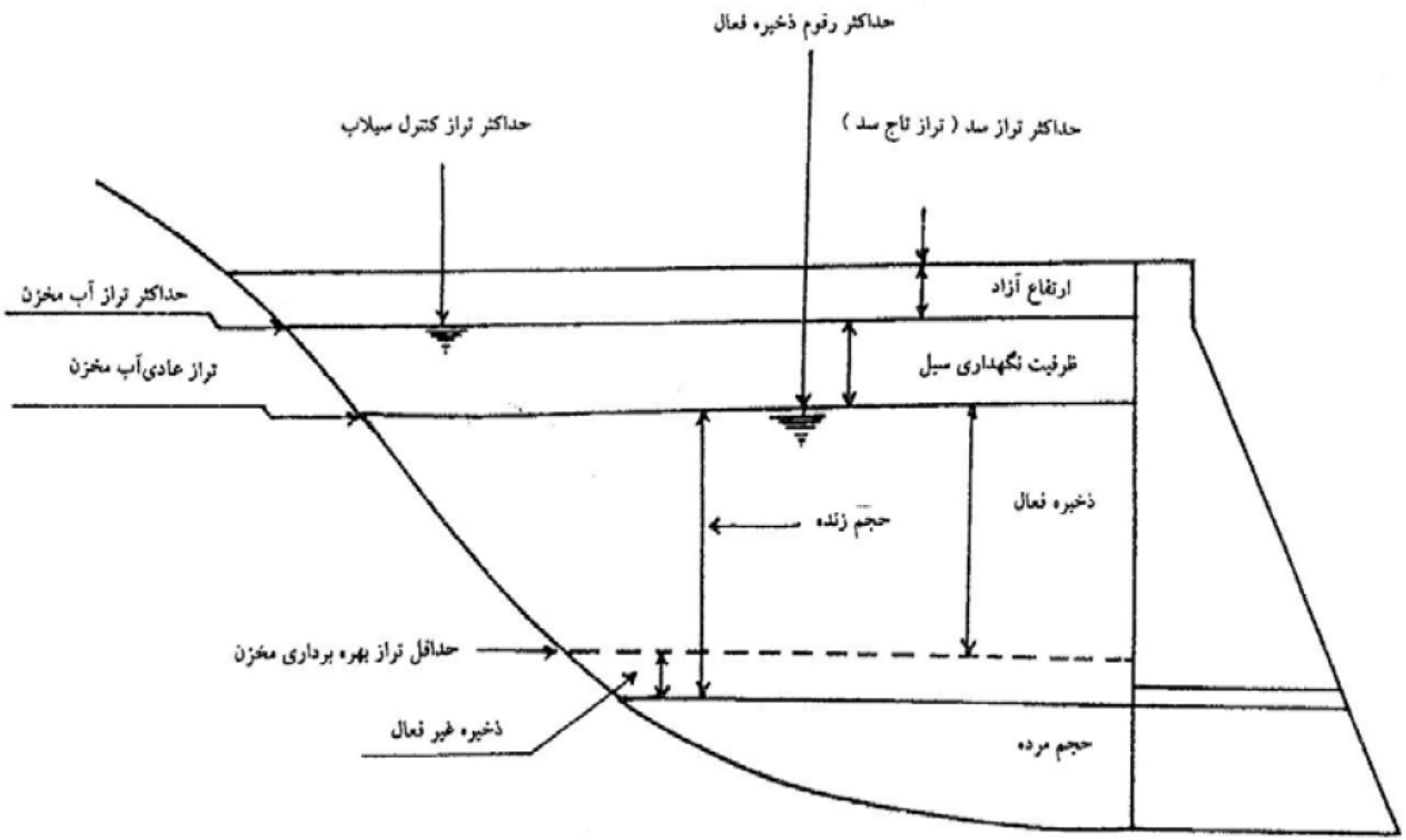
بنام خدا

تعیین حجم مخازن سدها

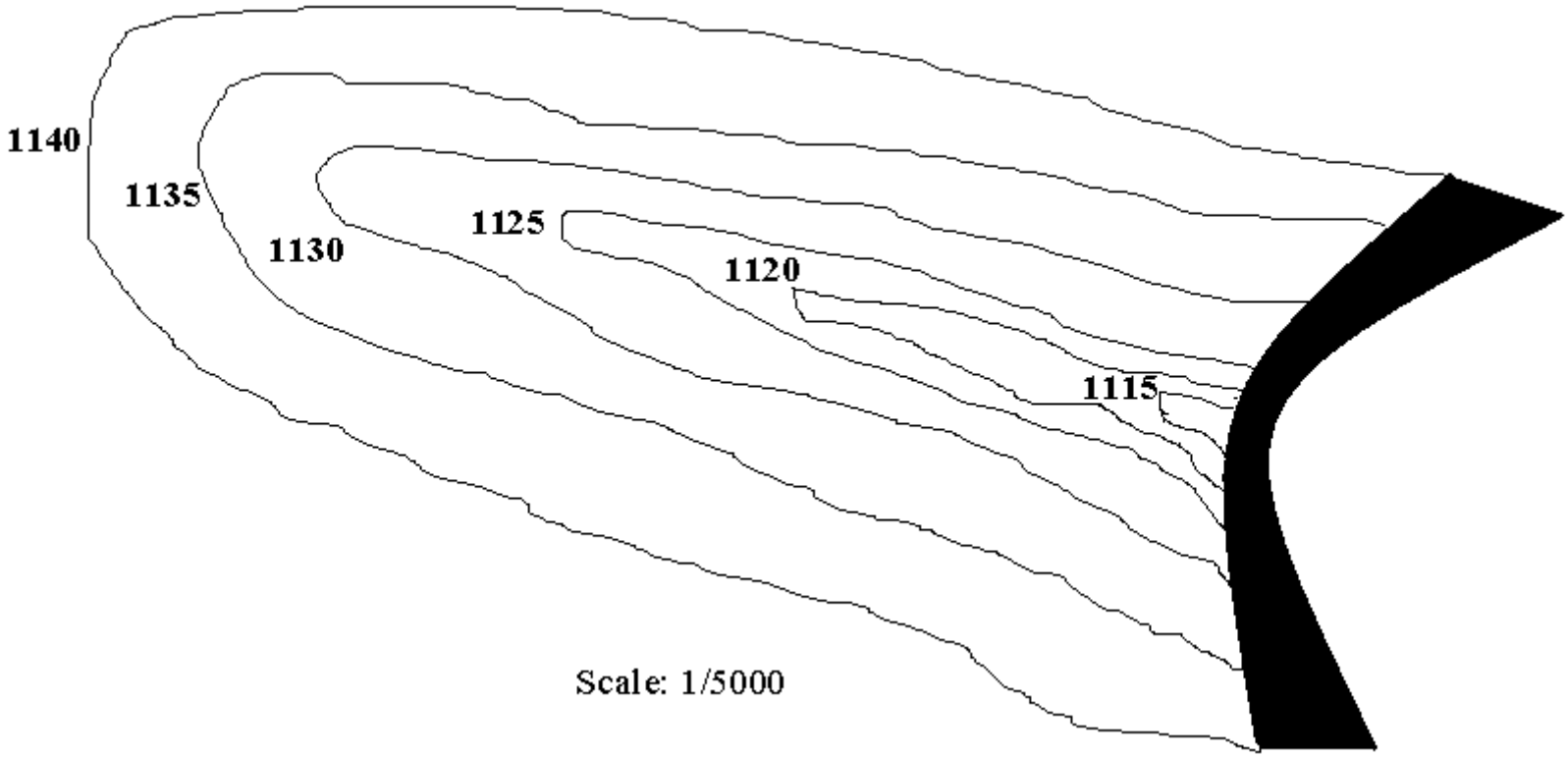
دکتر مهدی عجمی



تقسیم‌بندی ظرفیت مخزن به احجام مختلف

تعیین حجم مخزن:

برای تعیین حجم مخزن سد از محل احداث سد نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۰۰۰ یا ۱/۵۰۰۰ تهیه و مساحت محدودهٔ منحنی میزانهای مختلف تعیین می شود برای تعیین مساحت محدود منحنی میزانها از پلانیمتر استفاده