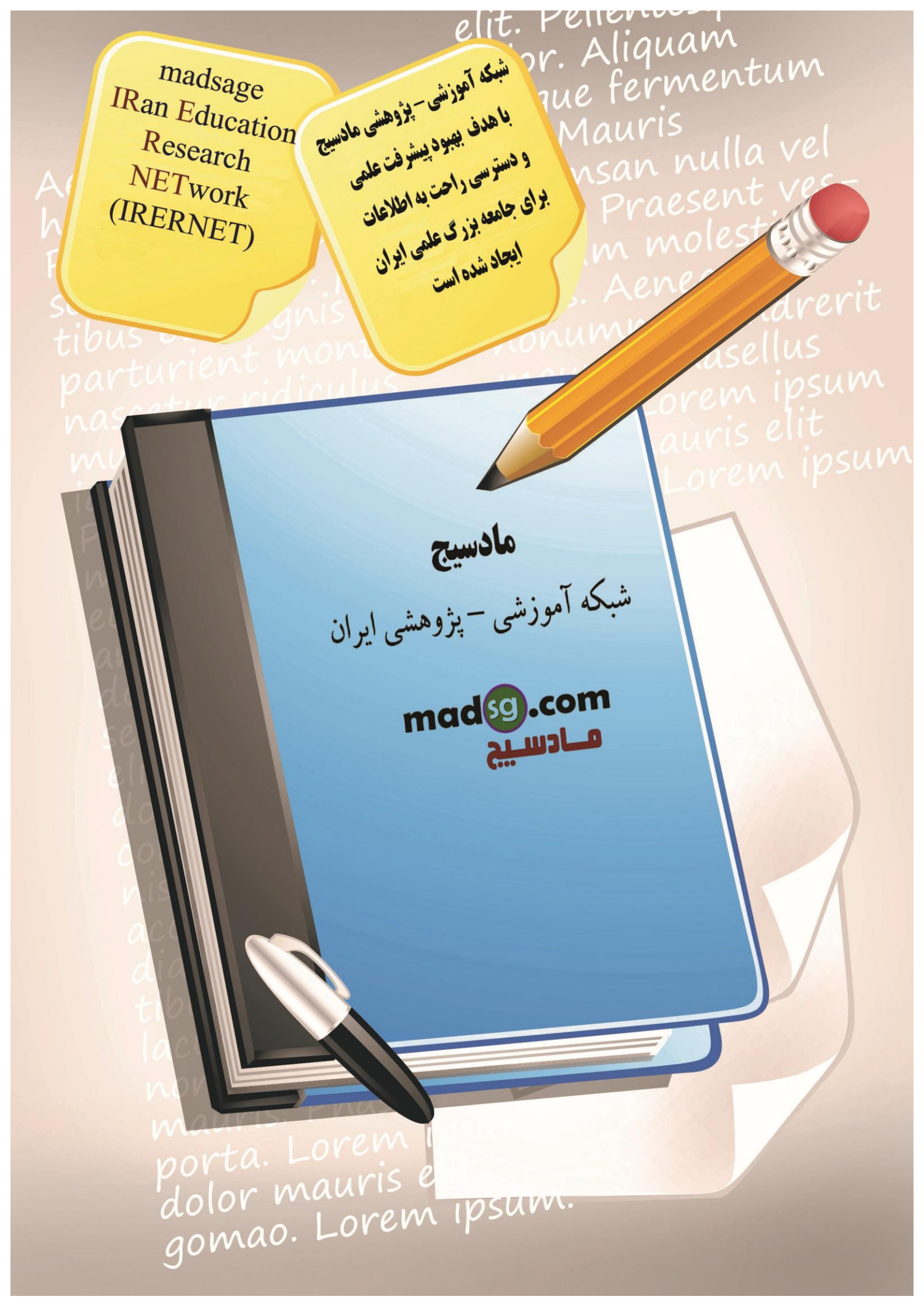
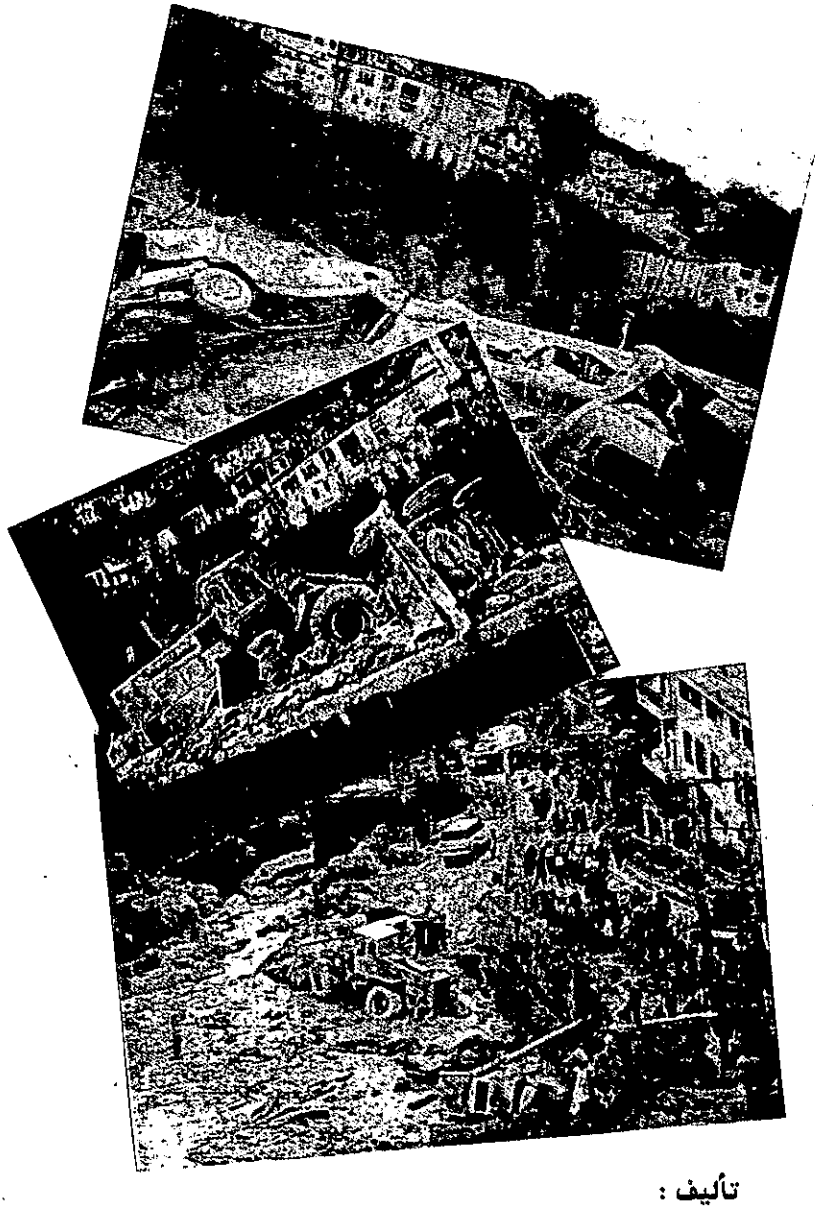

madsage
IRan Education
Research
NETwork
(IRERNET)
شبکه آموزشی-پژوهشی مادسیج
با هدف بهبود پیشرفت علمی
و دسترسی راحت به اطلاعات
برای جامعه بزرگ علمی ایران
ایجاد شده است
مادسیج
شبکه آموزشی - پژوهشی ایران
madsg.com
مادسیج

کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران
بخش مبادلات

بسم الله الرحمن الرحیم

جغرافیای طبیعی شهر

هیدرولوژی و سیل‌خیزی شهر

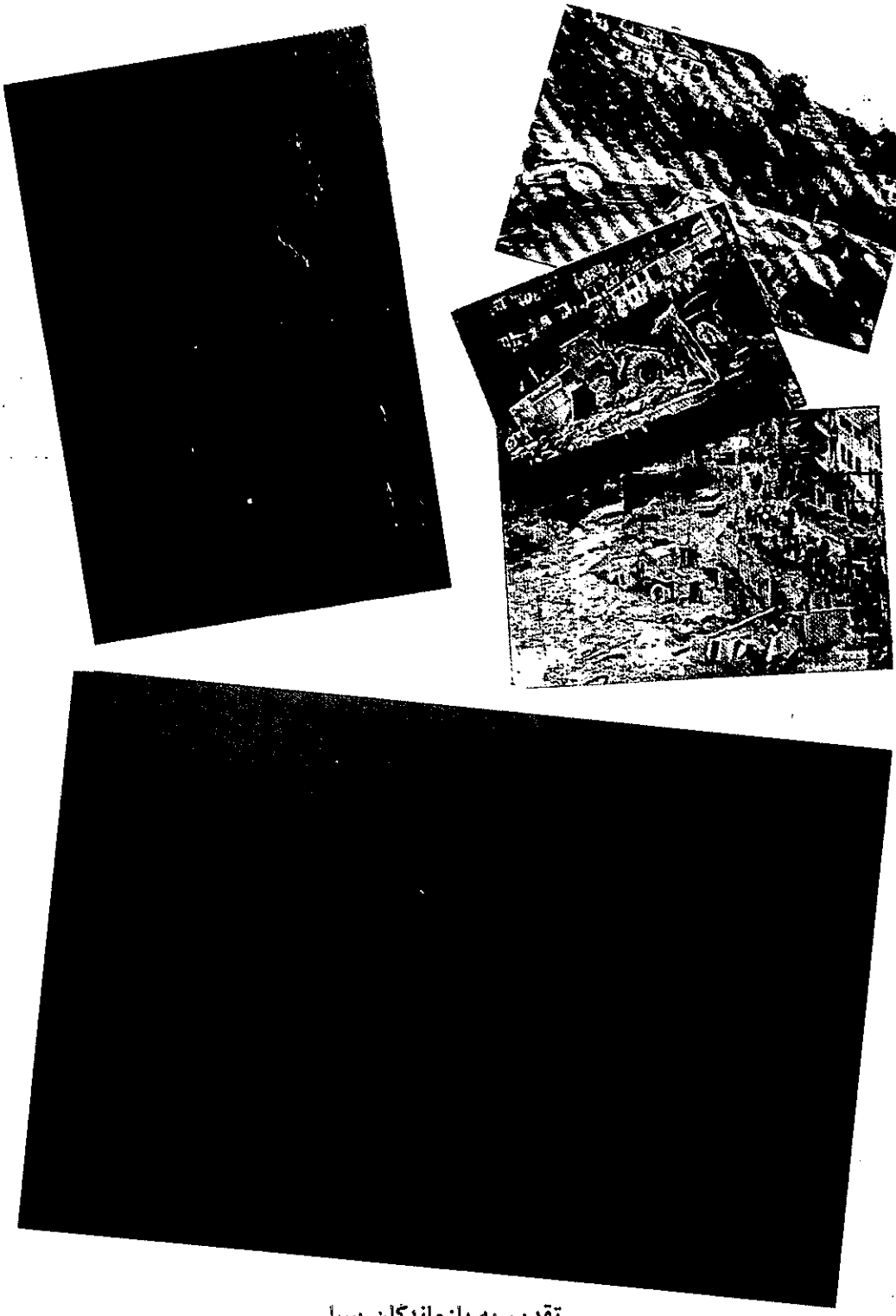


تألیف :

دکتر محمدرضا اصغری مقدم

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی

ویراستار : مهناز پروازی



تقدیم به بازماندگان سیل

نهم مرداد ماه ۱۳۷۷ ماسوله

اصغری مقدم، محمدرضا، ۱۳۲۶ -
جغرافیای طبیعی شهر "هیدرولوژی و سیل خیزی شهر"/ تالیف محمدرضا اصغری مقدم؛ ویراستار مهناز پروازی.— تهران: نشر مسعی، ۱۳۷۸.
۲۰۰ ص.: مصور، جدول، عکس، نمودار.
ISBN 964-6455-29-8
فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
کتابنامه: ص. ۱۹۸ - ۲۰۰.
۱.سیل -- ایران. ۲.سیل -- مهار. ۳.سیل -- خسارتها و خرابیها -- پیشگیری. ٤.جغرافیای شهری. الف.عنوان. ب.عنوان: هیدرولوژی و سیل خیزی شهر.
TC۵۳۰/الف۶ج۷ ۶۲۷/٤
کتابخانه‌ملی‌ایران م۷۸-۵۳۳۶

کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه پیام نور - آموزش از راه دور

اهدائی: ..... شماره: ۴۱۰۱ تاریخ: ۸۰/۲/۱۸

دانشگاه پیام نور
کتابخانه مرکزی
BF41001

نام کتاب	:	جغرافیای طبیعی شهر « هیدرولوژی و سیل خیزی شهر »
تألیف	:	دکتر محمد رضا اصغری مقدم
ناشر	:	انتشارات مسعی
نوبت چاپ	:	اول / ۱۳۷۸
تیراژ	:	۳۰۰۰ نسخه
لیتوگرافی	:	البرز
چاپ	:	محراب قلم
صحافی	:	سبحان

شابک ۸-۲۹-۶۴۵۵-۹۶۴ ISBN 964 - 6455 - 29 - 8

* کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است. *

تهران - سعادت آباد، انتهای خیابان سیزدهم پلاک ۳۱
تلفن : ۲۰۷۳۵۴۹

شماره مدرک کامپیوتری
۱۲۲۶۶

ح ۱
۵۳۰
۶ الف /
ع ۷
۱۳۷۸

مقدمه

افزایش جمعیت و به خصوص رواج فرهنگ شهرنشینی و تبدیل روستاها به شهرها سبب می‌شود که اراضی کشاورزی و عرصه‌های طبیعی به اراضی شهری تبدیل شوند و با توسعه شهر از یک طرف با ایجاد بناها و غیرقابل نفوذ کردن بام‌ها به منظور حفظ سلامت آن‌ها و نیز آسفالت کردن خیابان و پوشش معابر و انهار در سطح شهر یک آبخیز مصنوعی بوجود می‌آید که موجب برخاستن و ایجاد سیل در سطح شهر می‌شود.

از طرف دیگر با توسعه شهرها تعادل هیدرولوژیکی منطقه بهم می‌خورد. و تعادل هیدرولوژیکی حوضه آبخیز طبیعی ارتفاعات بالادست شهرها از بین می‌رود و آبراهه‌های طبیعی که نقش زهکشی و کانال‌های هدایت‌کننده هرز آب‌های دامنه‌های پرشیب را بسوی رودخانه‌ها ایفا می‌کنند، بهم می‌ریزد، با بهم ریختن وضعیت آبراهه‌ها و سرانجام بهم خوردن شکل طبیعی منطقه، همواره این احتمال وجود دارد که شهرهای واقع در دامنه کوهستان‌ها یا کناره رودخانه‌ها در معرض خطرات ناشی از سیل قرار گیرند، بطوری که در اغلب موارد این‌گونه شهرها در اثر جاری شدن سیل خسارات جبران‌ناپذیری را هم از لحاظ جانی و هم از لحاظ مالی متحمل می‌شوند.

وقوع سیل‌های مخرب متعدد در مناطق مختلف این کشور به ویژه در نواحی پایکوهی و مجاورت رودخانه‌های طغیانی و خسارات فراوان ناشی از آن خود دلائلی گویا و قابل مشاهده بر این مدعا هستند.

گنجاندن درسی در دوره کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری در رابطه با مسائل مذکور در مناطق شهری می‌تواند منبع خوبی برای آگاهی دانشجویان، این کارشناسان و محققان و استادان آینده کشور با مسائل سیل و اثرات و خطرات آن در مناطق شهری کشور باشد.

آقای دکتر اصغری مقدم که در طول سالیان، تحصیل و تحقیق خود در زمینه جغرافیای طبیعی با چگونگی شرایط سیل‌خیزی منطقه و نقش عوامل طبیعی در ایجاد سیلاب‌های مخرب به خوبی آشنا بوده و در سال‌های اخیر با علاقمندی خاص نقش توسعه شهرها در ایجاد سیلاب‌های ویرانگر را نیز مورد مطالعه قرار داده و حاصل این مطالعات وسیع و ارزشمند کتابی است تحت عنوان **هیدرولوژی و سیل‌خیزی شهر** که در آن تقریباً تمام مسائل را مورد توجه و دقت قرار داده‌اند، موفقیت‌های بیشتری را برای ایشان در راه خدمت بیشتر به جامعه به خصوص از طریق نوشتن چنین کتاب‌های باارزشی را از خداوند متعال مسئلت دارم.

دکتر پرویز کردوانی

استاد نمونه دانشگاه تهران (گروه آموزش جغرافیا)

پیشگفتار

افزایش سریع جمعیت در قرن اخیر توسعه فیزیکی شهرها را در تمام نقاط جهان بهمراه داشته و کشور ما ایران نیز از آن بی‌بهره نبوده است، به طوری که براساس آخرین سرشماری رسمی کشور (سال ۱۳۷۵) جمعیت شهرنشین بیش از ۶۱ درصد جامعه ایرانی را تشکیل می‌دهند.

در اثر این رشد سریع جمعیت شهری، شهرهای قدیمی گسترده‌تر و وسیع‌تر شده و روستاهای متعددی نیز تبدیل به شهر و نقاط شهری گردیدند. توسعه شهرهای قدیم و ایجاد شهرهای جدید که بعد از سال ۱۳۳۵ از رشد سریعی برخوردار گردیدند، کمتر در توسعه و ساخت آن‌ها مطالعات علمی و زیربنایی انجام پذیرفته است. طرح‌های جامع شهری نیز اکثراً بعد از توسعه سریع شهرها و به خصوص در یکی دو دهه اخیر تهیه شده است. که به عبارت دیگر مشاوران و تهیه‌کنندگان طرح‌های مذکور در مقابل عملی انجام شده قرار گرفتند.

بهرحال رشد فیزیکی شهرها به تصرف اراضی مجاور شهری و مورفولوژی‌های متفاوت منجر گردید، که ازجمله شامل بستر رودخانه‌ها و مسیل‌های حاشیه شهرها نیز شده است.

تغییر کاربری اراضی اشغال شده، باعث افزایش سیل‌خیزی قسمت‌ها و محلات جدید شهری گردیده است.

از طرف دیگر افزایش جمعیت شهری، افزایش مصرف آب را به دنبال دارد، لذا

شناسایی منابع آب اعم از زیرزمینی و سطحی و حاشیه شهرها و حتی نقاط خارج از حاشیه شهرها (برای تهران رودخانه‌های جاجرود و کرج و برای یزد زاینده‌رود) در دستور کار مدیران و مسؤلان شهری قرار داده شد.

در پی رفع همین نیاز و ایمن‌سازی شهرها از خطر سیلاب‌ها است که مطالعات هیدرولوژی و سیل‌خیزی در خدمت شهرنشینان و مسؤلان شهری قرار می‌گیرد. در این کتاب که جهت اطلاع دانشجویان جغرافیا، برنامه‌ریزی شهری و مسؤلان شهری تألیف گردیده است، تلاش بر ارائه علم هیدرولوژی نبوده، بلکه سعی شده است که دانشجویان و علاقمندان به طور مختصر با اصول هیدرولوژی آشنا و سپس با تأثیر مطالعات هیدرولوژی بر تأمین آب و سیل‌خیزی شهرها آشنا گردند.

براین اساس این کتاب، کتاب هیدرولوژی محض نمی‌باشد. بلکه بیشتر نگرشی است از دید جغرافیا به علم هیدرولوژی. از این نظر از اساتید محترم هیدرولوژی تمنا دارد، نواقصی را که در این کتاب از دید هیدرولوژی ملاحظه می‌فرمایند، با دیدهٔ اغماض بنگرند و در صورت وجود اشتباهاتی در این زمینه، خواهشمندم که جهت تنبّه اینجانب موارد را تذکر دهند.

از طرف دیگر از اساتید، صاحب‌نظران و مدیران شهری نیز خواهشمندم ایراداتی در رابطه با هیدرولوژی و سیل‌خیزی در شهر مشاهده می‌نمایند، مراتب را جهت رفع آن در چاپ‌های بعدی اعلام فرمایند.

در خاتمه از تمام کسانی که مرا در تدوین این کتاب یاری نموده‌اند و کسانی که عکس‌هایی در زمینه مطالب کتاب دراختیارم نهاده‌اند سپاسگزاری می‌نمایم.

اصغری مقدم

سال ۱۳۷۸

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

مقدمه ..... یک
پیش‌گفتار مؤلف ..... سه

فصل اول:
آشنایی با اصول هیدرولوژی

۱ ـ ۱ ـ مقدمه ۳
۱ ـ ۲ ـ نقش شرایط جغرافیایی به پراکنش جغرافیایی آب‌ها ۵
۱ ـ ۳ ـ عوامل اقلیمی موثر بر هیدرولوژی ۷
۱ ـ ۴ ـ نقش شرایط زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی بر هیدرولوژی ۳۶
۱ ـ ۵ ـ نقش پوشش گیاهی بر هیدرولوژی ۵۱

فصل دوم:
اهداف مطالعات هیدرولوژی

۲ ـ ۱ ـ وضعیت منابع آب در جهان و ایران ۵۹
۲ ـ ۲ ـ کشف منابع جدید آب ۶۵
۲ ـ ۳ ـ شناسایی نواحی سیل‌خیز شهر ۶۶
۲ ـ ۴ ـ بررسی پدیده‌های دیگر ۶۷

فصل سوم:
نحوه مطالعات هیدرولوژی

۱ ـ ۳ ـ حوضه آبریز، یک واحد هیدرولوژیکی ۷۳
۲ ـ ۳ ـ شبکه هیدروگراف حوضه‌ها ۷۵
۳ ـ ۳ ـ مطالعات هیدرومتری ۸۴

فصل چهارم:
روان آب‌ها و سیلاب‌های شهری

۱ ـ ۴ ـ روان آب‌ها ۹۹
۲ ـ ۴ ـ سیل و سیلاب‌های شهری ۱۰۶

فصل پنجم:
روش‌های مختلف مقابله با سیلاب‌های شهری

۱ ـ ۵ ـ بررسی سیلاب‌های شهری ۱۲۱
۲ ـ ۵ ـ روش‌های مقابله با سیلاب از طریق اقدامات ساختمانی ۱۲۲
۳ ـ ۵ ـ روش‌های مدیریت سیلاب در کاهش خسارات سیل ۱۳۶

فصل ششم:
منابع تامین آب شهر

۱ ـ ۶ ـ مقدمه ۱۴۵
۲ ـ ۶ ـ منابع آب سطحی ۱۴۶
۳ ـ ۶ ـ آب‌های زیرزمینی ۱۵۰

فصل هفتم:
آب آشامیدن شهری، آلودگی‌ها و روش‌های برداشت

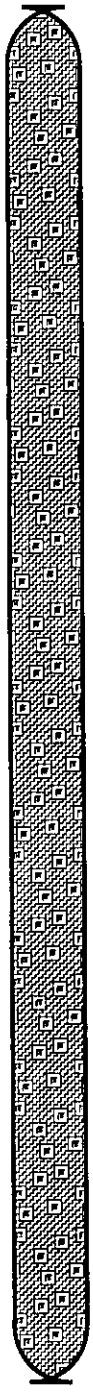
۱ ـ ۷ ـ مقدمه ۱۶۵

۲ - ۷ - ویژگی‌های آب آشامیدنی ۱۶۵
۳ - ۷ - آلودگی منابع آب ۱۷۳
۴ - ۷ - روش‌های تامین آب شهر ۱۷۸

فصل هشتم:
آب‌های معدنی

۱ - ۸ - شناسایی و اهمیت آب‌های معدنی ۱۸۵
۲ - ۸ - منشاء آب‌های معدنی ۱۸۷
۳ - ۸ - ویژگی آب‌های معدنی ۱۸۸
۴ - ۸ - بهره‌برداری از منابع آب معدنی ۱۹۳

فهرست منابع مورد استفاده ۱۹۸



فصل اوّل

فصل اول

آشنایی با اصول هیدرولوژی

۱ ـ ۱ ـ مقدمه :

آب‌هایی که بر سطح زمین جریان دارند، حاصل فرآیندهای اقلیمی هستند؛ که پس از طی مراحلی وارد شبکه‌های هیدروگرافی سطح زمین می‌گردند.

شبکه آب‌ها بر سطح زمین، علاوه‌بر آن که اشکال مورفولوژیکی متنوعی را به وجود می‌آورند، بر شکل و نحوه زندگی موجودات زنده تاثیرات مهمی را می‌گذارند.

آبی که در درون شبکه‌های هیدروگرافی جریان دارد، قسمتی از هیدروسفر است، که بر روی قاره‌ها قرارگرفته است.

اقیانوس‌ها و دریاها قسمت اعظم هیدروسفر را شامل می‌شوند که در حدود ۷۰/۸ درصد سطح سیاره زمین را پوشانده‌اند.

به طورکلی آب درکره زمین به صورت یکنواختی توزیع نگردیده است. علت عمده آن هم این است که سیاره زمین دارای سطحی کاملاً هموار نمی‌باشد؛ بلکه شامل پستی‌ها و بلندی‌های زیادی می‌باشد. به طوری که اگرکره زمین به صورت سیاره‌ای هموار بود، و آب‌های موجود درکره زمین به صورت یکنواخت در آن انجام می‌پذیرفت، همه جای زمین توسط آب کره‌ای به ضخامت سه کیلومتر پوشیده می‌شد. ولی در حال حاضر با وجود پستی‌ها و بلندی‌ها نزدیک به $\frac{۳}{۴}$ و یا همانطورکه گفته شد ۷۰/۸ درصد زمین را دریاها و اقیانوس‌ها پوشانده‌اند و در بقیه

قسمت‌های زمین، یعنی قاره‌ها نیز آب به صورت یکسانی توزیع نشده است. و یا به عبارت دیگر توزیع آب در سطح قاره‌ها بستگی به شرایط جغرافیایی و عوامل اقلیمی دارد. که در این قسمت ابتدا به نقش این عوامل می‌پردازیم ولی قبل از شرح تاثیر عوامل مذکور به ارائه جدول ۱ ـ ۱ می‌پردازیم، که نشان‌دهنده منابع تخمینی آب موجود در کره زمین می‌باشد. در جدول مذکور موارد، باستثنای ۱ و ۳ و ۸ جزء آب‌های شیرین کره زمین درنظر گرفته شده است؛ که مقدار آن برابر ۳۵,۰۲۹,۲۱۰ کیلومتر مکعب می‌باشد.

جدول ۱ ـ ۱ ـ مقادیر تخمینی آب در کره زمین

ردیف	نوع آب	وسعت پهنه آبی میلیون کیلومتر مربع	حجم منبع آبی کیلومتر مربع	نسب به کل آب جهان درصد
۱	اقیانوس و دریاها	۳۶۱/۳	۱۳۳۸۰۰۰۰۰۰	۹۶/۵۶
۲	آب‌های شیرین زیرزمینی	۱۳۴/۸	۱۰۵۳۰۰۰۰	۰/۷۶
۳	آب‌های شور زیرزمینی	۱۳۴/۸	۱۲۸۷۰۰۰۰	۰/۹۳
۴	آب موجود درخاک (رطوبت‌خاک)	۰/۸۲	۱۶۵۰۰	۰/۰۰۱۲
۵	یخ‌های قطبی	۱۶	۲۴۰۲۳۵۰۰	۱/۷
۶	یخچال‌های قاره‌ای و کوهستان	۰/۳	۳۴۰۶۰۰	۰/۰۲۵
۷	دریاچه‌های آب شیرین	۱/۲	۹۱۰۰۰	۰/۰۰۷
۸	دریاچه‌های آب شور	۰/۸	۸۵۴۰۰	۰/۰۰۶
۹	مرداب‌ها و باتلاق‌ها	۲/۷	۱۱۴۷۰	۰/۰۰۸
۱۰	رودخانه‌ها	۱۴۸/۸	۲۱۲۰	۰/۰۰۰۲
۱۱	آب‌های بیولوژیک	۵۱۰	۱۱۲۰	۰/۰۰۰۱
۱۲	آب موجود در اتمسفر	۵۱۰	۱۲۹۰۰	۰/۰۰۱
جمع		۱۸۲۱/۵۲	۱۳۸۵۹۸۴۶۱۰	۹۹/۹۹

برداشت از منبع شماره ۳۲

از طرف دیگر باید گفت همانطور که در توضیح جدول بیان شده است، ارقام ارائه شده تخمینی می‌باشد. از این نظر در کتب هیدرولوژی ـ ژئوهیدرولوژی و جغرافیایی اختلافات ناچیزی در ارقام مشاهده می‌گردد. برای مثال میزان آب اقیانوس‌ها که در جدول ارائه شده ۹۶/۵۶ درصد می‌باشد در کتاب جغرافیائی آب‌ها و مدیریت منابع آب نوشته آقای دکتر سعداله ولایتی، ۹۶/۵٪ و در کتاب هیدرولوژی مهندسی آقای مهندس افشار ۹۸/۷۷٪ و در کتاب منابع و مسائل آب در ایران نوشته آقای دکتر پرویز کردوانی، جلد اول، چاپ دوم، ۹۷/۲٪ و ... ذکر گردیده است.

