

پیش نویس استاندارد

راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای
کارهای مهندسی رودخانه

مؤلف:

دکتر محمد ابراهیم بنی حبيب

۱۳۸۰ - ۲۴۱ - الف

شماره استاندارد مهندسی آب کشور

۱۳۸۰

شهریور ماه

با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و از این رو طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور وزارت نیرو در جهت نیل به این هدف با مشخص نمودن رسته های اصلی مهندسی آب اقدام به تشکیل مجامع علمی - تخصصی با عنوان کمیته ها و زیرکمیته های فنی نموده که وظیفه تهیه این استانداردها را به عهده دارند.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین می گردد :

- استفاده از تخصص ها و تجارب کارشناسان و صاحبانظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین المللی
- بهره گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره برداری و ارزشیابی طرحها
- پرهیز از دوباره کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه کننده استاندارد

استانداردها ابتدا به صورت پیش نویس برای نظرخواهی منتشر شده و نظرات ارسالی پس از بررسی در کمیته تخصصی در نسخه نهایی منظور خواهد شد.

امید است که کارشناسان و صاحبانظرانی که فعالیت آنها با این رشته از مهندسی آب مرتبط می باشد، با توجهی که مبذول می فرمایند این پیش نویس را مورد بررسی دقیق قرار داده و با ارائه نظرات و راهنمایی های ارزنده خود کمیته فنی شماره ۳-۵ (بهره برداری و نگهداری از تصفیه خانه های آب و فاضلاب) را در تنظیم و تدوین متن یاری و راهنمایی فرمایند.

فوق لیسانس سازه های آبی	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	آقای محمدحسن چیتی
فوق لیسانس هیدرولیک	شرکت مهندسين مشاور لار	آقای حمید خورسندی
لیسانس راه و ساختمان	سازمان برنامه و بودجه	آقای حسین شفیعی فر
لیسانس راه و ساختمان	دفتر استانداردهای مهندسی آب کشور	خانم کیاندخت کباری
لیسانس آبیاری و زهکشی	شرکت مهندسين مشاور مهتاب قدس	آقای علاءالدین کلانتر
دکترای هیدرولیک	شرکت مهندسين مشاور دزآب	آقای حسین محمدولی سامانی
دکترای منابع آب و آبخیزداری	شرکت مهندسين مشاور چاک دشت	آقای علی ملک
فوق لیسانس سازه های آبی	دفتر مهندسين رودخانه ها و سواحل	آقای جبار وطن فدا

۲	محدودیت های راهنمای حاضر	۴-۱
۳	روشهای مختلف تعیین دور بازگشت سیلاب طراحی	۵-۱
۴	تعیین دوره بازگشت سیلاب براساس تحلیل اقتصادی	۲-
۴	مقدمه	۱-۲
۴	هزینه ها	۲-۲
۴	فایده ها	۳-۲
۵	شاخصهای اقتصادی	۴-۲
۵	مراحل محاسباتی تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح	۵-۲
۶	مثال	۶-۲
۸	تعیین دوره بازگشت سیلاب براساس تحلیل خطرپذیری	۳-
۸	مقدمه	۱-۳
۸	عمر اقتصادی طرح	۲-۳
۸	خطرپذیری و اعتمادپذیری	۳-۳
۹	ضریب و حاشیه اطمینان	۴-۳
۱۰	مثال	۵-۳
۱۱	بررسی دوره بازگشت سیلاب طرح در کشورهای مختلف	۴-
۱۱	مقدمه	۱-۴
۱۱	بررسی دوره بازگشت سیلاب طرح در طرحهای مختلف مهندسی رودخانه ایران	۲-۴
۱۲	بررسی دوره بازگشت سیلاب طرح در سایر کشورها	۳-۴
۱۳	جمع بندی	۴-۴
۱۵	تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی براساس ملاحظات اجتماعی	۵-
۱۵	مقدمه	۱-۵
۱۵	بررسی انواع خسارتهای سیلاب	۲-۵

۱۱	۶- نحوه انتخاب روش تعیین دوره بارگشت سیلاب و ملاحظات لازم
۲۱	۶-۱ مقدمه
۲۱	۶-۲ طبقه بندی روشهای تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح
۲۱	۶-۳ نحوه انتخاب روش تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح
۲۲	۶-۴ ارزیابی زیست محیطی
۲۳	پیوست روشهای محاسبه سیلاب
۲۶	۷- منابع

مطرح در مطالعه و اجرای طرحهای مهندسی رودخانه می باشد. ارائه راهنمایی برای تعیین دوره بازگشت سیلاب طرحهای مهندسی رودخانه کشور گامی است که برای ارائه راه حل مشکلات فنی مطالعات مهندسی رودخانه در کشورمان ضروری به نظر می رسد. از سوی دیگر تصمیم گیری در مورد دوره بازگشت سیلاب طراحی نیاز به بررسی معیارها و ملاحظات متعددی دارد که به لحاظ اقتصاد کلان ملی و تأمین ایمنی در مقابل خطر سیلاب دارای اهمیت بسزایی است.

۲-۱ اهداف

نظر به وجود مراجع متعدد داخلی و خارجی در زمینه هیدرولوژی و تشریح مفصل روشهای محاسباتی بده اوج و هیدروگراف سیلاب در این مراجع و نیز لزوم حفظ اختصار در ارائه راهنمای حاضر، محورهای زیر هدف های اصلی این راهنمای باشد:

- نحوه انتخاب دوره بازگشت سیلاب طراحی
- ملاحظات مربوط به تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی

۳-۱ چارچوب راهنما

به منظور دستیابی به اهداف فوق الذکر فصول راهنمای حاضر به صورت زیر تنظیم شده است:

در فصل اول کلیاتی که در استفاده مناسب از این راهنما لازم به نظر می رسد، بیان گردیده است و بدین ترتیب علاوه بر اهداف، به ساختار نشریه و محدودیت های آن اشاره شده است.

در فصل دوم روش تعیین دوره بازگشت سیلاب با استفاده از تحلیل اقتصادی بحث شده است. در این فصل علاوه بر تعیین عوامل و شاخص های اقتصادی، تعیین دوره بازگشت براساس شاخص مورد نظر ارائه شده است. در این فصل مثالی برای راهنمایی بیشتر ارائه شده است.

در فصل سوم، نحوه تعیین دوره بازگشت سیلاب براساس تحلیل خطرپذیری مورد بحث قرار گرفته است. در این فصل پس از ارائه تعاریف و روابط حاکم، مثالی برای روشن تر شدن روش تعیین دوره بازگشت با استفاده از تحلیل خطرپذیری ارائه شده است.

