



آب شناسی

(رشته زمین شناسی)

دکتر همایون مقیمی مهندس محمود صداقت

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاوردهای انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب کتاب

پیشگفتار	یازده
فصل اول: مقدمه‌ای بر هیدرولوژی	۱
اهداف یادگیری	۱
مقدمه	۱
۱-۱ تعریف علم هیدرولوژی	۲
۲-۱ چرخه‌ی آب	۳
۳-۱ محدوده مطالعه و زمینه‌های کاربردی هیدرولوژی	۵
۴-۱ کاربردهای هیدرولوژی	۸
۵-۱ ضرورت علم هیدرولوژی	۸
۶-۱ نرم‌افزارهای رایانه‌ای در هیدرولوژی	۱۰
خودآزمایی فصل اول	۱۱
فصل دوم: آب و هوا	۱۳
اهداف یادگیری	۱۳
مقدمه	۱۳
۱-۲ انتقال گرما و تشعشعات خورشیدی	۱۴
۲-۲ هوا کره	۲۰
۱-۲-۲ ترکیب هوا کره	۲۰
۲-۲-۲ ساختار و لایه‌های هوا کره	۲۱
۳-۲ جریان‌های کلی	۲۵
۴-۲ چرخند و واچرخند	۳۱
۵-۲ توده و جبهه هوا	۳۲
۶-۲ دما	۳۵
۱-۶-۲ اندازه‌گیری دما	۳۶

۳۸	۲-۶ توزیع قائم دما
۴۱	۲-۶ توزیع جغرافیایی دما
۴۲	۲-۶ تغییرات زمانی دما
۴۳	۲-۷ رطوبت
۴۳	۲-۷ خواص بخار آب
۴۶	۲-۷ اصطلاحات رطوبت‌سنجی
۴۷	۲-۷ اندازه‌گیری رطوبت
۵۰	۲-۷ پراکندگی جغرافیایی رطوبت
۵۰	۲-۷ تغییرات زمانی رطوبت
۵۰	۲-۸ باد
۵۱	۲-۸ اندازه‌گیری باد
۵۲	۲-۸ تغییرات جغرافیایی باد
۵۳	خودآزمایی فصل دوم
۵۵	فصل سوم: بارش
۵۵	اهداف یادگیری
۵۵	مقدمه
۵۶	۳-۱ انواع بارش
۵۶	۳-۱-۱ بارش چرخندی (سیکلونی)
۵۶	۳-۱-۲ بارش همرفتی (جابه‌جایی)
۵۷	۳-۱-۳ بارش کوهستانی
۵۷	۳-۲ اندازه‌گیری بارش
۵۸	۳-۲-۱ باران‌سنج‌ها
۶۰	۳-۲-۲ خطاهای اندازه‌گیری بارندگی
۶۲	۳-۲-۳ انتخاب محل باران‌سنج
۶۳	۳-۲-۴ شبکه باران‌سنجی
۶۶	۳-۲-۵ تغییرات بارندگی
۶۸	۳-۳ تجزیه و تحلیل آمار بارندگی
۶۹	۳-۳-۱ اندازه میانی یا اندازه‌ی غالب یک‌سری مشاهدات
۷۲	۳-۳-۲ مشخصات بارش و بارندگی میانگین سالانه و ماهانه
۷۵	۳-۳-۳ تصحیح داده‌های باران‌سنجی
۷۶	۳-۳-۴ برآورد بارندگی‌های ثبت‌نشده در یک ایستگاه
۷۷	۳-۴ نقشه‌های بارندگی
۷۹	۳-۴-۱ محاسبه ارتفاع میانگین بارندگی در سطح یک منطقه
۸۳	۳-۴-۲ منحنی‌های ارتفاع - مساحت - مدت
۸۴	۳-۵ اندازه‌گیری برف
۸۶	خودآزمایی فصل سوم

