌کار گرفته شوند. این اطلاعات برای تصمیم‌گیری که باید در مورد بهترین تقابلات در میان اهداف متناقض و در میان گروه‌های مختلف ذی‌نفع، تصمیم بگیرند، مفید هستند. مدل‌ها همچنین، در فصل دهم، انواع مختلف اهداف اقتصادی، زیست‌محیطی و فیزیکی و برخی از روش‌های معمول به‌کاررفته در توسعه مدل‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی چندهدفه را شناسایی می‌کند.

فصل یازدهم به رویکردهای مختلف برای مدل‌سازی فرآیندهای مرتبط با آب‌شناسی در حوضه رودخانه اختصاص داده شده است و در آن، تمرکز بر پیش‌گویی و مدیریت مقدار آب است. فصل دوازدهم، پیش‌گویی و مدیریت فرآیندهای کیفی آب در حوضه رودخانه را دنبال می‌کند و شامل مدیریت کمی و کیفی رواناب، تأمین، توزیع و تصفیه آب و جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه آن در مناطق شهری، متمرکز است. فصل آخر (فصل چهاردهم) خلاصه‌ای را به مرور دوباره نقش اصلی مدل‌ها، معرفی اقداماتی که می‌تواند برای ارزیابی سودمندی خود در طرح‌های خاص، مورد استفاده قرار گیرند و برخی مطالعه‌های موردی که نشان می‌دهد چگونه مدل‌ها برای مسائل و موضوع‌های مربوط به مدیریت منابع آب هستند را ارائه می‌نماید.

پس از این ۱۴ فصل، پنج پیوست وجود دارند که برای تکمیل فایده‌ی از: (الف) فرآیندهای طبیعی آب‌شناسی و بوم‌شناختی در حوضه رودخانه‌ها، مصب‌ها و مناطق ساحلی (ب) سیستم مدیریت تطبیقی، (پ) مدیریت خشک‌سالی، (ت) مدیریت سیلاب و (ث) چارچوبی برای ارزیابی، توسعه و مدیریت سامانه‌های منابع آب که توسط مؤسسه هیدرولیک دلفت انجام می‌شود، هستند.

به اعتقاد ما فصل‌های اول تا چهارم پیش‌نیازهای مفیدی برای بقیه فصل‌ها هستند. برای مدیران دانشگاه، محتوای این کتاب بیش از آنچه که به‌طور معمول بتواند در یک نیم‌ترم یا یک دوره نیم‌سال پوشش داده شود، است. برای این دوره اول می‌تواند شامل فصل‌های اول تا چهارم، شاید فصل‌های دهم، یازدهم یا سیزدهم به علاوه فصل چهاردهم، بسته به پیش‌زمینه شرکت‌کنندگان در کلاس، باشد. دوره دوم می‌تواند شامل فصل‌های هفتم تا نهم و ترکیبی از فصل‌های پنجم، ششم، دوازدهم، سیزدهم یا چهاردهم باشد. واضح است که این دوره‌ها بستگی زیادی به اهداف دوره و پیش‌زمینه دانش شرکت‌کنندگان در دوره دارد. برخی تمرین‌ها در هر فصل در لوح فشرده پیوست، گنجانده شده است. (مدرس می‌تواند به‌منظور دریافت راه‌حل‌های پیشنهادی برای این تمرین‌ها، با نویسندگان مکاتبه کند.) تألیف این کتاب به مناسبت هفتاد و پنجمین جشن سالگرد تأسیس مؤسسه هیدرولیک دلفت، آغاز شد. ما از حمایت‌های مالی و معنوی مؤسسه قدردانی می‌نماییم. در حالی که این کتاب قصد ندارد دلیلی باشد بر سهم مؤسسه دلفت هلند در توسعه و کاربرد مدل‌ها برای طرح‌های برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، با این حال، منعکس‌کننده رویکردهای

صورت گرفته و ابزارهای مدل‌سازی به‌کار رفته توسط مؤسسه و دیگر شرکت‌ها و سازمان‌هایی که در برنامه‌ریزی، توسعه و مدیریت منابع آب طرح‌ها در سراسر جهان مشارکت دارند، می‌باشد.