تشریح شده است. در این فصل مثالهایی برای روشن تر شدن روش پیشنهادی، ارائه گردیده است. در فصل ششم، ابتدا روشهای مختلفی که در این راهنما ارائه شده است طبقه بندی گردیده و سپس نحوه انتخاب روش مناسب از میان روش های ارائه شده، مورد بحث قرار گرفته است. ملاحظات زیست محیطی که در تعیین دوره بازگشت می تواند مطرح باشد در این فصل به طور اجمالی بحث شده است. شایان ذکر است که استفاده از بخشی از راهنما بدون توجه به سایر بخش ها، توصیه نمی شود و توجه به کلیه فصول در صورت استفاده از راهنما لازم به نظر می رسد.

۴-۱ محدودیت‌های راهنمای حاضر

راهنمای حاضر برای دوره بازگشت سیلاب طرح در طرحهای مهندسی رودخانه تهیه گردیده است و دارای محدودیت‌های زیر است:

- نظر به عدم نیاز به محاسبه حداکثر سیلاب متحمل (PMF) در پروژه‌های مهندسی رودخانه، این مورد در این راهنما بحث نشده است. در صورتی که شرایط پروژه خاص اقتصادی و صنعتی، که الزام استفاده از سیلاب PMF را ایجاب نماید، موضوع خارج از بحث این راهنما خواهد بود.
- اثر میزان رسوب در شرایط هیدرولوژیکی و هیدرولیکی سیلاب نظیر آنچه در سیلابهای واریزه‌ای^۱ و سیلابهای با غلظت بالای رسوب مطرح می‌باشد خارج از بحث راهنمای حاضر می‌باشد. چنانچه رودخانه‌ای دارای شرایط مناسب رخداد اینگونه سیلابها باشد، لازم است اثر سیلابهای واریزه‌ای لحاظ گردد و با روشی مناسب مقدار سیلاب محاسبه شده تدقیق گردد و با توجه به تواتر رخداد سیلابهای واریزه‌ای سیلاب طراحی انتخاب گردد.
- راهنمای حاضر برای پروژه‌های مهندسی رودخانه بوده و کاربرد آن برای پروژه‌های دیگر مانند پروژه های احداث سد، جمع‌آوری رواناب شهری توصیه نمی شود.
- در صورت وجود سد بروی رودخانه در بالا دست محدودۀ مطالعاتی و نیاز به بررسی پدیده شکست سد، محاسبه سیلاب طراحی خارج از بحث راهنمای حاضر خواهد بود.

^۱ - Debris flow

در برخی از کشورها براساس تجارب حاصل از تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح براساس تحلیل اقتصادی در پروژه های مختلف و نیز ملاحظات اجتماعی و اقتصادی، جداولی نیز پیشنهاد گردیده است. البته باید توجه نمود که وجودچنین جداولی لزوم تحلیل های مختلف برای تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح را نفی نکرده است. [۱۲]

در فصول مختلف راهنمای حاضر ضمن بحث روشهای مختلف تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح و بررسی روش های موجود در کشور های مختلف، نحوه جمع بندی نتایج حاصل از روش های مختلف بحث گردیده است.

یا سود خالص طرح می باشد. این محاسبات در سال مبنای مشترکی بایستی انجام شود.

۲-۲ هزینه ها

به ازای انتخاب هر سیلاب طراحی می توان گزینه بهینه ای جهت مهار این سیلاب طراحی ارائه کرد هزینه اجرای گزینه بهینه به ازای سیلاب های طراحی مختلف، متفاوت خواهد بود. پس مهار سیلاب بر مبنای هر سیلاب طراحی شامل هزینه های زیر خواهد بود:

- هزینه اجرای گزینه بهینه براساس سیلاب طراحی مورد نظر
- هزینه نگهداری - بهره برداری سالانه گزینه بهینه براساس سیلاب طراحی مورد نظر
- هزینه خطر پذیری گزینه بهینه براساس سیلاب طراحی مورد نظر
- هزینه اجرای گزینه شامل هزینه اجرای طرح، تملیک اراضی برای انجام پروژه می باشد و نیز بایستی نرخ سود این سرمایه گذاری را منظور نمود. طبق بخشنامه شماره ۷۸۱۹/۲۷۰ مورخه ۱۱/۱۹/۷۶/ معاونت محترم امور آب این نرخ در ارزیابی اقتصادی طرحهای توسعه منابع آب با هدف کشاورزی ۷٪ منظور می شود. هزینه نگهداری - بهره برداری سالانه نیز نیم درصد کل هزینه طرح (بدون منظور نمودن نرخ سود) در نظر گرفته می شود [۵] بدین ترتیب با افزایش دوره بازگشت سیلاب طراحی هزینه متوسط سالانه احداث و نگهداری و بهره برداری سامانه مهار سیلاب افزایش می یابد. هر سازه حفاظت رودخانه ممکن است در اثر عبور سیلاب بزرگتر از سیلاب طراحی دچار خسارت جزئی یا کلی شود. بایستی خطر پذیری سیلاب بزرگتر از سیلاب طراحی در دوره بهره برداری سازه مشخص گردیده و خسارت به صورت درصدی از هزینه به هزینه کل اضافه شود.

۳-۲ فایده ها

در طرحهای مهار سیلاب و ساماندهی رودخانه حذف خسارت به عنوان فایده طرح منظور می شود. خسارت ها را می توان به دو دسته عمده زیر طبقه بندی کرد:

الف- خسارت محسوس که می توان به صورت خسارت مالی بیان نمود و در تحلیل اقتصادی مدنظر قرار داد.

موضوع دیگری که می‌توان به عنوان فایده برای طرح های مهندسی رودخانه منظور نمود استحصال زمین میباشد که در بعضی از طرح های مهندسی رودخانه علاوه بر حفاظت اراضی موجود اراضی جدیدی ممکن است استحصال گردد که بایستی به صورت فایده منظور شود. در صورتیکه در محدوده بازه مطالعاتی داده‌های کامل و دقیقی از خسارت سیلاب های رخ داده وجود داشته باشد، می‌توان با ایجاد رابطه همبستگی بین بده اوج رودخانه و خسارت مربوطه تابع بده خسارت سیلاب را تعیین نمود. در این صورت داده های اوج سیلاب و خسارت بایستی پراکندگی لازم را داشته باشد تا تابع از دقت لازم برخوردار شود. در صورت عدم وجود چنین داده‌هایی تخمین خسارت با توجه به پهنه سیل گیرنده‌های سیلاب های با دوره‌های بازگشت مختلف انجام می‌گیرد و تابع بده خسارت سیلاب تعیین می‌شود.