۸۹	فصل چهارم: تبخیر و تعرق
۸۹	اهداف یادگیری
۸۹	مقدمه
۹۰	۱-۴ تبخیر
۹۰	۱-۱-۴ عوامل مؤثر بر تبخیر
۹۳	۲-۱-۴ اندازه‌گیری تبخیر
۹۸	۲-۴ برآورد تبخیر توسط روابط تجربی
۱۰۰	۳-۴ تعرق
۱۰۰	۱-۳-۴ عوامل مؤثر بر تعرق
۱۰۱	۲-۳-۴ اندازه‌گیری تعرق
۱۰۲	۴-۴ تبخیر و تعرق
۱۰۳	۱-۴-۴ تعیین تبخیر و تعرق میانگین حوضه به روش بیلان آب
۱۰۵	۲-۴-۴ تعیین تبخیر و تعرق با استفاده از لیسیمتر
۱۰۶	۳-۴-۴ تعیین تبخیر و تعرق با استفاده از نوسانات سطح ایستابی
۱۰۶	۴-۴-۴ محاسبه کمبود متوسط جریان سالانه برحسب مشخصات هواشناسی
۱۰۷	۵-۴-۴ برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از داده‌های هواشناسی
۱۱۰	خودآزمایی فصل چهارم
۱۱۳	فصل پنجم: جریان آب رودخانه و تجزیه و تحلیل هیدروگراف
۱۱۳	اهداف یادگیری
۱۱۳	مقدمه
۱۱۴	۱-۵ تراز آب رودخانه
۱۱۵	۱-۱-۵ اشل
۱۱۷	۲-۱-۵ محل نصب اشل
۱۱۹	۲-۵ دبی
۱۲۱	۱-۲-۵ اندازه‌گیری دبی با سرعت‌سنج
۱۲۴	۲-۲-۵ روش‌های دیگر اندازه‌گیری دبی
۱۲۶	۳-۲-۵ اندازه‌گیری دبی در رودخانه‌های کوچک
۱۲۹	۴-۲-۵ اندازه‌گیری دبی جریان به طریق شیمیایی
۱۳۱	۳-۵ روابط دبی - اشل
۱۳۱	۱-۳-۵ منحنی دبی - اشل ساده
۱۳۲	۲-۳-۵ رابطه دبی - اشل - شیب
۱۳۴	۳-۳-۵ گسترش منحنی‌های دبی - اشل
۱۳۵	۴-۵ نمایش داده‌های آماری جریان آب رودخانه
۱۳۵	۱-۴-۵ هیدروگراف
۱۳۷	۲-۴-۵ دبی میانگین روزانه
۱۳۸	۳-۴-۵ منحنی مجموع جریان

۱۳۹	۵-۵ مؤلفه‌های هیدروگراف
۱۴۰	۱-۵-۵ شاخه صعودی یا منحنی تمرکز
۱۴۱	۲-۵-۵ اوج (رأس) هیدروگراف
۱۴۱	۳-۵-۵ منحنی فروکش
۱۴۶	۶-۵ روش‌های ساده تجزیه هیدروگراف
۱۴۸	۷-۵ برآورد حجم رواناب حاصل از یک بارندگی
۱۵۱	۸-۵ تجزیه و تحلیل بارش
۱۵۱	۹-۵ توزیع جریان
۱۵۲	۱-۹-۵ هیدروگراف واحد
۱۵۳	۲-۹-۵ تهیه هیدروگراف واحد (از یک بارندگی مشخص)
۱۵۶	خودآزمایی فصل پنجم
۱۵۹	فصل ششم: حوضه آبریز
۱۵۹	اهداف یادگیری
۱۵۹	مقدمه
۱۶۲	۱-۶ شبکه رودخانه
۱۶۹	۲-۶ خصوصیات فیزیکی حوضه‌های آبریز (زهکشی)
۱۷۰	۱-۲-۶ مساحت حوضه آبریز
۱۷۱	۲-۲-۶ محیط حوضه آبریز
۱۷۱	۳-۲-۶ طول آبراهه اصلی یا طول حوضه آبریز
۱۷۲	۴-۲-۶ شکل حوضه آبریز
۱۷۵	۳-۶ زمان تمرکز حوضه آبریز
۱۷۸	۴-۶ ارتفاع حوضه آبریز
۱۸۲	۵-۶ شیب حوضه آبریز
۱۸۵	خودآزمایی فصل ششم
۱۸۷	فصل هفتم: رابطه‌ی بارش و رواناب
۱۸۷	اهداف یادگیری
۱۸۷	مقدمه
۱۸۸	۱-۷ پدیده رواناب
۱۹۲	۲-۷ تأثیر رطوبت خاک حوضه آبریز بر مقدار رواناب
۱۹۳	۳-۷ رابطه بارش - رواناب و برآورد ارتفاع (حجم)
۱۹۳	۱-۳-۷ روش همبستگی بارش - رواناب
۱۹۶	۲-۳-۷ تخمین ارتفاع رواناب از روش SCS
۱۹۸	۴-۷ تعیین میزان تلفات آب
۱۹۹	۱-۴-۷ برگاب
۲۰۰	۲-۴-۷ چالاب (ذخیره گودالی)
۲۰۰	۳-۴-۷ نقش نفوذ در برآورد رواناب (شاخص‌های نفوذ)