افراد زیادی ما را در تهیه این کتاب کمک کرده‌اند. جری استدینگر بسیاری از فصل‌های هفتم، هشتم و نهم را نوشت. نیکی ویلارز^۱ به‌طور قابل ملاحظه‌ای در نوشتن فصل دوازدهم کمک کرد و جوزف دیکمن^۲ در نوشتن بخش عمده‌ای از پیوست ت یاری رساند. ولادام بابویچ^۳، هنک ون دن بوگارت^۴، تونی مینز^۵ و آرتور مینت^۶ در فصل ششم همکاری داشتند. رولاند پرایس^۷ فصل سیزدهم را تهیه کرد. کسانی که توصیه‌هایی را ارائه کردند و کسانی که به بررسی پیش‌نویس فصل‌های قبلی کمک کردند عبارتند از: مارتین باپتیست^۸، هرمان بروزرس^۹، هارم دوئل^{۱۰}، هرمان گریتسن^{۱۱}، پیتر گیسبرز^{۱۲}، جوز ون گیلز^{۱۳}، سایمون گروت^{۱۴}، کارل هینرت^{۱۵}، جوست ایک^{۱۶}، هانس لس^{۱۷}، مارسل مارچند^{۱۸}، اریک موسلمن^{۱۹}، اریک رویج^{۲۰}، یوهانس اسمیت^{۲۱}، میندت دی وریس^{۲۲} و میچا ورنر^{۲۳}. رود ریدرهوف^{۲۴} و انگلبرت ونیکس^{۲۵}، شکل‌ها و جدول‌های کتاب را تهیه کرد. ما از همه این افراد و دیگران، از جمله دانشجویانمان، که در جنبه‌های مختلف، در تمام این مدت، کمک و پشتیبانی کردند، تشکر می‌کنیم. همچنین از نظرات اساتیدی همچون ژان-تای کو^{۲۶} در دانشگاه ملی تایوان^{۲۷} در تایپه^{۲۸}، جی لاند^{۲۹} در دانشگاه کالیفرنیا در ریورساید^{۳۰}، کینی^{۳۱} از دانشگاه تگزاس^{۳۲} در آستین^{۳۳}، پیتر راگرز^{۳۴} در دانشگاه هاروارد^{۳۵} در کمبریج^{۳۶}، ماساچوست^{۳۷}، تینکه رویج^{۳۸} در دلفت، و رابرت تراور^{۳۹} در دانشگاه ویلتوا^{۴۰} در فیلادلفیا^{۴۱} و همه آنهایی که پیش‌نویس اولیه این کتاب را در کلاس خود به ما داده‌اند، بهره‌مند شدیم. در نهایت، از حمایت آندراس سولوشی-تاجی^{۴۲} و کارکنان چاپ و

- 1- Nicki Villars
- 2- Jozef Dijkman
- 3- Vladam Babovic
- 4- Henk Van Den Boogaard
- 5- Tony Minns
- 6- Arthur Mynett
- 7- Roland Price
- 8- Martin Baptist
- 9- Herman Breusers
- 10- Harm Duel
- 11- Herman Gerritsen
- 12- Peter Gijssbers
- 13- Jos Van Gils
- 14- Simon Groot
- 15- Karel Heynert
- 16- Joost Icke
- 17- Hans Los
- 18- Marcel Marchand
- 19- Erik Mosselman
- 20- Erik Ruijgh
- 21- Johannes Smits
- 22- Mindert De Vries
- 23- Micha Werner
- 24- Ruud Ridderhof
- 25- Engelbert Van Vliet
- 26- Jan-Tai Kuo
- 27- Taiwan
- 28- Taipei
- 29- Jay Lund
- 30- Davis
- 31- Daene McKinney
- 32- Texas
- 33- Austin
- 34- Peter Rogers
- 35- Harvard
- 36- Cambridge
- 37- Massachusetts
- 38- Tincke Ruijgh
- 39- Robert Traver
- 40- Villanova
- 41- Philadelphia
- 42- Andras Szöllösi-Nagy

