بسم الله الرحمن الرحيم

١١٨٢٠٤

دانشگاه مازندران
مجتمع آموزش عالی علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
دانشکده مهندسی زراعی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی آب - سازه‌های آبی

موضوع:

ارزیابی فنی طرح‌های سامان‌دهی اجرا شده در بازه‌ای از رودخانه قزل‌اوزن

اساتید راهنما:
دکتر رامین فضل‌اولی
دکتر میر خالق ضیاءتبار احمدی

استاد مشاور:
مهندس محمد حسین‌زاده

نگارش:
افسانه حسینی

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک
۱۳۸۸/۳/۱۰

مهرماه ۱۳۸۷

۱۱۸۲۰۳

﴿ونزّلنا من السماء ماءً مبارکاً فانبتنا به

جنات وحب الحصید﴾

«وما از آسمان رحمت آب باران با برکت را نازل کردیم و باغ های

میوه و دانه های درو شدنی رویانیدیم»

سوره قاف آیه ۹

تقدیر و تشکر

حمد و ستایش بی قیاس خدایی را سزد که پاکی و عظمتش را در دل ابرهای رونده به امرش، قطره‌های باران فرود آینده از رحمتش، چشمه‌های جوشنده از دل خاکش و در رودهای خروشنده به دریاهای بی کرانش می توان حس نمود. بار الها قدم‌های خسته مرا توان رسیدن به انتهای این مرحله از علم و معرفت نبود و تو یاری نمودی و دست‌های مرا توان نوشتن نبود و تو آموختی. مهربانا وقتی در جای جای این مسیر درماندم و خیال اندیشه را در شب ظلمت فرسودم الطاف بی نهایتت را چون ستارگانی به یاریم فرستادی. ستارگانی که وجود پر فروغشان شب التهاب دانستن را برایم به سپیده دم نزدیک ساخت و اکنون در پایان این راه لبریز از ابهام و طلوع صبح به بار نشستن اندیشه و دانش، به رسم ادب، صمیمانه‌ترین سپاسگزاری را تقدیم حضورشان می کنم:

از زحمات استاد ارجمند جناب آقای دکتر رامین فضل اولی که در لحظه لحظه این مسیر دشوار صبورانه از هیچ کمکی دریغ نورزیده و همواره پشتیبان و مایه دلگرمی من بودن دکمال تشکر و قدردانی را می نمایم که در این مدت رسم اخلاق و بزرگواری را نیز از ایشان آموختم.

از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر میرخالق ضیاء تبار احمدی که در این دوره افتخار شاگردی ایشان نصیب بنده شد و پرتو راهنمایی‌های ارزنده‌شان همراه این تحقیق بود صمیمانه سپاسگزاری می کنم.

از کمک‌های بی شائبه استاد مشاور ارجمند جناب آقای مهندس محمد حسین زاده که قبول زحمت نموده و صمیمانه در انجام این تحقیق مرا یاری نمودند خالصانه تشکر و قدردانی می نمایم.

از اساتید محترم گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه مازندران که در جهت ارتقاء سطح علمی از وجودشان بهره‌ها بردم و همچنین مسئولین محترم بخش کتابخانه، مرجع و تحصیلات تکمیلی که با اخلاقی نیکو در انجام پایان نامه مرا یاری نمودند نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از مسئولین محترم آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی، آقایان مهندس حمیدزاده، مهندس صاحبقرانی، مهندس احمدی و دیگر عزیزانی که نام آنها در این مقوله نمی گنجد و بدون کمک‌های ایشان پیشبرد این پروژه ممکن نبود تشکر می نمایم.

و نه در آخر از عزیزترین‌هایم که برای رسیدن به سر منزل مقصود در هر مرحله از عرصه زندگی از هیچ تلاش و فداکاری دریغ نورزیده و صبوری نمودند، پدر و مادرم قدردانی و بوسه بر دستانشان می زنم. همچنین از تمامی دوستان خوبم که همراه و مایه دلگرمیم در این تحقیق بودند تشکر نموده و آرزوی توفیق برایشان دارم.

