

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای طراحی، ساخت و بهره‌برداری سامانه‌های انحراف سیلاب

نشریه شماره ۵۲۷

وزارت نیرو
دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا
<http://seso.moe.org.ir>

معاونت نظارت راهبردی
امور نظام فنی
nezamfanni.ir


۱۳۹۱



بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

شماره:	۱۰۰/۷۰۸۴۶
تاریخ:	۱۳۹۱/۰۹/۰۷
بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	
موضوع: راهنمای طراحی، ساخت و بهره‌برداری سامانه‌های انحراف سیلاب	
<p>به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی - مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۲۷ امور نظام فنی، با عنوان «راهنمای طراحی، ساخت و بهره‌برداری سامانه‌های انحراف سیلاب» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.</p> <p>رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۱ اجباری است.</p> <p> بهروز مرادی</p>	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر

گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email: info@nezamfanni.ir

web: nezamfanni.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

در جهان امروز با توجه به پیشرفت فناوری، ارائه روش‌های مختلف در زمینه‌های تخصصی، تهیه ضوابط، معیارها و دستورالعمل‌های استاندارد بسیار اهمیت دارد. با عنایت به این امر، تهیه راهنمای طراحی سامانه‌های انحراف سیلاب که یکی از روش‌های سازه‌ای شناخته شده در مبحث مهار و کنترل سیلاب می‌باشد و به نوعی ابعاد مساله و چگونگی طراحی را مورد بحث قرار دهد، مورد نیاز بخش مطالعات مهندسی رودخانه کشور تشخیص داده شده است. نشریه حاضر که با هدف ارائه الگویی جهت طراحی سازه اصلی انحراف سیلاب و دیگر سازه‌های وابسته، با توجه به اصول فنی و در نظر داشتن مسایل زیست‌محیطی تهیه شده است، می‌تواند برای کارشناسان واحد مهندسی رودخانه در سازمان‌های آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی، آب‌خیزداری و به عنوان دستورالعمل فنی برای شرکت‌های مهندسی مشاور و پیمانکاران، مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به اهمیت مبحث فوق، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه نشریه «راهنمای طراحی، ساخت و بهره‌برداری سامانه‌های انحراف سیلاب» را با هماهنگی امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور در دستور کار قرارداد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی اجرایی کشور به این معاونت ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

بدین وسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت رییس امور نظام فنی جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان محترم امور نظام فنی و نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس محمد ابراهیم نیا و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزد منان توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران را آرزومند می‌باشد.

امید است متخصصان و کارشناسان با ابراز نظرات خود درخصوص این نشریه ما را در اصلاحات بعدی یاری فرمایند.

معاون نظارت راهبردی

پاییز ۱۳۹۱

تهیه و کنترل راهنمای طراحی، ساخت و بهره‌برداری سامانه‌های انحراف سیلاب (نشریه شماره ۵۲۷)

مجری: موسسه تحقیقات آب

مؤلف اصلی: شروین فقیهی راد

اعضای گروه تهیه‌کننده:

امیر اسفندیار نژاد	موسسه تحقیقات آب	لیسانس کارتوگرافی
حسین شریفی منش	موسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس تاسیسات آبیاری
شروین فقیهی راد	موسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس مهندسی آب
وحید کمالی	موسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس مهندسی آب
حسین یونس	موسسه تحقیقات آب	لیسانس زمین شناسی

اعضای گروه نظارت:

محمد ابراهیم بنی حبیب	دانشگاه تهران	دکترای عمران - آب
رضا سبزیوند	شرکت مهندسی مشاور سبز آب اروند	فوق لیسانس مهندسی سازه‌های آبی
منوچهر حمیدیان	شرکت مهندسی مشاور دزآب	دکترای سازه‌های هیدرولیکی
مسعود قدسیان	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای هیدرولیک
کیان‌دخت کباری	کارشناس آزاد	لیسانس مهندسی راه و ساختمان

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی مهندسی رودخانه و سواحل طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

محمود افسوس	شرکت مهندسی مشاور سازه‌پردازی ایران	فوق لیسانس مهندسی هیدرولیک
محمد ابراهیم بنی حبیب	دانشگاه تهران	دکترای عمران - آب
محمدحسن چیتی	شرکت مهندسی مشاور ساز آب‌پردازان	فوق لیسانس مهندسی سازه‌های آبی
فریدون خزاعی	انجمن شرکت‌های ساختمانی	فوق لیسانس مهندسی راه و ساختمان
نرگس دشتی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو	لیسانس مهندسی آبیاری
شکور سلطانی	شرکت مدیریت منابع آب	دکترای مهندسی آب
حسن سید سراجی	دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور	دکترای مکانیک سیالات
حسام فولادفر	موسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس مهندسی هیدرولیک
سید کمال الدین نوری	وزارت کشور	لیسانس مهندسی کشاورزی
جبار وطن‌فدا	وزارت نیرو	فوق لیسانس مهندسی سازه‌های هیدرولیکی

اعضای گروه هدایت و راهبردی پروژه:

خشایار اسفندیاری	رییس گروه امور نظام فنی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی
ساناز سرافراز	کارشناس منابع آب امور نظام فنی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	فصل اول- معرفی روش‌های کلی مهار سیلاب
۵	۱-۱- کلیات
۵	۲-۱- مدیریت بهره‌برداری از مخزن
۶	۱-۲-۱- روش‌های بهره‌برداری از مخازن
۹	۳-۱- مهار سیلاب با احداث گوره‌ها در اطراف رودخانه
۱۱	۴-۱- اصلاح و بهسازی مسیر رودخانه
۱۱	۱-۴-۱- افزایش توان آبگذری
۱۳	۵-۱- انحراف سیلاب
۱۳	۶-۱- محدود کردن و کاهش اوج سیلاب از طریق احداث سیل‌بندها و مخازن تاخیری
۱۳	۱-۶-۱- سیل‌بندها
۱۴	۲-۶-۱- مخازن تاخیری
۱۵	۷-۱- بهره‌مندی از روش‌های غیر سازه‌ای
۱۵	۱-۷-۱- تمهیدات برنامه‌ریزی
۱۷	۲-۷-۱- تمهیدات مقابله‌ای
۱۸	۸-۱- شبکه‌های زهکشی سطحی و غیر سطحی
۱۹	۱-۸-۱- شبکه‌های سطحی
۲۰	۲-۸-۱- شبکه زهکشی زیر سطحی
۲۱	فصل دوم- معرفی روش‌های مختلف انحراف سیلاب
۲۳	۱-۲- کلیات
۲۳	۲-۲- انواع روش‌های انحراف جریان رودخانه‌ها
۲۳	۱-۲-۲- کانال انحراف دائمی و پرآب
۲۳	۲-۲-۲- انحراف دائمی بخشی از جریان
۲۴	۳-۲-۲- انحراف موقت کل جریان
۲۴	۴-۲-۲- انحراف موقت بخشی از جریان
۲۴	۳-۲-۳- روش‌های انحراف سیلاب
۲۴	۱-۳-۲- انحراف به زمین‌های پست و زمین‌های کم ارزش
۲۵	۲-۳-۲- احداث اثرگذار کنارگذر

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۷	۳-۳-۲- انحراف و هدایت جریان سیلاب به مخازن تاخیری
۳۰	۳-۳-۴- انحراف بین حوضه‌ای (انحراف به رودخانه دیگر)
۳۳	فصل سوم - بررسی اهداف و کاربردهای سامانه‌های انحراف سیلاب
۳۵	۳-۱- کلیات
۳۵	۳-۲- انحراف سیلاب برای سایر اهداف
۳۵	۳-۲-۱- انحراف سیلاب برای تامین آب
۳۵	۳-۲-۲- انحراف سیلاب برای تغذیه مصنوعی و سایر اهداف
۳۸	۳-۳- ملاحظات لازم در انحراف سیلاب
۳۹	۳-۴- انحراف سیلاب به منظور کاهش خسارات مالی و جانی
۳۹	۳-۴-۱- دسته‌بندی و بررسی خسارت‌ها
۴۲	۳-۴-۲- برآورد شاخص‌های اقتصادی طرح‌های مهار سیلاب
۴۷	فصل چهارم - تعیین معیارهای انتخاب و مکان‌یابی سامانه‌های انحراف سیل
۴۹	۴-۱- کلیات
۴۹	۴-۲- بررسی معیارهای انتخاب سامانه انحراف سیل
۴۹	۴-۲-۱- امکان دسترسی به محل
۴۹	۴-۲-۲- عوامل توپوگرافی
۵۱	۴-۲-۳- شرایط زمین
۵۲	۴-۲-۴- زمین آلوده
۵۲	۴-۳- مکان‌یابی طرح
۵۳	۴-۴- مسایل قانونی طرح
۵۳	۴-۵- مسایل زیست‌محیطی طرح
۵۷	فصل پنجم - تعیین اطلاعات مورد نیاز طراحی سامانه‌های انحراف سیل
۵۹	۵-۱- کلیات
۵۹	۵-۲- اطلاعات و دسته‌بندی داده‌های مورد نیاز
۵۹	۵-۲-۱- حوضه آبریز
۶۰	۵-۲-۲- زمین شناسی و زمین ریخت‌شناسی
۶۰	۵-۲-۳- ریخت‌شناسی رودخانه
۶۱	۵-۲-۴- رسوب

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶۲	۵-۲-۵- داده‌های آب‌سنجی
۶۳	۵-۲-۶- نقشه‌های مورد نیاز
۶۴	۵-۲-۷- داده‌های زیست‌محیطی
۶۷	فصل ششم - تعیین معیارهای طراحی و روش‌های انحراف سیل
۶۹	۶-۱- بررسی روند عمومی و تعیین گام طراحی
۶۹	۶-۲- تعیین بده طرح
۷۰	۶-۲-۱- بده‌های سیلابی
۷۳	۶-۲-۲- سیلاب طراحی
۷۶	۶-۲-۳- بده جریان در حالت مقطع پر
۷۶	۶-۲-۴- بده طرح جهت سامانه‌های انحراف موقت
۷۶	۶-۲-۵- بده جریان‌های با شدت کم
۷۷	۶-۳- طراحی اثرگذار
۷۷	۶-۳-۱- شرایط مرزی
۷۸	۶-۳-۲- پلان طرح
۷۹	۶-۳-۳- شکل سطح مقطع و اندازه اثرگذار
۸۰	۶-۳-۴- ظرفیت اثرگذار
۸۳	۶-۳-۵- سرعت جریان
۸۴	۶-۳-۶- زبری کف
۸۶	۶-۳-۷- عوامل زیست‌محیطی
۹۴	۶-۳-۸- حفاظت کناره‌ها
۹۷	۶-۴- مشخصه‌های زیست‌محیطی انحراف سیلاب
۹۷	۶-۴-۱- شیلات
۹۸	۶-۴-۲- گیاهان و جانوران
۹۸	۶-۴-۳- رشد جلبک و مغذی شدن
۹۹	۶-۴-۴- تالاب‌ها
۹۹	۶-۴-۵- باستان‌شناسی و میراث فرهنگی
۹۹	۶-۴-۶- چشم‌انداز و تفریح‌گاه
۱۰۱	فصل هفتم - تعیین اصول فنی اجرای طرح‌های انحراف سیلاب

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۰۳	۱-۷- کلیات
۱۰۳	۲-۷- ملاحظات زیست محیطی
۱۰۵	۳-۷- انواع سامانه های انحراف
۱۰۵	۱-۳-۷- دایم
۱۰۵	۲-۳-۷- موقت
۱۰۶	۴-۷- انباشت سازی و دفع مواد کانال انحراف سیلاب
۱۰۶	۵-۷- پایداری جدار کانال انحراف سیلاب
۱۰۶	۶-۷- تدوین اصول ایمنی در اجرای طرح های انحراف سیلاب
۱۰۸	۱-۶-۷- مسایل مربوط به حفاری در سامانه های انحراف سیلاب در هنگام کار
۱۱۲	۷-۷- نمونه های طرح کانال های انحراف رودخانه
۱۱۲	۱-۷-۷- رودخانه اش
۱۱۵	۲-۷-۷- اثر گذار رودخانه تامس
۱۱۹	فصل هشتم - تعیین اصول نگهداری و نحوه بهره برداری از طرح های انحراف سیلاب
۱۲۱	۱-۸- کلیات
۱۲۱	۲-۸- تدوین راه کارهای عملی و اصول نگهداری از سامانه های انحراف سیلاب
۱۲۲	۱-۲-۸- جمع آوری اطلاعات
۱۲۲	۲-۲-۸- نظارت و بازدید
۱۲۳	۳-۲-۸- تحلیل شرایط بحرانی
۱۲۳	۴-۲-۸- ایجاد تعامل و بالابردن سطح آگاهی های عمومی
۱۲۵	۳-۸- تدوین نحوه بررسی و تعمیرات ادواری
۱۲۷	منابع و مراجع

فهرست شکل‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۷	شکل ۱-۱- نحوه بهره‌برداری از مخزن سد
۱۰	شکل ۲-۱- محدود سازی سیلاب با استفاده از گوره
۱۱	شکل ۳-۱- ایجاد میانبر جهت اصلاح مسیر رودخانه
۱۴	شکل ۴-۱- انواع مختلف دیوارهای سیل‌بند
۲۵	شکل ۱-۲- انحراف جریان رودخانه به زمین‌های پست اطراف آن
۲۶	شکل ۲-۲- احداث اثرگذار کنارگذر جهت مهار سیلاب
۲۷	شکل ۳-۲- تغییرات آبنگار سیل در اثر کاهش میزان نفوذپذیری
۲۸	شکل ۴-۲- احداث استخرهای تاخیری در دو طرف رودخانه
۲۸	شکل ۵-۲- الگوی کلی از استخرهای تاخیری به همراه سازه آبنگیر
۲۹	شکل ۶-۲- نقشه پلان و تصویر استخر تاخیری در مجاورت رودخانه تسورومی در کشور ژاپن
۳۰	شکل ۷-۲- انحراف سیل به رودخانه مجاور و یا یک دریاچه در مجاورت رودخانه
۳۱	شکل ۸-۲- کانال انحراف سیل ناگایاما در کشور ژاپن
۳۷	شکل ۱-۳- نمونه‌ای از بند انحرافی و خاکریز جهت پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی
۳۷	شکل ۲-۳- نمونه‌ای دیگر از استخرهای تاخیری جهت تغذیه آب‌های زیرزمینی
۳۷	شکل ۳-۳- طرح اجرایی تغذیه مصنوعی تنگ خون (استان بوشهر)
۳۸	شکل ۴-۳- انحراف سیلاب با استفاده از سرریز جانبی
۵۰	شکل ۴-۱- گزینه‌های قابل قبول انحراف رودخانه‌ها
۷۵	شکل ۶-۱- احتمال وقوع خطرپذیری حداقل یک‌بار
۸۴	شکل ۶-۲- جریان آب و اجزای گوداب‌ها و خیزاب‌ها: (a) پلان و (b) نیمرخ طولی
۸۷	شکل ۶-۳- جانمایی گوداب‌ها و خیزاب‌ها در یک کانال مستقیم
۸۸	شکل ۶-۴- اشکال پلان آب‌شکن‌ها
۸۹	شکل ۶-۵- احداث آبشکن به منظور بهبود شرایط زیست‌محیطی از تجارب در کشور ژاپن
۹۰	شکل ۶-۶- سرریز سنگی کم ارتفاع بر روی رودخانه تاو
۹۲	شکل ۶-۷- تغییرات پوشش گیاهی در مقطع عرضی کانال رودخانه
۹۳	شکل ۶-۸- الف- افزایش ، ب- حفظ و نگهداری و پ- ایجاد زیستگاه‌های کناره رودخانه
۹۴	شکل ۶-۹- زیستگاه‌های کناره رودخانه که در نتیجه ایجاد کانال انحرافی به وجود می‌آیند
۹۵	شکل ۶-۱۰- حفاظت با پوشش گیاهی
۹۵	شکل ۶-۱۱- حفاظت با پوشش سنگی در پایین‌دست سد تاریک بر رودخانه سفیدرود
۹۶	شکل ۶-۱۲- حفاظت با پوشش سنگی در رودخانه قزل‌اوزن

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۹۶	شکل ۶-۱۳- حفاظت با احداث دیوار توری سنگی
۱۰۹	شکل ۷-۱- نمونه‌ای از اقدامات جهت مقابله با مسایل مربوط به تراز سطح آب زیرزمینی
۱۱۱	شکل ۷-۲- بندهای موقت تک دیواره و دو دیواره
۱۱۲	شکل ۷-۳- نمونه‌ای از کانال‌های صندوقی
۱۱۳	شکل ۷-۴- عملیات پوشش کف کانال انحراف دائمی در رودخانه اش
۱۱۳	شکل ۷-۵- سازه ورودی جریان به کانال انحراف دائمی
۱۱۴	شکل ۷-۶- نوع پوشش در ورودی کانال انحراف رودخانه اش
۱۱۴	شکل ۷-۷- نوع پوشش در خروجی کانال انحراف و محل برگشت جریان به رودخانه اصلی
۱۱۴	شکل ۷-۸- پوشش گیاهی ایجاد شده در جداره کانال پس از مدت یک‌سال از طرح

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۴۱	جدول ۳-۱- اظهاریه مربوط به برآورد خسارت‌های سیل
۴۳	جدول ۳-۲- برآورد اقتصادی طرح‌های انحراف سیلاب
۵۴	جدول ۴-۱- فهرست بررسی‌های مورد نیاز مربوط به مسایل زیست‌محیطی طرح‌های انحراف سیلاب
۶۵	جدول ۵-۱- اطلاعات پایه
۶۵	جدول ۵-۲- راهنمای جمع‌آوری اطلاعات
۶۹	جدول ۶-۱- چک لیست عمده ملاحظات طراحی انحراف جریان در رودخانه‌ها
۸۰	جدول ۶-۲- مقادیر پیشنهادی جهت عرض اثرگذار نسبت به بده جریان
۸۵	جدول ۶-۳- مقادیر پیشنهادی جهت برآورد ضریب زبری توسط Fisher (۲۰۰۰) در کانال‌های طبیعی
۸۶	جدول ۶-۴- مقادیر پیشنهادی جهت برآورد ضریب زبری توسط استاندارد کارهای مهندسی رودخانه کشور ژاپن
۹۸	جدول ۶-۵- تاثیر اجرای کانال انحرافی بر گیاهان و جانوران
۱۰۷	جدول ۷-۱- وظایف گروه‌های درگیر با طرح
۱۰۹	جدول ۷-۲- انواع خاک و مسایل مربوط به هر یک در مسایل مربوط به حفر کانال
۱۱۱	جدول ۷-۳- خطرها و ریسک موجود در ساخت بندهای موقت
۱۱۲	جدول ۷-۳- خطرها و ریسک موجود در ساخت بندهای موقت
۱۱۵	جدول ۷-۴- توزیع جریان مابین رودخانه و اثرگذار
۱۲۶	جدول ۸-۱- پیشنهاد تعمیرات ادواری جهت سامانه‌های انحراف سیلاب و متعلقات آن

مقدمه**- هدف**

این راهنما با هدف ارائه الگویی جهت طراحی سازه اصلی انحراف سیلاب و دیگر سازه‌های وابسته به آن و با توجه به اصول فنی و مهندسی و در نظر داشتن ملاحظات زیست محیطی تهیه شده است. در تدوین این راهنما از الگوها و تجربیات کشورهای صاحب سبک در ساخت سازه‌های مهندسی رودخانه نیز استفاده شده است. بهره‌مندی از الگوهای مشترک فنی در طراحی سازه‌های رودخانه‌ای بستر مناسبی را جهت انتقال دانش فنی و بومی سازی طرح‌ها فراهم خواهد آورد.

- دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این راهنما با توجه به تنوع روش‌های سازه‌ای مهار سیلاب تنها در بخش ساخت کانال‌های انحراف سیلاب توصیه می‌گردد. بهره‌مندی از تجربیات دیگر کشورها و پرهیز از بخشی‌نگری و اعمال سلیقه‌های طراحی نامتجانس با شرایط محیطی و معماری منطقه طرح و مد نظر داشتن مسایل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی از مواردی است که نیازمند توجه ویژه طراحان می‌باشد. توسعه پایدار در این بخش، زمانی شکل خواهد گرفت که تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم سازه انحراف سیلاب در وضعیت منطقه به لحاظ اقتصادی و به وجود آوردن چشم انداز طبیعی سازگار با محیط زیست در کوتاه مدت و بلند مدت به طور ملموس مشاهده گردد. طراحی، ساخت و نگهداری این‌گونه سازه‌ها مستلزم همکاری نزدیک کاربران، طراحان و مردم محلی منطقه در بازه‌های مختلف زمانی می‌باشد. توصیه می‌گردد این‌گونه هماهنگی‌ها در مراحل شناخت، تعریف مساله و انتخاب گزینه برتر و همچنین در مراحل ساخت و نگهداری به دقت انجام پذیرد. تجربیات نشان داده است استفاده از مصالح محلی در طراحی و بهره‌گیری از نیروهای بومی در مرحله نگهداری و رفع عیوب احتمالی در طول زمان، موفقیت طرح را به طرز محسوسی افزایش خواهد داد.

فصل ۱

معرفی روش‌های کلی مهار سیلاب

۱-۱- کلیات

سیل یا سیلاب عبارت است از جریان زیاد و عظیمی از آب در سطح زمین، در داخل رودخانه یا در منطقه اثرگذار، در دریاچه یا منطقه ساحل که منجر به اثرگذاری قابل توجه شود [۷]. مهار سیلاب به تمامی تمهیدات و روش‌هایی گفته می‌شود که باعث کاهش آثار زیان‌بار سیلاب می‌شود و یا به عبارتی با اجرا و بهره‌برداری از سازه‌های انحراف سیلاب، اثرهای تخریبی سیل را از بین برده و یا کاهش می‌دهد.

مهار سیلاب یکی از ضروریات مهم پروژه‌های بزرگ توسعه منابع آب است و اساسی‌ترین هدف آن کاهش یا حذف خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از وقوع احتمالی سیل تا حد ممکن می‌باشد. اقدامات جامع مدیریت مهار سیلاب و جلوگیری از زیان‌های سیل شامل دو دسته اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای (مدیریتی) است.

اقدامات سازه‌ای شامل مهار سیلاب با استفاده از مخازن ذخیره‌ای و تاخیری، محدود سازی سیلاب با احداث گوره^۱ (دیواره‌های خاکریز) و سیل‌بند، انحراف سیلاب و همچنین بهسازی آبراه رودخانه می‌باشند که عموماً برای کاهش بده اوج سیل یا جلوگیری از سیل‌بردگی^۲ انجام می‌گیرد.

روش‌های غیر سازه‌ای یا مدیریتی که در اصل فاقد فعالیت‌های ساختمانی بزرگ می‌باشد، حساسیت به سیلاب و اثر آن‌را کاهش می‌دهند. این روش‌ها اثرهای زیست‌محیطی کم‌تری دارند.

در این فصل برخی روش‌های سازه‌ای مهار سیلاب شامل احداث گوره در اطراف رودخانه، اصلاح و بهسازی مسیر رودخانه احداث سیل‌بند و مخازن تاخیری معرفی و بررسی خواهد شد.

۱-۲- مدیریت بهره‌برداری از مخزن

برای کاهش خسارات سیل در پایین‌دست، مدیریت بهره‌برداری و نحوه برخورد با سیلاب اهمیت زیادی دارد. هدف اصلی از ساخت مخازن سدها، ذخیره آب و مهار سیلاب می‌باشد. ذخیره کردن جریان آب به منظور تامین آب برای آبیاری، تولید برق، شرب، صنعت، مقاصد تفریحی و قایقرانی از دیگر اهداف ساخت سد می‌باشد. مهار یا تسکین سیل^۳ که از اصلی‌ترین هدف‌های ساخت و بهره‌برداری از مخازن می‌باشد عبارت است از کاهش بده اوج سیل^۴ طرح. در مخازن مهار سیلاب عموماً برای تخلیه سریع مخزن در شرایط وقوع سیل و یا پیش و بعد از آن، ظرفیت سامانه تخلیه بیش‌تر از سدهای ذخیره‌ای می‌باشد. عوامل عمومی طراحی عبارتند از:

الف - حجم مفید مخزن

داده‌های زیر برای تعیین حجم مفید مخزن لازم است:

- داده‌های مربوط به جریان برای دوره زمانی طولانی مدت در محل مورد نظر

1 - Levee
2 - Flooding
3 - Mitigation
4 - Peak Discharge

- آهنگ تبخیر سطحی مخزن، نشت آب و همچنین جریان ورودی به مخزن در زمان خالی شدن آن
 - آب مورد نیاز برای آبیاری، آبرسانی و تولید برق
 - منحنی ظرفیت ذخیره مخزن^۱ در محل
- برای هر نوع استفاده از مخزن، هدف اصلی ذخیره و سپس تخلیه مناسب آب است. برای محاسبه ظرفیت و سطحی که به زیر آب می‌رود، نقشه توپوگرافی بستر مخزن لازم است. حجم مفید مخزن به کمک داده‌های موجود از رواناب به دست می‌آید.

ب - حجم سیلاب در تراز حداکثر

- اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه حجم سیلاب در تراز حداکثر آب عبارت است از:
- آبنمود ورودی یا سیلاب طراحی
 - روندیابی سیلاب طراحی در مخزن و سرریز
- هدف از مخزن و ذخیره سیلاب، تنظیم جریان رودخانه برای دستیابی به اهداف مهار سیلاب است. حجم ذخیره مورد نیاز در مدت سیلاب، برابر است با تفاضل حجم جریان ورودی به مخزن و حجم جریان خروجی در همان دوره. هدف اولیه ساخت مخزن، ممکن است کاهش خسارات سیلاب در محدوده پایین دست سد باشد. مقدار حداکثر جریان خروجی مخزن معمولاً برابر با تفاضل حداکثر ظرفیت آبگذری و جریان‌های ورودی از شاخه‌های فرعی می‌باشد.

