



انتشارات دانشگاه لرستان

۱۴۲

آشنایی با روش‌های ریاضی و آمار در هیدرولوژی

تألیف

دکتر پرویز علی‌پور
مدرس آبیاری

ترجمه

دکتر ناصر طهماسبی‌پور

عضو هیأت علمی دانشگاه لرستان

مهندس مریم رئیسی

دانشجوی دکتری رشته علوم و مهندسی آبخیزداری

سرشناسه	رودا، هاروی ج. ای. Rodda, Harvey J. E.
عنوان و نام پدیدآور	طهماسبی پور، ناصر، ۱۳۳۹
مشخصات نشر	آشنایی با روش های ریاضی و آمار در هیدرولوژی / مترجمان: ناصر طهماسبی پور، مریم رئیس
مشخصات ظاهری	خرم آباد، دانشگاه لرستان، ۱۳۹۷
فروست	۱۰۳ ص. مصور، جدول، نمودار
شابک	انتشارات دانشگاه لرستان؛ ۱۴۲
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	Understanding mathematical and statistical techniques in hydrology : an examples-based
یادداشت	کتاب نامه
موضوع	آب شناسی - الگوهای ریاضی
موضوع	Hydrology -- Mathematical models
موضوع	آب شناسی - روش های آماری
موضوع	Hydrology -- Statistical methods
موضوع	لیتل، ماکس A. Little, Max A.
شناسه افزوده	طهماسبی پور، ناصر، ۱۳۳۹؛ مترجم
شناسه افزوده	رئیس، مریم، ۱۳۶۲؛ مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه لرستان
شناسه افزوده	۱۳۹۲، ۷ الف، GB ۶۵۰۰
رده بندی کنگره	۵۱۱/۲۰۰۵۱
رده بندی دیویی	۵۸۷۲۸
شماره کتاب شناسی ملی	

978-600-6217-84-0



انتشارات دانشگاه لرستان

آشنایی با روش های ریاضی و آمار در هیدرولوژی

تألیف: هاروی ج. ای. رودا، ماکس A. لیتل

ترجمه

دکتر ناصر طهماسبی پور (عضو هیأت علمی دانشگاه لرستان)

مهندس مریم رئیس (دانشجوی دکتری رشته علوم و مهندسی آب خیزداری)

ویراستار ادبی: دکتر علی حدیری (عضو هیأت علمی گروه ادبیات و زبان فارسی دانشگاه لرستان)

شمارگان: ۵۰۰ نسخه، چاپ اول ۱۳۹۸

امور رایانه ای و طرح جلد: سیمه اسدزاده

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۲۱۷-۸۴-۰

بها: ۱۶۰۰۰ ریال

فهرست

صفحه

عنوان

۱۱

مقدمه

فصل اول

اصول

۱۵

۱-۱- چگونه این کتاب، مخاطب را به مطالعه تشویق می‌کند؟

۱۶

۲-۱- فعالیت‌های مقدماتی ریاضی

۱۶

۱-۲-۱- اعداد و نمادها

۱۷

۲-۲-۱- جبر: بازچینی معادلات

۲۱

۱-۳-۲- توابع

۲۱

۴-۲-۱- محاسبات انتگرال و دیفرانسیل

۲۶

۵-۲-۱- معادلات دیفرانسیل

۲۸

۶-۲-۱- آمار و احتمالات

۳۱

منابع

فصل دوم

مدل‌سازی آماری

۳۳

۱-۲- سیلاب‌های اروپای مرکزی، آگوست ۲۰۰۲

۳۷

۲-۲- آنالیز مقادیر حداکثر

۳۷

۳-۲- روش‌های برآورد دوره‌ی بازگشت

۳۹

۴-۲- دوره‌های بازگشت بر اساس توزیع‌های آماری مناسب

۴۳

۵-۲- روش‌های تخمین پارامتر

۴۳

۶-۲- تخمین پارامتر بیزین

۴۴

۷-۲- روش نمونه‌برداری مجدد: خودراه‌انداز

۴۵

منابع

فصل سوم

روش‌های ریاضی در هیدرولوژیکی

۴۷	۱-۳- مقدمه
۴۷	۲-۳- معادلات دیفرانسیل و جبر
۴۹	۳-۳- روش‌های معادلات ریاضیاتی نمایی
۴۹	۴-۳- معادلات مدل بازچینی
۵۰	۵-۳- معادلات جمع سری داده‌ها و نتایج
۵۴	۶-۳- روش‌های منحنی بر معادلات دیفرانسیل
۵۵	۷-۳- روش‌های منحنی بر انتگرال‌ها
۵۶	منابع

