بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

ارزیابی خسارت ناشی از سیل با استفاده از نرم افزارHEC-FDA در حوضه آبخیزخوانسار

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی- آبخیزداری

لمیا جاف

استاد راهنما

دکتر سعید سلطانی کوپایی

۱۳۹۳

تشکر و قدردانی:

و بعد از مدتها، پس از پیمودن راههای فراوان که با حضور شیرین اساتید عزیزم، با راهنماییها و دغدغه های فراوانشان و شیطنتهای زیبای آن دوران، نگاههای مادرم، با چشمهای پر از برق شوق، و زیبایی حضور خواهران و برادرم در کنارم، که سنگینیهای این راه را به امید و روشنی راه تبدیل کرده و امیدوارم بتوانم در آینده ی نزدیک جوابگوی این همه محبت آنها باشم . . .

لیا جاف

دی ماه ۹۳

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

اکنون، با احترام فراوان برای این همه تلاش این عزیزان برای موفقیت من، این پایان نامه را تقدیم می نمایم به :

پدر عزیزم:

که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم.

مادر مهربانم:

دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر.

همسر صبورم:

که مسیح وار با صبرش در تمامی لحظات رفیق راه بود.

اساتید دلسوزم:

که در راه کسب علم و معرفت مرا یاری نموده اند.

خواهران و برادر عزیزم:

که وجودشان شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است.

و تمامی استفاده کنندگان . . .

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب.....هشت

فهرست اشکال.....یازده

فهرست جداول.....چهارده

چکیده.....۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ اهداف تحقیق:.....۳

۱-۲ ابزارهای مورد نیار تحقیق.....۳

۱-۳ داده های مورد استفاده تحقیق.....۳

۱-۴ ضرورت و اهمیت تحقیق.....۴

۱-۵ محدودیتهای تحقیق.....۴

فصل دوم: بررسی منابع و تعاریف

۲-۱ مبانی تئوری طرح.....۵

۲-۲ تغییر ریسک یا خطرپذیری.....۶

۲-۳ مطالعات پایه.....۸

۲-۴ مفهوم سیلاب.....۱۰

۲-۴-۱ خصوصیات بارز سیلابها.....۱۰

۲-۴-۲ انواع سیلاب.....۱۰

۲-۴-۳ عوامل وقوع سیلاب.....۱۱

۲-۴-۴ خسارت ناشی از سیلاب در ایران و جهان.....۱۶

۲-۴-۵ خسارات سیلاب.....۱۸

الف) انواع خسارات ناشی از سیلاب.....۱۸

ب) روش های کاهش خسارت سیلاب رودخانه ها.....۱۸

پ) روش‌های تخمین خسارت سیلاب.....۳۰

ج) مدل‌های تخمین خسارت سیلاب.....۳۳

د) عدم قطعیت و تحلیل ریسک در ارزیابی خسارات سیلاب.....۳۴

۲-۴-۶ تحلیل فراوانی هیدرولوژیک.....۴۱

۲-۴- ۷کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی در هیدرولوژی.....۴۲

۲-۴-۸ اساس و نحوه انجام ارزیابی خسارات سیلاب توسط HEC-FDA.....۴۲

الف) شبیه‌سازی مونت‌کارلو.....۴۲

ب) انتگرال‌گیری عددی با شبیه‌سازی مونت‌کارلو.....۴۲

ج) محاسبه خسارت سالیانه مورد انتظار، احتمال تجاوز و احتمالات رخداد.....۴۴

۲-۴-۹ مطالعات انجام شده در زمینه خسارت سیلاب.....۴۵

الف) مطالعات انجام شده در زمینه خسارت سیلاب در ایران..... ۴۵
ب) مطالعات انجام شده در زمینه خسارت سیلاب در جهان..... ۴۹
فصل سوم: مواد و روشها
۳-۱ معرفی منطقه مورد مطالعه..... ۵۳
۳-۱-۱ فیزیوگرافی منطقه..... ۵۳
الف) موقعیت و حدود جغرافیایی حوضه..... ۵۳
ب) وضعیت ارتفاعی حوضه..... ۵۵
ج) وضعیت شیب حوضه..... ۵۵
د) پروفیل طولی آبراهه..... ۵۵
۳-۱-۲ وضعیت آب و هوایی منطقه..... ۵۵
۳-۱-۳ وضعیت زمین شناسی منطقه..... ۵۵
۳-۱-۴ ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه..... ۵۵
۳-۱-۵ وضعیت اقتصادی و اجتماعی منطقه مورد مطالعه..... ۵۶
۳-۱-۶ خصوصیات رودخانه خوانسار..... ۵۶
۳-۱-۷ خصوصیات هیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه..... ۵۶
الف) ایستگاه آب سنجی..... ۵۶
ب) بیلان هیدرولوژی..... ۵۷
۳-۱-۸ منشاء سیلاب‌های رودخانه خوانسار..... ۵۷
۳-۱-۹ منابع آبی حوضه مورد مطالعه..... ۵۷
۳-۲ بررسی روش‌های سازه‌ای مناسب کنترل سیلاب رودخانه خوانسار..... ۵۷
الف) احداث بندهای رسوبگیر در رودخانه گلستان کوه..... ۵۷
ب) احداث بندهای رسوبگیر در آبراهه گردنه گاو..... ۵۸
ج) اصلاح آبراهه دربند(شمال غربی خوانسار)..... ۵۸
د) احداث دیواره ساحلی..... ۵۹
۳-۳ روش‌های بیولوژیک کاهش خسارات سیلاب رودخانه خوانسار..... ۵۹
۳-۴ روشهای غیرسازه‌ای کاهش خسارات سیلاب رودخانه خوانسار..... ۵۹
۳-۴-۱ پیش‌بینی سیلاب ۵۹
۳-۴-۲ کنترل گسترش سیلاب‌دشت..... ۶۰
۳-۴-۳ بیمه سیل..... ۶۰
۳-۴-۴ مقاوم‌سازی در برابر سیل..... ۶۰
۳-۵ داده های ورودی مورد نیاز نرم افزار HEC-FDA..... ۶۰
۳-۵-۱ بخش هیدرولوژی و هیدرولیک..... ۶۰
الف) برآورد دبی اوج سیلاب..... ۶۱
ب) استخراج پارامترهای مقاطع عرضی رودخانه..... ۶۲