۲ ـ ۱ ـ نقش شرایط جغرافیایی بر پراکنش جغرافیایی آب‌ها :

عوامل جغرافیایی که بر شرایط اقلیمی تاثیرگذار هستند بر پراکنش جغرافیایی آب و شکل‌گیری و پراکندگی شبکه‌های هیدروگرافی نیز تاثیر می‌گذارند و این عوامل عبارتند از: عرض جغرافیایی ـ ارتفاع از سطح دریا ـ دوری و نزدیکی به دریا ـ جهت وزش بادها ـ جهت ارتفاعات ...

مطالعات هیدرولوژی در وهله اول ارتباط تنگاتنگی با مطالعات و شرایط اقلیمی دارند، به طوری که قبل از هر مطالعه هیدرولوژیکی نیاز است که شرایط اقلیمی منطقه مورد نظر بررسی شود. زیرا که عوامل اقلیمی بر ایجاد شبکه‌های هیدروگرافی، میزان آب جاری درون شبکه‌ها و شکل حوضه‌ها تاثیر می‌گذارند.

از نظر اقلیم‌شناسان، تاثیر هر یک از فرآیندهای اقلیمی بر پدیده‌های مذکور ناشناخته نمانده است. و کسانی که به مطالعه هیدرولوژی می‌پردازند، ضمن آن که از ارتباط مستقیم عوامل مذکور بر اقلیم هر ناحیه آگاهی دارند، از تاثیر عوامل مذکور بر شبکه‌های هیدروگرافی نیز کاملاً آگاهند. از طرف دیگر آنان باید با نقش پدیده‌های زمین‌شناسی در کیفیت و کمیت شبکه‌های آب آشنا باشند. از این نظر در اینجا به طور مختصر ابتدا به نقش عوامل جغرافیائی فوق‌الذکر بر شرایط آب و هوایی می‌پردازیم و سپس فرآیندهای اقلیمی را مورد بحث قرار می‌دهیم.

قبل از آن که وارد بحث مذکور شویم، همان طور که در مقدمه کتاب گفته شده

است، در این جا مطالب مربوط به شرایط و فرآیندهای اقلیمی به طور خلاصه بیان می‌گردد. در هر بحث سعی شده است که مطالب به صورت مختصر و در رابطه با موضوع کتاب ارائه گردد. زیرا فرض بر آن است که خواننده با مبانی اقلیم‌شناسی و هیدرولوژی آشنایی کامل دارد.

۱ـ۲ـ۱ـ عرض جغرافیایی Latitude:

عرض جغرافیایی یا نزدیکی به خط استوا به طور مستقیم بر زاویه تابش خورشید تاثیر می‌گذارد. بنابراین در عرض‌های جغرافیایی پائین تاثیر خورشید نزدیک به عمود است (حدود ۲۳ درجه) . در این حالت زمین انرژی بیشتری از خورشید دریافت می‌کند. در حالی‌که در عرض‌های بالاتر زاویه تابش خورشید بیشتر شده، بنابراین تابش به حالت افقی نزدیک‌تر گردیده و درنتیجه انرژی کمتری از خورشید به زمین می‌رسد. این کاهش انرژی، کاهش دما را به دنبال دارد، که در پی آن از میزان تبخیر نیز کاسته گردیده و درنهایت بر روی هیدرولوژی نواحی تاثیرات عمده‌ای می‌گذارد.

۲ـ۲ـ۱ـ ارتفاع از سطح دریا Altitude:

افزایش ارتفاع از سطح دریا به نقش بخار آب و ذرات گرد و غبار در اتمسفر می‌انجامد. کاهش ذرات و به خصوص بخار آب، باعث می‌شود که اشعه رسیده به زمین سریعاً بازتاب نموده و به اتمسفر برگردد. به همین علت است که متوسط دما در ارتفاعات کمتر از نواحی کم ارتفاع مجاور می‌باشد. این پدیده نیز در شکل شبکه‌های هیدروگرافی تاثیر می‌گذارد. از طرف دیگر بین افزایش ارتفاع با میزان و نوع بارش، ارتباطی وجود دارد. که در ایجاد شکل و میزان آب شبکه‌های هیدروگرافی مؤثر است.

۳ـ۲ـ۱ـ دوری یا نزدیکی به دریا See destaence:

بخار آب موجود در هوا که در نواحی ساحلی و مجاور در یا بیش از نقاط دیگر

است، تنظیم‌کننده حرارت در سطح زمین می‌باشد. و به همین علت است که در زمستان‌ها هوای سواحل نسبت به نقاط دور از ساحل گرمتر می‌باشد. از طرف دیگر وجود بخار آب در این نواحی، بر کاهش تبخیر از سطح خشکی به خصوص در فصل تابستان تاثیر گذاشته؛ و از هدر رفتن آب‌های سطحی در اثر تبخیر جلوگیری می‌نماید.(۱)

۴ـ۲ـ۱ـ مسیر توده‌های هوا :

نقاطی که در مسیر توده‌های هوای باران‌زا قرار دارند، به طور معمول از میزان بارش بیشتری نسبت به نقاطی که به علل مختلف در مسیر توده‌های هوا قرار نمی‌گیرند، برخوردار می‌باشند.

۵ـ۲ـ۱ـ جهت ارتفاعات :

جهت جغرافیایی ارتفاعات می‌تواند باعث رانده شدن توده‌های هوا به درون نواحی جغرافیایی گردیده، و یا بالعکس مانع نفوذ توده‌های مذکور گردد. از این نظر جهت ارتفاعات با تأثیر بر حرکت توده‌های هوا، بخصوص نوع باران‌زای آن‌ها می‌تواند باعث ریزش باران بیشتر یا کمتر در نواحی مجاور خود گردد.

۳ـ۱ـ عوامل اقلیمی موثر بر هیدرولوژی :

تاثیر عوامل اقلیمی بر هیدرولوژی از هر جهت قابل بررسی و مطالعه است. زیرا بدون اطلاع از چگونگی عملکرد این عوامل، امکان مطالعه هیدرولوژی وجود ندارد. بنابراین در این بحث به طور خلاصه به مطالعه عوامل اقلیمی می‌پردازیم :

۱ـ۳ـ۱ـ تابش خورشیدی :

خورشید درحقیقت با ارسال امواج انرژی تابشی، موتور هیدرولوژی را تغذیه

---

۱ - سواحل بلوچستان در کنار دریای عمان در تابستان به علت رطوبت ساحل تبخیر بسیار پائین است.

نموده و آن را فعال می‌نماید. این انرژی باعث تحولات اقلیمی در سطح سیاره زمین می‌گردد. به طور کلی انتقال انرژی و حرارت در اجسام به چهار شکل انجام می‌پذیرد؛ که عبارت است از : انتقال فیزیکی، انتقال از طریق تبادل، انتقال در اثر تغییر حالت، انتقال از طریق تابش.

باتوجه به این که انتقال انرژی از خورشید به زمین به شکل تابش انجام می‌پذیرد، لذا در این جا به ذکر این گونه انتقال انرژی از دیدگاه فیزیکی به طور خلاصه می‌پردازیم : از ویژگیهای این گونه انتقال، عدم مداخله هرگونه ماده در این فرایند می‌باشد. درحالی که سه مورد دیگر این ویژگی را ندارند.

هر جسمی که دارای حرارت بوده باشد و از خود انرژی ساطع کند، به آن تابش الکترومغناطیس گفته می‌شود.

۱ - ۱ - ۳ - ۱ - تابش دریافتی از خورشید :[۱]

خورشید که در سطح خود دارای حدود ۶۰۰۰ درجه کلوین حرارت است، انرژی خود را به شکل تشعشعات الکترومغناطیس، به فضای اطراف ساطع می‌کند.

ماکس پلانک Max Plank عقیده دارد که این تشعشعات پشت سر هم و به صورت نبضی به فضا ارسال می‌شود.

فیزیکدان دیگری معتقد است که این تشعشعات به صورت امواج سینوسی ارسال می‌شود. از طرف دیگر میزان تابشی که از هر جسم (سیاه کامل) ساطع می‌گردد بستگی به درجه حرارت آن جسم دارد. برطبق قانون استفان بولزمن Stefan Boltzman مقدار تابش هر جسم متناسب است با توان چهارم درجه حرارت آن جسم.

$$S = ۸/۲۶ \times ۱۰^{-۱۱} \times T^{۴}$$

که در رابطه مزبور S برابر است با مقدار تابش ساطع شده در هر دقیقه از هر سانتیمتر مربع سطح جسم $(cal/cm^{۲}/min)$ و T برابر است با درجه حرارت جسم برحسب

---

۱ - مهدوی، محمد. هیدرولوژی کاربردی، جلد اول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، سال ۱۳۷۴

کلوین و $۸/۲۶ \times ۱۰^{-۱۱}$ ضریب ثابت بولزمن می‌باشد.

باتوجه به درجه حرارت در سطح کره خورشید ۵۷۹۳ درجه کلوین، مقدار تابش خورشید درصورتی که آن را مانند یک جسم سیاه فرض کنیم، برابر است با

$$S = ۸/۲۶ \times ۱۰^{-۱۱} \times (۵۷۹۳)^{۴}$$

$$S = ۹/۳۰۲ \times ۱۰^{۴} \quad cal/cm^{۲}/mim$$

چون شعاع خورشید ۶۹۵۵۶۰ کیلومتر برآورده شده است، مقدارکل انرژی ساطع شده از سطح آن برابر خواهد بود :

مساحت خورشید × S = مقدارکل انرژی ساطع شده از خورشید

که به طور خلاصه مقدارکل انرژی ساطع شده از خورشید برابر است با $۵/۶۵۲۴ \times ۱۰^{۲۷}$ کالری در دقیقه

این میزان انرژی به فضای اطراف خورشید پراکنده می‌شود، ولی سهم زمین از این میزان باتوجه به فاصله ۱۵۰×۱۰^{۶} کیلومتر زمین تا خورشید چقدر است؟ در اینجا اگر انرژی خورشیدی را بر مساحت کره‌ای به شعاع ۱۵۰×۱۰^{۶} کیلومتر تقسیم کنیم، مقدار انرژی خورشیدی که به هر واحد از سطح زمین می‌رسد، به دست می‌آید (اتمسفر نیز جزء کره زمین محسوب می‌گردد).

$$\text{مساحت کره‌ای به شعاع ۱۵۰ میلیون کیلومتر} = ۴\,(۳/۱۴)\,(۱۵۰ \times ۱۰^{۶})^{۲} = ۲/۸۲۶ \times ۱۰^{۱۷}\ km^{۲}$$

و چون واحد سانتیمتر مورد نیاز است، بنابراین : $= ۲/۸۲۶ \times ۱۰^{۲۷}$

بنابراین کل انرژی تابشی رسیده از خورشید[۱] بر سطحی معادل $۲/۸۲۶ \times ۱۰^{۲۷}$ سانتیمتر مربع پخش می‌شد از این نظر داریم :

$$\frac{۵/۶۵۲۴ \times ۱۰^{۲۷}}{۲/۸۲۶ \times ۱۰^{۲۷}} = ۲$$

به عبارت دیگر به نقطه‌ای که آتمسفر شروع می‌شود، در هر دقیقه بر هر سانتیمتر ۲ کالری گرما از خورشید می‌رسد.

---

۱ - کل انرژی تابشی خورشید $۵/۶۵۲۴ \times ۱۰^{۲۷}$

از آن جایی که کالری بر سانتیمتر مربع را اولین بار لانگلی[۱] آلمانی محاسبه کرده است، آنرا ثابت خورشیدی ۲ لانگلی در دقیقه می‌گویند.

اما از طرف دیگر باید گفت کوچک بودن زمین نسبت به خورشید، کروی بودن زمین و حرکت وضعی آن، باعث می‌گردد که سهم متوسط هر سانتیمتر مربع زمین از انرژی رسیده از خورشید حدود ۰/۵ کالری در دقیقه باشد و باتوجه به این که زمین از نظر حرارتی یا تشعشع حرارت در تعادل می‌باشد، براساس قانون بولزمن درجه حرارت متوسط سطح کره زمین از روی رابطه نامبرده، به طور متوسط ۲۷۸ درجه کلوین یا ۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه می‌گردد.[۲]

آن چه که بایستی در این جا مورد اشاره قرار گیرد، این است که میزان دریافت انرژی خورشیدی باتوجه به شکل زمین، زاویهٔ تابش، سطوح خشکی و دریا، زمان تابش، ابرناکی، پوشش گیاهی و ... در تمام نقاط سیاره یکسان نمی‌باشد.

۲ - ۱ - ۳ - ۱ - تابش زمینی (زمین‌تاب) :

انرژی که از خورشید به زمین می‌رسد، تماماً برای همیشه در زمین باقی نمی‌ماند، بلکه هر جسم که دمای بیشتر از صفر مطلق داشته باشد، از خود انرژی ساطع می‌کند. زمین نیز در پیروی از همین اصل کلی، به تشعشع انرژی از سطح خود می‌پردازد.[۳] بدین ترتیب باید گفت پیوسته تعادلی بین میزان انرژی که از خورشید به زمین می‌رسد و انرژی تابشی زمین وجود دارد. گرچه انرژی خورشیدی در طیف‌های مختلف اعم از مرئی و یا نامرئی به زمین می‌رسد، ولی انرژی تابشی زمین در طول موج مادون قرمز که جزء طیف‌های نامرئی می‌باشد، از زمین خارج می‌گردد. این پدیده در تهیه عکس‌های ماهواره‌ایی که از سطح زمین تهیه می‌شود، کاربرد زیادی دارد. براساس آن چه که گذشت، پیوسته تعادل بین دو دسته انرژی

---

۱ - مقدار ۲ کالری بر سانتیمتر در دقیقه را عدد ثابت خورشیدی نیز می‌گویند. **حذف رچه**

۲ - علیزاده، امین. هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس، چاپ سوم سال ۶۸ (منبع ۲۱)

۳ - علیجانی، بهلول و کاویانی، محمدرضا. مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت، چاپ اول، ۱۳۷۱ (منبع ۲۰)

مورد نظر وجود دارد که از دیدگاه اقلیم‌شناسی موارد متعددی، ازجمله موارد زیر در ایجاد تعادل بین انرژی دریافتی و ساطع شده موثر می‌باشد :

الف : سطح اقیانوس‌های جنب حاره‌ای مناطق پرانرژی را تشکیل می‌دهند. مقادیر سالانه بیلان انرژی در این گونه مناطق ۱۲۰ کالری بر هر سانتیمتر (مناطق جداکثر انرژی در سطح زمین).

ب : مناطق جنب قطبی و بالاتر از آن، با ۲۰ تا ۳۰ کیلوکالری انرژی، حدوداً ۴ تا ۶ برابر یا کمتر از مناطق جنب حاره‌ای، انرژی دریافت می‌کنند.

ج : به طورکلی سطوح هیدرولوژی نسبت به خشکی‌های مجاور خود، از بیلان بیشتری برخوردار می‌باشند.

د : سطوح خشک مناطق حاره‌ای با این که نسبت به سطوح هیدرولوژیک انرژی کمتری دریافت می‌کنند، ولی جزء سطوح گرم سیاره محسوب می‌گردند. علت آن شرایط عدم تبخیر است؛ که باعث می‌شود تمام انرژی دریافتی به گرم کردن سطح زمین و هوای مجاور آن اختصاص یابد.

این تفاوت بیلان انرژی و عدم تعادل در توزیع و پراکنش انرژی، همان انرژی به حرکت درآورنده موتور جو و هیدرولوژی می‌باشد؛ که باعث حرکت توده‌های هوا می‌گردد.

۲ـ۳ـ۱ـ دما :

دما عبارتست از آن مقدار انرژی تابش خورشید که توسط عوارض سطح زمین جذب شده، و تبدیل به انرژی حرارتی گردیده است. گرچه همان طورکه گفته شد، اصلی‌ترین عامل ایجاد دما انرژی خورشیدی رسیده از طریق تابش است ولی عوامل دیگری وجود دارد که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در میزان دمای نقاط مختلف سطح زمین تاثیر می‌گذارند، و مهمترین آن‌ها عبارتند از :

۱ـ عرض جغرافیایی ۲ـ ارتفاع از سطح دریا ۳ـ حرکت توده‌های هوا ۴ـ شرایط تابش ۵ـ عوارض سطح زمین ۶ـ جنس مواد تشکیل‌دهنده عوارض سطح زمین ۷ـ هدایت گرمایی در قشر فوقانی سطح زمین ۸ـ ابرناکی هوا ۹ـ جریانات اقیانوسی و ...

دمای هر منطقه جغرافیایی نقش عمده‌ای در فعالیت‌های زیستی و انسان دارد، همان طورکه می‌دانیم دما در یک نقطه پیوسته ثابت نمی‌ماند، بلکه دما تحت تاثیر عوامل فوق‌الذکر و سایر شرایط ، پیوسته در یک نقطه ثابت نیست و بدین طریق است که هوای مجاور سطح زمین از طریق هدایت ملکولی گرم می‌شود؛ و از آن جایی که گرم شدن سطح زمین و انتقال حرارت آن به لایه‌های اتمسفر مدتی طول می‌کشد، بین روند تغییرات زمانی انرژی تابشی و روند تغییرات زمان گرم شدن هوا فاصله‌ای زمانی وجود دارد.

براین اساس می‌توان گفت که حداقل درجه حرارت روزانه مقارن طلوع آفتاب و حداکثر آن پس از پایان حداکثر تابش، یعنی ساعات بعد از ظهر می‌باشد.

«انتقال گرما بیشتر به این صورت عمل می‌شود که با صعود هوای گرم، هوای سرد و سنگین جای آن را اشغال می‌کند. این طریق انتقال گرما را که گرمای هم‌رفت Convection می‌نامند، به مراتب موثرتر از هدایت ملکولی می‌باشد. با این حال انتقال گرما به طور ناگهانی و سریع صورت نمی‌گیرد و درواقع پس از گذشت مدت زمانی بیشتر می‌شود. به همین علت حداکثر دمای روزانه بعدازظهرها (حدود ساعت ۲ بعد از ظهر) مشاهده می‌شود، این نکته در مورد سرمای شبانه نیز صادق است. با این حال تاثیر انتقال سرمای شبانه به ارتفاعات بالا چندان زیاد نیست. زیرا عملکرد تبادل در شب برخلاف روز ضعیف است و این امر به ایجاد واژگونی دما نیز کمک می‌کند».(۱)

می‌دانیم که نوسان درجه حرارت نه تنها در شبانه روز، که در طول سال نیز تحت تاثیر عوامل فوق‌الذکر و سایر عوامل نیز اتفاق می‌افتد و نوسان سالانه و تغییرات دمای فصول از آن جا تاثیر می‌پذیرد که هرچه ارتفاع خورشید در مواقع ظهر نسبت به افق بیشتر باشد، گرمای حاصله نیز بیشتر است. بنابراین در تابستان‌ها که ارتفاع خورشید به حداکثر می‌رسد، درجه حرارت افزایش پیدا می‌کند، و در زمستان‌ها برعکس با کاهش ارتفاع خورشید، میزان انرژی رسیده کاهش می‌یابد. بنابراین دما سیر نزولی پیدا می‌کند. در این مورد نیز مانند نوسان درجه حرارت در طول

---

۱ - مآخذ منبع شماره ۲۰

شبانه‌روز، حداکثر دما با مدتی تعویق نسبت به حداکثر ارتفاع و حداقل دما نسبت به حداقل ارتفاع به وقوع می‌پیوندد.

برای مثال حداکثر دما در عرض ۳۵ درجه شمالی تقریباً ۵۵ روز بعد از حداکثر ارتفاع خورشید اتفاق می‌افتد و به همین علت است که در همین عرض گرم‌ترین ماه سال تیر ماه و سردترین آن دی ماه می‌باشد. البته این قاعده بدون استثناء نیست بلکه از سالی به سال دیگر تغییر پیدا می‌کند.(۱)

۱ - ۲ - ۳ - ۱ - پراکنش جغرافیایی دما(۲) :

بررسی خطوط هم‌دما در سطح زمین در مورد پراکنش جغرافیایی دما نتایج زیر را بدست می‌دهد :

الف : پراکندگی قاره‌ها و اقیانوس‌ها، نقش عمده‌ای در چگونگی پراکنش جغرافیایی دما به عهده دارند. به طوری که در فصل سرد هر دو نیمکره، منحنی‌های همدما بر روی آب‌ها به طرف قطب، و در فصل گرم به طرف استوا برآمدگی پیدا می‌کند. با این تفاوت که در فصل سرد بر روی یک مدار معین، نقاط روی دریا گرم‌تر از خشکی‌ها ، و در فصل گرم همان نقاط سردتر از روی خشکی‌ها می‌باشند. البته این تفاوت در نیمکره شمالی به علت وجود بیشتر خشکی‌ها شدیدتر است.

ب : قطب سرد در نیمکره جنوبی بر روی قاره جنوبگان منطبق است زیرا که دمای زمستان این قاره به ۶۰ ـ درجه می‌رسد، و متوسط آن در تابستان ۲۵ ـ درجه سیلسیوس می‌باشد. و به این طریق از قطب شمال به مراتب سردتر است.

ج : مناطق حاره‌ای به طور کلی چه از نظر عرض جغرافیایی و چه از نظر توزیع آب و خشکی، اختلاف حرارتی کمتری دارند.

د : استوای حرارتی زمین، یعنی مداری که بالاترین درجه حرارت را دارد، بر روی استوای جغرافیائی مستقر نگردیده است؛ و به همراه حرکت ظاهری خورشید، در طول سال جابه جا می‌شود. به طوری که در تیر ماه وقتی خورشید در نیمکره شمالی عمودی‌ترین وضعیت خود را پیدا می‌کند، استوای حرارتی زمین به

۱ - مآخذ منبع شماره ۲۰ ۲ - مآخذ منبع شماره ۲۰

اطراف مدار راس‌السرطان انتقال می‌یابد. این عرض‌ها به علت آن که از گستردگی بیشتر خشکی‌ها و آسمان‌های صاف بدون ابر برخوردارند انرژی بیشتری نسبت به استوای جغرافیایی دریافت می‌کنند. برعکس در دی ماه به همراه حرکت ظاهری خورشید به طرف نیمکره جنوبی، استوای حرارتی نیز در نیمکره جنوبی قرار می‌گیرد؛ ولی به علت گستردگی بیشتر اقیانوس‌ها در این نیمکره، استوای حرارتی در افریقا و استرالیا فقط چند درجه به جنوب استوای جغرافیایی منتقل می‌گردد.

س : جریانات دریایی نیز در پراکنش جغرافیایی دما تاثیر می‌گذارند به طوری که سواحل شرق اقیانوس اطلس (اسکاندیناوی) در طول سال از سواحل غربی آن (کانادا) گرم‌تر می‌باشند.

ش : حداکثر اختلاف بین دمای مناطق حاره و قطب در نیمکره شمالی، در بین عرض‌های جغرافیایی ۴۰ تا ۷۰ درجه مشاهده می‌شود درحالی که در نیمکره جنوبی در عرض‌های ۵۵ تا ۸۰ درجه متمرکز است. از طرف دیگر معدل دمای سالانه نیمکره جنوبی از نیمکره شمالی کمتر است که عمده‌ترین دلیل آن همان گسترش بیشتر اقیانوس‌ها در این نیمکره می‌باشد و از طرف دیگر وجود قاره جنوبگان نیز قطعاً بیشترین تاثیر را در این مورد می‌تواند داشته باشد.

۳ـ۳ـ۱ـ فشار هوا:

فشار هوا عبارت است از نیرویی که هوا بر یک واحد از سطح زمین وارد می‌کند؛ و مقدار آن در سطح دریا برابر است با وزن ستونی از جیوه به ارتفاع ۷۶ سانتیمتر.(۱)

واحد اندازه‌گیری فشار هوا در آب و هواشناسی میلی بار یا هکتو پاسکال است.(۲)

از آن جایی که با افزایش ارتفاع از تراکم هوا کاسته می‌شود، بنابراین هرچه بر ارتفاع افزوده شود از میزان فشار هوا نیز کاسته می‌گردد. امّا این کاهش فشار برحسب ارتفاع منظم نمی‌باشد.

---

۱ – مآخذ منبع شماره ۲۰

۲ – هر میلی‌بار یا هکتر باسکال برابر است با ۱۰۰۰ دین بر سانتیمتر مربع. فشار ستون هوا در کنار دریای آزاد ۱۰۱۲ میلی‌بار بر سانتیمتر مربع یا یک اتمسفر است.

«به طور کلی تا ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح زمین به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع ، ۱۲ میلی‌بار از فشار هوا کاسته می‌شود، که البته میزان کاهش فشار در ارتفاعات بالاتر اتمسفر کندتر است.»(۱)

۱ - ۳ - ۳ - ۱ - تغییرات فشار هوا :

عوامل و شرایط خاصی می‌توانند بر روی فشار هوا تاثیر گذاشته و موجب ایجاد تغییرات در آن شوند که ازجمله می‌توان موارد زیر را مورد مطالعه قرار داد.(۲)

الف ـ تغییرات فشار هوا در طول سال :

فشار هوا با تغییرات فصول بر روی دریاها و خشکی‌ها تغییر پیدا می‌کند. به طوری که فشار هوا بر روی قاره‌ها در عرض‌های جغرافیائی متوسط در زمستان زیاد، و در تابستان کم است. در حالی که این حالت برای دریاها و اقیانوس‌ها در همان عرض‌ها برعکس می‌باشد.

ب ـ تغییرات فشار هوا در طول شبانه‌روز :

دامنه تغییرات فشار در شبانه روز در قطبین نسبتاً کم است. ولی هرچه به سمت عرض‌های پائین‌تر پیش می‌رویم، افزایش پیدا می‌کند؛ و در استوا به بیشترین میزان خود می‌رسد به طوری که تغییرات متوسط روزانه در استوا برابر ۲/۲ میلی‌بار است؛ و در عرض جغرافیایی ۶۰ درجه به ۰/۳ میلی‌بار می‌رسد. حداکثر و حداقل این نوسانات در استوا در ساعات ۱۰ و ۲۲ و ۴ و ۱۶ اتفاق می‌افتد؛ که تغییرات فشار در ساعات ۱۰ و ۱۶ شدیدتر است.

ج ـ تغییرات فشار با ارتفاع :

همان‌طور که گفته شد با افزایش ارتفاع از میزان فشار هوا کاسته می‌گردد. و به طور کلی براساس فرمول لاپلاس در یک هوای آرام با اضافه شدن ارتفاع به صورت تصاعد حسابی، فشار هوا با تصاعد هندسی کاهش پیدا می‌کند.(۳)

---

۱ - مآخذ منبع شماره ۲۰ ۲ - مآخذ منبع شماره ۲۷

۳ - برای اطلاع بیشتر به صفحات ۶۴ و ۶۵ منبع شماره ۲۷ مراجعه نمائید.

۲ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۱ ـ نقشه‌های ایزوبار:

نقشه‌های ایزوبار یا خطوط هم‌فشار که براساس اطلاعات دستگاه‌های فشارسنج تهیه می‌شود و در آن‌ها نقاط هم‌فشار بهم متصل شده، تهیه می‌گردد.