تقدیم به

ستارگانی که شمع وجودم از فروغ پربرکت‌شان روشن است

محبت و عشق معنای وجودشان، امید معنای نگاهشان و آرامش معنای دستانشان است

و کویر زندگیم در سایه دعای خیرشان همیشه مرهون باران لطف الهی بوده است

پدر و مادر بزرگوارم

به تنها گل همیشه بهار که نغمه های شادی بخش عمرم ارمغانی از وجود اوست

خواهر نازنینم الهه

و به کسانی که دوستشان دارم و دوستم دارند

چکیده

رودخانه به عنوان سیستمی پویا، مکان و خصوصیات خود را همواره بر حسب زمان، عوامل طبیعی و گاه در اثر دخالت بشر تغییر می‌دهد. ساماندهی رودخانه شامل مجموعه اقداماتی است که برای مهار و تثبیت یک رودخانه در یک مسیر مورد نظر انجام می‌شود و هدایت جریان در مسیر مشخص و مطلوب را تأمین می‌نماید. رودخانه قزل‌اوزن یکی از پرآب‌ترین و مهم‌ترین رودخانه‌های ایران می‌باشد. به دلیل وجود مراکز جمعیتی و کشاورزی در حاشیه این رودخانه، پروژه‌های ساماندهی متعددی در بازه‌های تخریب‌پذیر آن صورت پذیرفته است. در این تحقیق بازه‌ای از رودخانه قزل‌اوزن که طرح‌های ساماندهی اجرا شده در آن با هدف حفاظت سواحل و اصلاح مسیر رودخانه انجام پذیرفته است، انتخاب گردید. سازه‌های موجود در این بازه شامل آب‌شکن‌ها و خاکریزهای طولی در سواحل چپ و راست می‌باشد و هدف از این تحقیق به صورت کلی ارزیابی عملکرد سازه‌های احداث شده از لحاظ فنی و هیدرولیکی و بررسی تأثیر طرح ساماندهی مذکور بر هیدرولیک رودخانه و منطقه طرح می‌باشد. بدین منظور با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی منطقه، نرم‌افزار ArcView، الحاقیه HEC-GeoRAS و بازدیدهای میدانی، موقعیت سازه‌های احداثی مشخص شده و در نرم‌افزار HEC-RAS مدل گردید. سپس تأثیر سازه‌ها بر پارامترهای هیدرولیکی جریان، با انجام شبیه‌سازی کامپیوتری بررسی گردید. میزان موفقیت و نقاط ضعف و قوت طرح از طریق نتایج حاصل از شبیه‌سازی کامپیوتری و نیز بازدیدهای میدانی تعیین گردید و پیشنهاداتی برای ثمر بخشی بیشتر طرح‌های آتی ارائه گردید. نتایج حاصله نشان داد با اجرای طرح ساماندهی، پارامترهای هیدرولیکی جریان افزایش چشم‌گیری خصوصاً در محل احداث سازه‌ها داشته و کلاً این طرح در رسیدن به اهداف خود در منطقه موفق عمل نموده است.