ج) تعیین ضریب زبری کانال..... ۶۲
۳-۵-۲ بخش اقتصادی..... ۶۴
الف) انواع کاربری های موجود..... ۶۴
ب) ارزش کاربری ها..... ۶۴
ج) ارزیابی خسارت وارده به کاربری‌های مختلف..... ۶۵
۳-۶ نقشه های مورد نیاز نرم افزارHEC-FDA ۷۱
۳-۷ نرم افزارهای پیش نیاز HEC-FDA..... ۷۵
۳-۷-۱ نرم افزار HEC-GEO RAS..... ۷۵
۳-۷-۲ نرم افزار HEC-RAS..... ۷۶
۳-۸ نرم افزارHEC-FDA ۷۷
۳-۸-۱ لینک دریافت برنامه..... ۷۷
۳-۸-۲ شروع برنامه..... ۷۷
۳-۸-۳ موارد پنجره اصلی..... ۷۸
فصل چهارم: نتایج
۴-۱ نتایج تحلیل هیدرولوژی..... ۸۴
۴-۲ نتایج حاصل از نرم افزارHEC RAS و HEC GEO RAS ۸۴
۴-۲-۱ استخراج پارامترهای مقاطع عرضی..... ۸۴
۴-۲-۲ شبیه سازی جریان در HEC RAS..... ۹۰
۴-۲-۳تهیه نقشه سیل گرفتگی..... ۹۱
۴-۳ نتایج حاصل از مدل FDA..... ۹۶
۴-۳-۱ نتایج آیتم Hyd Eng درمدل FDA..... ۹۶
۴-۳-۲ نتایج حاصل از آیتم Economics درمدل FDA..... ۹۹
۴-۴ مقایسه با مدل FIA..... ۱۱۵
فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری
۵-۱ انتخاب روش تحقیق..... ۱۱۶
۵-۲ نتایج تحلیل اقتصادی مدل FDA..... ۱۱۷
۵-۳ تأثیر در نظر گرفتن عدم قطعیت در ارزیابی خسارات سیلاب..... ۱۱۷
۵-۴ قابلیتهای مدل FDA..... ۱۱۸
۵-۵ پیشنهادات..... ۱۱۸
مراجع..... ۱۲۰

فهرست اشکال

عنوان **شماره صفحه**

شکل۲-۱ منحنی احتمال- خسارت..... ۷
شکل۲-۲ روش مورد استفاده در تحلیل سود به هزینه..... ۸
شکل۲-۳ آمار تعداد رخدادهای سیلاب در دهه‌های گذشته کشور..... ۱۷
شکل۲-۴ تسکین سیلاب توسط سد با سرریز بدون دریچه در حالت مخزن پر..... ۱۹
شکل۲-۵ تسکین سیلاب توسط سد با سرریز دریچه‌دار..... ۲۰
شکل۲-۶ نمونه‌ای از استقرار استخرهای کنترل سیلاب..... ۲۲
شکل۲-۷ استفاده از خاکریز و سیلابرو کمربندی برای حفاظت از ارای سیل‌گیر..... ۲۳
شکل۲-۸ نمونه‌ای از خاکریزطولی ساحلی در اراضی شهری..... ۲۴
شکل۲-۹ نمونه‌ای از دیواره بتنی سیل‌بند برای حفاظت از اراضی شهری..... ۲۵
شکل۲-۱۰ نمونه‌از خاکریز طولی ساحلی و دیواره سیل‌بند در اراضی شهری..... ۲۵
شکل۲-۱۱ درخت حادثه ۳۸
شکل۲-۱۲ چارچوب کاری گروه مهندسی هیدرولوژی ارتش امریکا در تعیین EAD ۳۹
شکل۲-۱۳ نحوه تحلیل و انتقال عدم قطعیت‌ها در مراحل بدست آورد EAD..... ۴۱
شکل۲-۱۴انتگرال‌گیری عددی از تابع چگالی احتمال برای بدست آوردن EAD..... ۴۴
شکل۲-۱۵ تحلیل حساسیت محاسبه EAD..... ۴۵
شکل۳-۱ موقعیت حوضه خوانسار در استان اصفهان..... ۵۴
شکل۳-۲ موقعیت حوضه مورد مطالعه در شهرستان خوانسار..... ۵۴
شکل۳-۳ موقعیت حوضه مورد مطالعه..... ۵۴
شکل۳-۴ موقعیت منطقه مورد مطالعه در Google earth..... ۵۴
شکل۳- ۵ منحنی تراز خسارت ملک محمدی در مقایسه با منحنی کوری و بیمه فدرال امریکا..... ۶۷
شکل۳-۶ منحنی تراز- خسارت استفاده شده برای ارزیابی خسارت ساختمان‌های مسکونی و محتویات آنها..... ۶۸
شکل۳-۷ منحنی تراز- خسارت استفاده شده برای ارزیابی خسارت ساختمان‌های تجاری و محتویات آنها..... ۶۸
شکل۳-۸ منحنی تراز- خسارت استفاده شده برای ارزیابی خسارت محوطه پارک و محتویات آنها..... ۶۹
شکل۳-۹ منحنی تراز- خسارت استفاده شده برای ارزیابی خسارت زمین کشاورزی و محتویات آنها..... ۷۰
شکل۳-۱۰ منحنی تراز- خسارت استفاده شده برای ارزیابی خسارت باغ و محتویات آنها..... ۷۱
شکل۳-۱۱ نقشه توپوگرافی ۱/۲۰۰۰ شهر خوانسار..... ۷۲
شکل۳-۱۲ نقشه TIN شهر خوانسار..... ۷۳
شکل۳-۱۳ نقشه کاربری اراضی شهر خوانسار..... ۷۴
شکل۳-۱۴ نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰..... ۷۵
شکل۳-۱۵ پنجره مربوط به نرم افزار ARC MAP و الحاقیه GEO RAS نصب شده در آن..... ۷۵
شکل۳-۱۶ نوار ابزار مربوط به الحاقیه GEO RAS..... ۷۶