می شود وسپس با توجه به مقیاس نقشه مساحت روی نقشه به مساحت واقعی تبدیل می گردد.



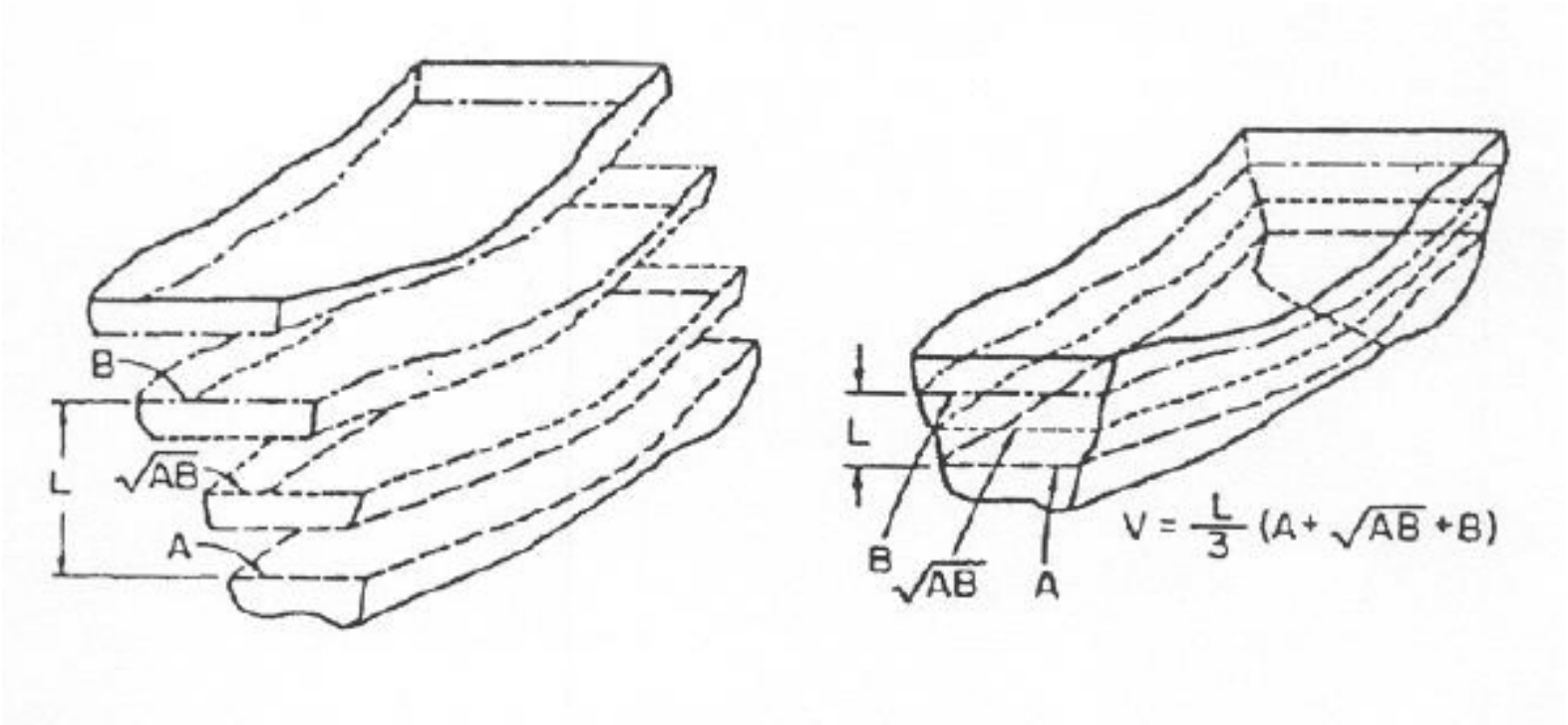
روش متوسط سطح خط تراز

در این روش نیز در ابتدا سطح واقع شده بین هر خط تراز توسط پلانیمتر اندازه‌گیری می‌شود. سپس حجم مخزن با متوسط‌گیـری از دو سطح اندازه‌گیری شده بین دو خط متوالی تراز به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$V_R = L\left(\frac{A+B}{2}\right)$$

