



معاونت پژوهشی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

هیدرولوژی مهندسی

مؤلفین:

دکتر محمدرضا حسنلو

(استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی زنجان)

مهندس حمیدرضا جعفری

(عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان)

- سرشناسه : حسنلو محمدرضا، ۱۳۵۳-
 عنوان و نام پدیدآور : هیدرولوژی مهندسی / محمدرضا حسنلو، حمیدرضا جعفری [به سفارش] معاونت دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان
 مشخصات نشر : زنجان: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زنجان، ۱۳۹۰.
 مشخصات ظاهری : ۵۵۶ ص.: مصور (رنگی).
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۱۳۲۸-۰
 وضعیت فهرست نویسی : فیفا
 یادداشت : کتابنامه
 موضوع : آب - مهندسی - راهنمای آموزشی (عالی)
 موضوع : آب - مهندسی - مسائل، تمرین ها و غیره (عالی)
 موضوع : آب شناسی - راهنمای آموزشی (عالی)
 موضوع : آب شناسی - مهندسی - مسائل، تمرین ها و غیره (عالی)
 شناسه افزوده : جعفری، حمیدرضا، ۱۳۶۳-
 شناسه افزوده : دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زنجان، معاونت پژوهشی
 شناسه افزوده : دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زنجان
 رده بندی کنگره : ۱۳۹۰ ۵۹۹/ح TC157
 رده بندی دیویی : ۶۲۷/۰۷۶
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۶۵۵۸۲۷

دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

هیدرولوژی مهندسی

مولفین: دکتر محمدرضا حسنلو، مهندس حمیدرضا جعفری

ناشر: معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

تایپ و صفحه آرایی: ژیلای بهاری

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ: نهضت قم

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۱

قیمت: ۹۵۰۰ تومان

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول:

مقدمه

۲	۱-۱ تعاریف
۴	۲-۱ چرخه هیدرولوژی
۸	۳-۱ موجودیت آب در کره زمین (آب کره)
۱۰	۴-۱ توازن هیدرولوژیکی
۱۳	۵-۱ بیلان منابع آب در ایران
۱۴	۶-۱ هیدرولوژی در کارهای مهندسی
۱۵	سوالات فصل اول

فصل دوم:

هواشناسی

- ۱-۲ اتمسفر ۱۸
- ۲-۲ دما ۲۱
- ۱-۲-۲ واحدهای اندازه گیری دما ۲۵
- ۲-۲-۲ گرادیان حرارتی (Lapse Rate) و وارونگی هوا (Inversion) ۲۶
- ۳-۲ فشار هوا ۲۶
- ۴-۲ رطوبت هوا ۲۸
- ۱-۴-۲ رطوبت مطلق ۳۰
- ۲-۴-۲ رطوبت مطلق اشباع ۳۰
- ۳-۴-۲ رطوبت نسبی ۳۲
- ۴-۴-۲ رطوبت ویژه ۳۲
- ۵-۴-۲ آب قابل بارش ۳۳
- ۵-۲ باد ۳۴
- ۶-۲ توره‌ها و جبهه‌های هوا ۳۶
- ۱-۶-۲ توده‌های هوا ۳۶
- ۲-۶-۲ منشأ و نوع توده‌های هوا ۳۷
- ۳-۶-۲ جبهه‌های هوا ۳۹
- ۴-۶-۲ انواع جبهه‌های هوا ۴۰
- سؤالات فصل دوم ۴۲

فصل سوم:

بارندگی

- تعریف ۴۶

- ۱-۳ فیزیک بارش..... ۴۷
- ۲-۳ شکل های مختلف بارش..... ۴۸
- ۳-۳ انواع بارندگی ها از نظر چگونگی تشکیل آن ها..... ۵۰
- ۴-۳ اندازه گیری بارندگی..... ۵۴
- ۱-۴-۳ باران سنج ها..... ۵۴
- ۲-۴-۳ باران نگارها یا باران سنج های ثابت (Recording gauges)..... ۵۵
- ۳-۴-۳ اندازه گیری بارش با رادار و ماهواره..... ۵۸
- ۴-۴-۳ اندازه گیری برف..... ۵۸
- ۵-۴-۳ تجهیز باران سنج ها و باران نگارها..... ۵۹
- ۶-۴-۳ میز برف..... ۵۹
- ۷-۴-۳ اندازه گیری توسط اشعه ی گاما..... ۵۹
- ۸-۴-۳ نمونه بردار برف (Snow sampler)..... ۶۰
- ۵-۳ محل نصب باران سنج..... ۶۲
- ۶-۳ تعداد باران سنج ها در شبکه باران سنجی..... ۶۴
- ۷-۳ مشخصات بارندگی..... ۶۷
- ۸-۳ تخمین بارندگی در سطح یک منطقه..... ۷۳
- ۹-۳ روابط بین خصوصیات بارندگی..... ۸۰
- ۱-۹-۳ رابطه بین شدت و مدت بارندگی..... ۸۰
- ۲-۹-۳ رابطه بین مقدار و مساحت بارندگی..... ۸۹
- ۳-۹-۳ رابطه مقدار مساحت و مدت بارندگی..... ۹۲
- ۱۰-۲ حداکثر بارندگی محتمل..... ۹۹
- ۱-۱۰-۳ استفاده از مدل های بارندگی..... ۱۰۰
- ۲-۱۰-۳ حداکثر نمودن رگبار و جابه جایی آن..... ۱۰۰
- ۳-۱۰-۳ برآورد بارندگی، حداکثر محتمل..... ۱۰۱