واژه‌های کلیدی:
ساماندهی رودخانه، خاکریز طولی، آب‌شکن، HEC-RAS، قزل‌اوزن

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فصل اول- کلیات

۱-۱- مقدمه ---------- ۱

۱-۲- کلیات سامان‌دهی رودخانه ---------- ۲

۱-۲-۱- ساماندهی چیست؟ ---------- ۲

۱-۲-۲- اهداف کلی سامان‌دهی رودخانه ---------- ۲

۱-۲-۳- انواع روش‌های سامان‌دهی رودخانه ---------- ۳

۱-۲-۴- روش‌های کنترل سیلاب و حفاظت اراضی و تثبیت رودخانه‌ها ---------- ۳

۱-۲-۵- انواع روش‌های حفاظت دیواره‌ها ---------- ۴

۱-۳- بیان مسئله و ضرورت تحقیق ---------- ۵

۱-۴- اهداف تحقیق ---------- ۸

۱-۵- فرضیات تحقیق ---------- ۸

۱-۶- معرفی نرم‌افزارهای مورد استفاده در تحقیق ---------- ۹

۱-۶-۱- نرم‌افزار HEC-RAS ---------- ۹

۱-۶-۲- نرم‌افزار ArcView GIS ---------- ۱۰

۱-۷- سازه‌های سامان‌دهی طرح ---------- ۱۱

۱-۷-۱- سازه آب‌شکن ---------- ۱۱

۱-۷-۲- مشخصات فنی آب‌شکن‌ها ---------- ۱۴

۱-۷-۲-۱- زاویه آب‌شکن با دیواره رودخانه ---------- ۱۴

۱-۷-۲-۲- شکل سازه آب‌شکن ---------- ۱۵

۱-۷-۲-۳- طول آب‌شکن ---------- ۱۶

۱-۷-۲-۴- فاصله بین آب‌شکن‌ها ---------- ۱۶
۱-۷-۲-۵- تراز تاج آب‌شکن ---------- ۱۷
۱-۷-۲-۶- شکل مقطع آب‌شکن ---------- ۱۷
۱-۷-۲-۷- جنس آب‌شکن‌ها ---------- ۱۸
۱-۷-۲-۸- عمق آب‌شستگی ---------- ۱۸
۱-۷-۳- سازه خاکریز طولی ---------- ۱۹
۱-۷-۳-۱- تفاوت گوره با سد خاکی ---------- ۲۰
۱-۷-۳-۲- خاکریزهای طبیعی ---------- ۲۰
۱-۷-۳-۳- عوامل تخریب گوره‌ها ---------- ۲۱
۱-۷-۴- مشخصات فنی خاکریزهای طولی ---------- ۲۱
۱-۷-۴-۱- تعیین سیل طراحی ---------- ۲۲
۱-۷-۴-۲- مسیر یا راستای گوره ---------- ۲۲
۱-۷-۴-۳- ارتفا ع گوره ---------- ۲۲
۱-۷-۴-۴- شیب طولی گوره ---------- ۲۳
۱-۷-۴-۵- شیب جانبی گوره ---------- ۲۳
۱-۷-۴-۶- عرض تاج گوره ---------- ۲۴
۱-۷-۴-۷- انواع گوره‌ها ---------- ۲۴

فصل دوم- مروری بر منابع

۲-۱- سابقه پژوهش در سایر کشورها ---------- ۲۵
۲-۱-۱- در زمینه سامان‌دهی رودخانه ---------- ۲۵
۲-۱-۲- کاربردهای نرم‌افزار HEC-RAS ---------- ۲۹
۲-۲- سابقه پژوهش در ایران ---------- ۳۱

۲-۲-۱- در زمینه سامان‌دهی رودخانه ---------- ۳۱
۲-۲-۲- کاربردهای نرم‌افزار HEC-RAS ---------- ۳۷

فصل سوم- مواد و روش‌ها

۳-۱- مواد ---------- ۴۰
۳-۱-۱- آشنایی با حوضه آبریز قزل‌اوزن ---------- ۴۰
۳-۱-۲- معرفی و موقعیت منطقه مطالعاتی ---------- ۴۰
۳-۱-۳- داده‌های مورد نیاز پروژه ---------- ۴۲
۳-۱-۳-۱- ایستگاه آب‌سنجی ---------- ۴۳
۳-۱-۳-۲- داده‌های هندسی ---------- ۴۳
۳-۲- روش تحقیق- بخش اول: مدل‌سازی هیدرولیکی طرح سامان‌دهی اجرا شده ---------- ۴۵
۳-۲-۱- تهیه شبکه نامنظم مثلثی (TIN) منطقه ---------- ۴۵
۳-۲-۲- تعیین مشخصات هندسی رودخانه ---------- ۴۶
۳-۲-۲-۱- خط مرکزی رودخانه ---------- ۴۷
۳-۲-۲-۲- سواحل ---------- ۴۷
۳-۲-۲-۳- خطوط مرکزی مسیر جریان ---------- ۴۸
۳-۲-۲-۴- مقاطع عرضی ---------- ۴۹
۳-۲-۲-۵- مسیر خاکریزهای طولی ---------- ۵۰
۳-۲-۳- روابط نرم‌افزار HEC-RAS در محاسبات جریان یک بعدی ---------- ۵۱
۳-۲-۴- فرضیات حاکم بر مدل HEC-RAS ---------- ۵۴
۳-۲-۵- محدودیت‌های نرم‌افزار HEC-RAS در حالت جریان ماندگار ---------- ۵۵
۳-۲-۶- وارد نمودن داده‌های هندسی به مدل HEC-RAS ---------- ۵۵
۳-۲-۷- تکمیل داده‌های هندسی ---------- ۵۶

