درس هیدرولوژی کاربردی

- مراجع درس
- هیدرولوژی کاربردی ، دکتر محمد مهدوی ، جلد ۱ ، دانشگاه تهران ، ۱۳۸۵
- هیدرولوژی کاربردی ، دکتر محمد مهدوی ، جلد ۲، دانشگاه تهران ، ۱۳۸۶
- هیدرولوژی کاربردی، امین علیزاده، انتشارات آستان قدس رضوی
- هیدرولوژی آب های سطحی ، علی اصغر موحد دانش ، انتشارات سمت،
- هیدرولوژی کاربردی، دکتر سعداله ولایتی، دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۱
- Applied Hydrology, V. T. Chow et al., MGH, 1988
- Applied principles of Hydrology, C. maning John, 1992
- مراجع اضافی
- Hydrology and Flood-plain Analysis, P. B. Bedient et al., Addison Wisely, 1988
- Engineering Hydrology, K. Subramanya, TMH, 1988
- Introduction to Hydrology, W. Wiessman et al.
- Elementary Hydrology, V. P. Singh, 1992
- پایگاههای مفید اینترنت (Web Link
- Hydrological Engineering Center (HEC), US Army Corps of Engineering, www.hec.usace.army.mil
- Hydrology Web, http://terrassa.prl.gov.2080/EESC/resorcelist/hydrology/data/html
- River Forecasting, www.nws.noaa.gov/er/iln/index1.html
- Metrological/Hydrological Cycle, http://www.2010.atmos.uiuc.edu/[GH]/guides/mtr/hyd/home/rxml

هیدرولوژی مهندسی

۱۰۱	هیدرولوژی مهندسی	کی سوبرامانیا ؛ مترجم محمد شعبانی	نی ریز: دانشگاه آزاد اسلامینی ریز: پژوهشی نوآوران شریف
۱۰۲	هیدرولوژی مهندسی	شجاع الدین سیمافر	تبریز: دانشگاه صنعتی سهند
۱۰۳	هیدرولوژی مهندسی	عباس افشار	تهران: مرکز نشر دانشگاهی
۱۰۴	هیدرولوژی مهندسی	محمد نجمایی	تهران: سارا
۱۰۵	هیدرولوژی مهندسی	مؤلف امیرمهران جعفری	تهران: دریای اندیشه
۱۰۶	هیدرولوژی مهندسی	تألیف ک سوبرا مانیا؛ ترجمه رضا هاشمی	مشهد: شعرا
۱۰۷	هیدرولوژی مهندسی	مؤلف بنفشه نوروزی	: گرگان: انتشارات نوروزی
۱۰۸	هیدرولوژی مهندسی	تألیف حمیدرضا صفوی	اصفهان: ارکان دانش
۱۰۹	هیدرولوژی مهندسی	تألیف رضا الوانکار	تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، تهران جنوب
۱۱۰	هیدرولوژی مهندسی (تئوری – عملی)	تألیف ناصر حاجیان	اصفهان: کنکاش
۱۱۱	هیدرولوژی مهندسی برای دانشجویان عمران	نویسندگان غلامحسن رضایی ولیسه، محمد رضایی ولیسه	شاهرود: دانشگاه آزاد اسلامی شاهرود
۱۱۲	هیدرولوژی مهندسی کاربردی (آب های سطحی): فیزیوگرافی و توپوگرافی حوزه های آبخیز	تألیف و گردآوری میرامید هادیانی	قائم شهر: دانشگاه آزاد اسلامی قائمشهر؛ بابل: مبعث

سرفصل دروس دوره کارشناسی جغرافیا

عنوان درس: **هیدرولوژی**	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: پایه - نظری	دروس پیش نیاز: ندارد
Hydrology	تعداد ساعت: ۳۲	آموزش تکمیلی عملی: دارد□ ندارد■	
استاد متخصص برای تدریس: متخصص هیدرولوژی		سفرعلمی□ آزمایشگاه□ کارگاه□ سمینار□	

اهداف:

۱.آشنایی با چرخه آب در کره زمین

۲.آشنایی با حوضه‌های آبریز

۳.آشنایی با مبانی تشکیل جریانهای سطحی

سرفصل ها:

۱.مقدمه: اهمیت و ضرورت شناخت علم هیدرولوژی (مثال‌های عینی سیل و خشکسالی و کیفیت آب)

۲.تعاریف و مفاهیم هیدرولوژی و انوع علوم آن

۳.آشنایی با عناصر چرخه هیدرولوژیک

۴.بیلان آب

۵.شناخت ویژگی‌های حوضه‌های آبریز و آشنایی با مبانی فیزیوگرافیک آنها

۶.تشکیل رواناب سطحی و عوامل مؤثر بر آن

۷.عوامل مؤثر بر چرخه هیدرولوژیک و بیلان آب (نقش عوامل انسانی)

۸.تغییرات زیست‌محیطی مؤثر بر سیستم‌های آبی (تغییر اقلیم، کاربری اراضی، فاضلاب و آبیاری)

۹.عوامل مسلم هواشناسی در هیدرولوژی (استخر، دما، رطوبت و باد)

۱۰.تبخیر و تعرق (روشهای اندازه‌گیری و برآورد)

۱۱.بارندگی (انواع بارش، اندازه‌گیری بارش و برف)

۱۲.تحلیل نقطه‌ای

۱۳.مقدمه‌ای بر تحلیل منطقه‌ای بارندگی (پایه زمانی مشترک، ؟ داده‌ها و بازسازی داده‌ها)

منابع:

۱.علیزاده، امین (۱۳۸۴)، هیدرولوژی کاربردی، مشهد: انتشارات استان قدس رضوی.

۲.مهدوی، محمد (۱۳۸۰)، هیدرولوژی کاربردی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۳.موحد دانش، علی اصغر (۱۳۷۸)، هیدرولوژی آبهای سطحی ایران، تهران: انتشارات سمت.

سرفصل درسهای تخصصی گرایش ژئومورفولوژی (کارشناسی جغرافیا)

عنوان درس: **هیدرولوژی کاربردی**	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری	دروس پیش نیاز: هیدرولوژی
Applied Hydrology	تعداد ساعت:۳۲	آموزش تکمیلی عملی: دارد□ ندارد■	
استاد متخصص برای تدریس: متخصص ژئومورفولوژی		سفرعلمی□ آزمایشگاه□ کارگاه□ سمینار□	

اهداف:

۱. آشنایی با تحلیل منطقه‌ای پارامترهای هیدرولوژیک
۲. آشنایی با روش‌های دبی سنجی
۳. آشنایی با کیفیت آب

سرفصل ها:

۱.تحلیل منطقه‌ای پارامترهای هیدرولوژیک (روش تعیین روش منحنی‌های هم باران)
۲.مفاهیم هیدرومتری (اندازه‌گیری آب)
۳.اندازه‌گیری حجم آب‌های ساکن و مخازن آبی
۴.اندازه‌گیری آب‌های جاری به روش حجمی
۵.اندازه‌گیری سرعت آب به روش حجم شناور و خط کش سرعت سنج
۶.اندازه‌گیری سرعت آب به روش مولینه و سطح مقطع
۷.اندازه‌گیری دبی آب به روش سرعت
۸.روش‌های تجربی برآورد سرعت و دبی آب
۹.اندازه‌گیری دبی با استفاده از فلوم
۱۰.رسم منحنی تراز ـ دبی و کاربرد آن
۱۱.انواع شاخص‌های دبی (روزانه، ماهانه حداکثر، حداقل، دبی ویژه، حداکثر لحظه‌ای سالانه)
-هیدروگراف
-کیفیت آب

منابع:

۱.علیزاده، امین (۱۳۸۲)، اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد: انتشارات دانشگاه مشهد.
۲.موحد دانش، علی اصغر (۱۳۸۲)، هیدرولوژی آبهای سطحی ایران، تهران: سمت.
۳روش تحقیق در هیدرو ژئو لوژی کارست، ترجمه مهرنوش قدیمی ،ابراهیم مقیمی و آرش ملکیان، انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۹۴۰

ارزشیابی: تمرینات و پروژه ۴ نمره؛ میان ترم ۶ نمره ؛ پایان ترم ۱۰ نمره

هفته	موضوع درس
۱	مقدمه و انگیزه، تعاریف، مرور درسهای مرتبط قبلی
۲	تجزیه و تحلیل آمار بارندگی
۵	تبخیر و تعرق
	اندازه گیری سرعت و شدت آبهای سطحی
۷	امتحان میان ترم
۸	رواناب ها و عوامل موثر در تولید آنها
۹	بررسی مختصات حوزه آبی و نحوه محاسبه پارامتر های آن
۱۳	هیدروگراف
	هیدرولوژی آب های زیرزمینی و چاه ها
	کیفیت آب
۱۵	امتحان پایان ترم

فصل اول

کلیات

- **بارندگي** (Precipitation) فرایندی است که طی آن بخار آب تحت شرایط جوی متراکم شده و بصورت مایع یا جامد بر اثر نیروی گرانش زمین بر سطح زمین ببارد.
- شکلهای اصلی بارندگی شامل نم نم باران، باران، برف و باران، برف و تگرگ است.