فصل چهارم

روش‌های منحنی بر متناسب بودن داده‌ها

۵۷	۱-۴- داده‌های مشاهداتی و تجربی
۵۸	۲-۴- منحنی‌های سنجه
۶۲	۳-۴- معادله رگرسیون با دو یا بیش از دو متغیر مستقل
۶۴	۴-۴- پیدا کردن داده‌های پرت
۶۷	۵-۴- آنالیز بر اساس توابع هارمونیک
۷۰	منابع

فصل پنجم

داده‌های سری زمانی

۷۱	۱-۵- مقدمه
۷۱	۲-۵- ویژگی‌های داده‌های سری زمانی
۷۴	۳-۵- آزمون وابستگی زمانی
۷۵	۴-۵- آزمون روند

۷۵	۵-۵- آنالیز فراوانی
۷۷	۵-۶- دیگر روش‌های آنالیز داده‌های سری زمانی
۷۸	۵-۷- هموارسازی و فیلترسازی
۷۸	۵-۸- روش‌های هموارسازی و فیلترسازی خطی
۸۲	۵-۹- روش‌های هموارسازی و فیلترسازی غیرخطی
۸۴	۵-۱۰- مدل‌سازی سری زمانی
۸۶	۵-۱۱- مدل‌های پییریدی سری زمانی
۸۶	۵-۱۲- تشخیص عدم استاتی
۸۸	منابع

فصل ششم

ارزیابی عملکرد مدل، عدم قطعیت و تصادفی بودن در مدل‌سازی

۸۹	۶-۱- مقدمه
۸۹	۶-۲- اندازه‌گیری‌های کمی عملکرد مدل
۹۱	۶-۳- مقایسه‌ی اندازه‌گیری‌ها
۹۲	۶-۴- روش ناش سائکلیف
۹۴	۶-۵- مدل‌سازی‌های تصادفی
۹۴	۶-۶- شبیه‌سازی‌های مونت کارلو
۹۵	۶-۷- نمونه‌برداری غیریکنواخت مونت کارلو
۹۹	۶-۸- عدم قطعیت در مدل‌سازی هیدرولوژیکی
۱۰۰	۶-۹- عدم قطعیت در مدل‌های ترکیبی
۱۰۱	۶-۱۰- تعیین عدم قطعیت داده‌های مشاهداتی
۱۰۳	منابع

مقدمه

آشنایی با روش‌های ریاضی و آمار در هیدرولوژی: در این کتاب سعی بر این است تا به سؤالات دانشجویان و دانش‌آموخته‌گان زمینه هیدرولوژی پاسخ داده شود. هیدرولوژی به عنوان یک موضوع کامل و جداگانه برای دانشجویان تدریس نمی‌شود، بلکه عموماً در رشته‌های جغرافیا، محیط زیست و علوم زمین، رشته‌های مهندسی شهریه مانند مهندسی رودخانه، زهکشی، منابع آب و فاضلاب شهری تدریس می‌گردد. دوره‌های تخصصی‌تر آن، در مقطع کارشناسی ارشد، در رشته‌هایی مانند مدیریت منابع آب که پایه‌ی آن بر اساس هیدرولوژی می‌باشد، تدریس می‌گردد. همان‌طور که می‌دانیم برای ورود در بسیاری از این رشته‌ها در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد، عموماً نیاز به داشتن مدرک رشته‌ی ریاضی نیست. با این حال، بسیاری از کتاب‌های هیدرولوژی دوره‌ی کارشناسی و دوره‌های تحصیلات تکمیلی نیازمند سطح بالایی از تخصص در زمینه ریاضیات هستند. برای مثال اکثر کتب هیدرولوژی شامل معادلات دیفرانسیل هستند که درک و فهم آن‌ها بدون داشتن دانش ریاضی امکان‌پذیر نیست. بدین علت، بالا بردن سطح دانش ریاضی دانش‌آموزان، باعث می‌شود هنگام مطالعه متونی که پر از نکات و معادلات ریاضی است، علاقه‌مندی آن‌ها نسبت به این مطالب افزایش یابد. لذا افزایش سطح درک دانش‌آموزان در زمینه‌ی علوم ریاضی در یادگیری بهتر هیدرولوژی بسیار حائز اهمیت است. علت علاقه‌ی دانشجویان به مطالعه هیدرولوژی، علاقه‌ی آن‌ها به محیط طبیعی، رودخانه‌ها، چرخه‌ی هیدرولوژیکی و تاثیر انسانی است. بخش اصلی مطالعات در این زمینه، مشاهدات مستقیم و اندازه‌گیری‌ها به خصوص اندازه‌گیری‌های رطوبت می‌باشد. مطالعه‌ی هیدرولوژی صرفاً مطالعه‌ی مباحث تخصصی آن نیست، بلکه مطالعات و پژوهش‌های هیدرولوژیکی، مستلزم داشتن مطالعه و کسب مهارت کافی در زمینه علوم نظری خاص مانند آمار و ریاضی می‌باشد.