۲۱۰	۵-۷ حداکثر دبی رواناب سطحی
۲۱۱	۱-۵-۷ روش استدلالی
۲۱۴	۲-۵-۷ روش SCS
۲۱۶	۶-۷ چرخه رواناب و عوامل مؤثر در تشکیل آن
۲۱۸	۷-۷ برآورد رواناب حاصل از ذوب برف
۲۲۲	۸-۷ رابطه فصلی و سالانه رواناب
۲۲۵	خودآزمایی فصل هفتم
۲۲۷	فصل هشتم: بررسی حمل مواد رسوبی در حوضه‌های آب‌ریز
۲۲۷	اهداف یادگیری
۲۲۷	مقدمه
۲۳۰	۱-۸ انواع فرسایش آبی
۲۳۰	۱-۱-۸ فرسایش بارانی
۲۳۰	۲-۱-۸ فرسایش ورقه‌ای (لایه‌ای)
۲۳۱	۳-۱-۸ فرسایش شیب‌اری و خندقی
۲۳۱	۴-۱-۸ فرسایش رودخانه‌ای
۲۳۲	۲-۸ طبقه‌بندی مواد رسوبی حمل‌شده در آبراه‌ها
۲۳۳	۱-۲-۸ بار معلق، روش‌های اندازه‌گیری و محاسبه آن
۲۳۸	۲-۲-۸ بار بستری، روش‌های اندازه‌گیری و محاسبه‌ی آن
۲۴۳	۳-۲-۸ بار محلول
۲۴۴	۳-۸ بار کل مواد رسوبی و تخریب ویژه
۲۴۵	۴-۸ رسوب در مخازن
۲۴۸	۱-۴-۸ تاثیر وزن مخصوص رسوبات در عمر مفید سد
۲۴۹	۲-۴-۸ نحوه اندازه‌گیری رسوبات در مخازن
۲۵۰	۳-۴-۸ روش‌های کاهش رسوب‌گذاری در مخازن
۲۵۰	خودآزمایی فصل هشتم
۲۵۳	پاسخ‌نامه
۲۶۱	منابع

پیشگفتار

کتاب آب‌شناسی که در پیش‌رو دارید مقدمه‌ای است کلی بر مطالعات منابع آب. آب‌شناسی که از زیرمجموعه‌های علم هیدرولوژی است، مطالعات بسیار زیادی در این مورد انجام گرفته است. این کتاب ضمن تعاریف اولیه از مفاهیم آب‌شناسی با مجموعه‌ای از داده‌ها و تجزیه و تحلیل عوامل هیدرولوژیکی، طراحی شده است. با توجه به اهمیت آن می‌توان از نتایج به‌دست آمده در موارد کاربردی و مدیریتی و بهینه‌سازی استفاده کرد.

مطالب عنوان‌شده در این کتاب بر اساس مصوبات شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری برای دانشجویان دوره کارشناسی زمین‌شناسی به‌صورت دو واحد درسی به‌گونه‌ای تنظیم شده است که دانشجویان و علاقه‌مندان به راحتی بتوانند از آن استفاده کنند. قبل از مطالعه این کتاب لازم است تا حدی پیش‌زمینه‌ای از زمین‌شناسی، آب‌شناسی کاربردی و آب‌های زیرزمینی و قوانین حاکم بر آن داشته باشند.

هدف از تهیه و تدوین کتاب آب‌شناسی، کمبود این‌گونه کتاب‌ها در رشته زمین‌شناسی و مخصوصاً در گرایش آب می‌باشد. این مسأله باعث شد، در این زمینه تا حد امکان کتابی خودآموز تهیه گردد. به همین منظور مطالب عنوان‌شده در هر فصل تا حد زیادی پیش‌نیاز فصل‌های بعدی است و مطالب هر فصل بر مبنای اهداف موردنظر تهیه و تنظیم شده است. هدف‌های ارائه‌شده معیاری در افزایش دانسته‌ها و مهارت‌های خواننده پس از مطالعه متن کتاب می‌باشد. به همین دلیل اینجانب انتظار دارم دانشجویان با مطالعه‌ی این کتاب به اهداف موردنظر برسند.

در ابتدای هر فصل سؤالاتی از مفاهیم موردنظر در فصل ارائه شده مطرح می‌گردد و به عنوان «اهداف» فهرست شده‌اند، که با دقت به آن‌ها، می‌توان تا حد زیادی به اهداف موردنظر نزدیک‌تر شد و طبعاً یادگیری آن بسیار ضروری می‌باشد. در آخر هر فصل نیز تعدادی سؤال به عنوان خودآزمایی ارائه شده که بر اساس اهداف هر فصل به صورت تستی و تشریحی مطرح شده‌اند که در واقع نظیر سؤالات پایان ترم خواهد بود.

برای یادگیری هرچه بهتر، قبل از هر چیز لازم است اهداف هر فصل با توجه به نکات مورد تأکید به دقت از نظر محتوا و مفاهیم مطالعه گردد. در این کتاب آشکال و منحنی‌های متعددی جهت یادگیری بهتر داده شده‌است. همین‌طور روابط و فرمول‌های زیادی ارائه شده‌است که به خاطر سپردن همه‌ی آن‌ها ضروری نیست، ولی روابط اصلی که در حل مسائل کمک می‌کند را باید به خاطر داشته باشید. همان‌گونه که گفته شد در آخر هر فصل مسائلی داده شده‌است که پس از مطالعه همان فصل باید بتوانید حداقل به ۷۰ الی ۸۰ درصد سؤالات پاسخ صحیح بدهید، در غیر این صورت لازم است فصل موردنظر به خصوص بخش‌هایی را که نتوانسته‌اید پاسخ صحیح بدهید دوباره مطالعه کنید تا مطالب به خوبی در ذهن شما به صورت اصولی جای بگیرد.