شکل۳-۱۷ پنجره اصلی نرم افزار HEC RAS ۷۶
شکل۳-۱۸ آیکون مربوط به نرم افزارHEC-FDA ۷۷
شکل۳-۱۹ پنجره اصلی مربوط به نرم افزار HEC FDA ۷۷
شکل۳-۲۰ پنجره مربوط به زیرمنوی File ۷۸
شکل۳-۲۱ پنجره مربوط به زیرمنوی Configure ۷۹
شکل۳-۲۲ پنجره مربوط به study stream ۷۹
شکل۳-۲۳ پنجره مربوط به damage Reach ۸۰
شکل۳-۲۴ پنجره مربوط به Study Analysis year ۸۰
شکل۳-۲۵ پنجره مربوط به Study Plan Defintion ۸۱
شکل۳-۲۶ پنجره مربوط به زیرمنوی Hyd Eng ۸۱
شکل۳-۲۷ پنجره مربوط به زیرمنوی Economices ۸۲
شکل۳-۲۸ پنجره مربوط به زیرمنوی Evalution ۸۲
شکل۳-۲۹ پنجره مربوط به زیرمنوی Help ۸۲
شکل۳-۳۰ تعدادی از اطلاعات مورد نیاز مدل FDA برای محاسبه خسارت ۸۳
شکل۳-۳۱ تعدادی از اطلاعات مورد نیاز مدل FDA برای محاسبه خسارت ۸۳
شکل۴-۱ استخراج پارامترهای مقاطع عرضی با استفاده از TIN ۸۵
شکل۴-۲ گراف مربوط به مقطع عرضی شماره۱ ..... ۸۵
شکل۴-۳ گراف مربوط به مقطع عرضی شماره۲ ..... ۸۶
شکل۴-۴ گراف مربوط به مقطع عرضی شماره۳ ..... ۸۶
شکل۴-۵ گراف مربوط به مقطع عرضی شماره۴ ..... ۸۷
شکل۴-۶ گراف مربوط به مقطع عرضی شماره۵ ..... ۸۷
شکل۴-۷ گراف مربوط به مقطع عرضی شماره۶ ..... ۸۸
شکل۴-۸ گراف مربوط به مقطع عرضی شماره۷ ..... ۸۸
شکل۴-۹ گراف مربوط به مقطع عرضی شماره۸ ..... ۸۹
شکل۴-۱۰ پروفیل های سطحی شبیه سازی شده در یک مقطع عرضی ۹۰
شکل۴-۱۱ نمای سه بعدی رودخانه خوانسار ۹۰
شکل۴-۱۲ منحنی تغییرات ارتفاع سطح آب نسبت به دبی(Rating Curve) یکی از مقاطع عرضی ۹۱
شکل۴-۱۳ نقشه محدوده سیلگیری با دوره بازگشت۵۰۰ساله و TIN سطح آب در اطراف رودخانه ۹۱
شکل۴-۱۴ نقشه محدوده سیلگیری با دوره بازگشت۱۰۰۰ساله و TIN سطح آب در اطراف رودخانه ۹۲
شکل۴-۱۵ محدوده سیل گرفتگی، با دوره باز گشت ۵ ساله در محدوده رودخانه خوانسار ۹۳
شکل۴-۱۶ محدوده سیل گرفتگی، با دوره باز گشت ۱۰ ساله در محدوده رودخانه خوانسار ۹۳
شکل۴-۱۷ محدوده سیل گرفتگی، با دوره باز گشت ۲۵ ساله در محدوده رودخانه خوانسار ۹۴
شکل۴-۱۸ محدوده سیل گرفتگی، با دوره باز گشت ۱۰۰ ساله در محدوده رودخانه خوانسار ۹۴
شکل۴-۱۹ محدوده سیل گرفتگی، با دوره باز گشت ۵۰۰ ساله در محدوده رودخانه خوانسار ۹۵
شکل۴-۲۰ محدوده سیل گرفتگی، با دوره باز گشت ۱۰۰۰ ساله در محدوده رودخانه خوانسار ۹۵
شکل۴-۲۱ محدوده سیل گرفتگی، با دوره باز گشت۱۰۰۰ ساله در فضای Google Eearth ۹۶
شکل۴-۲۲ مجموعه پروفیل های سطح آب ۹۶