۳-۲-۷-۱- ضریب زبری مانینگ ---------- ۵۷
۳-۲-۷-۲- ضرایب همگرایی و واگرایی ---------- ۵۸
۳-۲-۸- داده‌های جریان ---------- ۵۸
۳-۲-۸-۱- شرایط مرزی ---------- ۵۸
۳-۲-۹- اجرای مدل برای شرایط قبل از انجام عملیات طرح ساماندهی ---------- ۵۹
۳-۲-۱۰- بررسی حساسیت مدل نسبت به ضریب زبری مانینگ ---------- ۵۹
۳-۲-۱۱- گزینه ساماندهی خاکریز ---------- ۶۰
۳-۲-۱۲- شبیه‌سازی خاکریزها در بازه مطالعاتی ---------- ۶۰
۳-۲-۱۳- گزینه ساماندهی آبشکن ---------- ۶۱
۳-۲-۱۴- شبیه‌سازی آبشکن‌ها در بازه مطالعاتی ---------- ۶۲
۳-۲-۱۵- اجرای مدل بعد از اعمال گزینه‌های ساماندهی ---------- ۶۳
۳-۲-۱۶- مقایسه شرایط قبل و بعد از ساماندهی منطقه ---------- ۶۳
۳-۲-۱۷- ارزیابی هیدرولیکی طرح ساماندهی اجرا شده ---------- ۶۳
۳-۲-۱۸- ارسال نتایج شبیه‌سازی هیدرولیکی به محیط ArcView ---------- ۶۴
۳-۳- بخش دوم: ارزیابی سازه‌ای و فنی طرح مورد مطالعه ---------- ۶۵
۳-۳-۱- ارزیابی فنی آبشکن‌های احداث شده ---------- ۶۶
۳-۳-۲- ارزیابی فنی خاکریزهای احداث شده ---------- ۶۷
۳-۳-۳- بازدیدهای میدانی از منطقه مطالعاتی ---------- ۷۰

فصل چهارم- نتایج

۴-۱- نتایج شبیه‌سازی هیدرولیکی ۷۲
۴-۱-۱- تهیه شبکه نامنظم مثلثی منطقه (TIN) ---------- ۷۲
۴-۱-۲- استخراج مشخصات هندسی رودخانه جهت ورود به مدل HEC-RAS ---------- ۷۳

۴-۱-۳- نتایج شبیه‌سازی منطقه بدون اعمال گزینه‌های سامان‌دهی ---------- ۷۵
۴-۱-۴- تعیین حساسیت مدل نسبت به ضریب زبری مانینگ ---------- ۷۸
۴-۱-۵- نتایج شبیه‌سازی بازه مطالعاتی برای شرایط بعد از سامان‌دهی ---------- ۸۲
۴-۱-۶- مقایسه شرایط قبل و بعد از سامان‌دهی منطقه ---------- ۸۶
۴-۱-۶-۱- پروفیل‌های طولی سطح آب ---------- ۸۶
۴-۱-۶-۲- پارامترهای هیدرولیکی جریان ---------- ۸۷
۴-۱-۷- بررسی وضعیت منطقه از نمای سه بعدی ---------- ۹۳
۴-۱-۸- نتایج ارزیابی هیدرولیکی طرح سامان‌دهی ---------- ۹۵
۴-۱-۹- تأثیر هیدرولیکی استفاده توأم از دو سازه حفاظتی خاکریز و آب‌شکن ---------- ۹۸
۴-۱-۱۰- ارسال نتایج حاصل از شبیه‌سازی هیدرولیکی به GIS ---------- ۹۹
۴-۲- نتایج ارزیابی فنی و سازه‌ای طرح سامان‌دهی قویجاق ---------- ۱۰۴
۴-۲-۱- ارزیابی فنی آب‌شکن‌های احداث شده ---------- ۱۰۴
۴-۲-۲- ارزیابی فنی خاکریزهای اجرا شده در طرح ---------- ۱۱۱
۴-۲-۳- نتایج بازدیدهای میدانی از منطقه طرح ---------- ۱۱۴

فصل پنجم- بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱- بحث ---------- ۱۲۲
۵-۲- نتیجه‌گیری ---------- ۱۲۳
۵-۳- توصیه‌ها و پیشنهادها ---------- ۱۲۷

