دانشکده مهندسی علوم آب و خاک
گروه مهندسی آب

پایان نامه کارشناسی ارشد برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی- مهندسی منابع آب

مدیریت سیلاب در سیستم رودخانه- مخزن (مطالعه موردی: سد نرماب)

پژوهش و نگارش:
محمود یخکشی

اساتید راهنما:
دکتر مهدی مفتاح هلقی

اساتید مشاور:
دکتر عبدالرضا ظهیری دکتر محمد ابراهیم یخکشی

۱۳۹۱

تعهدنامه پژوهشی

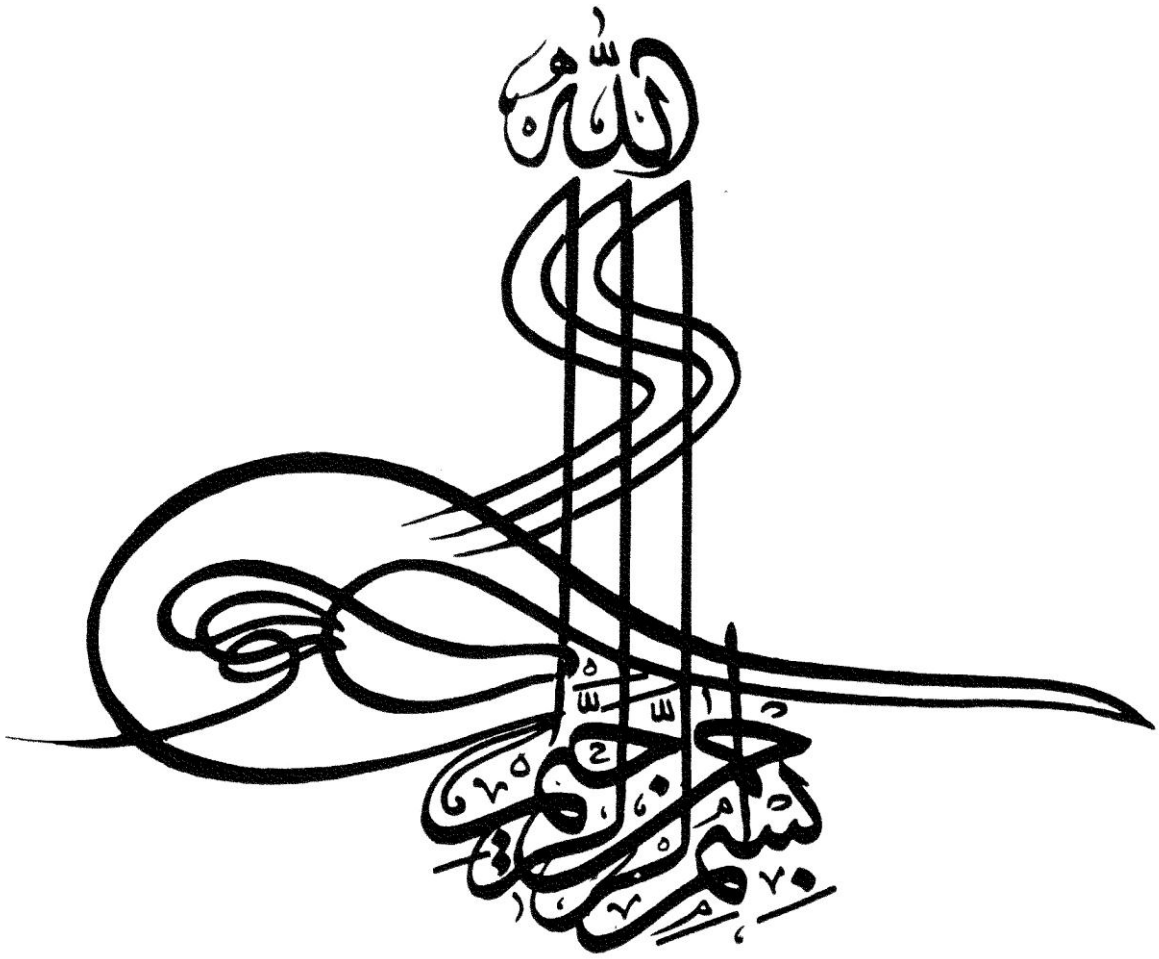
نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **محمود یخکشی**دانشجوی رشته **مهندسی کشاورزی-مهندسی منابع آب** مقطع **کارشناسی‌ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.


الله
بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

پدر و مادر مهربان و همسر عزیزم

و

همه‌ی کسانی که دوستشان دارم

سپاسگزاری

حمد و سپاس مخصوص خدایی است که ما را به راهی که می‌خواست هدایت نمود و در راه محبت و عشق خود برانگیخت در حالی که از حدودی که برای ما معین نموده قدمی پیش و پس نتوانیم نهاد. حال که کار تدوین این پایان‌نامه به اتمام رسیده است بر خود لازم می‌دانم از اساتید راهنمای خود جناب آقای **دکترمهدی مفتاح هلقی** که در تمام مراحل انجام این پروژه همچون پدری دلسوز مرا مورد لطف، عنایت و راهنمایی خویش قرار دادند، خاضعانه تشکر کنم. از استاد مشاور این پایان‌نامه جناب آقای **دکتر عبدالرضا ظهیری و دکتر محمد ابراهیم یخکشی** به پاس زحماتی که متحمل شده‌اند بسیار سپاسگزارم. از اساتید فرزانه جناب آقای **دکتر موسی حسام** و **دکتر حسین شریفان** که زحمت داوری این پایان‌نامه را به عهده گرفته‌اند صمیمانه قدردانی می‌کنم.