اما این‌طور نیست که دانشگاه برای مطالعه‌ی هیدرولوژی، مطالعه‌ی پیچیده ریاضیات را الزامی بداند؛ هر چند که امروزه ریاضیات به یک بخش جدایی ناپذیر از هیدرولوژی و دیگر علوم محیطی تبدیل شده است؛ چرا که توضیح و تعیین تعداد زیادی از فرآیندهای اساسی هیدرولوژیکی نیازمند استفاده از معادلات ریاضی است. در سال‌های اخیر، پیشرفت در انجام محاسبات، فرصت را برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها افزایش داده است.

جزوات درسی و سؤالات امتحانی در محدوده‌ی مطالعات هیدرولوژی و یا موضوعات مشابه، اغلب دارای برخی از رتبه‌های ریاضی و به تبع آن، نیازمند اساتید متخصص در زمینه علوم فیزیکی و ریاضیات می‌باشند. در مباحث ریاضی بازچینی یک فرمول پیچیده به منظور نشان دادن چگونگی ارتباط یک پارامتر با پارامترهای دیگر در چارچوب علوم ریاضیات و جبر انجام می‌شود. اعضای دانشگاهی که پژوهش و فیلد های هیدرولوژیکی را تعیین می‌کنند، تأکید دارند که آن‌ها نه تنها در زمینه مهندسی زمین‌شناسی تخصص دارند، بلکه با ریاضیات نیز خیلی مانوس شده‌اند، و دانشجویانی در این وادی این‌قدر پرتلاش و خراب‌خیزند که خودشان را تا مراتب بالای دانشگاهی پیش می‌برند. هرچند که دانشجویانی نیز هستند که تنها به فکر گرفتن مدرک و جستجوی کار می‌باشند. امیدواریم مطالبی که در این کتاب بیان می‌شود، به دانشجو، در درک بیشتر مباحث ریاضیاتی مرتبط با رشته تحصیلی آن‌ها کمک کند. تعداد زیادی از سؤالات در امتحانات هیدرولوژی به دو صورت طرح می‌شوند: دسته اول سؤالاتی هستند که نیازی به محاسبات ریاضی ندارند و دسته دوم سؤالاتی هستند که نیازمند استفاده از راه‌حل‌های ریاضیاتی می‌باشند. این محاسبات ممکن است یک معادله ساده باشد، که حل آن نیازمند یک جاگذاری ساده باشد و در واقع دانشجویان نیازی از نمرات را به این شکل می‌توانند به دست آورند. اما این دلیل بر این نیست که دانشجویان دست از تلاش بیشتر برای یادگیری مباحث ریاضیاتی مرتبط با این دروس بردارند. در مقابل الزامی هم نیست که دانشجویان قادر به بازچینی هر معادله ریاضی که پیش روی آن‌ها می‌گذارند، باشند. اما به راحتی قادر خواهند بود که از این معادلات استفاده کنند. در جامعه علمی، دانشجویانی که هیدرولوژی را به عنوان بخشی از علومی مانند: علوم زمین، علوم محیط زیست و جغرافیا مطالعه نموده‌اند، در زمینه کارهای تحقیقاتی، نسبت به دانشجویانی که مطالعات بیشتری در زمینه علوم نظری یا ریاضی داشته‌اند، کارایی کمتری دارند. لذا توانایی درک و فهم ریاضی در زمینه تحقیقات، اعتبار بیشتری نسبت به فهم کامل موضوع مورد مطالعه (هیدرولوژی) دارد. به عنوان مثال در این مورد می‌توان به انتخاب کاندیدایی برای مدل‌سازی کیفیت آب، در یک مؤسسه تحقیقاتی در انگلیس اشاره کرد که شخصی که دارای مدرک دکتری هیدرولوژی بود، رد و شخص دیگری که دارای دکتری فزیک هسته‌ای بود، پذیرش گردید و این انتخاب بر این