در ضمن در صورت مشاهده هرگونه اشتباه و خطا می‌توانید به گروه تدوین یا گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور و یا به پست الکترونیک moghimi1193@gmail.com یا homayounmoghimi@pnu.ac.ir ارسال فرمایید.

دکتر همایون مقیمی - محمود صداقت

فصل اول

مقدمه‌ای بر هیدرولوژی

اهداف یادگیری

در پایان این فصل، دانشجویان باید بتوانند:

۱. اجزای چرخه‌ی آب و ارتباط آن‌ها را با رسم نمودار نشان دهند.
۲. مسیرهای مختلفی را که یک ذره‌ی آب، پس از تبخیر از سطح دریا و بازگشت به آن در طبیعت طی می‌کند، توصیف کنند.
۳. موارد کاربرد علم آب‌شناسی را بیان کنند.
۴. معادله‌ی هیدرولوژی را توضیح دهند.

مقدمه

آب از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور است. نیاز به آب بر اثر ازدیاد روزافزون جمعیت جهان و بالارفتن کمی و کیفی معیارهای زندگی، دائماً روبه‌رشد است. امروزه آب از نظر رشد اقتصادی، توسعه صنعتی و کشاورزی در یک کشور اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. ایجاد کارخانجات و تولید کالاهای صنعتی گوناگون، تولید محصولات کشاورزی موردنیاز، احداث نیروگاه‌های تولید برق، توسعه شهرها و روستاها، ایجاد سکونت‌گاه‌های جدید و بسیاری از اقدامات دیگر، قبل از هر چیز به تأمین منابع آب کافی نیاز دارند.

با صنعتی‌شدن کشورها، سرعت آلوده‌شدن آب‌ها و تبدیل آن به آب‌هایی که برای بسیاری از مقاصد نامناسب‌اند روبه‌فزونی است، که این موضوع خود منابع آب قابل‌استفاده و در دسترس انسان را محدودتر می‌سازد. کلیه برنامه‌های کشاورزی و صنعتی در هر کشور باید بر اساس مطالعات آب‌شناسی طرح‌ریزی شود. منابع آب موجود باید به‌درستی شناخته و برآورد شوند و با بهره‌گیری از تجربیات، روش‌ها و تکنیک‌های علمی، برنامه‌ریزی دقیق و همه‌جانبه‌ای انجام گیرد تا حداکثر بهره‌برداری از منابع آب موجود به‌عمل آید. مطالعات آب‌شناسی به‌خصوص در کشور ما که از مناطق نسبتاً خشک و کم‌آب جهان است و پراکندگی باران و آب‌های سطحی شرایط مناسبی ندارد، از اهمیت خاصی برخوردار است. اهمیت شناخت، برنامه‌ریزی، مدیریت و بهره‌برداری صحیح از منابع آب موجود، با رشد صنعت و کشاورزی افزایش یافته‌است؛ بنابراین در آینده مطالعه برای تأمین، کنترل و نحوه صحیح مصرف آب هرچه بیش‌تر موردنیاز خواهد بود.

۱-۱ تعریف علم هیدرولوژی

هیدرولوژی^۱ یا آب‌شناسی به‌معنای وسیع کلمه، علمی است که با آب سروکار دارد. به‌عبارت دیگر آب‌شناسی علمی است که به مطالعه خواص، منشأ، محل پیدایش، پراکندگی، حرکت و گردش آب در سطح و زیرزمین می‌پردازد. بخشی از رشته‌ی وسیع آب‌شناسی که به طرح و عملیات پروژه‌های مهندسی برای کنترل و مصرف آب مربوط می‌شود، آب‌شناسی مهندسی یا آب‌شناسی کاربردی نام دارد. هیدرولوژی را گاهی به پنج رشته اصلی تقسیم می‌کنند که عبارت‌است از:

رودخانه‌شناسی^۲ (مطالعه رودخانه‌ها و جریان‌های سطحی)، لیمنولوژی (مطالعه دریاچه‌ها)، ژئوهیدرولوژی^۳ (مطالعه آب‌های زیرزمینی و یا هیدروژئولوژی)، یخ‌شناسی^۴ (کرایولوژی، مطالعه یخ و برف) و آب و هواشناسی (هیدرومتئورولوژی، مطالعه مسائل مشترک بین هیدرولوژی و هواشناسی). البته باید اضافه نمود که غالباً مسائل هیدرولوژی را نمی‌توان تنها به یکی از رشته‌های فوق مربوط نمود. به‌عنوان مثال

1. hydrology
2. potamology
3. geohydrology
4. cryology

۳ مقدمه‌ای بر هیدرولوژی

در مطالعه آب‌های سطحی باید به تمام رشته‌های دیگر نیز توجه داشت. هیدرولوژی را گاهی به دو شاخه اساسی؛ هیدرولوژی سطحی (شامل مسائل مربوط به جریان‌های سطحی و روابط بارندگی و جریان) و هیدرولوژی آب‌های زیرزمینی تقسیم‌بندی می‌کنند.