ج - حجم مرده مخزن

- برای محاسبه حجم مرده مخزن، دانستن مقدار بار رسوب ورودی به مخزن ضروری است. بدین منظور اطلاعات مورد نیاز عبارت است از:
- نتایج اندازه‌گیری بار رسوبی رودخانه
 - بررسی و مطالعه رسوب در مخازن دیگر با خصوصیات مشابه

۱-۲-۱- روش‌های بهره‌برداری از مخازن

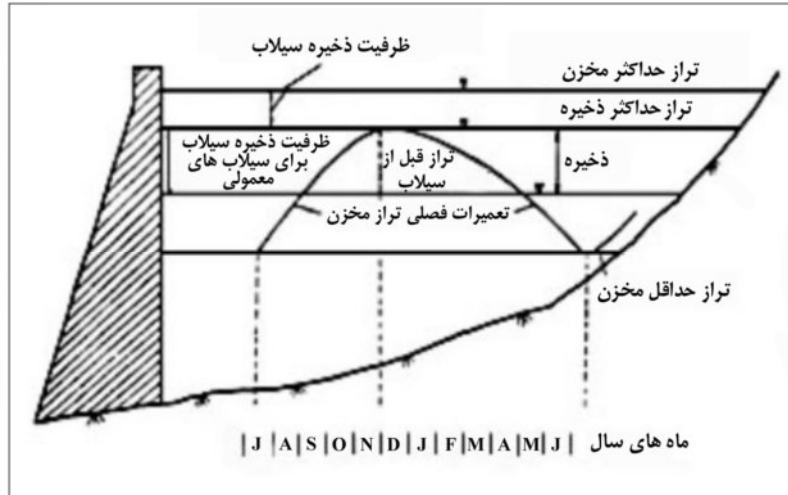
در بهره‌برداری از مخازن روش‌های مختلفی وجود دارد که در زیر به آنها اشاره می‌گردد [۸]:

۱-۲-۱-۱- بهره‌برداری با توجه به نسبت ظرفیت ذخیره سالانه به حجم رواناب سالانه

مخازن را از نقطه نظر ظرفیت ذخیره سالانه به حجم رواناب سالانه به دو گروه شامل مخازن فصلی^۲ یا موقت و مخازن دائمی^۳ تقسیم می‌کنند. مخازن فصلی طوری طراحی می‌شود که در شرایط عادی، کاملاً پر شود و در زمان سیلاب جریان اضافی را از خود

1 - Storage Capacity Curve
2 - Within the year Reservoirs
3 - Carryoverover the year Reservoirs

عبور دهد و همچنین در زمان کم‌آبی تقریباً به صورت کامل تخلیه شود. در این حالت، مدت زمان مورد نیاز برای بارگیری و تخلیه مخزن را به طور دقیق می‌توان تعریف نمود. در شکل (۱-۱) بهره‌برداری از یک مخزن به طور نمونه نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- نحوه بهره‌برداری از مخزن سد [۱۶]

۱-۲-۱- بهره‌برداری از طریق تنظیم مخزن

مخازن را از نقطه نظر روش تنظیم می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی نمود:

- مخازن تک منظوره: این مخازن با هدف مشخصی مانند مهار سیلاب، آبیاری، تولید برق و کشتیرانی یا تامین آب و غیره ساخته می‌شود.
- مخازن چند منظوره: این مخازن برای اهداف مختلفی ساخته می‌شود و عموماً فضای کافی برای مهار سیلاب را نیز دارا می‌باشد.
- شبکه مخازن: این مخازن به صورت سری و پشت سر هم بر روی رودخانه اصلی و یا شاخه‌های فرعی آن احداث می‌شود و ممکن است شامل مخازن یک منظوره یا چند منظوره‌ای با هدف استفاده بهینه از منابع آب حوضه باشد.
- با اعمال مدیریت صحیح در بهره‌برداری از مخازن سدها می‌توان ضمن بهره‌برداری از تاسیسات هیدرولیکی و کاهش میزان رسوب‌گذاری، از توان مخزن برای مهار سیلاب‌های مخرب استفاده کرد. بهره‌برداری به کمک تنظیم جریان مخزن با توجه به تعاریف کلی در خصوص مخازن سدها شامل موارد زیر می‌باشد [۱۶]:

الف - مخازن تک منظوره برای مهار سیلاب

- بهره‌برداری از مخازن مهار سیلاب به طور عمده به عواملی مانند ظرفیت ذخیره کردن سیلاب، نوع تخلیه‌کننده، نوع و محل منطقه، اراضی تحت خطر که باید حفاظت شوند، خصوصیات سیل، دقت و توانایی پیش‌بینی سیلاب و ابعاد حوضه وابسته می‌باشد.
- طراحی روش‌های بهره‌برداری از مخزن عموماً بر مبنای یکی از معیارهای زیر است:
- استفاده بهینه از ظرفیت ذخیره موجود برای مهار سیلاب در زمان وقوع آن
- تنظیم سیلاب طراحی مخزن

ب - مخازن ذخیره

بهره‌برداری از این مخازن که با هدف تغذیه و افزایش جریان رودخانه در دوره کم‌آبی احداث می‌شود باید طوری باشد که در فصل بارندگی که بیش‌ترین رواناب روی می‌دهد، به سرعت پر شود. در این دوره، تمامی جریان مازاد بر احتیاج باید ذخیره شود و تا زمانی که سطح مخزن به حالت پر نرسیده، آب از طریق سرریز تخلیه نشود.

ج - مخازن چند منظوره

در بهره‌برداری از مخازن چند منظوره علاوه بر ظرفیت مهار سیلاب، مقدار ذخیره نیز برای اهداف دیگر در نظر گرفته می‌شود. از ظرفیت موجود برای مهار سیلاب، تا حد امکان برای تولید برق نیز استفاده می‌شود. برای عملکرد مناسب در مخازن مهار سیلاب، تراز سطح مخزن باید پایین باشد حال آن‌که در مخازن ذخیره معمولاً تراز سطح مخزن بیش‌ترین مقدار خود را دارد.

د - شبکه مخازن

به منظور آماده کردن طرح بهره‌برداری برای شبکه‌ای از مخازن یا مخازن پشت سرهم، ابتدا اصول مربوط به هر واحد، برای هر یک از اجزا بررسی می‌شود، سپس بر اساس بررسی گزینه‌های مختلف، بهترین آنها انتخاب می‌شود. برای مهار سیلاب عوامل اصلی نظیر شرایط سیلابی در هر حوضه، فضای اشغال شده به وسیله سیلاب در هر مخزن و همچنین توزیع جریان خروجی بین مخازن و ارتفاع مقطع پر در نقاط بحرانی باید به طور همزمان در نظر گرفته شود.

۱-۲-۳- برنامه بهره‌برداری از دریچه‌های سرریز

در شروع سیل که هنوز بده جریان کم‌تر از بده مطمئن پایین‌دست است، بده خروجی از سرریز دریچه‌دار مساوی بده ورودی در نظر گرفته می‌شود. سیاست بهره‌برداری مناسب از دریچه‌ها بستگی به داشتن آبنگار واقعی سیل دارد. حداکثر بده تخلیه دریچه‌ها نیز نباید به اندازه‌ای باشد که خود برای محدوده پایین‌دست سرریز، سیلاب محسوب شود. حداکثر بده و ظرفیت رودخانه‌های پایین‌دست مخازن (بده ایمنی) با داشتن نیم‌رخ طولی و عرضی رودخانه و با توجه به نقاط آسیب‌پذیر پایین‌دست، قابل محاسبه می‌باشد.

هر گاه بده ورودی به مخزن بیش از بده ایمن پایین‌دست گردد، با استفاده از مانور دریچه‌ها، بده خروجی برابر با بده مطمئن پایین‌دست تثبیت می‌شود و در نتیجه ارتفاع سطح آب در مخزن بالا خواهد رفت. این شیوه تا زمانی که سطح آب به سطح بحرانی تعیین شده نرسیده باشد، ادامه می‌یابد. سپس با برنامه حساب شده‌ای بده جریان خروجی توسط مانور دریچه‌ها افزایش داده می‌شود.

بهره‌برداری از سرریزهای دریچه‌دار، بدین صورت عمل می‌شود که تراز مخزن را تا قبل از باز کردن دریچه‌ها، برابر تراز^۱ FRL نگاه می‌دارند. پس از باز کردن دریچه‌های سرریز، مادامی که جریان ورودی سیلاب، بیش از ظرفیت سرریز با تراز برابر FRL باشد، کنترلی بر جریان خروجی اعمال نمی‌شود. در این روش بهره‌برداری، زمانی که مخزن در تراز FRL و یا نزدیک به آن است جریان رها شده از سرریز ممکن است بیش از جریان ورودی به مخزن باشد، زیرا اثر تخریبی در مخزن را به همراه ندارد.

برای بررسی خسارت ناشی از نحوه بهره‌برداری مخزن پر یا نزدیک به پر، بهره‌برداری باید به نحوی باشد که:

1- FRL: Full Reservoir Level

- بده اوج جریان خروجی سیلابی که همراه با خسارت است، نباید بیش‌تر از بده طرح جریان سیلاب متناظری باشد که قبل از احداث سد در محل اتفاق افتاده است.
- افزایش نرخ جریان خروجی خطرات جدی را برای محدوده پایین‌دست به همراه نداشته باشد. جهت نیل به اهداف فوق تحقق یک یا هر دو مرحله زیر لازم به نظر می‌رسد:
- وقتی که احتمال افزایش تراز مخزن به بیش از تراز FRL وجود داشته باشد، قبل از رسیدن سطح مخزن به این تراز، دریچه‌های سرریز باز شده و افزایش جریان خروجی به صورت تدریجی و با توجه به محدودیت‌های موجود صورت می‌پذیرد. در این روش بهره‌برداری با پذیرفتن این خطر که ممکن است در آینده تراز FRL تامین نشود، می‌توان به اهداف مورد نظر رسید.
- در روشی دیگر از فضای در نظر گرفته شده برای ظرفیت اضافی در بالاتر از تراز FRL جهت مهار و تنظیم نرخ جریان خروجی در شرایطی که تراز مخزن به تراز FRL رسیده، استفاده می‌شود. برای این کار در ابتدا دریچه به مقدار کمی باز شده بنابراین جریان ورودی بیش از ظرفیت سرریز در فضای مربوط به ظرفیت مازاد ذخیره می‌شود که البته در شرایط هشدار می‌تواند تخلیه گردد. با کاهش سطح مخزن به تراز FRL، برنامه معمول پیش‌بینی شده در بهره‌برداری برای رهاکردن آب ذخیره شده، اجرا خواهد شد. در طرح‌هایی که افزایش تراز آب به بیش‌تر از تراز FRL مجاز نیست فقط روش اول مناسب است. در سرریزهای بدون دریچه، امکان بهره‌برداری از مخزن به طریقی که اشاره شد وجود ندارد مگر آن‌که اصلاحاتی در نحوه بهره‌برداری از تخلیه‌کننده‌ها صورت گیرد [۱۶].

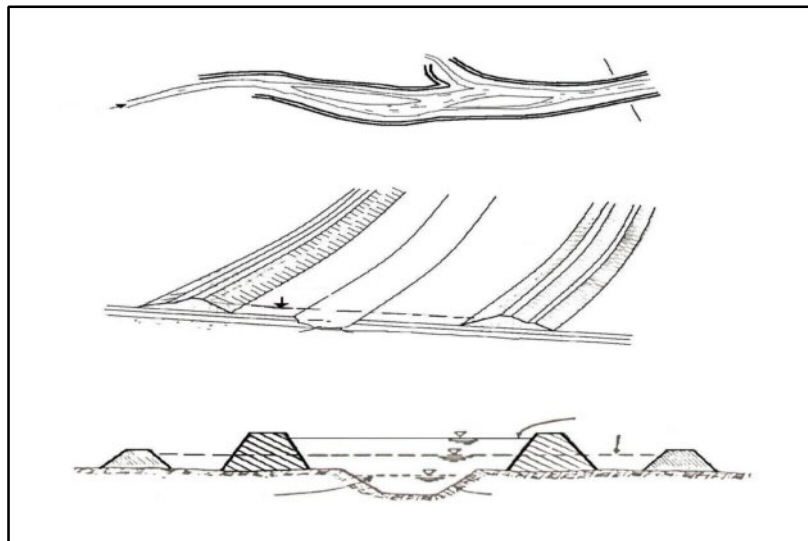
۱-۳- مهار سیلاب با احداث گوره‌ها در اطراف رودخانه

- محدود کردن جریان سیلاب در یک عرض معین از رودخانه با استفاده از ساخت سازه‌هایی نظیر خاکریز طولی یا گوره^۱ انجام می‌گیرد. این سازه‌ها از پخش شدگی و گسترش سیلاب در زمین‌های اطراف رودخانه جلوگیری کرده و آن را در یک مسیر و مجرای مشخص و محدود هدایت می‌کند.
- ساخت گوره‌ها قدیمی‌ترین، رایج‌ترین و نیز یکی از مهم‌ترین روش‌های مهار سیلاب از دیر باز تاکنون بوده است. گوره‌ها در اغلب اوقات به وسیله مردمی که در سیلابدشت‌ها زندگی می‌کردند به عنوان یک اقدام حفاظتی اولیه مورد استفاده قرار می‌گرفت. با توجه به تعریف، گوره بند خاکی کوتاهی است که در فواصل مختلف از کناره دو طرف رودخانه و در امتداد آن ساخته می‌شود تا در دوره‌های سیلابی، زمین‌های اطراف رودخانه را از آب گرفتگی محافظت نماید. مقاطع عرضی گوره‌ها از نقطه نظر طراحی عموماً شبیه به مقاطع عرضی سدهای خاکی بوده، اما مبانی طراحی آنها کمی متفاوت می‌باشد [۲۷].
- ملاحظات آنکه باید در طراحی گوره در نظر گرفته شوند، عبارتند از:
- ارتفاع مورد نیاز در گوره‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است، به دلیل این‌که در اثر سرریز کردن^۲ سیلاب، سازه خاکی در معرض تخریب قرار می‌گیرد.

1- Levee

2 - Over to Ping

- احداث گوره سبب افزایش سطح آب در بالا دست و نیز افزایش سرعت و آبستگي در محدوده طرح و پايين دست مي‌شود.
 - به علت فرسایش شديد ناشی از سرعت زیاد جریان خصوصا در محل پیچ‌ها، شیروانی گوره‌ها نیاز به اقدامات حفاظتی دارد.
 - در طراحی گوره‌ها، پایداری شیب‌ها و تخریب ناشی از زه یا رگاب^۱ در بدنه و شالوده باید در نظر گرفته شود. پایداری گوره‌ها به مقدار زیاد بستگی به شیب شیروانی گوره دارد.
 - مصالح و منابع قرضه به کار رفته در گوره بر طراحی و پایداری آن اثر دارد.
 - مسیر گوره عموماً از موقعیت و وضعیت زمین‌ها و تاسیسات موجود در حاشیه رودخانه تبعیت می‌کند.
 - دیواره گوره مانع از زهکشی اراضی پشت خود می‌شود و از این‌رو باید اقدامات خاص برای تخلیه و هدایت آب اضافی به کار گرفته شود.
 - در حین انجام مطالعات و طراحی گوره، تحلیل و بررسی اقتصادی در خصوص اراضی تصرف شده در حد فاصل گوره‌های دو سمت رودخانه که از بهره‌برداری خارج می‌گردند باید انجام گیرد.
- شکل (۱-۲) چگونگی مهار سیلاب با استفاده از گوره را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲- محدود سازی سیلاب با استفاده از گوره

علاوه بر موارد فوق، مشخصه‌های اصلی گوره مانند جانمایی گوره، شیب شیروانی، شیب طولی و تاج گوره در طراحی و ساخت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. توضیحات کامل در خصوص گوره‌ها در راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری گوره‌ها نشریه شماره ۲۱۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و همچنین در راهنمای مهار سیلاب رودخانه نشریه شماره ۲۴۲ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارائه گردیده است [۷].

۴-۱- اصلاح و بهسازی مسیر رودخانه

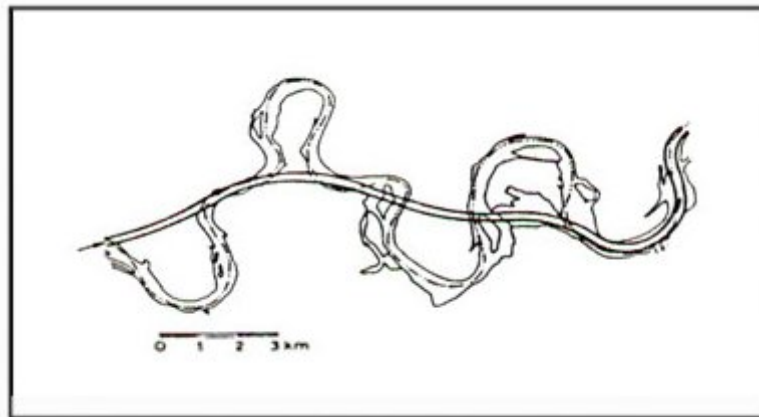
بهسازی آبراه یا رودخانه شامل همه فعالیت‌هایی است که منجر به اصلاح مسیر، تعریض و تعمیق مقطع عرضی، تنظیم عمق جریان و شیب طولی، تغییر زبری بستر، حذف موانع زاید در مسیر جریان و تثبیت کناره و بستر رودخانه می‌شود. عملیات بهسازی آبراه علاوه بر افزایش ظرفیت هیدرولیکی رودخانه و کاهش تراز سیلاب، اهداف دیگری مانند مهار فرسایش رودخانه، بهبود شرایط کشتی‌رانی، حفاظت سازه‌ها و تاسیسات رودخانه‌ای را نیز تامین می‌کند. در محدوده شهرها که بیش‌تر اوقات امکان استفاده از روش‌های دیگر مهار سیلاب میسر نیست، روش بهسازی آبراه می‌تواند موثر باشد. بهسازی آبراه یا رودخانه شامل روش‌های مختلفی است که به‌طور اعم شامل موارد زیر هستند:

۱-۴-۱- افزایش توان آبگذری^۱

بر پایه افزایش توان آبگذری رودخانه، روش‌های بهسازی به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱-۴-۱-۱- ایجاد میانبر (کاهش طول و افزایش شیب)

میانبرها معمولاً مسیری با طول کوتاه‌تر می‌باشند که در گلوگاه پیچ‌ها احداث می‌گردند. مسیر کانال میانبر از نقطه شروع انحنا پیچ آغاز و به صورت منحنی ملایمی به قسمت انتهایی انحنا پیچ متصل می‌گردد. ایجاد میانبرها در پیچ‌های منفرد و یا پیچ و خم‌های متوالی قابل انجام می‌باشد. شکل (۱-۳) حذف پیچ و خم‌های رودخانه با احداث میانبر را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳- ایجاد میانبر جهت اصلاح مسیر رودخانه

۱-۴-۱-۲- بستن شاخه‌های غیر مفید

گاهی رودخانه دارای چند شاخه متفاوت است که در مواردی این شاخه‌ها بستری به عرض چند کیلومتر را در برمی‌گیرند. این شاخه‌ها با گذشت زمان و خصوصیات ریخت‌شناسی خاص رودخانه، مسیر ثابت و معینی نداشته و به‌طور دائم در حال تغییر مسیر و جابجایی می‌باشند. برای شناسایی و انتخاب شاخه‌های غیر مفید که باید بسته شوند، از راه‌های مختلف اقدام می‌گردد. در ابتدا به

کمک عکس‌های هوایی و نیز مقایسه نقشه‌های توپوگرافی قدیم با نقشه‌های برداشت شده جدید، شاخه‌های غیر مفید انتخاب می‌گردند. سپس به کمک بازدیدهای صحرائی مورد ارزیابی مجدد قرار گرفته و به صورت نهایی انتخاب می‌شوند. روش اجرای کار برای بستن شاخه‌های غیر مفید بدین صورت است که شاخه‌های مورد نظر از دو طرف یعنی در ابتدای انشعاب از مسیر اصلی و نیز در قسمت انتهایی که مجدداً به رودخانه اصلی می‌پیوندد، با خاکریزی بسته می‌شود. محلی که برای بستن تعیین می‌گردد، به دلیل این‌که از پایداری کافی برخوردار باشد، در دهانه انشعاب انتخاب نشده بلکه پس از طی مسافتی در داخل شاخه فرعی، خاکریزی مورد نظر انجام خواهد گرفت تا هم از جریان اصلی رودخانه فاصله کافی داشته و هم این‌که به علت راکد ماندن آب و کم شدن سرعت آب در فاصله بین مسیر اصلی تا محل بستن شاخه‌های غیر مفید، به مرور این فاصله از رسوبات پر شده و پایداری لازم ایجاد گردد. همچنین سعی می‌گردد که محل بستن شاخه‌های غیر مفید تا حد امکان با توجه به محل عبور گوره‌های احداثی در مجاورت رودخانه اصلی تعیین گردد [۷].

۱-۴-۱- پاک‌سازی موانع و گیاهان

این روش نیز یکی از اقدامات بهسازی رودخانه یا اثرگذار (مسیل) می‌باشد که با برداشتن پشته‌ها و موانع رسوبی و پوشش گیاهی در مسیر جریان، باعث افزایش ظرفیت آبگذری می‌شود. پاک‌سازی موانع و گیاهان به ویژه اگر قبل از وقوع سیل انجام گیرد می‌تواند در مهار سیلاب و کاهش خسارت ناشی از آن بسیار موثر واقع شود. فرق این روش با لایروبی رودخانه در آن است که در لایروبی رودخانه، عمدتاً تعریض و تعمیق مقطع عرضی مورد نظر است، در حالی‌که در این روش پاک‌سازی موانع و جزایر رسوبی و برداشتن آشغال‌ها و حذف یا کاهش گیاهان و بیشه‌زارها، منجر به کاهش زبری مسیر و در نتیجه افزایش ضریب آبگذری رودخانه می‌گردد. انجام این روش با توجه به این موضوع که ممکن است حذف پوشش گیاهی به فرسایش بستر و کناره رودخانه منجر شود، باید با مطالعه صورت پذیرد.

۱-۴-۱- افزایش مقطع آبگذر

عملیات گود و پهن کردن (تعمیق و تعریض) آبراه رودخانه و نیز پایین آوردن یا پهن کردن سیلابدشت سبب افزایش سطح مقطع رودخانه می‌گردد. مقطع عرضی بزرگ‌سازی شده، به تدریج شروع به رسوب‌گذاری می‌کند تا این‌که تراز بستر و شیب رودخانه به حالت اولیه باز گردد. گود و پهن کردن مقطع آبراه به وسیله لایروبی با هدف تامین شرایط لازم برای کشتیرانی، افزایش ظرفیت آبگذری یا به‌دست آوردن مواد لایروبی شده برای استفاده در کشاورزی، کارهای ساختمانی و غیره انجام می‌گیرد. معمولاً لایروبی بستر رودخانه برای عبور سیلاب‌های متوسط و یا بزرگ مستلزم تغییرات اساسی یا بازسازی پل‌ها، تغییر مسیر رودخانه، پاک‌سازی مقطع، حفاظت از کناره‌ها احداث ابنیه در خروجی زهکش‌ها، انشعابات و شاخه‌های رودخانه می‌باشد.

۱-۴-۱- بهسازی موضعی آبراه

وجود بیرون‌زدگی کناره‌ها و بستر سنگی موجود در مسیر رودخانه، اغلب موجب تغییر در شرایط هیدرولیکی و پس‌زدن آب و در نتیجه افزایش تراز سطح آب در مواقع سیلابی می‌گردد. با برداشتن برآمدگی‌ها و یا کف‌بند سنگی بستر رودخانه، تراز سطح آب به

حالت نسبتاً محدود باز می‌گردد و در نتیجه به کمک بهسازی موضعی با استفاده از دیوارهای حفاظتی و یا پوشش‌ها، آشفستگی جریان کاهش یافته و توان آبگذری افزایش پیدا می‌کند و خطرات ناشی از سیل کم می‌شود.

۱-۴-۶- بهسازی هیدرولیکی سازه‌های رودخانه

وجود سازه‌های متقاطع مانند پل‌ها و همچنین سازه‌های موازی مانند گوره‌ها، دیوارهای سیل‌بند، پوشش‌ها و جاده‌ها در امتداد رودخانه، معمولاً به دلیل کاهش پهنای رودخانه موجب بالا آمدن تراز سطح آب و تشدید خطر سیل گرفتگی زمین‌ها و مناطق اطراف رودخانه می‌گردد. از این رو لازم است برای مقابله با خطرات ناشی از سیل در ساختار هیدرولیکی آنها اصلاحاتی اعمال شود.

۱-۵- انحراف سیلاب

روش انحراف سیلاب عموماً در نواحی بالادست مناطق توسعه یافته (شهرها و مجتمع‌های صنعتی) به کار می‌رود که فضای کافی برای بزرگ‌سازی (تعریض و تعمیق) آبراه یا ساخت گوره‌ها وجود ندارد و ساخت دیوارهای سیل‌بند نیز غیر اقتصادی می‌باشد. روش‌های انحراف سیلاب متفاوت بوده و به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

- انحراف به زمین‌های پست
- اثرگذار کنار گذر
- انحراف بین حوضه‌ای (انحراف به رودخانه دیگر)
- انحراف به استخرها یا مخازن تاخیری
- انحراف به زمین‌های کم ارزش

نظر به این که راهنمای حاضر با هدف طراحی، ساخت و بهره‌برداری از سامانه‌های انحراف سیلاب تدوین می‌گردد، لذا در این جا به این توضیحات مختصر در خصوص موضوع انحراف سیلاب بسنده کرده و در ادامه به‌طور مفصل به این موضوع پرداخته خواهد شد.

۱-۶- محدود کردن و کاهش اوج سیلاب از طریق احداث سیل‌بندها و مخازن تاخیری

۱-۶-۱- سیل‌بندها

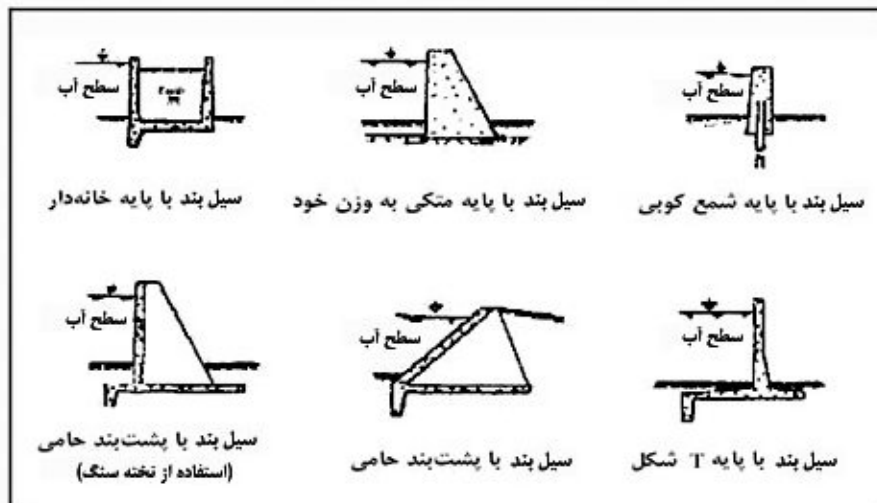
سیل‌بندها، دیوارهای طولی هستند که با مصالح ساختمانی مناسب و محکم (بتن، سنگ، آجر و غیره) در مناطق شهری و سایر مناطقی که ارزش زمین‌ها در آن زیاد است، ایجاد می‌شوند. از دیوارهای سیل‌بند نیز مانند گوره‌ها برای مهار سیلاب و به صورت افزایش تراز سیل و محدود کردن آن در یک عرض معین استفاده می‌شود. علاوه بر این، سیل‌بندها بیش‌تر در نقاطی ساخته می‌شوند که فاصله رودخانه تا محل استقرار آنها محدود بوده و فضای کافی برای احداث گوره‌ها وجود نداشته باشد. ارتفاع دیوارهای سیل‌بند نیز همانند گوره‌ها با توجه به فاصله آنها از یکدیگر، محاسبه نیمرخ طولی سطح آب و سایر عوامل تعیین می‌شود و چون در مناطق شهری ارزش زمین زیاد است لزوماً فاصله بین دیوارهای سیل‌بند (عرض بستر محدود بین دو دیوار سیل‌بند) کم بوده و از این‌رو

ارتفاع آنها زیاد است. بنابر این باید در ساخت دیوارهای سیل‌بند از مصالح بسیار مرغوب استفاده شود تا از نظر ساختمانی و تحمل فشارهای وارد بر آن کاملاً مقاوم و مستحکم باشند.