نشر در یونسکو برای انتشار و توزیع این کتاب به‌عنوان بخشی از برنامه بین‌المللی آب‌شناسی تشکر می‌کنیم. این کتاب برای مخاطبان بین‌المللی تألیف شده است و از این‌رو به خاطر داشتن ارتباط با یونسکو و پشتیبانی آنها، خوشحال و سپاسگزاریم. از همه مهم‌تر، از همه مدرسان، دانشجویان و همکاران در سراسر جهان که همه آنچه که می‌دانیم و به کیفیت زندگی فردی و حرفه‌ای‌مان افزوده شده است را به ما آموخته‌اند، قدردانی می‌کنیم. هر چند همه تلاش‌مان را برای تهیه این کتاب کردیم، اما ناگزیر در بعضی قسمت‌ها دارای معایبی خواهد بود. بنابراین، ضمن عذرخواهی، خود را مسئول هرگونه خطا در واقعیت، قضاوت و یا علم که ممکن است در این کتاب وجود داشته باشد، می‌دانیم. سپاس‌گزار خواهیم بود اگر خوانندگان ما را از گونه پیشنهادات خود برای بهبود این کتاب، مطلع سازند.



دنیل پیتر لاکس

دانشگاه کرنل، ایتهاکا، آمریکا



الکون ویک

مؤسسه درولیک دلفت، هلند

نوامبر ۲۰۰۵

پیش گفتار

در هلند و بسیاری دیگر از نقاط جهان، کیفیت زندگی ما به طور مستقیم به کیفیت محیط زیست طبیعی (هوا، زمین و منابع آب) مربوط می‌شود. ما الزامات کیفی سخت گیرانه‌ای را برای سلامت انسان و توسعه اقتصادی و اجتماعی و نیز برای حفاظت و تنوع زیست‌بوم، در نظر می‌گیریم. این که امروزه چقدر منابع طبیعی‌مان را خوب مدیریت کنیم، تضمین‌کننده این است که این منابع چقدر به طور مناسب به فرزندان‌مان خدمت خواهند کرد.

بسیاری از ما در مناطقی از هلند زندگی می‌کنیم که فقط به دلیل تلاش‌های موفقیت‌آمیز گذشته مهندسان، برنامه‌ریزان و مدیران آب، شکل گرفته‌اند. مدیریت آب به شیوه‌هایی که به بهترین وجه تمام نیازهای متنوع از جمله نیازهای طبیعی و زیست‌بوم‌ها را در راستای حفاظت از آب، تأمین کند، به طور کامل ضروری است. اما با وجود دانش و تجربه هلندی‌ها و سایر متخصصان در سراسر جهان، هنوز خشک‌سالی‌ها، سیلاب‌ها و آلودگی‌های آب را تجربه می‌کنیم. این اثرهای جانبی منحصر به اروپاست. در بسیاری از مناطق دیگر جهان، نیاز به بهبود مدیریت آب بسیار مهم و ضروری است. هر روزه بسیاری از مردم، به ویژه کودکان به دلیل نبود آب رنج می‌برند.

همان‌طور که توانایی مدیریتی آب مایه میاهات است، به کار گرفتن این توانایی برای کمک به دیگران برای مدیریت آب نیز غرور انگیز است. نه تنها می‌توانند به کمک دلفت این کار را در طول ۷۵ سال تجربه خود، انجام داده‌اند. این کتاب به منظور جشن هفتاد و پنجمین سالگرد تأسیس این سازمان منتشر شده است.