مکانیسم تشکیل باران

- نظریه برژرون
- همامیزی
- باروری ابرها

مکانیسم تشکیل باران

- نظریه برژرون

براساس نظریه برژرون (دانشمند هواشناس نروژی)، در عرضهای جغرافیایی میانه و بالا، ابرها بقدری مرتفع هستند که درجه حرارت آنها به زیر نقطهٔ انجماد می‌رسد. در چنین ابرهایی قطرات کوچک آب و بلورهای یخ به صورت توأم وجود دارند. در این وضعیت چون فشار بخار آب روی آب بیشتر از فشار بخار روی یخ در همان درجه حرارت است لذا چنین به نظر می‌رسد که هوا از نظر قطرات آب در حالت اشباع و از نظر بلورهای یخ در حالت فوق اشباع است. باتوجه به این که بخار آب به‌تدریج در اطراف ذرّات یخ انباشته می‌شود، کم‌کم هوا از حالت اشباع خارج شده و قطرات کوچک آب شروع به‌تبخیر می‌کنند. این عمل آن‌قدر ادامه پیدا می‌کند تا تمام قطرات کوچک آب تبخیر شوند و یا آن‌که بلورهای یخ در اثر تراکم بخار روی آنها بقدری بزرگ شوند که از ابر خارج و به پایین سقوط نمایند. ذرات یخ در طی سقوط، گرم و ذوب می‌شوند و به صورت قطرات باران درمی‌آیند که با همامیزی، درشت و درشت‌تر می‌شوند. به عبارت دیگر، بزرگ شدن بلورهای یخ به قیمت از بین رفتن قطرات کوچک آب تمام می‌شود. این پدیده - که معمولاً در ابرهایی که دمای آنها ۱۰- تا ۳۰- درجه سانتی‌گراد است به خوبی عمل می‌کند - به نام پدیدهٔ برژرون نام‌گذاری شده است.

مکانیسم تشکیل باران

- همامیزی

همامیزی فرایند دیگری است که در بزرگ شدن قطرات باران مؤثر است. در ابرهایی که دمای آنها بالاتر از صفر درجه است، ذرات یخ وجود ندارند و قطرات کوچک ابر در اثر تصادم و برخورد با یکدیگر بتدریج بزرگ و سپس در اثر وزن خود سقوط کرده که در طی سقوط نیز با قطرات کوچک دیگر برخورد می‌کنند. بدین‌ترتیب قطره‌های نسبةً بزرگ باران بوجود می‌آیند. باتوجه به این که هستکها در این شرایط عمدةً از ذرات ریز نمک تشکیل می‌شوند چنین پدیده‌ای بیشتر در روی اقیانوسها تشکیل می‌شود. از شرایط لازم برای این همامیزی، بالا بودن دما در ابر و وجود آب مایع در آن است. به این دلیل تشکیل این‌گونه بارانها بیشتر در ماههای تابستان و در ابرهای کم‌ارتفاع صورت می‌گیرد.

مکانیسم تشکیل باران

- باروری ابرها

باروری ابرها یک فرایند مصنوعی برای وارد کردن هستک‌ها به داخل ابر است تا به این وسیله شرایط برای ایجاد باران فراهم گردد. یدور نقره یکی از موادی است که توسط هواپیما در ابر پاشیده می‌شود. در این عمل محلول یدور نقره با شعله پروپان تبخیر شده و ایجاد ذرات ریزی که بتوانند بعنوان هستک عمل کنند می‌نماید. گرچه پژوهشها و آزمایشات زیادی در این مورد صورت گرفته است اما بدلیل متغیر بودن فرایندهای هواشناسی که در ایجاد بارندگی دخالت دارند نتایج مشابه و یکنواختی از این گونه تجارب بدست نیامده است.

مکانیسم تشکیل باران

- گرچه وجود رطوبت در هوا برای ایجاد بارندگی الزامی است اما تنها این شرط کافی نیست
- لذا علاوه بر وجود رطوبت و هستکهای خارجی برای انجام عمل تراکم، فرایند خنک شدن دینامیک هوای مرطوب نیز الزامی است.
- سرد شدن دینامیک هوا به طروق زیر صورت میگیرد:

✓انبساط بی دررو هوا

✓برخورد دو توده هوا با خصوصیات مختلف

✓تصادم یک توده هوای مرطوب به جسم سردی مانند زمین

الگوهای مختلف بارش

- بارانهای کوهستانی
- باران های جبهه ای
- بارانهای همرفتی

الگوهای مختلف بارش

- بارانهای کوهستانی

اگر یک تودهٔ هوا در مسیر حرکت خود مجبور به صعود از کوه گردد به هنگام بالا رفتن تحت تأثیر گرادیان قائم درجهٔ حرارت سرد شده و پس از رسیدن به نقطهٔ چگالش تولید بارندگی می‌کند. بارندگیهایی که به این صورت به وجود می‌آید به نام *کوه بارش* معروفند. این بارانها را بارانهای *اوروگرافیک* (orographic) یا کوهستانی نیز می‌نامند. کوه بارشها را در اکثر مناطق کوهستانی و تپه‌ای جهان که شرایط برای متراکم شدن ابرها وجود داشته باشد می‌توان مشاهده کرد. بنابراین ساده‌ترین شکل سردشدن دینامیکی هوا و ایجاد بارش از نوع اوروگرافیک است.

الگوهای مختلف بارش

- باران های جبهه ای

چنانچه سرد شدن هوا در اثر تلاقی دو تودهٔ هوای مختلف باشد، تولید بارانهایی می‌کند که توأم با باد است و چون مرز بین دو توده، جبهه نام دارد این بارانها نیز جبهه‌ای (frontal) نام گرفته‌اند. در دنیا فقط محدودهٔ مشخصی است که بیشتر محل برخورد توده‌های هواست. این محدوده بین مدارهای ۳۰ درجه تا ۶۰ درجه در دو نیمکره قرار گرفته است. در این مناطق جبهه‌های قطبی توده‌های هوایی راکه منشأ قطبی دارند از توده‌هایی که منشأ حاره‌ای دارند مجزا می‌سازند.

الگوهای مختلف بارش

- بارانهای همرفتی

بسیاری از بارندگیهای مناطق گرم جهان به دلیل شرایط محلی است که نمی‌توان موقعیت آنها را در نقشه‌های جهانی هواشناسی مشخص کرد. مثلاً توده‌های گرم دریایی در هنگام عبور از سطح زمین بتدریج گرم می‌شوند و به بالا صعود می‌نمایند تا جایی که به اندازهٔ کافی سرد شده و به نقطهٔ شبنم می‌رسند. به این نوع بارندگیها ***بارانهای همرفتی یا جابجایی*** (convective) گویند.

در وضعیت آب و هوایی ایران هر سه نوع بارندگی را می‌توان مشاهده کرد. نزولات زمستانی بیشتر جبهه‌ای و رگبارهای کوتاه مدت بهاری، عمدتاً از نوع همرفتی می‌باشند. در کوهپایه‌ها نیز به‌دلیل عبور توده‌های هوا از روی ارتفاعات، بارندگی‌ها بیشتر از نوع اوروگرافیک است.