۴-۲ شاخص‌های اقتصادی

ارزیابی اقتصادی طرح های مهندسی رودخانه با یکی از دو شاخص زیر پیشنهاد می‌گردد:

الف- نسبت فایده به هزینه (B/C) که نشان دهنده راندمان اقتصادی طرح است.

ب- ارزش حال خالص (B-C) که نشان‌دهنده اثرات طرح بر درآمد ملی است.

۵-۲ مراحل محاسباتی تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح

مراحل محاسباتی تعیین سیلاب طراحی براساس تحلیل اقتصادی را می‌توان به دو بخش اصلی تقسیم کرد:

بخش اول: تهیه منحنی خسارت - احتمال رخداد .

بخش دوم: تهیه جدول تحلیل اقتصادی .

بخش اول به دو طریق ممکن است انجام شود:

طریقه اول :

در صورت وجود تعداد کافی از خسارت سیلاب های رخ داده در محدوده مورد نظر، تابع بده - خسارت سیلاب تهیه گردیده و با تابع بده - احتمال رخداد ترکیب نموده تابع خسارت - احتمال رخداد را بدست می‌آوریم.

۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
سود هزینه	هزینه سالانه ریال سال	فایده سالانه تجمعی	فایده سالانه ریال سال	تفاوت دو دوره بازگشت متوالی (سال)	دوره بازگشت (سال)	میزان افزایش خسارت (ریال)	خسارت کل سیلاب (ریال)	بده اوج سیلاب مترمکعب بر ثانیه

گام اول : بده اوج سیلاب در ستون اول نوشته می شود.

گام دوم : در ستون دوم خسارت از منحنی بده- خسارت تعیین می شود.

گام سوم : در ستون سوم میزان افزایش خسارت در بین دو ردیف متوالی نوشته می شود.

گام چهارم : در ستون چهارم دوره بازگشت سیلاب با توجه به منحنی بده- دوره بازگشت و بده متوسط ردیفهای متوالی ستون اول تعیین می شود.

گام پنجم : تفاوت دو دوره بازگشت متوالی برحسب سال بیان شود.

گام ششم : ستون ششم از تقسیم ستون سوم به ستون پنجم تعیین می شود.

گام هفتم : با جمع تجمعی ستون هفتم تعیین می شود.

گام هشتم : ستون هشتم هزینه متوسط سالانه طرح به ازای بدههای سیلاب ستون اول می باشد.

گام نهم : از تقسیم ستون هفتم به هشتم بدست می آید.

بدین ترتیب دوره بازگشت سیلابی به عنوان دوره بازگشت سیلاب طراحی انتخاب می شود که فایده به هزینه آن در ستون نهم حداکثر می باشد.

۲-۶ مثال

جدول (۲-۲) هزینه سالانه حفاظت در مقابل سیلابهای دوره بازگشت معین و خسارت های ناشی از سیلابها در رودخانه ای را ارائه می دهد.

۴۲	۳۰	۱۲	۱
۶۰	۳۵	۲۰	۱/۳
۸۰	۴۰	۳۲	۱/۶
۱۵۰	۴۵	۴۶	۱/۸
۳۰۰	۵۰	۷۰	۲
۶۰۰	۶۰	۹۸	۲/۴

براساس روشی که در بند ۲-۵ ارائه گردید می توان جدول محاسبه نسبت سود به هزینه را به صورت جدول (۲-۳) تشکیل داد. همانطور که از ستون نهم جدول مشخص می گردد نسبت سود به هزینه در دوره بازگشت ۸۰ سال حداکثر می گردد و معادل ۱/۳۹ می باشد.

جدول ۲-۳- تعیین دوره بازگشت براساس تحلیل سود به هزینه

۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
سود هزینه	هزینه سالانه میلیاردریال سال	فایده سالانه تراکمی (میلیاردریال)	فایده سالانه (میلیاردریال)	تفاوت دو دوره بازگشت متوالی (سال)	دوره بازگشت (سال)	میزان افزایش خسارت (میلیاردریال)	خسارت کل سیلاب (میلیاردریال)	بده اوج سیلاب (هزارمترمکعب ب بر ثانیه)
۰	۰/۲	۰	۰/۲۵	۸	۲	۲	۰	۱۰
۰/۶۲	۰/۴	۰/۲۵	۰/۳۰	۱۰	۱۰	۲	۲	۱۵
۰/۹۲	۰/۶	۰/۵۵	۰/۳۰	۱۰	۲۰	۳	۵	۲۰
۱/۰۶	۰/۸	۰/۸۵	۰/۳۰	۱۰	۳۰	۳	۸	۲۵
۱/۱۸	۱/۰	۱/۱۸	۰/۳۳	۱۲	۴۲	۴	۱۲	۳۰
۱/۲۵	۱/۳	۱/۶۲	۰/۴۴	۱۸	۶۰	۸	۲۰	۳۵
۱/۳۹	۱/۶	۲/۲۲	۱/۶۰	۲۰	۸۰	۱۲	۳۲	۴۰
۱/۳۴	۱/۸	۲/۴۲	۰/۲۰	۷۰	۱۵۰	۱۴	۴۶	۵۰
۱/۲۹	۲	۲/۵۸	۰/۱۶	۱۵۰	۳۰۰	۲۴	۷۰	۶۰
۱/۱	۲/۴	۲/۶۷	۰/۰۹	۳۰۰	۶۰۰	۲۸	۹۸	۷۰

۲-۳ عمر اقتصادی طرح

عمر اقتصادی طرح برابر است با مدتی که در پایان آن مدت اثرات مثبت اقتصادی و فیزیکی طرح پایان یابد. و عوامل فیزیکی (استهلاک فیزیکی، منسوخ شدن، تغییر نیازمندیهای خدماتی، مدت تنزیل، تعدیل به علت احتمال و عدم اطمینان) سبب می شود تا در پایان عمر اقتصادی، هزینه های طرح بر فایده هایی که انتظار می رود در صورت ادامه آن به دست بیاید، فزونی پیدا کند. طول عمر اقتصادی طرح معمولاً کوتاه تر از طول عمر فیزیکی آن است.