این کتاب توسط افرادی نوشته شده که دوره زندگی حرفه‌ای خود به طور هم‌زمان به عنوان استادان دانشگاه و نیز مهندسان مشاور فعالیت کرده‌اند. آنها به معرفی روش‌های علمی و عملی در مدل‌سازی و تحلیل سامانه‌های منابع آب پرداخته‌اند.

خواه شما در حال تحصیل در دانشگاه یا در حال کار در یک منطقه توسعه‌یافته و یا در حال توسعه هستید، روش‌ها و توصیه‌های ارائه شده در این کتاب می‌تواند کمک مؤثری به شما برای توسعه مهارت‌ها در استفاده از روش‌های کمی شناسایی و ارزیابی سیاست‌ها و طرح‌های مدیریت منابع آب نمایند. همچنین این کتاب می‌تواند به عنوان یک راهنما در به دست آوردن اطلاعات برای شما و نیاز سازمان خود، زمانی که در حال تصمیم‌گیری برای مدیریت بهتر از این منابع مهم هستید، به خدمت گرفته شود. این کتاب به معرفی رویکرد یک‌پارچه مدیریت سامانه‌های آب می‌کند که می‌تواند به بسیاری از دانشجویان، استادان و مهندسان و برنامه‌ریزان منابع آب در سراسر جهان کمک نماید، می‌پردازد.



ویلیام الکساندر^۱

ولیعهد هلند

مقدمه

منابع آب، مهم هستند. آنها در شرایط طبیعی، زیبا هستند. مردم تمایل به زندگی و گذراندن تعطیلات در نزدیکی رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سواحل دارند. علاوه بر آن، آب قدرتمند نیز هست. آب می‌تواند سنگ‌ها را ساییده، مناظر موجود را تغییر داده و به شکل‌های جدید درآورد. زندگی در این سیاره، به آب بستگی دارد. بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی ما، مصرف‌کننده آب هستند. تمام مواد غذایی به آب نیازمند هستند. بخش عمده‌ای از زباله‌های ما توسط آب، جذب و حمل می‌شوند. اهمیت آب برای تندرستی، بر کسی پوشیده نیست. وابستگی ما به آب برای همیشه دوام خواهد داشت.

این، مشکل چیست؟ پاسخ این است که آب به شکلی که ما مایل هستیم، توزیع نشده است. اغلب، آب بیش از حد یا کمی موجود داشته یا این‌که اگر به میزان کافی وجود داشته باشد، بیش از حد آلوده یا گران است. مشکل دیگر این است که احتمال زیاد وضعیت کلی آب، به‌عنوان نتیجه‌ای از تغییرات جهانی، بیش‌تر رو به وخامت گذاشته است. این نتیجه نه تنها از تغییر اقلیم، بلکه از دیگر محرک‌های تغییرات جهانی، مانند رشد جمعیت، تغییرات کاربری اراضی، شهرنشینی و مسخرت اراضی روستایی به شهری، ایجاد شده که همگی از چالش‌های مطرحی هستند که قبل از این هرگز دیده نشده بودند. آب به‌طور کلی به‌طور ناعادلانه توزیع شده است. در حالی که رشد جمعیت در قرن بیستم، سه متصل می‌کند. آب پویا و متغیر است که به نسبت غیرخطی است. برای مثال، در حالی که رشد جمعیت در قرن بیستم، سه برابر (از ۱/۸ به ۶ میلیارد نفر) افزایش یافته است، برداشت آب در طول مدت مشابه، شش برابر افزایش یافته است که این موضوع به‌شدت، باعث ناپایداری منابع آب است. این، اگرچه منبعی تجدیدپذیر است، ولی محدود و بسیار آسیب‌پذیر است. اگر ۹۷/۵ درصد آب کره زمین در دریاها و اقیانوس‌ها قرار داشته باشد، آنچه که در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و مخازن برای مصرف بشری وجود دارد، بیش از ۱/۰۰۷ درصد از کل آب است. این مقدار بسیار کمی است. به‌طور متوسط اغلب معادل ۴۲'۰۰۰ کیلومتر مکعب است.