در ساخت دیوارهای سیل‌بند از مصالح مختلفی مانند سنگ، بتن، آجر، ملات، چوب و توری سنگ استفاده می‌شود. دیوارهای سیل‌بند بر اساس نوع مصالح به کار رفته در ساخت آنها شامل دیوارهای سیل‌بند سنگی، بتنی، بلوکی، توری سنگی، چوبی و ترکیبی هستند. شکل (۱-۴) انواع مختلف دیوارهای سیل‌بند را نشان می‌دهد.

عواملی که در تخریب دیوارهای سیل‌بند مهم بوده و باید در طراحی مد نظر قرار گیرند شامل موارد زیر می‌باشند:

- شالوده ضعیف که منجر به جابجایی و نشست‌های نامساوی می‌شود.
- پدیده رگاب که در اثر تراوش جریان از زیر سازه رخ می‌دهد.
- لغزش جانبی در اثر نبودن قیدهای لازم
- واژگونی در اثر کم بودن وزن دیوار، کافی نبودن نیروی مقاوم و جانمایی نامناسب
- واژگونی دیوار در اثر آبستگی در محل پنجه دیوار
- ناپایداری شیروانی خاکی کناره رودخانه که دیوار سیل‌بند به آن متکی است.
- خرابی‌های سازه‌ای



شکل ۱-۴- انواع مختلف دیوارهای سیل‌بند [۸]

۱-۶-۲- مخازن تاخیری

مخازن تاخیری مهار سیلاب عموماً مجهز به سامانه تخلیه ثابت غیر دریاچه‌ای است که به‌طور خودکار جریان خروجی را با توجه به حجم آب ذخیره شده، تنظیم می‌کند. سامانه خروجی معمولاً از یک سرریز بزرگ و یا یک یا چند خروجی تحتانی باز (غیر دریاچه‌ای) تشکیل می‌شود. نوع خروجی با توجه به خصوصیات ذخیره‌ای مخزن و سیلاب، طراحی می‌گردد. عموماً برای این منظور از خروجی روزنه‌ای بدون دریاچه استفاده می‌شود، زیرا با توجه به معادله روزنه با افزایش تراز سطح آب در مخزن میزان بده خروجی نیز افزایش پیدا می‌کند [۷].

$$Q = C_a A (2gh)^{\frac{1}{2}}$$

(۱-۱)

که در این رابطه:

Q: بده جریان (متر مکعب بر ثانیه)

h: ارتفاع آب از مرکز روزنه (متر)

G: شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)

A: سطح روزنه (متر مربع)

Ca: ضریب روزنه

در مبحث مخازن تاخیری با بهره‌مندی از سدهای سنگریزه‌ای^۱ نیز می‌توان به عملکرد مناسبی دست یافت. در این‌گونه سازه‌ها ابتدا جریان آب پشت سد جمع شده و سپس به تدریج از طریق منافذ بین سنگ‌ها جاری و به سمت پایین دست حرکت خواهد کرد.

۱-۷- بهره‌مندی از روش‌های غیر سازه‌ای

روش‌های غیر سازه‌ای در مدیریت سیل در برگیرنده آن بخش از فعالیت‌هایی است که برای رفع یا تسکین اثرهای تخریبی سیلاب، سازه‌های فیزیکی احداث نمی‌شود ولی باید تواما در طراحی سازه‌ای مورد توجه قرار گیرند. روش‌های غیر سازه‌ای مهار سیلاب در دو گروه اساسی شامل تمهیدات برنامه‌ریزی و تمهیدات مقابله‌ای قابل تقسیم‌بندی می‌شوند [۵].

۱-۷-۱- تمهیدات برنامه‌ریزی

تمهیدات برنامه‌ریزی شامل فعالیت‌هایی است که قبل از وقوع سیل انجام گرفته و نیاز به برنامه‌ریزی در سطح حوضه آبریز و سیلابدشت دارد. تمهیدات برنامه‌ریزی شامل موارد زیر می‌باشد:

۱-۷-۱-۱- پیش‌بینی و هشدار سیل

پیش‌بینی سیل عبارت از تخمین آبدهی، تراز و زمان وقوع و تداوم سیلاب به‌ویژه در آبدهی اوج در یک نقطه مشخص از رودخانه می‌باشد. پیش‌بینی سیل در مدت زمانی قبل از وقوع آن، که این زمان بستگی به ویژگی‌های حوضه آبریز و عوامل آب و هواشناسی منطقه دارد، فرصتی است که به سازمان‌های مسوول و مردم این امکان را می‌دهد که نسبت به انجام اقدامات ضروری تصمیم‌گیری کنند و از خسارات سیل و تبعات آن بکاهند. داده‌هایی که در پیش‌بینی سیل به طور مستمر مورد نیاز است به قرار زیر می‌باشد:

- بارندگی قبل از شروع سیل در حوضه آبریز
- سطوح مختلف اشباع خاک در نقاط مختلف حوضه آبریز
- جریان رودخانه در نقاط مختلفی که در بالادست نقطه مورد نظر قرار دارند.
- مشخصات پوشش برفی و درجه حرارت در حوضه‌هایی که سیلاب‌ها در اثر ذوب برف جاری می‌شوند.
- ظرفیت ذخیره و تراز آب مخازن حوضه

۱-۷-۱-۲- مدیریت حوضه آبریز و مخازن موجود

مدیریت حوضه آبریز برای کنترل یا آرام کردن سیل‌ها در محل تشکیل آن، برای تغییر نحوه تبدیل بارش به رواناب یا کاهش میزان سیل در رودخانه انجام می‌شود. اجزای سیل که به حوضه آبریز ارتباط دارد به قرار زیر است:

- نزولات که علت اصلی به وجود آمدن رواناب است
- گیرش بارش به وسیله رستنی‌ها
- تبخیر و تعرق که در هنگام بارندگی چندان اهمیتی ندارد
- تراوش سطحی به لایه‌های بالای خاک
- نفوذ عمقی به سفره‌های آب زیر زمینی
- جریان مستقیم در سطح زمین
- جریان آب سطحی به تاخیر افتاده

یکی از کارهای مدیریتی که در این بخش می‌توان انجام داد این است که حجمی از مخازن موجود در حوضه قبل از شروع سیل تخلیه گردد. این موضوع با توجه به پیشرفت حاصل در تکنولوژی و امکان پیش‌بینی وضعیت سیل تا چند روز قبل از وقوع آن بر اساس اطلاعات ماهواره‌های هواشناسی امکان‌پذیر است.

۱-۷-۱-۳- مدیریت و توسعه کاربری‌ها در سیلابدشت

مدیریت توسعه سیلابدشت در برگرفته بررسی تغییرات مناطق در حال توسعه (تغییر در کاربری اراضی، ساخت و سازها، تاسیسات زیر بنایی و ...) در سیلابدشت‌ها می‌باشد. اهداف کلان چنین اقدامات محدود کننده‌ای به قرار زیر است:

- تعیین و تشریح کاربری قابل قبول
- افزایش آگاهی عمومی و موسسات در رابطه با خطرپذیری نواحی سیل‌زده در سیلابدشت
- داده‌های مورد نیاز در اعمال مدیریت لازم در سیلابدشت شامل موارد زیر است:
 - تهیه نقشه خطر خیزی سیل^۱
 - فهرست کاربری سیلابدشت
 - تجزیه و تحلیل خطرپذیری
 - ارزیابی خسارات

۱-۷-۱-۴- بیمه سیلاب

هدف اصلی از بیمه سیل، توزیع خسارات ناشی از سیل در جامعه می‌باشد به ترتیبی است که همه آنهایی که در معرض خطر سیل هستند، در هزینه‌های مدیریت سیل مشارکت داشته باشند.

۱-۷-۱- مقاومت‌سازی در برابر سیل

تمام عملیات صورت‌گرفته توسط افراد یا گروه کوچکی از ساکنین یک سیلابدشت که خسارت‌های سیل را در املاک موجود کاهش دهد، به عنوان مقاومت‌سازی در برابر سیل تلقی می‌شود به بیان دیگر مقاومت‌سازی در برابر سیل عبارت از تدابیر بلند مدت غیر سازه‌ای و در ابعاد کوچک‌تر سازه‌ای برای کاهش اثرهای تخریبی سیل است [۵].

۱-۷-۲- تمهیدات مقابله‌ای

تمهیدات مقابله‌ای عبارت از طرح مقابله اضطراری با سیل در زمان وقوع آن می‌باشد که کاری بسیار حرفه‌ای است و نیاز به متخصصین با تجربه و آگاه در زمینه منابع آب و هیدرولوژی سیل دارد. هدف از اقدامات مقابله‌ای کاهش تلفات جانی و خسارات مالی بالقوه می‌باشد. تمهیدات مقابله‌ای شامل موارد زیر می‌باشد:

۱-۷-۲-۱- برنامه‌ریزی جهت مقابله با شرایط اضطراری سیل

در برنامه‌ریزی طرح مقابله اضطراری با سیل نیاز به سامانه مدیریت اضطراری یکپارچه IEMS^۱ می‌باشد. هدف از سامانه IEMS توسعه و برقراری توانمندی مدیریت شرایط اضطراری در سطح ملی، با یکپارچه کردن فعالیت‌ها در خطوط عملیاتی و در تمام سطوح دولتی و حتی‌المقدور در مقابله با تمامی مخاطرات می‌باشد.

۱-۷-۲-۲- مقابله با سیل

اقدامات و ابزار مقابله با سیل متعدد بوده و همیشه لازم است که با شرایط محلی انطباق داشته باشد. این اقدامات عبارتند از:

- بهره‌برداری اضطراری و حفاظت سازه‌های مهار سیلاب قبل و در هنگام وقوع سیل
- دفاع فعال، تقویت و ترمیم سازه‌های مهار سیلاب قبل و در هنگام وقوع سیل
- اقدامات سازه‌ای اضطراری
- تمهیدات اضطراری کاهش سیلاب با ایجاد ذخیره آن در اراضی حفاظت شده یا نشده
- دفع اشیا بازدارنده جریان سیل از قبیل تنه درختان یا اشیا شناور و غیره
- تسریع در تخلیه اشیا شناور و تخلیه آن از روی سرریزها و بندها
- انحراف سیلاب از اراضی حساس و مهم به مناطق کم اهمیت‌تر

۱-۷-۲-۳- هشدار سیل

اعلام خطر سیل برای آگاهی مردم از اثرهای سیل به منظور کاهش تلفات و خسارات سیلاب از اهداف اصلی هشدار سیل است. اعلام خطر از سیلی که در راه است، معمولاً وظیفه سازمان‌هایی است که می‌توانند خسارات بالقوه سیل را با اقدامات زیر کاهش دهند [۵]:

- شکستن سیل‌بندها با برنامه‌ریزی قبلی به منظور حفاظت بهتر از نواحی پر ارزش در پایاب
 - رها کردن آب از خروجی‌های تراز پایین دست سدها به منظور افزایش حجم سیل قابل ذخیره در مخازن آنها
 - چیدن کیسه‌های شن در پیرامون املاک یا اموال
 - برنامه‌ریزی برای تخلیه نواحی که بیش‌ترین آسیب‌پذیری را دارند
 - عملیات نجات
 - یک برنامه عملیات اضطراری از قبل تنظیم شده که شامل یک سامانه هشدار سیلاب و دستورالعمل‌های بسیار روشن باشد.
 - آموزش و تمرینات عملی جمعیت خطرپذیر و کارکنان سازمان‌های مسوول در اعلام خطر سیل
 - اداره کردن مناسب اعلام خطرها برای پرهیز از هشدارهای غیر لازم
 - طرح‌های تخلیه نواحی طغیانی
- سامانه‌های هشدار سیلاب بر اساس تحلیل‌های دقیق، شامل حداقل موارد زیر می‌باشد:
- نواحی سیل‌زده با سنجش خطرپذیری مربوط به هر یک از آنها (لیست افراد و کالاها و سطوح مختلف خطر که وسیله‌ای برای ایجاد رابطه بین بزرگی سیل‌های مختلف است)
 - سازه‌های حفاظت از (خطرات) سیل (سدها، سیل‌بندها، مسیل‌ها و غیره)
 - سامانه پیش‌بینی و شبیه‌سازی سیلاب

۱-۷-۲-۴- تخلیه منطقه سیل‌زده

تخلیه آخرین اقدام دفاعی در منطقه سیل‌زده است که هدف آن حفظ جان انسان‌ها و دام‌ها و کاهش خسارات مالی است. تخلیه می‌تواند قبل از جاری شدن سیل در ناحیه و یا در خلال جریان آن و همچنین بعد از فروکش کردن سیل صورت گیرد.

۱-۷-۲-۵- کمک رسانی اضطراری و امداد

عملیات جلوگیری از وارد آمدن خسارات به جان و مال مردم، به علاوه اقدامات مهندسی در شرایط اضطراری باید طبق مقررات و پیش‌بینی‌هایی که در طرح عملیاتی شرایط اضطراری وجود دارد، صورت گیرد. به طور کلی عملیات اضطراری مهار سیل شامل موارد زیر می‌باشد:

- آماده‌سازی کنترل شرایط اضطراری
- برقراری و انجام کنترل اضطراری
- اقدامات پس از کنترل وضعیت اضطراری

۱-۸- شبکه‌های زهکشی سطحی و غیر سطحی

تمام مراحلی که برای جمع‌آوری و انتقال رواناب سطحی و زیرسطحی به محل مناسب انجام می‌گیرد، زهکشی نامیده می‌شود. زمین‌های ماندابی کاربرد کمی دارند ولی پس از انجام زهکشی، قابل استفاده می‌شوند. مناطق هموار و پست معمولاً نزدیک یا

پایین‌تر از تراز سیلاب رودخانه قرار دارند. در این مناطق باید شبکه‌های زهکشی سطحی مانند خاکریزهای مهار کننده و یا تاسیساتی برای جمع‌آوری و انتقال آب‌های اضافی طراحی و احداث شود.

۱-۸-۱- شبکه‌های سطحی

از زهکش سطحی برای اهداف زیر می‌توان استفاده کرد:

- جدا سازی آب ناشی از رگبار
- تخلیه و جدا کردن رواناب ناشی از آبیاری سطحی
- جمع‌آوری و تخلیه آب اضافی در مناطق دلتایی

در زمان وقوع سیلاب، سطح آب رودخانه غالباً از تراز سطح زمین‌های اطراف آن فراتر می‌رود و احتمال مستغرق شدن و وارد آمدن خسارت‌های جدی به مناطق زیر آب رفته و محصولات کشاورزی در منطقه وجود دارد. برای طراحی هیدرولیکی کانال‌های زهکشی، داشتن تخمین از کل رواناب و حداکثر جریان قابل تخلیه ضروری است. چون مناطق کشاورزی معمولاً دارای ایستگاه‌های اندازه‌گیری نیست، بنابراین برای محاسبه رواناب در این زمین‌ها، مستقیماً از مقدار بارندگی استفاده می‌شود.

معمولاً وقتی بارندگی درحوضه خشکی روی می‌دهد، قبل از شروع جریان سطحی، قسمتی از آن از طریق پوشش گیاهی (برگاب) جذب می‌شود، بخشی به داخل خاک نفوذ و قسمتی دیگر، فرورفتگی‌های طبیعی زمین را پر می‌کند. مقدار برگاب برای هر دوره بارندگی و هر نوع پوشش را می‌توان برابر با عمق ثابتی از آب در نظر گرفت اما میزان نفوذ تابع زمان است، بدین صورت که با گذشت زمان، از مقدار آن کاسته شده و به نوع خاک و توانایی زهکشی آن بستگی دارد. بنابراین بخشی از بارندگی که به رواناب تبدیل می‌شود، به شدت، مدت و همچنین مقدار رطوبت اولیه خاک بستگی دارد.

فراوانی، شدت و مدت رگبار در تحلیل آماری، به یکدیگر مربوط می‌باشد. فراوانی عبارت است از میانگین تعداد دفعاتی که پدیده‌ای در مدت چند سال معین روی می‌دهد. تعداد میانگین سال‌های بین دو وقوع متوالی آن پدیده را دوره برگشت^۱ می‌گویند. سیلاب طراحی برای کارهای زهکشی با دوره برگشت مشخصی پذیرفته می‌شود. برای مثال اگر دوره ۱۰ ساله‌ای انتخاب می‌شود مشاهدات زیر را به طور متوسط در مدت چندین سال می‌توان انتظار داشت:

- شبکه زهکشی هر ۱۰ سال یک بار، این سیل یا بیش‌تر از آن را پیش روی دارد.
- در صورت موجود بودن داده‌های بارندگی برای دوره‌ای حداقل ۲۰ ساله، منحنی‌های فراوانی - شدت را می‌توان ترسیم نمود.
- دوره بحرانی بارندگی معادل زمان تمرکز حوضه در نظر گرفته می‌شود.

زمان تمرکز حوضه، زمان مورد نیاز پس از آغاز بارندگی است تا جریان از دورترین نقطه حوضه به نقطه اندازه‌گیری برسد و برابر است با زمانی که طول می‌کشد تا جریان از دورترین نقطه حوضه به این محل برسد. با گذشت زمان، از میانگین شدت رگبار کاسته می‌شود، بنابراین می‌توان فرض نمود که رگباری که مدت آن برابر با زمان تمرکز است، بیش‌ترین جریان را در حوضه به وجود می‌آورد [۱۶].

جهت آشنایی دقیق با روش‌های طراحی شبکه سطحی می‌توان به مرجع شماره ۱۶ مراجعه نمود.

۱-۸-۲- شبکه زهکشی زیر سطحی

ساختار خاک دارای شبکه پیچیده‌ای از منافذ و مجاری است که فضای کافی را برای نگهداری هوا و آب در خود به وجود می‌آورد. زمانی که تمامی این منافذ از آب پر شده باشد، خاک در حالت اشباع قرار می‌گیرد. خاک خوب شبکه زهکشی مناسبی دارد به طوری که آب به راحتی در آن عبور کرده، آب اضافی در مواقع ضروری می‌تواند از خاک جدا شود. متعارف‌ترین نوع زهکشی زیر سطحی، استفاده از لوله‌های ساخته شده از سفال رسی بدون لعاب یا لوله‌های بتنی است. لوله‌های ساده و معمولی منفذدار بدون اتصال خاص، طوری قرار می‌گیرند که انتهای لوله‌های مجاور، کنار هم قرار می‌گیرند. از فاصله بین لوله‌های مجاور، آب به زهکش وارد می‌شود. شبکه زهکشی طبیعی از شیب زمین پیروی می‌کند [۱۶].

۱-۸-۲-۱- زهکش زیر سطحی بسته

برای تعیین مقدار جریان آب زیرزمینی وارد شده به داخل زهکش، مشخص کردن موقعیت و محل سطح آب زیرزمینی ضروری است. نوسانات آب زیرزمینی به عوامل زیر بستگی دارد:

- آهنگ بارندگی یا آبیاری
- ضریب هدایت هیدرولیکی
- عمق و فاصله زهکش‌ها
- فاصله از لایه نفوذ ناپذیر

۱-۸-۲-۲- زهکش زیر سطحی رو باز

گاهی زهکش زیر سطحی به صورت مجرای رو باز حفاری می‌شود. در این حالت حرکت و نشت جریان به داخل زهکش، به پایین رفتن سطح آب زیرزمینی کمک می‌کند. عمق این زهکش‌ها به لایه‌بندی خاک بستگی دارد، اما معمولاً بیش از ۱/۵ متر است. گاهی اوقات لایه خاک فوقانی رسی است و در زیر آن، لایه نفوذپذیر تحت فشار آرتزین، قرار گرفته است. معمولاً برای سازه‌های مهندسی، حفاری تا پایین‌تر از سطح آب زیر زمینی صورت می‌پذیرد. در چنین حالتی، پیش‌بینی زهکش برای قسمت حفاری شده ضروری است. روش‌های معمول برای این کار عبارت است از [۱۶]:

- زهکشی از چاهک باز
- تلمبه زدن چند مرحله‌ای
- تلمبه زدن از چاه‌های عمیق
- چاهک زهکشی برای زهکشی از آبخوان تحت فشار

فصل ۲

معرفی روش‌های مختلف انحراف

سیلاب

۲-۱- کلیات

یکی از روش‌های موثر سازه‌ای مهار سیلاب، انحراف سیل می‌باشد که به وسیله یک کانال مصنوعی تمام یا بخشی از جریان آب رودخانه مورد نظر منحرف می‌گردد. انحراف جریان رودخانه برای طیف وسیعی از پروژه‌های عمرانی شامل طرح‌های مهار سیلاب، احداث سد، تعریض بزرگراه‌ها و یا احداث راه‌های جدید کاربرد دارد. انحراف رودخانه‌ها بعضاً موقتی بوده و به منظور اجرای سازه در مسیر رودخانه صورت می‌پذیرد و در برخی موارد دائمی هستند. انحراف رودخانه که به منظور اجرای طرح‌های مهار سیلاب صورت می‌گیرد معمولاً دائمی هستند.

انحراف سیلاب رودخانه‌ها یکی از قدیمی‌ترین روش‌های مهار سیلاب می‌باشد و در صورت امکان استفاده از این روش معمولاً یکی از روش‌های مطرح در مهار سیلاب نیز می‌باشد. زیرا با این روش جریان سیلاب و در نتیجه خطرات آن از رودخانه دور شده و امنیت کافی در بازه‌ای مورد نظر به وجود می‌آید. تفاوت این روش با سایر روش‌های مهار سیلاب مانند احداث گوره‌ها و دیوارهای سیل‌بند در این است که با احداث سازه‌های فوق خطرات بالقوه ناشی از وقوع سیل در سرتاسر طول سازه باقی‌مانده، در حالی که با انحراف سیلاب این خطرات در طول بازه مورد نظر از رودخانه بر طرف شده و سیلاب به پایین‌دست محل بازه انتقال می‌یابد. امروزه در سیلاب‌دشت‌های پرجمعیت، امکان ساخت اثرگذارهای بزرگ بسیار کم است لذا روش‌های مختلف انحراف سیلاب باید متناسب با شرایط محیطی و امکانات فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد.

آگاهی از پیامدهای زیست‌محیطی انحراف رودخانه، اثر فعالیت‌های مهندسی بر زیست بوم^۱ آبریزان و آلودگی در رودخانه از موارد مهمی است که در طرح‌های انحراف سیلاب باید مورد توجه قرار گیرد.

۲-۲- انواع روش‌های انحراف جریان رودخانه‌ها

به طور کلی انحراف جریان رودخانه‌ها در دو حالت انحراف دائمی و انحراف موقت انجام می‌پذیرد. کانال‌های انحراف دائمی و موقت خود نیز ممکن است در تمام سال در معرض جریان آب قرار داشته و یا در برخی فصول سال خشک باشند. بر همین اساس کانال‌های انحراف به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۲-۲-۱- کانال انحراف دائمی و پرآب

در مواقعی که قرار است جاده جدید و یا دیگر تاسیسات زیربنایی در محل رودخانه موجود احداث شود، کل جریان به داخل یک کانال انحراف دائمی منحرف می‌شود که این کانال برای همیشه جایگزین کانال اولیه می‌شود.

۲-۲-۲- انحراف دائمی بخشی از جریان

چنانچه ظرفیت رودخانه اصلی برای عبور سیلاب کافی نباشد، مازاد جریان سیلاب از طریق کانال انحراف به پایین‌دست انتقال می‌یابد. این کانال ممکن است پر آب بوده و یا در ماه‌هایی از سال خشک باشد. در حالت اخیر جریان آب فقط در زمان وقوع سیلاب

وارد کانال انحراف می‌شود. در جایی که به دلیل وجود تاسیسات و ساختمان‌ها و یا سایر عوارض نزدیک به رودخانه امکان تعریض رودخانه برای کاهش تراز سیلاب نباشد، انحراف رودخانه و انتقال بخشی از سیلاب به آن ممکن است تنها راه‌حل ممکن باشد. کانالی که بخشی از جریان را منحرف می‌کند ممکن است خشک و یا پر آب باشد. در هر دو حالت در مسیر کانال انحراف معمولاً یک سازه هیدرولیکی مانند سرریز یا دریچه به منظور کنترل جریان ورودی به کانال انحراف در نظر گرفته می‌شود. کانالی که برای انحراف سیلاب به منظور کاهش خسارات ناشی از سیلاب احداث می‌شود، مثالی برای این مورد می‌باشد.

۲-۲-۳- انحراف موقت کل جریان

در این حالت کل جریان رودخانه اصلی از طریق یک کانال موقت به پایین‌دست انتقال می‌یابد. کانال انحراف موقت در مواردی نظیر احداث سد، انسداد مسیر رودخانه برای اجرای عملیات ساماندهی در رودخانه و یا سایر عملیات اجرایی که باید در خشکی انجام شود مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از اتمام عملیات اجرایی، جریان آب رودخانه مجدداً به مسیر قبلی خود بازگردانده می‌شود.

۲-۲-۴- انحراف موقت بخشی از جریان

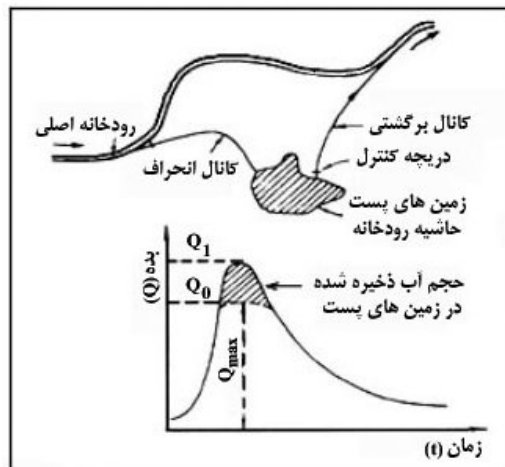
در این حالت نیز به منظور ایجاد محیط مناسب برای ساخت و ساز در مجاورت رودخانه اصلی، بخشی از جریان در بده‌های سیلابی بالا به کانال انحراف موقت هدایت می‌شود. پس از اتمام عملیات اجرایی مسیر رودخانه به حالت قبل بازگشته و مسیر کانال انحراف مسدود می‌گردد [۱۳].

۲-۳- روش‌های انحراف سیلاب

۲-۳-۱- انحراف به زمین‌های پست و زمین‌های کم ارزش

برای انحراف سیلاب با استفاده از این روش لازم است زمین‌های پستی در مجاورت رودخانه وجود داشته باشد تا از آن طریق بتوان بخشی از حجم سیلاب را در این زمین‌ها موقتاً ذخیره کرد. انحراف سیلاب به زمین‌های پست در زمره روش‌های انحراف موقت می‌باشد ولی چنانچه سیلاب به طرف محل مناسبی مانند دریا، دریاچه، تالاب، باتلاق و غیره انتقال داده شود به آن انحراف دائمی گفته می‌شود. چنین زمین‌هایی علاوه بر مناسب بودن شرایط توپوگرافی آنها، باید اراضی بایر غیر قابل کشت و یا زمین‌های کم‌ارزشی باشند. چنانچه زمین مناسبی با مشخصات ذکر شده در حوالی رودخانه نباشد، جریان سیلاب باید توسط یک اثرگذار کنارگذر طولانی به محل مناسب (دریا، دریاچه، تالاب، باتلاق و غیره) منتقل گردد. اغلب اثرگذار طولانی به دلیل نیاز به ابنیه حفاظتی لازم در طول آن و نیز قطع جاده‌ها و تاسیسات، بسیار پر هزینه خواهد بود.