نقشه‌های ایزوبار برای مطالعه جابه‌جایی توده‌های هوا و پیش‌بینی جابه‌جایی آن‌ها نقش عمده‌ای دارند. براساس مطالعات انجام شده بر روی نقشه‌های ایزوبار، می‌توان گفت که در سطح سباره زمین باتوجه به موقعیت مراکز کم‌فشار و پرفشار، سه مرکز کم‌فشار یکی در عرض‌های پائین (استوا) کم‌فشار حاره‌ای، و دو مرکز در عرض‌های حدود ۳۷ درجه شمالی و ۴۰ درجه جنوبی استقرار دارند؛ که کم‌فشار عرض‌های متوسط نامیده می‌شوند.

چهار مرکز پرفشار نیز در دو نیمکره شمالی و جنوبی وجود دارند؛ که دو مرکز از این چهار مرکز تحت عنوان مراکز پرفشار جنب حاره‌ای خوانده می‌شوند که از نواحی جنب حاره تا عرض‌های ۳۷ درجه در نیمکره شمالی و ۴۰ درجه در نیمکره جنوبی استقرار می‌یابند و دو مرکز پرفشار قطبی که از حدود مدار ۷۰ درجه استقرار یافته‌اند.

باید اضافه کرد که این مراکز به صورت کمربندی دور سیاره زمین استقرار نیافته‌اند، بلکه بیشتر به صورت سلول‌های مستقلی در نواحی خاصی مستقر می‌شوند. مراکز پرفشار جنب حاره‌ای عمده در سواحل شرق اقیانوس‌ها تشکیل می‌شوند و فقط در موارد گسترش در سواحل غربی نیز گسترده می‌شوند.

از مهمترین مراکز پرفشار جنب حاره می‌توان به آزور (Azores) ـ کالیفرنیا در نیمکره شمالی و شرق اقیانوس آرام ـ شرق اقیانوس اطلس و شرق اقیانوس هند در نیمکره جنوبی اشاره کرد.

مناطق کم‌فشار را سیکلون و با حرف L و مناطق پرفشار را آنتی سیکلون و با حرف H در نقشه‌های هواشناسی نشان می‌دهند.

مناطق کم‌فشار سیکلونی، مراکزی پرتلاطم هستند؛ و در هر سلول آن‌ها حرکت هوا در نیمکره شمالی در جهت عقربه‌های ساعت و سمتِ داخل یا همگرا می‌باشد. درحالی که مراکز پرفشار (آنتی سیکلون‌ها) فاقد تلاطم سیکلون‌ها بوده، و

حرکت آن‌ها عکس عقربه‌های ساعت (واگر) و بسمت بیرون می‌باشد. حرکت سیکلون و آنتی سیکلون‌ها در نیمکره جنوبی عکس نیمکره شمالی می‌باشد. این مراکز نقش عمده‌ای در جابه جایی توده‌های هوا و ایجاد شرایط جوی دارند.

۴ ـ ۳ ـ ۱ ـ رطوبت هوا :

به‌طورکلی می‌توان گفت که در سطح زمین هوای خشک طبیعی و فاقد رطوبت وجود ندارد. به طوری که حتی در مناطق جغرافیایی کاملاً خشک و بیابانی مانند لوت و کالاهاری در خشکترین فصول، هنوز مقداری رطوبت در حد چند درصد وجود دارد. رطوبت هوا بر روی اقیانوس‌ها و دریاها به طورکلی بیشتر از روی خشکی‌ها می‌باشد.

بیشترین میزان رطوبت مربوط به هوای روی اقیانوس‌ها و دریاهای حاره‌ای می‌باشد، که حدود ۴٪ ترکیب جو را شامل می‌گردد. درحالی که در شرایط معمولی میزان رطوبت جو در ماه‌های گرم از ۱/۳ درصد و در ماه‌های سرد از ۰/۴ درصد تجاوز نمی‌کند.(۱)

تقریباً تمامی رطوبت هوا در لایهٔ تروپوسفر جو قرار دارد؛ و هرچه از سطح زمین دور شویم، از میزان رطوبت هوا کاسته می‌گردد. جدول ۲ ـ ۱ . بنابراین نسبت معکوسی بین ارتفاع و میزان رطوبت هوا وجود دارد.

جدول شماره ۲ ـ ۱ : کاهش درصد بخار آب برحسب ارتفاع

ارتفاع به کیلومتر	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
بخارآب موجود (درصد) ۰/۰۵		۱/۳	۱	۰/۶۹	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۲۷	۰/۱۵	۰/۰۹

مآخذ : منبع شماره ۲۷

۱ ـ مآخذ منبع شماره ۲۰

رطوبت در جو به سه حالت جامد ـ مایع و بخار وجود دارد. بدین ترتیب که در هوای صاف و معمولی رطوبت به صورت بخار است و با چشم دیده نمی‌شود و در ابرها رطوبت به سه حالت مذکور یعنی بخار ـ ذرات آب و ذرات یخ وجود دارد.

آب در موقع تبخیر مقداری انرژی جذب می‌کند؛ که در بین ملکول‌های آن ذخیره می‌شود؛ به این انرژی گرمای نهان تبخیر[۱] گفته می‌شود و مقدار آن حدود ۶۰۰ کالری برای هر گرم آب است.[۲] این انرژی زمانی که بخار آب در جو تبدیل به قطرات آب می‌شود؛ آزاد شده و باعث گرم شدن محیط می‌گردد.

از طرف دیگر برای ذوب یک گرم یخ بدون تغییر درجه حرارت، باید حدود ۸۰ کالری انرژی به آن داده شود؛ که به آن دمای نهان ذوب[۳] گفته می‌شود. بدیهی است در موقع انجماد آب این مقدار انرژی آزاد می‌گردد.

چنانچه عمل تصعید اتفاق بیفتد، انرژی لازم برابر مجموع دمای نهان تبخیر و دمای نهان ذوب می‌باشد؛ که معادل ۶۷۷ کالری برای هر گرم است.

۱ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۱ ـ اثرات رطوبت موجود در جو :

رطوبت موجود در جو اثرات متفاوتی دارد که مهمترین آن‌ها عبارتند از :

الف ـ تنظیم درجه حرارت : بر روی اقیانوس‌ها و دریاها و سایر منابع آبی تاثیر دما به ایجاد بخار آب منجر می‌شود. جذب انرژی حرارتی برای تبخیر (دمای نهان تبخیر) باعث کاهش دما گردیده و بدین طریق از افزایش دمای محیط می‌کاهد.

ب ـ عامل جلوگیری از تشعشع سیاره‌ای : بخار آب موجود در جو باعث جذب اشعه مادون قرمز گردیده، و از خروج آن از سیاره زمین ممانعت به عمل می‌آورد، بنابراین از سرد شدن هوا جلوگیری می‌کند.

ج ـ بخار آب : میزان زیاد بخار آب در جو در حدّ اشباع، مانع از تبخیر سطحی می‌گردد.

د ـ ایجاد ابر و مه و بارندگی : مهمترین نقش رطوبت موجود در جو، ایجاد ابر و مه و بارندگی می‌باشد.

---

1 - Latent heat ever portation.

۲ – میزان و طبق آن ۵۹۷/۳ کالری برای هر گرم است.

3 - Latent heat of fusion.

۲ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۱ ـ نم مطلق و نم نسبی :

هوا هیچ‌گاه کاملاً از رطوبت و بخار آب اشباع نمی‌شود، بلکه همیشه نسبتی از هوا را بخار آب تشکیل می‌دهد. که این بخار آب تحت عنوان نم یا رطوبت هوا نامیده می‌شود و به دو صورت مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد.

الف ـ نم مطلق Absolute humidity :

نم مطلق عبارتست از میزان بخار آب موجود در حجم معینی از هوا که برحسب میلی‌گرم در مترمکعب بیان می‌شود، و حداکثر آن به میزان درجه حرارت و فشار هوا بستگی دارد.

به عبارت دیگر نم مطلق به مقدار آبی گفته می‌شود؛ که در هر واحد از حجم هوا وجود دارد. و بستگی مستقیمی با دما و بستگی غیرمستقیمی با فشار هوا دارد. جدو ۳ ـ ۱ ارتباط میان نم مطلق و درجه حرارت هوا را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۳ ـ ۱ : تغییرات نم مطلق با درجه حرارت

دما درجه سانتی‌گراد	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
رطوبت مطلق گرم در مترمکعب	۴/۸۵	۶/۸۲	۹/۴۱	۱۲/۸۷	۱۷/۳۱	۲۳/۳	۳۰/۴	۳۹/۳	۵۱/۲	۶۵/۶	۸۳

مآخذ : منبع شماره ۲۷

ب ـ نم نسبی Relative humidity :

از آن جایی که نم مطلق در مطالعات هیدرولوژی نقش عمده‌ای ندارد در این گونه مطالعات بیشتر از عامل رطوبت نسبی استفاده می‌شود.

نم نسبی عبارتست از مقدار رطوبت موجود در هر واحد حجم هوا به حداکثر رطوبتی که هوا می‌تواند در آن درجه حرارت در خود جای دهد که برحسب درصد بیان می‌شود :

$$\text{نم نسبی} = \frac{\text{نم موجود}}{\text{حداکثر رطوبتی که هوا می‌تواند در درجه حرارت مخفی در خود جای دهد}} \times ۱۰۰$$

در این جا بی‌مناسبت نخواهد بود که اگر با دو واژه نم ویژه Specifichumidity و آب قابل بارش Percipitable water آشنا شویم.

نم ویژه عبارتست از وزن بخار آب موجود در هر کیلوگرم هوای مرطوب، که برحسب گرم بر کیلوگرم بیان می‌شود. و از رابطه A بدست می‌آید.(۱)

$$(A) \quad q = ۶۲۲ \frac{e}{pa - ۰/۳۷۸ e} \approx ۶۲۲ \frac{e}{Pa}$$

که در این رابطه Pa فشار هوا و e فشار بخار آب و اعداد ثابت هستند.

آب قابل بارش عبارتست از : مقدار آب موجود در ستونی از هوا که ارتفاع آن از سطح زمین شروع شده ؛ و تا نقطه مشخصی ادامه یابد. باتوجه به این که این ستون هوا از لایه‌های متعددی تشکیل شده است، میزان آب قابل بارش از رابطه (B) به دست می‌آید :

$$(B) \quad W = ٪۱۰۲ \sum_{p_۲}^{p_۱} (q \Delta p)$$

که در این رابطه q متوسطه نم ویژه هر لایه برحسب گرم بر کیلوگرم، و Σp اختلاف فشار بین سطوح پایین و بالای هر لایه از لایه‌های ستون هوا، برحسب میلی‌بار است.

قابل تذکر است که، تمام آب موجود در ستون هوای مورد نظر قابل بارش نمی‌باشد. بلکه این موضوع فقط نشان‌دهنده آب موجود در ستون هوا می‌باشد.

۳ـ۴ـ۳ـ۱ـ نقطه شبنم :

قطرات آبی که در صبح‌های زود بر روی سطح برگ گیاهان دیده می‌شود، اصطلاحاً شبنم گفته می‌شود.

پدیده ایجاد شبنم، نتیجه فرآیندی است که طی آن بخار آب موجود در هوای نزدیک سطح زمین، در اثر کاهش درجه حرارت بحد اشباع رسیده، و به صورت قطرات آب ظاهر شده‌اند. درحقیقت این فرآیند زمانی بوقوع می‌پیوندد، که نم موجود در هوا در اثر کاهش درجه حرارت متراکم شده، و به حد اشباع برسد. به

۱ – مآخذ منبع شماره ۲۱

عبارت دیگر دمایی که طی آن هوای غیراشباع به حالت اشباع می‌رسد، نقطه شبنم گفته می‌شود. و تداوم کاهش درجه حرارت باعث می‌گردد که رطوبت موجود در هوا به صورت مایع درآمده، و به صورت قطرات آب بر روی برگ‌های سرد ظاهر گردد.

۴ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۱ ـ ابر و مه :

ابر و مه درحقیقت همان نم و یا رطوبت موجود در هوا می‌باشد، که متراکم گشته است.

ابرها مجموعه‌ای از قطرات بسیار ریز آب یا ذرات کوچکی از یخ هستند؛ که در هوا معلق مانده‌اند، و نتیجه سرد شدن و متراکم گردیدن هوای مرطوب می‌باشند. سرد شدن هوای مرطوب به علل مختلف انجام می‌پذیرد که ازجمله می‌توان به مخلوط شدن توده هوای مرطوب با توده هوای سرد ـ ورود هوای مرطوب به منطقه هوای سردتر ـ ریزش باران سردتر بر روی توده هوای مرطوب و ... اشاره نمود.

بهرحال ذرات آب به دور هسته‌های تراکم[1] جمع می‌شوند؛ و قطر آن‌ها به حدود صد برابر اندازه اولیه آن‌ها می‌رسد. در این فرآیند ابتدا ذرات ریز بوجود می‌آیند و بعد به تدریج قطر ذرات بیشتر می‌شود.

تفاوتی از نظر کیفیت بین ابر و مه وجود ندارد؛ و تفاوت فقط در ارتفاع آن‌ها می‌باشد که برای مه ارتفاع بسیار کم است، و در مجاورت سطح زمین ایجاد می‌گردد، ولی ابر در ارتفاع بالاتر از سطح زمین قرار می‌گیرد.

از ویژگی ذرات آب بوجود آورنده ابر و مه، آن است که می‌توانند تا دمای ۱۰ ـ درجه سانتی‌گراد حالت خود را حفظ کرده و منجمد نشوند.

ابر و مه براساس نحوه تشکیل و شکل‌گیریشان انواع مختلفی را تشکیل می‌دهند که به منظور جلوگیری از اطاله کلام از ذکر آن‌ها می‌گذریم. فقط بایستی گفته شود که ابرها را از نظر شکل‌شان می‌توان به انواع زیر تقسیم کرد :

---

۱ ـ هسته‌های تراکم : به طور کلی فرآیند تراکم ذرات آب در جو به کمک ذرات ناخالصی مانند گرد و غبار ذرات تک انجام می‌گیرد، این ذرات اندازه‌ای بین $\frac{۱}{۱۰۰۰۰}$ تا ۱۰ میکرون دارند. ذرات کوچکتر از $\frac{۱}{۱۰۰۰۰}$ وقتی نقش هسته تراکم را ایفا خواهند کرد که نم نسبی در جو بسیار بالا باشد.

الف : ابرهای استراتوس (لایه‌ای)
ب : ابری کومولوس (توده‌ای)
ج : ابرهای سیروس (پری)

البته انواع دیگری از ابر وجود دارد؛ که تلفیقی از اشکال سه گانه مذکور است. از طرف دیگر، ابرها را از نظر ارتفاع نیز تقسیم‌بندی می‌کنند. بدین ترتیب که بر سر اسم انواع ابر از نظر شکل، کلمهٔ «آلتو» را که نشان دهنده ارتفاع آن‌ها می‌باشد، اضافه می‌کنند. مانند آلتوسیروس ـ آلتو استراتوس یعنی، ابرهای سیروس یا استراتوس مرتفع.

از نظر باران‌زایی نیز ابرها را تقسیم‌بندی می‌کنند. و برای این منظور کلمه نیمبو را بر سر نام ابر می‌آورند. مانند نیمبواستراتوس یعنی استراتوس باران‌زا.

۵ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۱ ـ چگونگی تغییرات بخار آب جو :

همان طور که گفته شد در سطح سیاره زمین هیچ مکان جغرافیایی وجود ندارد که کاملاً عاری از رطوبت بوده باشد، بلکه پدیده‌های مختلف سطح زمین در ایجاد رطوبت تاثیرگذار می‌باشند، به طوری که حتی در جو بیابان‌های به ظاهر خشک نیز همیشه مقداری رطوبت وجود دارد.

رطوبت موجود در جو در طول سال به همراه نوسانات اقلیمی و افزایش و کاهش دما و تغییرات فشار تفاوت می‌کند، به طوری که این میزان رطوبت نه تنها در طول فصول سال که در طول شبانه‌روز نیز متفاوت است، به طوری که حداکثر رطوبت در زمانی پدیدار می‌گردد که حداقل درجه حرارت وجود دارد مانند صبح‌های زود قبل از طلوع آفتاب و در فصل زمستان و حداقل رطوبت هوا در ساعات گرم بعد از ظهر و روزهای گرم سال مشاهده می‌گردد.

همان طور که قبلاً نیز اشاره شد ارتباطی غیرمستقیم نیز بین رطوبت جو با افزایش ارتفاع وجود دارد که این تفاوت از نظم زیادی برخوردار نمی‌باشد. ولی رویهم رفته می‌توان گفت با افزایش ارتفاع از میزان رطوبت کاسته می‌شود.

۵ـ۳ـ۱ـ باد:

جابه‌جایی و یا حرکت هوا باد گفته می‌شود. علت جابه جایی هوا اختلاف فشار می‌باشد. به عبارت دیگر اختلاف فشار هوا بین دو نقطه که آن هم به علت اختلاف دمای هوا می‌باشد، باعث جابه جایی هوا می‌گردد.

این فرآیند بدین صورت انجام می‌پذیرد: هوای سرد که سنگین‌تر است و دارای فشار بیشتری می‌باشد به سمت توده‌های هوای گرم حرکت می‌کند. بدین ترتیب می‌توان گفت در سطح سیاره‌ای، پیوسته حرکتی از سوی مراکز پرفشار به سمت مراکز کم‌فشار وجود دارد که نتیجه آن ایجاد باد است.

بادها ضمن آن که باعث جابه جایی توده‌های هوای سرد و گرم می‌شوند، جابه جایی، دما و رطوبت را به دنبال دارند و از طرف دیگر وزش باد باعث تعدیل درجه حرارت و درنتیجه ایجاد شرایط زیستی بهتری می‌گردد. وزش باد همچنین میزان تبخیر را افزایش داده و به این ترتیب باعث نفوذ یا تزریق رطوبت به درون هوا از منابع رطوبی می‌گردد.

در مطالعه فرآیند باد، با انواع بادها برخورد می‌کنیم. می‌توان آن‌ها را در دو دسته کلی تقسیم کرد که شامل بادهای عمومی یا سیاره‌ای و بادهای محلی می‌باشد.[۱] از طرف دیگر در مطالعه تاثیرات باد دو عامل موثر است یکی سرعت وزش باد و دیگری جهت وزش باد. این دو عامل را به طور مختصر توضیح می‌دهیم:

۱ـ۵ـ۳ـ۱ـ سرعت باد:

سرعت باد، توسط سیستمی تحت عنوان بادسنج تعیین می‌گردد. بادسنج را معمولاً در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین در پهنه‌ای باز قرار می‌دهند.[۲] نوعی از این سیستم‌ها که به بادسنج فنجانی مشهور می‌باشد شامل چهار نیمکره است که

---

۱ - برای اطلاع بیشتر به منابع شماره ۱۹ و شماره ۲۷ مراجعه فرمائید.

۲ - متأسفانه در اکثر ایستگاههای هواشناسی کشور، ایستگاه‌ها به علت رشد شهرها توسط ساختمان‌های مرتفع احاطه شده‌اند، که اطلاعات آن‌ها تحت تاثیر ساختمان‌های مذکور قرار می‌گیرند، برای نمونه اکثر شهرهای شمالی حاشیه کویر ازجمله سبزوار و شاهرود را می‌توان نام برد.

حول یک محور عمودی در اثر سرعت باد به چرخش درمی‌آید.

واحد اندازه‌گیری سرعت باد عبارتست از متر بر ثانیه و یا نات Knot که مقدار آن برابر ۰/۵ متر در ثانیه است. بادها را براساس میزان سرعت‌شان مورد مطالعه قرار می‌دهند و براساس جدول ۴ ـ ۱ طبقه‌بندی می‌کنند.

جدول شماره ۴ ـ ۱ : انواع باد برحسب سرعت

گروه	نوع باد	میزان سرعت باد
گروه یک	آرام	سرعت کمتر از یک نات
گروه دو	نسیم ملایم	سرعت بین یک تا سه نات
گروه سوم	باد ملایم	سرعت بین چهار تا شش نات
گروه چهارم	باد آهسته	سرعت بین هفت تا ده نات
گروه پنجم	باد متوسط	سرعت بین یازده تا شانزده نات
گروه ششم		سرعت بین هفده تا بیست ویک نات
گروه هفتم	باد تند	سرعت بین بیست و دو تا بیست و هشت نات
گروه هشتم	باد شدید	سرعت بیشتر از بیست و هشت نات
	شامل توفان مانند تندبادها و ...	

مآخذ : منبع شماره ۲۶

۲ ـ ۵ـ ۳ ـ ۱ ـ جهت باد

بدون درنظر گرفتن حرکت وضعی زمین، جهت باد در سطح زمین پیوسته بایستی از طرف مناطق پرفشار به سمت مراکز کم‌فشار و عمود بر خطوط هم‌فشار بوده باشد، اما حرکت وضعی زمین این قاعده را بهم زده است. باتوجه به این که حرکت وضعی زمین در نقاط استوایی زمین بیشتر از عرض‌های بالا و نزدیک به قطب است،[۱] بنابر قانون کوریولیس نیروی انحراف‌دهنده باد در اثر حرکت

۱ ـ سرعت حرکت وضعی زمین در استوا ۴۶۵ متر در ثانیه و در مدار ۷۰ درجه ۱۵۹ متر درثانیه است (منبع شماره ۲۷)

وضعی زمین مناسب با سرعت زاویه‌ای گردش زمین است (W) یعنی ۱۵ درجه در هر ساعت.

بر این اساس :

$V = ۲V\ W \sin \theta$

که در این رابطه V سرعت باد و θ عرض جغرافیایی می‌باشد.

براساس این قانون (کوریولیس) تمام اجسام در حال حرکت در نیمکره شمالی به سمت راست و در نیمکره جنوبی به سمت چپ منحرف می‌شوند که براین اساس می‌توان گفت :

الف : بادهایی مانند بادهای محلی که مسیری کوتاه دارند تحت تاثیر نیروی کوریولیس قرار نمی‌گیرند.

ب : بادهای مناطق استوایی و عرض‌های کم منحرف نمی‌شوند.

ج : بادهای کم سرعت تحت تاثیر نیروی کوریولیس قرار نگرفته و منحرف نمی‌شوند و در صورت تاثیرپذیری از نیروی مذکور بسیار کم منحرف می‌شوند.

د: عدم وجود عوارض و توپوگرافی یکنواخت بر روی اقیانوس‌ها باعث می‌گردد که جهت باد نسبت به خطوط هم‌فشار مایل بوده باشد و زاویه انحراف در حدود ۱۰ درجه ایجاد کند درحالی که وجود عوارض سطح قاره‌ها و خشکی‌ها بر جهت باد تاثیر گذاشته به طوری که جهت باد را نسبت به خطوط هم‌فشار تا حدود ۳۰ درجه منحرف می‌نماید.

۳ ـ ۵ ـ ۳ ـ ۱ ـ عوامل محلی تاثیرگذار بر جهت و سرعت باد

همان طور که بیان شد نیروی کوریولیس از مهمترین عوامل تاثیرگذار برجهت باد و از عوامل تغییردهنده جهت آن می‌باشد، اما این نیرو که در حقیقت نتیجه حرکت وضعی زمین می‌باشد نمی‌تواند بر روی بادهای محلی و بادهای با سرعت کم تاثیر بگذارد.

اما درعوض عواملی چون عوارض توپوگرافی ـ تغییرات درجه حرارت بین نواحی کوهستانی و دشت‌های مجاور ـ دریا و ساحل هم بر روی سرعت باد و هم بر

روی جهت بادهای محلی تأثیر می‌گذارند. و از همین جهت است که در نواحی مختلف زمین بادهای محلی متعددی وجود دارد مانند باد ۱۲۰ روزه سیستان ـ باد نیشابور برای سبزوار ـ باد شهریار برای تهران ـ باد اصفهان برای قزوین و ... و همچنین بادهای کوه به دشت و دریا به ساحل.

۶ـ۳ـ۱ـ تبخیر و تعرق Evapotrans Piration:

براثر تابش انرژی خورشید بر سطوح هیدرولوژیک و مرطوب پدیده تبخیر ایجاد می‌گردد، بنابراین، این فرآیند می‌تواند در سطوح مختلف مانند آب‌های آزاد ـ رطوبت خاک ـ سطح برگ گیاهان و ... برف[۱] صورت پذیرد. آن چه که از سطح برگ یا در اثر اعمال فیزیولوژیکی در گیاهان تبخیر می‌شود تحت عنوان transpination یا تعرق نامیده می‌شود.

۱ـ۶ـ۳ـ۱ـ تبخیر Evaporation:

تبخیر فرآیندی است کاملاً فیزیکی و انرژی حرارتی طی آن باعث تغییر حالت آب از مایع به بخار می‌گردد.

در مطالعات هیدرولوژی به خصوص در مناطق خشک فرآیند تبخیر از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا مطالعه و بررسی این فرآیند می‌تواند به میزان زیادی مانع از هدر رفتن آب در چنین مناطقی گردد.

در علم هیدرولوژی میزان شدت تبخیر از اهمیت زیادی برخوردار است و براساس تعریف، شدت تبخیر عبارتست از «سرعت انتقال بخار آب به هوا یا به عبارتی دیگر شدت تبخیر عبارتست از مقدار بخار آب اضافه شده به اتمسفر در واحد زمان»[۲]

در هیدرولوژی کاربردی شدت تبخیر عامل تعیین‌کننده‌ای در طراحی مخازن ذخیره‌ای مناطق خشک محسوب می‌گردد، برای مثال براساس این گونه مطالعات

---

۱ – تبخیر از سطح برف تصعید *Sublimation* نامیده می‌شود.

۲ – افشاری، عباس. هیدرولوژی مهندسی، مرکز نشر دانشگاهی، منبع شماره ۵

رقم تبخیر سالانه سد میناب در استان هرمزگان بالغ به ۴,۰۰۰,۰۰۰ مترمکعب می‌باشد که چنین رقمی از آب می‌تواند آب آشامیدنی یک شهر یکصدهزار نفری را تامین کند.(۱)

از مثال فوق نقش و اهمیت محاسبه شدت تبخیر در مطالعات هیدرولوژی مشخص می‌شود. عوامل متعددی بر فرآیند تبخیر تاثیر می‌گذارد که باعث کاهش یا شدت تبخیر می‌گردد که مهمترین آن‌ها عبارتند از :

الف ـ سرعت باد :

جریان هوا یکی از عوامل موثر در افزایش شدت و میزان تبخیر است زیرا که جابجایی هوا رطوبت ناشی از تبخیر را از سطح مرطوب حمل کرده و هوای خشک را جایگزین آن می‌کند و با ادامه این عمل بر میزان تبخیر افزوده می‌گردد، این فرآیند تا زمانی که تعادلی بین محیط مرطوب و هوای مجاور ایجاد نگردد، ادامه می‌یابد.

میزان انرژی حرارتی که همراه باد است می‌تواند بر میزان تبخیر تاثیر بگذارد، بادهای گرم میزان تبخیر را افزایش می‌دهند و برعکس بادهای سرد مانع از تبخیر یا باعث کاهش آن می‌گردند.

ب ـ عمق آب :

هر چقدر عمق آب بیشتر باشد از شدت و میزان تبخیر کاسته می‌شود.

ج ـ تابش خورشید :

میزان تابش خورشیدی و انرژی رسیده طی آن در میزان تبخیر تاثیر می‌گذارد و افزایش آن نیز میزان تبخیر را افزایش می‌دهد.

د ـ فشار هوا :

کاهش فشار هوا بر سطح مایعات باعث می‌گردد که ملکول‌های آب آسان‌تر از سطح مایع جدا شوند و بدین صورت بر میزان تبخیر افزوده می‌گردد.

در ارتفاعات که فشار هوا کمتر است می‌بایستی تبخیر شدیدتر بوده باشد ولی به علت کاهش درجه حرارت در ارتفاعات و همچنین وجود نم نسبی مناسب باعث می‌گردد که تبخیر به آن صورت که انتظار می‌رود شدید نباشد.

---

۱ - منبع شماره ۵

س ـ دمای محیط :

افزایش دمای محیط باعث افزایش میزان تبخیر می‌گردد و برعکس با کاهش دما از میزان تبخیر نیز کاسته می‌گردد.