اگر نگاهی به کاهش سرانه آب قابل دسترس در طول سال گذشته بیندازیم، چشم‌انداز آبی آن بیش‌تر نگران‌کننده است. در حالی که در سال ۱۹۷۵، موجودی آب در حدود ۱۳'۰۰۰ متر مکعب به‌ازای هر فرد در سال بود، در حال حاضر تا ۶'۰۰۰ متر مکعب، کاهش یافته است. در ضمن کیفیت آب نیز به‌شدت، به‌خطر افت گذاشته است. در حالی که این موضوع را نمی‌توان به‌طور کامل تعمیم داد، با این حال وخامت اوضاع را نشان می‌دهد. این موضوع شاید توسط تأثیرهای مورد انتظار تغییر اقلیم، بیش‌تر تشدید خواهد شد. اگرچه هنوز استاندارد مشخص علمی وجود ندارد، ولی شواهد تجربی بسیاری نشان می‌دهند که چرخه مرتبط با آب‌شناسی به سرعت در حال گردش است. در حالی که در یک لحظه معین، حجم آب در چرخه، همان مقدار است. اگر این فرضیه درست باشد، بنابراین این موضوع، منجر به افزایش فراوانی و شدت سیلاب خواهد شد. از دیدگاه دیگر، قوانین پیوستگی حاکم به این معنی است که شدت و مدت خشکسالی نیز افزایش خواهد یافت. این افزایش خطرپذیری، شاید پیامدهای منطقه‌ای جدی‌ای را به همراه خواهد داشت.

مطالعات شبیه‌سازی اولیه انجام شده توسط برنامه بین‌المللی مرتبط با آب‌شناسی^۱ (IHP) نشان می‌دهد که مناطق مرطوب، مرطوب‌تر خواهند شد، در حالی که مناطق خشک، به‌طور فزاینده‌ای، خشک‌تر خواهند شد. این امر یک شبه، رخ نخواهد داد. به‌طور مشابه، اقدامات متقابل مناسب برای ایجاد سیاست‌هایی که موضوعات فنی و اجتماعی را با هم ادغام کنند، آن هم به شیوه‌ای که مناسبات فرهنگی در نظر گرفته شوند، نیازمند زمان خواهند بود.

تلاش‌ها و اراده سیاسی فوق‌العاده‌ای برای دستیابی به دو هدف توسعه هزاره^۲ (MDG) مرتبط با آب، موردنیاز خواهند بود. این دو هدف، به‌ترتیب به نصف کاهش دادن تعدادی از انسان‌ها است که دسترسی به آب آشامیدنی سالم و

امکانات بهداشتی کافی تا سال ۲۰۱۵ را ندارند. در مورد آب آشامیدنی، ۱/۲ میلیارد نفر دسترسی به آب آشامیدنی سالم ندارند، در حالی که در مورد بهداشت، این رقم ۲/۴ میلیارد نفر است.

رشد قابل توجه جمعیت (به‌ویژه آن نیمه‌ای که در مناطق شهری زندگی می‌کنند) و به تبع آن گسترش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی با تقاضای بالای آب، افزایش مشکلات دسترسی آب، موضوعات مربوط به کیفیت آب و بیماری‌های منتقله از راه آب را به همراه دارد. در حال حاضر، در سازمان ملل متحد ضرورت روز افزونی برای حفاظت از منابع آب از طریق مدیریت بهتر، وجود دارد. داده‌ها در مقیاس جنگل‌زدایی با تغییر کاربری اراضی آبی، فرسایش خاک، بیابان‌زایی، پراکندگی شهری، از دست دادن تنوع ژنتیکی، تغییر اقلیم و تولید مواد غذایی از طریق آبیاری، همگی نشان می‌دهند که جدی بودن این مشکل، در حال افزایش است. ما الزاماً باید تصدیق کنیم که فعالیت‌های اجتماعی بدون ایجاد آسیب جدی به محیط زیست و زیست‌بوم‌ها نمی‌توانند به‌طور طولانی ادامه داشته باشند. این امر به‌ویژه در مناطق دچار کمبود آب، مهم است. بسیاری از مناطقی که در حال توسعه هستند با وجود عدم تغذیه آبخوان، به برداشت از آب زیرزمینی وابسته‌اند. به وضوح، این روند پایدار نیستند.

