

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

عنوان و نام پدیدآور	: هیدرولوژی شهری، آبخیزداری و مسایل اقتصادی - اجتماعی / اویراستاران آروپ کی شارما... [و دیگران] :
مشخصات نشر	: تهران : شهرداری تهران، مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	: ۴۲۰ ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۰۲-۲۲-۰
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Urban Hydrology, Watershed Management and Socio-Economic Aspects 2016
یادداشت	: ویراستاران آرو شارما، ویجی سینگ، سوره کارتا و راجیب پاتاچارجیا.
موضوع	: آب شناسی شهری
موضوع	: Urban hydrology
شناسه افزوده	: شارما، آروپ کی. ، ویراستار
شناسه افزوده	: Sarma, Arup K.
شناسه افزوده	: یوسفی، حسین، ۱۳۵۰ - مترجم
شناسه افزوده	: بذرافشان، ام البنین، - ۱۳۶۱، مترجم
شناسه افزوده	: اژدری، زهرا، ۱۳۶۷ - ، مترجم
شناسه افزوده	: شهرداری تهران. مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران
شناسه افزوده	: Tehran Municipality. Tehran Urban Planning and Research Center
رده بندی کنگره	: TC ۴۰۹
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۲۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۶۳۳۳۱۰
وضعیت رکورد	: فیبا



مركز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران

هیدرولوژی شهری، آبخیزداری و مسائل اقتصادی - اجتماعی

تألیف: آرو شارما، ویجی سینگ، سوره کارتا و راجیب پاتاچارجیا

ترجمه: دکتر حسین یوسفی، دکتر ام البنین بذرافشان، دکتر زهرا اژدری

صفحه آرایبی و طراحی جلد: موسسه فرهنگی و هنری نگاه نو تهران

ویراستار: فاطمه رشوند

نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۰

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بها: ۴۰۰۰۰۰ ریال

ناشر: انتشارات مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران / انتشارات دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۰۲-۲۲-۰

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نشانی: خیابان شریعتی، خیابان پل رومی، خیابان شهید اکبری، نبش خیابان آقابزرگی، شماره ۳۲

کدپستی: ۱۹۴۶۳۵۶۱۱

تلفن: ۲۳۳۹۲۰۸۲

rpc.tehran.ir

info.rpc@tehran.ir

هیدرولوژی شهری، آبخیزداری و مسائل اقتصادی – اجتماعی

آرو شارما، ویجی سینگ، سوره کارتو و راجیب باتاچاریا

دکتر حسین یوسفی

(دانشیار دانشگاه تهران)

دکتر ام البنین بذرافشان

(عضو هیات علمی دانشگاه هرمزگان)

دکتر زهرا اژدری

(دکتری مهندسی آبخیزداری)

انتشار کتاب در نشست شماره ۲۶ مورخ ۱۳۹۹/۰۹/۱۶

شورای چاپ و نشر شهرداری تهران

به تصویب رسیده است.

سخن نخست	۷
پیشگفتار	۹
فصل اول: تأثیر شهرنشینی بر روند چرخه هیدرولوژی	۱۳
فصل دوم: کاربرد GIS و سنجش از دور در هیدرولوژی شهری	۵۹
فصل سوم: هیدرولوژی آب سطحی و زیرزمینی مناطق شهری	۱۰۷
فصل چهارم: کاربرد مدل‌های محاسباتی و عددی در هیدرولوژی شهری	۱۸۱
فصل پنجم: تکنیک‌های محاسبات نرم‌افزاری در هیدرولوژی شهری	۲۵۱
فصل ششم: جنبه‌های اقتصادی-اجتماعی و نقش جامعه در اثرات شهرسازی	۳۱۷
واژه‌نامه	۴۰۳

سخن نخست

شهرها محیط‌های انسان‌ساخت در میان اکوسیستم‌های طبیعی هستند که ابعاد و ویژگی‌های پیچیده و مختلفی دارند و قوانین و ضوابط حاکم بر آن ترکیبی از قانون‌های طبیعت و ضوابط و مقررات وضع شده انسانی با رویکرد پایداری در علوم مختلف است. رشد فزاینده جمعیت شهرنشین انسان را ملزم به استفاده بهینه از منابع موجود و یافتن منابع جدید آب می‌کند. همچنین گسترش پهنه‌های شهری موجب تغییرات معنی‌داری در خصوصیات فیزیکی سطح زمین، کاربری اراضی و پوشش گیاهی شده است.