اساس انجام شده بود که شخصی که دارای مدرک دکتری فیزیک هسته‌ای می‌باشد، دارای درک ریاضیاتی بهتری در زمینه‌های تحقیقاتی می‌باشد. خارج از بحث آموزش، هیدرولوژیست‌های حرفه‌ای نیز به‌منظور بررسی تکنیک‌های مدل‌سازی جدیدی و روش‌های جدید آنالیز داده‌ها، با چالش‌های ریاضی رو به رو می‌شوند. اما، در پژوهش‌های آن‌ها، اصطلاحات ریاضی به‌ندرت مورد سؤال قرار می‌گیرند و چالش‌های آن‌ها با ضوابط ریاضی، بدون تعریف مناسبی از آن ضوابط، در سخنرانی‌های متعدد در کنفرانس‌ها، می‌باشد؛ مانند: روش‌های بیزین، توزیع بتا و آنالیزهای موج ضربه‌ای (Wavelet). همچنین، مقالات، نشریات هیدرولوژیکی، بیش‌تر به مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل می‌پردازند و کمتر در مورد اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات بحث می‌کنند. دلیل آن نیز بسیار ساده است: با توجه به نیاز به انتشار، ارائه‌ی بعضی از جنبه‌های مدل‌سازی آسان‌تر و کارآمدتر است تا سال‌ها منتظر بودن برای ارائه‌ی نتایج یک آزمایش در حالت اضطراری از مقالات نیز ریاضیاتی می‌باشند و مباحثی را در زمینه‌ی بهینه‌سازی پارامتر، عدم اطمینان، اندازه‌گیری عملکرد مدل ارائه می‌دهند و کمتر در مورد ابعاد مطالعاتی هیدرولوژی به بحث می‌پردازند. لذا، هیدرولوژیست‌ها از مطالبی که در آن تکنیک‌های ریاضی در یک سطح توضیح داده شده است، به‌دست می‌گیرند که حتی آن مطالب برای کسانی که تحصیلات دانشگاهی ندارند یا دانش ریاضیات آن‌ها در سطح دبیرستان نیز نمی‌باشد، قابل فهم می‌باشد.

این کتاب شامل شش فصل می‌باشد، که هر یک موضوعات مختلفی را مورد بررسی قرار می‌دهند.

◆ فصل اول: کلیات

این فصل شامل خلاصه‌ای از روش‌های ریاضی، استفاده از اعداد و الگوها تا کاربرد معادلات جبری، بازچینی معادلات، استفاده از توابع، تشریح معادلات حساب، تفاضل و انتگرال و تعریف احتمالات و استفاده از آمار می‌باشد. این فصل شامل مثال‌های هیدرولوژیکی می‌باشد، اما به‌عنوان یک رفرنس برای فصول بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

◆ فصل دوم: مدل‌سازی آماری

در این فصل دوره بازگشت در چارچوب مباحث آماری و آنالیز مقادیر حداکثر تعریف و توضیح داده شده است. بیشترین کاربرد این موارد برای هیدرولوژیست‌ها تخمین مقادیر کمی مانند بارش و سیلاب یا تخمین بزرگی سیلاب و بارش برای یک دوره بازگشت خاص (۱۰۰ ساله) می‌باشد. روش‌های مدل‌سازی آماری به‌طور ویژه شامل آنالیز مقادیر حداکثر مانند مدل گمبل و ویبول، منحنی‌های فراوانی سیلاب و روابط بین دوره بازگشت و سیلاب می‌باشد.

◆ فصل سوم: ریاضیات در فرایندهای هیدرولوژیکی

در این فصل معادلاتی با سطوح پیچیدگی متفاوت که در فرایندهای هیدرولوژیکی به کار می‌روند، توضیح داده خواهند شد. معادلات ساده قانون بقای جرم، استفاده از توان‌ها، نمادگذاری پیشرفته و معادلات دیفرانسیل. همچنین چگونگی ساده شدن و بازچینی معادلات نیز در اینجا توضیح داده می‌شود.

◆ فصل چهارم: روش‌های مبتنی بر کفایت داده‌ها

در این فصل روش‌هایی برای ایجاد معادلات و روابط بین متغیرهای هیدرولوژیکی مشاهداتی به دست آمده، از فعالیت‌های آزمایشگاهی یا پایش، بررسی خواهد شد. مثل اقدامات انجام شده در انگلستان برای تخمین سلاط و مطالعات مشابه همچنین این فصل روابط خطی ساده، روابط مختلف غیرخطی، رگرسیون و گام‌ها و الگوهای چرخه‌ای را پوشش خواهد داد.

◆ فصل پنجم: داده‌های سری زمانی

در این فصل داده‌های وابسته به زمان، بررسی خواهند شد. آنالیز چنین داده‌هایی اقداماتی مانند صاف کردن، فیلتر کردن و پیش‌بینی‌های آینده را دربرمی‌گیرد.

◆ فصل ششم: ارزیابی عملکرد مدل، عده قطعیت و تصادفی بودن در مدل‌سازی

این بخش چگونگی عملکرد خوب یک مدل را مورد بررسی قرار می‌دهد که اغلب در آنالیز ریاضیاتی داده‌های هیدرولوژیکی نادیده گرفته شده است. در این فصل همچنین مبحث عدم قطعیت مدل تعریف و مورد بحث قرار می‌گیرد و سرانجام توسعه مدل‌سازی تصادفی ارائه می‌گردد که به تعداد زیادی از ایده‌های آنالیز عدم قطعیت می‌پردازد.