مدیریت منابع آب نیازمند در نظر گرفتن هر دوی عرضه و تقاضا است. عدم تطابق عرضه و تقاضا در طول زمان و مکان باعث انگیزه توسعه بسیاری از زیرساخت‌هایی که امروزه در محل وجود دارند، شده است. برخی از قسمت‌های جهان شاهد وقوع سیلاب به‌عنوان نتیجه از بارش‌های مفرط و نامنظمی بارندگی‌های زیاد است، در حالی که مناطق دیگر از بدتر شدن کمبود مزمین آب رنج می‌برند. این شرایط آب و افزایش نیاز آلاینده‌ها و در نتیجه کاهش شدید کیفیت آب، تشدید می‌شود.

هدف از مدیریت پایدار آب، رویکردی است که نیازهای جامعه تا حد امکان در حال حاضر و در آینده، تأمین شوند. این موضوع، حفاظت از منابع آب که برای نسل‌های آینده موردنیاز خواهند بود را در برمی‌گیرد. IHP یونسکو، این هدف‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت را به‌پیش‌برد درک ما از فرآیندهای فیزیکی و اجتماعی متأثر از منابع آب جهان و یک‌پارچه‌سازی این دانش برای مدیریت منابع آب مورد توجه قرار داده است. این کتاب انواع مشکلات مدیران آب و انواع مدل‌ها و روش‌هایی که می‌توانند برای تعیین ارزیابی طرح‌های توسعه جایگزین و سیاست‌های مدیریتی به‌کار گرفته شوند را تشریح می‌نماید. اطلاعات به‌دست آمده این مدل‌ها و روش‌ها می‌توانند به آگاهی ذی‌نفعان و تصمیم‌گیران که به‌طور یکسان در جستجو برای راه‌حل‌های پایدار برای مشکلات مدیران آب هستند، کمک نمایند. کاربرد موفق این ابزار، نیازمند همکاری در میان دانشمندان علوم اجتماعی و طبیعی است که در مناطق آسیب‌دیده، با در نظر گرفتن نه تنها مشکلات مرتبط با آب، بلکه با لحاظ کردن ارزش‌های اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی، درگیر هستند، است.

معرفی این کتاب از طرف یونسکو بسیار برایم مسرت‌انگیز است. این کتاب به عنوان کتابی از جنبه‌های بسیار و ابعاد مختلف مدیریت منابع آب، می‌پردازد و رویکردهای عملی برای حل مشکلات و شناسایی راه‌های توسعه و مدیریت سامانه‌های منابع آب در دنیای در حال تغییر و غیرقطعی را ارائه می‌دهد. با توجه به تجربه عملی و علمی نویسندگان و سهم آنها در توسعه و به‌کارگیری این کتاب، تبدیل به سرمایه‌ای ارزشمند برای کسانی که در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب دخیل هستند، می‌شود. مایلم تشکر صمیمانه‌ای از استادان پتر لاکس و الگو ون بیک برای این که وقت، تلاش و تجربه فوق‌العاده خود را تقدیم کردند، تا در این کتاب خلاصه‌ای از آنها برای استفاده متخصصان آب جوامع در حال پیشرفت ارائه شود، داشته باشم.



آندراس سولوشی - ناجی^۱

معاون مدیر کل، دبیر یونسکو، برنامه بین‌المللی مرتبط با آب‌شناسی