۳-۳ خطرپذیری و اعتماد پذیری

در صورتی که در طول عمر منظور شده برای یک سازه، میزان سیلاب از مقدار نظیر آن در دوره برگشت مفروض برای طرح (سیلاب طرح) فراتر رود، احتمال دارد آن سازه تخریب شود. به عنوان مثال یک سرریز برای عمر ۵۰ سال و برای مقدار سیلاب با دوره برگشت ۱۰۰ ساله طرح شده است. بنابراین، در صورت وقوع سیلابی با مقدار بیش از سیلاب طرح (۱۰۰ ساله) در طول ۵۰ سال عمر سرریز، احتمال شکست آن وجود خواهد داشت.

$$Q = 1 - p$$

احتمال عدم وقوع آن سیلاب در n سال یا اعتمادپذیری آن چنین است:

$$R = (1 - P)^n$$

با توجه به تعریف دوره بازگشت سیلاب (T) می توان اعتمادپذیری را به صورت زیر بیان نمود:

$$R = (1 - 1/T)^n$$

و نیز احتمال وقوع یا میزان خطرپذیری برابر است با :

$$\bar{R} = 1 - (1 - 1/T)^n$$

$$T = \frac{1}{1 - (1 - R)^{\frac{1}{n}}}$$

در صورتی که دوره برگشت طرح مساوی با عمر مورد انتظار آن در نظر گرفته شود، با توجه به معادله خطر احتمال شکست پروژه ۶۳/۲ درصد خواهد بود. این نتیجه از بسط سری توانی معادله خطر به شرح زیر به دست می آید.

$$\overline{\overline{R}} = 1 - (1 - 1/n)^n$$

$$\overline{\overline{R}} = 1 - e^{-1}$$

$$\overline{\overline{R}} = 1 - e^{-1} = 0.632$$

۴-۳ ضریب و حاشیه اطمینان

لازم است که حاشیه اطمینان (SM) نسبت به سیلاب برآورد شده منظور نمود. در صورتی که مقدار محاسبه شده سیلاب براساس تحلیل آماری L و بر اساس طرح C باشد، ضریب اطمینان و حاشیه اطمینان از دو رابطه زیر به دست می آید.

$$SF = C/L \quad \text{ضریب اطمینان}$$

$$SM = C - L \quad \text{حاشیه اطمینان}$$

به طور کلی برای مقادیر مشخص از خطرپذیری R و طول عمر منظور شده برای یک سازه، دوره برگشت مورد نیاز را می توان محاسبه نمود. بنابراین (L) سیلاب مربوط به همان دوره برگشت با استفاده از تحلیل فراوانی داده های بده سیلاب قابل برآورد می باشد. لذا مقدار C طراحی را می توان از حاصلضرب L در ضریب اطمینان (SF) تعیین شده یا با اضافه نمودن حاشیه اطمینان به L به دست آورد.

۱۰ درصد برای تعیین رودخانه و زیر آب زمین منطقه پذیرفته است. دوره بازگشت سامانه مهار سیلاب در این رودخانه عبارت است از:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - R)^{\frac{1}{n}}}$$

$$n = \frac{1}{1 - (1 - 0/2)^{\frac{1}{100}}} = 446 \text{ سال}$$

مهندسی رودخانه کشورمان نیز تحلیل گردیده است. این تحلیل براساس موارد گزارش شده توسط مهندسين مشاور به استاندارد صنعت آب ايران تا سال ۱۳۷۹ می باشد. .

۲-۴ بررسی دوره بازگشت سیلاب طرح در طرحهای مختلف مهندسی رودخانه ایران

براساس استعلامی که از طرف استاندارد صنعت آب ایران در سال ۱۳۷۹ از سازمانهای آب منطقه‌ای و مهندسين مشاور به عمل آمد، مجموعاً ۳۰ طرح مهندسی رودخانه گزارش گردید. البته این تعداد را بایستی به عنوان نمونه‌ای از طرحهای مهندسی رودخانه تلقی نمود. تعداد طرحهای مهار سیلاب ۱۶ عدد و طرحهای ساماندهی رودخانه ۹ عدد و تثبیت سواحل و بستر ۵ عدد عنوان شده است. دوره بازگشت سیلاب طراحی برای طرحهای مهار سیلاب بین ۱۰ تا ۱۰۰ سال بوده است که عمدتاً ۲۵ سال مورد استفاده قرار گرفته است. طرحهای ساماندهی رودخانه دوره بازگشت ۲ تا ۲۰۰ سال و طرحهای تثبیت بستر و سواحل ۲۵ تا ۱۰۰ سال را مبنای دوره بازگشت سیلاب طرح قرار داده اند. جدول (۴-۱) توزیع فراوانی دوره بازگشت مورد استفاده در طرحهای مهندسی رودخانه گزارش شده فوق‌الذکر را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱- توزیع فراوانی دوره بازگشت سیلاب طراحی در طرحهای مهندسی رودخانه گزارش شده است

دوره بازگشت سیلاب سال	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	جمع
تعداد طرح	۱	۲	۱۷	۴	۳	۱	۲	۳۰
درصد فراوانی	۳/۳	۶/۶	۵۷	۱۳/۳	۱۰	۳/۳	۶/۶	۱۰۰

این جدول نشان می‌دهد که ۵۷٪ طرحها، ۲۵ سال را به عنوان مبنای دوره بازگشت سیلاب طراحی استفاده کرده‌اند و فقط حدود ۱۰٪ طرح‌ها از دوره بازگشت بالای ۱۰۰ سال استفاده نموده‌اند. استفاده دوره بازگشت ۲۵ سال احتمالاً تحت تأثیر بخش نامه تعیین بستر رودخانه بوده است. حدود ۸۰/۲٪ طرحها از دوره بازگشت بین ۱۰ تا ۵۰ سال استفاده نموده‌اند که با توجه به جدول (۴-۱) محدوده دوره بازگشت اراضی کشاورزی محسوب می‌شود.

خطر جانی مطرح نباشد حداقل دوره بازگشت ۱۵ سال توصیه شده است. برای سیلاب دشت های رودخانه های بزرگ سیلاب طراحی ۱۰۰ سال توصیه شده است. در سیلاب دشتهای رودخانه های کوچک در صورت عدم وجود خطر جانی حداقل ۲۵ سال در نظر گرفته می شود ولی در صورت وجود خطر جانی دوره بازگشت صدسال توصیه گردیده است.