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- نمایی از شریانی بودن رودخانه قزل‌اوزن در ناحیه قویجاق	۸
شکل ۱-۲- نمونه‌ای از آب‌شکن‌های ساخته شده در رودخانه وال	۱۲
شکل ۱-۳- نمایش اجزاء مختلف سازه آب‌شکن	۱۳
شکل ۱-۴- الگوی جریان در محدوده دو آب‌شکن متوالی	۱۴
شکل ۱-۵- انواع آب‌شکن‌ها بر اساس شکل سازه	۱۶
شکل ۱-۶- نمای کلی خاکریزهای طبیعی	۲۱
شکل ۳-۱- حوضه آبریز رودخانه قزل‌اوزن و موقعیت بازه مطالعاتی	۴۲
شکل ۳-۲- پلان جانمایی طرح ساماندهی رودخانه قزل‌اوزن در محدوده روستای قویجاق	۴۴
شکل ۳-۳- ابزارها، منوها و دکمه‌های الحاقیه HEC-GeoRAS	۴۷
شکل ۳-۴- لایه‌های خط مرکزی رودخانه و سواحل در محیط ArcView	۴۸
شکل ۳-۵- لایه خطوط مرکزی مسیر جریان در محیط ArcView	۴۹
شکل ۳-۶- لایه مقاطع عرضی و نمای سه بعدی آن همراه با موقعیت آب‌شکن‌ها	۵۰
شکل ۳-۷- لایه مربرط به مسیر خاکریزهای احداث شده	۵۱
شکل ۳-۸- پارامترهای رابطه انرژی	۵۲
شکل ۳-۹- ورود داده‌های هندسی به مدل HEC-RAS	۵۶
شکل ۳-۱۰- نمونه‌ای از خاکریزهای شبیه‌سازی شده در مدل HEC-RAS	۶۱
شکل ۳-۱۱- نمونه‌ای از مدل‌سازی آب‌شکن‌ها در مدل HEC-RAS	۶۳
شکل ۳-۱۲- انتقال نتایج شبیه‌سازی در نرم‌افزار HEC-RAS به محیط ArcView	۶۵
شکل ۳-۱۳- پلان و مقاطع آب‌شکن‌ها و خاکریزهای احداث شده در طرح ساماندهی روستای قویجاق	۶۹

شکل ۳-۱۴- بازدیدهای میدانی از آب‌شکن‌های رودخانه قزل‌اوزن ---------- ۷۰
شکل ۳-۱۵- بازدیدهای میدانی از خاکریزهای رودخانه قزل‌اوزن ---------- ۷۱
شکل ۴-۱- نمایی از رویه TIN ساخته شده برای منطقه ---------- ۷۲
شکل ۴-۲- نمای کلی منطقه همراه با لایه‌های ایجاد شده در محیط ArcView ---------- ۷۳
شکل ۴-۳- طرح شماتیک رودخانه قزل‌اوزن در محدوده قویجاق ---------- ۷۵
شکل ۴-۴- پروفیل سطح آب در شرایط سیلاب ۲ ساله ---------- ۷۶
شکل ۴-۵- نمای سه بعدی منطقه در سیلاب ۲ ساله ---------- ۷۷
شکل ۴-۶- تنش برشی جریان در سیلاب ۲ ساله ---------- ۷۷
شکل ۴-۷- نمودار بررسی حساسیت مدل با افزایش ۱۰ درصد ضریب زبری مانینگ ---------- ۷۹
شکل ۴-۸- نمودار بررسی حساسیت مدل با افزایش ۲۰ درصد ضریب زبری مانینگ ---------- ۷۹
شکل ۴-۹- نمودار بررسی حساسیت مدل با کاهش ۱۰ درصد ضریب زبری مانینگ ---------- ۸۰
شکل ۴-۱۰- نمودار بررسی حساسیت مدل با کاهش ۲۰ درصد ضریب زبری مانینگ ---------- ۸۰
شکل ۴-۱۱- پروفیل‌های طولی سطح آب به ازای تغییرات ضریب زبری ---------- ۸۲
شکل ۴-۱۲- طرح شماتیک سیستم رودخانه بعد از اجرای طرح ---------- ۸۳
شکل ۴-۱۳- پروفیل طولی سطح آب در سیل با دوره بازگشت ۲ سال ---------- ۸۴
شکل ۴-۱۴- نمای سه بعدی منطقه در سیل با دوره بازگشت ۲ سال ---------- ۸۵
شکل ۴-۱۵- تنش برشی در کانال اصلی پس از اجرای طرح ---------- ۸۵
شکل ۴-۱۶- پروفیل طولی سطح آب در سیلاب ۲۵ ساله- شرایط اولیه و بعد از احداث سازه‌ها---- ۸۶
شکل ۴-۱۷- پروفیل طولی سطح آب در سیلاب ۲۵ ساله- شرایط اولیه و بعد از احداث سازه‌ها ---- ۸۷
شکل ۴-۱۸- تغییرات سرعت متوسط جریان - شرایط اولیه ---------- ۸۸
شکل ۴-۱۹- تغییرات سرعت متوسط جریان - بعد از احداث سازه‌ها ---------- ۸۸
شکل ۴-۲۰- تغییرات تنش برشی کل- شرایط اولیه ---------- ۸۹