- ۱۱-۳ بارندگی طرح ۱۰۴
- سؤالات فصل سوم ۱۰۵

فصل چهارم:

تبخیر و تعرق

- کلیات ۱۱۲
- ۱-۴ تبخیر ۱۱۳
- ۱-۴-۱ عوامل مؤثر بر تبخیر ۱۱۳
- ۱-۴-۲ تبخیر پتانسیل و تبخیر واقعی ۱۱۵
- ۱-۴-۳ اندازه‌گیری تبخیر پتانسیل با توان تبخیر ۱۱۶
- ۱-۴-۴ روش‌های کاهش تبخیر در دریاچه‌ها و مخازن روباز ۱۱۸
- ۱-۴-۵ تصعید از سطح برف و یخ ۱۱۹
- ۱-۴-۶ تبخیر از سطح خاک ۱۱۹
- ۲-۴ تعرق و عوامل مؤثر بر آن (Transpiration) ۱۱۹
- ۳-۴ تبخیر و تعرق (Evapotranspiration) ۱۲۰
- ۱-۳-۴ اندازه‌گیری تبخیر و تعرق واقعی ۱۲۰
- ۲-۳-۴ محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل ۱۲۲
- ۳-۳-۴ محاسبه تبخیر و تعرق واقعی ۱۳۳
- ۴-۴ نقشه هم تبخیر ۱۳۵
- سؤالات فصل چهارم ۱۳۶

فصل پنجم:

نفوذ آب در خاک

- کلیات ۱۴۰
- ۱-۵ مکانیسم نفوذ آب در خاک ۱۴۱

۱۴۳	۲-۵ ظرفیت نفوذ آب در خاک
۱۴۴	۱-۲-۵ مشخصات خاک
۱۴۴	۲-۲-۵ سطح منطقه نفوذپذیر
۱۴۴	۳-۲-۵ مشخصات سیال
۱۴۵	۳-۵ معادله‌های نفوذ
۱۵۵	۴-۵ اندازه‌گیری نفوذ
۱۶۱	۵-۵ نمایه‌های نفوذ
۱۶۶	۶-۵ عوامل مؤثر در مقدار نفوذ
۱۶۹	سوالات فصل پنجم

فصل ششم:

آب‌های زیرزمینی

۱۷۴	کلیات
۱۷۵	۱-۶ اشکال آب‌های زیرسطحی
۱۷۷	۱-۱-۶ تقسیم‌بندی آب‌های زیرسطحی
۱۸۰	۲-۱-۶ سطح ایستایی
۱۸۱	۳-۱-۶ مشخصات لایه آبدار
۱۸۸	۲-۶ تخلخل و آبدی
۱۹۶	۳-۶ وضعیت آب در لایه‌های آبدار
۲۰۷	۴-۶ مواد تشکیل‌دهنده لایه‌های آبدار
۲۰۷	۱-۴-۶ مشخصات لایه‌های آبدار
۲۱۳	۵-۶ ضریب ذخیره
۲۱۸	سوالات فصل ششم

فصل هفتم:

هیدرومتری (اندازه‌گیری آب)