روش اصلاح شده شبه منشوری

$$V_R = \frac{L}{3}\left[A + \sqrt{AB} + B\right]$$



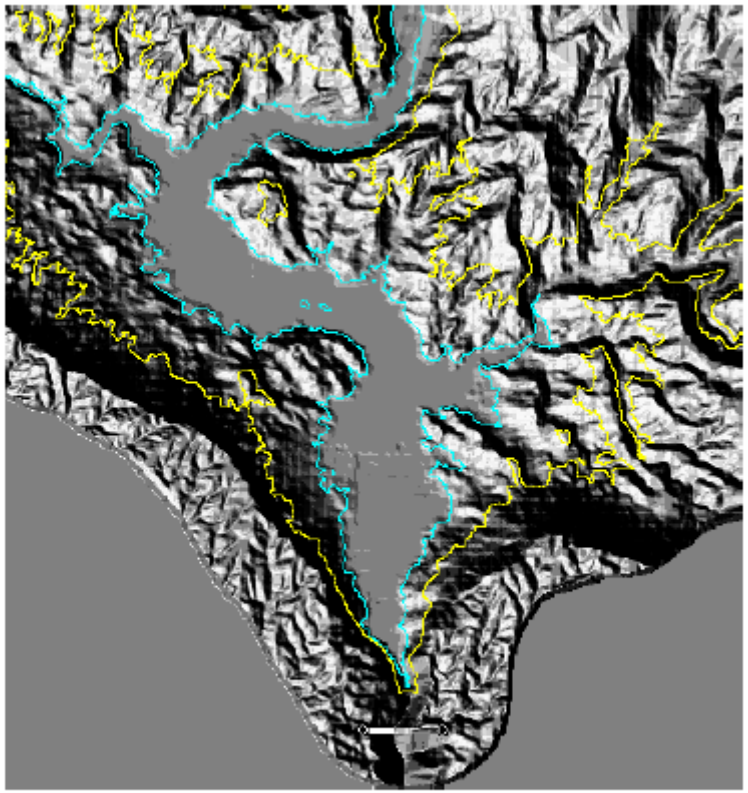
که در آن A = سطح مربوطه به خط تراز پایینی

B = سطح مربوطه به خط تراز بالایی

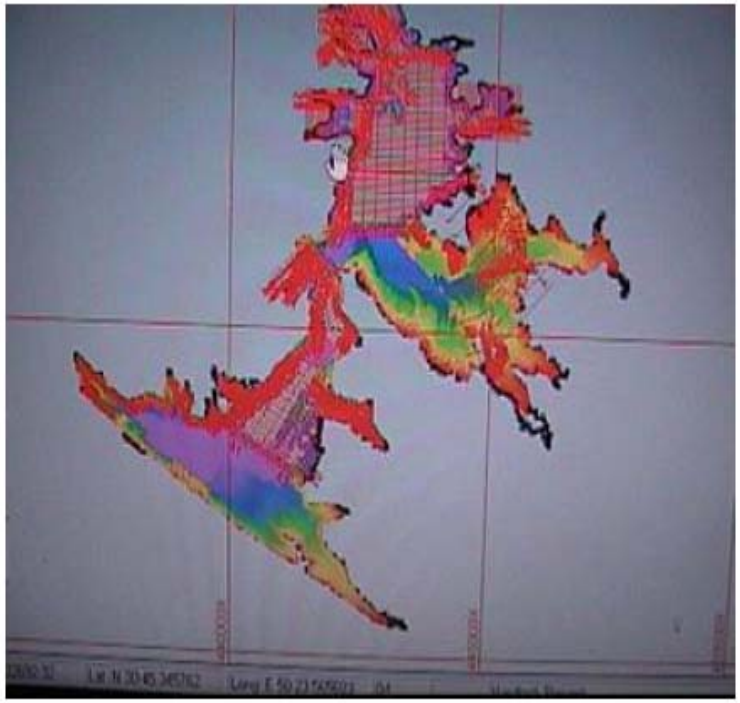
L = فاصله بین دو خط تراز

روشهای نوین

با پیشرفت علم و بکارگیری روش‌های نوین نقشه برداری همچنین گسترش ماشین‌های رایانه، نرم افزارهایی بوجود امده‌اند که سرعت و دقت محاسبات را بطور چشمگیری افزایش داده‌اند. تعدادی از این نزم افزارها عبارتند از: SDR MAP ARCINFO MICROSTATION, AUTO CAD, SURFER, ARCGISو . نرم افزاری که توسط USBRاستفاده می‌شود قابلیت متصل شدن با نرم افزارهای ARC/INROGIS را دارد. برای رسم خطوط تراز زیر سطح آب از نرم افزار TIN استفاده می‌شود که قادر است تا مختصات نقاطی که به فواصل غیرمنظم برداشت شده است را بکار برد. این نرم افزار علاوه بر رسم سطح محصور بین هر خط تراز(سطح محاط)، حجم مخزن را نیز با یکی از روش‌هایی که ارایه شد محاسبه می‌کند. نرم افزار هیدروگرافی باید حداقل قادر به جمع‌آوری داده‌ها از دستگاه عمق یاب و گیرنده‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای باشد. کلیه داده‌ها بصورت مستقیم توسط نرم‌افزار جمع‌آوری شده و جهت انجام اقدامات بعدی در حافظه رایانه ذخیره می‌شود. طراحی خطوط و عمق‌یابی و دریافت و نمایش سایر اطلاعات نقشه‌برداری نظیر: خط ساحلی، علایم آبنگاری و نقشه‌های توپوگرافی نواحی مجاور ساحل به صورت پس زمینه به همراه اطلاعات و تنظیمات ژئودتیکی[1] و پردازش داده‌ها از جمله قابلیت‌های این نرم افزار می‌باشد. از نرم افزارهای متداول ناوبری در این خصوص Hypack می‌باشد.