۲-۳-۴ استرالیا

اداره کارهای عمومی نیوسات ویلز استرالیا، دوره بازگشت سیلاب طراحی در رودخانه های اصلی و فرعی را بین ۵ تا ۵۰۰ سال پیشنهاد کرده است. براساس توصیه این ادازه دوره بازگشت سیلاب طرح برای مراتع که صرفاً برای دامپروری استفاده می شود بین ۲ تا ۷ سال توصیه کرده است. برای سیلاب طراحی در مزارع بدون خطر جانی دوره بازگشت ۱۰ سال و برای نواحی شهری با خطر جانی ۱۵۰ سال پیشنهاد شده است.

۳-۳-۴ اندونزی

در طرحهای مهار سیلاب اندونزی با توجه به شرایط اجتماعی و اقتصادی منطقه و اعتبارات مالی و نیروی انسانی موجود دوره بازگشت سیلاب طرح ۵، ۱۰ و یا ۲۰ سال در نظر گرفته می شود.

۴-۳-۴ بلغارستان

دوره بازگشت سیلاب طرح در مناطق شهری بزرگ و مراکز صنعتی بین ۲۰۰-۱۰۰ سال، در شهرهای کوچک و روستاها بین ۳۳ سال تا ۱۰۰ سال در نظر گرفته می شود. در اراضی که غیر مسکونی بوده و خطر جانی ندارد نظیر اراضی کشاورزی و شبکه های آبیاری و زهکشی بین ۱۰ تا ۲۰ سال در نظر گرفته می شود. در مناطق کم اهمیت تر که رودخانه های کوچک عبور می نمایند دوره بازگشت سیلاب طرح بین ۷-۱۰ سال در نظر گرفته می شود.

طرح بین ۵۰ تا ۱۰۰ سال برای مناطق مسکونی، صنعتی و راههای ارتباطی مهم پیشنهاد می نماید.

۴-۴ جمع بندی

به منظور روشن نمودن دیدگاه های مختلف در انتخاب سیلاب طراحی ، معیارها، استانداردها، توصیه های فنی کشورهای مختلف را بررسی می نمایم. بررسی مراجع قابل دسترسی نشان می دهد که در اغلب کشورها ، سیلاب طراحی پیشنهادی برای طرح های مهار سیلاب رودخانه و زهکش شهری صورت گرفته است و برای طرح های مهار فرسایش و رسوب پیشنهاد مشخصی که قابل توجه باشد ارائه نگردیده است. در ارائه سیلاب طراحی برای طرح های مهار سیلاب با مبانی مختلفی ، طرح ها طبقه بندی شده اند. مبانی مورد استفاده کشورهای بررسی شده به یکی و یا ترکیبی از مبانی زیر بوده است:

الف- طبقه بندی براساس کاربری اراضی نظیر مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی

ب- طبقه بندی براساس شهر و روستا

ج- طبقه بندی براساس وجود خطر جانی و عدم وجود خطر جانی

جدول زیر استفاده از مبانی فوق را در کشورهای مختلف نشان می دهد ؛ البته در اغلب موارد به طور کامل از این مبانی استفاده نشده است و ترکیبی ناقص از این مبانی در نظر قرار گرفته است. در برخی از کشورها به تحلیل اقتصادی نیز در انتخاب سیلاب طراحی تأکید شده است.

جدول ۴-۲- مبانی مورد استفاده در کشورهای مختلف برای تعیین سیلاب طراحی

کشور	مبنای طبقه بندی	کشور	مبنای طبقه بندی	کشور	مبنای طبقه بندی
آمریکا	الف - ب - ج	ژاپن	الف - ب	هندوستان	الف - ب
استرالیا	الف - ب	سوئیس	ب		
بلغارستان	الف - ب	فیلیپین	ب		
چکسلواکی	الف - ب	لهستان	الف - ب		
چین	الف	کانادا	الف - ب		

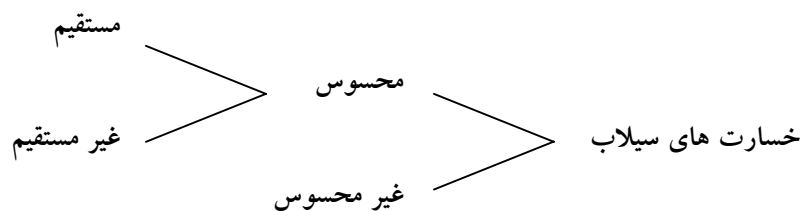
جدول ۴-۳- دوره بازگشت سیلاب طراحی در کشورهای مختلف

کشور / کاربری	مسکونی	تجاری	صنعتی	کشاورزی	توضیح
آمریکا	۲۵-۱۰۰	۲۵-۱۰۰	۲۵-۱۰۰	۵-۲۵	در مناطق غیر کشاورزی حد بالا برای حالت وجود خطر جانی و حد پایین عدم وجود خطر جانی است
استرالیا	۵۰-۱۰۰	۵۰-۱۰۰	۵۰-۱۰۰	۵-۵۰	-
بلغارستان	۳۰-۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۵-۱۰	مناطق مسکونی پرجمعیت حد بالا و مناطق مسکونی کم جمعیت حد پایین را استفاده می کنند
چکسلواکی	۱۰۰	۱۰۰	۵۰-۱۰۰	۷-۲۰	-
چین	۱۰۰-۲۰۰	-	-	-	-
ژاپن	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰	-	تقسیم بندی بر حسب رودخانه می باشد فقط رودخانه های بزرگ در این جدول آورده شده است .
سوئیس	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-
فیلیپین	۵۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-
لهستان	۱۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰-۵۰	-
کانادا	۱۰۰	۱۰۰	-	-	-
هندوستان	۵۰	۵۰	۵۰	۲۵	-

اجتماعی انواع خسارت های سیلاب در این فصل مورد بررسی قرار گیرد ابتدا انواع خسارت ها تعریف گردیده و نحوه بکارگیری این شاخص های اجتماعی اثرات انواع خسارت ها تعریف گردیده و نحوه بکارگیری این شاخص ها در تعیین دوره بازگشت ارائه می گردد.

۲-۵ بررسی انواع خسارت های سیلاب

انواع خسارت هایی که از سیلاب ناشی می گردد و اثرات محسوس، غیر محسوس و مستقیم و غیر مستقیم بر زندگی انسانها دارد در اینجا طبقه بندی می گردد. طبقه بندی انواع خسارت در شکل (۵-۱) ارائه گردیده است.



شکل ۵-۱- طبقه بندی انواع خسارت

۱-۲-۵ خسارت محسوس

خساراتی که اثرات آنها بطور مشخصی در زندگی افراد ناحیه سیلزده قابل احساس باشد خسارت محسوس گفته می شود. این نوع خسارت بسته به اینکه بطور مستقیم و یا غیر مستقیم بر روی زندگی افراد سیلزده مؤثر باشد به دو دسته خسارت مستقیم یا غیر مستقیم تقسیم می شود.