از همه دوستان عزیزم، همه همکلاسی‌های خوبم به پاس همه محبتهایی که در نگاه، گفتار و رفتارشان موج می‌زد، تشکر می‌کنم.

در پایان بوسه می‌زنم بر دستان خداوندگاران مهر و مهربانی، **پدر و مادر عزیزم** و بعد از خدا ستایش می‌کنم وجود مقدسشان را.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	
۱-۱-مقدمه	۱
۱-۱-۱- روش‌های متداول در مهار وکنترل سیلاب	۴
۱-۱-۱-۱-روش‌های سازه‌ای کنترل سیلاب	۵
۱-۱-۱-۲-روش‌های غیرسازه‌ای کنترل سیلاب	۶
۱-۲-تشریح برخی از روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای مهار و کنترل سیلاب	۷
۱-۲-۱-دیواره سیل بند بتنی	۷
۱-۲-۲-ایجاد گوره	۷
۱-۲-۳- احداث سدهای مخزنی و سدهای تاخیری	۷
۱-۲-۴-بهسازی و اصلاح مسیر رودخانه و مسیل‌ها	۸
۱-۲-۵-لایروبی رودخانه	۹
۱-۲-۶- ضد سیل سازی تاسیسات	۹
۱-۳- فرضیه‌ها	۱۰
۱-۴-تعاریف و مفاهیم واژه‌های کلیدی	۱۰
۱-۴-۱-اصطلاحات مربوط به سیلاب	۱۰
۱-۴-۲-تعریف برخی اصطلاحات سدها	۱۴
۱-۵-معرفی عمومی فصل‌های پایان‌نامه	۱۷
فصل دوم: سابقه تحقیق	
۲-۱-مقدمه	۱۹
۲-۲-سابقه تحقیق در مورد کنترل سیلاب در مخازن	۱۹
۲-۳-سابقه تحقیق در مورد پهنه سیلگیری در رودخانه	۲۲
۲-۴-نتیجه‌گیری	۲۷
فصل سوم: مواد و روش‌ها	

۳-۱-مقدمه ۲۹
۳-۱-۱- منطقه مورد مطالعه ۲۹
۳-۱-۲- ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه از محل سد ۳۱
۳-۱-۲-۱-خصوصیات فیزیوگرافی ۳۱
۳-۱-۲-۲- هیدروگراف سیلاب رودخانه در محل مخزن ۳۲
۳-۱-۲-۲-۱- برآورد هیدروگراف سیل با دوره بازگشت مختلف در محل سد مخزنی ۳۲
۳-۲-تحلیل و ارزیابی مخزن ۳۳
۳-۲-۱-مشخصات مخزن سد ۳۳
۳-۲-۲-روندیابی سیل در مخزن سدنرماب ۳۳
۳-۲-۳- تعریف سناریوهای مختلف برای حجم کنترل سیلاب ۳۸
۳-۳- تحلیل و ارزیابی رودخانه ۳۸
۳-۳-۱- داده‌های مورد نیاز برای پهنه بندی سیلاب ۳۸
۳-۳-۲- نرم افزار HEC-RAS ۴۰
۳-۳-۲-۱-فرضیات حاکم بر مدل HEC-RAS ۴۱
۳-۳-۲-۲-مولفه‌های تحلیل هیدرولیکی ۴۳
۳-۳-۲-۳- برخی از قابلیت‌های مدل هیدرولیکی HEC-RAS ۴۵
۳-۳-۲-۴- محدودیت‌های مدل هیدرولیکی HEC-RAS ۴۶
۳-۳-۳- تهیه مدل هیدرولیکی و پهنه بندی سیل رودخانه نرمآب ۴۶
۳-۳-۳-۱- داده‌های هندسی ۴۷
۳-۳-۳-۲- شبیه سازی رودخانه در محیط GIS ۴۸
۳-۳-۳-۳- تهیه خط مرکزی جریان ۴۸
۳-۳-۳-۴- تهیه لایه سواحل رودخانه ۴۹
۳-۳-۳-۵- تهیه لایه مقاطع عرضی ۴۹
۳-۳-۳-۶- آماده سازی فایل ورودی HEC-RAS ۵۰
۳-۳-۳-۶-۱- ویرایش و تکمیل مشخصات هندسی رودخانه در محیط نرم افزاری HEC-RAS ۵۰
۳-۳-۴-مشخصات هیدرولیکی رودخانه ۵۰
۳-۳-۴-۱- افت‌های همگرایی و واگرایی جریان ۵۰
۳-۳-۴-۲- ضریب زبری مانینگ ۵۱
۳-۳-۴-۳- داده‌های جریان و شرایط مرزی ۵۴
۳-۳-۴-۴- داده‌های هیدرولوژیکی ۵۵