تصویر سه بعدی از کف مخزن سد دز پس از ساخت سد



توزیع عمق بر اساس رنگ در مخزن سد مارون با استفاده از نرم افزار ناوبری HYPACK

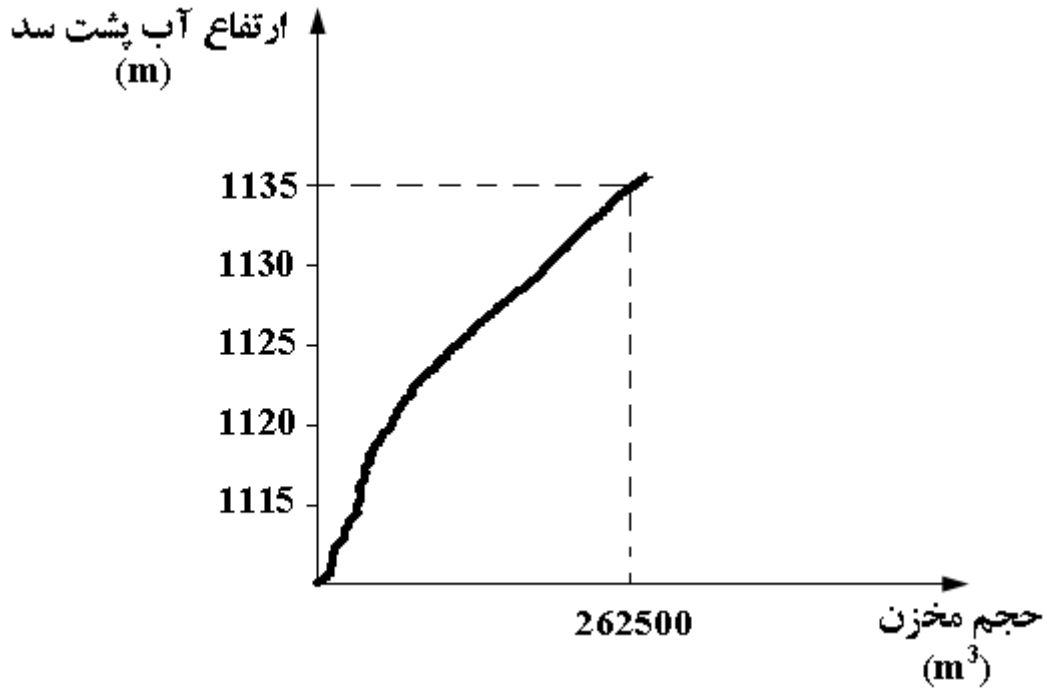
$S_{1115}=0$
$S_{1120}=1\ cm^2$
$S_{1125}=4\ cm^2$
$S_{1130}=8\ cm^2$
$S_{1135}=16\ cm^2$

} اندازه گیری‌شده توسط پلانیمتر

$S_{1120}=1x5000x5000 = 25x10^6\ cm^2 = 2500\ m^2$
$S_{1125}=4x5000x5000 = 10000\ m^2$
$S_{1130}=8x5000x5000 = 20000\ m^2$
$S_{1135}=16x5000x5000 = 40000\ m^2$

ارتفاع منحنی میزانها	مساحت منحنی میزانها	مساحت متوسط دو منحنی میزان متوالی	حجم بین دو منحنی میزان متوالی	حجم کلی مخزن تا منحنی میزان مورد نظر
1115	0			0
		1250	6250	
1120	2500			6250
		6250	31250	
1125	10000			37500
		15000	75000	
1130	20000			112500
		30000	150000	
1135	40000			262500

با رسم نتایج جدول می توان ارتفاع سد را باتوجه به مقدار نیاز آب یا با توجه به امکان ذخیره کردن آب تعیین کرد. همینطور می توان با استفاده از نتایج جدول مساحت دریاچه در ارتفاعات مختلف را محاسبه نمود و سپس بر اساس تبخیر متوسط در ماههای مختلف سال و مساحت متوسط دریاچه در آن ماهها حجم آب تبخیر شده را تعیین نمود.