۱-۱-۲-۵ خسارت های مستقیم

خسارت های محسوسی که اثرات مستقیم اقتصادی بر زندگی مردم دارند خسارت محسوس مستقیم گفته میشود و شامل موارد زیر است:

الف- سیل گیری اراضی، تاسیسات و ساختمانها و تخریب یا آسیب دیدن آنها

خسارت های که فقط اثرات اقتصادی بر زندگی مردم نداشته و بطور غیر مستقیم نیز اثرات منفی دارد عبارتند از:

الف - تلفات انسانی و معلولیت افراد

ب - آسیب های را انسانی و افزایش هزینه های درمانی

ج - قطع موقت ارتباط و افزایش هزینه ها مسافرت از راههای دیگر

د - ایجاد مشکل در تجارت روزمره

هـ - از دست دادن موقت یا دائمی شغل

۵-۲-۲ خسارت های غیر محسوس

خسارت هایی که بطور مستقیم در اجتماع مؤثر نبوده ولی بصورت نامحسوس در اجتماع سیلزده اثر می گذارد .

خسارت غیر محسوس گفته می شود . شامل موارد زیر است :

الف - ایجاد آسیب های روحی ناشی از خسارت های محسوس و ضررهای بهداشتی دراز مدت آن

ب - ایجاد یاس و ناامیدی در مردم و تشویق آنها به مهاجرت

ج - ایجاد مانع در راه رشد و توسعه منطقه

هـ - تخریب مراکز اطلاع رسانی ، مدیریت بحران در جامعه و مراکز امداد رسانی و بیمارستان ها و انتظامی و

ایجاد محدودیت و موانع در مدیریت و کاهش حوادث غیر مترقبه

۵-۳ بررسی شاخص های اجتماعی مؤثر در تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی

۵-۳-۱ در اراضی غیر کشاورزی

انواع خسارت های مادی و معنوی که سیلاب به مردم وارد می سازد و در این فصل به طبقه بندی آنها اشاره

گردید . میتوانند بصورت پنج شاخص عمده بصورت زیر طبقه بندی شده هر شاخص توصیفی با توجه عوامل

مؤثر شاخص می تواند کم ، متوسط و یا زیاد ارزیابی گردیده است .

۲- ایجاد مشکل در تجارت روزمره

۳- قطع موقت ارتباط و افزایش هزینه های مسافرت از راههای دیگر

شاخص سوم : اثرات اجتماعی نامحسوس شامل :

۱- ایجاد آسیب های روحی ناشی از خسارات مختلف و ضررهای بهداشتی دراز مدت آن

شاخص چهارم : اثرات اجتماعی خسارت های نامحسوس شامل:

۱- ایجاد مانع در راه رشد و توسعه منطقه

۲- ایجاد یاس و ناامیدی در مردم و تشویق آنها به مهاجرت

۳- عدم سرمایه گذاری قابل توجه در اثر عدم اطمینان کافی

شاخص پنجم : اثرات اجتماعی نامحسوس شامل :

۱- تخریب مراکز مدیریت سیاسی جامعه، امداد رسانی ، بیمارستانها و اطلاع رسانی و ایجاد موانع و محدودیتها

در مدیریت و کاهش حوادث غیر مترقبه

با توجه به اینکه از شاخص های یاد شده می توانند به توصیفگرهای سه گانه بصورت کم ، متوسط و زیاد بیان

گردند امتیاز هر شاخص بصورت جدول (۵-۱) تعیین می گردد .

جدول ۵-۱- امتیازات شاخص های مختلف

توصیفگر			علامت	شاخص
زیاد	متوسط	کم		
۳	۲	۱	S _۱	اول
۳	۲	۱	S _۲	دوم
۳	۲	۱	S _۳	سوم
۳	۲	۱	S _۴	۳
۲	۱/۵	۱	S _۵	پنجم

در اراضی کشاورزی که حضور مداوم انسان بصورت سکونت و یا اشتغال تمام وقت وجود نداشته و خسارت جانی متصور نباشد عوامل مؤثر در تعیین شاخص های اجتماعی متفاوت خواهد بود در این صورت عوامل مؤثر در تعیین شاخص های عبارتند از :

شاخص اول : اثرات اجتماعی ناشی از خسارتهای محسوس مستقیم

شاخص دوم : اثرات اجتماعی ناشی از ازدست دادن موقت و یا دائم شغل

شاخص سوم : اثرات اجتماعی ایجاد و آسیبهای روحی ناشی از خسارتهای مختلف و ضررها بهداشتی دراز مدت آن اثرات اجتماعی

شاخص چهارم : اثرات اجتماعی خسارت های نامحسوس شامل :

۱- ایجاد مانع در راه رشد و توسعه منطقه

۲- ایجاد یاس و ناامیدی در مردم و تشویق آنها به مهاجرت

۳- عدم سرمایه گذاری قابل توجه در اثر عدم اطمینان کافی

شاخص های یک تا چهار با توصیفگرها سه گانه کم، متوسط و زیاد بیان گردید . و امتیاز هر شاخص از جدول (۱-۵) تعیین می گردد . امتیاز شاخص کل برای اراضی کشاورزی با اعمال ضریب های وزنی از رابطه زیر بدست می آید.

$$S = (0/5 S_1 + 0/2 S_2 + 0/05 S_3 + 0/25 S_4) \quad (۲-۵)$$

۴-۵ روش تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی براساس ملاحظات اجتماعی

دوره بازگشت سیلاب طراحی برای اراضی کشاورزی و غیر کشاورزی متفاوت بوده و براساس جداول مختلف تعیین می گردد . ابتدا امتیاز شاخص های مختلف تعیین گردیده و بعد با توجه به نوع اراضی از رابطه (۱-۵) یا (۲-۵) امتیاز شاخص کل تعیین می گردد. براساس امتیاز شاخص کل برای اراضی غیرکشاورزی از جدول (۲-۵) و برای اراضی کشاورزی از جدول (۳-۵) دوره بازگشت سیلاب طراحی تعیین می گردد.