۲-۱ چرخه آب^۱

آب در طبیعت به اشکال گوناگون پراکنده است. کل آب‌های موجود در هیدروسفر بالغ بر ۱۳۸۵ میلیون کیلومتر مکعب برآورد شده‌است. حدود ۹۷ درصد حجم آب‌های کره‌ی زمین به‌صورت آب شور در اقیانوس‌ها و دریاهای آزاد انباشته‌شده و حدود سه درصد آن در داخل خشکی‌ها است. حدود ۷۵٪ آب‌های موجود در خشکی‌ها نیز به‌صورت یخچال‌ها و یخ پهنه‌ها در مناطق قطبی و سرد زمین ذخیره‌شده و بنابراین کم‌تر از یک درصد آب‌های کره زمین به‌صورت منابع سطحی و زیرزمینی می‌باشد که قسمتی از همین آب نیز به‌علت آن‌که در اعماق زیاد زمین قرار دارد معمولاً شور و غیرقابل استفاده است یا با روش‌های امروزی استخراج آن اقتصادی نیست (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱. مقادیر تخمینی آب موجود در کره زمین (از منابع مختلف)

منابع آب	مساحت ۱۰ ^۶ km ^۲	حجم ۱۰ ^۶ km ^۳	کل آب (%)	آب‌های شیرین (%)
اقیانوس‌ها	۳۶۱/۳	۱۳۳۸	۹۷	----
آب‌های زیرزمینی شیرین	۱۳۴/۸	۱۰/۵۳	۰/۷۶	۳۰/۱
آب‌های زیرزمینی شور	۱۳۴/۸	۱۲/۸۷	۰/۹۳	----
رطوبت خاک	۸۲	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۱۲	۰/۰۵
یخ‌های قطبی	۱۶	۲۴/۰۲۳۵	۱/۷	۶۸/۶
دیگر یخ‌ها و برف‌ها	۰/۳	۰/۳۴۰۶	۰/۰۲۵	۱/۰
دریاچه‌های شیرین	۱/۲	۰/۰۹۱	۰/۰۰۷	۰/۲۶
دریاچه‌های شور	۰/۸	۰/۰۸۵۴	۰/۰۰۶	----
باتلاق‌ها و مرداب‌ها	۲/۷	۰/۰۱۱۴۷	۰/۰۰۰۸	۰/۰۳

منابع آب	مساحت 10^6 km^2	حجم 10^6 km^3	کل آب (%)	آب‌های شیرین (%)
رودخانه‌ها	۱۴۸/۸	۰/۰۰۲۱۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۶
آب‌های زیستی	۵۱۰	۰/۰۰۱۱۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳
آب‌های اتمسفری	۵۱۰	۰/۰۱۲۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴
جمع آب‌های موجود	۵۱۰	۱۳۸۵/۹۸۴۶۱	۱۰۰	----
جمع آب‌های شیرین	۱۴۸/۸	۳۵/۰۲۹۲۱	۲/۵	۱۰۰

آب در طبیعت دائماً در حال تغییر حالت و تغییر مکان است و این تغییرات در مداری بسته انجام می‌گیرد که برای آن آغاز و پایانی نیست. یک تبادل دائمی بین آب موجود در خشکی‌ها، دریاها و اتمسفر وجود دارد. تبادل بین این سه محیط را که طی آن آب یک حرکت چرخه‌ای کامل انجام می‌دهد، اصطلاحاً چرخه‌ی آب یا چرخه‌ی آب‌شناسی می‌گویند (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱. چرخه آب در طبیعت (اقتباس از USGS)

بر اثر انرژی حرارتی خورشید، آب اقیانوس‌ها و سطح خشکی‌ها تبخیر می‌شود. بخار آب حاصل در شرایط مناسب متراکم شده و به صورت باران، برف و تگرگ دوباره به سطح زمین برمی‌گردد. بخشی از آب باران در حین ریزش تبخیر می‌شود. قسمت عمده باران مستقیماً در اقیانوس‌ها و دریاها می‌ریزد. بارانی که در سطح خشکی‌ها نازل

می‌شود، به اشکال مختلف درمی‌آید. بخش مهمی از این باران موقتاً در لایه‌های سطحی خاک نگهداری می‌شود؛ که سرانجام بر اثر تبخیر و تعرق توسط گیاهان به اتمسفر بازمی‌گردد. بخشی از آب باران از طریق سطح زمین (جریان یا رواناب سطحی) یا از خاک سطحی (جریان زیرسطحی) به داخل مجاری رودخانه‌ها راه می‌یابد. بخشی از آب نیز به داخل زمین نفوذ کرده و به ذخایر آب زیرزمینی می‌پیوندد.