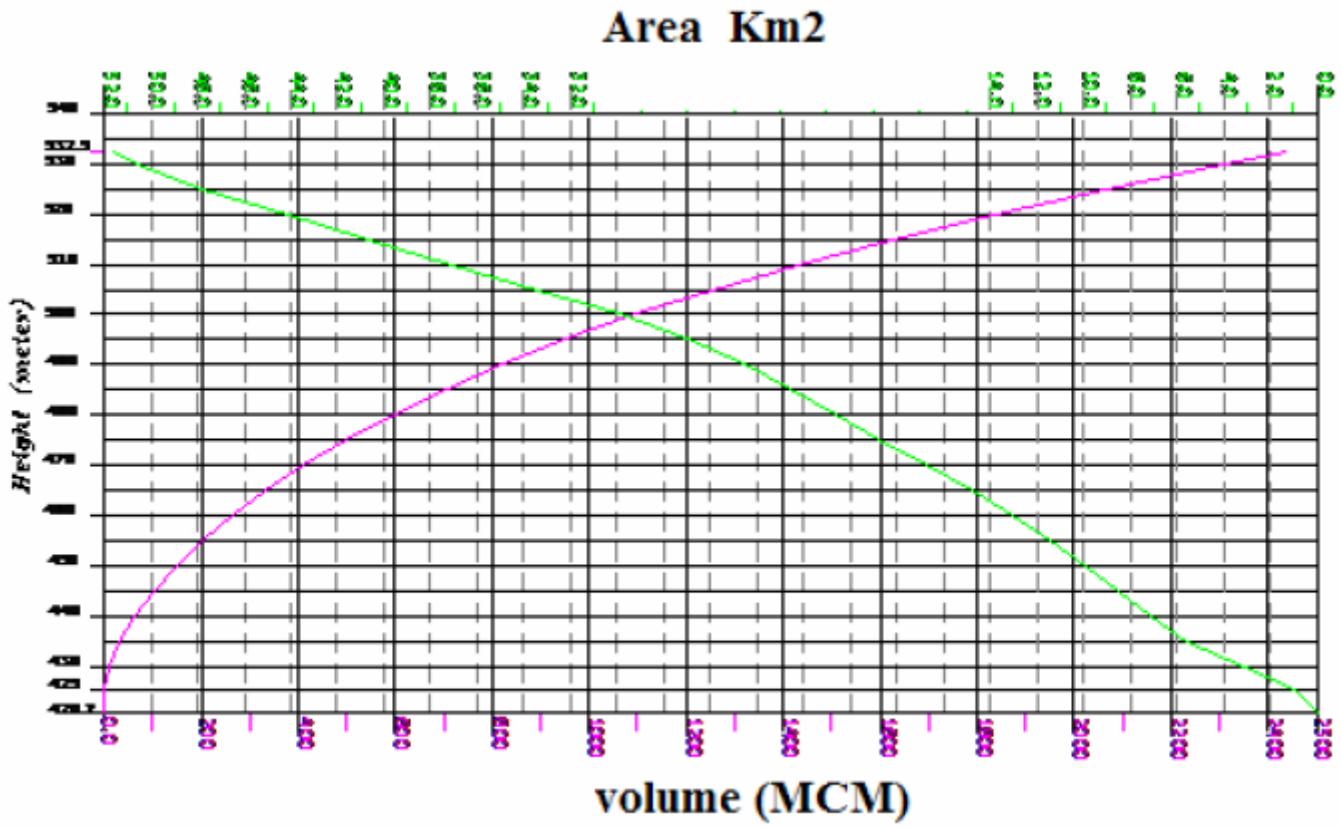


برای تعیین ارتفاع سد ابتدا حجم آب لازم یا حجم آب قابل ذخیره مشخص می شود . سپس براساس آن وبا استفاده از نمودار فوق ارتفاع آب درپشت دریاچه تعیین می گردد و یک اضافه ارتفاعی نیز به آن برای جلوگیری از سرریز شدن آب در اثر امواج اضافه می شود. نمودار فوق برای منحنیهای میزان بیشتری که احتمال قرار گرفتن در مخزن سد دارند رسم می شود و سپس از روی آن با توجه به نیاز ارتفاع سد مشخص می گردد.

با معلوم بودن مساحت دریاچه در ماههای مختلف که از روی ارتفاع آب در ماههای مختلف قابل تعیین است و همینطور با معلوم بودن مقدار تبخیر در ماههای مختلف منطقه می توان حجم تبخیر شده سالیانه را حساب کرد. بهنگام طرح ارتفاع سد باید به این مورد توجه داشت اگر انتخاب ارتفاع بیشتری برای سد موجب افزایش شدید سطح مخزن دریاچه گردد این کار بصرفه و صلاح نباشد چون در اینصورت مقدار تبخیر و نفوذ آب بیشتر می شود و چه بسا اضافه حجم ذخیره شده تبخیر شود و یا نفوذ یابد. مشکل بعدی این انتخاب از دست رفتن زمینهای بیشتر و به زیر آب رفتن آبادیهای می باشد که همیشه قابل توجیه نمی باشد.

ارتفاع سد ونوع سد بطور مستقیم و غیرمستقیم به حجم مخزن سد بستگی دارد. اگر حجم سالیانه مخزن کوچک باشد احتیاج به دریاچه بزرگی نخواهد بود و اگر حجم مخزن بزرگ باشد یا به حجم بزرگی نیاز داشته باشیم باید به امکان سرریز کردن آب از نقاط مختلف مخزن توجه داشت و هزینه احداث دیوار حائل مخزن را در نقاط مختلف در نظر گرفت.

منحنی سطح و حجم در بهره‌برداری از سد که اهداف ساخت سد را در برمی‌گیرد (مانند تأمین نیروی برق، تأمین آب کشاورزی و کنترل سیلاب) دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. شکل نمونه‌ای از این منحنی‌ها مربوط به سد مخزنی را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲۳- یک نمونه از منحنی سطح و حجم یک سد مخزنی

ـ بهنگام تعیین حجم مخزن و براساس آن تعیین ارتفاع آب در پشت سد بایدبه مقدار تبخیر سالیانه و نفوذ سالیانه که معمولا ۵ درصد آورد (دبی) سالیانه رودخانه در نظر گرفته می شود توجه داشت و براساس آنها ارتفاع سد را مشخص کرد همینطور باید به حجم مرده ای که رسوبات در پشت سد ایجاد می کنند توجه کرد در حوضه های آبرفتی آب رودخانه رسوبات بیشتری به سمت دریاچه می آورد و سال به سال از حجم مفید آن کاسته می شود،هرچه حجم مخزن را بیشتر درنظر بگیریم عمر مفید سد نیز طولانی تر خواهد بود در غیر اینصورت مخزن تدریجا پر گردیده و سد از کارآیی می افتد. در حوضه های پررسوب می توان قبل از احداث سد اصلی یک بند رسوبگیر احداث کرد. در اثر ورود آب به این سد و کاهش سرعت آب رسوبات در آن ته نشین می شود و در فواصل زمانی پشت بند لایروبی می گردد به این ترتیب سد از خطر زودتر پر شدن رهایی می یابد.

ـ میزان تبخیر در جنوب ایران ۲ الی ۳ متر در سال می باشد که لازم است در مناطق گرمسیری سد در موقعیتی ساخته شود که سطح دریاچه گسترده نباشد. دراین رابطه به بادخیزی منطقه نیز باید توجه داشت.