داده‌ها و یافته‌های حاصل از مطالعات اکوهیدرولوژیکی و اطلاعات شهری نشان می‌دهد که برای مدیریت جامع و توسعه پایدار منابع آب در شهرها و در تعامل با اکوسیستم‌های طبیعی، مدل‌سازی‌های مختلف کامپیوتری لازم است. تجربیات شهرهای توسعه یافته و مدل‌سازیها نشان می‌دهند که توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن شهرها تأثیرات نامطلوبی بر عملکرد طبیعی حوضه‌های آبخیز محیط بر آنها می‌گذارد و باعث افزایش و شدت رواناب‌های سطحی، آلودگی‌های محیط زیست، کاهش جریان پایه و کاهش تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و در نتیجه فرونشست زمین می‌شود. بروز چنین شرایطی در وضعیت شهرها لزوم توجه مدیران شهری به اثرات مخرب توسعه شهرنشینی و افزایش ساخت و سازها را دوچندان می‌کند.

در این میان توجه به اثر تغییر در پوشش زمین و کاربری اراضی بر رواناب شهری و تغییرات هیدروشمیایی آب حائز اهمیت بیشتری است. مداخلات انسانی در تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز با رودخانه‌های کوچک‌تر تأثیرات منفی بیشتری دارد. نتایج این تغییرات در حوضه‌های تحت تأثیر شهرسازی، تخریب خطوط تقسیم آب، قطع

کردن مسیرهای زهکشی طبیعی و افزایش سطوح نفوذناپذیر و تغییر در پارامترهای شیمیایی آب می‌باشد عبارتی با توسعه اراضی شهری، سطوح نفوذناپذیر به سرعت گسترش یافته، ظرفیت نگهداشت بارش کم شده و ضریب رواناب افزایش می‌یابد و نواحی شهری در بارش‌های با شدت بالا، ریسک سیلاب بیشتری دارند. بنابراین، مطالعات علمی در مورد هیدرولوژی شهری و جنبه‌های فرهنگی آن، برای طراحی مناسب مناظر و مبلمان شهری و زیرساخت‌های عمرانی و شهرسازی بسیار حیاتی است.

کتاب حاضر به بررسی مطالعات آزمایشگاهی و میدانی در زمینه تأثیر فرآیندهای هیدرولوژیکی بر نفوذ آب و زهکشی شهری، کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی به‌خصوص در زمینه هیدرولوژی، کاربرد مدل‌های آب زیرزمینی برای پیش‌بینی تراز آب و توصیف تنش‌های آبخوان، روش‌های استحصال آب باران به‌عنوان ابزاری برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی جهت کمک به سیستم‌های آبرسانی شهری، کاربرد مدل‌های محاسبات عددی برای مسائل هیدرولوژیکی شهری، تکنیک‌های محاسبات نرم‌افزاری در هیدرولوژی شهری و اهمیت مطالعات اجتماعی - اقتصادی می‌پردازد. از آنجا که این کتاب بسیاری از مسائل آب و محیط‌زیست مربوط به شهرنشینی را تلفیق می‌کند، لذا اطلاعات مفیدی را به خواننده خواهد داد. علاوه بر این، از آنجا که کتاب از جنبه‌های موضوعی بخش‌بندی شده، خواننده می‌تواند برای موضوع مورد علاقه خود مستقیماً به بخش‌های مربوطه مراجعه کند.

مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران با همکاری دانشگاه‌های مختلف در راستای اثر بخش نمودن مطالعات خود و ارائه راه‌حل‌های موثر جهت کاهش اثرات توسعه شهرنشینی بر حوضه‌های آبخیز شهری اقدام به حمایت از چاپ کتاب حاضر نموده است. امید است مطالعه این کتاب بتواند دیدی جامع و در عین حال متفاوت از موضوع را در اختیار بخش‌های خدمات‌رسان مدیریت شهری قرار دهد و در ایجاد هماهنگی و هم‌افزایی دانشی موثر واقع گردد.