شکل ۴-۲۱- تغییرات تنش برشی کل- بعد از احداث سازه‌ها ---------- ۹۰
شکل ۴-۲۲- تغییرات عدد فرود کل- شرایط اولیه ---------- ۹۱
شکل ۴-۲۳- تغییرات عدد فرود کل- بعد از احداث سازه‌ها ---------- ۹۱
شکل ۴-۲۴- تغییرات توان آبراهه‌ای کل- شرایط اولیه ---------- ۹۲
شکل ۴-۲۵- تغییرات توان آبراهه‌ای کل- بعد از احداث سازه‌ها ---------- ۹۲
شکل ۴-۲۶- نمای سه بعدی بازه مطالعاتی در سیلاب ۲۵ ساله- شرایط اولیه ---------- ۹۴
شکل ۴-۲۷- نمای سه بعدی بازه مطالعاتی در سیلاب ۲۵ ساله- پس از اجرای طرح ---------- ۹۴
شکل۴ -۲۸- موقعیت بازه‌های بحرانی در پروفیل طولی سطح آب- سیلاب ۲۵ ساله ---------- ۹۵
شکل ۴-۲۹- نمونه‌ای از سازه‌های در معرض خطر ---------- ۹۶
شکل ۴-۳۰- نمای سه بعدی سازه‌های در معرض خطر ---------- ۹۶
شکل ۴-۳۱- موقعیت بازه‌های بحرانی در پروفیل طولی سطح آب- سیلاب ۵۰ ساله ---------- ۹۷
شکل ۴-۳۲- نمایی از ناحیه بحرانی در سیلاب ۵۰ساله ---------- ۹۸
شکل ۴-۳۳- TIN سطح آب برای سیلاب ۲۵ ساله- شرایط اولیه ---------- ۱۰۰
شکل ۴-۳۴- TIN سطح آب برای سیلاب ۲۵ ساله- پس از اجرای طرح ---------- ۱۰۰
شکل ۴-۳۵- نمای پهنه سیلاب ۲۵ ساله- شرایط اولیه ---------- ۱۰۱
شکل ۴-۳۶- نمای پهنه سیلاب ۲۵ ساله- پس از اجرای طرح ---------- ۱۰۱
شکل ۴-۳۷- نمای پهنه سیلاب ۵۰ ساله- پس از اجرای طرح ---------- ۱۰۲
شکل ۴-۳۸- شبکه عمق برای سیلاب ۲۵ ساله- شرایط اولیه ---------- ۱۰۳
شکل ۴-۳۹- شبکه عمق برای سیلاب ۲۵ ساله- پس از اجرای طرح ---------- ۱۰۳
شکل ۴-۴۰- شبکه سرعت برای سیلاب ۲۵ ساله ---------- ۱۰۴
شکل ۴-۴۱- TIN سرعت برای سیلاب ۲۵ ساله ---------- ۱۰۴
شکل ۴-۴۲- نمایی از آب‌شکن احداثی در رودخانه قزل‌اوزن- قویجاق ---------- ۱۰۵

شکل ۴-۴۳- نمایی از آب‌شکن‌های با پوشش سنگی در رودخانه قزل‌اوزن ---------- ۱۰۷
شکل ۴-۴۴- پلان آب‌شکن‌ها در طرح ساماندهی ---------- ۱۱۱
شکل ۴-۴۵- نمایی از خاکریزهای احداث شده در بازه مطالعاتی ---------- ۱۱۲
شکل ۴-۴۶- مقطع خاکریزهای طولی ---------- ۱۱۳
شکل ۴-۴۷- نمای کلی از رودخانه قزل‌اوزن در محدوده قویجاق ---------- ۱۱۵
شکل ۴-۴۸- پوشش گیاهی مابین آب‌شکن‌های احداثی در طرح ---------- ۱۱۵
شکل ۴-۴۹- رویش پوشش گیاهی در دماغه آب‌شکن ---------- ۱۱۶
شکل ۴-۵۰- نمونه‌ای از آب‌شکن‌ها، با زاویه قرارگیری نامناسب ---------- ۱۱۷
شکل ۴-۵۱- اراضی کشاورزی ساحل چپ ---------- ۱۱۸
شکل ۴-۵۲- جاده ترانزیت زنجان- میانه ---------- ۱۱۹
شکل ۴-۵۳- اراضی کشاورزی احیا شده توسط اجرای طرح ---------- ۱۱۹
شکل ۴-۵۴- طرح تیپ آبگیر در بازه قویجاق ---------- ۱۲۰
شکل ۴-۵۵- انحراف آب رودخانه جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی ساحل چپ ---------- ۱۲۱