۳-۴-ارزیابی خسارت ۵۶
۳-۵-.برآورد خسارت سیلاب در مناطق کشاورزی ۵۷

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱-مقدمه ۶۰
۴-۲-نتایج حاصل از روندیابی مخزن ۶۰
۴-۳-تاثیر طول سرریز سد بر دبی پیک سیلاب خروجی سد ۶۵
۴-۴-نتایج حاصل از پهنه‌بندی سیلاب ۶۷
۴-۴-۱-مقاطع عرضی ۶۸
۴-۴-۲-پروفیل طولی رودخانه ۶۹
۴-۴-۳-نمودارهای سه بعدی X-Y-Z ۷۱
۴-۵-نتایج حاصل از پهنه‌بندی سیلاب ۷۲
۴-۵-۱- نمایش نقشه پهنه سیل در محیط Google Earth ۷۷
۴-۶- ارزیابی خسارت ۸۰

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱-نتیجه‌گیری ۸۹
۵-۲-پیشنهادات ۹۱
منابع فارسی ۹۳
منابع لاتین ۹۷

فهرست جداول

جدول۳-۱: خصوصیات فیزیولوژیکی حوضه نرماب ۳۱
جدول۳-۲: برنامه نوشته شده روندیابی به روش پالس در محیط اکسل ۳۷
جدول۳-۳: ضرایب افت ناشی از تغییر عرض مقطع در محل سازه‌های متقاطع ۵۱
جدول ۳-۴: ضرایب زبری مانینگ برای پارامترهای مختلف رودخانه ۵۴
جدول ۳-۵: ضریب مانینگ در رودخانه نرماب ۵۵
جدول۴-۱: مقادیر دبی اوج برای دوره بازگشت و سناریوهای مختلف ۶۵
جدول۴-۲ : تاثیر طول سرریز بر میزان دبی خروجی ۶۶

جدول ۴-۳: وسعت سیلگیری و خسارت برای دوره بازگشت ۵۰ ساله و سناریوهای مختلف ۸۱
جدول۴-۴: وسعت سیلگیری و خسارت برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله و سناریوهای مختلف ۸۲
جدول۴-۵: وسعت سیلگیری و خسارت برای دوره بازگشت ۵۰۰ ساله و سناریوهای مختلف ۸۲
جدول۴-۶: وسعت سیلگیری و خسارت برای دوره بازگشت ۱۰۰۰ساله و سناریوهای مختلف ۸۲

فهرست اشکال

شکل۱-۳: موقعیت رودخانه نرماب ۳۰
شکل۳-۲: هیدروگراف سیلاب در محل سد مخزنی ۳۲
شکل۳-۳: منحنی آبگذری سیستم تخلیه سیلاب سد نرمآب ۳۵
شکل۳-۴: نمودار تغییرات G نسبت به O ۳۵
شکل۳-۵: نمودار منحنی سطح-حجم-ارتفاع مخزن سد نرمآب ۳۶
شکل۳-۶: نمودار مراحل انجام پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از نرم‌افزارهای HEC-RAS و HEC-GeoRAS ۳۹
شکل۳-۷: افت انرژی بین دو مقطع جریان در رودخانه ۴۴
شکل۳-۸: مدل TIN رودخانه نرماب ۴۷
شکل۳-۹: لایه مجرای اصلی(رنگ آبی) و لایه سواحل(رنگ قرمز) ۴۸
شکل۳-۱۰: لایه مقاطع عرضی رودخانه نرمآب ۴۹
شکل۳-۱۱: شمای کلی رودخانه نرماب در مدل هیدرولیکی HEC-RAS ۴۹
شکل۳-۵: موقعیت رودخانه(خط آبی) و نوع کاربری اطراف رودخانه نرمآب ۵۸
شکل۴-۱: هیدروگراف ورودی(INFLOW) و روندیابی شده(OUTFLOW) در مخزن سد برای سناریوهای ۲ تا ۷ برای دوره بازگشت ۵۰ ساله ۶۱
شکل ۴-۲: هیدروگراف ورودی(INFLOW) و روندیابی شده(OUTFLOW) در مخزن سد برای سناریوهای ۲ تا ۷ برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۶۲
شکل۴-۳: هیدروگراف ورودی(INFLOW) و روندیابی شده(OUTFLOW) در مخزن سد برای سناریوهای ۲ تا ۷ برای دوره بازگشت ۵۰۰ ساله ۶۳
شکل۴-۴: هیدروگراف ورودی(INFLOW) و روندیابی شده(OUTFLOW) در مخزن سد برای سناریوهای ۲ تا ۷ برای دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله ۶۴
شکل۴-۵: هیدروگراف ورودی(INFLOW) و روندیابی شده برای سریزهای با طول مختلف (T=500) ۶۶
شکل۴-۶: مقطع عرضی به ازای دوره بازگشت ۵۰۰ساله و سناریوهای مختلف ۶۸
شکل۴-۷: پروفیل طولی رودخانه زیارت برای سیلاب با دوره۵۰ ساله و سناریوهای مختلف ۶۹
شکل۴-۸: پروفیل طولی رودخانه زیارت برای سیلاب با دوره۱۰۰ ساله و سناریوهای مختلف ۶۹
شکل۴-۹: پروفیل طولی رودخانه زیارت برای سیلاب با دوره۵۰۰ ساله و سناریوهای مختلف ۷۰