محمدحسین بوچانی

رییس مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

پیشگفتار

در قرن بیستم شاهد شهرنشینی گسترده با سرعت زیاد در کشورهای در حال توسعه بودیم و این سرعت در قرن بیست و یکم نیز ادامه دارد. در حال حاضر، تقریباً نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند. شهرنشینی سریع، نتیجه مستقیم رشد اقتصادی و تمایل مردم به آسایش بیشتر و دسترسی آنها به امکانات آموزشی، بهداشتی و تسهیل حمل و نقل است. شهرنشینی بیشتر زمان‌ها، باعث ایجاد فشار بر منابع طبیعی و منابع انسان‌ساخت می‌شود. یکی از اثرات مستقیم پیامد شهرنشینی، تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین است که به نوبه خود بر منابع آبی و چرخه هیدرولوژیکی اثر می‌گذارد. این تأثیر از طریق تغییر در آب‌های سطحی و زیرزمینی، تغییر در رژیم رواناب‌های سطحی، تغییرات روزانه دما، رطوبت، پوشش ابر، میزان دود، آلودگی، تابش و باد مشاهده می‌گردد. بنابراین، مطالعات علمی در مورد هیدرولوژی شهری برای طراحی مناسب مناظر شهری و زیرساخت‌های عمرانی بسیار حیاتی است.

مرکزی تحت عنوان «برنامه ریزی یکپارچه آمایش سرزمین و مدیریت منابع آب» با حمایت وزارت توسعه شهری دولت هند در سال ۲۰۱۰ در انستیتوی فناوری گواهاٹی هند^۱ ایجاد شد تا مطالعات مربوط به هیدرولوژی شهری منطقه شمال شرقی هند صورت پذیرد. به عنوان بخشی از وظایف آنها، این مرکز یک کنفرانس بین‌المللی کنفرانس بین‌المللی انشور ۲۰۱۲^۲ برگزار نموده و از نویسندگان دعوت کرده تا مقالات مربوط به هیدرولوژی شهری را به این مرکز ارسال کنند. تعدادی از نویسندگان، مقالات پژوهشی بسیار ارزشمندی راجع به این موضوع ارائه دادند، لذا با رویت این مقالات مقرر شد، مقالات این کنفرانس به صورت کتاب منتشر شود. در نتیجه، ما موضوعات

1. Indian Institute of Technology Guwahati

2. ENSURE 2012

و مقالات کنفرانس را مجدداً مرور کردیم و تعدادی از آنها را برای گنجاندن در این جلد انتخاب کردیم.

بنابراین، موضوع کتاب به شش فصل تقسیم شده است. یکی از تأثیرات مهم شهرنشینی، افزایش سریع سیلاب‌های ناشی از رگبار است. فصل اول، مشتمل بر چهار بخش به تأثیر اقدامات شهرنشینی و اقداماتی که منجر به کاهش اثرات منفی شهرنشینی می‌گردد، می‌پردازد. تأثیر فرآیندهای هیدرولوژیکی مانند نفوذ و رواناب سطحی تحت تأثیر تغییر شیب و توسعه شهری با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی در یکی از بخش‌های کتاب مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. این آزمایشات تأثیر حضور و عدم حضور پوشش گیاهی در رواناب سطحی را برجسته می‌سازد. نقش سطوح نفوذناپذیر در رواناب سطحی به دلیل شهرنشینی در بخش «تأثیر نفوذناپذیری کل و مؤثر بر پیش بینی رواناب» با مقایسه خروجی‌های مدل‌های هیدرولوژیکی یک منطقه تحلیل شده است. بخش «مسائل مربوط به زهکشی شهری، وضعیت فعلی و مسیر رو به جلو» در مورد موضوعات مربوط به زهکشی شهری در حال حاضر و روش‌های پیش رو در آینده را بحث می‌کند. مزایای تخصیص بهینه شیوه‌های مدیریت زیست محیطی در یک حوزه آبخیز شهری برای کاهش اثرات سیل‌های شهری در بخش آخر این فصل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به طور گسترده‌ای در منابع طبیعی بخصوص در زمینه هیدرولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل‌های GIS، سنجش از دور و مدل رقومی ارتفاع در مدل‌سازی هیدرولوژیکی شهری بسیار مهم هستند. این ابزارها در ارزیابی کمیت منابع آب برای مدیریت پایدار، کارآمد هستند. بنابراین، فصل دوم به برنامه‌های سنجش از دور و کاربردهای GIS مخصوصاً در هیدرولوژی شهری می‌پردازد. این فصل از سه بخش تشکیل شده است. یکی از پذیرفته‌ترین روش‌ها برای تعیین کمی‌سازی تلفات ناشی از نفوذ، استفاده از تکنیک شماره منحنی است. بخش اول این فصل، استفاده از تصاویر GIS و ماهواره‌ای در سرویس‌های حفاظت از خاک (SCS) [که اکنون به خدمات حفاظت از منابع طبیعی (NRCS) تغییر نام داده است] و روش شماره منحنی برای برآورد رواناب سطح، نفوذ و تغذیه مجدد آبهای زیرزمینی است. در بخش بعد، تأثیر بارندگی، تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی در رواناب سطحی و همچنین فرسایش سطحی خاک، عمدتاً به دلیل تغییر در پوشش گیاهی یک منطقه شهری با استفاده از سنجش از دور و GIS مورد بحث قرار می‌گیرد. در فصل آخر، استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاع برای توصیف دشتهای سیلاب رودخانه‌ای که از مناطق شهری عبور می‌کند؛ توصیف کرده است.