۲۰۰	۵/۵-۶
-----	-------

جدول ۵-۳- دوره بازگشت سیلاب طراحی برای ارضی کشاورزی

دوره بازگشت سیلاب طراحی	امتیاز شاخص کل
۳۰	۱ ۱/۵
۴۰	۱/۵ - ۲/۵
۵۰	۲/۵ ۳

۵-۵ مثالها

در این بخش به ارائه مثالهایی دوره بازگشت سیلاب طراحی برای طرحهای مهار سیلاب رودخانه هایی از کشورمان مورد بررسی قرار می گیرد :

مثال اول : تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای مهار سیلاب اراضی کشاورزی حاشیه رودخانه سرباز :

ابتدا مقادیر شاخص های اول تا چهارم با توجه به شرایط بشرح جدول (۴-۵) تعیین می شود.

جدول ۴-۵- امتیاز شاخص ها برای مثال اول

امتیاز	توصیفگر	شاخص
۲	متوسط	اول
۲	متوسط	دوم
۱	کم	سوم
۳	زیاد	چهارم

$$S = 0 / 50 * 2 + 0 / 20 * 2 + 0 / 05 * 1 + 0 / 25 * 3$$

$$S = 2 / 2$$

شاخص	توصیفگر	امتیاز
اول	متوسط	۲
دوم	متوسط	۲
سوم	متوسط	۲
چهارم	متوسط	۲
پنجم	متوسط	۱/۵

$$S = (0/75 * 2 + 0/1 * 2 + 0/05 * 2 + 0/10 * 2) * 1/5 = 3$$

با توجه به جدول (۲-۵) دوره بازگشت سیلاب معادل ۱۰۰ سال تعیین می شود.

مثال ۳: مطلوب تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای بازه میدان تجریش رودخانه گلابدره - دربند . با توجه به شرایط محیطی، اهمیت مناطق و شرایط اجتماعی امتیاز شاخص های پنجگانه بشرح جدول (۶-۵) تعیین می شود .

جدول ۶-۵- امتیاز شاخص ها برای مثال سوم

شاخص	توصیفگر	امتیاز
اول	زیاد	۳
دوم	زیاد	۳
سوم	زیاد	۳
چهارم	کم	۲
پنجم	زیاد	۲

$$S = (0/75 * 3 + 0/1 * 3 + 0/05 * 3 + 0/10 * 1) * 2 = 5/6$$

با توجه به جدول (۲-۵) دوره بازگشت سیلاب طراحی ۲۰۰ سال تعیین می شود .

۲-۶ طبقه بندی روش های تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح

همانطور در فصول قبلی بحث گردید دوره بازگشت سیلاب طراحی را می توان به یکی از چهار روش زیر تعیین کرد:

- تحلیل اقتصادی
- تحلیل خطر پذیری
- ملاحظات اثرات اجتماعی
- آیین نامه های معتبر سایر کشورها

علاوه به چهار روش فوق پس از تعیین سیلاب طراحی براساس روش های فوق می توان براساس ملاحظات زیست محیطی نتایج حاصل از بررسی نمود .

از آنجا که انطباق کامل شرایط سایر کشورها با کشورمان جای بحث دارد بهتر است استفاده از آیین نامه های معتبر سایر کشورها در کنار سه روش دیگر بکار گرفته شود و استفاده تنها به آیین نامه کشوری خاص نیاز به ارائه دلایل و مدارک کافی به مسئولیت دستگاه مطالعه کننده خواهد بود .

۳-۶ نحوه انتخاب روش تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح

همانطور که بحث گردید با استفاده از چهار روش می توان دوره بازگشت سیلاب طرح را تعیین نمود جدول (۱-۶) روش ها و محدودیت ها و ملاحظات مربوط به این روشها را نشان می دهد .

جدول ۱-۶- ملاحظات و محدودیتهای روش های مختلف

ردیف	نام روش	ملاحظات و محدودیتهای مختلف
۱	تحلیل اقتصادی	در صورت وجود خطر جانی بتهایی استفاده نمی شود .
۲	تحلیل خطر پذیری	در صورت مشخص بودن درصد خطر پذیری و عمر اقتصادی طرح از این روش می توان استفاده کرد.
۳	اثرات اجتماعی	ارزیابی اثرات خسارتها مختلف در تعیین دقیق نقش دارد .
۴	آیین نامه های سایر کشورها	استفاده تنها از این روش توصیه نمی شود .

۴-۶ ارزیابی زیست محیطی

پس از انتخاب دوره بارگشت سیلاب طراحی براساس دستورالعمل ارزیابی زیست محیطی طرح های مهندسی رودخانه گزینه های مختلف طرح مهندسی رودخانه ارزیابی زیست محیطی گردیده و در صورت وجود خسارت های زیست محیطی در مرحله اول با تغییر در گزینه ها سعی می شود خسارت زیست محیطی جبران ناپذیر حذف گردد و سایر اثرات زیست محیطی نامناسب تا حد قابل قبول کاهش داده شود . در صورتی که تلفات جانی در محدوده مورد بررسی مطرح نباشد ، کاهش دروره بازگشت سیلاب طراحی در محدوده جدول (۵-۳) نیز جانی کاهش اثرات منفی زیست محیطی با تغییر در گزینه های طرح بررسی خواهند گردید.

روشهای محاسبه بده اوج سیلاب

روشهای تعیین آبنگار سیلاب

در محاسبه پارامترهای فوق الذکر لازم است که حجم بزرگی از داده های مدیریت پالایش گردد.

۲- مدیریت و پالایش دادهها

محاسبات مربوط به عوامل هیدرولوژیکی معمولاً بر روی حجم بزرگی از دادهها انجام می‌شوند. علت آن تعداد زیاد داده های سری‌های زمانی داده‌های بارش، آب سنجی و غیره می باشد که حجم داده‌ها را بزرگ می‌نماید. داده‌های تحلیل‌شده در هر مرحله محاسباتی نیز حجم بزرگی را شامل می‌شوند. همچنین بررسی ارتباط بین‌فرآیندهای مختلف هیدرولوژیکی و مشخصات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز شامل تحلیل تعداد زیادی داده خواهد بود. بنابراین باید به روشهای مناسب مدیریت داده‌ها در محاسبات هیدرولوژیکی نظیر تحلیل سیلاب توجه نمود. به عنوان مثال استفاده از ابزارهای نوینی مثل سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی^۱، با توجه به رقومی نمودن داده‌ها و ارتباط اغلب داده‌های هیدرولوژیکی با مختصات جغرافیایی ضروری به‌نظر می‌رسد. از سوی دیگر با توجه به اهمیت صحت داده‌های جمع‌آوری شده در تحلیل سیلاب‌ها، باید با استفاده از روش‌های آزمون داده‌ها، آنها را بررسی نمود و در صورت نیاز اصلاح و بازسازی کرد.