در صورتی که زمین‌های پست جهت ذخیره موقت در سیلاب‌دشت موجود باشد، آسان‌ترین راه برای انحراف سیلاب احداث یک دهانه آبگیر قابل تنظیم در بدنه خاکریز یا کناره رودخانه و حفر یک اثرگذار از دهانه به سمت محل مخزن می‌باشد. چنانچه آب ذخیره شده در زمین‌های پست به رودخانه برگردانده نشود، راه‌حل فوق‌العاده موثری برای مهار سیلاب می‌باشد. شکل (۲-۱) انحراف سیلاب از یک رودخانه به زمین‌های پست اطراف آن را نشان می‌دهد. به طوری که در شکل نشان داده شده بده حداکثر سیلاب در رودخانه اصلی پس از انحراف سیلاب از Q_1 به Q_0 کاهش خواهد یافت [۲۴].



شکل ۲-۱- انحراف جریان رودخانه به زمین‌های پست اطراف آن [۲۴]

علاوه بر روش انحراف سیلاب به زمین‌های پست حاشیه رودخانه، در برخی موارد به‌ویژه در رودخانه‌های کوچک، سرریزهای جانبی ثابتی که بده عبوری از روی آن کنترل شده نیست، در بدنه خاکریزها یا در کنار رودخانه احداث می‌شود تا با انحراف قسمتی از سیلاب به سمت زمین‌های کم ارزش سیلابدشت، زمین‌های پر ارزش در پایین‌دست را محافظت کنند. در مواردی این عمل برای جلوگیری از ایجاد شکاف و تخریب خاکریزها مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون این کار باعث می‌شود تا از سرریز شدن سیلاب از روی گورهاها جلوگیری به عمل آید.

۲-۳-۲- احداث اثرگذار کنارگذر

انحراف سیلاب با استفاده از روش احداث اثرگذار کنارگذر عموماً در نواحی بالادست مناطق توسعه یافته، نظیر شهرها و مجتمع‌های صنعتی به‌کار می‌رود که در آن فضای کافی برای افزایش ابعاد آبراهه (تعریض و تعمیق) یا ساخت خاکریز وجود نداشته و ساخت دیوارهای سیل‌بند نیز غیر اقتصادی باشد. در چنین مواردی قسمتی از سیلاب یا کل آن از طریق یک اثرگذار از ناحیه حفاظت شده دور می‌شود.

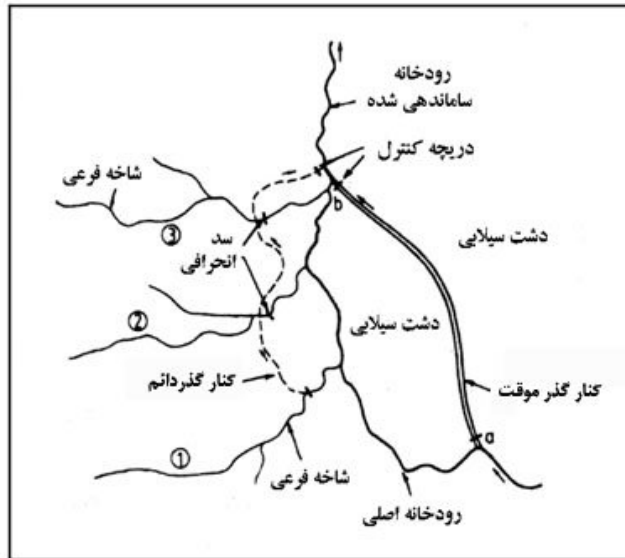
با استفاده از این روش بخشی از سیلاب را قبل از این‌که به بازه خطرپذیر برسد از شاخه اصلی رودخانه منحرف کرده و پس از عبور از آن موقعیت دوباره وارد رودخانه می‌کنند. این روش انحراف می‌تواند موقتی یا دائمی باشد. اثرگذار کنارگذر در مواردی به‌کار می‌رود که ظرفیت رودخانه محدود بوده و انحراف به خارج از حوضه یا محیط‌های دیگر دارای توجیه نباشد.

شاخه اصلی یک رودخانه که نقش عمده‌ای در انتقال سیلاب به پایین‌دست را به عهده دارد در مسیر خود شاخه‌های فرعی متعددی را دریافت می‌کند شکل (۲-۲) شاخه اصلی بده‌های کم و متوسط را با اطمینان از خود عبور داده ولی در سیلاب‌های بالاتر باعث افزایش گسترش سیل‌زدگی خواهد شد. این مساله تحت اثر دو عامل زیر تشدید می‌شود:

- همزمانی وقوع سیلاب در رودخانه اصلی و شاخه‌های فرعی که باعث تشدید سیل و خسارات ناشی از آن می‌شود.
- بالا آمدن تراز بستر رودخانه در اثر رسوب‌گذاری در طی سالیان متمادی که در این صورت ظرفیت آگذری رودخانه کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی معمولاً دو روش برای انحراف جریان توصیه شده است [۲۴]:

۲-۳-۱- کنارگذر موقت

در این روش با احداث یک کانال انحراف موقت بخشی از بده جریان سیلابی از رودخانه اصلی منحرف شده و باعث تسکین بده سیلابی می‌گردد. بدیهی است به منظور اداره و نگهداری این کانال، تعبیه سازه انحرافی کنترل جریان نظیر دریچه در ابتدا و انتهای آن ضروری به نظر می‌رسد (نقطه‌های a و b در شکل ۲-۲). کنارگذر موقت تنها در زمان وقوع سیلاب‌های شدید مورد استفاده قرار گرفته و در بقیه ایام سال به‌عنوان یک کانال جمع‌کننده اصلی برای زهکشی سیلابدشت عمل می‌کند.



شکل ۲-۲- احداث اثرگذار کنارگذر جهت مهار سیلاب [۲۴]

۲-۳-۲- کنارگذر دائم

در این روش با احداث یک کانال انحراف دائم، جریان رودخانه را از محل شاخه‌های فرعی منحرف کرده و ضمن جمع‌آوری جریان مربوط در کنارگذر در موقعیت پایین‌دست سیلابدشت، مجدداً به رودخانه اصلی باز می‌گردانند. بهتر است شاخه‌های فرعی در نقطه‌ای نه چندان دور از هم‌ریزگاه^۱ توسط سد انحرافی مسدود گردند و کنارگذر با توجه به موقعیت از آن محل عبور داده شود. شکل (۲-۲) از این نوع کانال‌های انحراف سیلاب، در محدوده شهرها که ظرفیت بده جریان در رودخانه اصلی کم‌تر از بده طراحی است، به تناوب استفاده شده است.

اثرگذارهای کنارگذر از چم‌های^۲ رودخانه اصلی تبعیت نمی‌کنند و پس از انشعاب، تقریباً در مسیری با پیچ و خم کم‌تر به رودخانه اصلی برمی‌گردند، دارای طول کوتاه‌تری هستند و هنگامی که اختلاف ارتفاع بین محل انحراف و محل برگشت آن به رودخانه یکسان باقی بماند، دارای شیب خیلی تندتر از شیب رودخانه می‌گردند. در صورتی که این شیب تند منجر به بروز مشکلاتی برای اثرگذار یا رودخانه اصلی (در محل تخلیه سیلاب) شود، برای غلبه بر چنین مشکلی، باید با استفاده از یک یا چند سازه شیب‌شکن در امتداد مسیر اثرگذار کنارگذر، شیب آن را ملایم‌تر کرد.

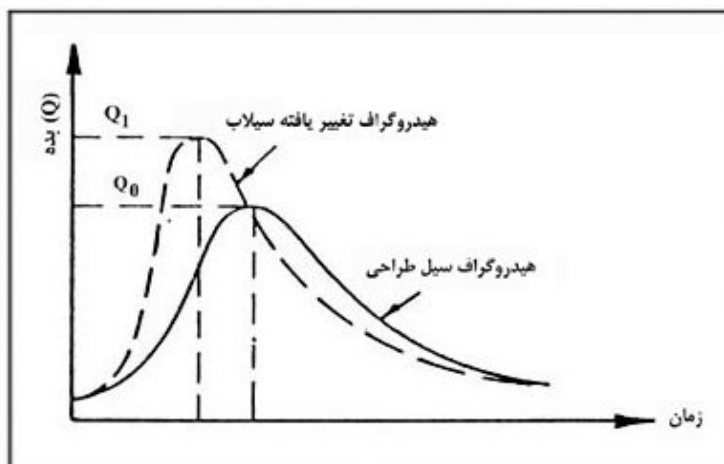
1 - Confluence

2 - Meanders

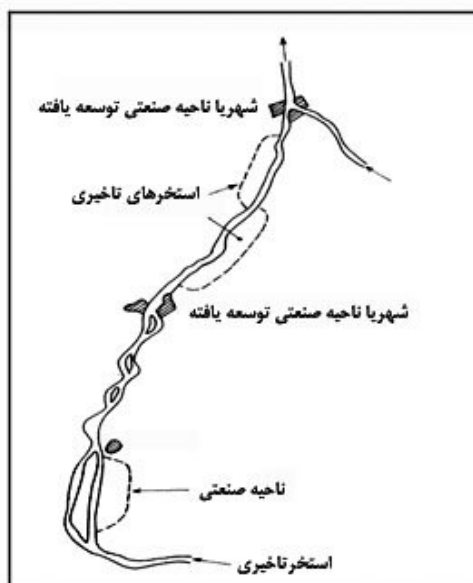
برگشت سیلاب به داخل رودخانه اصلی در پایین‌دست، باعث پس‌زدگی آب می‌شود که اگر به بازه مورد حفاظت خیلی نزدیک باشد، ممکن است ایجاد خطر کند. ساده‌ترین راه‌حل در این موارد جابجایی نقطه برگشت سیلاب به محلی دورتر در پایین‌دست می‌باشد و این در حالی است که طولانی کردن اثرگذار کنارگذر، مشکلات ویژه‌ای را در پی نداشته باشد. در غیر این صورت راه‌حل دیگر آن است که یک خاکریز در امتداد طولی از رودخانه اصلی که تحت تاثیر پس‌زدگی آب قرار می‌گیرد، ساخته شود تا بتوان اثرهای پس‌زدن آب را در بالادست محل هم‌ریزگاه خنثی نمود.

۲-۳-۳- انحراف و هدایت جریان سیلاب به مخازن تاخیری

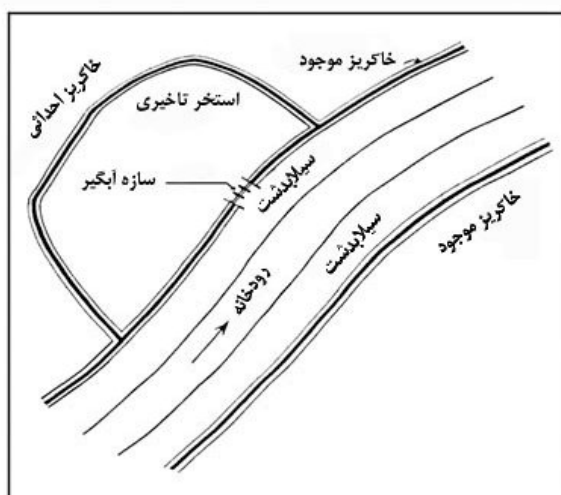
در سال‌های اخیر به علت تبدیل مناطق روستایی به مناطق توسعه یافته شهری و صنعتی، در میزان جریان رودخانه‌ها تغییراتی ایجاد شده و فعالیت‌های موجود ساماندهی رودخانه‌ها برای مهار سیلاب کفایت نمی‌کند. توسعه شهری و مراکز صنعتی باعث کاهش نفوذپذیری حوضه آبریز شده و تغییراتی در آبنگار سیلاب رودخانه ایجاد می‌کند. به طوری که بده حداکثر (بده سیلاب طراحی) که تاسیسات بر اساس آن طراحی شده‌اند، به مقدار زیادی افزایش یافته و آبنگار سیلاب و اوج آن به سمت نقطه آغاز جابجا می‌گردد. موارد فوق در شکل (۲-۳) نشان داده شده است. در چنین مواردی در صورت امکان در دو طرف رودخانه استخرهای تاخیری احداث می‌کنند به طوری که در زمان سیلاب و بالا بودن تراز آب رودخانه، جریان به سمت این استخرهای تاخیری جاری شده و از شدت سیلاب در پایین‌دست کاسته می‌شود. سپس هنگامی که شدت سیلاب در رودخانه کاهش یافته و تراز آب در رودخانه پایین آمد، بالعکس جریان از استخرها به سمت رودخانه جاری می‌گردد. شکل (۲-۴) احداث استخرهای تاخیری در دو طرف رودخانه را نشان می‌دهد. مساله مهمی که در این روش طراحی باید مدنظر قرار گیرد آبیگری از رودخانه است. چرا که سطح آبیگیر همیشه باید از تراز خاکریزهای دو طرف آن کمتر باشد تا مانعی برای ورود و خروج آب پیش نیاید. در این حالت با احداث یک دریچه در محل ورودی به آبراهه شکل (۲-۵) یا به وسیله سرریز جانبی در رودخانه اصلی، می‌توان میزان سیلاب منحرف شده را تنظیم کرد [۲۴]. شکل (۲-۶) نمونه‌ای واقعی از استخرهای تاخیری که در کشور ژاپن در شهر یوکوهاما احداث شده، نشان می‌دهد. مخزن تاخیری مزبور در مجاورت رودخانه تسورومی^۱ با ظرفیت ۳۹۰۰۰۰۰ مترمکعب و در زمینی به مساحت ۸۴ هکتار ساخته شده است.



شکل ۲-۳- تغییرات آبنگار سیل در اثر کاهش میزان نفوذپذیری



شکل ۲-۴- احداث استخرهای تاخیری در دو طرف رودخانه [۷]



شکل ۲-۵ - الگوی کلی از استخرهای تاخیری به همراه سازه آبگیر [۷]



شکل ۲-۶ - نقشه پلان و تصویر استخر تاخیری در مجاورت رودخانه تسرومی در کشور ژاپن [۹]

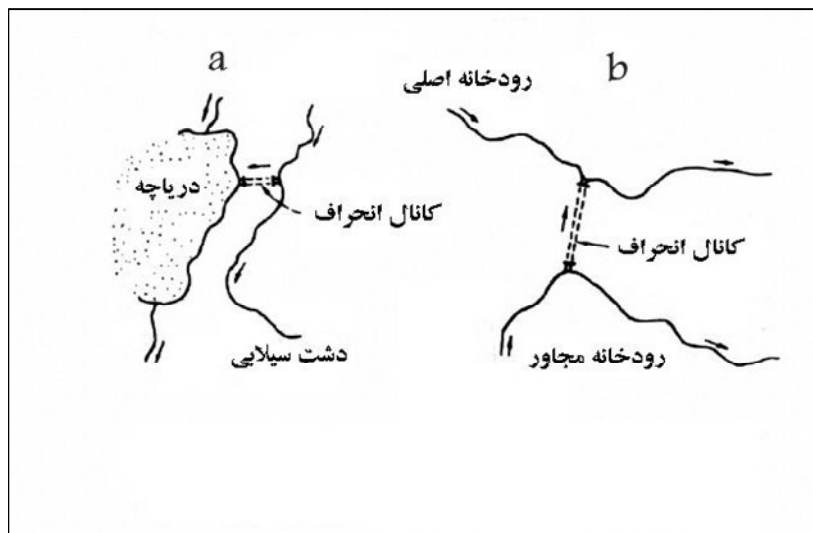
۲-۳-۴- انحراف بین حوضه‌ای (انحراف به رودخانه دیگر)

یکی از موثرترین روش‌های انحراف سیلاب، انتقال بخشی از بده رودخانه به رودخانه مجاور می‌باشد. در این روش انحراف سیلاب، دو شرط زیر باید برقرار باشد:

الف- بده اوج سیلاب‌های دو رودخانه با توجه به زمان تمرکزشان همزمانی نداشته باشند.

ب - رودخانه‌ای که قرار است سیلاب به آن منحرف شود به اندازه کافی ظرفیت انتقال جریان را داشته باشد تا بتواند سیلاب انتقال یافته را بدون بروز مشکلی از خود عبور دهد.

در صورت برقرار بودن شرایط فوق، با انحراف سیلاب از رودخانه مدنظر به رودخانه دیگر، از شدت سیل در رودخانه مورد حفاظت کاسته می‌شود. در صورت نیاز می‌توان همین عمل را برای رودخانه دیگر نسبت به رودخانه اول در محل‌های مناسب انجام داد. در صورت وجود دریاچه‌ای در مجاورت رودخانه، با استفاده از کانال انحراف می‌توان بخشی از سیلاب را به دریاچه انتقال داد. شکل (۲-۷) روش انحراف سیلاب از یک رودخانه به رودخانه مجاور و یا یک دریاچه را نشان می‌دهد [۲۴]. انحراف به رودخانه مجاور به منظور مهار سیلاب و یا کاهش خسارات سیل در نقاط مختلف دنیا طراحی و اجرا شده است. برای مثال بخشی از سیلاب رودخانه یوشوتسو^۱ در کشور ژاپن توسط کانال انحراف ناگایاما^۲ به طول ۵/۷ کیلومتر و عرض دویست متر به رودخانه ایشیکاری^۳ انتقال داده شده و بدین ترتیب مشکل سیل‌گیری تاسیسات حاشیه رودخانه و مناطق مسکونی مرتفع شده است. شکل (۲-۸) کانال انحراف رودخانه یوشوتسو به رودخانه ایشیکاری را نشان می‌دهد.

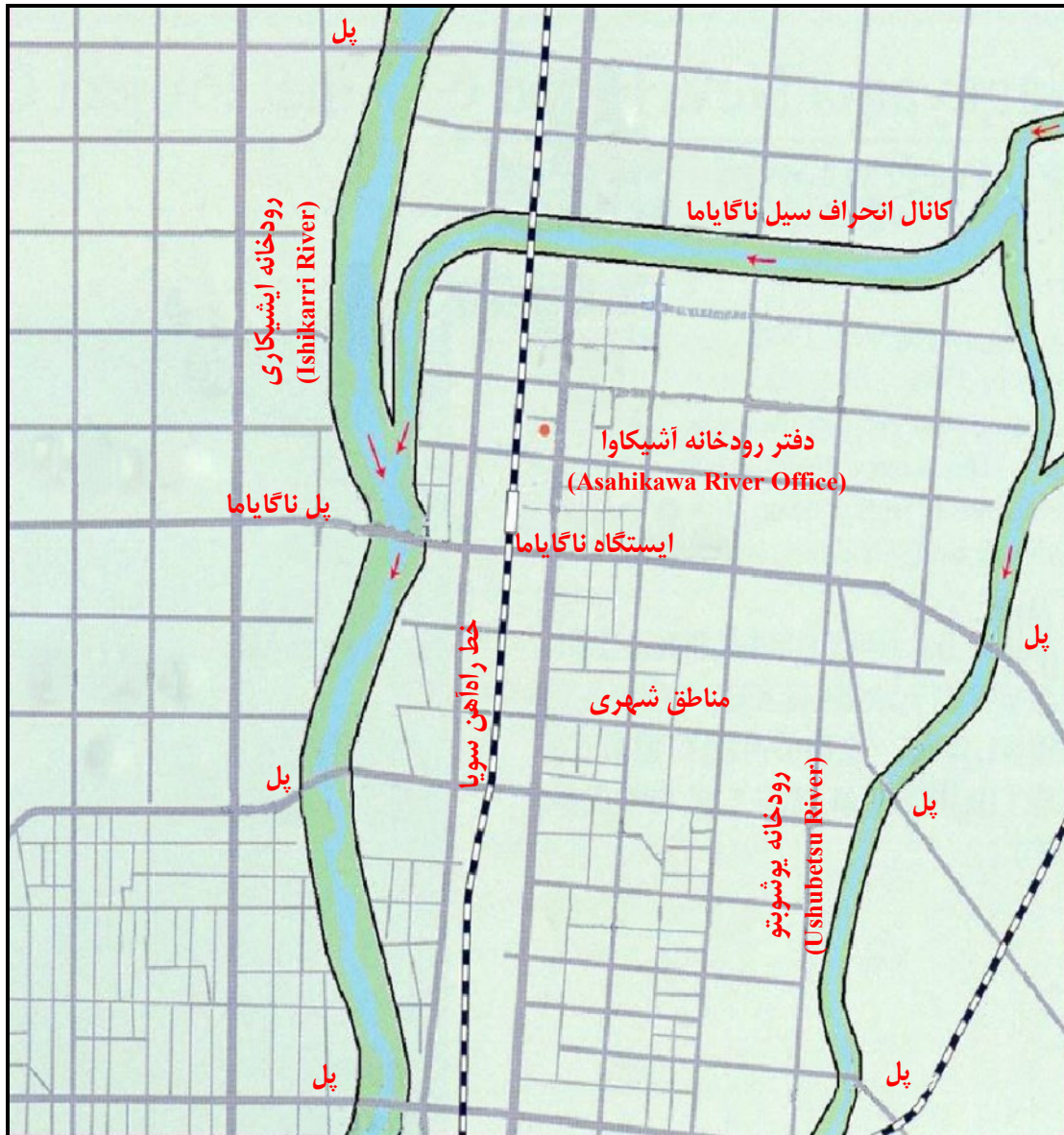


شکل ۲-۷- انحراف سیل به رودخانه مجاور و یا یک دریاچه در مجاورت رودخانه [۱۲]

1-Ushubetsu River

2- Nagayama New Floodway

3- Ishikari River



شکل ۲-۸- کانال انحراف سیل ناگایاما در کشور ژاپن [۹]

فصل ۳

بررسی اهداف و کاربردهای

سامانه‌های انحراف سیلاب

۳-۱- کلیات

بهره‌مندی از سیلاب نیازمند شناخت دقیق آن و اجرای طرح‌های مهندسی است. طراحی و اجرا سامانه‌های انحراف سیلاب به عنوان یک راه‌حل قدیمی همیشه مورد توجه بوده است. از سامانه مزبور علاوه بر ایمن‌سازی در برابر سیلاب به منظور اهداف دیگری نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این فصل به تبیین این اهداف پرداخته می‌شود. در انتها نیز اثرهای اجتماعی و پارامترهای مهم در برآورد اقتصادی این‌گونه پروژه‌ها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۲- انحراف سیلاب برای سایر اهداف

۳-۲-۱- انحراف سیلاب برای تامین آب

این روش معمولاً زمانی به کار می‌رود که هدف از انحراف سیلاب علاوه بر مهار سیلاب، تامین مقدار معینی آب نیز باشد. در این روش یک سد دریاچه‌دار در عرض رودخانه اصلی احداث شده که محل آن بلافاصله در پایین‌دست اثرگذار انحرافی می‌باشد. از نظر مهار سیلاب، این روش امتیاز زیادی ندارد مگر برای حالتی که مسیر انحرافی به ناچار در زمین نسبتاً بلند حفر گردد. در این حالت با افزایش تراز سراب تا آن‌جا که با شرایط بالادست سازگار باشد می‌توان هزینه حفاری را کاهش داد. به طور کلی مهار سرتاسری اوج سیلاب نسبت به حالت فوق انعطاف پذیرتر و سازگارتر می‌باشد.

انتقال بخشی از جریان رودخانه سیستان رود به مخازن چاه نیمه در استان سیستان و بلوچستان از طریق یک کانال انحرافی، نمونه‌ای از انحراف سیلاب به منظور تامین آب شرب و آب کشاورزی می‌باشد.

۳-۲-۲- انحراف سیلاب برای تغذیه مصنوعی و سایر اهداف

این روش در اصل یک روش انحراف سیلاب نیست بلکه هدف از آن استفاده از سیلاب انحرافی برای تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و بهبود وضعیت پوشش گیاهی منطقه مورد نظر می‌باشد. این روش معمولاً برای نواحی کم آب به کار می‌رود. برای عملی شدن این اقدام، سازه‌های کنترل و هدایت ویژه‌ای مورد نیاز می‌باشد تا بتوان مقدار سیلاب مورد نظر را به زمین‌های مناسب هدایت کرد و سپس با انجام عملیات پخش سیلاب و یا تغذیه مصنوعی، باعث پر آب‌تر شدن سفره‌های آب زیرزمینی، قنات‌ها، چشمه‌ها و چاه‌ها شد. یکی از این نوع اقدامات احداث بند و یا سرریز در مسیر آبراهه می‌باشد به طوری که مخزن ایجاد شده در بالادست بند نقش یک استخر تغذیه مصنوعی را ایفا کرده و باعث تغذیه مسیر آبراهه می‌گردد. در پاره‌ای از موارد، از خاکریزهایی به عنوان دیواره مخزن استفاده می‌شود. این خاکریزها از یک طرف به بدنه بند متصل بوده و از طرف دیگر در اراضی حاشیه رودخانه امتداد دارند. این عمل باعث وسیع‌تر شدن سطح تغذیه مصنوعی می‌گردد. در هر دو حالت فوق، آب اضافی در مسیر آبراهه تخلیه شده و باعث تغذیه مسیر پایین‌دست بند نیز می‌شود. امتیاز این روش در آن است که سیلاب‌های سنگین را می‌توان در امتداد مسیر آبراه اصلی هدایت کرده و آب‌های با حجم کم‌تر را در بستر و نیز در زمین‌های مجاور آبراه نفوذ داد. شکل (۳-۱) نمونه‌ای از استخرهای تغذیه مصنوعی را نشان می‌دهد [۷].

انحراف سیلاب برای تاخیر در جریان سیل نیز از دیگر روش‌های انحراف جریان می‌باشد که با استفاده از استخرهای تاخیری صورت می‌گیرد با این تفاوت که به جای بند انحرافی و سرریز تنها به تثبیت آبراهه پرداخته و یا از آستانه‌هایی برای این منظور استفاده می‌شود. در این روش، طراحی را طوری انجام می‌دهند که سیلاب با مقدار کم از مسیر آبراهه می‌گذرد و هر چه تراز سیلاب بالا می‌آید علاوه بر این که مقداری از سیلاب در مسیر جریان می‌یابد، مقداری نیز به داخل استخرهای جانبی یا سایر مخازن مجاور رودخانه هدایت می‌گردد. همچنین با پایین آمدن تراز سیلاب در آبراهه اصلی سطح آب در استخرهای جانبی شروع به پایین آمدن می‌کند و اگر نیاز به تغذیه مصنوعی در محل استخرها باشد می‌توان طراحی را طوری انجام داد که همیشه مقداری از آب در داخل استخرهای جانبی باقی بماند. این روش تا حدودی از لحاظ عملکرد مشابه انحراف سیلاب به استخرهای تاخیری می‌باشد با این تفاوت که در این جا اهداف تغذیه مصنوعی نیز دنبال می‌شود.