شکل۴-۲۳ پنجره مربوط به اطلاعات مجموعه پروفیل های سطح آب در FDA ۹۷
شکل۴-۲۴پنجره مربوط به اطلاعات توابع احتمال تجاوز دبی ۹۷
شکل۴-۲۵ گراف مربوط به توابع احتمال تجاوز دبی ۹۸
شکل۴-۲۶ پنجره مربوط به توابع ارتفاع دبی ۹۸
شکل۴-۲۷ گراف مربوط به توابع ارتفاع دبی برای یکی از بازه های خسارت ۹۹
شکل۴-۲۸ نمودار ارتفاع خسارت طبقه کشاورزی بازه ۱ ..... ۱۰۰
شکل۴-۲۹ نمودار ارتفاع خسارت طبقه کشاورزی بازه ۲ ..... ۱۰۰
شکل۴-۳۰ نمودار ارتفاع خسارت طبقه کشاورزی بازه ۳ ..... ۱۰۱
شکل۴-۳۱ نمودار ارتفاع خسارت طبقه کشاورزی بازه ۴ ..... ۱۰۱
شکل۴-۳۲نمودار ارتفاع خسارت طبقه کشاورزی بازه ۵ ..... ۱۰۲
شکل۴-۳۳نمودار ارتفاع خسارت طبقه کشاورزی بازه ۶ ..... ۱۰۲
شکل۴-۳۴نمودار ارتفاع خسارت طبقه کشاورزی بازه ۷ ..... ۱۰۳
شکل۴-۳۵نمودار ارتفاع خسارت طبقه شهری بازه ۱ ..... ۱۰۳
شکل۴-۳۶نمودار ارتفاع خسارت طبقه شهری بازه ۲ ..... ۱۰۴
شکل۴-۳۷نمودار ارتفاع خسارت طبقه شهری بازه ۳ ..... ۱۰۴
شکل۴-۳۸نمودار ارتفاع خسارت طبقه شهری بازه ۴ ..... ۱۰۵
شکل۴-۳۹نمودار ارتفاع خسارت طبقه شهری بازه ۵ ..... ۱۰۵
شکل۴-۴۰نمودار ارتفاع خسارت طبقه شهری بازه ۶ ..... ۱۰۶
شکل۴-۴۱نمودار ارتفاع خسارت طبقه شهری بازه ۷ ..... ۱۰۶
شکل۴-۴۲ نمودار تغییرات میزان خطای ارزیابی با افزایش تعداد تکرارهای شبیه‌سازی مونت‌کارلو در بازه خسارت۱ ..... ۱۰۷
شکل۴-۴۳ نمودار تغییرات میزان خطای ارزیابی با افزایش تعداد تکرارهای شبیه‌سازی مونت‌کارلو در بازه خسارت۲ ..... ۱۰۷
شکل۴-۴۴ نمودار تغییرات میزان خطای ارزیابی با افزایش تعداد تکرارهای شبیه‌سازی مونت‌کارلو در بازه خسارت۳ ..... ۱۰۸
شکل۴-۴۵ نمودار تغییرات میزان خطای ارزیابی با افزایش تعداد تکرارهای شبیه‌سازی مونت‌کارلو در بازه خسارت۴ ..... ۱۰۸
شکل۴-۴۶ نمودار تغییرات میزان خطای ارزیابی با افزایش تعداد تکرارهای شبیه‌سازی مونت‌کارلو در بازه خسارت۵ ..... ۱۰۹
شکل۴-۴۷ نمودار تغییرات میزان خطای ارزیابی با افزایش تعداد تکرارهای شبیه‌سازی مونت‌کارلو در بازه خسارت۶ ..... ۱۰۹
شکل۴-۴۸ نمودار تغییرات میزان خطای ارزیابی با افزایش تعداد تکرارهای شبیه‌سازی مونت‌کارلو در بازه خسارت ۷ ..... ۱۱۰
شکل ۴-۴۹ نمودار مربوط به خسارت مورد انتظار سالیانه بازه ۱ برای دوره های بازگشت مختلف ۱۱۲
شکل ۴-۵۰ نمودار مربوط به خسارت مورد انتظار سالیانه بازه ۲ برای دوره های بازگشت مختلف ۱۱۲
شکل ۴-۵۱ نمودار مربوط به خسارت مورد انتظار سالیانه بازه ۳ برای دوره های بازگشت مختلف ۱۱۳
شکل ۴-۵۲ نمودار مربوط به خسارت مورد انتظار سالیانه بازه ۴ برای دوره های بازگشت مختلف ۱۱۳
شکل ۴-۵۳ نمودار مربوط به خسارت مورد انتظار سالیانه بازه ۵ برای دوره های بازگشت مختلف ۱۱۴
شکل ۴-۵۴ نمودار مربوط به خسارت مورد انتظار سالیانه بازه ۶ برای دوره های بازگشت مختلف ۱۱۴
شکل ۴-۵۵ نمودار مربوط به خسارت مورد انتظار سالیانه بازه ۷ برای دوره های بازگشت مختلف ۱۱۵

فهرست جداول

عنوان **شماره صفحه**

جدول۲-۱ هزینه‌های نسبی ارزیابی سود طرح‌ها.....۶
جدول۲-۲ ضریب رواناب در پوششهای مختلف گیاهی.....۱۲
جدول۲-۳ میزان تلفات بارش در سطوح مختلف حوزه آبخیز.....۱۳
جدول۲- ۴- خلاصه‌ای از کشورهایی با بیش از ۱۰ سد جهت کنترل سیلاب.....۲۱
جدول۲-۵ اجزاء مورد استفاده برای ارزیابی خسارت سیلاب در چهار کشور ایالات متحده، انگلستان، ژاپن و استرالیا.....۳۲
جدول۳-۱ مشخصات ایستگاه هیدرومتری وانشان ۵۷
جدول۳-۲ مقادیر ضریب زبری برای شرایط مختلف رودخانه.....۶۳
جدول۳-۳ خلاصه نتایج تحلیل پرسش‌نامه‌های تکمیل شده در مورد کاربری‌های تجاری و مسکونی سیلاب‌دشت.....۶۵
جدول۴- ۱- نتایج تحلیل دبی اوج سیلاب رودخانه خوانسار در محل شهر خوانسار.....۸۴
جدول ۴-۲ خلاصه اطلاعات پروفیل ها برای دوره های بازگشت مختلف تعدادی از مقاطع عرضی.....۸۹
جدول۴-۳ نتایج ارزیابی خسارت وارده به بازه های مختلف سیلاب‌دشت با استفاده از HEC-FDA.....۱۱۰
جدول ۴-۴ نتایج محاسبات خسارات سالیانه مورد انتظار وارده به بازه های مختلف برای دوره های بازگشت مختلف.....۱۱۱
جدول۴-۵ نتایج ارزیابی خسارت وارده به طبقات مختلف سیلاب‌دشت با استفاده از HEC-FD.....۱۱۱