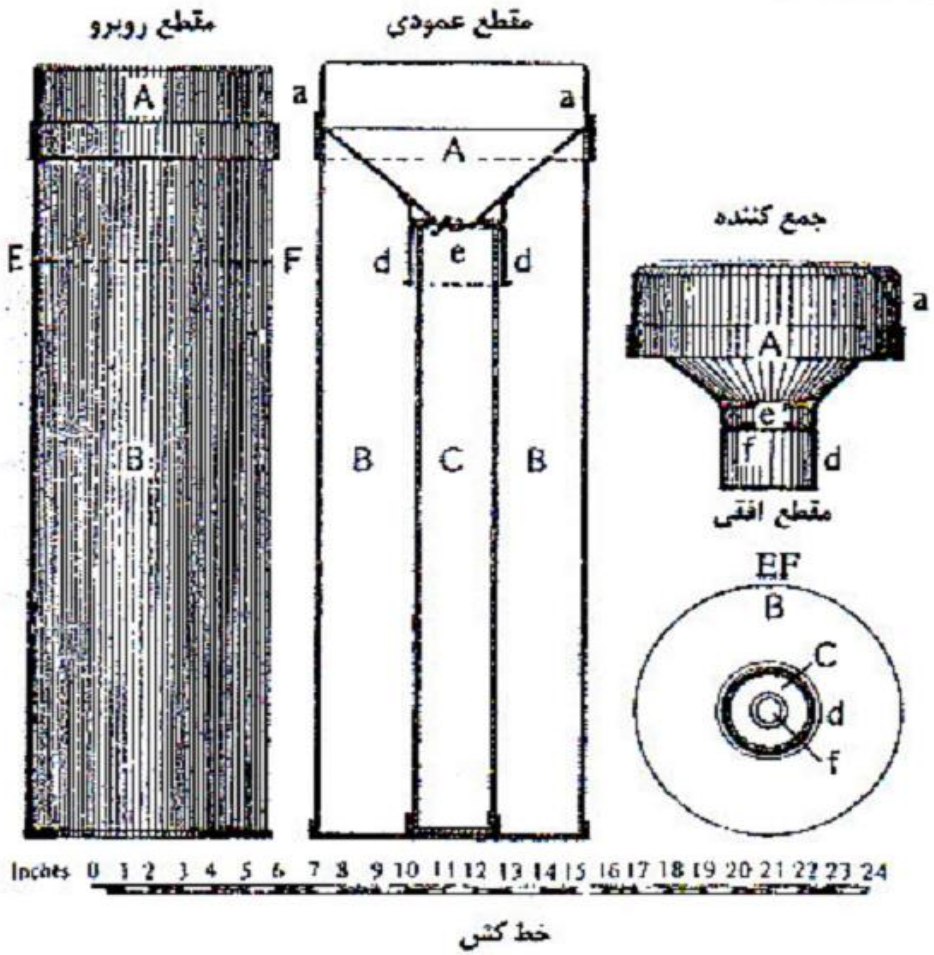
اندازه گیری نزولات جوی

- باران سنجی
- برف سنجی

اندازه گیری نزولات جوی

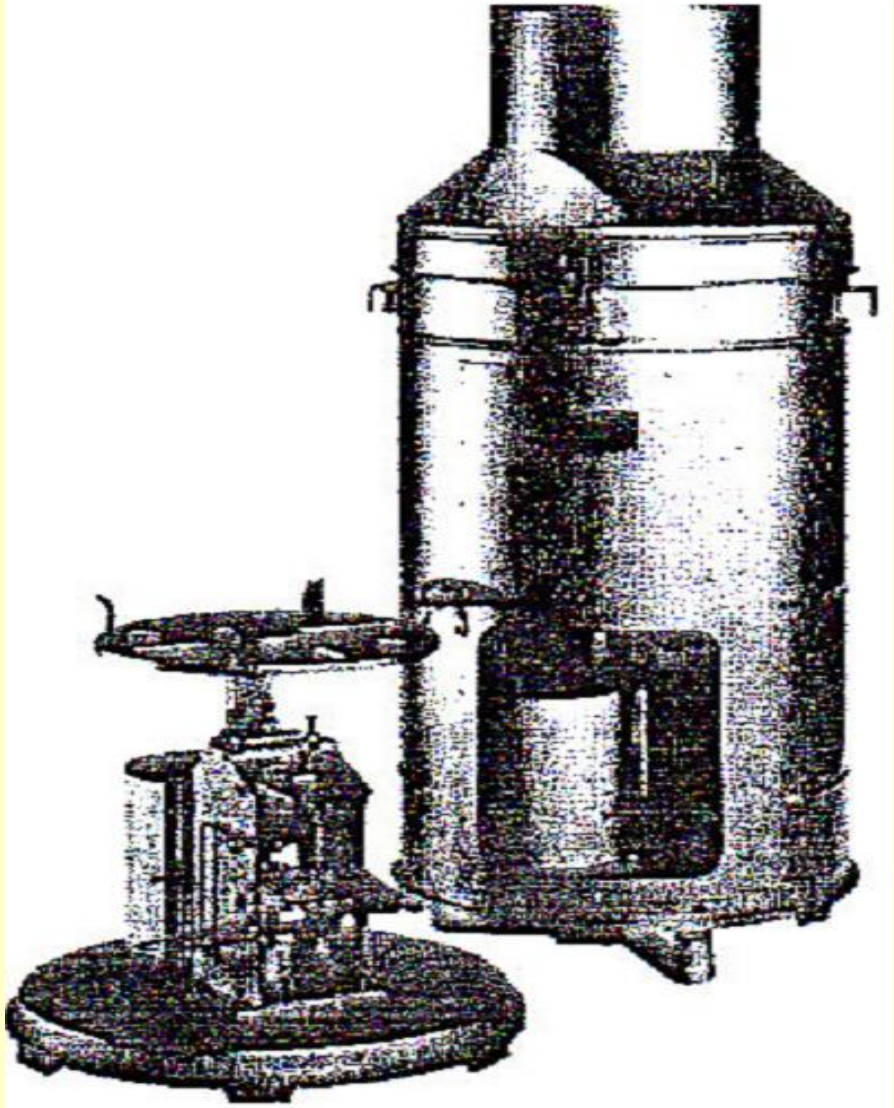
- روشهای باران سنجی
- باران سنج های ساده
  - باران سنج روزانه معمولی
  - باران سنج ذخیره ای
- باران سنج ثبات
- رادار های هواشناسی
- امواج تلفن همراه
- ماهواره های هواشناسی

اندازه گیری نزولات جوی



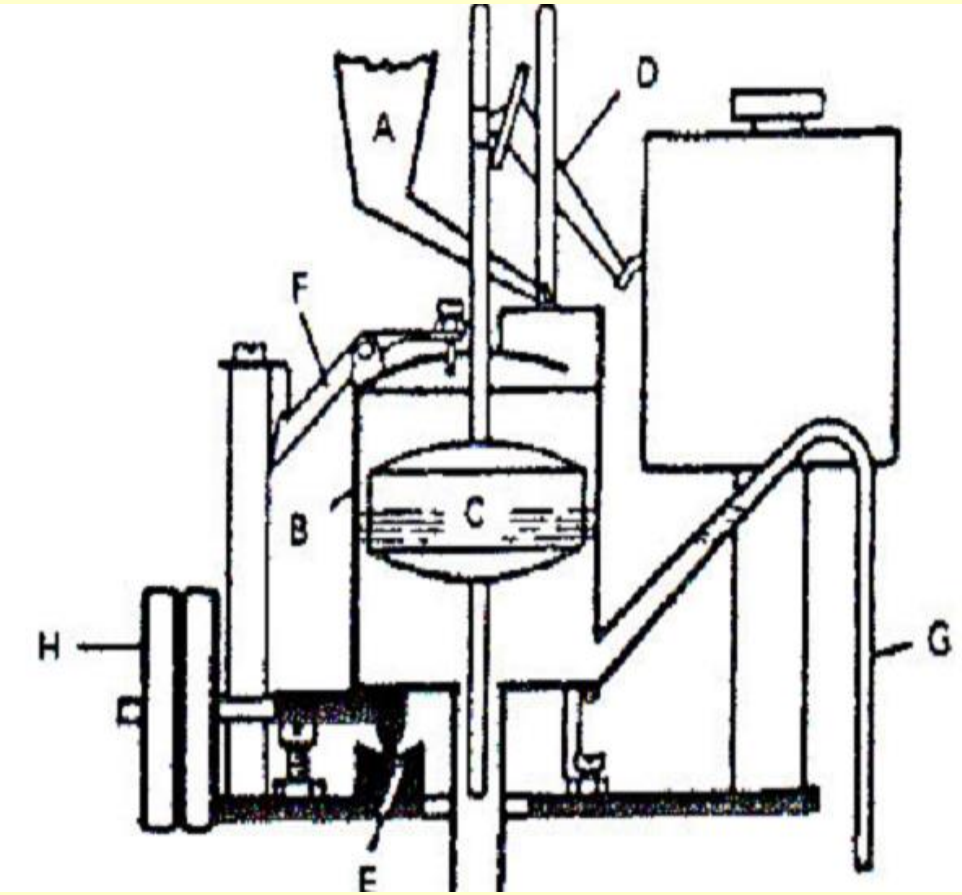
شکل ۵-۳ باران‌سنج معمولی که عمق باران با قرار دادن یک خط‌کش در استوانه داخلی، سنجیده می‌شود.