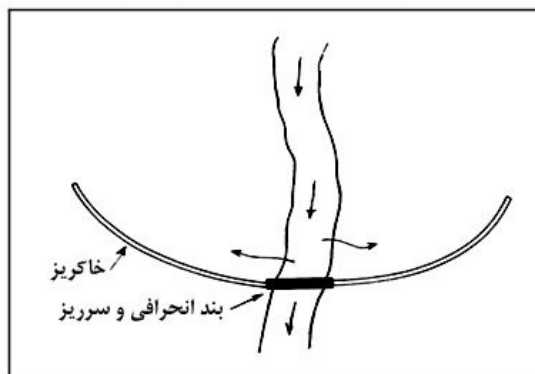
روش دیگر تغذیه مصنوعی به کمک انحراف سیلاب، هدایت سیلاب با استفاده از اثرگذار یا کانال به سمت محل‌های مناسب مانند تپه ماهورها و غیره می‌باشد. در این روش با احداث بندهای تغذیه، آب انحرافی را جهت تغذیه ذخیره می‌کنند. همچنین با استفاده از اثرگذار می‌توان سیلاب را به سمت استخرهای تغذیه مصنوعی هدایت کرد. این استخرها عموماً دارای شکل نعل اسبی می‌باشد. از جمله محل‌های مناسب برای این نوع انحراف سیلاب و تغذیه مصنوعی، مخروط افکنه‌ها و مناطق کوهپایه‌ای می‌باشد. نحوه عمل به این صورت است که ابتدا جریان آب منحرف شده را به کمک کانال‌های انتقال به سمت استخرها هدایت کرده و پس از پر شدن استخر، سرریز مجاور استخر شروع به تخلیه سیلاب مازاد کرده و آن را به استخرهای بعدی انتقال می‌دهد و یا به رودخانه برمی‌گرداند. برای افزایش ظرفیت استخرها و کاهش هزینه اجرایی عموماً از خاک حاصل از خاک‌برداری محل استخر، برای ساخت دیوارهای خاکریز اطراف آن استفاده می‌شود. این عمل باعث افزایش حجم آب ذخیره و تغذیه شده می‌گردد. به این استخرها گوراب اطلاق می‌شود. پلان عمومی این گونه استخرها مطابق شکل (۳-۲) می‌باشد.

در مواردی نیز با انحراف سیلاب به کمک تاسیسات خاصی، آن را بر روی اراضی مساعد پخش می‌کنند که به آن پخش سیلاب گفته می‌شود. این اقدام علاوه بر تغذیه مصنوعی، عموماً در جهت بهبود وضعیت پوشش گیاهی منطقه نیز می‌باشد.

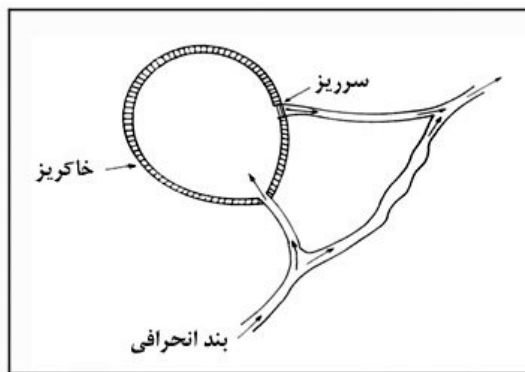
از جمع‌بندی کلیه روش‌های انحراف سیلاب با هدف تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب، می‌توان نتیجه گرفت که این گونه اقدامات دارای نتایج متعددی از جمله مهار سیلاب، تغذیه مصنوعی سفره‌های زیرزمینی و مهار رسوب بوده و می‌تواند منجر به استحصال آب برای کشاورزی، شرب و غیره گردد. این گونه اقدامات اغلب در مناطقی بالاتر از سیلابدشت و از جمله آبریز سدها صورت می‌گیرد و می‌تواند علاوه بر مهار سیلاب، بهبود وضعیت کشاورزی و نیز کنترل و کاهش حجم رسوب انتقالی به پایین دست را نیز در پی داشته باشد و با افزایش جریان پایه استفاده از منابع آبی حوضه را بهبود بخشد [۷].

در ادامه پلان عمومی یک نمونه از طرح‌های تغذیه مصنوعی که در ۱۵۰ کیلومتری شهر بوشهر واقع در شهرستان دشتستان در بخش بوشکان منطقه تنگ خون اجرا شده، ارائه می‌گردد شکل (۳-۳). مشخصات طرح شامل مولفه‌های زیر می‌باشند:

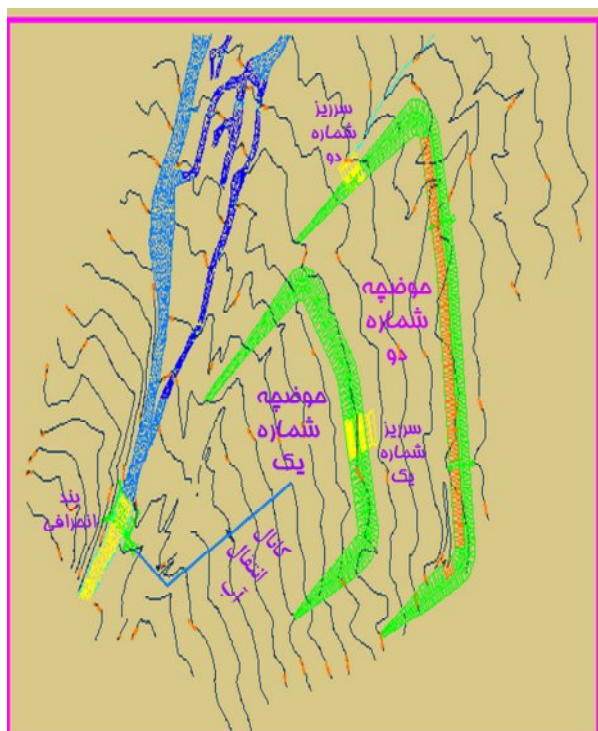
- مقدار آورد سالیانه مسیل تنگ خون ۵۰۰۰۰۰ مترمکعب برآورد شده و مقدار حجم تغذیه سالیانه با توجه به حجم حوضچه‌ها ۴۵۰۰۰۰ مترمکعب می‌باشد.
- بند انحرافی به طول ۲۸ متر و ارتفاع ۳/۸ متر از پی با جنس سنگ و سیمان
- کانال انتقال به طول ۲۳۰ متر و عرض کف ۳ متر از نوع خاکی
- دو عدد حوضچه تغذیه به حجم مفید ۱۳۰۰۰۰ مترمکعب



شکل ۳-۱- نمونه‌ای از بند انحرافی و خاکریز جهت پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی [۷]



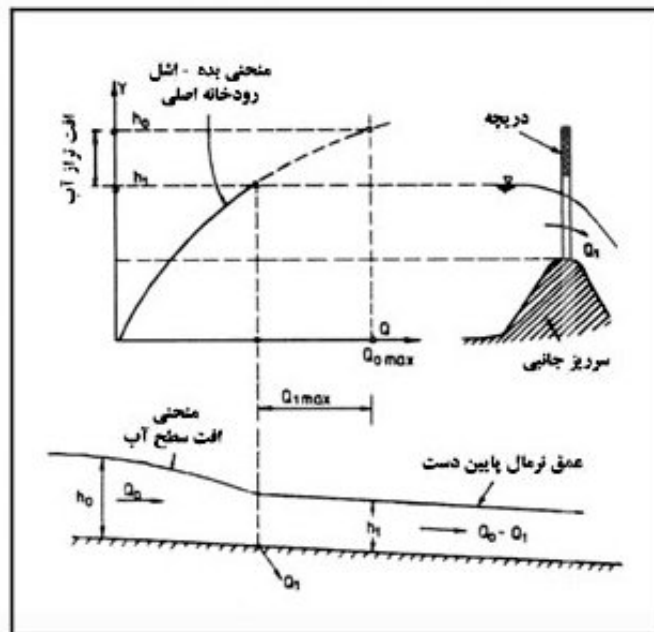
شکل ۳-۲- نمونه‌ای دیگر از استخرهای تاخیری جهت تغذیه آب‌های زیرزمینی [۷]



شکل ۳-۳- طرح اجرایی تغذیه مصنوعی تنگ خون (استان بوشهر)

۳-۳- ملاحظات لازم در انحراف سیلاب

در شرایطی که رودخانه موجود توانایی عبور جریان‌های عادی را دارا بوده ولی در شرایط سیلابی باعث سیل‌زدگی دشت‌های مجاور گردد، در آن‌صورت انحراف موقت جریان از رودخانه برای مواقع سیلابی کفایت می‌کند. در اغلب اوقات، که اثرگذار انحرافی قسمتی از آب را در حالت تراز بحرانی تخلیه کند، آبراهه طبیعی رودخانه به خوبی عمل می‌کند. در حالت انحراف دائم، آبراهه موجود اولیه با یک آبراهه دیگر که از آن آب می‌گیرد جایگزین می‌شود و یا همراه با آبراهه موجود اولیه سیلاب را عبور می‌دهد. به استثنای کارهای دائمی انحراف آب، در ابتدای اثرگذار انحرافی معمولاً یک سرریز ورودی وجود دارد که میزان سیلاب را به اثرگذار انحرافی تنظیم می‌کند. یکی دیگر از سامانه‌های انحراف سیلاب کاهش تراز بخشی از خاکریز نسبت به تراز تاج خاکریز است. در این روش رقوم تاج خاکریز در بخش‌هایی از آن پایین‌تر از رقوم تاج خاکریز طراحی شده و این قسمت‌ها در مقابل جریان خروجی حفاظت می‌گردد. رقوم تاج و عرض سرریز جانبی در چنین شرایطی ثابت در نظر گرفته می‌شود. مادامی که جریان آب رودخانه به تاج سرریز جانبی نرسیده کل جریان آب رودخانه در مقطع اصلی جریان می‌یابد. زمانی که تراز آب رودخانه از رقوم تاج سرریز جانبی بالاتر رود بخشی از بده جریان کل (Q_0) به طرف کانال انحراف سرریز کرده و تشکیل Q_1 را می‌دهد. بنابراین بده جریانی که از رودخانه اصلی به سمت پایین‌دست انتقال می‌یابد برابر است با: $(Q_0 - Q_1)$ و همزمان با Q_{0max} به مقدار حداکثر خود می‌رسد. یک نمودار از چنین ترتیبی در شکل (۳-۴) نشان داده شده است.



شکل ۳-۴- انحراف سیلاب با استفاده از سرریز جانبی [۲۴]

تغییرات ریخت‌شناسی در رودخانه اصلی و اثرگذار انحرافی که بعد از ساختن تاسیسات انحرافی به وجود می‌آید، ممکن است بعد از گذشت زمان کارایی انحراف را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. ولی این مساله برای حالتی که انحراف سیلاب از طریق یک کانال انحراف با یک سرریز که لایه‌های فوقانی سیل از طریق آن به پایین‌دست منتقل می‌شود خیلی جدی نیست. چون سرریز جانبی لایه بالایی موج سیلاب را گرفته و به کانال انحراف هدایت می‌نماید و چون این لایه نیز نسبت به لایه‌های پایینی از غلظت رسوب کم‌تری برخوردار است از این رو تغییرات غلظت رسوب در رودخانه اصلی دستخوش تغییرات عمده‌ای نخواهد شد. در حالتی که اثرگذار انحرافی بدون سرریز ورودی باشد عملاً به صورت یک دو شاخه عمل می‌کند که در واقع انحراف جریان در کل عمق

رودخانه صورت می‌پذیرد و با توجه به تغییر در سرعت جریان و توان حمل رسوب در شاخه اصلی امکان رسوب‌گذاری محتمل است. به هر حال اگر انتقال رسوب در رودخانه زیاد باشد همیشه توصیه می‌شود که قبل از انجام کارهای انحراف، با یک طرح فراگیر ساماندهی رودخانه در بالادست محل انحراف، تا حد ممکن رسوب را کاهش داده یا حداقل با اقدامات رسوب برگردان (دفع رسوب) در محل انحراف میزان رسوب انتقالی به پایین‌دست را به حداقل رساند [۲۴].

در بهترین حالت تنها از ورود بخشی از بار شسته (ذرات رس و لای) به داخل اثرگذار جلوگیری می‌گردد. اگر غلظت رسوب سیلاب انحرافی زیاد باشد، در آن صورت در اثرگذار امکان رسوب‌گذاری و تشکیل پشته‌های رسوبی وجود دارد. این انباشته‌های رسوبی از موادی تشکیل شده که آب را در خود نگه داشته و رشد گیاهان را سرعت می‌بخشد. همچنین ریشه‌ها و شاخه‌های درختان که از کناره به سمت داخل آب برآمدگی دارند، میزان رسوب‌گذاری را افزایش می‌دهند. در نتیجه ممکن است اثرگذار به طور قابل توجهی باریک شود یا حتی سبب زدگی آب گردد. وقتی که به طور همزمان مقاومت جریان بالا برود، در نتیجه کاهش قابل توجهی در ظرفیت انتقال سیلاب در اثرگذار صورت می‌گیرد. در این حالت عملیات رسوب‌برگردان (دفع رسوب) در محل انحراف تاثیر کمی در بهبود شرایط اثرگذار دارد و تنها اقدام موثر مهندسی، برگرداندن و اصلاح اثرگذار به حالت و ابعاد اولیه آن می‌باشد.

۳-۴ - انحراف سیلاب به منظور کاهش خسارات مالی و جانی

براساس گزارش و برآوردهای وزارت کشور در سال‌های گذشته ۷۰ درصد اعتبارات سالانه طرح کاهش اثرهای بلایای طبیعی و ستاد حوادث غیر مترقبه جبران خسارت ناشی از سیل شده است. ۷۰ درصد سیل‌های ۴۹ ساله، طی دوره ۷۵ - ۱۳۶۰ به وقوع پیوسته‌اند. از مهم‌ترین دلایل تشدید خسارات ناشی از این سیل‌ها می‌توان تخریب پوشش گیاهی، احداث سازه‌های تقاطعی نامناسب، دخل و تصرف غیر مجاز در بستر و حریم رودخانه و عدم توجه مناسب به هشدار و پیش‌بینی سیل را نام برد. از سیلاب‌های بزرگ در سال‌های اخیر می‌توان به سیلاب استان گلستان در سال ۱۳۸۰ اشاره کرد، در سال ۱۳۸۱ نیز سیلابی در این استان رخ داد که منجر به کشته شدن ۴۵ تن و وارد آمدن خسارات مالی حدود ۲۲ میلیارد ریال به این استان شد. خسارت‌های سیل در سال‌های ۳۹ - ۱۳۳۰ بیش از ۶۰۰۰ کشته، در سال‌های ۴۹ - ۱۳۴۰ نزدیک به ۱۰۰۰ کشته، در سال‌های ۵۹ - ۱۳۵۰ حدود ۱۰۰۰ کشته، در سال‌های ۶۹ - ۱۳۶۰ نزدیک به ۳۰۰۰ کشته، ۷۹ - ۱۳۷۰ نزدیک به ۵۰۰ کشته بوده است. متأسفانه تنها زمانی که سیلابی جاری می‌شود و احساسات و عواطف بشری را می‌آزارد، توجه همگان به خصوص مسوولین به این پدیده طبیعی جلب می‌گردد. بدیهی است که پدیده سیل علیرغم همه پیچیدگی‌هایش قابل بررسی و شناخت بوده و می‌توان در جهت مهار و کاهش خسارت آن و حتی بهره‌برداری اقتصادی از سیلاب بهره جست. بی‌شک انحراف سیلاب و ساخت اثرگذار به عنوان یک راه‌حل سازه‌ای مهار سیلاب، نقش به‌سزایی در کاهش این خسارت‌های عظیم دارد. در ادامه ضمن تبیین ارزیابی علمی خسارت یا زیان ناشی از وقوع سیلاب به‌طور کلی بحث می‌گردد و مسایل مهم تاثیرگذار بر روی بررسی‌های اقتصادی طرح‌های انحراف سیلاب نیز به‌طور خاص مطرح می‌گردد.

۳-۴-۱ - دسته‌بندی و بررسی خسارت‌ها

خسارت‌های ناشی از سیل شامل خسارت‌های محسوس و خسارت‌های نامحسوس می‌باشد که در قالب زیر دسته‌بندی می‌گردند.

۳-۴-۱-۱- خسارت‌های محسوس

این نوع خسارت‌ها را می‌توان به راحتی برآورد عددی نموده و در محاسبات اقتصادی مدنظر قرار داد که شامل خسارت‌های مستقیم و غیر مستقیم می‌گردد. این واژه‌ها برای تقسیم‌بندی فیزیکی خسارت به کار می‌رود. خسارت مستقیم، نتیجه تماس فیزیکی مستقیم با سیلاب است و خسارت غیرمستقیم، به دارایی‌ها و دستگاه‌هایی وارد می‌شود که در تماس مستقیم با سیلاب نیستند اما در نتیجه قطع داد و ستد، تغییر مسیر حمل و نقل و یا به علل دیگر ناشی از سیلاب، آسیب می‌بینند. خسارت‌های مستقیم شامل موارد زیر می‌تواند باشد:

- سیل‌گیری اراضی و تاسیسات و تخریب و یا آسیب دیدن آنها
- ایجاد فرسایش کناری در حاشیه رودخانه‌ها و تخریب اراضی کشاورزی و گسترش بستر رودخانه
- تخریب تاسیسات ناشی از تغییر بستر و مسیر رودخانه‌ها
- کاهش ارزش محصولات کشاورزی و یا صنعتی در اثر آب‌گرفتگی
- افزایش خطر سیل‌گیری در سیلاب‌های بعدی
- خسارت‌های غیرمستقیم نیز شامل موارد زیر می‌تواند باشد:
- قطع موقت ارتباط و افزایش هزینه‌های مسافرت از راه‌های دیگر
- ایجاد مشکل در تجارت روزمره
- افزایش هزینه‌های درمانی و خدماتی
- تلفات انسانی و یا معلولیت افراد

۳-۴-۱-۲- خسارت‌های نامحسوس

این خسارت‌ها به راحتی قابل برآورد نبوده و کمتر در توجیه اقتصادی طرح‌ها مدنظر قرار می‌گیرد ولی به نوبه خود از اهمیت زیادی برخوردار است. از جمله مهم‌ترین موارد این دسته از خسارت‌های نامحسوس عبارتند از:

- ایجاد مانع در راه رشد و توسعه منطقه
- ایجاد ضررهای بهداشتی در دراز مدت
- ایجاد یاس و ناامیدی در مردم و تشویق آنها به مهاجرت
- عدم سرمایه‌گذاری قابل توجه در اثر عدم اطمینان کافی

به طور کلی زیان وارد بر محصولات کشاورزی بخش مهمی از خسارت‌های ناشی از سیلاب را شامل می‌شود، تخریب خانه‌ها و تاسیسات زیربنایی و خسارت‌های وارد به اماکن صنعتی و شهری نیز از بخش‌های مهم و قابل طرح در مبحث تعیین خسارت می‌باشند. هدف اصلی از بررسی خسارت‌های ایجاد شده در اثر سیلاب، یافتن رابطه آن با ارتفاع سیلاب است. باور عمومی بر این است که میزان خسارت وارد شده، تابعی از مساحت زمین‌های به زیر آب رفته می‌باشد. لیکن عمق جریان، مدت طغیان و زمانی از سال که سیلاب روی می‌دهد نیز اثر مهمی بر مقدار خسارت وارد بر آن دارد. در این بخش باید با اطلاعات به‌دست آمده روابطی را میان ارتفاع سیلاب، مقدار خسارت و مدت آب‌گرفتگی یا طغیان برای حوضه و محدوده مورد نظر برقرار ساخت.

معمولا برای تعیین زیان خالص ناشی از سیلاب، بهتر است اظهاریه‌ای را در مورد خسارت‌های وارد بر آن و روش‌های امدادسانی در اختیار افراد آسیب دیده قرار داده شود. نمونه‌ای از این اظهاریه‌ها در جدول (۳-۱) ارائه شده است [۱۶].

۳-۴-۲- برآورد شاخص‌های اقتصادی طرح‌های مهار سیلاب

اهمیت ارزیابی علمی خسارت یا زیان ناشی از وقوع سیلاب در آن است که ارزیابی واقع بینانه‌ای از نسبت سود به هزینه در طرح مهار سیلاب ممکن شود. واژه مهار در واقع به معنی محافظت و تحت مدیریت درآوردن است. ارزیابی هر طرح مهار سیلاب، مستلزم مطالعات اقتصادی به صورت کاربردی است، به این معنا که صرفه‌جویی سالیانه (در اثر اجرای طرح‌های مهار سیلاب برای حفظ جان و مال افراد) نسبت به هزینه ساخت و نگهداری سازه‌های مهندسی مورد نیاز، باید مقایسه و ارزیابی گردد. ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که ممکن است گاهی مواقع بررسی‌های اقتصادی نشان دهد که اجرای یک طرح مهار سیلاب از نظر اقتصادی توجیه پذیر نیست ولی ملاحظات اجتماعی و سیاسی ایجاب می‌کند که این طرح انجام شود. این‌گونه موارد که در آن توجیه اقتصادی جای خود را به ملاحظات و اولویت‌های سیاسی - اجتماعی می‌دهد، کم نیستند. تشخیص صلاحیت اجرای طرح در این موارد به عهده سازمان‌های دولتی و ذیربط می‌باشد. به منظور برآورد صحیح اقتصادی طرح‌های انحراف سیلاب انجام امور زیر الزامی است [۲۶]:

- تعیین دوره بازگشت سیلاب طرحی و برآورد مقدار بده سیلابی
 - تعیین ارتفاع زمین‌های مجاور رودخانه و ترسیم منحنی میزان‌های مربوط به آن
 - بررسی هیدرولیکی جریان در رودخانه و سیلابدشت
 - بررسی دارایی‌ها در سیلابدشت
 - برآورد مقدار خسارت ناشی از سیلاب
 - برآورد سود ناشی از اجرای طرح‌های انحراف سیلاب
 - بررسی اثرهای اقتصادی و اجتماعی طرح‌های انحراف سیلاب
 - برآورد هزینه‌های اجرایی طرح‌های انحراف سیلاب
- می‌توان سود ناشی از اجرای این‌گونه طرح‌ها را در دو بخش تقسیم نمود [۱۶]:
- سودی که در اثر جلوگیری از وارد شدن خسارت حاصل می‌گردد؛
 - سودی که از استفاده بیش‌تر از زمین‌های محافظت شده به دست می‌آید.
- سود بخش اول مورد اشاره در قالب موارد زیر قابل طرح است:
- هزینه تعویض یا تعمیر املاک و دارایی‌هایی که قبل از اجرای طرح‌های انحراف سیلاب به علت وقوع سیلاب متحمل خسارت می‌گردند که با اجرای این طرح‌ها از صرف شدن این هزینه‌ها جلوگیری خواهد شد؛
 - هزینه تخلیه، امدادسانی و احیا و اجرای شرایط اضطراری؛
 - خسارت ناشی از وقفه در کسب و کار و تلفات وارد بر محصولات یا هزینه کاشت مجدد.
- از زمین‌های محافظت شده‌ای که در معرض خطر سیلاب قرار ندارند می‌توان برای اهدافی با سوددهی بیش‌تر استفاده کرد. در این بخش با تعیین درآمد خالص ناشی از اصلاح زمین و برآورد آن در قبل و بعد از اجرای طرح می‌توان سود حاصل از زمین‌های محافظت شده را به دست آورد. سودمندی ثانویه مهار سیلاب، ناشی از فعالیت‌هایی است که حاصل استفاده یا فرآیند تولیدات و خدماتی است که به طور مستقیم در معرض خطر سیل قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، اگر کارخانه تهیه فولاد یا سیمان در اثر جاری شدن سیلاب بسته شود، تولیدات صنایع و طرح‌های عمرانی دیگری که از این مواد استفاده می‌کنند، ممکن است متوقف شوند.

برآورد سودمندی ثانویه مشکل بوده معمولاً در زمره سودها و فواید طرح‌های مهار سیلاب محاسبه نمی‌شوند. منافع و فواید نامحسوس طرح‌های انحراف سیلاب، شامل حفظ جان انسان‌ها و کاهش بیماری‌های ناشی از شرایط ایجاد شده در اثر سیلاب است. برآورد ارزش پولی این فواید نامحسوس نیز مشکل است ولی غرامت پرداخت شده برای تلفات کارگران را نیز به عنوان ارزش اقتصادی زندگی بشر می‌توان در نظر گرفت. جدول زیر نمونه‌ای است که می‌توان از آن در برآورد اقتصادی این گونه طرح‌ها بهره جست.

جدول ۳-۲- برآورد اقتصادی طرح‌های انحراف سیلاب

ارتفاع ناشی از سیلاب (متر)	بده اوج سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)	کل خسارت سیلاب پایین تر از ارتفاع مربوط (ریال)	افزایش خسارت (ریال)	دوره بازگشت سیلاب (سال)	سود سالیانه (سال/ریال)	سود سالیانه تجمعی (سال/ریال)	هزینه سالیانه طرح (سال/ریال)	نسبت هزینه به سود
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

- ستون اول

عمق آب ناشی از سیلاب با استفاده از بررسی‌های هیدرولیکی جریان در سیلابدشت تعیین و به صورت محدوده‌های مشخص، تعیین می‌گردد.

- ستون دوم

بده سیلاب با توجه به دوره بازگشت مربوط در مطالعات هیدرولوژی طرح تعیین و در این جا قید می‌گردد.

- ستون سوم

خسارات‌های وارد بر منطقه که با توجه به گزارش‌ها و بررسی‌های گذشته بر روی سیلاب‌های تاریخی منطقه محاسبه شده از منحنی بده - خسارت اخذ می‌گردد.

- ستون چهارم

متناسب با ارقام ستون سوم افزایش میزان خسارت در هر دوره نسبت به دوره بعدی تعیین می‌گردد.

- ستون پنجم

دوره بازگشت سیلاب مربوط یادداشت می‌گردد.

- ستون ششم

سود سالیانه مربوط از تقسیم ستون چهارم به پنجم به دست می‌آید.

- ستون هفتم

با جمع تجمعی مولفه‌های ستون ششم محاسبه می‌گردد.

- ستون هشتم

هزینه‌های سالیانه طرح که شامل هزینه مطالعه، طراحی و اجرا و بحث بهره‌برداری و نگهداری است، محاسبه می‌گردد. پیشنهاد شده است هزینه نگهداری سالیانه حداقل ۵ درصد هزینه طرح در نظر گرفته شود [۲۶].

- ستون نهم

از تقسیم ستون هفتم به هشتم حاصل می‌گردد. با در اختیار داشتن نسبت سود به هزینه تصمیم‌گیری در خصوص اقتصادی بودن طرح با توجه به سیلاب مربوط امکان‌پذیر است. پیشنهاد شده است به منظور تدقیق محاسبه هزینه‌ها به نحوی ارزش سرمایه‌گذاری لحاظ گردد به نوعی که در صورت انتقال سرمایه مزبور به منابع بانکی سودی متصور است که این سود در واقع در مبحث استهلاک سرمایه قابل طرح بوده و به نوعی باید در برآورد هزینه سالیانه لحاظ گردد. رابطه زیر جهت تاثیر این مساله مطرح گردیده است [۲۶]:

$$C = I \cdot \left(i + \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right) \quad (1-3)$$

که در این رابطه:

C: هزینه سالیانه طرح

I: هزینه تمام شده طرح در هر سال

i: نرخ بهره رسمی

n: مدت زمان بهره‌برداری از طرح (به طور مثال برای خاکریز طولی ۴۰ سال و برای سد ۸۰ سال)

در هر برآورد اقتصادی مربوط به طرح‌های مهار سیلاب، مولفه مهم، تعیین سیلاب طراحی با دوره بازگشت معین و مشخص می‌باشد. در اغلب کشورها سیلاب با دوره بازگشت معین انتخاب شده برای طراحی گزینه انتخابی را سیلاب استاندارد آن گزینه می‌نامند. ممکن است سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال انتخاب شود. طرح سامانه مهار سیل مربوط نیز طرحی است با درجه حفاظت در برابر این سیلاب، بدیهی است با تغییر سیلاب طراحی، گزینه دیگری در نظر گرفته خواهد شد.