مطالعات مربوط به تعیین حجم مخزن:

از چند سال قبل از احداث سد در نزدیکی محل احداث ایستگاه سنجش دبی ساخته می شود و دبی متوسط روزانه تهیه و ثبت می گردد اینکار در مورد رودخانه های مهم همیشه انجام می گیرد ودر صورت نیاز به احداث سد برروی آنها اطلاعات لازم در دسترس می باشد. سپس دبی متوسط ۳٦٥ روز یک سال بصورت نزولی مرتب می شود هر چه تعداد سالهای مورد مطالعه بیشتر باشد دقت کار بیشتر خواهد بود در مرحله بعد بر اساس دبی متوسط Nساله نزولی شده روزهای مختلف نمودار (دبی متوسط – روز) ترسیم می شود که به نمودار دبی کلاسه موسوم است. سپس براساس این نمودار و مصرف متوسط روزانه ویا مصرف متوسط در فصول مختلف و ماهها حجم مخزن لازم برای تامین آب مشخص می شود.

همانطوری که اشاره شد مطالعات لازم برای تعیین ظرفیت مخزن می تواند بر اساس آمار بده متوسط سالیانه، ماهیانه ، روزانه و حتی زمانهای کوچکتر انجام شود. نتایج مطالعات براساس آمار دبی سالیانه بادقت اندکی همراه است. معمولا از دبی ماهیانه در مطالعات ظرفیت مخزن استفاده می شود در مخازن کوچک حجم جریان در مدت یک ماه برای آن قابل توجه است ، بنابراین برای تعیین ظرفیت آن باید از آمار دبی روزانه استفاده نمود.

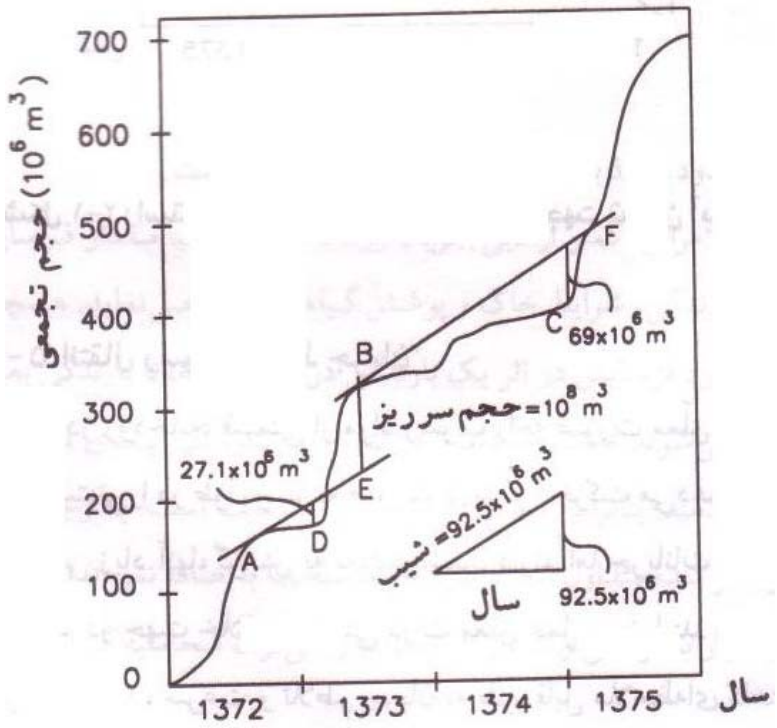
ـ محاسبه ظرفیت مخزن با استفاده از منحنی تجمعی جریان ورودی در برابر زمان:

در شکل منحنی تجمعی حجم جریان ورودی در برابر زمان یک رودخانه نشان داده شده است. کل زمان منحنی چهار سال می باشد. شیب منحنی ذکر شده در هر نقطه نمایش دهندۀ دبی عبوری از رودخانه در آن زمان است. منحنی نیاز آب به صورت خط راست که شیب آن نشان دهندۀ دبی موزد نیاز است ارائه گردیده است. خطوط نیاز بصورت مماس از نقاط با بیشترین تحدب مانند AوB که از آنها به بعد دبی رودخانه رو به کاهش است ترسیم می گردند. در این نقاط که نقاط بحرانی محسوب می شوند. مخزن پر درنظر گرفته می شود. ماکزیمم فاصله بین خطوط مذکور و منحنی تجمعی حجم ذخیره لازم جهت تامین نیاز آبی خواهد بود.

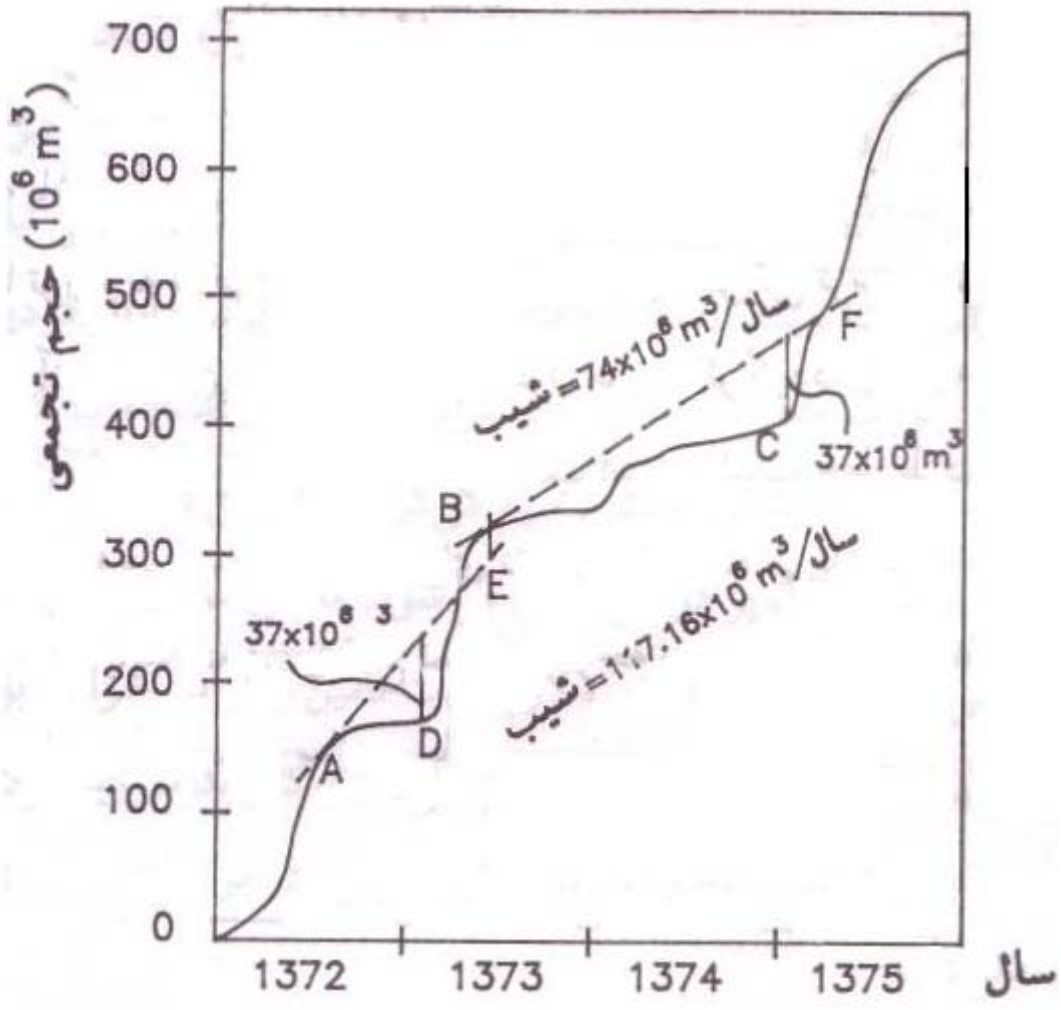
فاصله قائم بین مماسهای متوالی نشان دهندۀ حجم آب است که باید سرریز گردد. بطورکلی از این روش برای تخمین حجم مخزن بطور تقریبی در مراحل مطالعات شناخت استفاده می شود.