- ۲۲۶ ۱-۷ اندازه‌گیری حجم آب دریاچه‌ها و آبگیرها (آب‌های ساکن)
- ۲۲۳ ۲-۷ اندازه‌گیری آبدهی آب‌های جاری
- ۲۳۴ ۱-۲-۷ روش حجمی (Volometric method)
- ۲۳۴ ۲-۲-۷ روش‌های اندازه‌گیری سرعت - سطح مقطع (Velocity-Area methods)
- ۲۴۸ ۳-۲-۷ روش‌های تجربی برآورد سرعت
- ۲۵۳ ۴-۲-۷ روش شیمیایی یا رقیق‌سازی (Dilution gauging)
- ۲۵۹ ۵-۲-۷ استفاده از سازه‌های کوچک آبی (Small Hydraulic Structure)
- ۲۷۷ ۶-۲-۷ اندازه‌گیری دبی خروجی از لوله‌ها
- ۲۸۲ ۳-۷ تعیین دبی در روزهای مختلف سال
- ۲۸۳ ۱-۳-۷ اندازه‌گیری تراز آب
- ۲۸۹ ۲-۳-۷ نمایش داده‌های آب‌سنجی
- ۲۹۵ ۴-۷ دقت در اندازه‌گیری
- ۲۹۷ ۵-۷ ایستگاه‌های آب‌سنجی (Gauging Stations)
- ۲۹۹ سوالات فصل هفتم

فصل هشتم:

هیدروگراف یا آبنمود و تحلیل آن

- ۳۰۴ کلیات
- ۳۰۵ ۱-۸ بخش‌های مختلف یک هیدروگراف
- ۳۰۶ ۱-۱-۸ آب پایه (Base Flow)
- ۳۰۶ ۲-۱-۸ شاخهٔ اوج یا تمرکز (Peak limb)
- ۳۰۶ ۳-۱-۸ نقطهٔ اوج (Peak)

۳۰۶	(Falling limb) شاخه نزولی ۴-۱-۸
۳۰۶	(Run of Volume) حجم رواناب سطحی ۵-۱-۸
۳۰۶	(Base time) T_b زمان پایه ۶-۱-۸
۳۰۶	(Tipe to peak) T_p زمان تا اوج ۷-۱-۸
۳۰۷	(Concentration time) T_c زمان تمرکز ۸-۱-۸
۳۰۷	(Lage time) T_l زمان تأخیر ۹-۱-۸
۳۰۷	عوامل مؤثر در شکل هیدروگراف ۲-۱-۸
۳۰۷	عوامل فیزیکی ۱-۲-۸
۳۰۹	عوامل مربوط به بارندگی ۲-۲-۸
۳۱۰	تجزیه و تحلیل هیدروگراف ۳-۱-۸
۳۱۱	(Hydrograph seperation) تجزیه هیدروگراف ۴-۱-۸
۳۱۴	(Recession curve, Depletion curve) بررسی شاخه خشکیدگی هیدروگراف ۵-۱-۸
۳۱۹	(unit - Hydrograph) واحد هیدروگراف ۶-۱-۸
۳۲۳	استخراج هیدروگراف واحد ۱-۶-۸
۳۴۳	هیدروگراف واحد مصنوعی ۷-۱-۸
۳۴۳	هیدروگراف واحد مصنوعی اشنایدر ۱-۷-۸
۳۵۶	SCS هیدروگراف واحد مصنوعی ۲-۷-۸
۳۶۱	هیدروگراف واحد مثلثی ۸-۱-۸
۳۶۵	تخمین جریان از هیدروگراف واحد ۹-۱-۸
۳۷۱	سوالات فصل هشتم ۱۰-۱-۸

فصل نهم:

رواناب سطحی

۳۷۶	کلیات
-----	------------

۳۷۸	۱-۹ ارتفاع رواناب
۳۸۳	۲-۹ تخمین آبدهی سالانه حوضه
۳۸۷	۳-۹ حداکثر دبی رواناب
۳۹۴	۴-۹ عوامل مؤثر در رواناب
۳۹۵	سوالات فصل نهم

فصل دهم:

حوزه‌های آبخیز و خصوصیات فیزیکی آنها

۴۰۰	کلیات
۴۰۳	۱-۱۰ خصوصیات فیزیکی حوضه‌ها
۴۰۴	۲-۱۰ مساحت حوضه
۴۰۸	۳-۱۰ شکل حوضه
۴۰۹	۱-۳-۱۰ ضریب فرم حوضه (Form Factor)
۴۰۹	۲-۳-۱۰ ضریب فشردگی (Compactness coefficient)
۴۱۰	۳-۳-۱۰ ضریب گردی (Basin Circularity)
۴۱۰	۴-۳-۱۰ ضریب کشیدگی حوضه (Basin Elongation)
۴۱۰	۵-۳-۱۰ مستطیل معادل
۴۱۱	۴-۱۰ تراکم زهکشی (Drainage density)
۴۱۳	۱-۴-۱۰ شکل شبکه زهکشی
۴۱۴	۲-۴-۱۰ رده‌بندی آبراهه‌ها
۴۱۴	۳-۴-۱۰ نسبت انشعاب (Bifurcation Ration)
۴۱۶	۵-۱۰ شیب متوسط حوضه
۴۱۷	۶-۱۰ طول آبراهه اصلی و برش طولی آن
۴۲۱	۷-۱۰ جهت حوضه