یکی دیگر از عوامل مهم در این بخش مساله زمین و نقش آن در تعیین قیمت نهایی پروژه است. انحراف سیلاب و ساخت اثرگذار نیاز به تخصیص زمین مناسب جهت انجام طرح دارد. ارزش زمین و تملک اراضی به قیمت‌های به روز شده از مشکلات کار می‌باشد. این مهم با هماهنگی سازمان‌های مختلف به‌ویژه کارشناسان دادگستری در هیات‌های ارزیابی زمین و رسیدن به تعرفه‌های گوناگون قابل حل است.

در تجزیه اقتصادی تفاوت خسارت ناشی از وقوع سیلاب‌های مختلف بدون اجرای طرح و خسارت ناشی از سیلاب‌های با اجرای طرح، خسارت کل یا سود ناخالص طرح را نشان می‌دهد. معمولاً توزیع سالانه هزینه در طول چند سال دوره اجرا و تکمیل طرح نیز با توجه به برنامه اجرایی تعیین می‌گردد. توزیع سالانه سود نیز قابل تعیین است. عموماً فرض می‌شود که این سود به دلیل بالا رفتن ارزش زمین، ارزش محصولات کشاورزی و فشرده‌تر شدن کشت و بهبود بازده تولید در طول چند سال معین (مثلاً ۱۰ سال) به صورت خطی زیاد شده و بعد از آن تا اتمام دوره بهره‌برداری ثابت باقی می‌ماند. باید توجه نمود که در برآورد هزینه اجرای طرح، هزینه‌های تملک زمین، سود در دوره اجرا و تعدیل هزینه و هزینه مدیریت و نگهداری در طول دوره اجرا در نظر گرفته شوند.

انجام تجزیه حساسیت با تغییر پارامترهای مختلف همواره توصیه می‌شود. این پارامترها عبارتند از:

- افزایش هزینه به میزان مثلاً ۱۰٪
- کاهش سود به میزان مثلاً ۱۰٪
- هر دو تغییر فوق
- در تاخیر حصول سود مثلاً به مدت ۲ سال و غیره می‌توان شاخص‌های اقتصادی را مجدداً محاسبه نمود و با شاخص مینا مقایسه کرد [۱۰].

فصل ۴

**تعیین معیارهای انتخاب و مکان‌یابی
سامانه‌های انحراف سیل**

۴-۱- کلیات

در این بخش معیارهای انتخاب و مکان‌یابی سامانه‌های انحراف سیل با در نظر گرفتن مسایل جانبی مورد بحث قرار می‌گیرد. این فرآیند در طرح‌های انحراف دایمی جریان در بخش ارزیابی گزینه‌ها و انتخاب گزینه بهینه قابل طرح و بررسی است. انتخاب گزینه برتر با توجه به مواردی از جمله امکان دسترسی به زمین، توپوگرافی، هزینه‌ها، ملاحظات طراحی، استانداردهای طراحی، ملاحظات زیست‌محیطی و چشم‌انداز عمومی صورت می‌پذیرد.

۴-۲- بررسی معیارهای انتخاب سامانه انحراف سیل

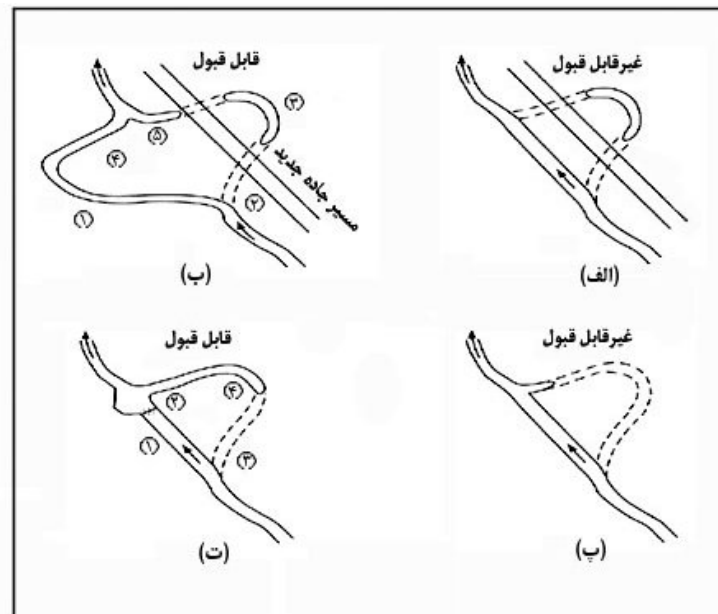
از جمله مهم‌ترین تصمیمات اولیه در طرح‌های انحراف رودخانه، تعیین محل، مسیر، طول و جانمایی کانال انحرافی می‌باشد. مناطق مورد نظر برای اجرای انحراف سیلاب باید پاسخگوی نیازهای بسیاری باشد. در ادامه در خصوص این نیازها بحث می‌گردد.

۴-۲-۱- امکان دسترسی به محل

از جمله مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در یک طرح بحث مالکیت زمین و محدودیت‌های کاربری اراضی می‌باشند. به عنوان مثال ممکن است در محل مورد نظر برای استقرار کانال مسیری از یک جاده قرار گرفته باشد. در موارد دیگری ممکن است دسترسی به محل پروژه به سادگی امکان‌پذیر نبوده به نحوی که یا از منظر عبور از مناطق ممنوعه و حفاظت شده (مشکلات قانونی) و یا از نظر مسایل اقتصادی طرح را با معضلات مهمی روبرو سازد.

۴-۲-۲- عوامل توپوگرافی

پیدا کردن مسیر مناسب یک انحراف رودخانه متأثر از وضعیت توپوگرافی محدوده طرح می‌باشد. مسیر مناسب مسیری است که جهت ایجاد آن به کم‌ترین حجم عملیات خاکی و احداث سازه‌های زیر گذر نیاز باشد از جمله ضوابط اصلی طراحی انحراف دایمی جریان این است که شیب هیدرولیکی در کانال انحراف مشابه وضعیت فعلی رودخانه طراحی گردد، در این صورت حفظ تعادل دینامیکی رودخانه میسر خواهد بود. در راستای دستیابی به اهدافی مانند کاهش بده سیلابی، ساخت جاده‌ها و ابنیه هیدرولیکی نخست مسایل متعددی مطرح می‌شود که با توجه به شرایط توپوگرافی و دیگر شرایط تاثیرگذار گزینه‌های قابل بررسی بیش‌تر انتخاب شده و پس از بحث و بررسی با توجه به انتظارات طراح از سامانه انحراف، گزینه بهینه انتخاب می‌گردد. در ادامه یک نمونه از این بررسی‌ها جهت روشن‌تر شدن مطلب ارائه می‌گردد (شکل ۴-۱). توجه به عوامل متعدد و تاثیرگذار، راه را جهت اتخاذ تصمیم نهایی بهتر و دارای نقاط ضعف کم‌تر هموار می‌سازد.



شکل ۴-۱- گزینه‌های قابل قبول انحراف رودخانه‌ها [۱۰]

گزینه‌های حادثی با خط ممتد و وضعیت فعلی با خط چین در این الگو مشخص شده است و این نحوه بررسی در تمامی گزینه‌ها برقرار است.

الف- مسیر غیر قابل قبول که باعث انسداد جاده می‌شود. عمده تاثیرهای این گزینه انحراف عبارتند از: افزایش شیب هیدرولیکی، از بین رفتن زیستگاه طبیعی و افزایش پتانسیل فرسایش پذیری در رودخانه می‌باشند.

ب- گزینه قابل قبول که جایگزین گزینه الف شده و باعث حفظ شیب هیدرولیکی و امکان بازیابی و ایجاد زیستگاه طبیعی جدید می‌شود. اثرهای این جایگزینی با توجه به موقعیت که در شکل نشان داده شده به ترتیب موارد زیر انجام و سبب پدید آمدن نکات مفیدی می‌گردد که به آن اشاره می‌گردد:

۱- پیاده کردن کانالی که قرینه کانال انحرافی قبلی (الف) باشد.

۲- از بین بردن بخشی از کانال انحرافی قبلی و پرمودن آن

۳- بهسازی قسمتی از کانال انحرافی قبلی به نحوی که سبب ایجاد تالاب شده که این مهم در بهبود شرایط زیست محیطی موثر است.

۴- رهاسازی و ایجاد زمین جدید

۵- حفظ بخشی از مسیر کانال قبلی به منظور ایجاد محیطی جهت برگشت آب که در تسکین سیل موثر است.

ج- مسیر غیر قابل قبول که باعث افزایش مقطعی ظرفیت عبور سیلاب می‌شود. عمده تاثیرات این گزینه انحراف عبارتند از افزایش شیب هیدرولیکی، از بین رفتن زیستگاه طبیعی و افزایش پتانسیل فرسایش پذیری

د- گزینه قابل قبول که جایگزین گزینه ج شده و باعث تثبیت شیب هیدرولیکی و کاهش پتانسیل فرسایش پذیری می‌شود. اثرهای این جایگزینی با توجه به موقعیت که در شکل نشان داده شده به ترتیب موارد زیر انجام و سبب پدید آمدن نکات مفیدی می‌گردد که به آن اشاره می‌گردد:

- ۱- احداث کانال مستقیم به سمت مسیر اصلی رودخانه
 - ۲- احداث سرریز افت یا گوداب و خیزاب محافظت شده با سنگ، که باعث کاهش انرژی آب و تثبیت سرعت و سطح کف بستر در بالادست شود.
 - ۳- پرنمودن بخشی از مسیر کانال انحرافی قبلی (پ) و یا رها کردن آن به عنوان کانالی که در مواقع سیلابی یا کم‌آبی نقش داشته باشد.
 - ۴- توسعه بخشی از مسیر کانال قبلی به منظور ایجاد محیطی جهت برگشت آب که در تسکین سیل موثر بوده و در عین حال به عنوان محیطی جهت پناهگاه طبیعی برای حیوانات قابل بهره‌برداری است
- در بررسی صورت پذیرفته ملاحظات زیست‌محیطی و دیگر جوانب در نظر گرفته نشده است. گزینه‌های «الف» و «پ» که غیر قابل قبول تشخیص داده شده با رعایت محدودیت‌های هیدرولیکی به گزینه‌های «ب» و «ت» تبدیل شده‌اند. گزینه «ب» بازتاب تصویری طرح «الف» است که ممکن است به شرط وجود زمین، یک مسیر ایده آل برای انحراف باشد. اما معمولاً این گزینه به سبب موضوعاتی از قبیل موجود بودن زمین، توپوگرافی، خصوصیات فیزیکی و در نظر داشتن توسعه آبی، اجرایی نمودن آن دشوار به نظر می‌رسد. گزینه «ت» شامل مسیر انحرافی است که کوتاه‌تر از مسیر موجود رودخانه بوده و شامل یک سرریز جهت کنترل شیب رودخانه می‌باشد. قسمتی از رودخانه اصلی نیز جهت ارتقای شرایط زیست‌محیطی حفظ شده است.
- ممکن است پیچان‌رودهای قدیمی از رودخانه منحرف شده موجود باشد که موقعیت‌های مناسبی را جهت ارتقا شرایط زیست‌محیطی ایجاد می‌نماید گزینه «ب».
- بسیاری از طرح‌های تاریخی یا کاربری‌های بومی و محلی سبب تغییر آبراهه‌های نیمه طبیعی می‌شوند. اگر عملیات پیشنهادی شامل تصمیماتی مانند اصلاح، بازیابی یا نگهداری بناهای تاریخی در رودخانه باشد، باید با جزئیات کامل مشخص گردد. اخذ اطلاعات کامل در خصوص بناهای تاریخی از مراجع ذیربط در ارائه طرح‌های آبی مفید به نظر می‌رسد.
- مسیر پیشنهادی ممکن است از میان پارک‌های ملی حفاظت شده عبور نماید که در چنین شرایطی در صورت عدم موافقت مسوولان محیط زیست باید این محدوده دور زده شود و انتخاب مسیر جدید با در نظر گرفتن توپوگرافی، وضعیت موجود، زمین لازم برای توسعه آبی، مناطق حفاظت شده و باستانی و از همه مهم‌تر ملاحظات زیست‌محیطی ارائه گردد.

۴-۲-۳- شرایط زمین

شرایط زمین باید در مرحله برنامه‌ریزی و جانمایی مسیر انحراف رودخانه مورد توجه قرار گیرد. مواردی مانند عبور از مسیرهای باتلاقی و سنگی علاوه بر این که هزینه‌های هنگفتی را به طرح تحمیل می‌کند در مواردی هم غیر قابل اجرا است. به منظور حفر کانال، پایداری شیب‌های شیروانی امری مهم بوده و آگاهی از جنس بستر و وضعیت زمین‌شناسی با حفر گمانه به تعداد مورد نیاز امکان‌پذیر است. مساله دیگری که در این بخش مهم است، بررسی وضعیت زمین به لحاظ عمق سطح آب زیرزمینی است. عملیات خاک‌برداری و پمپاژ و زهکشی در این گونه زمین‌ها نیز هزینه‌بر بوده و در هنگام بهره‌برداری هم مشکلاتی را برای مدیریت نگهداری و بهره‌برداری ایجاد می‌کند.

۴-۲-۴- زمین آلوده

اگر در طرح انحراف دائمی به زمین آلوده برخورد کنیم کاملاً اقتصادی خواهد بود که به یافتن گزینه دیگری بپردازیم. اگر مسیر دیگر مقدور نباشد لازم است که مواد زاید، خاک‌برداری شده (تحت نظر کارشناسان و ادارات ذیربط) و از منطقه دفع شود. متناوباً عملیات بهسازی زمین نیز باید انجام پذیرد. در چنین شرایطی هماهنگی با نهادهای قانونی مرتبط از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. ممکن است نیاز باشد تا برخی از مواد زاید را به صورت سر بسته از محیط خارج نمود. در رودخانه‌های دائمی اطمینان از عدم ورود آلودگی آب زیرزمینی به آب‌های سطحی نیز لازم است. در مواقعی می‌توان با ایجاد لایه پوششی از نوع شن و خاک و سپس به کمک ایجاد پوشش گیاهی لایه مواد آلوده را مدفون نمود. در این حالت حفظ شرایط ریخت‌شناسی کانال نیز اهمیت ویژه‌ای خواهد داشت. برای مثال این راه‌حل در کانالی که به لحاظ ریخت‌شناسی فعال بوده و در بازه‌هایی که فرسایش‌های شدید رخ می‌دهد، مناسب نخواهد بود.

۴-۳- مکان‌یابی طرح

در طرح انحراف جریان رودخانه چه کانال احداثی دائمی بوده و چه موقت انجام مطالعات اولیه جهت مکان‌یابی طرح، الزامی است. بدیهی است بنا بر شرایط دائمی و موقت عمق این مطالعات تعیین می‌گردد. قبل از هر طرح انحراف در رودخانه گزینه‌های متعددی ارائه و بررسی‌های مختلفی بر روی آن صورت می‌پذیرد. این بررسی‌ها از جنبه‌های عواملی مانند: کاربری اراضی و وضعیت زمین، فنی و اجرایی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و چشم‌انداز طبیعی و محیطی باید مورد ارزیابی قرار گیرند. این بررسی‌ها بهتر است در دو بازه زمانی وضعیت فعلی و شرایط آتی صورت پذیرفته و با مقایسه میان شاخص‌ها، امکان تصمیم‌گیری صحیح فراهم شود. پس از ارزیابی گزینه‌ها و اخذ تصمیم نهایی در مورد گزینه مطلوب انحراف جریان رودخانه به سمت کانال دائمی یا موقت، مواردی چون برنامه‌ریزی، جزییات طراحی و نحوه عملیات اجرایی باید مورد توجه قرار گیرند.

طرح‌های انحراف سیلاب بر روی مسایلی همچون طبیعت بومی محدوده اجرای طرح، کشتیرانی، میراث فرهنگی منطقه، تفریحات، چشم‌انداز منطقه، ذخیره سیلاب، فرآیند انتقال رسوب و جریان تأثیرگذار است. در ادامه با توجه به ماهیت این گونه طرح‌ها این موارد در قالب موضوعات زیر قابل بررسی هستند:

- تهدید شرایط زیستگاهی مربوط به آبزیان و جانوران
- تغییر در رژیم زمین ریخت‌شناسی منطقه به واسطه شرایط جدید فرسایش و رسوب‌گذاری
- کاهش ذخیره سیلاب و تغییر در مسیرهای زهکشی
- از بین رفتن زمین‌های کشاورزی واقع در محدوده مسیر کانال انحراف
- مزاحمت در بناهای تاریخی محدوده طرح در صورت وجود
- آلودگی صوتی و ایجاد گرد و غبار
- تغییر در مولفه‌های مربوط به کیفیت خاک و آب سطحی از لحاظ شیمیایی، زیستی و فیزیکی
- تغییر در تبادل با آب زیرزمینی (مبحث تغذیه آب‌های زیرزمینی از بستر رودخانه)
- تغییر در رژیم رسوب‌گذاری
- قطع در برنامه‌های کشتی‌رانی و اختلال در برنامه‌های تفریحی کنار رودخانه

- رسوب‌گذاری در نقاط انفصال و یا اتصال به کانال اصلی
- تخریب چشم‌انداز طبیعی
- تاثیر بر دسترسی عموم به رودخانه
- تغییر در چشم‌انداز طبیعی و تاریخی رودخانه

در مواردی که طرح انحراف جریان رودخانه به عنوان گزینه انتخابی مهار سیلاب انتخاب می‌گردد. وظیفه طراح، به حداقل رساندن تاثیرات منفی اجرای آن می‌باشد. یک طرح موفق و ایده‌آل طرحی است که نه تنها در بخش به حداقل رسانیدن اثرهای منفی تمامی جوانب را در نظر داشته بلکه با ارائه روش‌هایی باعث بهبود و ارتقای شرایط زیست‌محیطی رودخانه گردد. به عنوان مثال تخریب زیستگاه را می‌توان با ایجاد مناطق مشابه در محدوده طرح و یا در حوالی آن جبران نمود.

۴-۴- مسایل قانونی طرح

جهت افزایش آگاهی لازم است تا مشاوره‌هایی با سازمان‌های دولتی و یا غیردولتی انجام پذیرد. این مشاوره‌ها به منظور ارزیابی واکنش و اظهار نظرها و همچنین برای مشخص نمودن محدودیت‌ها و موضوعات مطرح در مرحله طراحی و اجرا مفید و قابل استفاده می‌باشند. سازمان‌های مربوط که می‌توانند طرف مشاوره باشند شامل سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر حفاظت و مهندسی رودخانه و سواحل و مهار سیلاب، شوراهای شهر و روستا، تعاونی‌های صیادی، اداره شیلات و سازمان‌هایی که به نوعی در بحث مدیریت زمین و اراضی محدوده طرح دارای مسوولیت هستند، می‌باشند.

بررسی قوانین و آیین‌نامه‌های موجود و چگونگی اخذ موافقت از مراجع مربوط جهت اجرایی نمودن طرح انحراف سیلاب باید در هنگام مطالعه و به خصوص در مرحله انتخاب مسیر مورد توجه قرار گیرند. طراحی یک مسیر انحراف در رودخانه به سادگی انتخاب کانال یا طرح خط لوله جهت انتقال جریان و یا دیگر طرح‌های مهندسی رودخانه مانند اجرای گوره، آبشکن و... نمی‌باشد و نیاز به هماهنگی با ارگان‌های مختلف نه تنها در هنگام طراحی بلکه در طول اجرای طرح دارد. جهت موفقیت طرح در کمیته‌های فنی سازمان‌های مربوط، باید موضوع از کلیه جنبه‌های فنی و مهندسی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی مورد بررسی دقیق قرار گرفته و با ارائه گزارش جمع‌بندی مقایسه‌ای میان وضعیت شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی و حتی زیست‌محیطی در شرایط قبل از طرح و پس از اجرای آن صورت گیرد. مهم‌ترین موضوع در طرح انحراف سیلاب به خصوص در صورت اجرای کانال دائمی، مساله تملک زمین است. توجه به مسایل قانونی این بخش و طی نمودن مراحل اداری و حقوقی آن از مهم‌ترین مواردی است که طراحان باید از آن آگاهی کافی داشته باشند. ایجاد تعامل سازنده میان سازمان‌ها و مردم نیز بخش مهمی است که بر عهده کارفرمای طرح بوده ولی طراحان نیز می‌توانند با ارائه راهکار و همراهی، این موضوع را تسریع بخشند.

۴-۵- مسایل زیست‌محیطی طرح

اثرهای زیست‌محیطی تحت عنوان گزارش ارزیابی زیست‌محیطی طرح، تهیه و جهت تصویب و اظهار نظر به سازمان حفاظت محیط زیست ارائه می‌گردد. این راهکار باید محدودیت‌ها، موضوعات مربوط به آن و موقعیت‌های زیست‌محیطی را مشخص نماید. این محدودیت‌ها و موقعیت‌ها ممکن است مواردی از قبیل تاثیر بر جوامع گیاهی و جانوری، کیفیت آب، تفریح و سرگرمی را شامل

می‌شود که باید در ملاحظات حوضه آبریز و توسعه پایدار محدوده طرح مدنظر قرار گیرد. اطلاعات پایه زیست‌محیطی جمع‌آوری شده جهت ارزیابی زیست‌محیطی باید از لحاظ کمی و کیفی مطابق با اهمیت موضوع از دقت مناسبی برخوردار باشد.

شناسایی اثرهای زیست‌محیطی، بخش عمده و اصلی در روند مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی را تشکیل می‌دهد. طرح‌های مهندسی رودخانه در مرحله اجرا و در مرحله بهره‌برداری دربرگیرنده فعالیت‌های متعددی است که محیط‌زیست را تحت تاثیر قرار می‌دهد که این اثرها باید در مبحث ارزیابی زیست‌محیطی به دقت شناسایی شوند [۲].

در طی مرحله طراحی اجمالی یک ارزیابی کلی زیست‌محیطی جهت انتخاب گزینه برتر، لازم به نظر می‌رسد. اگر احتمال تاثیرات زیست‌محیطی قابل توجهی در نتیجه اجرای طرح وجود داشته باشد آنگاه یک ارزیابی زیست‌محیطی کامل‌تری مورد نیاز است. در این مرحله می‌توان از طریق مشاوره با مشاورین قانونی و منابع موثق محلی به اطلاعات زیست‌محیطی مفیدی دست‌یافت.

پیشنهاد می‌گردد بررسی مسایل زیست‌محیطی در خصوص طرح‌های انحراف سیلاب با تاکید بر موارد زیر صورت پذیرد:

- پیشنهاد اقدامات سازنده جهت تخفیف اثرهای طرح بر محیط زیست در بخش‌های کیفیت آب، دفع مواد زاید، نشست احتمالی
 - بررسی اثرهای طرح بر وضعیت محیط زیست از منظر طبیعی منطقه شامل: زیست‌بوم، هیدرولوژی و توپوگرافی
 - بررسی اثرهای طرح بر وضعیت محیط زیست از منظر اجتماعی منطقه شامل: انتقال و جابجایی ساکنین، سکونت و معاش، میراث فرهنگی، چشم‌انداز طبیعی، مسایل مردم بومی و قومی
 - بررسی اثرهای طرح بر وضعیت محیط زیست از منظر دیگر موضوعات مانند: فعالیت‌های هنگام اجرا و بهره‌برداری
- طراحان بهتر است در بررسی مسایل زیست‌محیطی طرح انحراف سیلاب ضمن شناخت اثرها، راهکار موثری نیز برای کاهش و یا بازیابی آن ارائه دهند. جدول (۴-۱) به موضوعات بالا با جزئیات بیش‌تری می‌پردازد. پیشنهاد می‌گردد مسایل زیست‌محیطی در قالب موضوعات مزبور بررسی گردد. البته استفاده از مراجع مفیدی همچون دستورالعمل ارزیابی زیست‌محیطی طرح‌های مهندسی رودخانه نشریه شماره ۲۲۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی نیز توصیه می‌گردد. در جدول (۴-۱) موضوعات مهم زیست‌محیطی طرح‌های انحراف سیلاب به تفکیک هر بخش به صورت سوال طراحی شده که بهتر است به این سوالات پاسخ مشخصی داده شود. جدول مورد اشاره به نوعی فهرست بررسی‌های مربوط به مسایل زیست‌محیطی طرح را بیان می‌دارد.