شکل۴-۱۰: پروفیل طولی رودخانه زیارت برای سیلاب با دوره۱۰۰۰ ساله و سناریوهای مختلف ۷۰
شکل۴-۱۱: نمودار سه بعدی رودخانه نرمآب به ازای دوره بازگشت ۵۰۰ساله و سناریو-های مختلف ۷۱
شکل۴-۱۲: پهنه سیلاب ۵۰ ساله به ازای سناریوی ۱ تا ۷ ۷۳
شکل۴-۱۳: پهنه سیلاب ۱۰۰ ساله به ازای سناریوی ۱ تا ۷ ۷۴
شکل۴-۱۴: پهنه سیلاب ۵۰۰ ساله به ازای سناریوی ۱ تا ۷ ۷۵
شکل۴-۱۵: پهنه سیلاب ۱۰۰۰ ساله به ازای سناریوی ۱ تا ۷ ۷۶
شکل۴-۱۶: پهنه سیلاب برای دوره بازگشت ۵۰ سال برای سناریو ۲ تا ۷ ۷۸
شکل۴-۱۷: پهنه سیلاب برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال برای سناریو ۲ تا ۷ ۷۸
شکل۴-۱۸: پهنه سیلاب برای دوره بازگشت۰ ۵۰ سال برای سناریو ۲ تا ۷ ۷۹
شکل۴-۱۹: پهنه سیلاب برای دوره بازگشت ۱۰۰۰ سال برای سناریو ۲ تا ۷ ۷۹
شکل۴-۲۰: هیستوگرام وسعت اراضی سیلگیر در دوره بازگشت‌ها و سناریوهای مختلف ۸۳
شکل۴-۲۱: نمودار عمق متوسط سیلگیری و مساحت سیلگیری دوره بازگشت‌ها و سناریوهای مختلف ۸۴
شکل۴-۲۲: نمودار مقدار خسارت وارده به ازای دوره بازگشت و سناریوهای مختلف ۸۵
شکل۴-۲۳ : نمودار مقدار خسارت به ازای دوره بازگشت مختلف و سناریوهای مختلف ۸۶

چکیده

اگرچه احداث سازه‌هایی نظیر سدها باعث ایجاد نوعی اطمینان در کنترل سیلاب و توسعه مراکز جمعیتی در پایین‌دست آن می‌شود اما باید توجه داشت که سیلاب‌های حدی خروجی از سرریزهای آنها می‌تواند خسارات زیادی را به نواحی پایین‌دست وارد نماید. در تحقیق حاضر که بر روی سد و رودخانه نرماب واقع در استان گلستان انجام شده است ابتدا سناریوهایی برای حجم کنترل سیل در مخزن سد در نظر گرفته شد سپس اقدام به روندیابی سیل در مخزن سد به ازای ۴ دوره بازگشت سیلاب ورودی به مخزن(۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال) و ۷ سناریو اجرا و نتایج در ۲۸ حالت(سناریو) به دست آمد سپس اقدام به پهنه‌بندی سیلاب توسط مدل هیدرولیکی HEC-RAS با استفاده از ضمیمه HEC-GeoRAS شد و خسارات مربوط به هر سناریو و دوره بازگشت محاسبه شد نتایج نشان داد که سد نرماب کارایی بسیار خوبی در کاهش دبی پیک سیلاب و خسارات ناشی از سیل بر اراضی منطقه دارد. روندیابی سیل درمخزن سد به روش پالس اصلاح شده انجام شد و نتایج آن نشان با افزایش دوره بازگشت‌ها، تاثیر احداث سد در کنترل سیلاب کمرنگتر می شود.خسارت کل وارد به اراضی شالیزاری منطقه مورد مطالعه به ازای سناریوها و دوره بازگشت های مختلف بدست آمد. همچنین نتایج مربوط به وسعت پهنه سیل و عمق متوسط جریان در مناطق سیل‌زده محاسبه شد. بر این اساس اگرچه با افزایش پهنه سیل عمق متوسط جریان در مناطق سیل‌زده افزایش می‌یابد ولی شدت تغییرات عمق با افزایش دوره بازگشت‌ها کاهش می‌یابد.نتیجه شد که برای آنکه اراضی کشاورزی پایین‌دست سد نرمآب در مقابل سیلاب ۵۰ ساله ایمن بمانند باید حجم کنترل سیل مخزن را حداقل ۳ میلیون متر مکعب در نظر گرفت. برای سیل‌های با دوره بازگشت ۱۰۰ سال این حجم برابر ۵ میلیون متر مکعب می‌باشد. به همین ترتیب برای سیل‌های با دوره بازگشت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال انتظار می‌رود که تخصیص حجم ذخیره‌ای به ترتیب برابر با ۱۲ و ۱۶ میلیون متر مکعب ایمنی لازم را برای محافظت از اراضی پایین‌دست در برابر سیل فراهم آورد.براساس نتایج بدست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که نقشه‌ها و نمودارهای بدست آمده از شبیه‌سازی هیدرولیکی منطقه، می‌تواند ضمن شناساندن مناطق مستعد سیلگیری، به‌عنوان وسیله‌ای قانونی در کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه‌ریزی‌های توسعه و مدیریت مخزن سد در شرایط سیلابی و حفاظت محیط زیست مورد استفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی: استان گلستان، پهنه‌بندی سیل، رودخانه نرمآب، HEC-GeoRAS ، HEC-RAS