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- مشخصات ایستگاه آب‌سنجی پلدختر	۴۳
جدول ۳-۲- دبی حداکثر لحظه‌ای در ایستگاه پلدختر برای دوره بازگشت‌های مختلف	۴۳
جدول ۴-۱- مشخصات هندسی استخراج شده از TIN منطقه (لایه خطوط برش مقطع عرضی)	۷۴
جدول ۴-۲- مقادیر معنی‌دار بودن ضریب همبستگی در سطح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد	۸۱
جدول ۴-۳- مقادیر برخی پارامترهای هیدرولیکی در شرایط قبل و بعد از ساماندهی	۹۳
جدول ۴-۴- تأثیر وجود آب‌شکن‌ها در مقادیر تنش‌برشی در تعدادی از مقاطع	۹۹
جدول ۴-۵- میزان عمق آب‌شستگی برای آب‌شکن‌های ساحل راست	۱۰۸
جدول ۴-۶- میزان عمق آب‌شستگی برای آب‌شکن‌های ساحل چپ	۱۰۹
جدول ۴-۷- مقایسه ویژگی‌های فنی آب‌شکن‌های طراحی شده با استانداردهای موجود	۱۱۰
جدول ۴-۸- مقایسه ویژگی‌های فنی خاکریزهای طراحی شده با استانداردهای موجود	۱۱۴

فصلِ اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

نیاز انسان به آب باعث شده تا اکثر تمدن‌های کهن در کنار رودخانه‌ها شکل بگیرند. رود و بستر آن، یعنی «رودخانه» نقش مهمی در زندگی بشر دارد به طوری‌که حیات، کار، تلاش و تولید انسان به‌طور مستقیم وابسته به آب رودخانه‌ها بوده است. با وجودی‌که مقدار آب رودخانه‌ها، در مقایسه با حجم آب کره، بسیار ناچیز می‌باشد، بسیاری از تغییرات ایجاد شده در سطح خشکی‌های کره زمین ناشی از عملکرد آب‌های جاری می‌باشد[۸۲]. یکی از بلایای طبیعی عمده و مهم که پیوسته دامن‌گیر جامعه انسانی بوده، سیل و تبعات منفی آن است که ناشی از کم‌توجهی بشر به اقدامات مهار سیلاب و یا کاهش خسارات آن می‌باشد. در کشور ما، بیشترین خسارت بلایای طبیعی از سیل ناشی می‌شود. طغیان رودخانه‌ها هر چند سال یک‌بار در سطح بسیار وسیعی از حوزه‌های طبیعی و شهری روی داده و درصد قابل توجهی از اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی، جاده‌ها، تأسیسات عمومی و زیربنایی و دیگر منابع و ثروت‌های ملی را تهدید می‌نماید و این موضوع باعث می‌شود که رودخانه‌ها به موازات ایفای نقش حیاتی‌شان به عنوان یکی از منابع عمده تأمین آب، از جمله عوامل طبیعی مخرب و خسارت آفرین نیز برای بشر محسوب شوند [۲۳]. از طرفی در پی افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی، اجرای طرح‌های عمرانی، برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بستر رودخانه‌ها، شهرک‌سازی در حریم و بستر آن‌ها، احداث سازه‌های تقاطعی و ... رژیم متعادل و پایدار رودخانه‌ها برهم خورده و موجب بروز حوادث و خسارات فراوانی گشته است [۸۲].