روش های تحلیل فراوانی سیلاب براساس تحلیل نمونه‌های آماری بده حداکثر سالانه یا رگبارها استوار می‌گردد. این نمونه‌های آماری بایستی دارای مشخصه‌هایی باشد تا بتوان براساس آنها مدل‌های آماری را استوار نمود. این مشخصه‌ها عبارتند از:

- همگنی داده‌ها
- هم مکانی داده‌ها
- پیوستگی سری‌های زمانی و کفایت تعداد داده‌ها

^۱ - Geographic Information System (GIS)

داده‌های مورد استفاده برای تحلیل فراوانی بایستی از مکان واحدی برداشت شده باشد. از داده‌هایی که از مکان واحدی اخذ نگردیده است و برای مثال جابجایی ایستگاه رخ داده است. می‌توان با تطبیق داده‌ها به ایستگاه واحد در تخمین سیلابها استفاده نمود. برای تطبیق داده‌ها از روش‌های نظیر بده ویژه سیلاب و غیره می‌توان استفاده نمود.

در صورت ناپیوستگی سری زمانی داده‌ها یا عدم کفایت تعداد آنها می‌توانیم با بازسازی داده‌ها، داده‌های سیلاب و یا رگبار را بازسازی نماییم. از روش‌های درونی یابی و برون یابی، روش نسبت‌ها و همبستگی بین ایستگاهها برای بازسازی داده‌ها می‌توان استفاده نمود.

۳- روش‌های محاسبه بده اوج سیلاب

روشهای محاسبه بده اوج سیلاب را می‌توان به سه گروه طبقه‌بندی نمود. این سه گروه عبارتند از:

الف- روابط تجربی

ب - روش‌های تحلیل آماری داده‌های سیلاب

ج - روش‌های تبدیل بارش به رواناب

روابط تجربی شامل روش‌هایی نظیر کریگر^۱، فرانکو- رودیه^۲ و مایر^۳ می‌شود. تعداد روشهای تجربی ارائه شده به چهل روش می‌رسد. در روش‌های کریگر، فرانکو - رودیه و مایر بده‌اوج تابعی از مساحت حوضه و دو ضریب ثابت می‌باشد، ضرائب این فرمول‌ها برای کشورهای نظیر آمریکا، ژاپن و بعضی از کشورهای آسیایی و اروپایی توسط محققین تعیین شده‌اند. از آنجا که بارش به عنوان یکی از عوامل اصلی تولید سیلاب در این روابط حضور ندارد، بدون واسنجی این روابط برای مناطق مختلف کشورمان، استفاده از این روش‌ها مناسب نخواهد بود؛ ولی این روش‌ها می‌تواند در تعمیم داده‌های بده اوج سیلاب حوضه‌ای به زیر حوضه‌هایش و بعضاً به

¹ - Creager

² - Francou-Rodier

³ - Mayer

روشهایی نیز برای تبدیل بارش به رواناب پیشنهاد شده است که از معروفترین آنها می توان به روش استدلالی و روش دفتر حفاظت خاک آمریکا^۱ اشاره نمود. در این روشها علاوه بر مساحت ، بارش نیز در تعیین بده اوج سیلاب نقش دارد. ضرایب تجربی نیز براساس شرایط فیزیکی حوضه و دوره بازگشت تعیین می شود [۱] دقت این روشها به تجربه کارشناس در تعیین ضرایب تجربی بستگی دارد. انجام واسنجی در صورت وجود هر گونه بده اوج سیلاب اندازه گیری شده جهت تدقیق ، توصیه می شود. روش استدلالی را در حوضه های کمتر از ۱۲ کیلومتر مربع می توان استفاده کرد [۴ و ۳]. و روش SCS تا مساحت ۲۵ کیلومتر مربع کاربرد دارد.

۴- روشهای تعیین آبنگار سیلاب

روشهای تعیین آبنگار^۲ سیلاب نیز به دو زیر دسته زیر طبقه بندی می شوند:

الف - روش آبنگار واحد طبیعی

ب - روشهای آبنگار واحد مصنوعی^۳

روش آبنگار واحد طبیعی براساس رابطه خطی بارش خالص و رواناب بنا گردیده و نیاز به داشتن آبنگار ثبت شده همزمان با داده های ثبات بارندگی در آن حوضه می باشد. برای اخذ نتیجه بهتر پیدا نمودن آبنگار ساده ای که حاصل بارش نسبتاً یکنواخت است اهمیت دارد. تبدیل پایه زمانی آبنگار به پایه های زمانی دیگر از طریق آبنگار-S صورت می گیرد. در صورت وجود اطلاعات استفاده از این روش جهت تعیین آبنگار ترجیح داده می شود.

روشهای آبنگار واحد مصنوعی عبارتند از: آبنگار مثلثی ، آبنگار SCS و آبنگار اشنایدر^۴.

در صورت عدم وجود آبنگار ثبت شده می توان با استفاده از این آبنگارهای واحد مصنوعی به ساخت آبنگار اقدام نمود. مدل های ریاضی متعددی به صورت نرم افزار رایانه ای براساس این روشها کار میکنند.

^۱ - Soil conservation service (SCS)

^۲ - Hydrograph

^۳ - Synthetic unit hydrograph

^۴ - Shnyder

۳- مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های جمع آوری آبهای سطحی و فاضلاب شهری ، نشریه شماره ۳-

۱۱۸ ، سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو ۱۳۷۱

4- Mutreja K.N.(1986) " Applied Hydrology" Tata Mc Graw - Hill Publishing Company limited.

5- Manual for River Works in Japan , Survey , River Bureau, Ministry of Construction.

۶- بنی حبیب ، محمد ابرهیم ، " مهار سیلاب با استفاده از مخازن تأخیری " کارگاه مهار

سیلاب رودخانه " کمیته مهندسی رودخانه ، انجمن هیدرولیک ایران ، اردیبهشت ۱۳۷۶

7- Ghow V.T , D. R. , Maidment and L.W.Mays(1988) " Applied Hydrology" Mc Graw - Hill International Editions.

8- US corps of Engineers (1994) " Engineering and Design Flood Runoff Analysis " Engineer Manual No. 1110-2-1417 , Washington , DC.

۹- امین علیزاده (۱۳۷۷) " اصول هیدرولوژی کاربری " مشهد ، دانشگاه امام رضا (ع)

10- Murrage R. Spiegel (1968) "Mathematical Handbook " Schaum's Outline Series , McGraw Hill inc.

11- ESE

12- "Flood Control in the World" United Nation Publication.