آب رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی، تحت اثر نیروی جاذبه زمین، از نقاط مرتفع به نقاط پست حرکت می‌کنند و سرانجام ممکن است دوباره به دریاها بریزند. بخش مهمی از آب رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی قبل از رسیدن به دریا بر اثر تبخیر دوباره به اتمسفر برمی‌گردد. توضیح فوق طرح ساده‌شده‌ای از چرخه‌ی آب است و در عمل ممکن است اشکال پیچیده‌تری داشته باشد. به‌عنوان مثال؛ قسمتی از آبی که وارد رودخانه‌ها می‌شود ممکن است به داخل زمین نفوذ کند و به آب‌های زیرزمینی به پیوندد و یا آب‌های زیرزمینی منبعی برای تغذیه رودخانه‌ها باشد. بخشی از باران نیز به‌صورت برف به زمین می‌رسد. برف معمولاً در طول فصول سرد در سطح زمین باقی می‌ماند و با گرم‌شدن هوا به تدریج ذوب یا تصعید می‌شود. آب‌های حاصل از ذوب برف وارد رودخانه‌ها می‌شوند و یا به زمین نفوذ می‌کنند و یا آن‌که تبخیر می‌شوند.

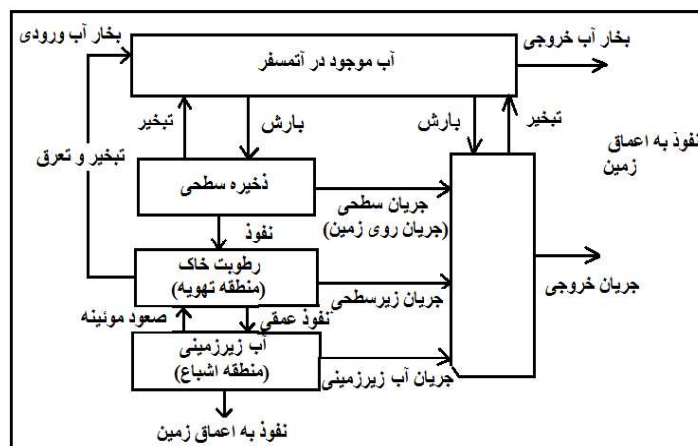
در مناطقی که ریزش سالانه برف بیش از ذوب و تصعید آن است، برف‌ها روی هم انباشته می‌شوند و تشکیل یخچال می‌دهند. یخچال‌ها نیز به‌آهستگی در جهت شیب زمین جریان پیدا می‌کنند و با رسیدن به نواحی گرم‌تر ذوب می‌شوند و به گردش خود در طبیعت ادامه می‌دهند. به این ترتیب برای ذره‌ی آبی که از دریا تبخیر می‌شود و بعد به‌صورت یخ در یخچال ذخیره می‌گردد، صدها و بلکه هزاران سال وقت لازم است تا دوباره به دریا برگردد.

۳-۱ محدوده مطالعه و زمینه‌های کاربردی هیدرولوژی

چرخه‌ی آب یک تصویر کلی از حوضه مطالعه آب‌شناسی در اختیار می‌گذارد. چرخه‌ی آب چهار عنصر اساسی در آب‌شناسی را که عبارت از تبخیر، باران، جریان سطحی و آب زیرزمینی است، مشخص می‌کند. محدوده‌ی مطالعه آب‌شناسی را می‌توان بخشی از چرخه‌ی آب در نظر گرفت که از بارش شروع و تا تبخیر دوباره یا برگشت آب به دریا

ختم می‌شود. بخش‌های باقی‌مانده چرخه آب به علوم اقیانوس‌شناسی و هواشناسی مربوط می‌شود. مرز بین آب‌شناسی و دیگر علوم مثل هواشناسی، اقیانوس‌شناسی و زمین‌شناسی کاملاً مشخص نیست. در مطالعات آب‌شناسی باید اطلاعات کافی از هواشناسی، اقلیم‌شناسی، زمین‌شناسی و اقیانوس‌شناسی داشت. ضمناً با هیدرولیک، آمار و ریاضیات نیز آشنا بود.

آب‌شناس علاقه‌مند است علاوه بر درک کیفی چرخه‌ی آب، کمیت‌های مختلف آن را در مراحل مختلف اندازه‌گیری کند. او باید بتواند رابطه‌ی بین عوامل مختلف را به‌طور کمی بررسی نماید؛ تا بتواند تأثیر فعالیت‌های انسانی را در این رابطه پیش‌بینی کند؛ زیرا یک آب‌شناس معمولاً با منطقه محدودی سروکار دارد. چرخه‌ی آب را می‌توان برای یک حوضه آبریز همانند شکل ۲-۱ در نظر گرفت.