اندازه گیری نزولات جوی



شکل ۵-۴ باران‌نگار وزنی

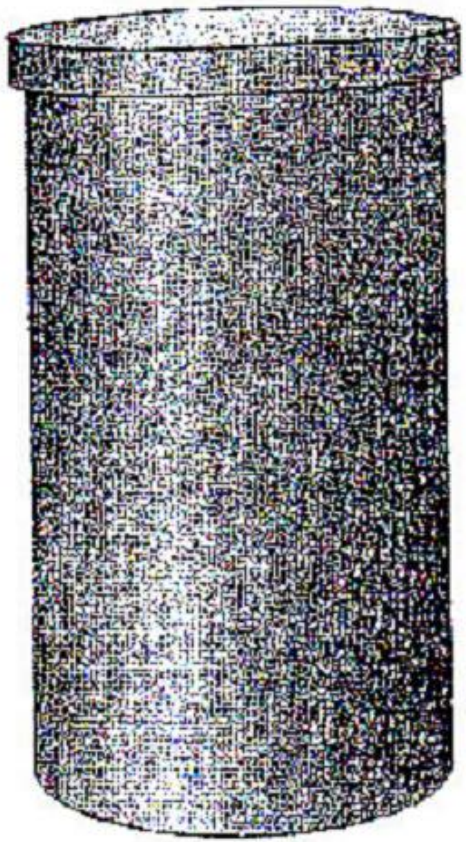
اندازه گیری نزولات جوی



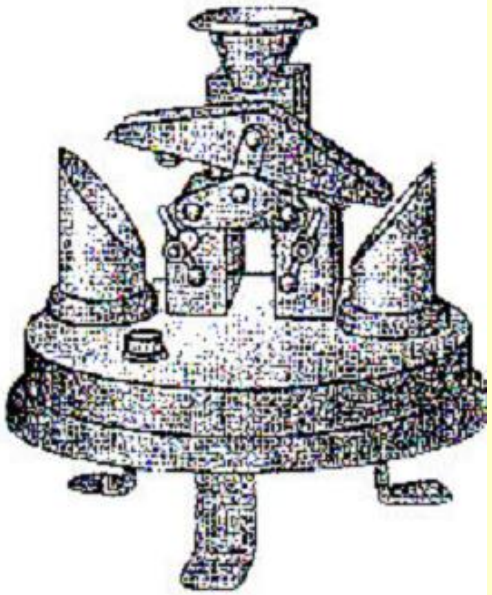
شکل ۵-۵ اجزای تشکیل دهندهٔ باران‌نگار سیفونی. A- قیف گیرنده B- استوانهٔ جمع‌کنندهٔ آب C- جسم شناور D- بازوی قلم رسام E- تیغه F- بازو G- سیفون و H- وزنه

اندازه گیری نزولات جوی

(a)



(b)



شکل ۵-۶ باران‌سنج استاندارد امریکائی (a) و باران‌سنج ترازوئی (b)

اندازه گیری نزولات جوی

- روش های برف سنجی
- با استفاده از باران سنج
- ایستگاه برف سنجی

اندازه گیری نزولات جوی

- روش های برف سنجی
- با استفاده از باران سنج

عمق برف در یک منطقه ۰/۵ متر و چگالی آن ۲۰ درصد برآورد شده است. عمق آب معادل آن چقدر است.

حل

چگالی برف = 0.2

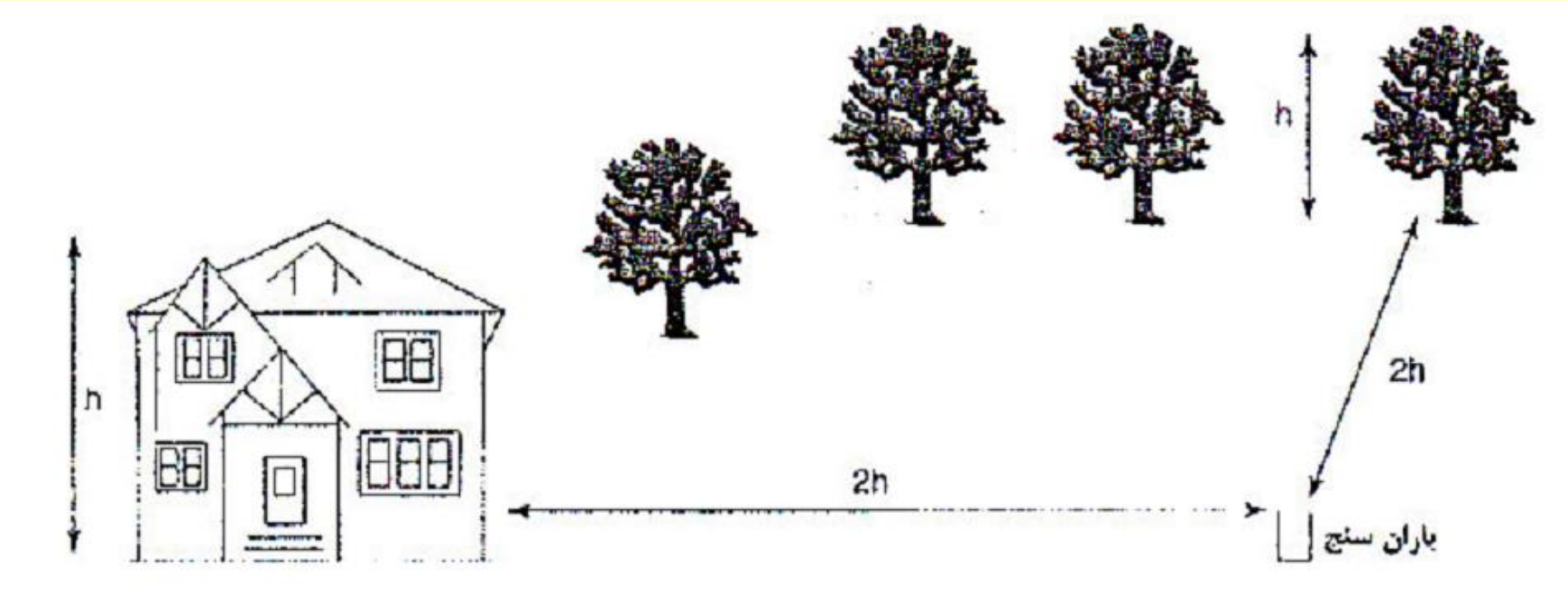
عمق برف = 0.5 × 100 = 50 cm

عمق آب معادل = 50 × 0.2 = 10 cm = 100 mm

محل نصب باران سنجها

- محلی مناسب که نماینده حوضه مورد نظر باشد
- زمین مسطح
- دسترسی راحت
- باران سنج بصورت قائم نصب شود
- فضای اطراف باران سنج باز باشد

محل نصب باران سنجها



تعداد باران سنجها در شبکه باران سنجی

- مطالعات منطقه ای
- در مناطق مسطح و آب و هوای معتدل یک ایستگاه در ۶۰۰ تا ۹۰۰ کیلومتر مربع
- در مناطق کوهستانی و آب و هوای معتدل یک ایستگاه در ۲۵۰تا ۴۰۰کیلومتر مربع(یک ایستگاه در هر فاصله تراز ۵۰۰ متر)
- در مناطق کویری یک ایستگاه به ازای ۱۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع

تعداد باران سنجها در شبکه باران سنجی

- مطالعات منطقه ای
- در مناطق مسطح و آب و هوای معتدل یک ایستگاه در ۶۰۰ تا ۹۰۰ کیلومتر مربع
- در مناطق کوهستانی و آب و هوای معتدل یک ایستگاه در ۲۵۰تا ۴۰۰کیلومتر مربع(یک ایستگاه در هر فاصله تراز ۵۰۰ متر)
- در مناطق کویری یک ایستگاه به ازای ۱۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع

تعداد باران سنجها در شبکه باران سنجی

- جهت اجرای طرحهای هیدرولیکی

تعداد باران سنجها در شبکه باران سنجی

- در مناطق خشک و نیمه خشک جهت برنامه هشدار سیل

تعداد باران سنجها در شبکه باران سنجی

- برای حوضه های واجد تعدادی ایستگاه با توجه به دقت اندازه گیری

تعداد باران سنجها در شبکه باران سنجی

- برای حوضه های واجد تعدادی ایستگاه با توجه به دقت اندازه گیری

مشخصات بارندگی

- مدت بارندگی
- مقدار بارندگی
  - متوسط بارندگی سالانه
  - متوسط بارندگی ماهانه
  - حداکثر بارش روزانه در سال
  - حداکثر بارش ۶ ساعته
  - حداکثر بارش یک ساعته
- شدت بارندگی
- فراوانی وقوع
- سطح بارش

مشخصات بارندگی

- مدت بارندگی
- فاصله زمانی بین شروع و پایان هر بارندگی را مدت یا دوام بارندگی (duration) گویند
- مدت بارندگی یک متغیر تصادفی پیوسته است.

مشخصات بارندگی

- مقدار بارندگی
  - متوسط بارندگی سالانه
  - متوسط بارندگی ماهانه
  - حداکثر بارش روزانه در سال
  - حداکثر بارش ۶ ساعته
  - حداکثر بارش یک ساعته

مشخصات بارندگی

- شدت بارندگی

شدّت بارندگی شدت بارش (intensity) مقدار بارندگی در واحد زمان است که معمولا برحسب میلی‌متر بر ساعت یا اینچ بر ساعت توصیف می‌شود.

$$i = p/t$$

در این فرمول p مقدار بارندگی، t مدت بارندگی و i شدت بارش می‌باشد.