جدول ۴-۱- فهرست بررسی‌های مورد نیاز مربوط به مسایل زیست‌محیطی طرح‌های انحراف سیلاب

موضوعات	موارد زیست‌محیطی مرتبط	موارد کنترلی مورد نیاز
قوانین و آیین‌نامه‌ها	دستورالعمل	آیا در ارائه گزارش ارزیابی زیست‌محیطی طرح به لحاظ محتوایی و شکلی، قوانین و آیین‌نامه‌های مربوط رعایت شده است؟
اقدامات تخفیفی	کیفیت آب	آیا اثر تغییر در بده رودخانه پس از اجرای طرح انحراف در پایین‌دست محدوده طرح و در مسیر فعلی بر روی پارامترهای کیفی رودخانه مطالعه شده است؟ آیا تعیین بده حداقل مورد نیاز جهت حفظ شرایط حداقل کیفی بر اساس آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های موجود انجام شده است؟
	دفع مواد زاید	آیا جهت انتقال و دفع مواد حاصل از عملیات خاکبرداری، کانال‌کشی و لایروبی از محدوده طرح تدابیری اندیشیده شده است؟
محیط زیست از منظر طبیعی	نشست	آیا حجم عملیات خاک‌برداری و کانال‌کشی مسیر انحرافی به اندازه‌ای است که بر سطح آب‌زیرزمینی منطقه تاثیرگذار باشد و در صورت تاثیر آیا این پدیده مطالعه شده و اقدامات مقابله‌ای اندیشیده شده است؟
	مناطق حفاظت شده	آیا محدوده طرح در مناطق حفاظت شده قرار دارد و آیا جهت عبور مسیر کانال از این بخش قوانین و آیین‌نامه‌های مربوط رعایت شده است؟

ادامه جدول ۴-۱- فهرست بررسی‌های مورد نیاز مربوط به مسایل زیست‌محیطی طرح‌های انحراف سیلاب

موضوعات	موارد زیست‌محیطی مرتبط	موارد کنترلی مورد نیاز
	زیست‌بوم	آیا محل طرح در محدوده گونه‌های حفاظت شده جوامع گیاهی و جانوری قرار دارد و در صورت وجود چه تدابیری جهت حفظ و بازیابی آنها اندیشیده شده است؟ آیا محل طرح در محدوده مناطق حفاظت شده اعلامی از طرف سازمان حفاظت محیط زیست قرار دارد؟ آیا اجرای طرح و کاهش بده و تراز آب در مسیر گذشته باعث بروز مشکلاتی بر زندگی جوامع گیاهی و جانوری می‌شود و در صورت وقوع این پدیده آیا برای آن چاره‌اندیشی شده است؟ آیا تدابیر ویژه‌ای هنگام عملیات اجرایی به منظور وقوع کم‌ترین تاثیر بر شرایط زیست‌بوم شامل جوامع گیاهی، جانوری (ماهیان، میکروارگانیزم و ...) اندیشیده شده است؟ آیا پارامترهای زیست‌محیطی کیفیت آب و اثر آن بر روی زیست‌بوم منطقه مطالعه شده است؟
محیط زیست از منظر طبیعی	هیدرولوژی	آیا احتمال تغییرات هیدرولوژیکی مهمی به واسطه اجرای طرح وجود دارد مانند تاثیر بر شیب هیدرولیکی جریان آب سطحی و زیرزمینی و آیا برای این مهم چاره‌اندیشی شده است؟
	توپوگرافی و زمین‌شناسی	آیا به علت عملیات کانال‌کشی جهت مسیر انحرافی جدید توپوگرافی زمین دستخوش تغییر عمده‌ای می‌گردد؟
	انتقال ساکنین محدوده طرح	آیا در اثر اجرای طرح نیاز به جابجایی ساکنین محدوده طرح هست؟ در صورت وجود آیا پیشنهادات مبسوطی در خصوص کاهش این موضوع بر روند عادی زندگی مردم ارائه شده است؟ آیا در خصوص برنامه انتقال ساکنین توجه ویژه به طبقات فقیر، زنان، سالم‌خوردگان، کودکان شده است؟ و آیا در این برنامه برای ایجاد شرایط جدید زندگی امتیازاتی در نظر گرفته شده است؟ آیا جهت اجرایی نمودن فرآیند انتقال ساکنین محدوده طرح موافقت‌نامه‌ای میان مردم و سازمان مربوط مبادله می‌شود؟ آیا میزان بودجه این موضوع محاسبه شده است و موافقت مسوولین جهت پرداخت آن کسب شده است؟
محیط زیست از منظر اجتماعی	سکونت و معاش	آیا در اثر اجرای طرح احتمال از بین رفتن فرصت‌های شغلی وجود دارد؟ و آیا پیشنهادی در خصوص ایجاد فرصت‌های جدید شغلی جایگزین شده است؟ آیا کاهش تراز آب سطحی و زیرزمینی به واسطه عملیات اجرایی طرح تاثیری بر مصرف‌کنندگان فعلی دارد و یا وضعیت صیادی را در پایین‌دست به خطر نمی‌اندازد؟ آیا کاهش بده رودخانه در مسیر اصلی باعث ازدیاد پشه‌ها (خصوصاً پشه‌های ناقل بیماری‌هایی مانند مالاریا) در فصل گرما می‌شود و آیا تاثیر این موضوع بر مسایل بهداشتی ساکنین محدوده طرح بررسی شده است؟
	میراث فرهنگی	آیا اجرای طرح باعث تخریب در مناطق تاریخی و باستان‌شناسی می‌شود و در صورت وجود تدابیر حفاظتی اندیشیده شده است؟
	چشم‌انداز طبیعی	آیا اجرای طرح باعث تخریب چشم‌اندازهای طبیعی می‌شود و چه تدابیری در این خصوص اندیشیده شده است؟
دیگر موضوعات	مسایل بومی و محلی	آیا اجرای طرح با رویکرد تاثیر بر مسایل بومی و محلی حاکم بر منطقه مطالعه شده است؟
	فعالیت‌های هنگام اجرا	آیا مسایل عملیات اجرایی طرح از حیث آلودگی‌های آن شامل سر و صدا، دفع فاضلاب، وجود گل و لای و مواد زاید مطالعه شده است؟ آیا تاثیر عملیات هنگام ساخت بر زندگی ساکنین از منظر طبیعی و اجتماعی و ایجاد فرصت‌های شغلی و تاثیر بر ترافیک و غیره مطالعه شده است؟
	فعالیت خاص	آیا نیاز به رعایت قوانین خاص دیگری در محدوده طرح و یا اخذ مجوز ویژه‌ای از سازمان‌های منطقه‌ای درگیر می‌باشد؟

فصل ۵

تعیین اطلاعات مورد نیاز طراحی

سامانه‌های انحراف سیل

۵-۱- کلیات

به منظور ارائه یک طرح مهندسی موفق، تدوین الگوهای مدون محاسباتی و نگاه دقیق به مساله، لازم و ضروری به نظر می‌رسد. آگاهی دقیق از صورت مساله و داده‌های مورد نیاز در گام‌های نخست این فرآیند قرار دارد. طراح نیاز دارد تا از تمامی جوانب کار آگاهی داشته تا در تصمیم‌گیری میان گزینه‌های متعدد از آن بهره جوید. این مهم با شناخت کافی از پدیده‌های طبیعی در قالب اطلاعات و آمار کیفی و کمی طبقه‌بندی شده در مباحث گوناگون امکان‌پذیر است. در این فصل به طور منظم و جداگانه داده‌های مورد نیاز و مبانی طراحی سامانه‌های انحراف سیل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۵-۲- اطلاعات و دسته‌بندی داده‌های مورد نیاز

۵-۲-۱- حوضه آبریز

برنامه‌ریزی جهت اداره و توسعه فعالیت‌های حوضه آبریز که توسط سازمان‌های آب منطقه‌ای کشور صورت می‌پذیرد، فرآیندی است جهت ارزیابی موضوعات و مسایل ناشی از مصارف آب در داخل حوضه آبریز و اقداماتی به منظور بهبود شرایط زیست‌محیطی. مصارف در حوضه آبریز در قالب استفاده مستقیم از آب در محیط زیست (به عنوان مثال اکولوژی و تلفات آب) و یا در فعالیتی که در محدوده حوضه آبریز صورت می‌گیرد، (به عنوان مثال استخراج معادن و گسترش شهرسازی) تعریف می‌شود. حوضه‌های آبریز واحدهای جغرافیایی مجزا با مرزها یا محدوده‌های مشخص می‌باشند که این محدوده‌ها با توجه به جهت جریان در نظر گرفته می‌شوند. این حوضه‌ها شامل یک یا چند زیر حوضه می‌باشند [۱۳].

نظر به این که طرح انحراف جریان در رودخانه تاثیر مستقیم و مهمی بر هر گونه فعالیت تعریف شده در حوضه آبریز می‌گذارد، آگاهی از برنامه توسعه آبی و هم‌سو نمودن اهداف طرح با برنامه در نظر گرفته شده در این بخش بسیار مهم تلقی می‌گردد. تاثیر انحراف دایم جریان در رودخانه بر تمام حوضه آبریز در مرحله مکان‌یابی پروژه باید در نظر گرفته شود. به این دلیل که تمام تاثیرات منفی و اقدامات تخفیف دهنده قبل از وارد شدن به مرحله جزییات طراحی شناسایی شوند. از جمله مسایل و موضوعات مهمی که بر شرایط کل حوضه آبریز تاثیر می‌گذارند عبارتند از:

- مسایل مرتبط با هیدرولیک مانند تغییر در رژیم جریان و وضعیت فرسایش و رسوب گذاری
- مسایل زیست‌محیطی مانند مهاجرت آبزیان، از بین رفتن زیستگاه‌های طبیعی، عبور از مناطق حفاظت شده
- وضعیت اقتصادی و اجتماعی مانند اشتغال و سکونت
- ارزیابی مسایل مطرح شده نیازمند داده‌ها و اطلاعاتی است که باید از ارگان‌های متعددی دریافت شود. بهتر است با تقسیم‌بندی آنها به زیرگروه‌های مشخص بر سرعت جمع‌آوری آنها افزود. زیرگروه‌های پیشنهادی به شرح زیر می‌باشد:
- اطلاعات کلی در خصوص نیازهای آبی حوضه آبریز در بخش‌های مصارف عمومی و شهری، صنعتی، کشاورزی و زیست‌محیطی و اکولوژی در حالت فعلی و توسعه آتی
- اطلاعات در خصوص وجود برنامه توسعه آبی در موضوعات صنعتی، کشاورزی، مسکونی و غیره

- اطلاعات گذشته در خصوص روند توسعه محیط‌های شهری و روستایی در حوضه آبریز با بررسی تصاویر و نقشه‌ها و مدارک موجود
- جمع‌آوری اطلاعات در خصوص طرح‌های سازه‌ای و برنامه‌های غیرسازه‌ای اجرا شده تاکنون در محدوده طرح مرتبط با موضوع مهار سیلاب
- اطلاعات کاربری اراضی و ارزش‌داری‌های موجود در منطقه
- در صورت کمبود اطلاعات و نیاز به دریافت اطلاعات خاصی از وضعیت اقتصادی و اجتماعی و افکار عمومی در پروژه‌های بزرگ می‌توان با طرح پرسش‌نامه از جمعیت‌های مختلف آماری به تکمیل داده‌های مربوط اقدام ورزید. این موضوع با هماهنگی کارفرما قابل انجام است.

۵-۲-۲- زمین شناسی و زمین ریخت‌شناسی

- تمام طرح‌های پیشنهادی انحراف جریان در رودخانه‌ها جهت محاسبه پتانسیل فرسایش و رسوب‌گذاری در کانال انحرافی و تعیین تاثیر بر روی بالادست و پایین‌دست رودخانه باید به روشنی مورد ارزیابی زمین‌شناسی و زمین ریخت‌شناسی قرار گیرند. پیشنهاد می‌شود به منظور انجام این مطالعه جمع‌آوری داده موردنیاز و بررسی‌ها در قالب محورهای زیر صورت پذیرد:
- جمع‌آوری عکس‌های هوایی و اطلاعات و تصاویر ماهواره‌ای از منطقه مورد مطالعه و نقشه‌های زمین‌شناسی سطحی و گزارشات مطالعات زمین‌شناسی انجام شده که بتوان با توجه به اطلاعات مزبور یک بررسی اجمالی از فرآیندهای زمین‌شناسی موجود در محدوده طرح که در رابطه با رودخانه باشد، انجام داد.
 - بررسی اجمالی بر روی وضعیت آب‌های زیرزمینی در محدوده طرح
 - بررسی خصوصیات زمین ریخت‌شناسی منطقه شامل تشکیلات سطحی، وضعیت و شکل عوارض سطحی در محدوده طرح
 - بررسی اجمالی انواع تشکیلات سطحی غالب منطقه و میزان حساسیت آنها به فرسایش، لغزش و ریزش به ویژه در محدوده عملیات کانال‌کشی در مسیر انحراف و تهیه نقشه حساسیت به فرسایش در محدوده طرح.
 - آگاهی از وضعیت ژئوتکنیک منطقه و مسیر کانال با در اختیار داشتن اطلاعات گمانه‌های مورد نیاز به تشخیص طراحان و بر اساس دستورالعمل‌های موجود
- نتایج حاصل از این ارزیابی‌ها در طراحی کانال‌ها باید اعمال شوند و به نوعی نقش مهمی در انتخاب سامانه انحراف و کارکرد آن در هنگام عملیات اجرا و بهره‌برداری دارد.

۵-۲-۳- ریخت‌شناسی رودخانه

- ارزیابی ریخت‌شناسی رودخانه اطلاعات مفیدی در مورد شکل، اندازه و فرم پلان فعلی و گذشته رودخانه را فراهم می‌نماید. پیشنهاد می‌شود جمع‌آوری داده‌ها و بررسی‌های مربوط به این بخش در قالب محورهای زیر صورت پذیرد:
- بررسی و تعیین نوع مشخصات تغییرات مهم خصوصیات ریخت‌شناسی رودخانه در محدوده تحت مطالعه و بررسی ایجاد عوامل موثر بر این تغییرات

- تعیین نوع و فرم رودخانه در طول مسیر آن با توجه به وضعیت توپوگرافی حوضه آبریز و بررسی چگونگی تغییرات مسیر(مجرا) رودخانه در گذشته با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، اطلاعات و سوابق محلی
 - تهیه نقشه ریخت‌شناسی در گذشته و حال در محدوده مطالعات و پیش‌بینی تغییرات ناشی از اجرای انحراف مانند کاهش تراز سطح آب بر وضعیت مذکور
 - بررسی چگونگی تغییر شیب بستر رودخانه در محدوده مطالعات و تاثیر آن بر ریخت‌شناسی
 - تعیین وضعیت برداشت مصالح شن و ماسه در صورت وجود در محدوده طرح
- هدف از انجام بررسی‌های یاد شده با تاکید بر فهم موضوع پایداری کانال انحراف می‌باشد. که در گام‌های بعدی مبنای رسیدن به یک برآورد کمی (با دقت مشخص) از بیلان رسوبی (آورد رسوبی) رودخانه‌ای که در داخل حوضه مورد نظر قرار دارد، می‌باشد. تعیین عواملی از حوضه آبریز که بر روی ریخت‌شناسی رودخانه در یک بازه تاثیر دارد بسیار حایز اهمیت می‌باشد. بی‌توجهی به شناخت دقیق وضعیت زمین‌شناسی و ریخت‌شناسی رودخانه در مرحله مطالعات، انجام عملیات اجرایی را ممکن است با تاخیر و مشکلات پیش بینی نشده‌ای مواجه سازد که در بعضی مواقع اتخاذ تدابیر اصلاحی باعث تغییر در هزینه اولیه پیش‌بینی شده طرح می‌گردد. فهم ارتباط بین فرآیندهای حوضه آبریز، منشا و انتقال رسوبات و فرآیندهای حاکم بر ریخت‌شناسی رودخانه در مرحله اولیه طرح بسیار لازم و ضروری می‌باشد.

۵-۲-۴- رسوب

هدف از این بخش آگاهی و تعیین ظرفیت انتقال رسوب در بازه مورد نظر با استفاده از معادلات انتقال رسوب می‌باشد. مطالعات رسوب در طرح‌های انحراف جریان جهت آگاهی از وضعیت میزان رسوبات ورودی و خروجی در محدوده بازه انحراف و تاثیرات احتمالی آن در بالادست و پایین‌دست محل انحراف ضروری به نظر می‌رسد. این مساله با به کارگیری مدل‌های یک بعدی انتقال رسوب امکان‌پذیر است. بهتر است شبیه سازی فرآیند انتقال رسوب در دو گزینه وضعیت فعلی (قبل از انحراف جریان) و آینده (بعد از احداث انحراف جریان) و با توجه به کارکرد توام مسیر انحراف و مسیر طبیعی و همچنین کارکرد تک تک آنها مورد مطالعه قرار گیرد. جهت انجام مطالعات و مراحل تایید و واسنجی شبیه‌سازی نیازمند اطلاعات زیر می‌باشد:

- جمع‌آوری اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده طرح و تحلیل آمار بده آب - بده رسوب به منظور تعیین رابطه بین بده آب و بده رسوب، تعیین متوسط ماهانه و سالانه غلظت رسوب آب در رودخانه اصلی و محدوده طرح و برآورد میزان بار بستر و نسبت آن به بار کل رسوب
- بررسی شرایط بالادست و پایین‌دست محدوده مورد مطالعه و چگونگی آثار آنها در فرآیند فرسایش و انتقال
- تعیین آثار اقدامات ساماندهی موجود و یا احداث سازه‌های متقاطع بر آبشستگی موضعی و رسوب‌گذاری و بررسی وضعیت رسوب‌گذاری در ورودی و خروجی مسیر انحراف سیلاب
- جمع‌آوری نمونه‌های رسوبی از بستر و دیواره رودخانه و لزوم انجام آزمایش‌های مورد نیاز در راستای توصیه‌های راهنمای عملیات صحرایی، نمونه‌برداری و آزمایشگاهی مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها موضوع نشریه شماره ۳۴۹ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

۵-۲-۵- داده‌های آب‌سنجی

۵-۲-۵-۱- جریان‌های سیلابی

در عمل روش‌های متعددی برای تعیین سیلاب طراحی وجود دارد. بعضی از این روش‌ها کاملاً تجربی و برخی دیگر مبتنی بر تحلیل آماری داده‌های موجود است ضمن این‌که بعضی دیگر بر پایه آبنمود واحد می‌باشند. برای طراحی سازه‌های اجرایی در رودخانه‌ها از یک دوره بازگشت خاص استفاده می‌شود. تعیین دوره بازگشت سیلاب به سطح دفاع تعریف شده در برابر سیلاب در رودخانه و اراضی مجاور آن بستگی دارد. تعیین دوره مطلوب بازگشت در راستای سه نوع تحلیل صورت می‌پذیرد. مراجع متعدد تحلیل اقتصادی، تحلیل بر مبنای خطرپذیری و ریسک و تحلیل بر اساس ملاحظات اجتماعی را اساس کار دانسته‌اند. تعیین بده طراحی کانال انحرافی باید بر اساس درک کاملی از هیدرولوژی بالادست حوضه آبریز و تخمینی از پیامدهای ناشی از احداث کانال انحرافی و عواملی که باعث ایجاد سیل در مناطقی از حوضه آبریز که قبلاً در خطر وقوع سیلاب نبوده‌اند، صورت پذیرد. با توجه به مبانی روش‌های یاد شده اطلاعات موردنیاز شامل موارد زیر می‌شوند:

- برآوردی از مساحت و طبیعت ناحیه‌ای از حوضه آبریز که در بالادست کانال انحرافی واقع شده است و سایر اطلاعات و آمار هیدرولوژیکی مانند بارش و بده و نوع پوشش گیاهی و نتایج مطالعات انجام شده.
- آمار مربوط به خسارات مالی و جانی سیلاب‌های گذشته و برآورد دارایی‌ها و سرمایه‌های موجود در منطقه طرح
- برآوردی از حداکثر میزان تراز سیلاب مشاهداتی بر پایه اطلاعات موجود، تراز سطح آب اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه‌های هیدرومتری یا منبع موثق محلی و یا اطلاعات محلی که شامل عکس‌ها و پرس و جو از کشاورزان و مردم در خصوص داغاب می‌شوند.
- اگر رودخانه دارای ایستگاه اندازه‌گیری باشد، اطلاعات مفیدی از تراز سیلاب و جریان در اختیار می‌باشد و باید مراقب بود که منحنی بده - اشل از دقت کافی جهت کاربرد در سیلاب‌های عظیم برخوردار باشند. در موارد ویژه که سازه اندازه‌گیری در محل ایستگاه مستغرق شده باشد این موضوع باید در محاسبه بده جریان سیلابی لحاظ شود. به علاوه جریان سیل ممکن است از محل اندازه‌گیری عبور کرده و در بازه زمانی مشخص اندازه‌گیری نشود. در نتیجه عکس‌برداری از ایستگاه اندازه‌گیری در طول مدت تداوم سیلاب می‌تواند بسیار مفید باشد.
- طراح همچنین باید تاثیرات هرگونه توسعه یا پیشرفتی را در طرح‌های حوضه آبریز یا طرح‌های محلی مورد توجه قرار داده که ممکن است تاثیری بر میزان رواناب و میزان بده اوج سیلاب آینده به ویژه برای سیلاب‌های شهری داشته باشد.
- به طور معمول جهت مکان‌های شهری که پیامدهای ناشی از سیلاب بسیار شدید می‌باشد، دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به منظور محاسبه میزان سیلاب طرح در نظر گرفته می‌شود. در مقابل در مورد زمین‌های کشاورزی دوره بازگشت ۱۰ ساله ممکن است در نظر گرفته شود [۱۳]. در تحقیق صورت پذیرفته در خصوص دوره بازگشت سیلاب طرح در طرح‌های مختلف مهندسی رودخانه ایران که در راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه، نشریه شماره ۳۱۶ سامان مدیریت و برنامه ریزی کشور منتشر شده است اطلاعات نشان داده است 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 و حدود ۸۰٪ طرح‌ها از دوره بازگشت بین ۱۰ تا ۵۰ سال استفاده نموده‌اند. به هر حال در تمامی موارد استاندارد حفاظت اتخاذ شده باید توجیه اقتصادی داشته باشد. که معمولاً

برای این کار از تجزیه سود به هزینه استفاده می‌شود. روش برآورد و موضوعات مربوط و تجربیات دیگر کشورها در فصل ششم این راهنما بحث خواهد شد.

۵-۲-۵- جریان‌های پایه

در کانال‌های انحرافی جریان‌های پایه و غیر سیلابی از نظر اهمیت با جریان‌های سیلابی برابری می‌نماید. رژیم جریان‌های پایه در واقع همان رژیم غالب بوده که تاثیرگذار بر عوامل کیفیت آب، توان خود پالایی، اکولوژی، مهاجرت آبزیان، مسایل تفریحی و کشتیرانی، آب زیرزمینی، جلوگیری از رشد گیاهان زاید در بستر و حریم کانال، چشم انداز و مسایل مربوط به بخش نگهداری می‌باشد. بده جریان‌های پایه و به عبارتی دیگر جریان‌های کم^۱، باید شرایط پایداری را جهت مدیریت و نگهداری آتی در خصوص مسایل یاد شده به وجود آورد.

برآورد بده جریان پایه با دسترسی به داده‌های مربوط به جریان در ایستگاه اندازه‌گیری موجود در محدوده طرح امکان‌پذیر است. در صورت عدم وجود داده‌های اندازه‌گیری بده حداقل با استفاده از برآوردهای هیدرولوژیکی یا اندازه‌گیری موردی صورت می‌پذیرد. در تعیین جریان پایه مورد نیاز توجه به حداقل مقدار مورد نیاز جهت برقراری شرایط پایدار به لحاظ زیست‌محیطی و کیفیت آب و دیگر موارد تاثیرگذار که به آن اشاره گردید، الزامی است. تقاضای آب در بخش‌های صنعتی و کشاورزی و مصارف عمومی در توسعه آتی منطقه طرح نیز باید به نحوی در محاسبات لحاظ گردد. در بعضی از مراجع این بده به نوعی به میزان آب مورد استفاده در رودخانه در بخش‌های مختلف زیست‌محیطی، کشاورزی مصارف عمومی و توسعه آینده ارتباط داده شده است [۲۶].

۵-۲-۶- نقشه‌های مورد نیاز

داده‌های مهندسی که شامل اطلاعات زمینی است باید متناسب با اندازه کانال انحراف و با در نظر گرفتن مسایل طراحی جمع‌آوری گردد. موارد مهم در مرحله طراحی عبارتند از:

- مساحی محلی از کانال موجود و سیلابدشت آن، تعیین مسیر کانال، اندازه، شیب، مصالح بستر و وسعت سیلابدشت
 - مساحی از مسیر هر کدام از گزینه‌های پیشنهادی کانال انحرافی
- بسته به نوع طرح می‌توان مقیاس نقشه‌های اجرایی را در قالب یک یا چند گروه تعریف نمود به لحاظ کلی در طرح‌های مهندسی رودخانه تقسیم‌بندی زیر جهت تهیه داده‌های مسطحاتی می‌تواند مفید واقع شود.
- نقشه‌های مسطحاتی شامل:

- نقشه موقعیت طرح در منطقه با مقیاس ۱:۵۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰
- نقشه مسطحه عمومی طرح و اجزای آن با مقیاس ۱:۵۰۰ تا ۱:۲۵۰۰
- نقشه نیمرخ‌های طولی ۱:۱۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰ و نیمرخ‌های عرضی ۱:۵۰ تا ۱:۵۰۰ در قسمت‌های مورد نیاز برای ترسیم نیمرخ‌های طولی و عرضی، به دلیل اختلاف زیاد بین طول مسیر برداشت و ارتفاع نقاط از دو مقیاس استفاده می‌شود. مقیاس قائم نیز معمولاً ۱:۱۰ تا ۱:۲۰ مقیاس افقی در نظر گرفته می‌شود.

شرایط خاک و عوامل توصیفی طرح به‌ویژه شامل:

- ماسه‌های روان در محل یا نزدیکی هر کدام از مسیرهای پیشنهادی بر روی نقشه با مقیاس ۱:۵۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰
- مصالح سست در محل یا نزدیکی هر کدام از سازه‌های پیشنهادی در کانال بر روی نقشه با مقیاس ۱:۵۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰
- نقشه‌های موقعیت منابع قرضه و جاده‌های ارتباطی آنها به محدوده طرح ۱:۵۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰۰
- نقشه موقعیت جاده‌های دسترسی در منطقه طرح ۱:۵۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰
- نفوذپذیری زمین و عمق آب زیر زمینی بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰۰
- مصالح آلوده کننده که ممکن است نیاز به دفع و برداشت از منطقه یا پوشاندن آن جهت آماده‌سازی برای استفاده از آن باشد.

- توپوگرافی زمین‌های مجاور بر روی نقشه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰۰ و در صورت نبود ۱:۲۵۰۰۰۰
- موارد محدودیت مانند خدمات عمومی، کاربری اراضی، ساختمان‌ها و سازه‌های زیربنایی بر روی نقشه‌های با مقیاس ۱:۵۰۰۰ تا ۱:۲۰۰۰۰ در خصوص مناطق شهری بهره‌مندی از نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ توصیه می‌گردد.
- جمع‌آوری داده‌های مهندسی فوق مطابق با اندازه کانال و مقیاس طرح در سطح مشخصی قابل تعریف است. تهیه نقشه‌های مورد نیاز در قالب موارد بالا نیازمند دستورالعمل‌های مربوط بوده که مراجع متعدد به آن اشاره نموده‌اند. از جمله منابع جدید در این بخش راهنمای نقشه‌برداری و آبنگاری در کارهای مهندسی رودخانه بوده که توسط دفتر استانداردها و معیارهای فنی سازمان مدیریت منابع آب وزارت نیرو در دست تدوین می‌باشد و در این بخش از راهنما نیز از آن استفاده شده است.
- یکی دیگر از بخش‌های اصلی در داده‌های مهندسی پیوند بین مرحله مطالعات و اجرا می‌باشد که باید در مرحله طراحی اجمالی به کمک بازدیدهای مقدماتی از منطقه و نواحی اطراف اجرای طرح عملی گردد. این فرآیند به منظور تطبیق نقشه‌های ساخت الزامی است. موارد ویژه مورد توجه عبارتند از:

- زمان‌بندی انجام پروژه
- نیاز به اقدامات موقتی (مانند خشک کردن موقت و انحراف آب)
- قطع عبور و مرور (مانند بستن جاده)
- موقعیت خدمات‌رسانی
- ذخیره و دفع مصالح
- تاثیرات زیست‌محیطی اقدامات اجرایی (مانند تاثیر بر مهاجرت آبزیان)
- جوانب ایمنی طرح

۵-۲-۷- داده‌های زیست‌محیطی

داده‌های زیست‌محیطی باید در مرحله طراحی اجمالی به جهت تامین اطلاعات زیست‌محیطی از رودخانه موجود و شناسایی پتانسیل اثرهای زیست‌محیطی فعالیت‌ها به ویژه داده‌هایی که در طراحی لازم هستند، جمع‌آوری شوند. این امر مستلزم آن است که یک بررسی کلی از گیاهان و جانوران محلی و در کل وضعیت بومی و تاریخی منطقه صورت گیرد. نتایج این مطالعات بومی و نقشه‌برداری همراه با خصوصیات خاکریز طولی رودخانه و گیاهان رشد یافته بر روی آن در نقشه‌های تهیه شده در بخش داده‌های

مهندسی به نحو مطلوب منعکس می‌شود. پیشنهاد می‌گردد نحوه ارائه اطلاعات با تنظیم شاخص‌های طراحی شده به نوعی به جداول بانک اطلاعاتی که بیانگر آمار و داده‌های زیست‌محیطی است ارتباط داده شود.

اغلب این اطلاعات پایه جهت ارزیابی‌های زیست‌محیطی مورد نیاز می‌باشند. مقدار و سطح اطلاعات جمع‌آوری شده به اهمیت موضوع بستگی دارد. در جدول (۵-۱) مختصری از اطلاعات کلیدی مورد نیاز آورده شده است. وسعت اطلاعات جمع‌آوری شده نیز به اهمیت تاثیرات احتمالی فرآیند مورد نظر وابسته است.