شکل ۲-۱. چرخه‌ی آب در یک حوضه‌ی آبریز

مقادیر کمی آب را در هر منطقه با معادله بیلان برآورد می‌کنند؛ که به‌طور ساده عبارت‌است از (رابطه ۱-۱):

$$I - O = \pm \Delta S \quad (\text{رابطه ۱-۱})$$

که در آن I جریان‌های ورودی در طول یک دوره معین در منطقه موردنظر (مثلاً کل جریان‌های ورودی سطحی، جریان‌های آب زیرزمینی ورودی و مقدار بارندگی)، O جریان‌های خروجی در طول دوره مزبور در این منطقه (مانند؛ کل تبخیر - تعرق،

جریان‌های سطحی خروجی و آب‌های زیرزمینی خروجی) و ΔS تغییر در مقدار ذخیره آب به اشکال مختلف است. رابطه ۱-۱ به نام معادله اساسی هیدرولوژیک تعریف و از مهم‌ترین معادله کاربردی در محاسبات بیلان آب^۱ محسوب می‌شود. اگر به شکل ۲-۱ دقت شود و معادله ۱-۱ در مورد یک حوضه به کار برده شود، رابطه ۲-۱ به دست می‌آید:

$$P - R - G - E - T = \pm \Delta S \quad (2-1)$$

در این رابطه: P بارندگی، R رواناب، G جریان آب زیرزمینی، E تبخیر، T تعرق و ΔS تغییرات ایجادشده در حجم مخزن می‌باشد.

علاوه بر نفوذ مستقیم آب باران، بخشی از آب‌های سطحی و آب‌های مصرف‌شده در آبیاری نیز به زمین فرو می‌رود و به منابع آب زیرزمینی اضافه می‌شود. بخشی از آب‌های زیرزمینی نیز به طرق دیگر از قبیل تبخیر مستقیم از زیرزمین، زهکشی به وسیله رودخانه‌ها، تخلیه مستقیم در دریا و غیره از زیرزمین خارج می‌گردد. محاسبه دقیق این ارقام به علت پیچیده بودن مسئله و دخالت عوامل گوناگون به سادگی امکان پذیر نیست.

به طور خلاصه باید گفت که سه مسئله اصلی در آب شناسی وجود دارد؛ که عبارت‌اند از:

۱. اندازه‌گیری، ثبت و انتشار داده‌های اساسی و طولانی مدت، مانند؛ اندازه‌گیری بارش، دبی و سطح آب رودخانه‌ها و آب زیرزمینی و نظایر آن.
۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها برای توسعه و بسط نظریه‌های بنیادی. تئوری‌های بسیار زیادی در آب شناسی ارائه شده که اکثراً نیازمند استفاده از علوم از قبیل ریاضیات، آمار و فیزیک و علوم وابسته به آن هستند. در نتیجه تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده با کمک علوم وابسته در بسط تئوری‌های بنیادی ارائه شده با کمک نرم افزارهای رایانه‌ای کمک مؤثری در درک بهتر آب شناسی خواهد کرد.
۳. این تئوری‌ها برای حل مسائل عملی که آب شناسی با آن مواجه است، کاربرد بسیار وسیعی دارند.

با توجه به موارد فوق، برای هر نوع برنامه‌ریزی در مصارف آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت، اغلب نیازمند مطالعات نسبتاً طولانی هیدرولوژیکی و برآورد منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی قابل استفاده، بسیار اساسی است. قبل از اجرای هر پروژه بزرگ از قبیل تأسیسات آبرسانی، زهکشی، آبیاری، سدسازی، ایجاد تأسیسات هیدروالکتریک و غیره باید مطالعات هیدرولوژیکی کافی در منطقه انجام گیرد. از آن‌جا که هیدرولوژی علمی است که به کنترل و توسعه بهره‌برداری از منابع آب می‌پردازد، نتایج حاصله از مطالعات هیدرولوژی تأثیر مهمی در رشته‌های کشاورزی، جنگل‌داری، آبخیزداری، اقتصاد و غیره دارد و دارای کاربردهای عملی در زمینه‌های آبیاری، آبرسانی، زهکشی، دفع فاضلاب، تصفیه آب، راه و ساختمان، تأسیسات هیدروالکتریک، کنترل سیل، کشتی‌رانی، فرسایش و کنترل رسوب، کنترل شوری، کنترل آلودگی‌ها، حفاظت حیات‌وحش و آبریان و از این قبیل دارد.