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

سیلاب‌های به وقوع پیوسته در دنیا و کشورمان،خسارات مالی و جانی زیادی از خود به جای می-گذارنداز اینرو اهمیت بررسی و مهار آنها بیش از پیش نمایان است. آمار مربوط به خسارت سیلاب-های به وقوع پیوسته و هزینه زیادی که مهار سیلابها بر دوش دولت‌ها تحمیل می نماید،نشانگر این امر است که مهار تمامی سیلاب‌ها امکان پذیر نمی‌باشد وتنها می توان با اتخاذ راهکارهای مدیریتی مناسب مقدار این خسارت را حد اقل نمود. در واقع مدیران باید با توجه به میزان ریسک موجود در هر نوع سیلاب تصمیم مدیریتی خاصی اتخاذ کنند.آمارهای سیل در ایران نشان دهنده وقوع فزاینده این پدیده در طی دهه‌های اخیر بوده است، به طوریکه در دهه ۳۰، ۱۹۱ مورد سیل، در دهه ٤٠، ۲۵۱ مورد، در دهه ۵۰، ٤٤٠ مورد و در دهه ٦٠، ۱۰۰۸ مورد سیل روی داده است. ظرف مدت ۳۰ سال گذشته تاکنون به طور متوسط روزانه سه میلیارد ریال خسارات ناشی از بروز حادثه غیر مترقبه سیل‌زدگی و سیلاب در مناطق مختلف کشور برآورد شده است. از طرفی سطح مناطق سیل خیز کشور در حدود ۹۱ میلیون هکتار می‌باشد. به عبارتی دیگر ۵۵ درصد از سطح کشور در تولید رواناب مستقیم و سریع نقش داشته که حدود ٤٢ میلیون هکتار آن دارای شدت سیل‌خیزی متوسط تا خیلی زیاد هستند. از این نظر ۵۹۲ شهر، ٦٦ هزار روستا، ۲ هزار رشته قنات، یک میلیون هکتار از اراضی زراعی و بخش عظیمی از جاده‌های کشور و تأسیسات صنعتی در معرض خطر سیل‌گیری و تخریب قرار دارند(ایلخچی و همکاران ۱۳۸۱).

در ایران گرچه در بسیاری از نقاط بارندگی کم است اما در مناطقی ممکن است درصد بالایی از بارندگی سالیانه در یک شبانه روز رخ دهد. همین عامل به همراه شیب‌های تند کوهستانی البرز و زاگرس که شهرهای ما را در دامنه خود جای داده‌اند، باعث شده است که بروز سیل تقریباً در تمام فصول سال یکی از نگرانی‌های عمده باشد.سیل در ایران به دلایل ویژگی‌های زمین شناسی و تخریب‌های زیست محیطی بسیار آلوده بوده و گل و لای زیادی به همراه دارد. به این علت، اغلب سیل‌ها در ایران، خسارات زیادی وارد می‌کنند.در سنوات اخیر سیلابهای بزرگ و مخربی در ایران رخ داده است از جمله آن می‌توان به سیل مورخ ۱۳۷۷/۵/۹ ماسوله اشاره کرد که بر اثر آن ۳۰ نفر کشته، ۲۰ نفر مفقود، ۵۰ دستگاه وسیله

نقلیه و ٦ دهانه پل و بسیاری ساختمان و مناطق مسکونی، تأسیسات برق رسانی و آبرسانی، ارتباطی و... خسارت دیدند. در سال ۱۳۷۳ رودخانه کرخه بزرگترین سیلاب خود را داشت و حجم آن ۱/۲ میلیارد متر مکعب برآورد شد.(بررسی سیل‌های تاریخی کشور،۱۳۸۰).

علاوه بر این سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ در استان گلستان بیش از ٤١ میلیارد تومان خسارت به بار آورد. بر اساس اعلام نظر ستاد حوادث غیر مترقبه استان گلستان: این سیل بیش از ٤١ میلیارد تومان خسارت مالی در روستاهای بخش چشمه ساران آذر شهر به دنبال داشته است و هچنین خسارات وارده بر پل‌ها و جاده‌ها بر اثر این سیل بیش از ۳۴ میلیارد تومان برآورده شده است. بر اساس گزارشات اعلام شده: در حدود ۲۹۲ واحد مسکونی بر اثر این سیل آسیب دیده‌اند بیشتر آن تا ۸۰ درصد تخریب شده‌اندکه ۲/۳ میلیارد تومان خسارت در پی داشته است. در زمینه خسارات وارده در بخش کشاورزی و دامپروری باید گفت: که به نقل ستاد حوادث غیر مترقبه، ٦۰۰ هکتار از اراضی شالیزاری منطقه، ۱۰۰ هکتار از باغات در بخش کشاورزی و ۴۲۵ راس دام تلف شدند که جمعاً ۲/۵ میلیارد تومان خسارت به این بخش‌ها وارد کرده است. در سایر بخش‌ها در حدود ۲/۸ میلیارد میلیون تومان خسارت دربر داشته است. سیل مرداد ۱۳۸۰ در سال‌های اخیر نیز با شدت و ضعف تکرار شده و نظیر آن سیل سوم رخ داده است که باز هم منجر به خسارات زیادی شد(بررسی سیل‌های تاریخی کشور،۱۳۸۰).

در سال‌های اخیر با تمهیداتی که از سوی مسئولین امر صورت گرفته است امید می‌رود با ترویج نحوه صحیح بهره‌برداری از منابع طبیعی بررسی اطلاعات و آمار سیل‌های گذشته در حوضه‌های مختلف، بررسی توزیع فصلی سیل‌های مهم اتفاق افتاده و نحوه مدیریت آنها، و بکارگیری روش‌های مختلف مدیریت سیل در حوضه آبریز و با ایجاد یک مدیریت جامع، میزان خسارات ناشی از سیل به حداقل مقدار خود برسد.