مثال : حجم ذخیره لازم جهت تامین نیاز آبی سالیانه ۹۲/۵ میلیون متر مکعب در سال را با استفاده از منحنی تجمعی دبی های رودخانه ای که در شکل نشان داده شده است را بدست آورید.

حل :مماسهای منحنی در نقاط Aو Bدارای شیب ۹۲/۵ میلیون متر مکعب در سال می باشند. ماکزیمم فاصله بین منحنی و مماسها در نقطه C اتفاق می افتد و برابر ٦۹ میلیون متر مکعب است. در این صورت این مخزن در نقطه A پر خواهد بود و در نقطه D به اندازه ۲۷/۱ میلیون مترمکعب کاهش خواهد داشت ،بعبارت دیگر حجم آب مخزن برابر ٤۱/۹ میلیون مترمکعب خواهد بود. مجددا مخزن در E پر خواهد شد. بین EوB مخزن به حالت پر در خواهد آمد و جریان اضافی از وری سرریز به سمت پایین دست مخزن دفع خواهد شد. در نقطه C مخزن خالی خواهد شد و در F مجددا به حالت پر در خواهد آمد. ملاحظه می شود که در این مثال مسئله ذخیره برای مدت دو سال نیاز را تامین می نماید.



منحنی جریان تجمعی رودخانه را همچنین در حالاتی که حجم مخزن مشخص باشد و بخواهیم آبدهی مخزن را تعیین کنیم می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این صورت با توجه به شکل از نقاط AوB مماسها به طریقی ترسیم می شوند که حداکثر فاصله بین آنها و منحنی برابر با حجم مخزن مورد نظر گردد. چنانچه فرض شود که حجم مخزن مور دنظر ۳۷ میلیون مترمکعب است، شیب خطوط در نقاط مختلف نشان دهنده آبدهی مخزن در زمانهای نشان داده شده می باشد. ادامه خط مماس (خط نیاز آبی) بایدمنحنی را قطع نماید با توجه به شکل حداقل آبدهی برابر با ۷٤ میلیون متر مکعب در سال می باشد.



انتخاب سیلاب طراحی در سدهای خاکی :

با توجه به حساسیت سدهای خاکی در مقابل سرریزی، معمولا سیلابهای طراحی این سدها بسیار محافظه کارانه انتخاب می گردد.

ـانتخاب سیلاب طراحی براساس ریسک قابل قبول انجام می گیرد. در موارد بسیاری عواقب تخریب سد آنقدر شدید است که نمی توان هیچ ریسکی را قبول نمود. از طرف دیگر عملا فراهم نمودن ایمنی کامل برای سد غیرممکن است. برای انتخاب سیلاب طراحی ابتدا باید ریسک قابل قبول را تعیین نمود که این امر بوطر ایده آل باید براساس ملاحظات مهندسی و اقتصادی صورت پذیرد. اما در عمل در اغلب موارد جان انسان به عنوان یک عامل مطرح می شود و بنابراین ملاحظات اخلاقی ، اجتماعی و سیاسی حاکم می گردند و براساس تجربه ریسک قابل قبول و سیلاب طراحی انتخاب می گردد. ضوابط حاصله در کشورهای مختلف کاملا با یکدیگر متمایز می باشند.

ـ بعلاوه در روند سیلاب طراحی قواعدی بسیار محافظه کارانه حاکم می گردد که ایمنی سد را افزایش دهد. بطور مثال فرض می شود که سیلاب طراحی وارد یک مخزن کاملا پر شود و بازکردن دریچه ها ممکن نباشد.

ـ اکنون در بسیاری از کشورها بین ایمنی سد و ظرفیت سرریزها تمایز قایل می شوند در نتیجه دو سیل طراحی حاصل می گردد

الف)سیلاب طراحی که در شرایط معمولی براحتی و با حفظ ارتفاع آزاد از سد تخلیه می گردد. این سیلاب معمولا درصدی از PMF (سیل ۱۰۰۰ ساله یا ۱۰۰۰۰ساله) می باشد.

ب) سیلاب آزمون ایمنی سد (The Safety Check Flood) که معمولا برابر سیلاب بیشینه محتمل فرض می شود در این سیلاب ارتفاع آزاد وجود ندارد وسیل از روی سد سرریز شده است و دراین حالت باید ایمنی سد حفظ گردد.