چکیده:
سیل یکی از بلایایی است که متاسفانه سالانه در جهان به ویژه در کشور ما میلیاردها ریال خسارت مالی و صدها نفر قربانی به جای می گذارد. با افزایش وقوع سیلاب، میزان بودجه لازم جهت کنترل و مقابله با آن نیز افزایش می‌یابد. از طرفی به دلیل محدودیت‌های مالی میزان بودجه اختصاصی به امر کنترل و مقابله با سیلاب ممکن است به اندازه کافی نباشد، بنابراین برای مدیریت بهتر مناطق تحت تاثیر سیل، جهت برنامه ریزی و کاهش خسارات ناشی از این واقعه، شناسایی مناطق دارای خطر سیل گرفتگی و یافتن گزینه‌هایی که در کاهش خسارات سیلاب، بالاترین کارایی را داشته باشد، ضروری می‌باشد.در این مطالعه، حوضه آبخیز خوانسارکه جز مناطق سیل خیز محسوب می شود، به عنوان حوضه مورد مطالعه جهت ارزیابی خسارت حاصل از سیل انتخاب شد. گام اول برای ارزیابی خسارت سیل، شناسایی مناطق پرخطر و تهیه نقشه سیل گرفتگی می باشد. برای تهیه نقشه سیل گرفتگی لازم است کانال رودخانه و مورفولوژی رودخانه جهت استخراج مقاطع عرضی با استفاده از نرم افزارHEC- GEO RAS وHEC-RAS برای دوره های بازگشت مختلف شبیه سازی گردد. نرم افزار HEC- GEO RAS به صورت یک الحاقیه در نرم‌افزار Arc map نصب می شود. گام دوم، ارزیابی خسارات شهری مربوط به گزینه‌های مختلف می باشد. برای رسیدن به این هدف از روش ارائه شده توسط گروه مهندسی ارتش آمریکا که نرم افزار-HEC FDAمی باشد استفاده گردید، در واقع نرم افزار HEC-FDA براساس عمق آب گرفتگی کاربری های مختلف، با در نظر گرفتن دو حالت با و بدون اجرای طرح کنترل سیلاب ، با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو که یک نظریه انتگرال‌گیری عددی می باشد، میزان خسارت سالانه مورد انتظار را برآورد می کند. با توجه به اینکه این نرم افزار عدم قطعیت پارامترهای مختلف را جهت برآورد خسارت سالانه مورد انتظار در نظر می گیرد، برای دخالت دادن این عدم قطعیت‌ها نیاز است از نظریه انتگرال‌گیری عددی استفاده شود. با توجه به اینکه نرم افزار HEC-FDA خسارات شهری را ارزیابی می کند ولی می توان برای ارزیابی خسارت مربوط به کاربری کشاورزی به طور غیرمستقیم از این برنامه بهره برد.به این صورت که بایدکاربری کشاورزی رادر قالب کاربری مسکونی با مشخصات خود به نرم افزار معرفی کرد. گام سوم، تحلیل اقتصادی میزان خسارات وارد شده برای دوره های بازگشت مختلف است. بررسی تأثیر عدم قطعیت و افزایش تعداد تکرار شبیه‌سازی مونت کارلو نشان داد، هرچه تعداد تکرار شبیه‌سازی مونت کارلو افزایش می‌یابد میزان خطای موجود در خسارات ارزیابی شده کاهش می‌یابد اما شدت کاهش خطا در گام‌های اولیه بیشتر می‌باشد همچنین نتایج حاصل از خروجی مدل نشان داد که میزان خسارت وارده به طبقه شهری به میزان۵۴۱۲۱۷/۵۶ میلیون ریال می باشد.

کلمات کلیدی: HEC-FDA سیلاب، HEC- GEO RAS، HEC-RAS، خسارت مورد انتظار سالانه، خوانسار

فصل اول

مقدمه

از دیرباز انسان به خاطر خصوصیات ویژه سیلاب دشت از قبیل نزدیکی به آب، حاصل خیزی خاک و ... این مناطق را به عنوان محل سکونت خود برگزیده، به گونه ای که در بسیاری از موارد به حریم رودخانه ها تجاوز نموده است. از طرفی بالا آمدن سطح آب رودخانه ها و آب گرفتگی نواحی اطراف آن پدیده ای دوره ای و طبیعی می باشد. در کنار زیباییهای طبیعت، همواره بلایای طبیعی باعث ایجاد خسارت برای انسان بوده است. یکی از این بلایا که هرساله خسارتهای فراوانی را برجای می گذارد، سیل است. سیل بزرگترین و مهمترین بحران اقلیمی است،که همه ساله جان هزاران نفر را می گیرد و خسارات فراوان به جامعه انسانی و محیط زیست او وارد می سازد." شواهد نشان می دهد که خسارات ناشی از سیل بیش از سایر سوانح طبیعی است"[۱۵]. در برخی از این سیلابها چون سیل ۱۳۸۰ شیراز، یک سوم شهر ویران گردید، در سیل ۱۳۷۸ قزوین ۳۰۰۰ خانه خراب شده و سیلاب سال ۱۳۱۰، ۳۰۰۰ خانه را در شهر تبریز به کلی ویران می کند. با تمام تلاشی که برای مهار این پدیده صورت گرفته، میزان خسارت ناشی از آن همچنان در حال افزایش است." خسارات سالانه سیل در ایالات متحده از ۱۰۰ میلیون دلار در سال ۱۲۷۷ به حدود ۳۰۰ میلیون دلار در سال ۱۳۳۷ رسیده است "[۱۳]. وقوع سیلابهای عظیم بیانگر این واقعیت است که از جاری شدن سیل بطور قطعی نمی توان جلوگیری کرد، بلکه با اقدامات مدیریتی مفید می توان از ورود تلفات و خسارات ناشی از آن جلوگیری بعمل آورد. یعنی در واقع سیل را باید پذیرفت و اصطلاحا" باید با آن کنار آمد. سیل یک جریان استثنایی رودخانه است که پس از بارندگیهای شدید، شکست سدها، ذوب شدن سریع یخها و برفها و یا طغیان رودخانه ها بوجود می آید که در اثر این عوامل مقدار دبی رودخانه به سرعت افزایش یافته و مقدارآب جاری از ظرفیت نگهداری حوضه تجاوز می نماید، در نتیجه آب از بستر عادی خود به صورت رواناب سرریز کرده و زمین های پست و مناطق اطراف را در بر می گیرد. با توجه به اینکه سیل ضربه سنگینی به اقتصاد ملل

مختلف وارد نموده است همواره به یک مساله مهم اجتماعی تبدیل شده است و موقعیت سیاسی و اقتصادی جوامع گوناگون را به شدت تحت تاثیر قرار داده است. هدف ازمدیریت سیلاب، کاهش موثر خسارت سیل است. خسارت سیل دامنه وسیعی ازمسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را در بر می گیرد که مطالعه جامع این خسارات غیرممکن است، اما دسته بندی خسارات سیل برای تعیین یک معیار کلی تحلیلی جهت تصمیم گیری ضروری می باشد به همین دلیل کاهش خسارات ناشی از سیلاب همواره جزء دغدغه های جوامع بشری بوده است و در سالهای اخیر، روشهای مختلف مهار سیلاب سهم به سزایی درکاهش این خسارات داشته اند. ارزیابی خسارت ناشی از سیلاب و برآورد خسارت به منظور قاعده مند نمودن سیاست گزاری های سیلاب ضروری به نظر می رسد. بنابراین اجرای روش های مهار سیلاب (سازه ای یا غیرسازه ای) در این مناطق امری ضروری می نماید. در انتخاب روش مهار سیلاب یکی از مهمترین مسائل تحلیل اقتصادی سود و هزینه هر کدام از این روش ها می باشد. در این زمینه میزان کاهش خسارت ناشی از اجرای هر یک از این روش ها بخشی از سود حاصل از آن روش محسوب می شود.