با وجود نقش اساسی اقدامات فیزیکی در کنترل و مهار سیل، ولی به لحاظ اقتصادی امکان مهار و کنترل همه سیلابها با این روش‌ها میسر نیست و لحاظ تلفیقی از روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای میتواند برای مدیریت همه سیلاب شرایط بهینه ای را فراهم کند روش‌های مختلف غیر سازه‌ای وجود دارد برنامه-ریزی بهره‌برداری از مخزن از جمله معیارهای غیرسازه‌ای می‌باشند که اهمیت آن روز به روز آشکارتر می‌شود، به طوریکه چه از دیدگاه مدیریت ریسک سیلاب و چه از دیدگاه مدیریت غیرسازه‌ای سیلاب،

منجر به کاهش تلفات و خسارات ناشی از سیلاب می‌گردد. مخازن نقش مهمی در کنترل سیلاب دارند. این سازه‌ها آب ناشی از سیلاب را ذخیره و از طریق کاهش پیک سیلاب خطر سیلاب را در نواحی پایین-دست کاهش می‌دهند.بهره برداری مناسب از مخازن سدها قبل از وقوع سیلاب و در حین آن می تواند در کاهش خسارت سیل تاثیر به سزایی داشته باشد.روش‌های مختلفی برای مدیریت مخزن در هنگام سیلاب توسعه داده شده‌اند. ممکن است که بعلت عدم مدیریت صحیح، حجم مورد نیاز در هنگام دبی حداکثر در دسترس نباشد یا با عجله در تخلیه مخزن به ارتفاع سیلاب در پایین دست رودخانه بیافزاید.

از طرفی مدیریت مخزن بدون توجه به ظرفیت رودخانه پایین‌دست ممکن است حادثه آفرین باشد لذا آنچه که مهم است این است که اساسا می بایست در فرایند طراحی و ساخت یک سد و نیز بهره برداری از آن یک جامع نگری با هدف مدیریت یکپارچه سیل صورت گیرد.موضوع مدیریت یکپارچه سیل اساسا کمتر مورد توجه قرار گرفته است.با این رویکرد در حوضه‌های سیلخیزی که هنوز سد ایجاد نشده است اساسا می بایست در طراحی و ساخت، مدیریت سیلاب در رودخانه و مخزن مورد توجه قرار گیرد و در هندسه و فیزیک سد دخالت داده شود اما در حوضه‌هایی که بدون این رویکرد سد احداث شده است و یا در حال اجرا هستند غالبا می بایست روی مدیریت بهره‌برداری رودخانه-مخزن تمرکز کرد و با تحلیل کمی سیل و شرایط عمق و ظرفیت سیل،پهنه بندی سیل و تعیین تابع خسارت ،حجم کنترل سیلاب و روش بهره برداری را بهینه کرد و خسارت پایین‌دست را کاهش داد.با وجود اقدامات اجرای مدیریت سیل در ایران،رویکرد یکپارچه مدیریت سیل در حوضه‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است عموماً اقدامات به طور مجزا طراحی و به اجرا گذاشته شده‌اند و لذا لازم است تحقیقات و برسی‌هایی صورت بگیرد و در اجرای مدیریت سیل بکارگیری شود. در این تحقیق هدف این است که در جهت تحقق مدیریت جامع و یکپارچه، مدیریت توام رودخانه و مخزن مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد.سد نرماب در شرق استان گلستان بر روی رودخانه نرماب به عنوان یک مطالعه موردی انتخاب شده است.

۱-۱- روش‌های متداول در مهار وکنترل سیلاب

اگر چه سیل یکی از مخاطرات طبیعی است که همه ساله خسارات سنگینی را به جوامع مختلف تحمیل کرده و مشکلات عمده ای را در توسعه و عمران بسیاری از کشورها بوجود می آورد اما می‌توان مشابه

بسیاری از پدیده‌های دیگر با مدیریت کارا خسارت جانی و مالی و اثرات نامطلوب ناشی از آن را کاهش داد و تدوین برنامه ای جامع با هدف کنترل و بهره برداری بهینه با اعمال اقدامات مدیریتی مناسب با کلیه عوامل دخیل در ایجاد طغیان سیلابهای منطقه‌ای ضرورت می‌یابد(مطیعی و باربد، ۱۳۸۱). اقدامات مدیریتی که به منظور کاهش خسارات سیل انجام می‌شود را میتوان در دو بخش اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای و یا تلفیقی از این دو تقسیم کرد.در رهیافت‌های غیر سازه‌ای مدیریت سیل،برای رفع یا تسکین اثرات تخریبی سیلاب،سازه‌های فیزیکی احداث نمی‌شود.در صورتی که در راهکارهای سازه‌ای مدیریت سیلاب از احداث سازه‌هایی مانند سدها،خاکریزها،سیل بندها یا منحرف نمودن سیلاب،کانال‌های سیلاب بر و ...استفاده می‌شود که به وسیله ذخیره،محدودسازی یا تعدیل جریان یا انحراف سیلاب،مهار آن را تا حدی ممکن می‌سازد.با توجه به نکات فوق برای اینکه در نهایت به یک روش کامل در ارائه مناسبترین روش دست یافت که باید به هر دو روش سازه‌ای و غیرسازه‌ای مهار سیلاب توجه داشت(مطیعی،باربد و بهنیا،۱۳۸۱ و کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کمیته ملی کاهش اثرات بلایای طبیعی،۱۳۷۹).