مشخصات بارندگی

- فراوانی وقوع
- تعداد مرتبه وقوع یک رخداد در یک دوره زمانی معین
- دوره بازگشت : متوسط تعداد سال هایی است که بین وقوع دو رخداد مشابه وجود دارد

$$F = 1/\mathrm{T}$$

- F : فراوانی وقوع
- T : دوره برگشت

مشخصات بارندگی

- فراوانی وقوع
- برای N سال آمار ، مقادیر وقوع بارندگی را به ترتیب نزولی یا صعودی مرتب و شماره گزاری کرده و با توجه به فرمول زیر دوره برگشت محاسبه می شود

N : تعداد سال های آماری

- T : دوره برگشت
- M : شماره ردیف

$$N=Tm$$

مشخصات بارندگی

حداکثر بارش ۲۴ ساعته (روزانه) در یک ایستگاه هواشناسی در طی سالهای مختلف اماری به شرح زیربوده است. در این ایستگاه حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره برگشت ۵ سال چقدر است؟

سال	بارندگی (mm)	سال	بارندگی (mm)	سال	بارندگی (mm)	سال	بارندگی (mm)
۱۳۶۱	۳۶/۵	۱۳۶۴	۸۲/۰	۱۳۶۷	۷۱/۲	۱۳۷۰	۱۸/۱
۱۳۶۲	۲۹/۰	۱۳۶۵	۲۷/۸	۱۳۶۸	۴۸/۳	۱۳۷۱	۲۹/۰
۱۳۶۳	۵۶/۲	۱۳۶۶	۲۳/۴	۱۳۶۹	۳۱/۴	۱۳۷۲	۶۵/۰

مشخصات بارندگی

چون منظور این است که بدانیم حداکثر بارش ۲۴ ساعته که هر ۵ سال یکبار اتفاق می‌افتد چه مقدار یا بیشتر است لذا داده‌های فوق را به ترتیب نزولی ردیف می‌کنیم و به هر کدام یک شماره اختصاص می‌دهیم (m).

ردیف	بارندگی (mm)	ردیف	بارندگی (mm)	ردیف	بارندگی (mm)	ردیف	بارندگی (mm)
۱	۸۲/۰	۴	۵۶/۲	۷	۳۱/۴	۱۰	۲۷/۸
۲	۷۱/۲	۵	۴۸/۳	۸	۲۹/۰	۱۱	۲۳/۴
۳	۶۵/۰	۶	۳۶/۵	۹	۲۹/۰	۱۲	۱۸/۱

در این جدول مشاهده می‌شود که بارانی با مقدار ۸۲/۰ میلی‌متر در صدر جدول بوده لذا احتمال وقوع بارانی که مقدار آن حداقل ۸۲ میلی‌متر باشد یک دوازدهم یا ۸/۳ درصد است بعبارت دیگر دوره بازگشت آن یکبار در ۱۲ سال است و بارانی که مقدار آن ۷۱/۲ میلی‌متر یا بیشتر باشد در هر ۱۲ سال دوبار اتفاق و یا بارانی که مقدار آن ۱۸/۱ میلی‌متر یا بیشتر باشد بر اساس ۱۲ سال آمار هر سال (یک بار در هر سال) اتفاق افتاده است. لذا بر طبق فرمول $y=T.m$ خواهیم داشت:

مشخصات بارندگی

بنابراین مقدار m برابر ۲/۴ بدست می‌آید. یعنی بارانی که بخواهد هر ۵ سال یکبار اتفاق افتد در ردیف ۲/۴ قرار دارد که مقدار آن بین ردیف دوم و سوم و در حدود $\frac{۶۵/۰ + ۷۱/۲}{۲} = ۶۸/۰$ میلی‌متر می‌باشد. به عبارت دیگر هر ۵ سال یکبار وضعیتی خواهیم داشت که حداکثر مقدار بارندگی در ۲۴ ساعت، ۶۸ میلی‌متر یا بیشتر باشد. البته در عمل چون ردیف ۲/۴ نداریم برای اطمینان بیشتر رقم ردیف ۲ یعنی ۷۱/۲ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. اگر خواسته باشیم مقدار بارانی راکه هر ۵ سال یکبار مشابه آن یا کمتر از آن اتفاق می‌افتد به دست آوریم باید دومین رقم از پایین (ترتیب صعودی) را درنظر می‌گرفتیم که در این صورت ۲۳/۴ میلی‌متر خواهد بود و خواهیم گفت هر ۵ سال یکبار وضعیتی خواهیم داشت که در آن حداکثر بارش روزانه ۲۳/۴ میلی‌متر یا کمتر باشد.

مشخصات بارندگی

بارندگی سالانه در یک منطقه بر اساس آمار ۱۲ سالهٔ آن مطابق جدول زیر است. مقدار بارندگی در خشکترین سالی که دورهٔ برگشت آن ۴ سال است چقدر می‌باشد؟

سال	بارندگی (mm)	سال	بارندگی (mm)	سال	بارندگی (mm)	سال	بارندگی (mm)
۱۳۶۸	۲۴۰	۱۳۷۱	۱۶۵	۱۳۷۴	۲۳۰	۱۳۷۷	۲۰۵
۱۳۶۹	۱۷۵	۱۳۷۲	۲۶۸	۱۳۷۵	۱۹۵	۱۳۷۸	۱۹۵
۱۳۷۰	۲۱۰	۱۳۷۳	۲۱۰	۱۳۷۶	۱۶۸	۱۳۷۹	۲۱۲

مشخصات بارندگی

- سطح بارش

به مساحتی گفته می شود که هنگام اندازه گیری باران در منطقه می توان به اطراف تعمیم داد.

مساحتی را که هر بارش در هنگام وقوع در بر می گیرد

سطح بارش ثابت نیست و در طول مدت بارش تغییر می کند

برای اندازه گیری سطح بارش به تعدادی بارا سنج که در نقاط مختلف وجود داشته باشد نیاز است.

تخمین بارندگی در سطح یک منطقه

- روش میانگین ریاضی
- روش چند ضلعی های تیسن
- روش خطوط همباران

تخمین بارندگی در سطح یک منطقه

- روش میانگین ریاضی

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + P_n}{n}$$

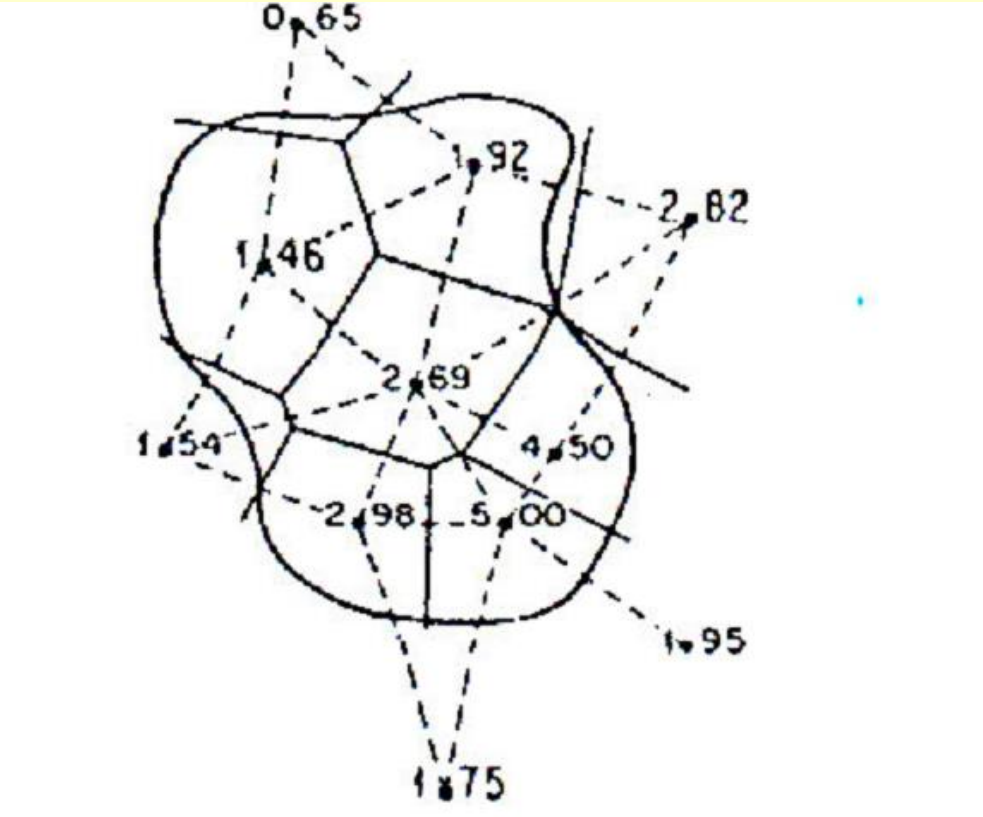
تخمین بارندگی در سطح یک منطقه

- روش چند ضلعی های تیسن

$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \ldots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + \ldots + A_n}$$