ش ـ غلظت و شفافیت آب :

آب‌ها همیشه حاوی مقداری مواد محلول و غیرمحلول می‌باشند که بر میزان حلالیت و شفافیت آن تاثیر می‌گذارد، آب‌های شیرین معمولاً حاوی مواد محلول کمتری می‌باشند، بهرحال مواد مذکور در آب که به جذب انرژی بیشتری منجر می‌گردد میزان تبخیر را نیز افزایش می‌دهد.

در خاتمه باید گفت میزان تبخیر برحسب ارتفاع آن اندازه‌گیری می‌شود که در ایران از واحد میلیمتر و درکشورهای انگلوساکسون از واحد اینچ استفاده می‌شود.

۲ ـ ۶ ـ ۳ ـ ۱ ـ تعرق Transpiration :

این فرآیند همان طور که گفته شد نتیجه فعالیت فیزیولوژیکی گیاهان می‌باشد و از این طریق مقداری از آب را که گیاه از خاک جذب کرده است به اتمسفر برمی‌گرداند. تعرق نیز مانند تبخیر تحت تاثیر فرآیندهایی قرار گرفته افزایش و یا کاهش پیدا می‌کند. مهمترین این عوامل تقریباً همان عواملی هستند که در تبخیر موثر می‌باشند که به طور کلی عبارتند از: درجه حرارت ـ رطوبت هوا ـ سرعت باد ـ انرژی تابشی خورشید ـ آب موجود در زمین ـ رژیم بارندگی ـ ابرناکی هوا ـ نوع گیاه ـ درصد پوشش گیاهی و ...

به طور کلی تبخیر و تعرق را در موقع مطالعه باهم درنظر گرفته و محاسبه و اندازه‌گیری می‌شوند. حداکثر توان تبخیری اتمسفر را تبخیر و تعرق پتانسیل یا بالقوه potential evapotranspivation نامیده می‌شود و آن عبارت از حداکثر ارتفاع آبی که می‌تواند در یک منطقه ازطریق تبخیر و تعرق گیاهی به اتمسفر بازگردد که خود تابع شرایط آب و هوایی منطقه است.

از طرف دیگر مقدار آبی که مجموعاً از طریق تبخیر و تعرق گیاهی به اتمسفر برمی‌گردد تبخیر و تعرق واقعی Actualevapo Transpiration نامیده می‌شود.

۷ـ۳ـ۱ـ بارش Precipitation:

بارش از مهمترین عوامل موثر در هیدرولوژی می‌باشد که عبارتست از کلیه نزولات جوی که به صورت برف ـ باران و تگرگ به زمین می‌رسد.

بارش زمانی به وقوع می‌پیوندد که هوای مرطوب و عامل صعود هر دو در منطقه وجود داشته باشند و به عبارت دیگر، هوای مرطوب باید تا ارتفاع معینی صعود کند و سپس دمای آن کاهش یافته و سرد شده و به نقطهٔ اشباع برسد ابتداء ابر بارشی و سپس بارش ایجاد می‌گردد.

صعود هوای مرطوب به منظور ایجاد بارش به عوامل متعددی نسبت داده شده است و براساس عامل صعود بارش را به انواع مختلف تقسیم کرده‌اند که متداول‌ترین آن‌ها عبارتند از بارش جبهه‌ای یا سیکلونی ـ بارش همرفت ـ بارش کوهستانی.

میزان بارش در مناطق جغرافیایی جهان متفاوت است که میزان آن از حدود ۱۲ متر در خلیج بنگال و کوهپایه‌های هیمالیا تا حدود فقط چند میلیمتر در نقاط بیابانی جهان از جمله لوت متغیر است. امّا متوسط بارش سالیانه سیاره زمین حدود ۸۶۰ میلیمتر است[۱] که این میزان برای ایران حدود ۲۴۰ میلیمتر است که حداکثر آن در سواحل غربی گیلان حدود ۲۰۰۰ ـ ۱۸۰۰ میلمتر و حداقل آن به بیابان لوت و میرجاوه کمتر از ۵۰ میلیمتر مربوط می‌شود.

میزان بارندگی در نقاط مختلف جهان به عوامل متعددی بستگی دارد که قبلاً به آن‌ها اشاره کرده‌ایم.

۱ـ۷ـ۳ـ۱ـ چگونگی ایجاد بارش:

هسته‌های تراکم یا مواد جامد موجود در جو زمین مانند ذرات گرد و غبار و بلورهای نمک، باعث تمرکز و تراکم ذرات ریز آب می‌گردند، میزان تمایل جذب ذرات آب توسط این هسته‌های اولیه به قدری شدید است که قبل از رسیدن هوا به حدّ اشباع هسته‌ها ذرات ریز آب را به صورت قطرات ریز درآورده‌اند.

---

۱ – منبع شماره ۲۰

به طور کلی برای ایجاد بارش سه عامل بسیار مهم می‌باشند که عبارتند از :
الف : وجود رطوبت ب : وجود هسته‌های تراکم ج : خنک شدن هوای مرطوب
قطرات ریز آب به سادگی رشد و سقوط نمی‌کنند، بلکه بایستی عوامل دیگری نیز در ایجاد این فرآیند دخالت نمایند که عبارتند از:

الف ـ پدیده برژرون Bergeron process :

این پدیده اولین بار توسط برژرون هواشناس نروژی بیان گردید. انجام این پدیده مستلزم وجود ابری بسیار سرد است که درجه حرارت آن از صفر درجه سانتی‌گراد کمتر بوده باشد. در چنین حالتی ذرات کوچک آب و ذرات یخ به صورت توأم وجود دارد که هوا از نظر قطرات آب در حالت اشباع و از نظر ذرات یخ در حد فوق اشباع است. با توجه به انباشته شدن تدریجی بخار آب در اطراف ذرات یخ، کم‌کم قطرات کوچک آب شروع به تبخیر می‌کند و این عمل تا تبخیر تمامی ذرات آب ادامه می‌یابد و یا این که قطرات ذرات یخ به قدری رشد می‌کنند که در اثر وزن خود حالت سقوط پیدا کرده و از ابر خارج می‌شوند، این ذرات در اثر گرمای خارج ابر ذوب شده و به صورت قطرات باران به درون ابرهای طبقات پائین‌تر سقوط می‌کنند (این پدیده به خصوص در ابرهایی که درجه حرارت آن‌ها بین ۱۰ ـ تا ۳۰ ـ درجه سانتی‌گراد و میزان آب مایع آن کم است به خوبی اتفاق می‌افتد)[۱] و در صورت مساعد بودن شرایط به سطح زمین خواهند بارید.

ب ـ رشد قطرات در اثر برخورد :

ابرهایی با درجه حرارت بالاتر از صفر فاقد ذرات یخ می‌باشند و رشد قطرات آب در اثر برخورد ذرات ریز آب اتفاق می‌افتد. ذرات آنقدر رشد می‌کنند که تحت تاثیر وزن خودشان قرار گرفته و سقوط کنند. درحین سقوط با ذرات دیگر نیز برخورد کرده و قطرات باران نسبتاً درشتی را بوجود می‌آورند. باتوجه به این که در این فرآیند ذرات نمک نقش هسته تراکم را ایفا می‌کنند، بیشتر این نوع بارش‌ها بر

۱ - منبع شماره ۲۱

روی اقیانوس‌ها اتفاق می‌افتد. درصورتی که در طی این فرآیند درجه حرارت ابر کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد بوده باشد، ذرات یخ ایجاد شده و در اثر برخورد ذرات یخ برف بوجود می‌آید. این پدیده در درجه حرارت کمتر از صفر تا ۴ ـ ایجاد می‌شود، در این حالت هر چقدر درجه حرارت و درصد آب کاهش یابد اندازه دانه‌های برف کوچکتر خواهد بود.

ج ـ رشد قطرات در اثر تمرکز ذرات بر روی هم :

ابرهای دارای مخلوطی از ذرات آب و یخ به شیوه پدیده برژرون تبدیل به قطرات باران می‌شوند، با این تفاوت که برای برخورد بخار آب به ذرات یخ مقدار زیادی آب مایع باید وجود داشته باشد تا قطرات به اندازه کافی رشد کرده و سقوط نمایند. اما در طبقات پائین‌تر ممکن است درجه حرارت بالاتر بوده باشد و به حدّ اشباع نباشند که درنتیجه ممکن است به تبخیر کلی قطرات باران منجر شده و بارانی به سطح زمین نرسد.

۲ ـ ۷ ـ ۳ ـ ۱ ـ اشکال بارش :

باتوجه به شرایط اتمسفر بارش می‌تواند به اشکال مختلف ازجمله اشکال زیر وقوع یابد[۱] :

الف ـ باران :

زمانی به صورت باران خواهد بود که قطر قطرات حدود ۰/۵ میلیمتر باشد، اکثر قطرات باران قطری حدود ۶/۴ میلیمتر دارد و چنانچه از این حدّ تجاوز کند در اثر نیروی مقاومت ایجاد شده در هوا خرد شده و تبدیل به قطرات کوچکتر می‌گردد. در عرض‌های جغرافیایی کم و متوسط بیشتر بارش‌ها به صورت باران می‌باشد که از نظر وقوع سیلاب و مسائل هیدرولوژیکی اهمیت زیادی دارد.

امریکایی‌ها باران‌ها را باتوجه به شدت‌شان به سه دسته تقسیم می‌کنند که

۱ ـ مآخذ منبع شماره ۲۹

عبارتند از :

اول ـ بارانهای شدید Heavyrain :

این بارانها دارای شدت زیادی می‌باشد به طوری که میزان آنها بیش از ۷/۵ میلیمتر در ساعت می‌باشد. این نوع بارانها از نظر هیدرولوژیک و فرسایش خاک مسائلی را به دنبال دارند.

دوم ـ بارانهای متوسط Moderate rain :

شدت این بارانها کمتراز نوع قبلی است و بین ۲/۵ تا ۷/۵ میلیمتر در ساعت است.

سوم ـ باران ملایم Light rain :

میزان و شدت این بارانها کمتر از دو نوع قبلی بوده به طوری که حدود ۲/۵ میلیمتر در ساعت است.

درکشورهای اروپایی وکانادا و شمال ایالات متحده نوعی باران ایجاد می‌شود که به نم باران موصوف است. قطر آنها بین ۰/۱ تا ۰/۵ میلیمتر است که به آرامی به سطح زمین می‌بارد و شدت آن نیزکمتر از یک میلیمتر در ساعت است، این باران در مجاورت سطح سرد زمین، یخ زده و یک لایه نازک از یخ شفاف را به وجود می‌آورد.

ب ـ تگرگ Hail :

تگرگ درحقیقت تبخیر ذوب و انجماد مکرر ذرات آب و یخ در حین سقوط است. تگرگ‌ها دارای قطر نسبتاً زیادی می‌باشند، که تگرگ‌هایی با قطر بین ۵ تا ۱۲۵ میلیمتر نیز مشاهده شده است. افزایش قطر آنها بستگی دارد به تعداد دفعات ذوب و انجماد آنها در حین عبور از لایه‌های مختلف حرارتی ابرها. دوایر متحدالمرکزی که در مقطع یک تگرگ مشاهده می‌شود نشان‌دهنده تعدد تکرار فرآیندهای فوق است، تگرگ‌ها باتوجه به نحوه بارش‌شان می‌توانند مسائل هیدرولوژیکی متعددی را بوجود آورند.

ج ـ برف Snow :

انجماد بخار آب کریستال‌های هگزا گونالی را به وجود می‌آورد که پس از بهم پیوستن ذرات آن‌ها برف را بوجود می‌آورند. قسمت عمده بارش در مناطق کوهستانی مرتفع و سرزمین‌های سرد عرض‌های جغرافیایی بالا به صورت برف می‌باشد. ریزش برف در ماه‌های سرد سال و ذوب آن در ماه‌های گرم نقش عمده‌ای در تأمین آب مناطق مجاور کوهستان‌ها دارد.

۳ ـ ۷ ـ ۳ ـ ۱ ـ انواع بارش :

توده‌های هوا به ویژه توده‌های قطبی ـ قطبی دریایی و حاره‌ای تحت تأثیر مراکز فشار جابه جا شده و در صورتی که حامل رطوبت کافی بوده باشند موجب ریزش بارش می‌گردند. باتوجه به این که عامل صعود توده‌های هوای مرطوب از اصول اولیه ایجاد بارش است نحوه صعود توده‌های هوای مرطوب انواع بارش‌های سه گانه زیر را موجب می‌گردند[۱] :

الف ـ بارش‌های سیکلونی یا جبهه‌ای Frontal cyclonic :

این نوع بارش به علت جابه جایی توده‌های هوا به سمت نقاط کم فشار و برخورد دو توده هوا با درجه حرارت متفاوت اتفاق می‌افتد و بارندگی که در مرز یا جبهه دو توده هوا ایجاد می‌شود بارندگی جبهه‌ای نامیده می‌شود، در وقوع این نوع بارش‌ها عامل مهم همراهی باد با این فرآیند است.

چنانچه توده هوای مرطوب گرم بوده باشد و با فشار زیاد با هوای سرد برخورد نماید و بر روی آن با شیبی که معمولاً بین $\frac{۱}{۱۰۰}$ تا $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ است حرکت کند، منطقه‌ای که تحت تاثیر این بارش قرار می‌گیرد گسترده و چند صد کیلومتر مربع وسعت خواهد داشت و زمان بارش نیز طولانی در حد چند روز خواهد بود ولی شدت آن زیاد نمی‌باشد، این نوع بارندگی در حوضه‌های آب‌خیز بزرگ ایجاد سیل می‌کند. به این نوع بارندگی، بارندگی جبهه گرم یا Warm Front گفته می‌شود.

---

۱ ـ منبع شماره ۲۱

چنانچه توده هوای سرد جابه جایی توده هوای گرم و مرطوبی را باعث شود، بارش در منطقه‌ای محدود به صورت محلی و کوتاه مدت و شدید اتفاق خواهد افتاد، در این حالت شیب سطح جبهه زیاد است و هوای مرطوب با سرعت بیشتری بالا رفته و علیرغم زمان بارندگی کوتاه شدت آن زیاد است این نوع بارش را بارش جبهه‌ای سرد یا Cold Front می‌گویند.

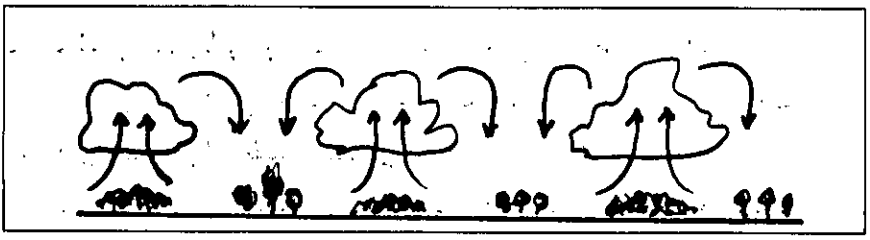
درحالی که هوای گرم و مرطوب با هوای در حال حرکتی برخورد نماید و درجهت مقابل آن صعود کند، پس از مدتی سرد شده و ایجاد بارش می‌کند، این نوع بارش را بارش غیرجبهه‌ای یا Non Frountoul می‌گویند.

ب ـ بارش‌های جابه جایی Convective :

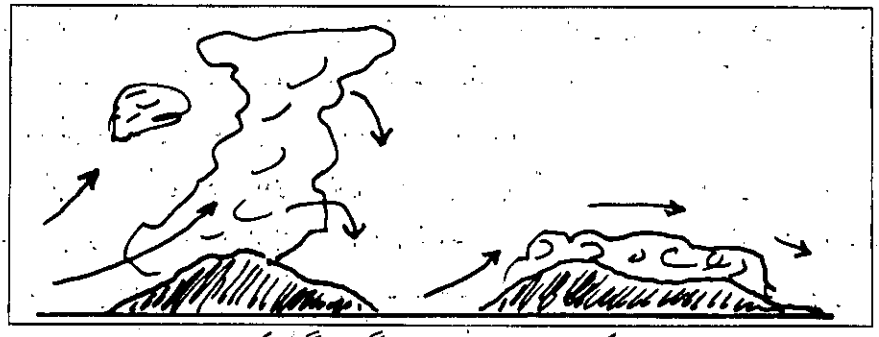
چنانچه هوای گرم به صورت عمودی به سمت ارتفاعات بالای اتمسفر صعود کند، ابرهای کومولوس را ایجاد می‌کند، که رگبارهای شدیدی را در مدت کم به خصوص در مناطق نیمه خشک و حاره به وجود می‌آورد. این نوع بارش با رعد و برق همراه است و موجب ایجاد سیلاب‌های کوتاه مدت ولی شدید در اواخر بهار و تابستان می‌گردد.

ج ـ بارش کوهستانی Orographic :

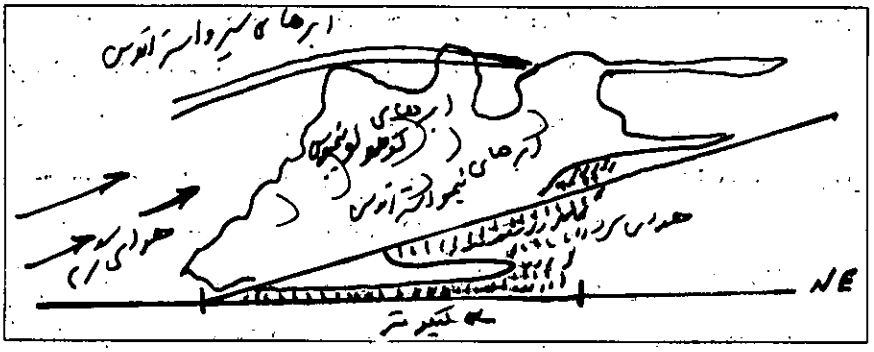
توده‌های هوای مرطوب با توده ابری که در مسیر خودش بر روی یک دامنه کوهستان صعود کند، در اثر صعود متراکم شده و این فرآیند به ایجاد حد اشباع منجر می‌گردد و بارندگی ایجاد می‌کند، این بارش را بارش اورگرافیک یا کوهستانی می‌گویند در صفحه بعد اشکال شماتیک و نحوه انواع بارش‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱ـ ۱ ـ جریان کنوکسیون حرارتی و ایجاد بارندگی



شکل ۲ ـ ۱ ـ صعود و بارندگی اورگرافیک



شکل ۳ ـ ۱ ـ یک جبهه گرم

شکل ۴ ـ ۱ ـ یک جبهه سرد

ـ اشکال مختلف بارش مأخذ : منبع شماره ۲۱

۴ ـ ۱ ـ نقش شرایط زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی بر هیدرولوژی

شرایط زمین‌شناسی و فرم حوضه‌های آبخیز و اراضی مورد مطالعه در بررسی‌های هیدرولوژی نقش عمده‌ای دارند.

شرایط زمین‌شناسی چه در مطالعات آب‌های سطحی و چه در مطالعات مربوط به آب‌های زیرزمینی به خصوص زمانی که راجع به نفوذپذیری زمین و میزان آبی که بدین علت از دسترس خارج می‌شود و تغذیه سفره‌های زیرزمینی ـ طرق و نحوه بهره‌برداری از این آب‌ها صحبت می‌کنیم از یک طرف، و از طرف دیگر به خصوص در مناطق شهری و زمانی که شهرها فاقد سیستم دفع فاضلاب شهری هستند و فاضلاب‌ها از طریق چاه‌های جذبی دفع می‌شوند که آن هم در محدوده مطالعات هیدرولوژی و ژئوهیدرولوژی قرار می‌گیرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (به‌طور کلی باید گفت در مطالعات آب براحتی نمی‌توان حدّ مطالعات هیدرولوژی یا آب‌های سطحی را از مطالعات ژئوهیدرولوژی یا آب‌های زیرزمینی جدا نمود بلکه در هر کدام از مطالعات مذکور به میزان زیادی اطلاعات و مطالب مشترک وجود دارد که بر هم تاثیر می‌گذارند. از این نظر است که در این کتاب نیز ناچاراً در برخی موارد حدّ جدایشی برای این دو نمی‌توان مشخص نمود.)

هم‌چنین مطالعات آب‌های سطحی همچون جریانات رودخانه‌ها، وقوع سیلاب‌ها و دیگر منابع آب ارتباط زیادی به ساختمان زمین ـ ویژگی جنس مواد تشکیل‌دهنده زمین شکل زمین، و حوضه آبخیز دارد. بنابراین می‌توان گفت مواد مذکور هم بر منابع آب سطحی و هم بر منابع آب زیرزمینی تاثیر می‌گذارد و در این بحث همان طور که قبلاً گفته شد بدون آن که بخواهیم به طور کامل وارد بحث‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی شویم به نقش عوامل زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی بر روی منابع آب به طور خلاصه اشاره کرده و افراد علاقمند جهت کسب اطلاعات بیشتر می‌توانند به مطالعه کُتب مربوطه که در این زمینه وجود دارد مراجعه نمایند.

۱ ـ ۴ ـ ۱ ـ ساختمان زمین‌شناسی :

ساختمان‌های متنوع زمین اعم از رسوبی ـ آذرین و یا دگرگونی نقش عمده‌ای در

شکل‌گیری شبکه‌های هیدروگرافی و ایجاد منابع آب سطحی و زیرزمینی به عهده دارند.

ساختمان‌های رسوبی که ویژگی اصلی آن‌ها ساختار لایه‌لایه‌ای آن‌ها می‌باشد و ممکن است از طبقات مختلف زمین‌شناسی با جنس‌های متفاوت از هم تشکیل شده باشند از مقاومت یکسانی درمقابل فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی برخوردار نمی‌باشند. بلکه نحوه مقاومت هر لایه نسبت به لایه دیگر تاثیرات عمده‌ای بر نحوه شکل‌گیری شبکه‌های آب، نفوذ آب در زمین و جریان آب چه بر روی سطح زمین و چه در میان لایه‌های زمین خواهند گذاشت.

ساختمان‌های توده‌ای آذرین که به ظاهر نفوذناپذیر بنظر می‌آیند خود از ویژگی‌های متنوعی برخوردارند، تشکیلات آذرین شکسته به نوعی متفاوت از تشکیلات سالم بر شبکه جریانات تاثیر می‌گذارد، به طوری که اشکال حوضه‌های آبگیری که در سنگ‌های مذکور به وجود می‌آید متفاوت از انواع دیگر سنگ‌های آذرین است، از طرف دیگر با این که ساختمان‌های آذرین نفوذناپذیر به نظر می‌آیند، ولی وجود شکستگی‌ها و درز و شکاف‌ها و دیاکلازهای متعدد می‌تواند موجبات نفوذپذیری سنگ‌های آذرین را فراهم آورد.

این‌گونه سنگ‌ها که تحت تاثیر عوامل تکتونیکی همچون زمین‌لرزه و گسلش قرار گرفته‌اند و ویژگی نفوذناپذیر خود را از دست داده‌اند، ضمن آن که اشکال متنوعی را بر روی زمین بوجود می‌آورند بر روی آب‌های زیرزمینی نیز تاثیر می‌گذارند و می‌توانند باعث ایجاد چشمه‌ها و فوران‌های آب و یا خشک شدن چشمه‌ها و قنوات گردند، در اراضی تکتونیزه اعم از رسوبی و یا آذرین به خصوص بعد از وقوع زمین‌لرزه موارد فوق مشاهده می‌گردد.

باتوجه به مطالب فوق و نتیجه‌ای که در طرح‌های مطالعاتی هیدرولوژیکی بدست آمده است، می‌توان گفت مهمترین تاثیر ویژگی زمین ساخت بر ایجاد شبکه‌های هیدروگرافی و شکل آن‌ها می‌باشد.

به طور کلی رودخانه‌ها از اشکال عمده شبکه‌های هیدروگرافی می‌باشند که معمولاً شکل رودخانه و شبکه هیدروگرافی مربوط به آن تحت تأثیر ساختمان زمین

۴۱۰۰۱
کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد
دانشگاه پیام نور - آموزش از راه دور

قرار می‌گیرد. رودخانه‌هایی که خود را با شیب عمومی زمین تطبیق می‌دهند تحت عنوان کونسکانت Consequent نامیده می‌شوند. (انطباق)، در این حالت رودخانه موجب برونزد سنگ‌های نرم عمود بر جهت شیب می‌شوند.

در شرایطی که رودخانه نتواند خود را با وضعیت ساختمان زمین تطبیق دهد این حالت را اپی‌ژنیک Epigenique گویند.

در شرایطی که یک رودخانه اپی‌ژنیک با حفظ مسیر قدیمی خود با لایه زیرین فسیل نشده‌ای که به طور موقت در زیرزمین مانده است منطبق گردد. این حالت را سورا میوژه Surimposce می‌نامند.(۱)

زمانی که در مسیر یک رودخانه فعالیت کوهزایی به وقوع پیوندد و زمین بالا آید، روخانه ممکن است به جای آن که مسیر خود را عوض کند، به جریان خود در مسیر قبلی ادامه دهد که در این صورت رودخانه را پیشینه رود یا آنتی سدانس می‌گویند.

البته برای آن که رودخانه بتواند به مسیر خود ادامه دهد، بایستی دارای شرایطی باشد از جمله این که؛ شدت جریان باید به قدری باشد که بر میزان بالا آمدن زمین فایق آید، یعنی به هر میزان که زمین بالا می‌آید رودخانه آنرا تخریب کند. ممکن است سرعت بالا آمدن زمین بسیار کم بوده باشد و در این صورت هم چنین رودخانه بر بالا آمدن زمین فائق آمده باعث می‌گردد به جریان خود در مسیر قبلی ادامه دهد. بسیاری از رودخانه‌هایی که در ایران مرکزی و رشته کوه‌های مکران وجود دارند از این گونه‌اند.(۲)

باتوجه به مطالب فوق می‌توان گفت هر پدیده ساختمانی قادر است بر شکل شبکه هیدرولوژی تاثیر بگذارد، برای مثال در مناطق گسلی شبکه آب‌ها بیشتر به صورت مستطیلی و یا قائم‌الزاویه می‌باشد و یا در تشکیلات آذرین گنبدی شکل شبکه هیدروگرافی به شکل شعاعی خودنمایی می‌کند. نواحی که به صورت دشت‌های بسته درآمده‌اند شبکه هیدروگرافی همگرا دارند و اراضی آبرفتی که

---

۱ - لورژان، هیدرولوژی آب‌های سطحی، ترجمه مجید زاهدی، انتشارات نیا تبریز (منبع ۲۳) چاپ اول، ۱۳۷۰

۲ - اصغری مقدم، محمدرضا. جزوه درسی ژئومورفولوژی ساختمان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، سال ۱۳۷۶

شیب شبکه‌های هیدروگرافی گسترده‌ای را بوجود می‌آورد. اشکال ۵ـ۱ تا ۱۰ـ۱.

تاثیر ساختمان زمین را بر روی شبکه‌های هیدروگرافی نشان می‌دهد. از طرف دیگر تغییرات سطح اساسی در حوضه‌های آبریز می‌تواند به ایجاد پدیده‌هایی همچون اسارت و انحراف منجر گردد.

در تهیه پروفیل رودخانه که از اصول هیدرولوژی می‌باشد تاثیرات ساختمان زمین‌شناسی به صورت شیب‌های قابل توجه، دره‌های تنگ و یا بسترهای گسترده و شیب ملایم ـ اراضی پست و غرقابی وسیع یا محدود جلوه‌گر می‌شود.