غواصیه(۱۳۷۶)در پایان نامه خود تحت عنوان تدوین روش‌های مدیریت سیلاب در حوضه آبخیز دره شهر ایلام نتیجه گرفت که ترکیب روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای مهار سیلاب جهت دستیابی به یک الگوی مناسب ضروری است.صفوی(۱۳۷۶)و مخترع(۱۳۷۸)نیز در مطالعات خود به این نتیجه دست یافتند و ترکیب این دو روش را بسیار تاکید نمودند.

۱-۱-۱- روش‌های سازه‌ای کنترل سیلاب

روش‌های یکی از روش‌های کنترل سیلاب می‌باشد که در این روش سعی می‌شود که قبل از وقوع سیل،شدت جریان و تراز آب تخمین زده شود و با هدایت،انحراف و یا مهار سیلاب توسط احداث سازه‌های مناسب،خسارت وارده کاهش یابد(نیک صفت،۱۳۷۶)این روش‌ها عبارتند از:

- احداث دیواره سیل برگردان
- احداث دیواره سیل بند
- احداث سد مخزنی
- احداث گوره و خاکریز

- احداث سد تاخیری
- انحراف جریان سیل
- لایروبی کانالها و مسیر رودخانه
- بهسازی و اصلاح مسیر رودخانه
- احداث دیواره طولی بتنی در مسیر رودخانه(بهادری خسروشاهی،۱۳۷۶)

۱-۱-۲- روش‌های غیرسازه‌ای کنترل سیلاب

یکی از روش‌های بسیار کارآمد و موثر در کاهش خسارت سیل می‌باشد که در دنیا مورد توجه قرار گرفته است.هدف اصلی این محور دور کردن مردم از جریان سیل می‌باشد و شامل مراحل زیر است:

- مدیریت سیلابدشت و حوضه آبخیز
- پیش بینی سیلاب
- کنترل کاربری اراضی و توسعه سیلابدشت
- برنامه ریزی جهت مقابله با شرایط اظطراری سیل
- ایجاد سیستم‌های پیش بینی و هشدار سیل هواشناسی و هیدرولوژیکی
- ضد سیل سازی تاسیسات
- تخلیه مناطق سیل زده(بعد از وقوع سیل)
- امدادرسانی بهنگام(بعد از وقوع سیل)
- ایجاد سیستم بیمه سیلاب
- برنامه ریزی و مدیریت چند مخزنه سدهای ساخته شده با هدف کنترل سیل و پیش بینی و بهره برداری از سدهای در حال احداث(کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کمیته ملی کاهش اثرات بلایای طبیعی،۱۳۶۵).
- تجربیات جهانی نشان میدهد که ایمنی مطلق در مقابل سیلاب غیر قابل حصول است.این امر ناشی از عدم قطعیتهای معمول در مهندسی آب،تغییرات هیدروسیستمها و محدودیتهای اقتصادی

می‌باشد(امامی،۱۳۷۵).اگرچه بهره گیری از از روش‌های سازه‌ای جایگاه بسیار متداول و موثری در سیستم‌های کنترل سیلاب دارد ولی به تازگی تاکید بیشتری بر روش‌های غیر سازه‌ای و مدیریت حوضه آبخیز و تاثیر این سیاستها در کاهش خسارت سیل شده که در این مجموعه نیز بیشتر بر این روش‌ها تکیه خواهد شد.

روش‌های غیر سازه‌ای،قبل و هنگام بروز سیل و حتی پس از آن تمهیداتی را فراهم مینماید که سبب به حداقل رساندن خسارت خواهد شد(کارآموز و زهرایی،۱۳۷۷).

۱-۲-تشریح برخی از روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای مهار و کنترل سیلاب

۱-۲-۱- دیواره سیل بند بتنی

این دیواره‌ها عمدتا در امتداد دو طرف رودخانه و مسیل احداث می گردند،از جنس بتن،سنگ و می-باشند و بیشتر برای اراضی شهری با قیمت بالا به کار می‌روند ولی خاکریزهای سیل‌بند(گوره) بیشتر برای اراضی کشاورزی و زمین‌های غیر شهری کاربرد دارد و از سرازیر شدن آب به اطراف رودخانه جلوگیری می‌کند(چیتی،۱۳۷۳).

۱-۲-۲- ایجاد گوره

یکی از روش‌های مهار سیلاب و کاهش خسارت ناشی از آن،محدود ساختن جریان سیلابی در یک محدوده یا عرض معینی از رودخانه می‌باشد.این اقدام بوسیله سازه‌هایی نظیر دیواره سیل بند و یا گوره انجام میگیرد.گوره یا خاکریز،بند خاکی کوتاهی است که در فواصل مختلف از کناره رودخانه و در امتداد طولی آن احداث می گردد.به عبارتی نقش کناره مصنوعی را برای سیلابهای با احتمال کم بر عهده دارد و از گسترش سیلاب به اراضی اطراف رودخانه جلوگیری می کند.این روش بیشتر در مناطقی که ارزش زمینهای اطراف رودخانه کم باشد،توصیه شده است(تلوری،۱۳۸۰).مینری و همکاران(۱۹۸۸)،بیان می دارند که برای آندسته از مستحدثاتی که در منطقه خطر سیل قرار داشته و عمق سیل گیری محل بیشتر از ٦ فوت

یا سرعت سیلاب بیشتر از ۵ فوت بر ثانیه باشدفضد سیل سازی با استفاده از خاکریزهای طولی و پشته‌های خاکی مناسب نیست.