۱-۱ اهداف تحقیق

الف) هدف اصلی

ارزیابی مدل HEC-FDA [1] جهت برآورد خسارت سیل حوضه آبخیز خوانسار

ب) هدف فرعی

تهیه نقشه‌های مناطق تحت تاثیر سیلاب با دوره های بازگشت مختلف با استفاده از نرم افزار HEC-GEO RAS [2] و HEC-RAS [3]

۱-۲ ابزارهای مورد نیاز برای انجام تحقیق

در این مطالعه به منظور دستیابی به اهداف فوق از تکنیک GIS [4]، مدلهای هیدرولوژیکی HEC-GEORAS، HEC-RAS جهت تهیه نقشه سیل گرفتگی، بسته نرم افزاری Flood Frequency Analysis به منظور تحلیل فراوانی داده‌های هیدرومتری، نرم افزارHEC-FDA جهت ارزیابی خسارت سیل حوضه آبخیز مورد مطالعه و نیز از نرم افزارILWIS 3.3 به فراخور نیاز استفاده شد.

۱-۳ داده‌های مورد استفاده در تحقیق

- داده‌های هیدرولوژیکی: دبی های روزانه و دبی های حداکثر لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری وانشان که از اداره آب منطقه ای تهیه شد.
- اطلاعات مربوط به سیلهای رخ داده در منطقه
- نقشه کاربری اراضی

[1] Hydrologic Engineering Center of U.S. –Flood Damage Assessment
[2] Hydrologic Engineering Centers geographic River Analysis System
[3] Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
[4] **geographic information system**

- نقشه توپوگرافی با دقت ارتفاعی ۲ متر از مسیر رودخانه
- نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ که از اداره آبخیزداری تهیه شد.
- اطلاعات بخش اقتصادی ، شامل پرسش نامه هایی است که توسط ساکنین منطقه مورد مطالعه تکمیل شد.

۱-٤ ضرورت و اهمیت تحقیق:

با توجه به این نکته که کشور ما ایران یکی از نواحی عمده سیل خیز جهان محسوب می شود و هر از چند سال، سیلابی مخرب، منطقه ای از کشور را بحران زده می کند، بررسی و توجه به شناخت این پدیده از اهمیت خاص برخوردار است. سیلاب یک سانحه طبیعی است که در هنگام بروز مانند هر بلای طبیعی دیگری خسارات زیادی را به بخش های مختلف جوامع بشری وارد می کند. خسارات سیلاب بسیار متنوع بوده و در یک تقسیم بندی کلی به خسارات محسوس و غیر محسوس تقسیم می شود. خسارات محسوس و غیرمحسوس سیلاب در ایران قابل توجه بوده و متاسفانه سال به سال نیز به شکل قابل توجه‌ای در حال افزایش است. هرچند امروزه برای پیش بینی سیلاب روشهای متعددی بکار می‌رود ولی امکان کنترل خسارات آن با یک روش خاص امکان پذیر نمی‌باشد. لازم به ذکر است که علاوه بر خسارات متعدد بر جای مانده از وقایع سیلابی، هدررفت حجم عظیمی از آبهای جاری کشور در اثر این وقایع که عمدتا به دریاها، دریاچه‌ها و یا پلایاهای شور سرازیر می شود و از دسترس استفاده خارج می‌گردد، لزوم تدوین و اجرای استراتژیهای جامع، مدیریت سیلاب را به ضرورت ملی تبدیل کرده است. رخداد سیلابها و میزان خسارات وارده ناشی از آنها در کشور ایران دارای روندی افزایشی است و به تبع آن میزان بودجه لازم جهت کنترل و مقابله با آن جهت کاهش خسارات ناشی از آن نیز افزایش می‌یابد. از طرفی به دلیل محدودیت‌های مالی میزان بودجه اختصاصی به امر کنترل و مقابله با سیلاب ممکن است به اندازه کافی نباشد. بنابراین یافتن گزینه‌هایی که در کاهش خسارات سیلاب، بالاترین کارایی را داشته باشد، ضروری می‌باشد.

۱-۵ محدودیتهای تحقیق:

- عدم همکاری سازمان نقشه برداری در ارائه نقشه کاربری اراضی بدلیل امنیتی بودن
- در اختیار نداشتن اطلاعات هیدرولیکی رودخانه خوانسار مانند اطلاعات مقاطع رودخانه و خط بستر
- نبود آمار و اطلاعات کافی در رابطه با سیل های رخ داده
- محدود بودن تعداد ایستگاههای هیدرومتری در منطقه مورد مطالعه

فصل دوم

بررسی منابع و تعاریف

۲-۱ مبانی تئوری تحقیق

در ارزیابی یک طرح، فرآیند تصمیم‌گیری با ارزیابی فواید و هزینه‌های هر گزینه انجام می‌شود. ضمن اینکه فرآیند تصمیم‌گیری باید باز و فراگیر باشد، باید تصمیماتی که به شفاف‌سازی طبیعت انتخاب کمک می‌کند، مثل تحلیل سود به هزینه، بکار گرفته شود. این امر برای این است که پیچیدگی انتخاب، به سطح قابل مدیریتی کاهش یابد و علاوه بر آن بتوان درک این مسأله را انتقال داد. بنابراین فرم تحلیل سود به هزینه به نوع تصمیمی که باید اخذ شود، مرتبط است. به‌عنوان مثال در مطالعات امکان‌سنجی اطلاعات بسیار اندکی در دسترس است و اگر ارزیابی اولیه سود به هزینه مثبت نباشد، جمع‌آوری هرگونه اطلاعات اضافه فاقد ارزش بوده و پروژه باید فورا رها شود. به‌همین ترتیب برای انجام یک تحلیل سود به هزینه باید اصول تحلیل سود به هزینه به‌کار گرفته شود. هزینه کردن برای پالایش جزئیات تحلیل سود به هزینه بیش از تفاوتی که در اثر انتخاب یک گزینه بوجود خواهد آمد، ارزشی نخواهد داشت. بنابراین اگر اطلاعات اضافی باعث جابجایی اولویت اجرای گزینه‌ها نمی‌شود، اطلاعات یاد شده فاقد ارزش می‌باشد[۵۴].