۲ـ۴ـ۱ ـ جنس ساختمان زمین‌شناسی :

بررسی جنسی ساختمان زمین‌شناسی که همواره با شناسایی لیتولوژیکی و ویژگی‌های سنگ‌های تشکیل دهنده انجام می‌پذیرد، از جنبه‌های مختلف بر شبکه آب‌ها تاثیر می‌گذارند که ازجمله تاثیرات مذکور عبارتند از :

۱ـ۲ـ۴ـ۱ ـ تاثیر جنس سنگ‌ها بر مورفولوژی شبکه آب‌ها :

همچنان که تشکیلات زمین‌شناسی و ساختمان آن بر شبکه‌های هیدروگرافی تاثیر می‌گذارند. جنس سنگ‌ها نیز که شامل نوع مواد و ترکیب آن‌ها و چگونگی قرارگیری آن‌ها می‌باشد به طور مستقیم و غیرمستقیم بر شکل شبکه جریان آب تاثیر می‌گذارد، مسلماً سنگ‌هایی از نوع رسوبی متشکل از رسی ـ مارن و ژیپس درمقابل بارش و جریان آب با سنگ‌هایی از مارن نوع (رسوبی) ولی متشکل از آهک‌های توده‌ای (کارست‌ها) و دولومیت مقاومت یکسانی ندارند، از طرف دیگر سنگ‌های آذرین از جنس گرانیت با کانی‌های درشت و متفاوت با سنگ‌هایی از نوع بازالت و یا آندزیت با کانی‌هایی کم و بیش مشابه و بافتی کاملاً متراکم شده توسط کانی‌های بسیار ریز درمقابل آب و دیگر عوامل اقلیمی از مقاومت یکسانی برخوردار نمی‌باشند، بنابراین شکل شبکه‌های هیدروگرافی ایجاد شده، در اراضی با نوع سنگ‌ها و جنس سنگ‌ها کاملاً در ارتباط است، برای مثال در غرب مازندران جلگه مازندران نه تنها وسیع نیست بلکه به حداقل وسعت خویش رسیده و کاملاً

باریک گردیده است، اگر به نقشه‌های تهیه شده از شبکه‌های هیدروگرافی منطقه مراجعه کنیم، مشاهده می‌گردد که در این منطقه پروفیل رودخانه‌ها، آن‌ها را پرشیب نشان می‌دهد و شکل دره‌ها عموماً V شکل است. بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی ناحیه برای توجیه این اشکال ما را از وجود تشکیلات زمین‌شناسی از نوع آذرین‌ها روبرو می‌سازد، در حالی که در شرق مازندران (به خصوص محدوده استان گلستان) جلگه از وسعت زیادی برخوردار شده است و رودخانه‌ای مانند گرگان رود کیلومترها در بستر جلگه‌ای جریان می‌یابد. نقشه‌های زمین‌شناسی با ارائه تشکیلات رسوبی با سنگ‌هایی بیشتر مربوط به میوسن و نئوژن که از تراکم و مقاومت کمی برخوردار می‌باشند توجیه کننده علت وسعت این قسمت می‌باشد. زیرا که سنگ‌های مذکور درمقابل عوامل مختلف فرسایش مقاومت کمتری نشان داده‌اند و تحت تخریب قرار گرفته و سپس توسط جریان‌های آب به قسمت‌های پائین دست حمل شده و رفته رفته بر وسعت جلگه افزوده‌اند به‌طوری که می‌توان گفت دشت‌های گرگان و گنبد نتیجه مقاومت کمتر سنگ‌های تشکیل‌دهنده تشکیلات نواحی مجاور بوده که تحت تاثیر نیروی فرسایش و حمل توسط شبکه جریان‌های آب حمل گردیده‌اند.

در چنین حالتی مشاهده می‌گردد که شبکه هیدروگرافی چه در جلگه و چه در نواحی کوهستانی تفاوت زیادی با منطقه غربی دارند، پروفیل رودخانه‌ها در قسمت کوهستانی آن شیب‌های شدید را نشان نمی‌دهند و رودخانه در ناحیه جلگه به‌خصوص در نزدیکی مصب به ایجاد دلتا و اشکالی نظیر آن پرداخته و در مسیر خود تا مصب درون جلگه به ایجاد انواع مآندرها پرداخته است، اشکال اخیر در قسمت غربی به علت عدم وجود جلگه متناسب مشاهده نمی‌گردد.

بنابراین باید گفت توسعه جلگه در شرق و عدم وجود جلگه در غرب و وجود اشکال درون جلگه در شرق بیشتر بستگی به جنس سنگ‌ها و نحوه مقاومت آن‌ها در برابر عوامل فرسایش دارد. اشکال ۵ ـ ۱ و ۶ ـ ۱ و ۱۰ ـ ۱ نشان‌دهنده تأثیر جنس تشکیلات زمین‌شناسی بر شکل شبکه هیدروگرافی می‌باشد.

۲ ـ ۲ ـ ۴ ـ ۱ ـ تاثیر جنس زمین‌شناسی بر سفره‌های آب زیرزمینی :

اراضی تشکیل شده از سنگ‌های کم‌مقاومت و ناپیوسته غیرمتراکم می‌توانند به میزان زیادی به نفوذ آب در زمین و تقویت و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی تاثیر گذارند. به طور کلی به غیر از اراضی شکسته، اراضی که نتیجه رسوبگذاری مواد تخریبی حمل شده از ارتفاعات می‌باشند، نقش عمده‌ای در تغذیه سفره‌های زیرزمینی و ایجاد آبخوان‌ها دارند. زیرا رسوبات تخریبی به خصوص رسوبات و تشکیلات کواترنری و اواخر ترشیاری همچون هزاردره و کهریزک و یا معادل آن‌ها در هر کجا که باشند، به علت عدم گذراندن مراحل دیاژنز (سنگ شدگی) از استحکام مناسبی برخوردار نمی‌باشند، بنابراین چنانچه میزان رسوبات دانه‌ریز مانند رس ـ مارن کم بوده باشد، از نفوذپذیری مناسبی برخوردار بوده، به خصوص زمانی که اکثر مواد تشکیل‌دهنده آن‌ها ماسه و یا ذرات درشتر باشد.

چنین اراضی که دارای نفوذپذیری خوبی هستند نقش ارزنده‌ای در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی دارند. این نوع اراضی در ایران بیشتر به صورت مخروط‌افکنه‌ها سر دشت‌ها ـ دشت‌های میانکوهی و پایکوهی دیده می‌شوند که مهمترین منابع آب زیرزمینی را بوجود آورده‌اند، و از همین رو است که اکثر شهرهای قدیمی ایران به خصوص در جنوب رشته کوههای البرز بر روی این‌گونه اراضی استقرار یافته‌اند. زیرا که با امکانات گذشته دسترسی به آب‌های این اراضی آسان‌تر بوده و از طرف دیگر در فصول بارندگی منابع آب‌های زیرزمینی این اراضی به علت نزدیکی به کوهستان و دریافت بارش بیشتر، بهتر تغذیه می‌شده است.

از طرف دیگر تشکیلات آهکی توده‌ای (کارست‌ها) به علت ویژگی که دارند از یک طرف مانع از پیدایش و گسترش شبکه هیدروگرافی بر روی خود می‌گردند و از طرف دیگر باعث به وجود آمدن منابع و جریانات زیرزمینی در درون خودشان می‌شوند که تحت عنوان منابع آب کارست از ویژگی زیادی برخوردار می‌باشند.

مطالعه و شناسایی منابع کارستی در حوالی شهرها می‌تواند امید زیادی به تامین آب شهرها برای مدت طولانی را جهت برنامه‌ریزان مسئولان شهری ایجاد نماید.

۳ ـ ۲ ـ ۴ ـ ۱ ـ تاثیر جنس زمین‌شناسی بر کیفیت آب‌ها :

تماس متوالی آب با سنگ بستر باعث فرسایش سنگ‌ها و حل شدن کانی‌هایی که قابلیت انحلال را دارند می‌گردد.

آب‌ها چه راکد و چه جاری و چه سطحی و چه زیرزمینی ضمن تماس با سنگ بستر موفق می‌شوند مقداری از املاح محلول را در خود حل نمایند، و به این ترتیب هرچه میزان تماس آب با سنگ بستر بیشتر باشد، و هرچقدر که املاح قابل حل در سنگ بیشتر باشد، به میزان بیشتری از کیفیت آب کاسته می‌گردد. بدین ترتیب باید گفت املاح موجود در سنگ بستر و مدت زمان تماس آب با سنگ بستر بر کیفیت آب تاثیر می‌گذارند که معمولاً این تاثیر بیشتر جنبه منفی دارد.

از جمله سنگ‌های بستری که می‌توانند کیفیت آب‌ها را کاهش دهند سنگ‌های رسوبی و به خصوص از نوع تبخیری شیمیایی می‌باشد، که در ایران بیشتر تشکیلات نئوژن است که دارای این ویژگی می‌باشند و به همین علت است که در نواحی که سنگ بستر منابع آب را این سازندها تشکیل داده‌اند، کیفیت آب‌ها اعم از سطحی و زیرزمینی بسیار نامناسب است و بیشترین املاحی که در این گونه تشکیلات وجود دارد انواع سولفات‌های کلیسم مانند گچ $CaSO_4$ و ژیپس $CaSO_4 2H_2O$ ، و انواع کلرورها ازجمله نمک طعام NaCl می‌باشد.

تشکیلاتی که دارای ترکیبات کلروره و به خصوص نمک طعام هستند، بر آب تأثیر گذاشته و آن را شور می‌کنند. این تشکیلات همان طور که گفته شد، معمولاً شامل رسوبات تبخیری دوره نئوژن و به خصوص میوسن می‌باشند ولی پدیده دیگری بنام گنبدهای نمکی یا دیاپیرها نیز از عوامل شورکننده آب‌ها اعم از سطحی و زیرزمینی هستند. زیرا گنبدهای نمکی اعم از این که جوان باشند (مربوط به نئوژن) که تشکیلات رسوبی جدید را با خود بالا آورده‌اند، و یا این که قدیمی باشند، (پرکامبرین و کامبرین) به علت این که هسته آن‌ها را توده نمکی تشکیل می‌دهد، باعث شور شدن آب‌ها می‌گردند. از نوع گنبدهای نمکی جوان می‌توان به گنبد نمکی گرمسار (شمالغرب و شمال گرمسار) اشاره کرد؛ که رودخانه حبله‌رود در تمام طول مسیر قبل از تماس با تشکیلاتی که این گنبد نمکی بالا آورده در

سیمین‌دشت و زرین‌دشت، آبی کاملاً مناسب و قابل استفاده دارد ولی با عبور از تشکیلات مذکور، تغییر کیفیت داده، به طوری که پس از عبور از آن‌ها و رسیدن به دشت گرمسار به علت میزان زیادی نمک که به همراه دارد، غیرقابل استفاده می‌باشد (به جز در مواقع طغیانی).

از گنبدهای نمکی قدیمی نیز می‌توان به گنبد نمکی سیاهو در شمال بندرعباس اشاره نمود. این گنبد نمکی نیز تاثیر مهمی بر شبکه‌های آب‌های جاری مجاور خود گذاشته، و تمام آب‌ها علیرغم آن که قبل از رسیدن به حدود گنبد نمکی مذکور دارای کیفیت مناسب می‌باشد، پس از گذشتن از مجاورت آن به کلی شور و غیرقابل استفاده می‌گردد. به طور کلی رسوباتی شامل کلرورسدیم باعث گردیده که در بسیاری از نقاط کشور که منابع آب با این گونه تشکیلات در تماس هستند، کیفیت خود را ازدست بدهند.

(از طرف دیگر در اکثر نقاط کشور تشکیلات واجد کلرورسدیم دارای میزان قابل توجهی نیز سولفات کلسیم، (گچ) می‌باشد. بنابراین در اکثر نقاط آب‌های شور به میزان زیادی دارای گچ یا سولفات کلسیم نیز می‌باشند. املاحی همچون سولفات کلسیم، باعث می‌شود که سختی آب افزایش یافته. بنابراین این گونه آب‌ها علاوه‌بر آن که برای شرب فاقد کیفیت مناسب می‌باشند، برای استفاده‌های دیگر ازجمله در صنایع و پخت غذا و شستن لباس و ظروف نیز مناسب نیستند. در این گونه آب‌ها، صابون و شوینده‌ها کمتر کف می‌کنند و لباس‌ها کاملاً تمیز نمی‌شوند. تجربیات و مشاهدات نگارنده در زاهدان بر روی پخت نان نشان داد که نانی که با آب‌های مذکور (آب لوله‌کشی شهر زاهدان) پخت می‌گردد، از کیفیت و رنگ مناسبی برخوردار نمی‌باشد.

از طرف دیگر وجود رگه‌های معدنی، تشکیلات آتشفشانی و ... نیز باعث می‌گردد که انواع چشمه‌های آب معدنی در نواحی مختلف با کیفیت‌های متفاوت ایجاد گردد. این گونه منابع آب غیر از آن که در برخی موارد قسمت مهمی از آب اراضی کشاورزی نواحی جغرافیایی تامین می‌کنند، به علت خواص بهداشتی و درمانی که دارند، می‌توانند به صورت مراکزی جهت جذب توریسم مطرح

گردَند؛ که تاثیر اقتصادی و اجتماعی مهمی بر روی جوامع مجاور خود خواهند گذاشت. مانند چشمه‌های معدنی اردبیل ـ رامسر و ...[۱]

۴ ـ ۲ ـ ۴ ـ ۱ ـ تاثیر جنس زمین‌شناسی بر میزان بارآب :

بارآب شامل مواد جامد شناور در آب می‌باشد. بارآب گرچه به اندازه مواد محلول در آب بر کیفیت آب تاثیر می‌گذارد، ولی از همه بیشتر بر شفافیت آب موثر است. درحالی که مواد محلول مزه و طعم آب و همچنین بر میزان هدایت الکتریکی آب نیز تاثیر می‌گذاشتند. بنابراین موادی که قابلیت انحلال در آب را ندارند و از نظر اندازه و وزن به حدی نیستند که فوراً در آب ته‌نشین شوند، به صورت شناور و معلق در آب قرار می‌گیرند و باعث کدر شدن آب می‌گردند. این مواد ارتباط مستقیمی با جنس سنگ‌های بستر دارند. بنابراین وجود قابل توجه این مواد تاثیر جنس تشکیلات زمین‌شناسی را در آب نشان می‌دهد.

تشکیلات متراکمی مانند آندزیت‌ها ـ بازالت‌ها ـ توف‌هایی نظیر توف‌های سبز البرز که از تراکم زیادی برخوردارند، املاح کمتری وارد آب می‌کنند. خواه این آب سطحی باشد یا زیرزمینی. خرد شدهٔ این گونه سنگ‌ها بیشتر به صورت شن و ماسه، ریگ و قلوه سنگ و ... در آب وجود دارند؛ که به علت وزن زیادی که دارند آب‌های زیرزمینی قادر به حمل آنها نیستند، بلکه از میان آن‌ها عبور می‌کنند و اگر ذراتی نیز بهمراه آب بوده باشد توسط این مواد گرفته می‌شود و در مورد آب‌های سطحی هم این گونه ذرات خیلی زود از آب جدا شده و ته‌نشین می‌گردند.

اما چنانچه تشکیلات رسوبی بوده و شامل رسی و مارن و ... باشند ذراتی مانند رس قابلیت انحلال ندارند. لذا به صورت ذرات بسیار ریز پولکی شکلی در آب معلق می‌باشند؛ که اگر میزان این ذرات زیاد بوده باشد، باعث کدر و یا گل‌آلود شدن آب می‌گردد؛ که در این صورت آب فاقد زلالیت و شفافیت لازم می‌باشد.

از طرف دیگر تشکیلات سست و غیرمتراکم که درمقابل جریان آب فاقد

---

۱ ـ باتوجه به اهمیت و نقش این گونه آب‌ها در آخر این کتاب فصلی به آب‌های معدنی اختصاص داده شده است.

مقاومت می‌باشند، به صورت‌های مختلف توسط آب حمل می‌شوند (جهش ـ غلطیدن ـ شناور بودن و ...) و جایی که شیب رودخانه کاسته شده و سرعت رودخانه کاهش می‌یابد و دیگر انرژی لازم را جهت حمل مواد ندارد، مواد را به صورت نهشته‌هایی به جا می‌گذارد؛ که اشکال مختلف ژئومورفولوژیکی را پدید می‌آورند که از جنبه‌های مختلف مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۳ـ۴ـ۱ ـ ژئومورفولوژی و تاثیر آن بر هیدرولوژی :

شبکه‌های آب سطحی و زیرزمینی ارتباطی مستقیم و غیرمستقیم با ژئومورفولوژی دارند. بررسی فیزیکی حوضه‌ها که به مطالعات مختلف در مورد یک حوضه هیدرولوژیکی می‌پردازد، به اندازه زیادی به نقش اشکال زمین در ایجاد شبکه آب و یا شبکه هیدرولوژی می‌پردازد. اشکال و پدیده‌های ژئومورفولوژی تاثیرات عمده‌ای را بر یک حوضه هیدروگرافی دارند. برای مثال شیب اراضی، که هم در ایجاد سفره‌های زیرزمینی و هم‌شکل شبکه آب‌های سطحی نقش مهمی دارند از مهمترین پدیده‌های ژئومورفولوژیکی می‌باشد.

دسترسی به میزان شیب با مطالعه و بررسی ارتباط خطوط منحنی میزان (خطوط تراز) با یکدیگر بدست می‌آید.

شیب اراضی، تعیین‌کننده نحوه و میزان جریان و سرعت حرکت آب می‌باشد. به این ترتیب که در اراضی با شیب شدید، تحت تاثیر نیروی ثقل آب دارای سرعت زیادی می‌شود؛ که از یک طرف زمان تماس آب با بستر کاهش می‌یابد، و درنتیجه املاح کمتری در آب حل می‌شوند، و از طرف دیگر به علت جریان شدید، قدرت تخریب آب افزایش می‌یابد. بنابراین آب دارای مقدار زیادی مواد جامد (بار) است؛ که بر کیفیت فیزیکی آب تاثیر می‌گذارد (رودهای نواحی نیمه‌خشک و خشک که در مواقع عادی اغلب آبی زلال و شفاف ولی معمولاً شور دارند درمواقع طغیانی دارای آبی گل‌آلود ولی نه چندان شور و قابل استفاده دارند).[۱]

---

۱ – اغلب رودخانه‌های شرق ایران به خصوص در خراسان که به کال مشهورند و از جمله کال شور سبزوار در فصل طغیانی آبی گل‌آلود و مملو از مواد جامد است ولی شوری آن کم است اما در فصل غیرطغیانی آب کاملاً زلال ولی بسیار شور است. (منبع شماره ۴)

وقتی که شیب بستر کاهش می‌یابد، از سرعت آب کاسته می‌گردد. و به همین علت نه تنها آب قدرت تخریب خود را ازدست می‌دهد، بلکه ناچار می‌شود مواد جامد خود را به ترتیب وزن و اندازه در طول بستر به جابگذارد. در این حالت آب فرصت دارد که تماس بیشتری با سنگ بستر داشته باشد. در این حالت اگر سنگ بستر واجد کانی‌ها و املاح قابل حل شدن در آب باشد، براحتی و به میزان زیادی از آن وارد آب شده و در آن حل می‌گردد. (البته در این جا تاثیر دما ـ تبخیر ـ وزش باد و ... نیز موثر می‌باشد) و سبب کاهش کیفیت آب می‌گردد.

این پدیده، همان پدیده‌ای است که معمولاً باعث می‌شود اکثر زودخانه‌های نواحی خشک و نیمه خشک در قسمت انتهایی حوضه از نظر میزان غلظت مواد به حدی می‌رسند که کلاً غیرقابل استفاده می‌گردند. مانند رود شور بیرجند ـ کال شور سبزوار ـ کال شور جاجرم و ... از طرف دیگر اشکال ژئومورفولوژیکی مانند گودال‌ها و نواحی پست، برآمدگی‌ها و به طور کلی پستی‌ها و بلندی‌های زمین تاثیر عمده‌ای بر شکل‌گیری شبکه‌های آب دارند. با نگاهی کوتاه به شبکه آب‌ها در البرز نقش جهت ارتفاعات ـ دره‌ها و ... را در شکل‌گیری شبکه‌های آب می‌توان دریافت. و از طرف دیگر مهمترین این منابع آب سطحی که دریاچه‌ها هستند، نقاطی هستند که از نظر ژئومورفولوژیکی نواحی پستی می‌باشند که شبکه جریان آب‌های متعددی به آن منتهی می‌گردد. کویرها هم نوعی از این گونه مناطق پست هستند که باتوجه به سنگ بستر و مسیر شبکه‌ها می‌توانند منابع آب شور یا گاهی شیرین را تشکیل دهند. برای مثال دریاچه ارومیه به شدت تحت تاثیر آب‌های شور می‌باشد؛ که از گنبدهای نمکی شمالی می‌گذرند و به دریاچه می‌ریزند. از طرف دیگر آب‌های زیرزمینی هم که به دریاچه می‌ریزند، از همین تشکیلات می‌گذرند. و یا کویر مزینان علیرغم این که آب کال شور سبزوار تقریباً وقتی به آن می‌رسد کاملاً شور و نمکین است به علت این که سنگ بستر میوسن آن در عمق کمتر از سه متر قرار دارد و شامل تشکیلات کلروره می‌باشد؛ بر شوری آب‌ها افزوده می‌گردد. درحالی که دریاچه هامون و حتی جازموریان به علت عدم وجود تشکیلات شور، دارای کیفیت کم و بیش مناسبی می‌باشند.

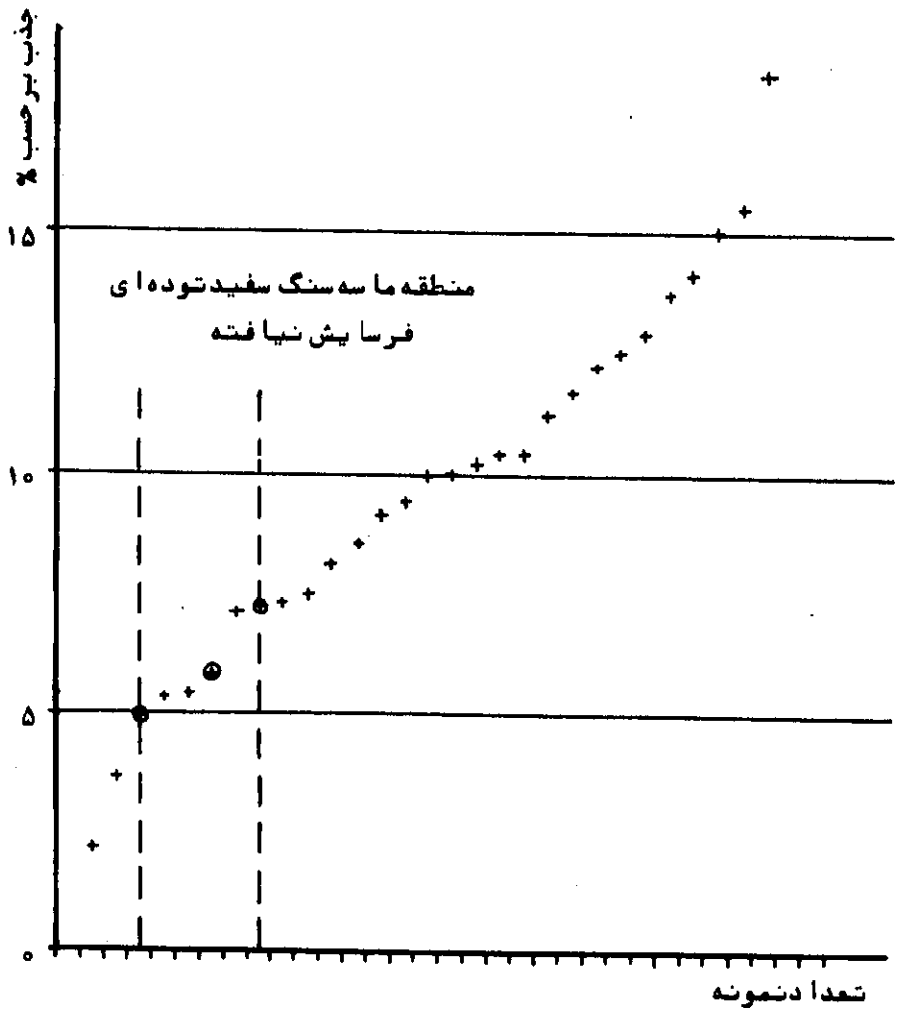
از طرف دیگر شکل مسیر رودخانه‌ها ، پدیده‌هایی که در مسیر یک رودخانه ، مانند آبشار ـ گرداب و ماندر و ... وجود دارد، همگی متاثر از ژئومورفولوژی بستر می‌باشند. و از این رو است که در بررسی‌های هیدرولوژیکی نبایستی نقش ژئومورفولوژی و شکل زمین نادیده گرفته شود.

۴ ـ ۴ ـ ۱ ـ نقش نفوذپذیری زمین در هیدرولوژی :

در پایان این بحث باتوجه به اهمیت نفوذپذیری اراضی که از یک طرف تابعی از شرایط زمین‌شناسی می‌باشد و از طرف دیگر نقش اساسی در هیدرولوژی دارد، به طور مختصر به نفوذپذیری و تاثیر آن می‌پردازیم.

به طور کلی بخشی از بارندگی و جریانات سطحی آب در محل‌های مساعدی در زمین نفوذ می‌کنند. همان طور که گفته شد، نفوذ آب در زمین نتیجه نفوذپذیری اراضی می‌باشد. نفوذپذیری اراضی و میزان نفوذ آب در تشکیلات سطحی و سنگ‌های مختلف، تابع ویژگی‌های ساختمان سنگ و به خصوص میزان تخلخل، درز و شکاف و شکستگی های سنگ بستر است. معمولاً تشکیلاتی که از سنگ‌های متصل و توده‌ای بوجود آمده‌اند، از سازندهایی که شامل سنگ‌های دانه درشت و متوسط و یا ماسه‌ای می‌باشند، و روی هم رفته شامل سنگ‌های منفصل می‌باشند، نفوذپذیری کمتری دارند. زیرا همان طور که گفته شد نفوذناپذیری سنگ‌ها در درجه اول نتیجه بافت فشرده آن‌ها، و در درجه دوم نتیجه تاثیر جنس مواد می‌باشد.

برای مثال توده‌های گرانیتی یا بازالتی فاقد خاصیت نفوذپذیری می‌باشند. و تشکیلات آبرفتی نظیر سازندهای هزاردره که هنوز مرحله دیاژنز را نگذرانده‌اند، دارای نفوذپذیری متوسط تا خوب می‌باشند. از طرف دیگر وجود لایه‌ها و طبقات رسی و مارنی که مانع از نفوذ آب می‌گردند، حتی در سازندهای مناسب و نفوذپذیر باعث می‌گردد که از ویژگی نفوذپذیری مناسب آن‌ها کاسته گردد. وجود لایه‌های رس و آهک که در اصطلاح عوام به آن دِج گفته می‌شود، در بزخی از نقاط تهران ازجمله قیطریه در شمال تهران، باعث کاهش و یا توقف نفوذپذیری اراضی گردیده، و از این نظر مشکلاتی در دفع فاضلاب‌های خانگی بوجود آورده است.



نمودار ۱ ـ ۱ پراکندگی درجات جذب ماسه سنگ‌ها

الف ـ محور افقی : تعداد نمونه‌ها

ب ـ محور عمودی : درصد جذب

ج ـ منطقه ماسه‌سنگ فرسایش نیافته نفوذپذیری کمتری را نشان می‌دهد

مآخذ : منبع ۱۳

گاهی در سطح فوقانی برخی از سازندها، پوسته‌ای از اکسیدهای غیرقابل نفوذ تشکیل می‌گردد؛ که از نفوذپذیری زیادی برخوردار نمی‌باشد، و مانع نفوذ آب در زمین می‌گردد. اما چون این گونه سنگ‌ها غالباً دارای درز و شکاف‌های پراکنده و متعددی می‌باشند، می‌توانند مقداری آب را جذب کنند. رُش Roche براساس آزمایش‌هایی که در لایه اکسیدی غیرقابل نفوذ و ماسه سنگ‌ها به عمل آورده، نتیجه گرفت که در برخی از موارد نادر آب از ۶۶ تا ۷۶ میلی‌متر در ساعت در لایه‌های اکسیدی نفوذ می‌کند. در صورتی که همان ماسه سنگ زیرین نفوذپذیری زیاد و بسیار متفاوتی را نشان می‌دهد. نمودار ۱[۱]

به طور کلی هرچه سنگ بستر بیشتر تحت تاثیر فرسایش و تجزیه قرار گرفته باشد، بر میزان نفوذپذیری آن افزوده می‌شود ولی باید گفت میزان تجزیه سنگ‌ها نبایستی به آن میزان برسد که به ایجاد رس زیاد منجر شده باشد (زیرا افزایش رس‌ها در نتیجه تجزیه سنگ‌ها باعث بسته شدن خلل و فرج سنگ و کاهش نفوذپذیری می‌گردد). براین اساس میزان نفوذ آب در آرن‌ها Arenes ناشی از تخریب سنگ‌های گرانیتی، بسیار بیشتر از میزان نفوذ آب در یک توده گرانیتی می‌باشد.