ـ درحالیکه انتخاب سیلاب طراحی بصورت تئوری براساس مهندسی اقتصاد و عواقب تخریب سد می باشد، اطمینان طراح به اطلاعات اولیه و خصوصیات پروژه نیز باید درنظرگرفته شوند. بنابراین عاقلانه خواهد بود که با توجه به عدم قطعیت در محاسبه سیلاب طراحی ایمنی پروژه بوسیله مقاومت در مقابل سرریزی با فیوزپلاگ و غیره افزایش یابد.

ـ باتوجه به پیچیدگی انتخاب سیلاب طراحی حتی کمیته بین المللی سدهای بزرگ نیز بطور دقیق سیلاب طراحی را برای شرایط مختلف توصیه نکرده است و تنها به توصیه های کلی اکتفا نموده است.

محاسبه سیلاب طراحی :

ـ استفاده از سیلاب های تاریخی (Historical Floods)

ـ فرمولهای تجربی (Empirical Formulas)

ـ پوش سیلاب (Flood Envelopes):

در این روش منحنی سیلاب های مناطق مشابه با توجه به سطح حوزه بدست می آید و این منحنی حد بالای سیلابها در آن منطقه محسوب می شود

ـ تحلیل فراوانی (Frequency Analysis):

دبی رودخانه متغیر می باشد و می توان با استفاده از قوانین احتمالاتی سیلاب طراحی را با استفاده از آمار موجود بدست آورد. این امر زمانی ممکن است که دوره بازگشت سیلاب طراحی از طول آمار چندان بزرگتر نباشد. در غیر اینصورت عدم قطعیتهای برون یابی مانع برآورد دقیق سیلاب طراحی می گردد.

ـ آنالیز منطقه ای (Regional Analysis):

به منظور کاهش اثرات داده های نادرست و پرت و به منظور استفاده سیستماتیک از اطلاعات دیگر ایستگاهها روشهای متعدد آنالیز منطقه ای ابداع گردیده است. در بیشتر این روشها نسبت سیلاب یا دوره بازگشت خاص به سیلاب متوسط سالانه برای مناطق مختلف حاصل می گردد.

ـروش برآورد بزرگترین بارندگی و سیل محتمل (PMPوPMF):

بنابر تعریف بزرگترین بارندگی محتمل عبارت است از بیشترین ارتفاع بارندگی که در یک مدت معین بارندگی دریک سطح حوزه آبریز در یک زمان (فصل) معین از سال که بطور فیزیکی امکان بارش داشته باشد. در مواقعی که داده های بارندگی یا دیگر عوامل هواشناسی مورد نیاز در دسترس نباشند در این روش مقادیر PMP برای هر ایستگاه از رابطهٔ زیر بدست می آید:

$$X_T = X_n + K \cdot S_n$$

X_T : مقدار بارندگی بیشینه محتمل

X_n : میانگین مقادیر حداکثر بارندگی سالیانه

S_n : انحراف معیار مقادیر بارندگی حداکثر سالیانه

ـ با توجه به اینکه روشهای آماری PMP نقطه را بدست می دهند باید با استفاده از منحنی های خاص بارندگی نقطه ای به بارندگی در سطح حوزه تبدیل شود.

ـ مهمترین مزیت PMP مطابقت با واقعیت های فیزیکی برای وجود سقف بارندگی است. در روشهای دیگر مانند روشهای آماری این سقف وجود ندارد و سیلاب طراحی می تواند بسیار دست بالا برآورد شود. از طرف دیگر فرضیات اصلی مورد استفاده در مطالعات PMP هنوز مورد اثبات قرار نگرفته و عدم قطعیتها می توانند دقت محاسبات را بسیار کاهش دهند. به هر حال برای سیلاب با دوره بازگشت بیش از ۵۰۰ سال روشهای آماری مناسب نبوده و کمیته بین المللی سدهای بزرگ استفاده از مدلهای بارندگی – رواناب را توصیه می نماید.

ـ مدلهای بارندگی ـ روانآب (Rainfall-Runoff Models):

از اواسط دهه ۱۹۶۰ مدلهای مختلفی برای شبیه سازی حرکت آب در حوزه ایجاد گردید. در این مدلها رفتار حوزه بعنوان حاصل جمع رفتار زیرحوزه ها محاسبه می شود.
پیچیدگی سیستم‌های هیدرولوژیکی و کمبود و نقص اطلاعات در دسترس، تحلیل و پیش‌بینی وقایع هیدرولوژیکی را مشکل می‌سازد. نوعی نگرش موجود به تحلیل مسائل هیدرولوژی، نگرش سیستمی است. این نگرش در بررسی مسائل هیدرولوژی سعی در بررسی و توسعه روابط بین پارامترهای اندازه‌گیری شده چرخه هیدرولوژی داشته و باعث سادگی تحلیل وقایع هیدرولوژیک می‌شود. از این رو مورد توجه هیدرولوژیست‌ها قرار گرفته است. روابط بارش- رواناب حوضه‌های دارای آمار به منظور ارائه مدل‌هایی که بتوانند رواناب حوضه‌های مشابه ولی فاقد آمار را برآورد نمایند با تکیه بر این نگرش مورد بررسی قرار می گیرد.

تفاوت در ساختار مدلهای بارش ـ روانآب را می توان در چهار گروه تقسیم کرد:

۱) تفاوت در ماهیت پارامترهای ورودی و نتایج خروجی

الف) مدلهای قطعی ب) مدلهای احتمالاتی

۲) تفاوت در ماهیت زمانی نتایج ورودی و خروجی مدلهای بارش ـ رواناب

الف) مدلهای پیوسته ب) مدلهای تک واقعه ای

۳) تفاوت در ساختار شبیه سازی حوضه آبریز

الف)مدلهای یکپارچه ب) مدلهای توزیعی

٤) تفاوت فرآیند شبیه سازی بارش ـ روانآب

الف) مدلهای بر مبنای فیزیکی ب) مدلهای مفهومی ج)مدلهای تجربی