هزینه انجام تحلیل سود به هزینه معمولا سهم کوچکی(کمتر از ۱ درصد) از هزینه اصلی پروژه می‌باشد[۵۴]، در حالی‌که باعث صرفه‌جوئی‌های بزرگی می‌شود. با این وجود هزینه انجام تحلیل یاد شده به طبیعت سودها و هزینه‌ها بستگی دارد. به عنوان مثال وزارت کشاورزی و تغذیه انگلستان(۱۹۹۹) جدول خلاصه شده‌ای از هزینه‌های نسبی ارزیابی مقوله‌های مختلف سود و هزینه تهیه کرده است(جدول۲-۱).

جدول۲-۱ هزینه‌های نسبی ارزیابی سود طرح‌ها[۵۳]

طرح تسکین سیلاب	حفاظت از ساختمان‌های مسکونی و برخی از املاک کوچک تجاری یا صنعتی	*
طرح تسکین سیلاب	حفاظت از زمین‌های کشاورزی	***
طرح تسکین سیلاب	حفاظت از برخی املاک بزرگ تجاری و صنعتی	**
طرح دفاع ساحلی	حفاظت از ساختمان‌های مسکونی و تعدادی از املاک کوچک تجاری یا صنعتی	**
طرح دفاع ساحلی	حفاظت از زیرساخت‌ها	**
شکست ترافیک		**
فواید تفریحی		****
سرمایه های زیست‌محیطی	روش هزینه جایگزین	**
سرمایه‌های زیست‌محیطی	ارزیابی ارزش استفاده نشده	*****

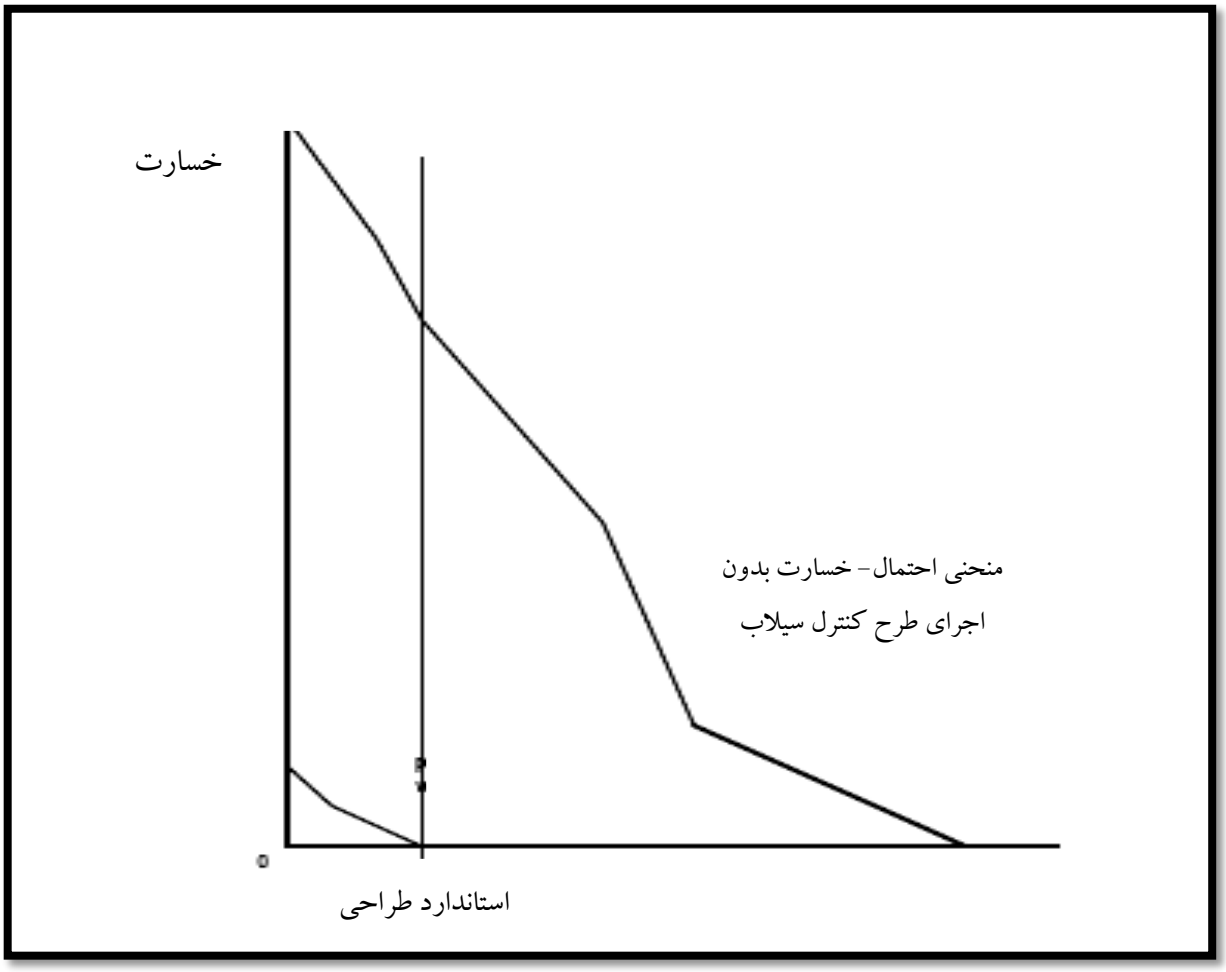
* تعداد علامت‌ها هزینه نسبی ارزیابی را نشان می‌دهد.

در بحث اقتصادی، بطور کلی هدف از تسکین یا کاهش خسارات سیلاب، حداکثرسازی راندمان استفاده از حوضه آبخیز است. این موضوع به حداقل‌رسانی خسارات و یا منحصرا تحلیل سیلاب قسمتی از سیلاب‌دشت نمی‌باشد[۳۹]. اثرات بالادست و پایین‌دست پروژه ضرورتا باید در نظرگرفته شود. علاوه بر آن در هر تحلیل سود به هزینه، باید اثرات گزینه‌های مختلف را روی تمامی سیلاب‌ها و نه فقط برخی از آنها در نظر گرفت، بویژه اینکه اثرات سیلاب‌های بالای استاندارد طراحی حفاظت باید در تحلیل گنجانده شود.