هرگونه مطالعه هیدرولوژیکی بدون در نظر گرفتن آب‌های زیرزمینی و زیرسطحی منطقه ناقص خواهد بود. در این کتاب تأکید ویژه‌ای بر هیدرولوژی آب‌های زیرسطحی شده و در فصل سوم به هیدرولوژی آب زیرزمینی و زیر سطحی در مناطق شهری می‌پردازد که از پنج بخش تشکیل شده است. برخی از ایده‌ها در این فصل بر نیاز و اهمیت مدیریت آب‌های زیرزمینی و برداشت آب باران در مناطق خشک و نیمه خشک تأکید می‌کند. نویسندگان

برخی از بخش‌ها به‌طور انتقادی علل انسانی نفوذ آب شور را در مناطق ساحلی شهری به‌خاطر بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی مورد نقد و بررسی قرار داده‌اند. کاربرد مدل‌های آب زیرزمینی مانند مادفلو برای پیش‌بینی تراز آب^۱ و توصیف تنش‌های آبخوان نیز از مطالعات مهم در این فصل هستند. بخش‌هایی نیز مرتبط با مدیریت آب‌های زیرزمینی با هدف پایش آلودگی آب زیرزمینی است. همچنین در این فصل، استفاده از روش‌های استحصال آب باران به‌عنوان ابزاری برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی جهت کمک به سیستم‌های آبرسانی شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد. سرعت و الگو جریان آب زیر سطحی از طریق محیط متخلخل؛ به نوع خاک، درجه اشباع آب و ویژگی‌های خاک-آب بستگی دارد. همچنین در یکی از بخش‌های این فصل، خصوصیات آب و خاک برای خاک‌های حوزه آبخیز شهری شمال شرقی هند ارائه شده است.

با توجه به هزینه‌های مختلف در زمینه‌های میدانی و آزمایشگاهی برای مطالعه پدیده‌های هیدرولوژیکی، مکانیسم‌های مدل‌سازی محاسباتی به‌منظور درک این پدیده‌ها با هزینه پایین امکان‌پذیر است. بنابراین، فصل چهارم در رابطه با کاربرد مدل‌های محاسبات عددی برای مسائل هیدرولوژیکی شهری است که دارای پنج بخش است. مدل‌های هیدرولوژیکی برای سیستم‌های زهکشی شهری باید فرسایش و رسوب را در نظر بگیرند. برخی مطالعات در این فصل، نیاز به مدل‌های محاسبه‌ای دو بعدی برای زهکشی شهری را مورد توجه قرار می‌دهند. این مدل‌های محاسباتی بخش‌های بحرانی فاضلاب شهری را مشخص می‌کنند که در طراحی زهکشی بسیار مهم هستند. سیلاب‌های شهری را می‌توان با استفاده از نرم‌افزار محاسباتی مانند HEC-RAS و HEC-HMS مدل‌سازی کرد. نتایج شبیه‌سازی این مدل‌های محاسباتی می‌تواند ریسک مرتبط با این سیل‌ها را ارزیابی کند. برخی از بخش‌های این فصل به ارزیابی ریسک ناشی از سیلاب‌های شهری سروکار دارند. یک بخش جالب در این فصل، استفاده از نوسانات سطح آب چاه برای توسعه لرزه-نگاری برای مناطق حساس زلزله‌خیز است. همچنین بخش‌هایی در مورد سیاست‌های بهینه بهره‌برداری ذخایر و جریان‌های زیست‌محیطی، برای پروژه‌های برق آبی شمال شرقی هند بحث می‌کنند.