۴-۱ کاربردهای هیدرولوژی

امروزه این علم در طراحی و طرز عمل سازه‌های هیدرولیکی نظیر سدهای ذخیره‌ای و انحرافی، کانال‌های آبیاری و زهکشی، پل، مهندسی رودخانه و کنترل سیلاب، آبخیزداری، جاده‌سازی، طراحی تفرجگاه‌ها، مسائل بهداشتی، فاضلاب شهری و صنعتی و زمینه‌های زیست‌محیطی به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۱ ضرورت علم هیدرولوژی

هر سال در سطح خشکی‌های کره زمین حدود ۱۱۹۰۰۰ کیلومتر مکعب آب به‌صورت نزولات جوی فرو می‌ریزد. از این مقدار ۷۲۰۰۰ کیلومتر مکعب آن به‌صورت تبخیر خارج می‌شود. تفاوت این دو رقم ۴۷۰۰۰ کیلومتر مکعب است که منابع تجدیدشونده آب را تشکیل می‌دهند. مقدار سرانه آب تجدیدشونده در سطح دنیا رقمی حدود ۶۷۰۰ متر مکعب بر سال برای هر نفر است. متخصصان هیدرولوژی، رقم ۱۰۰۰ متر مکعب بر سال برای هر نفر را مرز کم‌آبی یک کشور تعیین کرده‌اند. این رقم در مصر ۳۰، در قطر ۴۰، در لیبی ۱۶۰ و در عربستان ۱۴۰ متر مکعب بر سال برای هر نفر برآورد شده‌است که همگی این کشورها، کم آب محسوب می‌شوند. این ارقام، مجموع مصارف کشاورزی، صنعتی و شرب را شامل می‌شود.

بر اساس آمار دفتر معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست‌جمهوری، با توجه به این‌که ایران دارای شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک است و میانگین بارش آن در حدود ۲۵۰ میلی‌متر که یک‌سوم میانگین جهانی است، مصرف منابع آب بیش از میانگین جهانی است. منابع آب تجدیدشونده در حدود ۱۴۰ میلیارد مترمکعب بوده که از این مقدار ۱۲۶ میلیارد مترمکعب، حجم آب قابل استحصال می‌باشد. با توجه به ثابت‌بودن میانگین این حجم آب و در مقابل با رشد جمعیت و دلایل اقتصادی و اجتماعی، میزان تقاضا افزایش‌یافته و سرانه آب قابل تجدید کاهش یافته‌است. به‌طوری‌که این رقم در سال ۱۳۴۰ در حدود ۵۵۰۰، در سال ۱۳۵۷ در حدود ۳۴۰۰ و در سال ۱۳۸۵ به ۱۷۵۰ مترمکعب تنزل یافته‌است. در برنامه افق ۲۰ ساله تا سال ۱۴۰۰، سرانه آب به حدود ۱۳۰۰ مترمکعب کاهش خواهد یافت که این به‌منزله ورود ایران به مرحله تنش آبی و کم‌آبی خواهد بود (سالنامه آماری سال ۱۳۸۵). بر اساس آخرین آمار که از طریق وزارت نیرو ارائه‌شده، میانگین سرانه آب برای مصارف خانگی در ایران ۱۹۰ لیتر بر روز و در تهران ۲۲۰ تا ۲۷۶ لیتر بر روز می‌باشد. این مقدار شامل ۸۳ لیتر برای حمام، ۵۰ لیتر دستشویی، ۷۷ لیتر ظرفشویی و ۲۲ لیتر برای روشویی می‌باشد. درحالی‌که میانگین سرانه در جهان در حدود ۱۵۰ لیتر بر روز و آمار کم‌ترین مصرف‌کننده، متعلق به کشور آلمان با ۱۰۷ لیتر و بیش‌ترین مصرف سرانه مربوط به آمریکا با ۳۶۰ لیتر بر روز می‌باشد. بنابر پیش‌بینی‌هایی که وزارت نیرو به‌عمل آورده، با احتساب جمعیت ۱۰۰ میلیون نفر، این سرانه در سال ۱۴۰۰ به حدود ۱۴۵ تا ۱۵۵ لیتر؛ در حدود ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ مترمکعب بر سال برآورد شده‌است. با این حساب نمی‌توان ایران را یک کشور کم‌آب تلقی کرد. ولی با توجه به روند روبه‌رشد جمعیت از نظر معیارهای جهانی، مرز بحران شناخته می‌شود. بر اساس استانداردهای موردقبول کارشناسان آب، کشورهایی که مقدار سرانه آب شیرین تجدیدشونده‌ی قابل بهره‌برداری آن‌ها بیش از ۱۷۰۰ مترمکعب بر سال باشد، مشکلات ناشی از کمبود آب ندارند. پایین‌تر از این حد، به‌طور ادواری یا مداوم تحت تنش کمبود آب‌اند و کم‌تر از ۱۰۰۰ مترمکعب بر سال با کمیابی آب مواجه‌اند. لذا باید برنامه مدونی جهت ورود به مرز تنش آبی در سیستم مدیریت منابع آب کشور ایجاد نمود.