برای این که مقداری از آب بارندگی یا جریانات مختلف در زمین نفوذ کنند، باید سطح زمین در اثر فرآیندهای مختلف به سطحی غیرقابل نفوذ تبدیل نشده باشد. به عبارت دیگر مواد سطح زمین باید از نفوذپذیری برخوردار بوده باشد. در این صورت منافذ موجود مواد زمین، نفوذ آب را امکان‌پذیر می‌سازند. آب نفوذ یافته، یا به طور ثابت در آن باقی می‌ماند و یا در زیرزمین حرکت می‌کند. به این ترتیب که مواد مزبور در اثر خاصیت هیگروسکوپی Hygroscopique یعنی تثبیت ملکول‌های آب در سطح مواد در اثر جاذبه ملکولی، آب را به طرف خود می‌کشند. آب نفوذ یافته به تدریج جایگزین هوای موجود در منافذ و درز و شکاف‌ها می‌گردد. اگر آب وجود نداشته باشد، حالت هیگروسکوپی سنگ‌ها و سازندهای سطحی دانه‌ریز و خاک‌های معینی[۲] به میزان کشش بخار آب بستگی دارد؛ که یا در مواد آزاد، بالای

۱ - رجایی، عبدالحمید. ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی عمران ناحیه‌ای (منبع ۱۳)
۲ - یعنی مقدار آبی که به این ترتیب حجم واحدی از مواد می‌تواند دریافت کند. (منبع ۱۳)

سطح مواد موجود است و یا در فضاهای بین مواد، در داخل زمین وجود دارد. اثر هیگروسکوپی در مواد دانه‌ریز بیشتر از مواد دانه درشت است. به طوری که رس‌ها به مراتب بیشتر از شن و ماسه درشت و متوسط از این ویژگی برخوردار است. در مواد دانه درشت بدون آن که به جاذبه ملکولی نیازی باشد، آب تنها در اثر وزن خویش در منافذ قابل نفوذ راه می‌یابد. زمانی که آب بتواند تمام فضاهای خالی را پرنماید، در این صورت مواد به حالت اشباع درمی‌آید. ظرفیت نفوذ آب در زمان‌های مختلف متفاوت است. بدین ترتیب که پس از قطع بارندگی و گذشت زمان کافی و به دنبال خشک شدن هوا، ظرفیت نفوذپذیری افزایش می‌یابد. و برعکس در مواقع بارندگی و فصول مرطوب، ظرفیت نفوذپذیری به تدریج کاهش پیدا می‌کند. از طرف دیگر تشکیلاتی که درصد رس زیادی داشته باشند، زودتر به مرحله اشباع رسیده و ظرفیت نفوذپذیری کاهش پیدا می‌کند. براین اساس تعیین حالت اشباع سازندهای سطحی و سنگ‌های زیربنایی قبل از بارندگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا نفوذ بخشی از بارندگی به حالت اشباع مواد بستگی دارد.

بهرحال ایجاد شرایط اشباع مواد در زیر زمین، مانع از نفوذ آب به اعماق بیشتر می‌شود. و در این صورت آب اضافی که وارد می‌شود، به سمت سطح زمین، بالا آمده و به صورت جریان سطحی درمی‌آید.

از طرف دیگر در شرایط مناسب که آب به اعماق زمین نفوذ می‌کند، دو حالت اتفاق می‌افتد :[۱]

اول : پس از نفوذ آب در عمق سازندها و سنگ‌ها، اگر باز هم به آب سطحی افزوده شود، همان مقدار آب را می‌توان پس از مدتی کوتاه، در عمق معینی بازیافت. زمانی که لازم است تا آب افزوده شده و در عمق معینی جمع شود به سرعت نفوذ آب مربوط است و آن هم به وضعیت و اندازه منافذ و شیارها بستگی دارد. از طرف دیگر تمامی منافذ و شیارها برای همیشه نمی‌توانند نفوذ آب را تضمین کنند؛ زیرا به مرور زمان به علل مختلف، امکان مسدود شدن منافذ مذکور

۱ - مآخذ : منبع شماره ۱۳

وجود دارد. و یا هوای موجود در بین مواد به سهولت خارج نمی‌شود تا آب بتواند جایگزین آن گردد. براین اساس می‌توان گفت نفوذپذیری بالفعل کمتر از نفوذپذیری بالقوه می‌باشد؛ که در ارتباط با چگونگی تخلخل و وجود شیارها و منافذ می‌باشد. به طور متوسط در تشکیلات متخلخل با خلل و فرج‌های زیاد حجم نفوذپذیری برابر ۴۰ تا ۵۰ درصد کل حجم آن‌ها می‌باشد. البته به شرطی که ساختار خاک‌های سطحی مناسب باشد، ممکن است این رقم بیشتر هم بوده باشد. بهرحال در زمینی که دارای ۵۰ درصد تخلخل باشد، در عمق نیم‌متری دارای حدود ۲۵۰ میلمتر آب ذخیره می‌باشد. از طرف دیگر خاک‌های سطحی که بر روی آن‌ها پوشش گیاهی وجود دارد، به میزان زیادی آب توسط ریشه‌ها جذب شده و از دسترس خارج می‌گردد (زیرا میزان قابل توجهی از آن به مصرف گیاه می‌رسد و مقداری هم توسط برگ‌ها به صورت تبخیر و تعرق به اتمسفر بازمی‌گردد).

دوم : کیفیت نفوذپذیری سازندهای زیر تشکیلات سطحی، در میزان و نحوه نفوذپذیری موثر می‌باشد. به این ترتیب که اگر نفوذپذیری تشکیلات زیرین بیشتر از تشکیلات سطحی باشد، اشباع لایه‌های مذکور به آسانی امکان‌پذیر نمی‌باشد. مگر آن که تشکیلات سطحی دارای درصد رس بیشتری بوده باشند؛ که در این صورت نفوذپذیری به سمت اعماق بیشتر، افزایش پیدا می‌کند. ولی چنان چه نفوذپذیری تشکیلات زیرین‌کمتراز سطحی‌باشد، بزودی لایه‌های سطحی بمرحله اشباع می‌رسند.

به این ترتیب باید گفت نفوذپذیری سنگ بستر باعث بروز اختلاف در سرعت نفوذ آب از یک طرف، و چگونگی ایجاد سطوح اشباع می‌گردد.

۵ ـ ۱ ـ نقش پوشش گیاهی بر هیدرولوژی :

پوشش گیاهی به عنوان یک عامل موثر بر هیدرولوژی آب‌های سطحی در مطالعات هیدرولوژی باید مورد توجه قرارگیرد.

وقتی توده متراکمی از گیاهان منطقه‌ای را پوشانده باشد، در زمان بارندگی قطرات باران که دارای انرژی جنبشی قابل توجهی هستند، بر سطح برگ‌ها و

اندام‌های فوقانی گیاهان فرود می‌آید و انرژی جنبشی قطرات باران قبل از رسیدن به سطح زمین آزاد می‌گردد. بنابراین نمی‌تواند از طریق ضربه به خاک باعث ایجاد خسارات گردد. از طرف دیگر مقدار زیادی آب باران بر روی اندام‌های بالایی گیاه فرود آمده که بر سطح آن‌ها جاری گردیده و از طریق تنه گیاه به خاک می‌رسد. گرچه این آب چیزی حدود ۵ تا ۱۰ درصد بارندگی می‌باشد، ولی به همین میزان از خسارت باران به خاک می‌کاهد. از طرف دیگر همه بارانی که به سطح برگ‌ها می‌رسد بزمین نمی‌رسد؛ بلکه باتوجه به نوع گیاه و فصل بارش مقدار زیادی آب حاصل از بارندگی از سطح برگ‌ها تبخیر شده و مجدداً به آتمسفر بازمی‌گردد. این میزان حدود ۳۵ درصد بارندگی در هر ناحیه می‌باشد.(۱)

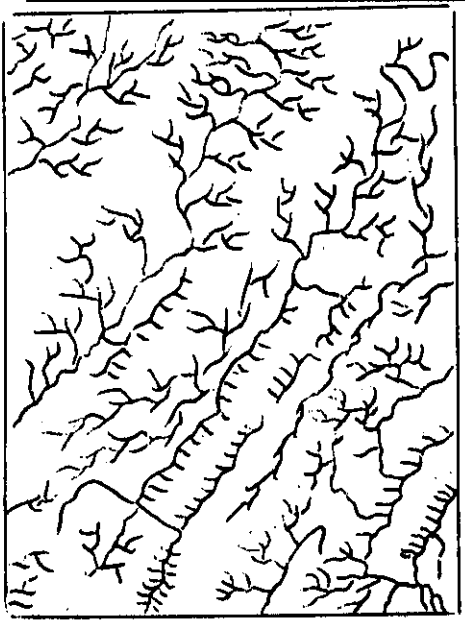
باتوجه به مطالب فوق پوشش گیاهی چه به صورت درختان بلند و چه به صورت بوته‌های مرتعی و کوتاه مانع از برخورد مستقیم قطرات باران بر سطح زمین می‌گردند. بنابراین مانع از جمع شدن ناگهانی آب بر سطح زمین و جریان یکباره آن می‌گردد.

از طرف دیگر برخورد مستقیم قطرات باران به علت وجود انرژی جنبشی همراه آنها با سطح زمین، به تخریب اراضی منجر می‌گردد. به این ترتیب پوشش گیاهی می‌تواند از تخریب زمین جلوگیری نماید و درضمن مانع از افزایش بار جامد آب و وقوع جریان شدید (سیلاب) می‌گردد. به عبارتی دیگر پوشش گیاهی در مقیاس وسیعی درایجاد تعادل در شکل‌گیری وسرعت جریان حاصل از بارندگی نقش دارد.

پوشش گیاهی طبیعی در جلوگیری از وقوع سیل بیش از گیاهان زراعی موثر می‌باشد. لذا مشاهده می‌گردد در نواحی که جنگل و مراتع را به منظور استفاده زراعی از زمین، نابود می‌کنند، اراضی مذکور از خطر سیل محفوظ نمانده‌اند. (نمونه‌های جالبی از این نوع در استان‌های گلستان ـ مازندران و گیلان همه ساله مشاهده می‌گردد. به گزارشات مربوط به سیل‌های تابستان سال ۱۳۷۶ مراجعه کنید).

---

۱ - رجایی، عبدالحمید، کاربرد ژئومورفولوژی در آسایش مهندسین، انتشارات قومس، سال ۱۳۷۳ (منبع ۱۴)



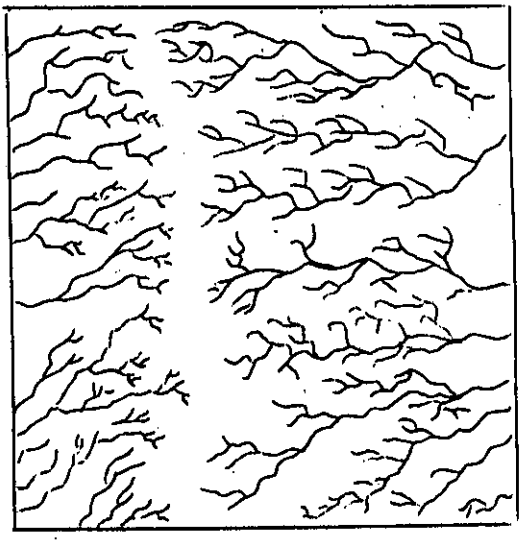
شکل ۵ ـ ۱ ـ شبکه ترلیس

شبکه مذکور تحت تاثیر سه پدیده ایجاد می‌شوند که عبارتند از :

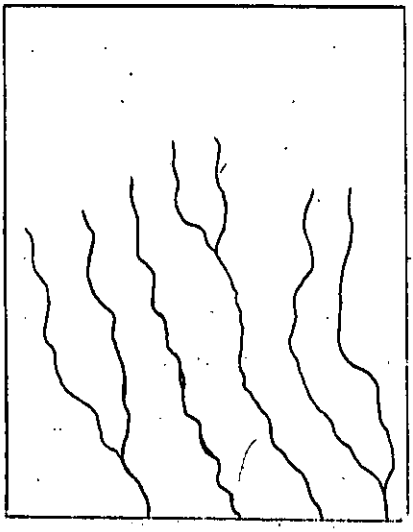
یک : اراضی که رودخانه و شعبات آن بر روی اراضی سستی جریان دارند.

دو : وجود گسل‌ها باعث شده که رودخانه اصلی بر روی خط گسل استقرار یابد و شاخه تقریباً با زاویه قائمه به آن‌ها بپیوندند.

سه : ممکن است جنس تشکیلات آهکی بوده باشد.



شکل ۶ ـ ۱ ـ شبکه موازی



شکل ۷ ـ ۱ ـ شبکه شبه موازی

شبکه موازی تحت تاثیر علل ساختمانی ازجمله وجود گسل‌های موازی ایجاد می‌شود، ولی ممکن است زمین از تشکیلات متفاوت سخت و سست هم تشکیل شده باشد.

از طرف دیگر وجود پوشش گیاهی انبوه در ایجاد شبکه‌های منتظم آب تاثیر می‌گذارد. زیرا وجود ریشه‌ها و تنه‌های درختان و همچنین وجود باقی مانده اندام‌های گیاهی در سطح زمین، مانع از جریان بافتی آب بر روی زمین می‌گردد، بلکه تمام آن‌ها در ابتداء باعث می‌گردند که مقدار زیادی از بارش رسیده به زمین جذب گردیده و پس از اشباع زمین جریاناتی آرام و متعادل ایجاد می‌گردد که رفته رفته بهم پیوسته و شبکه‌های متعادلی از نظر فیزیوگرافی حوضه‌ها بوجود می‌آورند. از طرف دیگر همین عوامل باعث می‌گردد در صورت مساعد بودن جنس زمین از نظر نفوذپذیری، میزان زیادی آب بدون آن‌که در سطح زمین جاری گردد، به سمت سفره‌های زیرزمینی هدایت گردد. این ویژگی پوشش گیاهی باعث شده که امروزه در طرح‌های آبخوان‌داری و کنترل حوضه‌های سیل‌خیز مجاور شهرها کشت گیاهان از اعمال مورد تائید باشد.

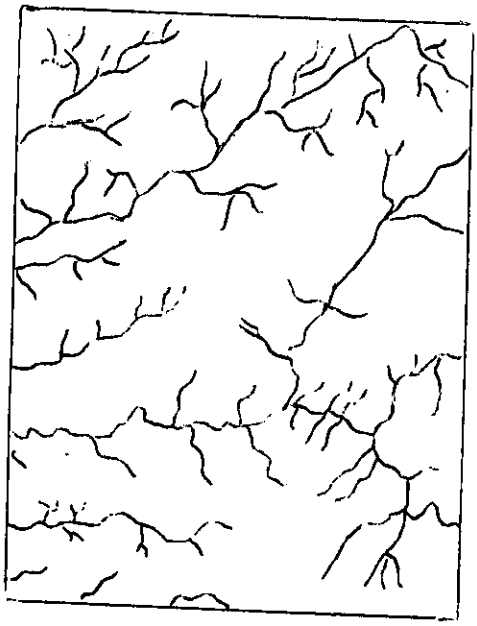
اشکال ۸ ـ ۱ تا ۱۰ ـ ۱ نشان دهنده تاثیر مورفولوژی بر شکل شبکه جریان آب‌های سطحی می‌باشد.

شکل ۸ ـ ۱ ـ شکل دندریتی متقارن و غیرمتقارن

در این شکل چنانچه دندریت‌ها یک طرفه باشد نشان‌دهنده وجود خط گسل می‌باشد.

از طرف دیگر وجود دندریت‌ها در یک طرف می‌تواند نشان‌دهنده شیب شدیدی باشند که اجازه پدید آمدن دندریت را نمی‌دهد.

(تاثیر ساختمان یا مدرفولوژی)

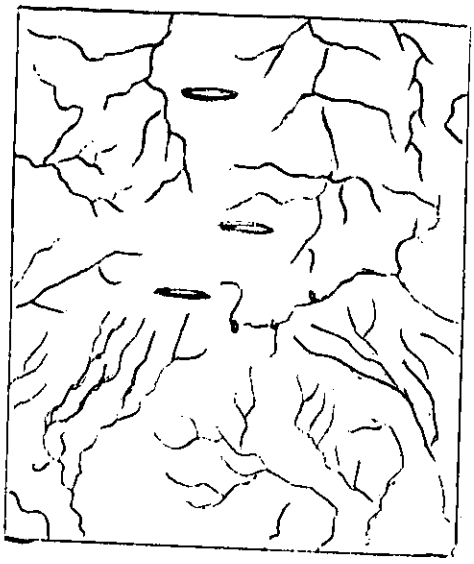


طرح دندریتیک (متقارن و غیرمتقارن)

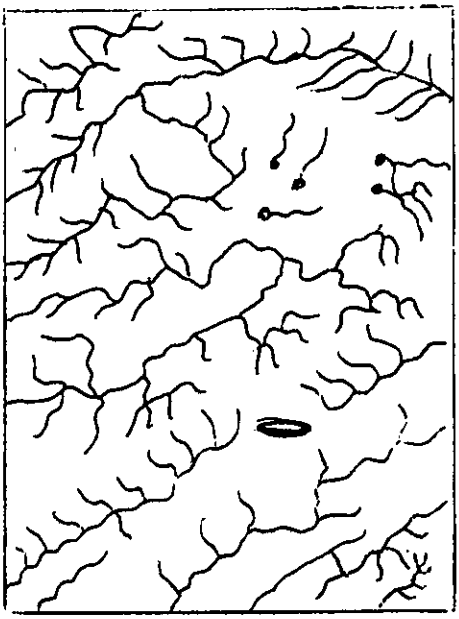
شکل ۹ ـ ۱ ـ شکل شعاعی (رادیال)

این گونه شکل‌ها در قلل کوه‌هایی که بیشتر حالت مخروطی و یا گنبدی می‌دارند مانند سهند و دماوند ایجاد می‌گردد، که شعاع‌های فرعی به شاخه اصلی که دایره مانند اطراف قله‌ها را احاطه کرده‌اند وارد می‌شوند.

(تاثیر مورفولوژی)



طرح رادیال (شعاعی)



طرح تراکم کارست

شکل ۱۰ ـ ۱ ـ شکل تراکم کارست
این پدیده خاص نواحی کارستی می‌باشد.
(تاثیر جنس)

فصل دوم

فصل دوم

اهداف مطالعات هیدرولوژی شهری

۱ ـ ۲ ـ وضعیت منابع آب و بحران آب :

در روند تکامل تمدن انسان زمانی که دوره شکارچی‌گری سپری گردید و انسان در دهکده‌های اولیه ساکن گردید، اولین مسئله‌ای که توجه انسان را به خود جلب نمود، تامین آب مورد نیاز شخصی و فعالیت‌های معیشتی وی بود. از همین جهت است که مشاهده می‌گردد که هسته اولین تمدن‌های انسانی درکنار منابع دائمی و قابل اعتماد آب، همچون رودخانه‌های بزرگ و دریاچه‌ها و چشمه‌های آب دائمی شکل گرفته است (تمدن‌های مصر ـ بین‌النهرین درکنار رودخانه‌ها ـ تمدن شرق ایران شهر سوخته درکنار دریاچه هامون و تمدن ری درکنار چشمه علی فعلی).

با توسعه روند رو به رشد جمعیت و رشد فیزیکی مراکز جمعیتی، نیاز به آب به خصوص در نواحی که از منابع آب قابل اعتماد مذکور دور بودند، ابتکارات انسان برای دست‌یابی به منابع آبی غیر از منابع سطحی مذکور و برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از آن‌ها شکوفا گردید. که سمبل این ابتکارات را می‌توان قنات یا کاریز شناخت.

در این دوره انسان ضمن آشنایی با طرق دسترسی به آب، با خطراتی هم که می‌تواند وقوع جریانات برای وی ایجاد کند، آشنا شد. و به برنامه‌ریزی و چاره‌اندیشی جهت کاهش خطرات ناشی از جریانات یکباره و گاه‌گاهی اقدام نمود.

بررسی راه‌های دسترسی به آب، بهره‌برداری از آب، آشنایی با علل وقوع سیلاب و ارائه راه‌کارها برای مقابله با آن همگی در علمی به نام هیدرولوژی گنجانده شد. علم هیدرولوژی را می‌توان یکی از شاخه‌های جغرافیای طبیعی محسوب نمود.

هیدرولوژی شهری آن قسمت از علم هیدرولوژی است که در برنامه‌ریزی شهری به کار گرفته می‌شود. و براساس آن برنامه‌ریزان شهری به شناسایی حوضه‌های آبگیر مجاور شهر و ارتباط اراضی شهر با شبکه هیدروگرافی حوضه‌های مذکور، خطرات سیل‌خیزی شهر را مورد بررسی قرار می‌دهند. از طرف دیگر در ادامه مطالعات هیدرولوژی شهری، امکانات دسترسی به منابع آب مناسب و قابل اعتماد و نحوه انتقال و بهره‌برداری آن‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. در ادامه این مطالعات، مطالعات ژئوهیدرولوژی به منظور شناسایی آب‌های زیرزمینی، نفوذپذیری و چگونگی تغذیه سفره‌های مذکور و نحوه بهره‌برداری از آب سفره‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. از آن جایی که امروزه آب‌های زیرزمینی نقش عمده‌ای در تامین آب مورد نیاز مراکز جمعیتی دارند، به خصوص در کشوری با شرایط اقلیمی و جغرافیایی ایران این مطالعات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. زیرا در حال حاضر بیش از نیمی از شهرهای کشور آب مورد نیاز شهروندان را از این گونه منابع تامین می‌کنند و از طرف دیگر صدها هکتار از اراضی در ایران مرکزی و شرقی توسط این آب‌ها آبیاری می‌گردند. بنابراین بررسی و تحقیق در مورد سفره‌های آب زیرزمینی، فرآیندهای موثر بر آن‌ها، میزان نحوه تغذیه آن‌ها و بالاخره روش‌های بهره‌برداری از آن‌ها و ارائه راه‌کارهای منطقی و عقلایی در مورد استحصال و بکارگیری این آب‌ها در زمره این مطالعات انجام می‌گیرد.

به طور کلی در مطالعات هبدرولوژی مانند اکثر مطالعات جغرافیایی، نمی‌توان به طور مطلق حدّی برای مطالعه هیدرولوژی و ژئوهیدرولوژی تعیین کرد. بلکه در بسیاری از موارد برای مطالعه یک مورد، مورد دیگر را نیز ناچاراً باید تحت مطالعه قرار داد . از این رو در این کتاب نیز علیرغم کوششی که به عمل می‌آید تا این دو مورد یا این دو علم از هم دیگر تفکیک شود، ولی عملاً در خیلی از موارد ناچاراً وارد بحث ژئوهیدرولوژی هم خواهیم شد. زیرا گریزی از این وضعیت نداریم.

از طرف دیگر آب‌های زیرزمینی همیشه در جهت رفع مشکلات شهری عمل نمی‌کنند، بلکه برعکس در موارد متعددی از جمله زمانی که سطح ایستابی به هر علتی بالا بیاید، به دنبال خود مسائل و مشکلاتی را بوجود می‌آورند. این مشکلات در زمینه ساخت و سازها، دفع فاضلاب‌های شهری، خانگی، صنعتی و ... بروز می‌کند. در مواقع بروز زمین‌لرزه و زمانی که شرایط زمین‌شناسی مناسب باشد می‌تواند ابعاد ویرانی و ضایعات را از طریق حرکات روانگرایی افزایش دهد.[۱] در مواقع بروز بارندگی‌های شدید و سیلاب‌ها نیز بالا بودن آب‌های سطحی مشکلات خاص خود را بوجود می‌آورند.

بهرحال باید گفت که در سطح جهان، بویژه نواحی خشک و نیمه خشک آب از دیرباز جزء عوامل موثر در مکانیابی شهرها بوده است. بررسی جغرافیایی شهرهای ایران و علل وجودی آن‌ها به خوبی ارتباط بین زندگی شهری و دسترسی به منابع آب را نشان می‌دهد و همان طور که گفته شد برخی از شهرهای داخل فلات ایران مانند سایر شهرهای جهان در کنار رودخانه‌ها شکل گرفته‌اند؛ که نمونه بارز آن‌ها اصفهان می‌باشد. تعداد بسیار زیادی از شهرهای قدیمی و جدید نیز در نواحی قرار گرفته‌اند که امکان دسترسی به آب‌های زیرزمینی آسان بوده است و در گذشته با حفر قنات تامین آب شهر و فعالیت‌های اقتصادی امکان‌پذیر بوده و در قرن اخیر با پیشرفت تکنولوژی امکان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی مطمئن حتی در فواصل دورتر فراهم گردیده است.

از طرف دیگر تکنولوژی امروزی این امکان را بوجود آورده است که آب‌های سطحی که در مناطق دورتر از شهرها وجود دارند، مهار شده و توسط لوله‌های انتقال آب و پمپاژ پس از طی کیلومترها مسافت به شهرها و مراکز جمعیتی موردنظر هدایت شود. برای مثال امروزه بیشتر آب موردنیاز شهر تهران از رودخانه کرج و جاجرود و لار که از تهران فاصله نسبتاً زیادی دارند، تأمین می‌گردد. این در حالی است که در گذشته امکان چنین کاری به هیچ‌وجه وجود نداشته است. یا طرح ملی

---

۱ - برای آشنایی با چگونگی حرکات روانگرایی به منبع شماره ۳ یا سایر کتبی که در این مورد وجود دارد مراجعه کنید.

انتقال آب از زاینده‌رود استان اصفهان به استان یزد نیز از اقدامات عظیمی است که فقط در سایه پیشرفت تکنولوژی امکان‌پذیر می‌باشد و در گذشته بهیچ‌وجه تصور انجام چنین طرحهای وجود نداشت.

با توجه به‌گستردگی فیزیکی شهرها و افزایش جمعیت شهری، روند افزایش آب در سالهای اخیر روبه افزایش گذارده است و از طرف دیگر برداشت بیش از حد آب از منابع زیرزمینی، برای بسیاری از شهرهای ایران مشکل آفرین گردیده است. به طوری‌که اکثر شهرهای داخل فلات ایران و شهرهای ساحل جنوبی با مشکل تأمین آب روبرو گردیده‌اند.

البته بایستی گفت که این مشکل مربوط به ایران نمی‌باشد. بلکه امروزه مشکل آب تبدیل به یک مشکل جهانی گردیده که به غیر از آب‌شناسان، سیاستمداران کشورهای مختلف جهان یقین دارند که نحوه استفاده از منابع آب جهان و چگونگی تقسیم آن در آینده، می‌تواند یکی از عوامل بروز جنگ‌های منطقه‌ای در نقاط مختلف جهان باشد.

آب امروزه یکی از مؤلفه‌های اساسی توسعه به شمار می‌رود. و این اهمیت از آن‌جا ناشی می‌شود که بین شاخص‌های مصرف آب از یک سو و مهمترین شاخص‌های توسعه اقتصادی اجتماعی و جمعیتی که از سوی سازمان‌های بین‌المللی شناخته شده است، ارتباط روشن و گویایی وجود دارد. بدین معنی که لازمه توسعه پایدار درک اهمیت و ضرورت توجه به چرخه آب Hydrologic of water cycle می‌باشد. بنابراین باید در مصرف آب به گونه‌ای تجدیدنظر شود که در دراز مدت موجب کاهش منابع آب نگردد.