تکنیک‌های محاسبات نرم‌افزاری در هیدرولوژی شهری در فصل پنج به‌کار رفته است که شامل پنج بخش است. نرم‌افزارهای محاسباتی زیادی وجود دارد که در آنالیز هیدرولوژیکی استفاده شده است؛ مانند شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی، مجموعه‌های فازی، موجک و غیره. بخش اول در این فصل با کاربرد مجموعه‌های فازی در طراحی شبکه توزیع آب سر و کار دارد. عدم قطعیت‌ها، در صورت وجود در ورودی‌های شبکه‌های شهری با استفاده از مجموعه‌های فازی نشان داده شده است. استفاده از تبدیل موجک در هیدرولوژی، در بخش بعد بحث شده است. روش‌های هوش مصنوعی، مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی در هیدرولوژی شهری با موفقیت بسیار

زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نرم افزارهای محاسباتی، می‌توانند به‌طور مستقل و یا در ترکیب با نرم افزارهای دیگر نظیر شبکه‌های عصبی موجک و نورو فازی به‌صورت تطبیقی استفاده شوند. همچنین برای پیش‌بینی نشت لوله در مراکز شهری و مجاور شهری یا پیش‌بینی رواناب سطحی و غیره می‌توان از این نرم‌افزارهای محاسباتی استفاده کرد. به‌طور گسترده به داده‌های سری زمانی وابسته هستند و مقاله توضیح می‌دهد که پیش‌پردازش این داده‌ها می‌تواند عملکرد چنین مدل‌هایی را افزایش دهد.

فصل پایانی؛ یعنی فصل ششم به اثرات جنبه‌های اجتماعی - اقتصادی و نقش جامعه شهری می‌پردازد. این فصل شامل شش بخش است. اهمیت مطالعات اجتماعی - اقتصادی در اولین مرحله از این فصل مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌است. در بخش بعدی به تاثیر شهرنشینی بر عملکرد دانشجویان و تاثیر رشد سریع جمعیت در دانشگاه بر رفاة عمومی می‌پردازد.

بخش دیگر، نقش و اهمیت جامعه را در مدیریت حوزه آبخیز مورد بحث قرار می‌دهد. برخی از بخش‌ها نقش سازمان‌های محلی و مردم نهاد را در مدیریت پسماند جامد شهری و نقش دولت را در توسعه پایدار شهری و غیره مورد بحث قرار می‌دهند. یکی از جنبه‌های مهم شهرنشینی، مهاجرت زیاد جمعیت از مناطق روستایی به مناطق شهری است. چنین اتفاقاتی فشارهای چشمگیری به منابع طبیعی و انسانی وارد می‌سازد. بخش‌هایی در این فصل وجود دارد که در مورد چنین مسائلی بحث می‌کند. مطالعه نهایی در این فصل به بررسی مزایای استفاده از آبراهه‌های شهری و طبیعی به‌عنوان وسیله ارتباطی و حمل و نقل می‌پردازد. به‌طور کلی این کتاب شامل شش فصل است که طیف وسیعی از موضوعات مربوط به هیدرولوژی شهری، مدیریت منابع شهری و جنبه‌های اجتماعی - اقتصادی شهرنشینی را در یک جلد واحد ارائه می‌دهد. از آنجا که این کتاب بسیاری از مسائل آب و محیط‌زیست مربوط به شهرنشینی را تلیف می‌کند، لذا اطلاعات مفیدی را به خواننده خواهد داد. علاوه بر این، از آنجائی که کتاب از جنبه‌های موضوعی بخش‌بندی شده، لذا خواننده می‌تواند برای موضوع مورد علاقه خود مستقیماً به بخش‌های مربوطه مراجعه کند. با این حال نویسندگان اذعان می‌دارند، محدودیت‌هایی در این کتاب وجود دارد و کامل نیست. با این حال، حداکثر تلاش خود را برای جمع‌بندی تمام موضوعات در قالب یک کتاب واحد انجام داده‌اند و در پایان نویسندگان مراتب قدردانی خود را از کمیته ENSURE ۲۰۱۲ در ارائه مطالب این کتاب و قدردانی از زحمات دانشجویان دانشکده مهندسی عمران IIT گواهاتی در کمک به توسعه این کتاب، اعلام می‌دارند.

Guwahati, Assam Arup K. Sarma

College Station, USA Vijay P. Singh

Guwahati, Assam Suresh A. Kartha

Guwahati, Assam Rajib K. Bhattacharjya