تخمین بارندگی در سطح یک منطقه

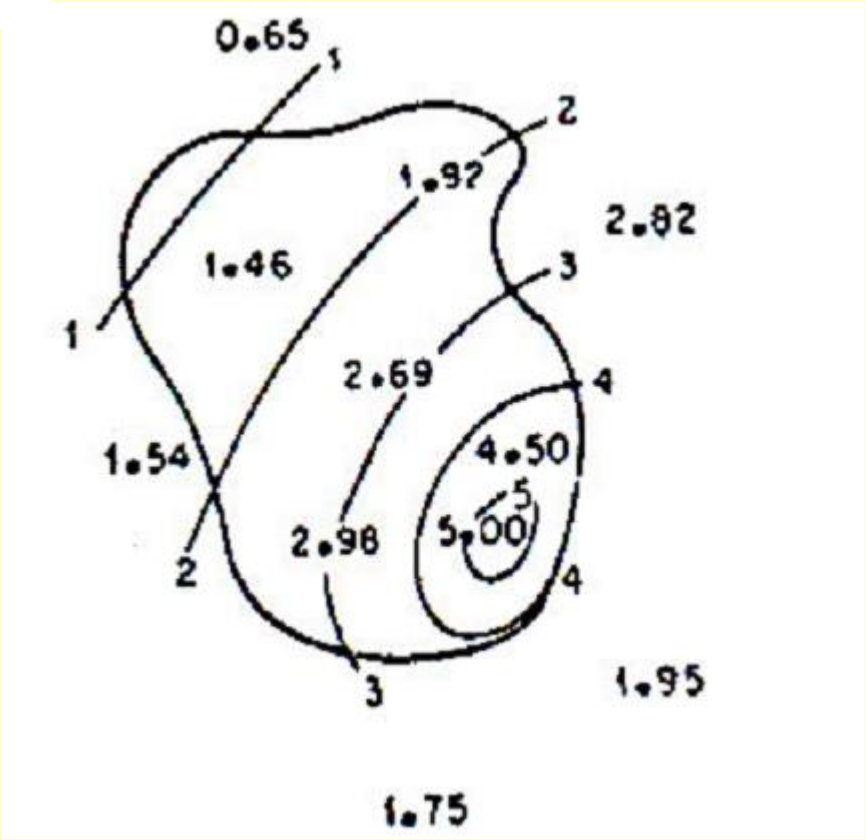
- روش چند ضلعی های تیسن



تخمین بارندگی در سطح یک منطقه

- روش خطوط همباران

$$\bar{P} = \frac{(P_1A_1) + (P_2A_2) + \ldots + (P_nA_n)}{(A_1 + A_2 + \ldots + A_n)}$$



روابط بین خصوصیات بارندگی

- رابطه بین شدت و مدت بارش
- رابطه بین مقدار و مساحت بارندگی
- رابطه بین مقدار و مساحت و مدت بارندگی

روابط بین خصوصیات بارندگی

- رابطه بین شدت و مدت بارش
- بطورکلی در یک رگبار شدت بارندگی با مدت آن نسبت عکس دارد.
- باران های دراز مدت از شدت کمتری برخوردارند.

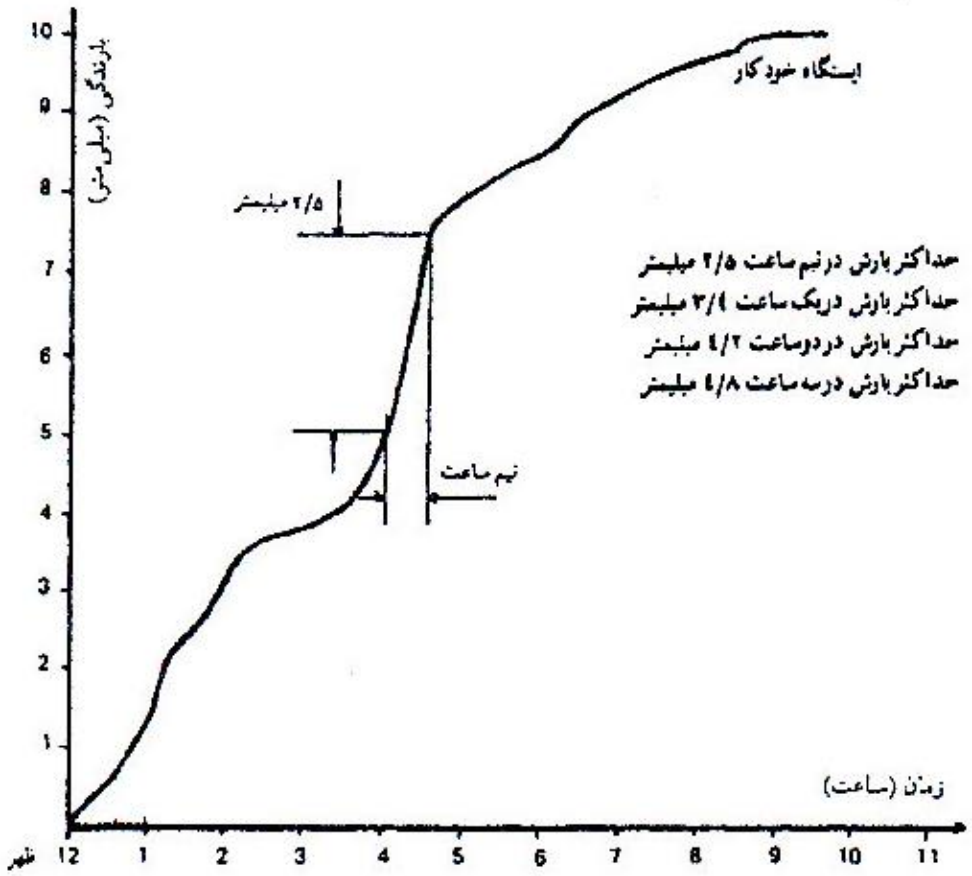
$$i = \frac{a}{(t + b)^c}$$

- i : شدت بارندگی
- t : مدت بارندگی به ساعت
- a ، b و c اعداد تجربی

روابط بین خصوصیات بارندگی

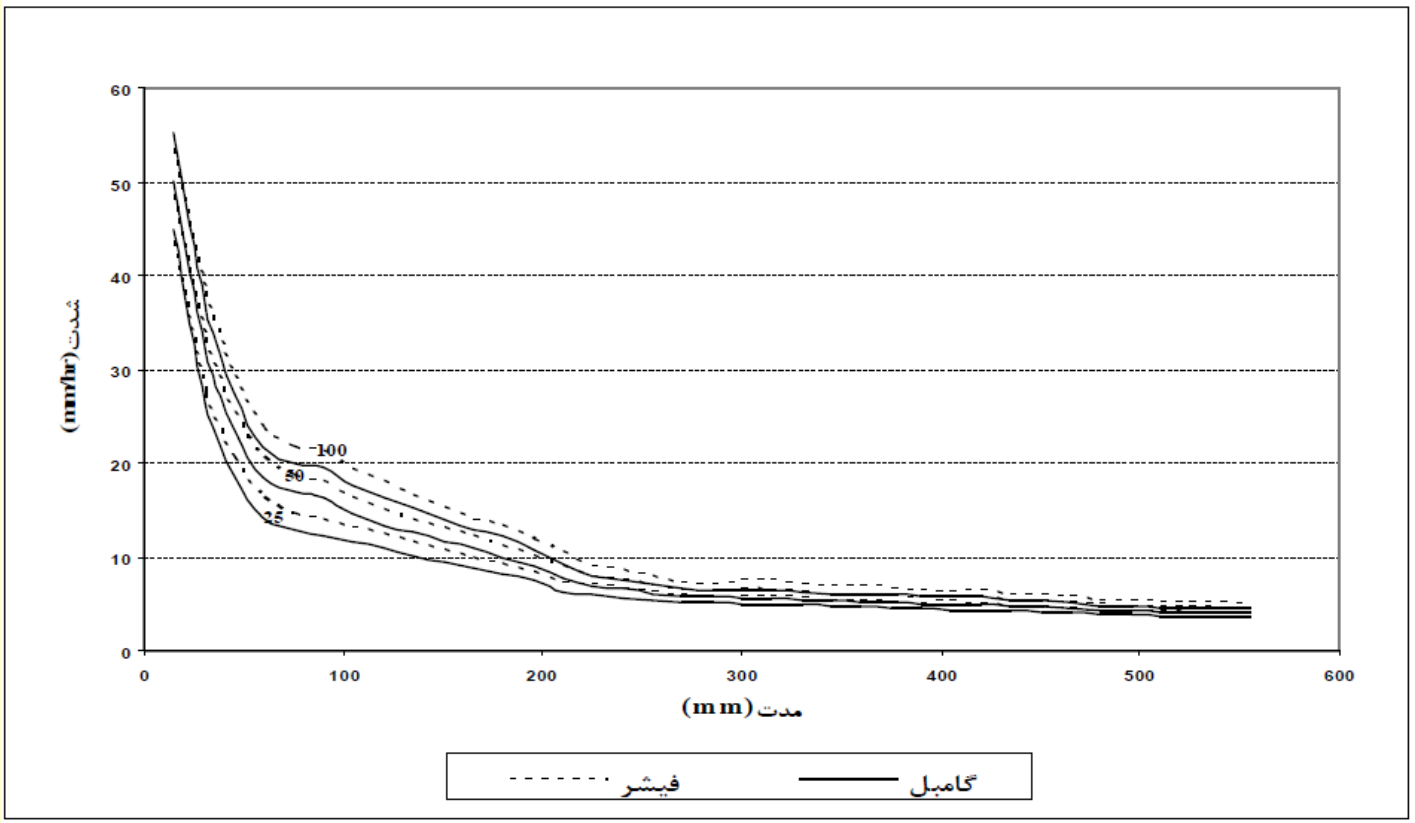
- رابطه بین شدت و مدت بارش با تناوب یا دوره برگشت آنها تغییر می کند
- هر چه دوره برگشت طولانی باشد باید انتظار باران های شدید تر را داشت.
- به ازای یک مدت معین هرچه دوره بازگشت افزایش یابد شدت بارانهایی که اتفاق خواهد افتاد بیشتر می شود.