در سیاره‌ای که بیش از دو سوم سطح آن را آب فرا گرفته است، پندار باطل فراوانی آب این واقعیت را تحت‌الشعاع قرار داده است که آب‌های شیرین تجدید شونده به شکل فزاینده‌ای به یک کالای کمیاب تبدیل می‌شود. برای تداوم یافتن استفاده از منابع آب نمی‌توان از مخازن و سایر منابع آب با سرعتی بیش از آن چه که چرخه طبیعی آب توان تجدید آن را دارد برداشت نمود. اگر چه ممکن است تصور شود که تکنولوژی شیرین کردن آب شور اقیانوس‌ها، منبع بی‌پایانی را در اختیار بشر

قرار داده است. ولی نباید فراموش کرد که عملیات شیرین‌سازی آب اقیانوس علاوه‌بر آن که سرمایه‌گذاری عظیمی را طلب می‌کند، به علت استفاده از سوخت‌های فسیلی جهت تولید انرژی مورد نیاز، آلودگی و تشدید آلودگی محیط زیست انسانی را نیز به دنبال دارد.

همان طورکه در فصل قبل گفته شد حدود ۹۷/۵ درصد آب‌های سیاره زمین را آب اقیانوس‌ها یا آب‌های شور تشکیل داده‌اند و از ۲/۵ درصد باقی‌مانده، قسمت اعظم آن به صورت برف و یخ در یخچال‌های قطبی و قاره‌ای متمرکز گردیده است و همه ساله حدود ۱۱۳ هزار میلیارد مترمکعب آب در قالب چرخه هیدرولیکی به صورت برف و باران بر سطح قاره‌ها و خشکی‌ها فرو می‌ریزد؛ که از این میزان ۷۲ هزار میلیارد مترمکعب مجدداً از طریق تبخیر به اتمسفر بازمی‌گردد. بنابراین آبی که به تغذیه جریان‌های سطحی و زیرزمینی می‌رسد چیزی حدود ۴۰ هزار میلیارد مترمکعب است. از میزان مذکور حدود ۲۸ هزار میلیارد مکعب به صورت جریان‌های سیلابی به دریاها بازمی‌گردد و ۱۲ هزار میلیارد مترمکعب ظاهراً در قاره‌ها و خشکی‌ها باقی می‌ماند. اما از این مقدار نیز از آن جایی که بعضی از جریانات در نواحی استوایی یا قطبی که دور از مراکز جمعیتی و مصرف قراردارند و میزان آن حدود ۵ هزار میلیارد مترمکعب است از دسترس خارج می‌گردد، بنابراین ازکل بارش ۱۱۳ هزار میلیارد مترمکعب آب حاصل از بارندگی که به سطح قاره‌ها و خشکی‌ها می‌بارد، حدود ۷ هزار میلیارد مترمکعب آن در دسترس قرار می‌گیرد.

امروزه وقوع بحران جهانی آب، بیش از هر زمان دیگر امنیت جهانی را تهدید می‌کند. این امر تا بدان جا مطرح است که تحلیل‌گران زیست محیطی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۳۰ را به دو دوره اقتصادی ۱۹۹۰ ـ ۱۹۵۰ و زیست محیطی ۲۰۳۰ ـ ۱۹۹۰ تقسیم کرده‌اند. در این تقسیم‌بندی دوره اول امنیت ملی عمدتاً ماهیت ایدئولوژیکی و نظامی داشت که شاخص آن نیز جنگ سرد بود. اما در دوره دوم امنیت ملی تحت تاثیر امنیت غذایی ـ شغلی و زیست محیطی قرار خواهد داشت.(۱)

---

۱ ـ صادقی ـ سید شمس‌الدین، هیدروپرلنیگ و بحران آب، ماهنامه اطلاعات سیاسی ـ اقتصادی، شماره ۱۱۶ ـ ۱۱۵ ، سال ۱۳۷۷ (منبع ۱۸)

باتوجه به مطالب گفته شده و عنایت به موقعیت جغرافیایی ایران در منطقه خاورمیانه و جنوب غربی آسیا که در حال حاضر کشورهای عربستان سعودی ـ قطر ـ امارات متحده عربی ـ بحرین ـ اردن ـ اسرائیل با مسئله کم‌آبی روبر هستند و از آغاز قرن جدید کشورهای عمان ـ سوریه و ایران نیز با این مشکل روبرو خواهند شد، که مسلماً این کمبود و مشکل در منطقه‌ای وسیع و گسترده‌ای چون خاورمیانه از یک طرف می‌تواند یک سری منافشات منطقه‌ای را بوجود آورد، کما این که در حال حاضر نیز نشانه‌هایی از آن را به صورت منافشاتی بین کشورهای سوریه و عراق با ترکیه، و سوریه و عراق، و اردن و لبنان با اسرائیل نمودار گردیده است و یا مناقشات امارات متحده عربی و عمان با عربستان در مورد واحد بوریمی را می‌توان مورد اشاره قرار دارد.

در رابطه با ایران باید گفت که متوسط امکانات بالقوه کشور در مورد دست‌یابی به آب بین ۱۲۰ تا ۱۳۰ میلیارد مترمکعب در سال برآورده شده است.[۱]

بر اساس میزان مذکور سهم هر هکتار از اراضی کشور حدود ۷۱۴ مترمکعب در سال خواهد بود. در حالی که این میزان در سطح جهان به طور متوسط حدود ۳۰۰۰ مترمکعب است. از طرف دیگر سهم هر ایرانی با جمعیت کنونی (سال ۱۳۷۳) حدود ۲۱۰۰ مترمکعب است که این رقم در سطح جهان معادل ۷۶۰۰ مترمکعب می‌باشد.[۲] و سهم هر ایرانی در سال ۲۰۲۵ با جمعیتی بیش از ۱۰۰ میلیون نفر بین ۷۷۶ تا ۸۶۰ مترمکعب در طول سال تقلیل خواهد یافت. براساس اظهارات مقامات جمهوری اسلامی سهم کشور ایران کلاً ۱۴۰ میلیارد مترمکعب از مجموع ذخایر آب جهان می‌باشد که در صورت برنامه‌ریزی صحیح و بهره‌برداری منطقی این مقدار آب می‌تواند جوابگوی نیاز ۸۰ میلیون نفر باشد.[۳] بنابراین زمانی که جمعیت کشور به بیش از ۸۰ میلیون نفر برسد، ذخیره آب مذکور جوابگوی نیاز

---

۱ ـ همان، منبع شماره ۱۸

۲ ـ ناسوتی ـ محمد. نگاهی گذرا به منابع آب جهان و سهم ایران از آن، فصلنامه آب و توسعه سال دوم، شماره ۲ ، سال ۱۳۷۳ (منبع شماره ۳۱)

۳ ـ منبع شماره ۱۸

جامعه نخواهد بود. که در اثر آن مشکلات متعددی پدید خواهد آمد؛ که به احتمال زیاد منجر به مناقشات با کشورهای مجاور می‌گردد.

بنابر آن چه که گفته شد، مطالعات هیدرولوژیکی ضمن آن که نقش عمده‌ای در جلوگیری از سیل‌خیزی و سیل‌گیری نواحی شهری ـ مسائل آب‌های زیرزمینی و فاضلاب را بهمراه دارد، می‌تواند موجبات دسترسی به منابع آب جدید و ارائه راه‌کارهایی در زمینه مهار سیلاب‌ها، چگونگی تغذیه سفره‌های زیرزمینی، جلوگیری از هدر رفتن آب، جلوگیری از آلوده شدن منابع آب و ... را نیز فراهم آورد. براساس گفته‌های فوق می‌توان گفت مطالعات هیدرولوژی در زمینه اهداف زیر کاربرد دارد.

۲ ـ ۲ ـ کشف منابع جدید آب :

از آن جایی که کشف منابع جدید ازجمله منابع آب، نیاز به مطالعات و بررسی‌های جامع و کامل دارد و به خصوص در کشور ما با شرایط ویژه جغرافیایی که نیاز شدیدی به منابع آب جدید در یکی دو دهه اخیر دارد، بنابراین کشف ـ بهره‌برداری و تأمین آب جوامع شهری و روستایی کشور امکان‌پذیر نمی‌باشد. مگر آن که مطالعه کنندگان آشنایی کاملی با پدیده‌های هیدرولوژیکی مناطق مورد مطالعه داشته باشند. شناخت کامل از ویژگی‌های صفات هیدرولوژیکی آب‌ها و شرایط تاثیرگذار دیگر است که می‌تواند محققان را در تعیین میزان آبی که در یک منطقه به صورت بارش فرو می‌ریزد و مقدار آبی که به صورت روان آب جاری می‌گردد و همچنین میزان آبی که در اراضی نفوذ می‌کند و میزان تبخیر و ... یاری نموده و آن‌ها را در ارائه تمهیدات لازم در مورد چگونگی بهره‌برداری از منابع مختلف جلوگیری از هرز رفتن آب و مهار سیلاب‌ها و هرز آب‌ها کمک می‌نماید.

برای نمونه در شمال تهران دره‌هایی وجود دارد که در هر کدام از آن‌ها رودخانه‌هایی جریان دارد که برخی از آن‌ها مانند رودخانه‌های تجریش ـ درکه ـ کن به خصوص در بالادست تقریباً دارای جریان دائم می‌باشند. بررسی‌های به عمل آمده بر روی پنج رودخانه از شانزده رودخانه مورد نظر نشان می‌دهد که به طور

متوسط سالانه بیش از ۱۱۲ میلیون مترمکعب آب[۱] از آن‌ها عبور می‌کند[۲] و بدون آن که استفاده‌ای منطقی و اساسی از آن‌ها شود، پس از دریافت میزان زیادی آب‌های زهکش اراضی مجاور و فاضلاب‌های شهری و خانگی و انواع زباله‌ها از قسمت‌های جنوب و جنوب غرب تهران خارج می‌گردد. در حالی که مطالعات هیدرولوژیکی کامل به شناسایی میزان قابل ملاحظه‌ای آب و چگونگی بهره‌برداری از این آب‌ها را ارائه خواهد داد که انجام پروژه‌های پیشنهادی می‌تواند در تامین قسمت قابل توجهی از آب مورد نیاز شهری مانند تهران موثر بوده باشد.

۳ ـ ۲ ـ شناسایی نواحی سیل‌خیز شهری :

درکشور ما علیرغم کمبود بارش‌های جوی و نیازهای آبی همه ساله شاهد وقوع سیل‌های متعدد و جریان یافتن میلیون‌ها مترمکعب سیلاب هستیم که به جز ویرانی‌ها و خسارات فراوان و تلفات زیادی که موجب می‌گردد باعث به هدر رفتن میلیون‌ها مترمکعب آب از دسترس و نابودی میلیون‌ها تن خاک نیز می‌گردد. به علاوه این سیلاب‌ها ممکن خسارات عمده‌ای را نیز به تاسیسات و شبکه‌های آبرسانی شهری وارد سازند. سیل‌های سال‌های ۱۳۶۶ زاهدان و تهران و سال ۱۳۶۹ رشت[۳] و ۱۳۷۶ گیلان و سیل‌های متعدد سال ۱۳۷۷ در استان گیلان گلستان و مازندران و ... و ده‌ها مورد سیل دیگر که در سال اخیر اتفاق افتاده است و طی آن‌ها چندین شهر مهم مورد تهدید سیل قرار گرفته و خساراتی را متحمل گردیده‌اند.

براساس مطالب فوق انجام مطالعات علمی و سیستماتیک هیدرولوژی می‌تواند علاوه بر شناسایی و معرفی نواحی سیل‌خیز، میزان مخاطره‌ای که وجود دارد،

---

۱ - رقم صحیح مربوط به رودخانه‌های تجریش ـ درکه ـ فرحزاد ـ کن و دارآباد، برابر ۱۱۲۸۸۱۵۵۸ مترمکعب است.

۲ - رضویان، محمدتقی. اصغری مقدم، محمدرضا. طرح تحقیقاتی مسیل‌های شمال تهران، شهرداری تهران، سال ۱۳۷۲ ، (منبع ۱۵)

۳ - اصغری مقدم، محمدرضا. جغرافیای طبیعی شهر (ژئومورفولوژی) انتشارات سعی، سال ۱۳۷۷ (منبع شماره ۳)

حجم سیلابی که ایجاد می‌گردد و تعیین درجه‌بندی مناطق از نظر بروز حادثه و ایجاد خسارت و ... را نیز می‌توان مورد بررسی و تخمین قرار داد. از طرف دیگر بررسی‌های مذکور در مطالعات ایجاد شهرهای جدید و یا توسعه شهرهای فعلی می‌تواند در آینده به میزان قابل توجهی از بروز خطرات ناشی از سیل جلوگیری نماید و با ارائه راه کارهای مناسب امکان ذخیره‌سازی و بهره‌برداری از میلیون‌ها مترمکعب آب را فراهم نموده و از تخریب و حمل میلیون‌ها مترمکعب خاک ممانعت به عمل آورد.

امروزه یکی از موارد کاربردی مطالعات هیدرولوژیکی در مناطق شهری، شناخت مناطق سیل‌خیز شهری و بررسی راه‌کارهای ممکن که ضمن جلوگیری از مشکلات ناشی از سیلاب، در مورد مهار آب‌های مذکور و بهره‌برداری از آن‌ها را نیز امکان‌پذیر سازد، می‌باشد.

۴ ـ ۲ ـ بررسی پدیده‌های دیگر :

مطالعات هیدرولوژیکی علاوه بر موارد گفته شده، نقش‌های مهم دیگری در رابطه با هرگونه پدیده‌ای که به نحوی با آب سروکار دارد نیز دارد. که در بحث‌های بعدی کم و بیش به برخی از آن‌ها اشاره خواهیم نمود. ولی در اینجا ارتباط این علم با ژئوهیدرولوژی مورد بحث قرار می‌گیرد و همان طورکه قبلاً نیز گفته شده است در این گونه مطالعات نمی‌توان مرزی مشخص برای هرکدام از این علوم تعیین نمود که براساس آن اختصاصاً و انحصاراً در چهارچوب یکی از علوم به مطالعه پرداخت. زیرا مثلاً در مطالعات هیدرولوژی، بررسی نفوذپذیری زمین و میزان آبی که از طریق روان آب‌های صفحه‌ای و شبکه‌های جریانی در زمین نفوذ می‌کند از جمله موارد مورد بررسی و مطالعه می‌باشد. ولی از آن جایی که آب نفوذی بدرون زمین، نقش عمده‌ای در تامین آب مراکز جمعیتی از یک طرف و از طرف دیگر مشکلات ناشی از آب‌های زیرزمینی که سطح ایستابی آن‌ها بالا می‌باشد دارد، بنابراین در مطالعات هیدرولوژی شهری مجبور می‌شویم که مطالعات ژئوهیدرولوژی را نیز مورد بحث قرار دهیم.

نفوذپذیری اراضی در بیشتر نقاط جهان و ازجمله ایران باعث می‌گردد که از زمین به عنوان یک عامل دفع فاضلاب‌های شهری ـ خانگی ـ صنعتی و ... استفاده شود. و این وضعیت باعث بروز مشکلات متعددی، از جمله بالا آمدن سطح ایستابی، نفوذ آب در سازه‌ها، آلودگی منابع آب زیرزمینی و در نهایت جریان یافتن مجدد آب‌های مذکور در سطح زمین که مجدداً بایستی تحت عنوان آب‌های سطحی مورد مطالعات هیدرولوژی قرار بگیرد.

از این رو زمانی که با دیدگاه جغرافیایی به مطالعه هیدرولوژی و به خصوص هیدرولوژی شهری می‌پردازیم، قسمتی از مطالعات ما را مطالعه ژئوهیدرولوژی تشکیل می‌دهد.

در خاتمه این بحث باید گفت که مطالعات هیدرولوژی یک شهر به طور مستقل نمی‌تواند انجام پذیرد. زیرا که یک شهر ممکن است تحت تأثیر حوضه‌هایی قرار گیرد که قسمت اعظم آن‌ها کیلومترها دورتر از شهر باشند. و فقط با قسمت‌های انتهایی و یا میانی آن‌ها در تماس بوده باشد. ولی نباید فراموش کرد که در مواقع بحران، این گونه شهرها نیز تحت تاثیر فرآیند وقوع یافته قرار خواهند گرفت. برای مثال شهر اهواز تقریباً در قسمت‌های انتهایی کارون قرار دارد ولی در مواقع بروز بارندگی‌های شدید در زاگرس و یا ذوب برف‌ها در زاگرس که باعث طغیان آب رودخانه می‌گردد، این شهر هم از خسارات ناشی از طغیان زیاد مصون نمی‌باشد. لذا در زمان مطالعه هیدرولوژی شهر اهواز بایستی رودخانه را از بالادست‌ها مورد مطالعه قرار داد. نظیر این رودخانه در مقیاس‌های بزرگتر رودخانه نیل ـ آمازون ـ زرد و ... می‌باشد که درکنار آن‌ها شهرهای مهمی بنا شده است که شدیداً تحت تاثیر وقایع هیدرولوژیکی که در ابتدای حوضه و درصدها کیلومتری آن‌ها اتفاق می‌افتد قرار دارند.

برای مثال رودخانه هیرمند طولی بیش از هزار کیلومتر دارد. ولی در مواقع بحرانی شهر زابل و شهرک‌های مجاور آن را مورد تهدید قرار می‌دهد (سیل سال ۱۳۶۹ سیستان).

پس همان طور که گفته شد مطالعه هیدرولوژی یک شهر همیشه از مجاورت

شهر آغاز نمی‌گردد. بلکه گاهی ممکن است از چند صد کیلومتر آنطرف‌تر آغاز گردد. از طرف دیگر وضعیت هیدرولوژیکی یک شهر، می‌تواند بر نواحی اطراف نیز تاثیر بگذارد، مناطقی مانند شهریار ـ ری ـ ورامین و ... که در پائین دست دشت تهران قرار دارند و بسیاری از جریان‌های هیدرولوژی این شهر به سمت آن‌ها روان می‌گردد، شدیداً تحت تاثیر فرآیندهایی قرار می‌گیرند که بر روی آب‌های سطحی و زیرزمینی در دشت تهران تاثیرگذار می‌باشند. از این نظر هم باید در مطالعات هیدرولوژی شهری فقط به محدوده شهر اکتفا ننموده بلکه مطالعه‌کننده باید از دیدگاهی باز و درحد منطقه به شهر و نواحی مجاور آن بنگرد.

فصل سوم

فصل سوم

نحوه مطالعات هیدرولوژی

۱ ـ ۳ ـ حوضه آبریز، یک واحد هیدرولوژیک :

از آن جایی که حوضه‌های آبریز، در حقیقت واحدهای هیدرولوژیکی هر منطقه جغرافیایی را تشکیل می‌دهند. بنابراین مطالعه حوضه‌های آبریز هر منطقه اطلاعات هیدرولوژیکی آن منطقه را تکمیل می‌کند.

یک حوضه آبریز محدوده‌ای است که روان‌آب‌های حاصله از بارندگی‌هایی که بر روی آن می‌ریزد، به طور طبیعی به سمت نقطه‌ای مشخص که نقطه تمرکز نامیده می‌شود هدایت می‌گردد.

وضعیت قرارگیری نقطه تمرکز موجب بوجود آمدن دو نوع حوضه باز و بسته می‌شود.

اول : چنان چه نقطه تمرکز در انتهای حوضه قرار داشته باشد، به طوری که آب از حوضه خارج گردد، حوضه، حوضه باز نامیده می‌شود.

دوم : چنانچه نقطه تمرکز در داخل حوضه قرار داشته باشد، یعنی آب‌های حاصل از بارندگی به سمت داخل حوضه هدایت شود، حوضه بسته به وجود می‌آید. این گونه حوضه‌ها اگر به صورت دریاچه نباشند، معمولاً به صورت باتلاق ـ کویر ـ دق و ... درمی‌آیند. (بستگی به وسعت حوضه و میزان بارندگی حوضه و ... دارد).

در مورد نقطه تمرکز باید گفت که در مسیر یک رودخانه هر نقطه‌ای که درنظر گرفته شود، برای آن قسمت از حوضه که در بالادست قرار دارد، نقطه تمرکز محسوب می‌گردد.

در شکل ۱ ـ ۳ نقطه B برای قسمتی که توسط نقطه چین محدود گردیده است، نقطه تمرکز محسوب می‌گردد، درحالی نقطه تمرکز اصلی برای شبکه هیدروگرافی مذکور نقطه A می‌باشد.

هر یک از سرشاخه‌های ۱ تا ۸ فقط آبی را که در محدوده آن‌ها ریزش می‌کند دریافت می‌کنند در حقیقت یک حوضه جداگانه می‌باشد که مانند حوضه ۴ می‌توان محدوده آن‌ها را مشخص نمود.

شکل ۱ ـ ۳ : حوضه الف و زیرحوضه‌های آن

هر کدام از این حوضه‌ها در نقطه تمرکز خود به رودخانه اصلی می‌ریزند. مانند حوضه ۴ که در نقطه تمرکز B به رودخانه اصلی حوضه وارد می‌شود. هر کدام از حوضه‌های مذکور را زیر حوضه، حوضه الف می‌خوانیم.

در موقع مطالعه حوضه‌های آبریز بایستی ابتداء چند مورد را درنظر داشته باشیم، ازجمله :

الف ـ مرز حوضه : خط فرضی است که محدوده حوضه را مشخص می‌کند.

ب ـ خط تقسیم آب : خط فرضی است که حوضه‌های مختلف را از هم جدا می‌کند، این خط که ارتباط مستقیم با توپوگرافی حوضه دارد، از بهم پیوستن خط‌الراس‌های ارتفاعات بدست می‌آید.

ج ـ مساحت حوضه، محدوده‌ای است که در درون یک حوضه قرار دارد و در حوضه‌های باز همیشه در قسمت بالادست نقطه تمرکز واقع است. برای مشخص نمودن مساحت حوضه بایستی نقطه تمرکز و کلمه بالادست ذکر شود.

د ـ زهکش اصلی : رودخانه‌ای است که رواناب‌های تمامی زیر حوضه‌ها به آن وارد می‌شود.

س ـ سراب و پایاب : قسمت‌های اولیه رودخانه را سراب و قسمت پایانی آن را پایاب می‌نامند.

قابل یادآوری است که همیشه نقطه تمرکز پست‌ترین نقطه حوضه است و ابتدای حوضه، مرتفع‌ترین نقطه حوضه می‌باشد. در شکل ۱ ـ ۳ نقطه A پست‌ترین نقطه و نقاط L و M و N می‌تواند بلندترین نقاط حوضه باشد.

در یک حوضه آبریز هرچه از سراب به سمت پایاب (نقطه تمرکز) پیش برویم شاخه‌های بیشتری به زهکشی اصلی وارد می‌شود و به همراه آن بر وسعت حوضه افزوده می‌گردد.

۲ ـ ۳ ـ شبکه هیدروگرافی حوضه‌ها :

شبکه هیدروگرافی هر حوضه، مجموعه آبراهه‌هایی می‌باشد که در سطح حوضه به تخلیه روان آب‌ها می‌پردازند. که برخی از آن‌ها دارای آب دائمی هستند و برخی دیگر به صورت فصلی و برخی هم به صورت مسیل‌هایی هستند که فقط در ایام به خصوصی دارای جریان آب می‌باشند. بهرحال در یک حوضه معمولاً هر سه نوع آبراهه وجود دارد.

در مورد رودخانه‌های فصلی و دائمی باید گفت رودخانه‌هایی هستند که بیش از ۵۰ درصد ایام سال را فاقد جریان آب می‌باشند. درحالی که رودخانه‌های دائمی بیش از ۹۰ درصد ایام سال را دارای جریان آب می‌باشند.

گفتیم که شبکه هیدروگرافی هر حوضه را آبراهه‌های دائمی ـ فصلی و مسیل‌ها تشکیل می‌دهند، که تعداد و نسبت آن‌ها به شرایط جغرافیایی ـ میزان بارندگی ـ نوع بارندگی ـ جنس زمین‌شناسی ـ ساختمان زمین‌شناسی و برخی شرایط دیگر بستگی دارد.

هر چقدر که شبکه هیدروگرافی یک حوضه تکامل یافته‌تر باشد، جریان تخلیه آب از آن‌ها بهتر و آسان‌تر انجام می‌پذیرد. شاخص‌های تکامل آبراهه‌ها در یک شبکه هیدرولوژی شامل موارد زیر می‌باشد :

الف ـ تراکم شبکه آبراهه‌های یک حوضه :

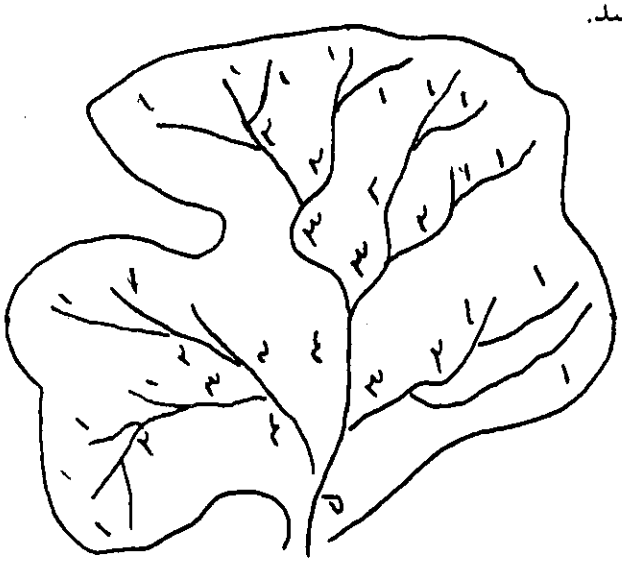
تراکم شبکه عبارت است از مجموع طول تمام رودخانه‌ها و آبراهه‌های حوضه مورد نظر تقسیم بر مساحت حوضه، که معمولاً برحسب کیلومتر بر کیلومتر مربع $Km / Km2$ بیان می‌شود، که از رابطهٔ $Dd = \frac{\Sigma L}{A}$ بدست می‌آید. در رابطه مذکور ΣL برابر است با طول تمام آبراهه‌های سطح حوضه برحسب کیلومتر و A برابر مساحت حوضه و برحسب کیلومتر مربع محاسبه می‌گردد.

ب ـ رتبه‌بندی انشعابات رودخانه :

بررسی و محاسبه تراکم شبکه رودخانه‌ها نمی‌تواند اطلاعاتی از طرز شبکه‌بندی و اتصال شاخه‌های مختلف رودخانه‌ها به دست دهد. برای اطلاع از این امر از روش رده‌بندی یا رتبه‌بندی رودخانه‌ها استفاده می‌شود. بدین ترتیب که: اولین انشعابات رودخانه را شاخه رتبه (رده) یک می‌گویند. از اتصال دو یا چند شاخه رتبه یک، شاخه رتبه دو به دست می‌آید. زمانی که حداقل یک شاخه رتبه دو به یک شاخه رتبه دو دیگر می‌پیوندد، شاخه رتبه سه ایجاد می‌گردد. و همین طور در مورد تبدیل شاخه‌های سه به چهار، باید حداقل یک شاخه رتبه سه به یک شاخه رتبه سه دیگر بپیوندد تـ شاخه رتبه چهار به وجود آید، شکل ۲ ـ ۳ رتبه‌بندی شاخه‌های یـ ـ حوضه را نشان می‌دهد.

نحوه اتصال انشعابات یک رودخانه بسیار متفاوت است. انشعابات رودخانه‌ها

در پاره‌ای از حوضه‌ها به شکل شاخه درخت و در برخی دیگر به طور موازی و یا ... می‌باشد، شکل‌های ۱ تا ۸ فصل اول نمونه‌های متفاوتی از اشکال انشعابات رودخانه می‌باشد.



شکل ۲ ـ ۳ ـ نمایش رده‌بندی رودخانه‌ها

میزان تراکم شبکه یک حوضه که تراکم زهکشی هم گفته می‌شود، نشان‌دهنده وضعیت شدت و ضعف هرز آب‌ها و فرسایش در قسمت‌های مختلف حوضه می‌باشد. در مناطق کارستیک شبکه مذکور وضعیت پیچیده‌ای پیدا کرده و از سطح به داخل زمین انتقال پیدا می‌کند. بنابراین با مطالعه شبکه هیدروگرافی نمی‌شود به نتایج مفیدی دست یافت.