۴۲۱	۸-۱۰ ارتفاع متوسط حوضه
۴۲۳	۹-۱۰ لیتولوژی و خاک حوضه
۴۲۴	۱۰-۱۰ نحوه‌ی استفاده از اراضی و پوشش گیاهی منطقه
۴۲۵	۱۱-۱۰ زمان تمرکز
۴۴۰	۱۲-۱۰ خطوط هم - پیمایش
۴۴۳	سؤالات فصل دهم

فصل یازدهم:

روش‌های آماری و تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی

۴۵۱	۱-۱۱ تعریف‌هایی چند از احتمالات
۴۵۶	۲-۱۱ تابع‌های چگالی احتمال
۴۵۶	۱-۲-۱۱ تابع‌های احتمال ناپیوسته (Discrete Distrioutions)
۴۶۴	۳-۱۱ توزیع‌های متداول در هیدرولوژی برای داده‌های پیوسته (continuous Distributions)
۴۶۶	۴-۱۱ انواع سری داده‌ها
۴۷۱	۵-۱۱ روش کاربرد توزیع‌های مورد استفاده برای داده‌های پیوسته
۴۷۲	۶-۱۱ توزیع‌های مختلف برای داده‌های پیوسته
۵۰۱	۷-۱۱ استفاده از روش‌های ترسیمی در توزیع‌های آماری
۵۰۲	۸-۱۱ تجزیه و تحلیل سری‌های جزئی (partial series)
۵۱۱	۹-۱۱ کاربرد احتمال وقوع دبی‌های محاسبه شده در طرح‌ها
۵۱۸	۱۰-۱۱ تجزیه و تحلیل سیلاب‌های منطقه‌ای
۵۳۱	۱۱-۱۱ تعیین محدوده برای آزمون همگنی ایستگاه‌ها در تجزیه سیلاب منطقه‌ای
۵۳۴	سؤالات فصل یازدهم
۵۳۸	منابع

پیشگفتار

هیدرولوژی علمی است نوظهور، که تنها در سالهای اخیر (نزدیک به چهاردهه) توانسته است به عنوان شاخه ای از علم ژئوفیزیک مطرح گردد. پیدایش این علم زمانی شکل گرفت که بشر نقش ضروری و حیاتی آب در بقای طبیعت و انسان را دریافت. امروزه آب به عنوان منبع حیات، رشد و توسعه در سراسر جهان به شمار می رود و اهمیت مدیریت منابع آبهای سطحی به عنوان یکی از محوره های اصلی توسعه کشاورزی که نقش مهمی در توسعه اقتصادی کشورها دارد، بیش از پیش آشکار گردیده است. در ایران نیز به علت موقعیت جغرافیایی ویژه که به طور عمده دارای اقلیم خشک و نیمه خشک با نزولات جوی بسیار کم می باشد، میزان بارندگی حتی کمتر از یک سوم متوسط بارندگی در سطح دنیاست. علاوه بر این زمان ریزش نزولات جوی و محل ریزش آنها نیز با نیازهای بخش کشاورزی که مصرف کننده اصلی آب در کشور می باشد مطابقت ندارد. با این وجود با تمام اهمیتی که آب در اقتصاد ایران دارد هنوز هیدرولوژی و به تبع آن مدیریت منابع آب جایگاه خود را آنگونه که باید و شاید نیافته است. هیدرولوژی به عنوان علم پایه مطالعات آب در رشته های مختلف دانشگاهی از قبیل منابع طبیعی، کشاورزی، فنی و مهندسی، بهداشت، داروسازی، جغرافیا و امور نظامی از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

کتاب حاضر بر اساس سر فصل های موجود در برنامه های دانشگاهی آماده گردیده است و می تواند به عنوان یک منبع علمی مناسب در هیدرولوژی مهندسی، برای تدریس در دوره های

کارشناسی و کارشناسی ارشد رشته های مختلف مرتبط با مباحث آب از جمله عمران ، کشاورزی، آبخیزداری، محیط زیست و آبیاری مورد استفاده قرار گیرد.

لازم می دانیم از زحمات ارزنده خانم مهندس رقیه حیدری در بازخوانی مجدد و غلطیابی و آقای مهندس وحید ابراهیمی جهت طراحی طرح روی جلد کتاب تشکر و قدردانی نمائیم. در خاتمه باید اذعان نمود که هیچ اثری عاری از نقیصه نبوده و امید است اساتید فن ، کارشناسان محترم و دانشجویان عزیز راهنمایی های سودمند و اثر گذار خویش را در جهت اصلاح و تکمیل هر چه بیشتر کتاب ارائه نمایند.

مؤلفین