روابط بین خصوصیات بارندگی



شکل ۵-۱۰ تیپ منحنی حاصل ازبارندگی تجمعی در طول مدت بارش در یک باران‌نگار

روابط بین خصوصیات بارندگی



شکل ۱: منحنی های IDF ایستگاه اصفهان برای دور برگشتهای ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال

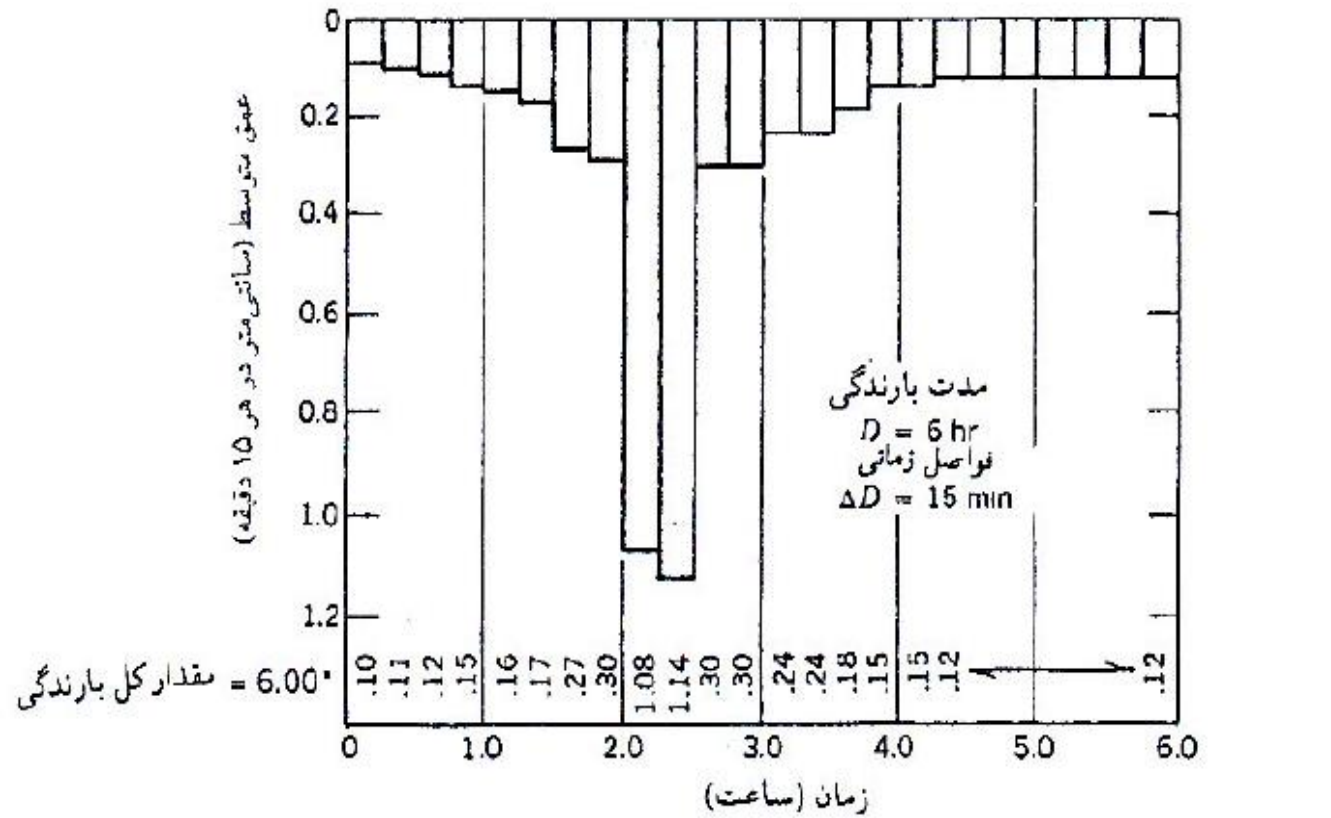
روابط بین خصوصیات بارندگی

row	rain	row	rain
1	0.1	13	0.24
2	0.11	14	0.24
3	0.12	15	0.18
4	0.15	16	0.15
5	0.16	17	0.15
6	0.17	18	0.12
7	0.27	19	0.12
8	0.3	20	0.12
9	1.08	21	0.12
10	1.14	22	0.12
11	0.3	23	0.12
12	0.3	24	0.12

روابط بین خصوصیات بارندگی

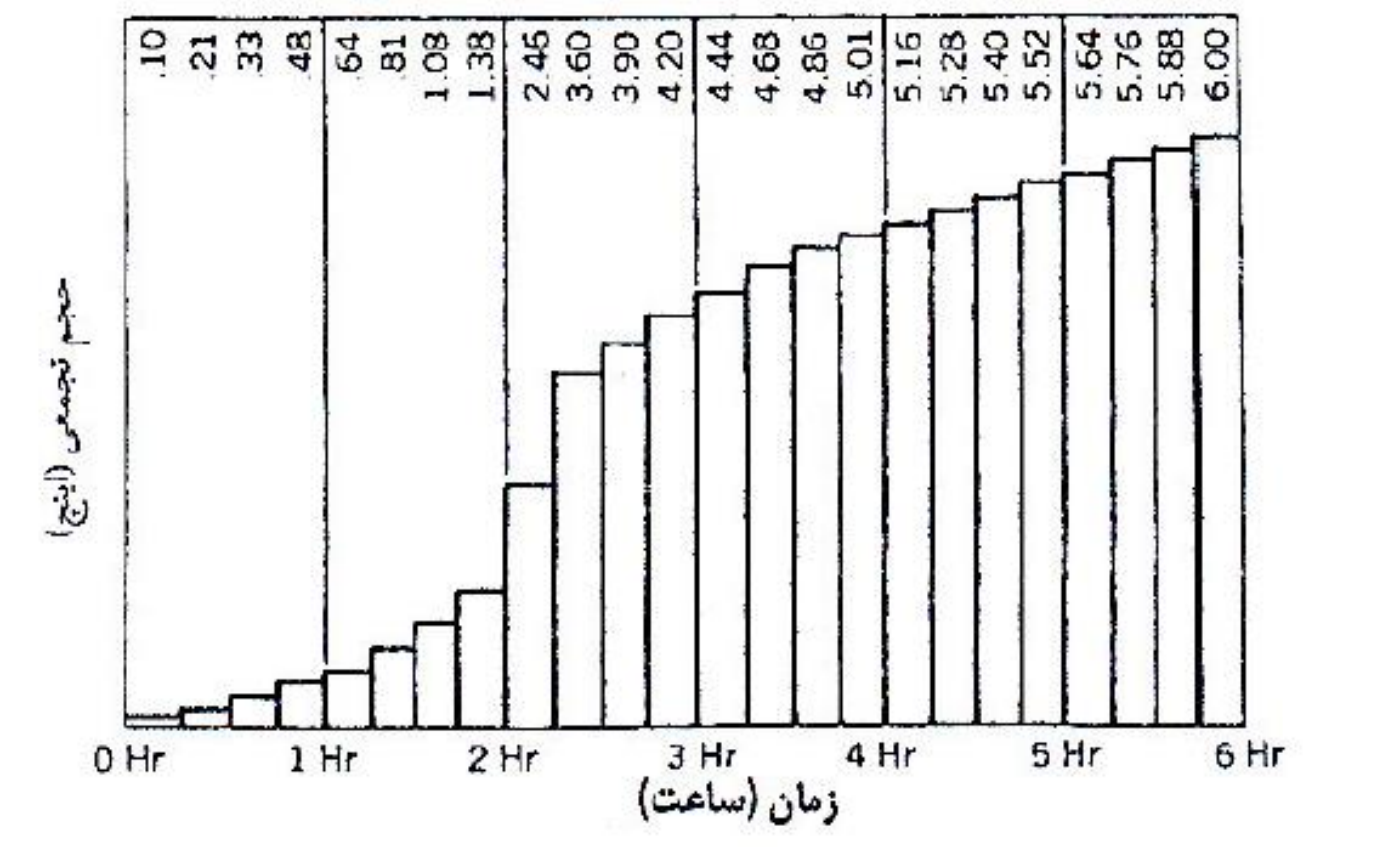
هایتوگراف

نمودارهای استوانه‌ای (هیستوگرام) که در آن محور افقی فواصل زمانی و محور عمودی مقدار بارندگی در هر کدام از فواصل زمانی باشد هایتوگراف (hyetograph) نام دارد.