پ ـ شیب متوسط حوضه :

شیب متوسط حوضه از عوامل مهم در میزان روان آب ـ شدت حرکت آن ـ میزان نفوذپذیری و میزان فرسایش می‌باشد که میزان آن را از رابطه هورتون Horton محاسبه می‌شود :

$$S = \frac{Z\ \Sigma L}{A}$$

که S شیب متوسط حوضه به درصد $\times 10^{-3}$ و Z فاصله ارتفاعی بین خطوط منحنی میزان به متر و ΣL طول خطوط منحنی میزان واقع در محدوده حوضه به کیلومتر است که برای محاسبه عملاً فاصله خطوط منحنی میزان را ۱۰۰ متر درنظر می‌گیرند و A مساحت حوضه است به کیلومتر مربع.

از طرف دیگر شیب متوسط حوضه را به طور تقریب می‌توان از رابطه زیر بدست آورد :

$$I = \frac{H\ max - H\ min}{\sqrt{A}}$$

که H max و H min به ترتیب ارتفاع حداکثر و حداقل حوضه به کیلومتر و A مساحت حوضه به کیلومتر مربع است.

برای محاسبه شیب از نقشه شیب و محاسبه تعیین درصد مساحت هر طبقه از شیب نیز می‌توان استفاده کرد که در اینجا از ذکر آن صرفنظر می‌کنیم و علاقمندان می‌توانند برای کسب اطلاعات بیشتر به منبع شماره ۲۸ مراجعه نمایند.

ج ـ تعیین طول آبراهه اصلی و تهیه شیب پروفیل[۱] :

از آن جایی که که طول آبراهه اصلی (رودخانه اصلی حوضه) و شیب آن در تعیین زمان تمرکز حوضه موثر است؛ لذا محاسبه طول رودخانه از روی نقشه توپوگرافی قابل محاسبه است و شیب آن را نیز از رابطه زیر محاسبه می‌نمائیم :

$$\bar{S} = \frac{\Delta Z}{L}$$

در این رابطه نیز $\bar{S}$ شیب متوسط رودخانه و ΔZ اختلاف ارتفاع بین نقطه شروع آبراهه و نقطه خروجی آن به متر است و L طول آبراهه به متر می‌باشد. از آن جایی که معمولاً در بالا دست حوضه ارتفاع ناگهان زیاد می‌شود، لذا در مطالعات حوضه‌های کوچک معمولاً از شیب تعدیل شده استفاده می‌کنند و آن از طریق

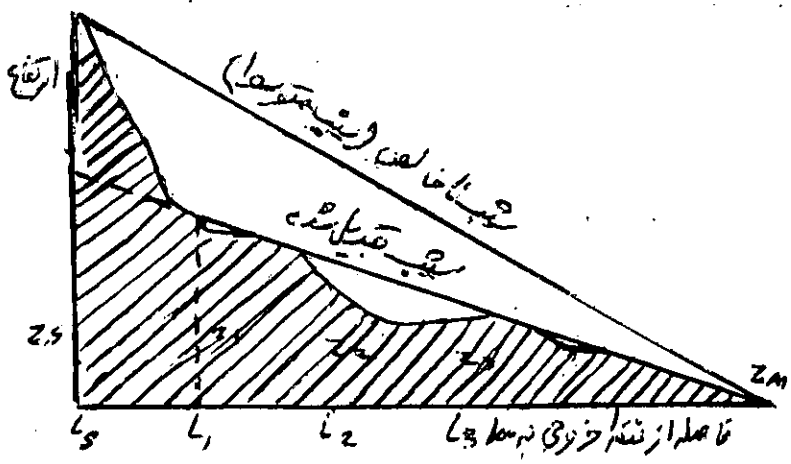
۱ ـ مآخذ منبع شماره ۲۸

ضریب شیب متوسط در ضریبی اصلاحی می‌باشد و از رابطه $S = C\bar{S}$ استفاده می‌شود. که S شیب تعدیل یافته و C ضریب اصلاحی و $\bar{S}$ شیب متوسط حوضه است. برای محاسبه ضریب تعدیل یا C با توجه به مقعر یا محدب بودن پروفیل رودخانه که از روی نقشه‌های توپوگرافی رسم می‌شود و از طریق یکی از رابطه‌های $C = \frac{Ap}{At}$ برای پروفیل‌های مقعر و $C = \frac{2At - Ap}{At}$ برای پروفیل‌های محدب محاسبه می‌گردد.

در رابطه‌های مذکور Ap برابر سطح واقع در زیر پروفیل و At سطح مثلثی است که وتر آن خط شیب متوسط است شکل ۳-۳ پروفیل یک رودخانه و شیب تعدیل شده را نشان می‌دهد.

محاسبه سطح زیر پروفیل را می‌توان با پلانیمتر و یا سایر روش‌هایی که در کتب مختلف پیشنهاد شده انجام داد.

روش دیگری نیز برای محاسبه شیب تعدیل شده وجود دارد که طی آن مساحت زیر پروفیل طولی را به طول مسیر آبراهه تقسیم کرده و عدد حاصل را دو برابر نموده و بر روی محور ارتفاع عدد جدید را مشخص نموده و پس از خط شیب تانژانت زاویه به دست آمده را محاسبه می‌کنیم.



۳-۳: پروفیل شیب متوسط (مآخذ منبع ۲۸)

د ـ مساحت حوضه :

از آن جایی که حجم روان آب‌ها و دبی سیلاب‌ها رابط مستقیمی با مساحت حوضه دارند؛ لذا می‌توان گفت از بارزترین ویژگی‌های حوضه، مساحت حوضه می‌باشد، که علامت آن A و برحسب کیلومتر مربع نشان داده می‌شود. ساده‌ترین روش محاسبه آن استفاده از پلانیمتر است.

حوضه‌ها را از نظر وسعت به حوضه‌های کوچک با مساحتی کمتر از ۳۰ الی ۴۰ کیلومتر مربع و حوضه‌های بزرگ آنهایی هستند که وسعتی بیش از ۴۰ کیلومتر دارند. زمان تمرکز در حوضه‌های کوچک بسیار کوتاه است.(۱)

س ـ محیط حوضه :

همان طور که قبلاً گفته شد خطی فرضی که هر حوضه را از حوضه‌های مجاور جدا می‌کند خط تقسیم آب‌ها گفته می‌شود. این خط همان خطی است که محدوده حوضه را نیز مشخص می‌کند، و از طرف دیگر طول این خط محیط حوضه را نیز نشان می‌دهد که با P و برحسب کیلومتر نشان داده می‌شود. هر حوضه معمولاً یک محیط یا محدوده توپوگرافی دارد که در طبیعت قابل رویت است. و یک محدوده ژئومورفولوژیکی دارد که خصوصیات زمین‌شناسی را شامل می‌شود. معمولاً این دو محدوده برهم منطبق نمی‌باشند.

م ـ ارتفاع متوسط حوضه :

همان طور که قبلاً بیان شد ارتباط مستقیمی بین ارتفاع و بارندگی وجود دارد. زیرا با افزایش ارتفاع بر میزان بارندگی نیز افزوده می‌گردد. همچنین نوع بارش نیز با ارتفاع در رابطه است. میزان تبخیر و تعرق و پوشش گیاهی روی ضریب روان آب نیز تاثیر می‌گذارد. روش‌های مختلفی برای نشان دادن ارتفاع وجود دارد که از جمله:

اول : در این روش ارتفاع متوسط حوضه با درنظرگرفتن ارتفاع حداقل و حداکثر

---

۱ ـ مآخذ منبع شماره ۲۱

حوضه می‌باشد که توزیع سطح حوضه با ارتفاع را نادیده گرفته و ممکن است با داشتن سطح محدودی در ارتفاع بالا، ارتفاع متوسط به طور غیرواقعی درآید.

دوم : بررسی هیپسومتری حوضه ؛ در این روش ابتداء روی نقشه توپوگرافی محدوده حوضه مشخص می‌شود و خطوط منحنی میزان انتخابی پررنگ می‌شوند، سپس سطح واقع بین دو خط منحنی میزان پررنگ شده، رنگ‌آمیزی می‌گردد. به طوری که برای هر طبقه ارتفاعی یک رنگ خاص درنظر گرفته می‌شود. پس از این کار مساحت اشغال شده توسط هر رنگ که درحقیقت طبقات ارتفاعی است محاسبه می‌شود و جدول هیپسومتری کامل می‌گردد.

با استفاده از اعداد طبقه ارتفاعی و درصد تراکمی مساحت می‌توان منحنی هیپسومتری را رسم نموده و متوسط ارتفاع راکه مربوط به ۵۰ درصد مساحت است محاسبه کرد.(۱)

ن : شکل حوضه :

در ایجاد شکل حوضه‌ها شرایط توپوگرافی نقش زیادی دارند و به همین علت است که حوضه‌ها دارای اشکال متعددی می‌باشند، از طرف دیگر شکل حوضه ضمن تاثیری که بر روی روان آب‌های سطحی دارند، مهمترین عامل در زمان تمرکز می‌باشد. برای مقایسه شکل حوضه بایستی از ضریب یا شاخص‌های مربوط به شکل حوضه استفاده نمود، که در این میان از دو ضریب استفاده می‌شود. یکی ضریب شکل حوضه و دیگری ضریب فشردگی یاگراولیوس می‌باشد که عبارتست است از:

اول : ضریب شکل حوضه عبارت است از نسبت مساحت حوضه (A) به مجذور طول حوضه (L) :

$$F = \frac{A}{L^2}$$

دوم : ضریب فشردگی یاگراولیوس عبارت است از نسبت محیط حوضه (P) به مساحت حوضه (A) که از رابطه $Ci = \frac{P}{\sqrt{\pi A}}$ بدست می‌آید.

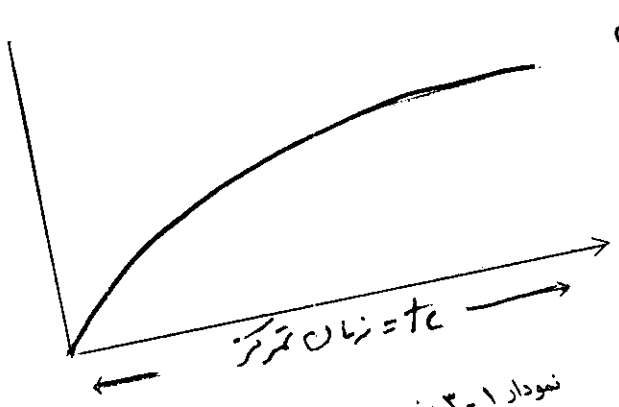
۱ - مآخذ منبع شماره ۲۸

چنان چه ضریب فشردگی حوضه برابر یک باشد، حوضه به شکل دایره‌ای کامل است و میزان ضریب بزرگتر از یک نشان‌دهنده انحراف از شکل دایره است.(۱)

و - زمان تمرکز:

طبق تعریف زمان تمرکز عبارت از مدت زمانی است که طی آن دورترین قطره آب نسبت به نقطه تمرکز لازم دارد تا مسیر خود را طی کند و به نقطه تمرکز برسد (در اینجا منظور فاصله هیدرولوژیکی است).

اگر فرض شود بارانی با شدت یکنواخت و برای مدت بسیار طولانی روی حوضه‌ای ببارد و شدت بارندگی نیز بیشتر از ظرفیت نفوذ باشد، بلافاصله پس از بارندگی جریان روان آب از نقطه تمرکز نیز شروع می‌شود، به تدریج با گذشت زمان دبی خروجی حوضه افزایش می‌یابد، زیرا روان‌آب‌های دیگر نقاط حوضه نیز به این نقطه می‌رسد و سرانجام پس از مدتی دبی به حداکثر خود می‌رسد و از آن به بعد تغییری در دبی حاصل نمی‌شود از شروع روان‌آب تا زمانی که دبی به مقدار ثابت خود می‌رسد مدتی طول می‌کشد که به آن زمان تمرکز یا C گفته می‌شود (نمودار ۱ ـ ۳).



نمودار ۱ ـ ۳ مفهوم زمان تمرکز

هـ ـ لیتولوژی و خاک حوضه :

نقش این دو عامل در هیدرولوژی از آن جایی قابل ارزش است که در نحوه تبدیل بارندگی به روان‌آب تاثیر می‌گذارند، خاک‌ها با نفوذپذیری مناسب به میزان زیادی آب‌های حاصل از بارندگی را به زمین نفوذ داده و باعث تغذیه سفره‌های زیرزمینی می‌گردد. در حالی که اراضی با بافت ریز و فشرده باعث می‌گردد که آب نتواند در زمین نفوذ نموده بلکه قسمت زیادی از آب به صورت روان‌آب در سطح زمین جاری می‌گردد، در مناطقی که از سنگ آهکی (کارست) تشکیل شده، آب از طریق شکاف‌ها و درز و شکست‌ها در زمین نفوذ کرده و منابع آب کارست را ایجاد می‌کند.

بنابراین بررسی نقشه‌های مربوط به سنگ‌شناسی و خاک می‌تواند اهمیت روان‌آب‌ها را مشخص کند. از طرف دیگر همان طورکه قبلاً نیز گفته شد این عوامل بر روی کیفیت آب نیز موثر می‌باشند.

ی ـ پوشش گیاهی :

پوشش گیاهی در حوضه‌های آبریز از عوامل تاثیرگذار بر روی هیدرولوژی می‌باشد که به طرق زیر ایفای نقش می‌کند.

اول : مقداری از بارش توسط اندام‌های هوایی گیاه تحت عنوان برگاب گرفته می‌شود.

دوم : مقدار قابل توجهی آب توسط گیاه جذب و مصرف می‌شود که به خشک شدن خاک و افزایش نفوذپذیری منتهی می‌شود.

سوم : وجود اندام‌های زمینی و همچنین اندام‌های پوسیده گیاهان موانع مکانیکی مناسبی در مسیر روان‌آب‌ها ایجاد می‌کند.

بنابراین مطالعات پوشش گیاهی می‌تواند نقش ارزنده‌ای در جلوگیری از جریان سیلاب داشته باشد؛ این در حالی است که پوشش گیاهی به صورت طبیعی باشد. زیرا از بین بردن پوشش گیاهی و تبدیل آن به اراضی کشاورزی و یا مناطق شهری نفوذپذیری اراضی را کاهش داده و امکان سیل‌خیزی را افزایش می‌دهد.

۳ ـ ۳ ـ مطالعات هیدرومتری[۱] :

یکی از موارد مورد نیاز در بررسی حوضه‌های مجاور شهرها شناخت چگونگی رفتار رودخانه‌ها و یا مسیل‌ها می‌باشد.

از این نظر در مطالعات هیدرولوژی بحثی تحت عنوان هیدرومتری یا اندازه‌گیری جریان آب مورد توجه قرار می‌گیرد.

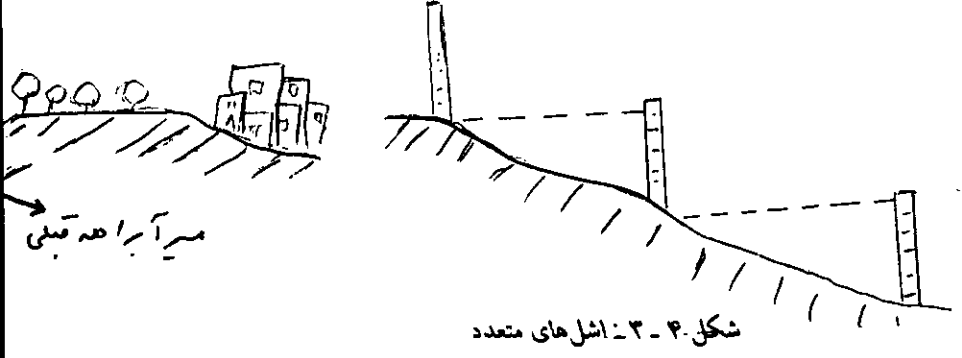
محاسبات هیدرومتری یک رودخانه براساس روابطی می‌باشد که بیشتر از طریق اطلاعات تجربی و مشاهدات مستقیم حاصل شده‌اند.

در بررسی‌های هیدرومتری چهار مورد بیشتر قابل توجه است که عبارتند از :

۱ ـ ۳ ـ ۳ ـ اندازه‌گیری سطح آب :

ساده‌ترین روش‌های اندازه‌گیری سطح آب نصب اشل یا خط‌کش اندازه‌گیری در کنار رودخانه می‌باشد. که در صورت مساعد بودن شرایط محل نصب، آن اطلاعات بدست آمده برای آگاهی از اندازه سطح آب کافی می‌باشد. ولی چنانچه شرایط محل نصب مناسب نباشد و یا در مسیر مورد نظر محل مناسب وجود نداشته باشد، با نصب چند اشل در مسیر رودخانه نسبت به تکمیل اطلاعات اقدام می‌نمایند.

در مواقعی که چندین خط‌کش نصب می‌گردد، خط‌کشی که در سطح بالاتری قرار دارد طوری نصب می‌شود که دنباله خط‌کش پائینی باشد (شکل ۴ ـ ۳).



شکل ۴ ـ ۳ ـ اشل‌های متعدد

۱ ـ مطالب این قسمت از این فصل تماماً از منبع ۲۱ برداشت شده است.

برای اندازه‌گیری سطح آب در مواقع عادی روزانه دوباره اشل را می‌خوانند ولی در مواقع طغیان خواندن اشل در روز چندین بار تکرار می‌شود.

از وسایل دیگر اندازه‌گیری سطح آب می‌توان به عمق‌یاب ـ لیمنوگراف یا دستگاه ثبات اندازه‌گیری سطح آب نام برد.

۲ـ۳ـ۳ـ اندازه‌گیری عمق آب :

برای اندازه‌گیری عمق آب از ابزار ساده‌ای بنام عمق‌سنج استفاده می‌شود که آن شامل یک میله مدرج است که در انتهای آن صفحه‌ای متصل است تا مانع از فرورفتن آن در داخل رسوبات نرم بستر شود. استفاده از این ابزار بیشتر در مواردی مناسب است که جریان آب آرام و عمق آب کم بوده باشد. در مواقع طغیانی از سیستمی شامل کابل‌هایی که به انتهای آن‌ها وزنه سنگینی نصب شده و بوسیله چرخی این کابل‌ها بدرون آب هدایت می‌گردد، استفاده می‌شود. هنگامی که وزنه سنگین انتهای کابل به کف رودخانه برخورد کند آن میزان از طول کابل را که در آب قرارگرفته است و معادل عمق آب است، اندازه‌گیری می‌نمایند. البته استفاده از این سیستم به علت آن که نمی‌توان موقعیت برخورد وزنه را به کف بستر دقیقاً مشخص نمود و یا چنانچه جریان سیلاب شدید باشد کابل‌ها نمی‌توانند در حالت عمودی باقی بمانند، اندازه‌گیری دقیقی را به دست نمی‌دهد. سیستم دیگری که برای عمق سنجی بکار می‌رود دستگاه اکوساندر Echosounder نامیده می‌شود که از طریق فرستادن امواج صوتی و زمان برگشت آن‌ها عمق آب را تعیین می‌کند.

۳ـ۳ـ۳ـ اندازه‌گیری سرعت آب :

برای اندازه‌گیری سرعت آب در رابطه با شرایط محل و امکانات مطالعه کنندگان از روش‌ها و وسایل مختلفی استفاده می‌شود که برخی از آن‌ها عبارتند از :

الف ـ اندازه‌گیری سرعت جسم شناور :

در این روش دو نقطه مشخص در نظر گرفته می‌شود و جسمی را در آب می‌اندازند و سپس با محاسبه زمانی که جسم فاصله دو نقطه را طی می‌کند محاسبه کرده و باتوجه به رابطه $V = \frac{L}{t}$ سرعت آب سنجیده می‌شود، که در این رابطه L

جذب نمایند.

اما در کشور ما نیز علیرغم وجود چشمه‌های معدنی فراوانی که در پهنه جغرافیایی کشور پراکنده‌اند و تعداد زیادی از آن‌ها در مجاورت شهرها و مراکز جمعیتی قرار دارند، متاسفانه جزء در مواقع و موارد محدودی، اکثراً فاقد تاسیسات بهداشتی و رفاهی می‌باشند و برخی از آن‌ها به دلیل عدم کنترل، خود از نظر بهداشتی تبدیل به مراکز آلوده‌ای شده‌اند. در حالی که اگر برنامه‌ریزان و مسؤلان شهری با نقش این گونه چشمه‌ها آشنایی داشته باشند، می‌توانند با برنامه‌ریزی‌های مناسب در این زمینه به رونق توریست و اقتصاد شهر خود کمک‌های فراوانی بنمایند.

فهرست منابع

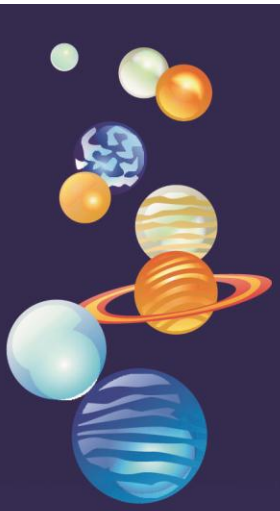
۱ـ آموراه ـ مهندسین مشاور ـ مطالعات حمل و نقل و ترافیک در تهیه طرح‌های تفضیلی ـ انتشارات شهرداری تهران ـ ۱۳۷۵
۲ـ احمدی ـ حسن ـ ژئومرفولوژی کاربردی ـ جلد اول ـ چاپ دوم ـ انتشارات دانشگاه تهران ـ ۱۳۷۴
۳ـ اصغری مقدم ـ محمدرضا ـ جغرافیای طبیعی شهر (ژئومرفولوژی) ـ انتشارات شب‌تاب ـ ۱۳۷۷
۴ـ اصغری مقدم ـ محمدرضا ـ هیدرومورفولوژی حوضه کال شور در منطقه سبزوار ـ رساله دکتری دانشگاه آزاد ـ ۱۳۷۶
۵ـ افشار ـ عباس ـ هیدرولوژی مهندسی ـ چاپ دوم ـ انتشارات مرکز نشر دانشگاه ـ ۱۳۶۹
۶ـ باستانی پاریزی ـ محمد ابراهیم ـ حماسه کویر ـ چاپ دوم ـ انتشارات امیرکبیر ـ ۱۳۵۷
۷ـ بهرام سلطانی ـ کامبیز ـ محیط زیست مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی ـ مرکز مطالعات مسکن و شهرسازی ـ ۱۳۷۱
۸ـ ترومب ـ فلیکس ـ آب‌های زیرزمینی ـ ترجمه مصطفی دنبلی ـ انتشارات آموزش انقلاب اسلامی ـ ۱۳۷۰
۹ـ جداری عیوضی ـ جمشید ـ جغرافیای آب‌ها ـ چاپ دوم ـ انتشارات دانشگاه پیام نور ـ ۱۳۷۴
۱۰ـ دریو ـ ماکس ـ مبانی ژئومورفولوژی ـ ترجمه دکتر منصور خیام ـ انتشارات یغما تبریز ـ ۱۳۶۶
۱۱ـ دریو ـ ماکس ـ ژئومورفولوژی اقلیمی و دینامیک خارجی ـ ترجمه دکتر منصور خیام ـ انتشارات نیما تبریز ـ ۱۳۷۰
۱۲ـ دوبون ـ آندره ـ هیدرولیک شهری ـ جلد یک ـ ترجمه محمد مهدی فتیده ـ نشر دانشگاهی ـ ۱۳۷۰

۱۳ـ رجایی ـ عبدالحمید ـ ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی و عمران ناحیه‌ای ـ نشر قومس ـ ۱۳۷۲
۱۴ـ رجایی عبدالحمید ـ کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین ـ نشر قومس ـ ۱۳۷۲
۱۵ـ رضویان ـ محمدتقی ـ اصغری مقدم ـ محمد رضا ـ طرح تحقیقاتی مسیل‌های شمال تهران ـ معاونت عمران شهرداری تهران ـ ۱۳۷۲
۱۶ـ رهنمایی ـ محمدتقی ـ جغرافیا ـ مجموعه مباحث و روش‌ها در شهرسازی ـ مرکز مطالعات مسکن و شهرسازی ـ ۱۳۶۹
۱۷ـ شنگ ـ تی‌سی ـ راهنمای آبخیزداری ـ ترجمه مهندس علی نجفی‌نژاد ـ انتشارات دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ـ ۱۳۷۶
۱۸ـ صادقی ـ سید شمس‌الدین ـ هیدروپولتیک و بحران آب ـ اطلاعات سیاسی ـ اقتصای ـ شماره ۱۲۶ ـ ۱۲۵ ـ سال ۱۳۷۷
۱۹ـ طاهری بهبهانی ـ محمد طاهر و.... ـ سیلاب‌های شهری ـ مرکز مطالعات مسکن و شهرسازی ـ ۱۳۷۵
۲۰ـ علیجانی بهلول و ... ـ مبانی آب و هواشناسی ـ چاپ اول ـ انتشارات سمت ـ ۱۳۷۱
۲۱ـ علیزاده ـ امین ـ اصول هیدرولوژی کاربردی ـ چاپ سوم ـ انتشارات آستان قدس ـ ۱۳۶۸
۲۲ـ غفوری ـ محمدرضا ـ شناخت ، آبمعدنی و چشمه‌های معدنی ایران ـ انتشارات دانشگاه تهران ـ ۱۳۶۶
۲۳ـ کردوانی ـ پرویز ـ منابع و مسائل آب در ایران ـ جلد یک ـ چاپ دوم ـ انتشارات دانشگاه تهران ـ ۱۳۶۸
۲۴ـ لو ـ ژان ـ هیدرولوژی آب‌های سطحی ـ ترجمه دکتر مجید زاهدی ـ انتشارات نیما تبریز ـ ۱۳۷۰
۲۵ـ مقتدر مژدهی ـ عبدالحسین ـ هیدرولوژی ـ چاپخانه زیبا ـ ۱۳۴۴
۲۶ـ منزوی ـ م . ت ـ آبرسانی شهری ـ چاپ هشتم ـ انتشارات دانشگاه تهران ـ ۱۳۷۵

۲۷ـ مهدوی ـ محمد ـ هیدرولوژی کاربردی ـ جلد اول ـ چاپ اول ـ انتشارات دانشگاه تهران ـ ۱۳۷۱
۲۸ـ مهدوی ـ محمد ـ هیدرولوژی کاربردی ـ جلد دوم ـ چاپ دوم ـ انتشارات دانشگاه تهران ـ ۱۳۷۴
۲۹ـ وزارت آموزش و پرورش ـ زمین‌شناسی سال سوم دبیرستان ـ دفتر برنامه‌ریزی تالیف کتاب‌های درسی ـ ۱۳۷۶
۳۰ـ وزارت نیرو ـ بولتن وضعیت منابع آب کشور ـ شماره ۹ ـ سال ۱۳۷۳
۳۱ـ وزارت نیرو ـ فصلنامه آب و توسعه ـ از شماره ۱ تا ۱۵ ـ سال‌های ۱۳۷۵ ـ ۱۳۷۲
۳۲ـ ولایتی ـ سعداله ـ جغرافیای آب‌ها و مدیریت منابع آب ـ انتشارات خراسان ـ ۱۳۷۱
۳۳ـ ویست ـ راجرد ـ شناخت آب‌های زیرزمینی ـ چاپ دوم ـ ترجمه دکتر هرمز بازوش ـ انتشارات دانشگاه تهران ـ ۱۳۶۹

مادسیج

شبکه آموزشی – پژوهشی ایران



مادسیج، پنجره ای به یادگیری نوین

مادسیج مخفف کلمه madsage **به معنای شیفته دانایی و در مفهوم بومی به معنای دهکده علم و دانش ایران می باشد. در این مفهوم اشاره به دو کلمه سیج (یکی از روستاهای زیبای کشورمان) و ماد (یکی از اولین اقوام ایران) می باشد.**

شبکه آموزشی– پژوهشی مادسیج (IRESNET**) با هدف بهبود پیشرفت علمی و دسترسی هرچه راحت تر جامعه بزرگ علمی ایران، در فضای مجازی ایجاد شده است. هسته اولیه مادسیج از طرح پایان نامه کارشناسی ارشد جناب آقای رضا محمودی دانش آموخته رشته مدیریت آموزشی دانشگاه تهران که با راهنمایی استاد گرانقدر جناب آقای دکتر عبادی معاون دانشگاه مجازی مهر البرز می باشد، بر گرفته شده است .**

IRan Education & Research NETwork