۱-۲-۳- احداث سدهای مخزنی و سدهای تاخیری

از سدهای مخزنی برای ذخیره سیلاب و کاهش خسارت سیل بویژه در پایین‌دست استفاده می گردد(امامی،۱۳۷٦)و در این نوع سدها هنگام سیل آب در مخزن سد ذخیره می گردد و سپس بصورت کنترل شده رها میگردد(محمد ولی سامانی،۱۳۷۶).باید توجه داشت که در این نوع سدها دریچه‌هایی برای کنترل جریان خروجی در نظر گرفته می‌شود که در این سیستم ممکن است دو حالت پیش آید. اول اینکه ظرفیت ذخیره مخزن برابر یا بیش از حجم سیل باشد و هیدروگراف خروجی را میتوان کنترل کرد که از دبی حد اکثر پایین‌دست تجاوز ننماید(جانسون و همکاران،۱۹۷۹ و پرژوسکی و همکاران،۱۹۹۵)و در حالت دوم اینکه اگر ظرفیت مخزن کمتر ازحجم سیل باشد،ارتفاع آب در مخزن سد افزایش قابل توجهی پیدا خواهد کرد و به منطقه خطر خواهد رسید و در مانور دریچه باید کاری کرد که تخریب به حد اقل برسد(جانسون و همکاران،۱۹۷۹).علاوه بر آن پس از فروکش سیل مخزن را تخلیه نمود و سطح آب را پایین آورد تا احیانا اگر سیل بعدی رخ داد حجم ذخیره خالی به اندازه کافی وجود داشته باشد(گروه مهندسی ارتش آمریکا،۱۹۸۹ و شرکت مهندسین مشاور مشانیر و کایتک،۱۹۹۶).ولی در سدهای تاخیری با نگهداری موقت بخشی از سیلاب،دبی اوج سیلاب را تسکین داده و در آن تاخیر ایجاد می نماید(بنی حبیب،۱۳۷۶)و بر حسب عملکرد این سدها به دو دسته تقسیم میشوند که در نوع اول،آب بطور موقت در مخزن سد ذخیره شده و به تدریج متناسب با آبگذری کانال پایین‌دست(رودخانه)از طریق خروجی‌ها رها می گردد ولی در نوع دوم آب تا جایی که ممکن است در مخزن نگهداری شده تا از طریق نفود و تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی خالی گردد(بنی حبیب،۱۳۷۶).

۱-۲-۴- بهسازی و اصلاح مسیر رودخانه و مسیل‌ها

به دلیل رفتار طبیعی رودخانه و عدم تثبیت سواحل،سالانه شاهد جابجایی مسیل و فرسایش در نقاط دیگر رودخانه می باشیم و لذا در اجرای پروژه‌های ساماندهی رودخانه‌ها،منجر به افزایش حجم کارهای باقیمانده می گردد(وطن فدا،۱۳۸۱).هر گونه اقدامی که منجر به تغییر مسیر رودخانه و مسیل،تغییر مقزع عرضی،تنظیم شیب طولی،تغییر زبری بستر و کناره‌ها،حذف پیچ و خمهای اضافی،حذف شاخه‌های غیر مفید،برداشت موانع از مسیر جریان،تثبیت بستر و کناره‌ها و ...به منظور کنترل فرسایش،کشتیرانی و حفاظت سازه‌ها و تاسیسات رودخانه ای،کاهش هزینه‌های کنترل سیل و تثبیت رودخانه و مسیل، افزایش ظرفیت هیدرولیکی و در نهایت کاهش تناوبسیل‌های خطرزا و... می‌شود را بهسازی و اصلاح مسیر رودخانه‌ها و مسیل‌ها گویند(بهادری خسروشاهی، ۱۳۷۶).

۱-۲-۵- لایروبی رودخانه

هدف از لایروبی رودخانه ایجاد شرایط مناسب برای کشتیرانی،بهبود بستر جریان،تامین مصالح ساختمانی و کشاورزی و افزایش ظرفیت هیدرولیکی جریان و کنترل و کاهش خطرات سیل می‌باشد(چیتی،۱۳۷۳ و وطن فدا،۱۳۸۱).

۱-۲-۶- ضد سیل سازی تاسیسات

از این واژه تعاریف متعددی شده که عبارتند از:

- ضد سیل سازی عبارتست از اقداماتی که در آن با ایجاد اصلاحات و تغییرات در ساختمان و محیط اطراف آن،اثرات زیانبار سیل حذف یا کاهش می یابد(آژانس مدیریت اضطراری دولت مرکزی،۱۹۹۹).
- تمام عملیات صورت گرفته توسط افراد یا گروه کوچکی از ساکنین یک سیلابدشت که خسارت سیل را در املاک موجود کاهش دهد به عنوان ضد سیل سازی تلقی می‌شود(جیمز و لی،۱۹۷۱).