روابط بین خصوصیات بارندگی

هایتوگراف تجمعی



روابط بین خصوصیات بارندگی

جدول ۵-۲ شدیدترین بارانهای ثبت شدهٔ در دنیا

مدت	مقدار (mm)	محل وقوع	سال
۱ دقیقه	۴۰	گوادلوپ	۱۹۷۰
۸ دقیقه	۱۲۶	بواریا	۱۹۲۰
۲۰ دقیقه	۲۰۶	رومانی	۱۸۸۹
۴۲ دقیقه	۳۰۵	میسوری	۱۹۴۷
۲ ساعت و ۴۵ دقیقه	۵۵۹	تکزاس	۱۹۳۵
۱۲ ساعت	۱۳۴۰	رنیون (جزیره‌ای در اقیانوس هند)	۱۹۶۴
۲۴ ساعت	۱۸۷۰	رنیون	۱۹۵۲
۲ روز	۲۵۰۰	رنیون	۱۹۵۲
۴ روز	۱۷۲۱	چراپونجی (هندوستان)	۱۹۷۴
۸ روز	۴۱۳۰	رنیون	۱۹۵۲
۱ ماه	۹۳۰۰	چراپونجی	۱۸۶۱
۶ ماه	۲۲۴۵۴	چراپونجی	۱۸۶۱
۱ سال	۲۶۴۶۱	چراپونجی	۱۸۶۱

روابط بین خصوصیات بارندگی

- رابطه بین مقدار و مساحت بارندگی

روابط بین خصوصیات بارندگی

- رابطه بین مقدار و مساحت و مدت بارندگی

حداکثر بارش محتمل (PMP)

- بزرگترین بارانی که از نظر مقدار با یک تداوم مشخص، احتمال وقوع آن را می توان انتظار داشت حداکثر باران محتمل (Probable Maximum precipitation) گویند
- روش های تخمین
- روش سینوپتیکی
- روش آماری

حداکثر بارش محتمل (PMP)

- روش سینوپتیکی : در این روش از وضعیت توده هوا، آمار بارش و رطوبت و مشخصه های دیگر هوا استفاده می شود.
- روش آماری : براساس داده های گذشته صورت می گیرد

$$PMP = \bar{R} + K.S \qquad (۲۹-۵)$$

که در آن:

PMP = حداکثر بارش محتمل، $\bar{R}$ = متوسط بارش t ساعته ، S = انحراف از معیار و K ضریبی است که مقدار آن حدوداً ۱۵ و حتی در بعضی موارد ۲۰ در نظر گرفته می‌شود. بعنوان

حداکثر بارش محتمل (PMP)

مثال

متوسط بارش یک ساعته = ۱۲ میلی متر

انحراف معیار = ۳ میلی متر

K=15

PMP=?

باران طرح (Design storm)

- یکی از اهداف از اندازه گیری و تجزیه و تحلیل داده های اندازه گیری در هیدرولوژی محاسبه باران طرح است.
- از نظر تئوری به به دوره ای از یک بارندگی شدید همراه با باد گفته می شود که بتواند ارتفاع مشخصی را از نظر مقدار بارش تولید نماید و برای یک سازه خطرناک باشد.
- سازه های آبی باید بتوانند در مقابل باران طرح مقاومت کنند.

باران طرح (Design storm)

- روش های محاسبه باران طرح
- روش آماری (Frequency Based Storm, FBS)
- محاسبه از روی PMP
- محاسبه از روی بارش های استاندارد (Standard Project Storm, SPS)

باران طرح (Design storm)

- بارش های استاندارد
- از روی PMP محاسبه می شود
- معمولا ۴۰ تا ۶۰ درصد PMP در نظر گرفته می شود.

تجزیه و تحلیل آمار بارندگی

- روش میانگین گیری برای یافتن آمار مفقود شده
- آزمون همگنی داده های آماری
- تجزیه و تحلیل آمار بارندگی یک ایستگاه

توازن هیدرولوژیکی

- سیستم هیدرولوزیک کره زمین یک سیستم بسته می باشد
- سیستم هیدرولوژیک در یک حوضه آبریز یک سیستم باز تلقی می گردد

معادله کلی بیلان آب $I - Q = \Delta S$

معادله کلی بیلان آب با لحاظ بعد زمان $I_t - Q_t = \Delta S_t$

توازن هیدرولوژیکی

معادله کلی بیلان با لحاظ اجزای تشکیل دهنده آن

$$P - R - G - E - T = \Delta S$$

تبخیر و تعرق را معمولاً با هم تخمین می زنند

$$P - R - G - ET = \Delta S$$

توازن هیدرولوژیکی

در یک حوضه آبریز که مساحت آن ۲۵۰۰ کیلومتر مربع است میانگین سالانه بارندگی ۱۳۰۰ میلی‌متر (۱۳۰ سانتی‌متر) و متوسط جریان خروجی از حوضه در طول سال ۳۰ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است. حساب کنید مقدار تلفات آبی را که مجموعاً بصورت تبخیر- تعرق و نفوذ (جریان زیرزمینی) از حوضه خارج می‌شود. مقدار رواناب سطحی که به رودخانه این حوضه وارد می‌شود چند سانتی‌متر است؟ ضریب رواناب (درصدی از بارندگی که به رواناب سطحی تبدیل می‌گردد) چقدر است؟

توازن هیدرولوژیکی

$$P - R - G - ET = 0 \quad \Rightarrow \quad ET + G = P - R$$

$$ET + G = (130\text{cm}) - \frac{(30\ m^3/sec)(86{,}400\ sec/day)(365\ day/yr)(100\ cm/m)}{(2500\ km^2)(1000\ m/km)^2}$$

$$ET + G = 130\ cm - 37.9\ cm$$

$$ET + G = 92.1\ cm$$

بدین‌ترتیب مقدار تلفات آب در حوضه در اثر تبخیر - تعرق و نفوذ ۹۲/۱ سانتی‌متر و ارتفاع رواناب که مقدار باقی مانده بارندگی است ۳۷/۹ سانتی‌متر (۹۲/۱ = ۳۷/۹ - ۱۳۰) می‌باشد.

لذا ضریب رواناب که حاصل بخش رواناب به بارندگی می‌باشد عبارت است از:

$$R/P = (37.9\ cm)/(130\ cm)$$

$$R/P = 0.29 = 29\%$$

ضریب رواناب ۲۹ درصد در اینجا به این معنی است که بطور متوسط ۲۹ درصد بارندگی‌ها به رواناب تبدیل شده و در سطح زمین جاری می‌شود.

توازن هیدرولوژیکی

مقدار بارندگی قابل انتظار طی دوماه از سال در یک حوضه آبریز به مساحت ۶۵ کیلومترمربع که در بالا دست یک سد مخزنی واقع شده‌است ۲۵۴ میلی‌متر پیش بینی گردیده است. تصور می‌شود ۸۵ میلی‌متر آن صرف تبخیر-تعرق و ۲۰ میلی‌متر به داخل خاک نفوذ کرده و بقیه جاری و وارد مخزن گردد. مقدار رواناب چند متر مکعب و یا چند لیتر خواهد بود؟ اگر مصرف سرانه هر نفر برای شرب و بهداشت در روز ۱۶۰ لیتر آب باشد با این رواناب نیاز آبی چند نفر بمدت ۲ ماه تامین خواهد شد.

واحد های اندازه گیری در هیدرولوژی

پارامتر	واحد متریک	واحد انگلیسي
مساحت	هکتار (ha)، کیلومتر مربع (km^2)	ایکر (ac) ، میل مربع (mi^2)
ارتفاع	میلي متر، سانتي متر، متر	اینچ (in)
شدت بارندگي ، شدت تبخیر، سرعت نفوذ	میلي متر بر ساعت و	اینچ بر ساعت و .... (in/hour)
حجم	متر مکعب (m^3)	فوت مکعب (ft^3)
دبي جریان	متر مکعب بر ثانیه (m^3/s)	فوت مکعب بر ثانیه (ft^3/s, cfs)
سرعت جریان	متر بر ثانیه (m/s)	فوت بر ثانیه (ft/s)
مصرف سرانه آب	لیتر بر روز (L/day)	گالن درروز (gal/day)