۲-۲ تغییر ریسک یا خطرپذیری

در هر تحلیل سود به هزینه، مقایسه‌ای بین گزینه پایه و یک یا چند گزینه اجرای طرح کنترل سیلاب صورت می‌گیرد. بدین ترتیب که سود و هزینه این گزینه‌ها نسبت به گزینه پایه سنجیده می‌شود. در صورتی که هیچگونه طرح تسکین سیلابی وجود نداشته باشد، گزینه پایه عبارتند از"حالت بدون طرح"[۵۹]. هسته تحلیل سود به هزینه یک طرح تسکین سیلاب، عبارت است از محاسبه تفاوت موجود بین مساحت زیر منحنی خسارت- احتمال وقوع مربوط به گزینه پایه و گزینه مورد بحث(شکل۲-۱). سپس برای بدست‌آوردن ارزش فعلی سود حاصل از اجرای طرح، سود سالانه در ضریبی ضرب می‌شود. این ضریب به نرخ بهره و طول عمر پروژه بستگی دارد [۵۴]. دیگر استراتژی‌ها ممکن است (برای رخداد سیلاب‌های بزرگ) منجر به خساراتی بزرگ‌تر از آنچه تحت گزینه پایه تحمیل می‌شد، بشوند. همانطور که در شکل۲-۱ مشاهده می‌شود، چنانچه سود"بالای استاندارد طراحی" در نظر

گرفته شود، سهم قابل توجهی از سود کلی پروژه را تشکیل می‌دهد. این موضوع ممکن است روی انتخاب بین استراتژی‌های مختلف تسکین سیلاب و استاندارد طراحی حفاظت که درنهایت انتخاب خواهدشد، تأثیر بگذارد.

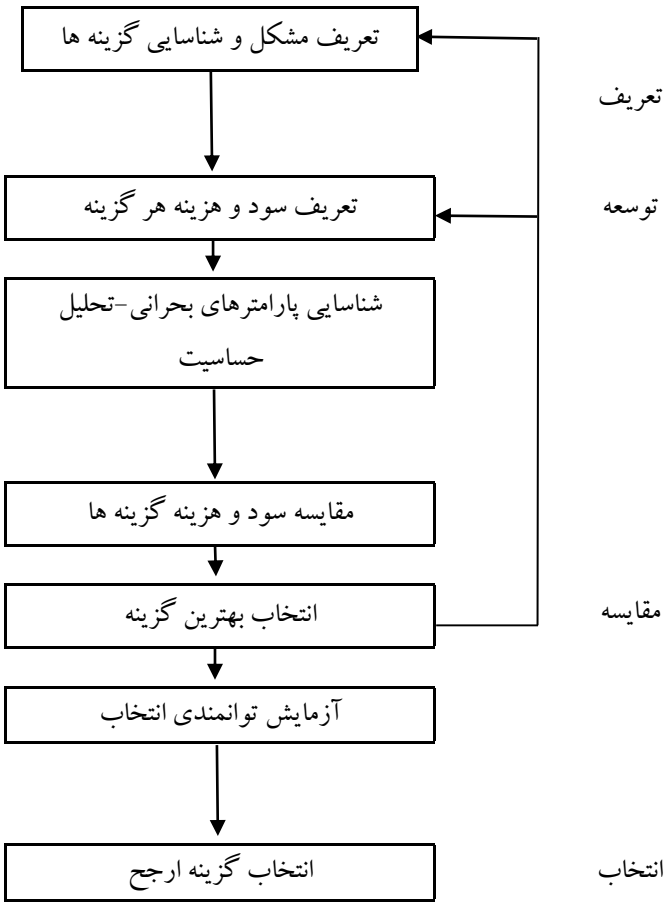


شکل۲-۱ منحنی احتمال- خسارت

ساده‌ترین حالت این‌است که احتمال خرابی یک سازه یا یک سیستم به‌ازای مقادیر کمتر از برخی دوره های بازگشت، صفر و به‌ازای مقادیر بالاتر از آنها یک خواهد بود. با این حال تحلیل باید مرتب دقیق‌تر شود برای مثال ضمن این‌که یک دیوار دفاعی طبیعی و یا یک دایک مصنوعی در صورت لبریز شدن آب از آنها، دچار گسیختگی می‌شوند، ممکن است به‌دلیل پدیده‌هایی مثل جوشش، نشت و یا دیگر مدل‌های گسیختگی، در اثر سیلاب‌هایی کوچک‌تر از سیلاب حدی گسیخته شود. در این‌گونه موارد، باید میزان خسارت ناشی از یک سیلاب با دوره‌بازگشت مشخص را با احتمال وقوع آنها وزن داد. در هر یک از موارد فوق، احتمال گسیختگی ممکن است با گذشت زمان افزایش یابد. همچنین دوره‌بازگشت یک سیلاب با مقدار مشخص، با گذشت زمان در اثر تغییرات آب و هوایی یا تغییر نفوذپذیری حوضه آبخیز، تغییر کند[۵۵].

۲-۳ مطالعات پایه

در شکل۲-۲ روش پایه و تکرار شونده‌ای تشریح شده است که در تحلیل سود به هزینه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، از تحلیل سود به هزینه فقط جهت شناسایی بهترین گزینه استفاده می‌شود و بنابراین باید زمینه مقایسه گزینه‌ها مهیا شود. با این‌وجود، ضمن این‌که برای بنای گزینه پایه مناسب از قوانین محلی استفاده می‌شود، می‌توان به سادگی قوانینی وضع کرد که توسط آنها از وجود بهترین گزینه در میان گزینه‌های موردبررسی اطمینان حاصل کرد. باید راهنمایی تهیه شود که توسط آن گزینه‌هایی که نباید نابجا حذف شوند، مشخص شوند.



شکل۲- ۲ روش مورد استفاده در تحلیل سود به هزینه

بهترین راه برای این‌کار مشورت گسترده با صاحب‌نظرهای مختلف می‌باشد، به‌گونه‌ای که ممکن است اغلب گزینه‌های جدید ترکیبی از سایر گزینه‌ها باشد.

حداقل مجموعه‌ای از گزینه‌های تسکین سیلاب که باید مقایسه شوند، را می‌توان به شرح زیر بیان کرد[۶۰] :

- عقب‌نشینی مدیریت شده خط دفاعی
- استانداردهای مختلف حفاظت