تغییرات و جابجایی‌هایی که در راستای مسیر و ابعاد هندسی رودخانه رخ می‌دهد، نتیجه منطقی عکس‌العمل سیستم رودخانه در جهت برقراری موازنه جدید است. از این رو برخورد با رودخانه باید کاملا هوشیارانه و مبتنی بر قواعد خاص حاکم بر آن باشد [۴۷]. مهندسی رودخانه علمی است که این اعمال اندرکنشی را به‌طور سیستماتیک هماهنگ و هدایت خواهد نمود و به عبارتی دیگر مهندسی رودخانه شامل تمام مراحل برنامه ریزی، طراحی، اجرا و بهره برداری از عملیات مختلفی است که به منظور بهبود وضعیت رودخانه در جهت استفاده بهتر از آن اعمال می گردد [۸۲]. در حالت کلی عملیات مهندسی رودخانه به منظور برآورد اهداف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد [۶۷]:

۱- تنظیم آبراه برای دبی‌های بالا و پایین

۲- تنظیم دبی

۳- تنظیم سطح آب

۴- حفاظت سواحل

۱-۲- کلیات سامان‌دهی رودخانه:

۱-۲-۱- سامان‌دهی چیست؟

یکی از مباحث مطرح در زمینه مهندسی رودخانه، سامان‌دهی رودخانه می‌باشد. سامان‌دهی رودخانه به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که برای مهار و تثبیت یک رودخانه در یک مسیر مورد نظر و مناسب انجام می‌شود و هدایت جریان در مسیر مشخص و مطلوب را تأمین می‌نماید [۲۳]. با توجه به این‌که هر آبراهه از نظر شکل بستر، نوع مصالح آبراه و نوع پوشش گیاهی موجود، متفاوت از آبراه دیگر می‌باشد، عملیات سامان‌دهی رودخانه نیز از نظر مقیاس کار و اثراتی که بر روی رفتار رودخانه دارند، بسیار متفاوت بوده و ممکن است به منظور اصلاح جزئی رودخانه و یا انجام تغییرات عمده و کلی صورت گیرد. تاریخچه عملیات سامان‌دهی رودخانه به قرن شانزدهم برمی‌گردد که رود زرد[1] در چین توسط ساخت خاکریزهایی در سواحل آن محافظت شد تا جریان تنها به عمق آبراهه محدود شده و بار رسوبات را به سمت دریا منتقل کند. عملیات سامان‌دهی پیشرفته در اروپا از قرن نوزدهم آغاز شد و توسط نیازهای انقلاب صنعتی برای نگهداری عمق مورد نظر آبراهه و یک مسیر بهتر برای کشتیرانی توسعه یافت [۸۴].

۱-۲-۲- اهداف کلی سامان‌دهی رودخانه

۱- افزایش ایمنی در هنگام وقوع سیلاب با مشخص نمودن مسیر جریان سیلابی

1- Yellow River

۲- بهتر نمودن بازده انتقال رسوب

۳- کاهش فرسایش سواحل توسط پایدار نمودن مسیر جریان

۴- جهت‌دهی جریان در امتداد دلخواه رودخانه

۵- کاهش احتمال انسداد رودخانه در اثر یخ زدگی

۶- بهتر نمودن کشتیرانی توسط حفاظت عمق کانال (جزء اهداف اولیه سامان‌دهی رودخانه)

۷- آبیاری و تأمین آب شرب و صنعت [۸۴]

۱-۲-۳- انواع روش‌های سامان‌دهی رودخانه

عملیات سامان‌دهی رودخانه بر حسب نوع کارهایی که بایستی صورت گیرد، به سه دسته کلی زیر تقسیم می‌شود:

۱- اصلاح وکنترل بستر رودخانه

۲- کنترل و تنظیم دبی و سطح آب

۳- کنترل کیفیت آب رودخانه

انجام هر یک از موارد فوق و یا تلفیقی از آن‌ها برای نیل به اهداف خاصی می‌تواند صورت گیرد. همان‌طور که اشاره شد یکی از این اهداف، کنترل سیلاب و تثبیت رودخانه‌ها می‌باشد [۳۲].

۱-۲-۴- روش‌های کنترل سیلاب و حفاظت اراضی و تثبیت رودخانه‌ها

بسیاری از محققان و متخصصان، روش‌های کنترل سیل و حفاظت اراضی و تثبیت رودخانه‌ها (جلوگیری از فرسایش رودخانه‌ای) را به چهار گروه اصلی زیر تقسیم نموده‌اند:

۱- اصلاح مسیر و بهسازی رودخانه درمحدوده بحرانی