اگر هر کدام از اطلاعات نام برده شده در جدول (۵-۱) برای مورد خاص در دسترس نباشد، این اطلاعات ممکن است مورد نیاز باشد تا جمع‌آوری شود.

جدول ۵-۱- اطلاعات پایه

موضوع	اطلاعات مورد نیاز
کیفیت آب	طبقه‌بندی زیست‌بوم ماهیگیری، میزان آب قابل شرب، بدها
منابع آب	مقادیر آب جهت مصارف عمومی، میزان آب برای کشاورزی و صنعت، تلفات
مقابله با سیلاب	سطح ذخیره سیلاب، سازه‌های مهار سیلاب و مقابله با دریا، موج‌شکن‌ها، سیلابدشت
ماهیگیری	ماهیگیری آزاد، تجارتي، مختلط
تفریح	قایقرانی، پیاده‌روی، ماهی‌گیری، ورزش‌های آبی، تماشای پرندگان
حفاظت منابع طبیعی	ارزش از لحاظ سکونت و حفاظت از منابع طبیعی، نوع چشم انداز، وضعیت تاریخی و باستانی، اهمیت کاربری به لحاظ حفظ میراث فرهنگی
کشتیرانی	تجارتی، تفریحی، غیر قابل کشتیرانی

جدول (۵-۲) فهرستی از استانداردهای موجود را که تاکنون تهیه شده و در راستای جمع‌آوری داده‌های طرح می‌تواند مفید واقع گردد، ارائه می‌نماید.

جدول ۵-۲- راهنمای جمع‌آوری اطلاعات

موضوع	عنوان نشریه	شماره نشریه و سازمان انتشار دهنده
کیفیت آب	راهنمای ارزیابی کیفی منابع آب	۶۶- الف طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور
	دستورالعمل نمونه‌برداری آب	۲۷۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
	دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب	۲۵۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
هیدرولوژی و منابع آب	دستورالعمل آماربرداری منابع آب	۲۳۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
	راهنمای آزمایش‌های دانه‌بندی رسوب	۲۶۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
	دستورالعمل مطالعات فیزیوگرافی در حوضه آبخیز	۱۶۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
	راهنمای عملیات صحرائی، نمونه‌برداری و آزمایشگاهی مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها	۳۴۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
	راهنمای تعیین غلظت نمونه‌های رسوبات معلق رودخانه	۲۰۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
مهار سیلاب	راهنمای مهار سیلاب	۲۴۲ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
زیست‌محیطی	دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی طرح‌های عمرانی	۱- ۲۵۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
	دستورالعمل زیست‌محیطی طرح‌های مهندسی رودخانه	۲۲۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
	راهنمای اطلاعات پایه مورد نیاز برای بررسی‌های اقتصادی تامین، انتقال و توزیع آب کشاورزی	۱۷۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

فصل ۶

تعیین معیارهای طراحی و روش‌های

انحراف سیل

۶-۱ - بررسی روند عمومی و تعیین گام طراحی

با توجه به مطالب ارائه شده در فصل‌های گذشته و نظر به حرکت گام به گام در طراحی، جدول زیر به عنوان راهنمای کار ارائه شده است. در این جدول مباحث این راهنما به تفکیک اشاره شده است. با کمک جدول (۶-۱) دستیابی به اطلاعات و الگوی طراحی طبقه‌بندی شده و در اختیار کاربران قرار گرفته است.

جدول ۶-۱ - چک لیست عمده ملاحظات طراحی انحراف جریان در رودخانه‌ها

معیارها	محتویات	خلاصه طراحی	جزئیات طراحی
جمع‌آوری آمار و اطلاعات		۱-۵	۱-۵
انتخاب محل	معیارهای انتخاب سامانه انحراف سیلاب	۱-۴	
	دسترسی به زمین	۱-۴	
	توپوگرافی	۱-۴	
	زمین‌های آلوده شده	۱-۴	
هیدرولوژی	میزان بده طرح		۲-۶
	سیلاب طرح		۲-۲-۶
	بده جریان در حالت مقطع پر رودخانه		۳-۲-۶
	بده جریان‌های با شدت کم		۵-۲-۶
هیدرولیک	ارتفاع تراز پایاب		۱-۱-۳-۶
	پلان طرح		۲-۳-۶
	سطح مقطع و اندازه اثرگذار		۳-۳-۶
	ظرفیت اثرگذار		۴-۳-۶
	سرعت جریان		۵-۳-۶
	عوامل زیست‌محیطی		۷-۳-۶
	زمین‌شناسی و زمین ریخت‌شناسی		۳-۱-۵
کارهای داخل کانال	حفاظت کناره‌ها		۸-۳-۶
	سازه‌ها		۷-۳-۶
	پلان طرح و سطح مقطع اثرگذار		۳-۳-۶
	مشخصه‌های زیست‌محیطی		۴-۶
	باستان‌شناسی و کشاورزی		۴-۶
	دورنما، تفریح و سرگرمی		۴-۶

۶-۲ - تعیین بده طرح

انتخاب بده طراحی برای سامانه‌های انحراف معمولاً بر اساس تعیین بده جریان‌های سیلابی صورت می‌گیرد. طراح در این خصوص با سه نوع گزینه روبرو است که به شرح زیر می‌باشند:

الف - جایگزینی کانال موجود (کانال انحرافی مرطوب دائمی)

اگر از کانال انحرافی به منظور جایگزین کردن آبراهه طبیعی استفاده شود در این صورت بده طراحی بر مبنای ظرفیت بده جریان در آبراهه طبیعی در نظر گرفته می‌شود. بهره‌مندی از منطق بده سیلابی متناسب با شرایط طراحی نیز مناسب خواهد بود. این شیوه

بررسی امکان مطالعه موضوع سیل‌گرفتگی سطوح حوضه‌ای را که قبلا در معرض سیلاب نبوده است و حال به دلیل احداث کانال انحرافی در معرض این پدیده قرار دارند، فراهم ساخته و در سامانه جدید ریسک سیلاب را به حداقل کاهش می‌دهد. در این شرایط حصول اطمینان از شرایط پایدار ریخت‌شناسی و زیست‌محیطی ناشی از افزایش ظرفیت جریان در کانال الزامی است. برای مثال توسعه و افزایش ظرفیت یک کانال ممکن است موجب افزایش فرآیند رسوب‌گذاری و تغییر دانه‌بندی طبیعی مواد بستر کانال گردد که در این حالت لزوم فعالیت‌های مربوط به نگهداری کانال انحرافی مانند لایروبی دوره‌ای مورد نیاز می‌باشد [۱۳].

ب - انحراف جریان‌های سیلابی (کانال انحرافی خشک)

به کانالی اطلاق می‌شود که فقط در حالات جریان‌های سیلابی مورد استفاده قرار گیرد. در این مورد مقدار بده طراحی بر اساس اختلاف میان سیلاب طراحی و ظرفیت کانال موجود برآورد می‌گردد.

ج - انحراف بخشی از جریان (کانال انحرافی مرطوب دائمی)

برای یک کانال انحرافی مرطوب که بخشی از کل جریان را حمل می‌کند، طراحی کانال نیازمند تطبیق شرایط به نحوی است که بخشی از بده جریان در تمامی حالات در کانال انحرافی جریان یابد. کانال‌های انحراف مربوط به این بخش طوری طراحی می‌شوند که قادر به انحراف بده جریان در طیف گسترده‌ای از حالات اعم از سیلابی و غیر سیلابی باشند. در هنگام شرایط معمولی، تقسیم جریان بر اساس رعایت جوانب ریخت‌شناسی و ملاحظات زیست‌محیطی خواهد بود.

برای تمامی این وضعیت‌ها مباحث زیر باید مهیا شود:

- محدوده جریان‌هایی که در کانال انحرافی نیاز خواهد بود.
- تاثیر جریان‌های بیش از جریان سیلاب طرح (در بسیاری از کانال‌های انحرافی احتمال غرقاب شدن اراضی وجود دارد که قبلا در معرض خطر سیلاب نبوده‌اند).
- بده طراحی داخل کانال
- طراحی جریان حداقل برای کانال‌های انحرافی مرطوب که جهت اطمینان از فراهم نمودن شرایط لازم جهت رشد آبزیان و سرگرمی و ... لازم است.

۶-۲-۱ - بده‌های سیلابی

دسته‌بندی‌های مختلفی برای برآورد بده سیلابی مطرح است. روش معمول طراحی برای طرح انحراف رودخانه برآورد بده اوج سیلابی می‌باشد. اگر چه حجم آب سیلاب عبوری از کانال نیز مهم است. برای مثال هر جا ذخیره سیلاب تعریف شده باشد یک آبنگار سیلاب پیش‌بینی شده نیز لازم خواهد بود [۱۳].

در برآورد بده سیلابی دو حالت ممکن است وجود داشته باشد نخست این که حوضه فاقد آمار اندازه‌گیری بده باشد و دیگر آن که حوضه دارای آمار اندازه‌گیری بوده و مجهز به ایستگاه آب‌سنجی باشد. در حالت اول معمولا سه روش به کار گرفته می‌شود که عبارتند از:

- روش استدلالی

- معادله‌های تجربی

- روش منحنی‌های پوش^۱

در حالت دوم نیز دو روش معمول می‌باشد که عبارتند از:

- روش آبنگار واحد

- روش تحلیل فراوانی وقایع سیل

روش استدلالی برای حوضه‌هایی قابل استفاده است که وسعت از ۱۵ کیلومترمربع کم‌تر باشد [۱]. در این روش فرض می‌شود بارندگی روی حوضه یکنواخت بوده و مدت بارش مساوی زمان تمرکز حوضه باشد. در روش استدلالی زمان رسیدن به بده اوج سیلابی برابر زمان تمرکز است. همچنین در این روش فرض می‌شود که شدت بارش از میزان نفوذ آب در خاک بیش‌تر باشد. آنچه در روش استدلالی حایز اهمیت است انتخاب ضریب رواناب بوده که مقدار آن به طور مستقیم بده سیلاب را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این روش علاوه بر مساحت حوضه، بارش نیز در تعیین بده اوج سیلاب نقش دارد. ضرایب تجربی نیز بر اساس شرایط فیزیکی حوضه و دوره بازگشت تعیین می‌شود. انجام واسنجی در صورت وجود هرگونه بده اوج سیلاب اندازه‌گیری شده جهت تدقیق، توصیه می‌شود.

روابط تجربی بر این مبنا طرح ریزی شده است که حداکثر بده لحظه‌ای سیلاب در یک منطقه خاص با برخی از خصوصیات فیزیکی حوضه مانند وسعت آن ارتباط داده می‌شود و در این راه روابط متعددی ارائه شده است اما چون این روابط در شرایط خاصی به‌دست آمده‌اند باید در استفاده از آنها جانب احتیاط را رعایت نمود. فرمول‌های دیکن^۲، کریگر^۳، فانینگ^۴، انگلیز^۵، کوتان^۶، مایر^۷ و جونگ‌بهادر^۸ در این دسته قرار می‌گیرند. در دسته روابط مذکور بحثی از این که بده محاسبه شده بر اساس چه دوره بازگشتی است نمی‌باشد ولی در پاره‌ای از فرمول‌های تجربی عامل دوره بازگشت نیز لحاظ شده است که از آن جمله می‌توان به روابط ارائه شده مانند هورتون^۹، سازمان زمین‌شناسی آمریکا^{۱۰}، فولر^{۱۱} و پتی^{۱۲} اشاره نمود. بنابر نظر هیدرولوژیست می‌توان با محاسبه سیلاب مطابق با این روابط و مقایسه نتایج آن و یا میانگین نتایج تصمیم صحیح را اتخاذ کرد [۱].

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 زیرحوضه‌هایش و گاهی به حوضه اصلی‌اش کاربرد داشته باشد [۱۱].

1-Envelope Curves

2-Dicken's formula

3-Creager

4-Fanning

5-Inglis

6-Coutange

7-Mayer

8- Jung Bahadur

9 - Horton

10 - USGS

11 - Fuller

12 - Pettis

چون فرمول‌های تجربی بر اساس تحلیل منطقه‌ای سیلاب استخراج شده‌اند کاربرد آنها هم جنبه منطقه‌ای دارند. برای رفع این نقیصه‌ها روش‌هایی پیشنهاد شده است که در آن از تجارب اکثر نقاط جهان استفاده شده است. این روش‌ها که به نام روش‌های منحنی پوش معرفی شده‌اند در محاسبات هیدرولوژی کاربرد فراوانی دارد. از جمله یکی از روش‌های عمده در این بخش روش منحنی‌های پوش کریگر^۱ می‌باشد. در این روش به نوعی با استفاده از اندازه‌گیری‌هایی که در نقاط مختلف دنیا شده است، مختصات تعدادی نقاط از نظر وسعت حوضه و بده ویژه به‌دست آمده که در یک دستگاه محور مختصات لگاریتمی رسم شده‌اند. با برازش منحنی‌های پوش بر روی این داده‌ها از یک راه‌حل تجربی بعضی بردارهای حقیقی جهت برآورد بده ویژه سیلاب استفاده می‌گردد. سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) جهت به‌دست آوردن حداکثر بده سیل روش ساده‌ای را ارائه نموده است که در حوضه‌های کوچک کاربرد فراوانی دارد.

در صورتی که رودخانه دارای آمار و اندازه‌گیری طولانی مدت باشد می‌توان با استخراج آبنگارهای واحد و تحلیل فراوانی وقایع سیل آبنگار سیل طرح را به‌دست آورد. روش‌های تحلیل فراوانی سیلاب، بر اساس تحلیل نمونه‌های آماری بده حداکثر سالانه یا رگبارها استوار است. این نمونه‌های آماری باید دارای مشخصه‌هایی باشند تا بتوان بر اساس آنها مدل‌های آماری را استوار نمود. این مشخص‌ها عبارتند از [۴]:

- همگنی داده‌ها
- هم‌مکانی داده‌های
- پیوستگی سری‌های زمانی و کفایت داده‌ها

داده‌ها باید همگن باشند، یعنی مشخصه واحدی از یک رخداد را بیان نمایند. برای مثال بده‌های روزانه نباید با بده‌های اوج سیلاب مخلوط شوند و همچنین نمونه‌های آماری از جامعه آماری واحدی کسب گردیده باشند. برای مثال داده‌های سیلاب‌های باران با سیلاب‌های ناشی از ذوب برف باید جداگانه بررسی شود. به علاوه داده‌های بده در صورت تغییر کاربری عمده در حوضه آبریز یا احداث سازه‌هایی مانند سد که بر سیلاب موثر است، باید به بعد و قبل از تغییر کاربری عمده احداث سازه، تفکیک گردد. پس از تفکیک داده‌ها، آزمون همگنی، باید در سطح قابل اعتمادی صورت پذیرد. علاوه بر آزمون‌های همگنی، باید آزمون تصادفی بودن داده‌ها، آزمون وجود روند در داده‌ها، آزمون مستقل بودن داده‌ها و آزمون وجود ارقام دور افتاده بزرگ و کوچک بر اساس روش‌های معتبر موجود در هیدرولوژی انجام گردد [۴].

داده‌های مورد استفاده برای تحلیل فراوانی، باید از مکان واحدی برداشت شده باشد. از داده‌هایی که از مکان واحدی گرفته نشده و برای مثال جابجایی ایستگاه رخ داده است، می‌توان با تطبیق داده‌ها به ایستگاه واحد در تخمین سیلاب استفاده نمود. برای تطبیق داده‌ها از روش‌هایی مانند بده ویژه سیلاب و غیره می‌توان استفاده نمود. در صورت ناپیوستگی سری زمانی داده‌ها یا عدم کفایت تعداد آنها می‌توان با بازسازی، داده‌های سیلاب و یا رگبار را بازسازی نمود. از روش‌های درون‌یابی و برون‌یابی، روش نسبت‌ها، همبستگی بین ایستگاه‌ها و میانگین‌گیری می‌توان برای بازسازی داده‌ها استفاده کرد [۴].

هر چند بر روی رودخانه‌های اصلی کشور ایستگاه‌های اندازه‌گیری و ثبت داده‌های سیل وجود دارد ولی اکثر رودخانه‌های کوچک و آبراهه‌ها فاقد آمار اندازه‌گیری بوده و همین امر کاربرد این روش‌ها را محدود می‌سازد. سازمان حفاظت خاک آمریکا روش نسبتاً ساده‌ای را جهت برآورد آبنگار سیل ارائه داده است. در این روش به جای استفاده از آمار ثبت شده سیل از آمار بارندگی استفاده می‌شود. زیرا در اغلب موارد شبکه ایستگاه‌های هواشناسی مترکم‌تر از شبکه ایستگاه‌های هیدرومتری است و اگر آمار سیل در اختیار نباشد حداقل آمار بارندگی در منطقه وجود خواهد داشت. در این روش با استفاده از آمار بارندگی آبنگار سیل استخراج می‌گردد [۱].

تحلیل آبنگار بخش عمده‌ای از عملیات هیدرولوژی سیل را به خود اختصاص می‌دهد. از آبنگار می‌توان برای مجسم کردن وضعیت سیل‌هایی که در آینده اتفاق خواهد افتاد، استفاده نمود. جهت تعیین آبنگار سیلاب نیز دو دسته روش وجود دارد. دسته اول روش آبنگار واحد طبیعی و دسته دوم روش‌های تعیین آبنگار مصنوعی می‌باشد که عبارتند از روش‌هایی مانند آبنگار مثلثی، آبنگار SCS و اشنایدر می‌باشند.

روش‌های آماری یک تخمین از بده پیک سیلاب طراحی فراهم می‌نماید. این الگوی محاسباتی بر اساس محاسبه متوسط سیلاب سالانه و استفاده از تعمیم بده سیلاب به دوره بازگشت‌های مختلف می‌باشد. در صورتی که آبنگار سیل نیاز باشد لازم است که از روش بارندگی رواناب استفاده شود [۱۳].

برآورد هیدرولوژیکی با استفاده از هر روش هیدرولوژیکی معرفی شده به دست می‌آید که هر کدام دارای درجه اطمینان قابل بررسی هستند. هر جا که مقدور باشد برآوردها باید با استفاده از جریان‌های مشاهده شده و داده تراز آب، واسنجی گردند. ذکر این نکته ضروری است که دقت جریان آب ثبت شده در بسیاری از ایستگاه‌های اندازه‌گیری در طی سیلاب‌ها به دلیل پارامترهای نامعین، متغیر خواهد بود مانند وقوع پدیده برگشت جریان^۱ از محل ایستگاه یا فقدان کنترل و واسنجی ابزارهای اندازه‌گیری جریان در ایستگاه در هنگام وقوع جریان‌هایی با بده بالا. اگر مقدار متوسط سیلاب سالانه محاسبه شده از داده‌های محلی از مقدار برآورد سیلاب محاسباتی با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی به طور معلومی کمتر باشد، باید از مقدار بده سیلاب محاسباتی استفاده گردد. در این مبحث سعی گردید روش‌های معمول و رایج برآورد بده سیلابی به طور خلاصه و فهرست‌وار عنوان گردد و طراحان باید بنابر تشخیص و مباحث فنی بهترین روش مطابق با نیاز طرح را انتخاب کنند. مقایسه میان روش‌ها در مواردی راه‌گشای موثری برای تصمیم‌گیری است. متدولوژی حل و به دست آوردن جواب در اکثر منابع معتبر هیدرولوژی بیان شده است که برای بررسی جزئیات این گونه روش‌ها باید به این منابع مراجعه نمود.

۶-۲-۲- سیلاب طراحی

اولین گام انتخاب دوره بازگشت سیل می‌باشد. که معمولاً بسته به موقعیت طرح از لحاظ قرارگیری در مناطق صنعتی، مسکونی، تجاری و کشاورزی و ملاحظات اقتصادی و اجتماعی و تحلیل خطرپذیری در برابر سیلاب بین ۵ الی ۲۰۰ سال متغیر است. استانداردهای مشابه راهنمایی جهت سطوح حفاظت مورد نیاز را فراهم نموده است.

سیلابی را که بر اساس آن طراحی یک سازه آبی انجام و اجرا می‌شود سیلاب طرح می‌گویند. در انتخاب سیلاب طرح باید عوامل متعددی را در نظر گرفت که برخی از آنها عبارتند از:

- اهمیت سازه
- مسایل اقتصادی
- اثرهای خراب شدن سازه بر مناطق پایین‌دست
- عمر فنی و اقتصادی سازه
- تراکم جمعیت در نقاط پایین‌دست (پایاب)
- تاثیر خراب شدن سازه بر تاسیسات نظامی و کشاورزی موجود
- وضعیت اجتماعی و رفاهی ساکنین پایین‌دست

به طور کلی روش‌های به‌دست آوردن دوره بازگشت سیلاب بر سه مبنای در نظر داشتن ملاحظات اقتصادی و اجتماعی و خطرپذیری استوار است.

انتخاب هر یک از این معیارها بستگی به اهداف و اهمیت مناطق مورد حفاظت و ضرورت فنی و الزمات گوناگون اجرایی دارد. به عنوان مثال در تعیین مسیر و مشخصه‌های کانال انحراف مسایلی چون جابجایی و انتقال ساکنین حاشیه رودخانه و سیلابدشت و ترکیب صاحبان اراضی برای واگذاری زمین، احیای اراضی، رعایت مسایل زیست‌محیطی و سایر تمهیدات و ملاحظات دیگر موثر بوده و در این رهگذر گزینه‌های مختلفی مطرح می‌گردد که انتخاب هر یک از آنها سیل طراحی مشخص را طلب می‌کند.

طراحی سازه‌های کنترل و مهار سیلاب و به طبع آن سامانه‌های انحراف سیلاب نیز با موضوع تحلیل ریسک و خطرپذیری درگیر هستند. احتمال وقوع سیل‌گیری مناطق اطراف سامانه‌های انحراف سیل در طول عمر بهره‌برداری در صورتی که سیلابی حادث شود که از مقدار سیلاب طراحی بار دوره بازگشت فرض شده بیش‌تر باشد، متصور است. احتمال خطرپذیری هیدرولوژیکی از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۱۲].

$$\bar{R} = 1 - [1 - P(X \geq x_T)]^n$$

$$P(X \geq x_T) = 1/T \quad (1-6)$$

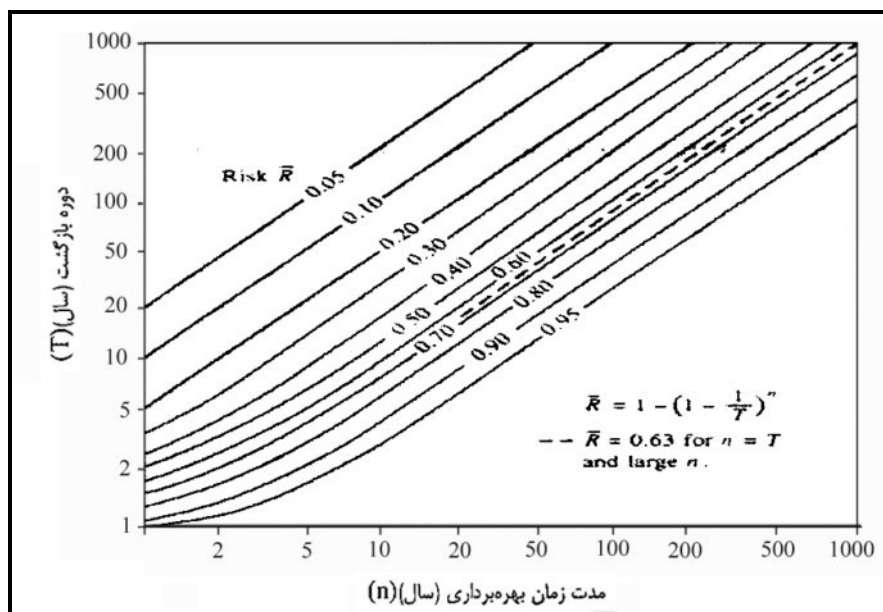
که در این رابطه:

T: دوره بازگشت سیلاب و n مدت زمان بهره‌برداری مورد انتظار سامانه و یا عمر سامانه مورد نظر بوده که با توجه به رابطه \bar{R} بیانگر احتمال وقوع رخدادی است که با شرایط $x \geq x_T$ (یعنی سیلابی بزرگ‌تر از سیلاب طراحی) حداقل یک بار در طول مدت بهره‌برداری اتفاق افتد. شکل (۱-۶) رابطه مذکور را به ازای عمر در نظر گرفته شده و دوره بازگشت‌های مختلف نمایان می‌سازد. به طور مثال اگر یک طراح در نظر داشته باشد سامانه انحراف سیلاب را طوری طرح نماید که در طول عمر ۵۰ سال، خطرپذیری آن ۲۰ درصد باشد و یا به عبارتی دیگر ۸۰ درصد احتمال وقوع سیلابی بیش از سیلاب طراحی نباشد، باید دوره بازگشت سیلاب ۲۲۵ ساله را انتخاب نماید. ولی اگر میزان خطرپذیری آن را به ۴۰ درصد افزایش دهد دوره بازگشت سیلاب تقریباً ۱۰۰ ساله نیز کافی است. در صورتی که دوره بازگشت سیلاب طرح برابر با مدت زمان بهره‌برداری یا عمر مورد انتظار آن گرفته شود با توجه به رابطه ارائه شده احتمال خطرپذیری آن ۶۳/۲ درصد است.

در این برآورد لازم است حاشیه اطمینان (SM)^۱ و ضریب اطمینان (FS)^۲ محاسبه گردد. روابط زیر مقادیر آنها را بر اساس سیلاب محاسباتی مبتنی بر تحلیل آماری (L) و سیلاب طراحی در نظر گرفته شده (C) نشان می‌دهد [۱۲].

$$SM = C - L \quad (۲-۶)$$

همان طور که از روابط بالا مشهود است سیلاب طراحی را می‌توان پس از برآورد سیلاب با استفاده از تحلیل‌های آماری و حاصل ضرب آن در ضریب اطمینان یا با اضافه نمودن حاشیه اطمینان به آن برآورد نمود.



شکل ۶-۱- احتمال وقوع خطرپذیری حداقل یک بار

در طول مدت بهره‌برداری [۱۲] راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه، نشریه شماره ۶۶-الف که توسط طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور منتشر شده است، موضوعات مربوط را به طور مبسوط بیان نموده است که بهره‌مندی از آن در تعیین دوره بازگشت سیلاب مربوط به سامانه انحراف سیلاب توصیه می‌گردد. مروری اجمالی بر طرح‌های ساخت اثرگذار در دیگر کشورها نشان می‌دهد که به دلیل اجرای چنین طرح‌هایی با منظور انحراف سیلاب از محیط‌های شهری و مسکونی پر جمعیت به محیط‌های کم خطر از بده سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله استفاده شده است. در صورت استفاده همزمان از کانال انحرافی و رودخانه موجود این میزان با توجه به مطالعات هیدرولیک جریان در زمان سیلابی مابین آنها توزیع می‌گردد. پیشنهاد می‌گردد بهر حال جهت تعیین دوره بازگشت سیلاب برای طرح‌های سامانه انحراف سیل ضمن رعایت متدولوژی‌های موجود که در مراجع مربوط به آن اشاره گردید نهایتاً مقایسه آن با تجارب دیگر کشورها نیز صورت پذیرد.

1 - Safety Margin

2 - Safety Factor

۶-۲-۳- بده جریان در حالت مقطع پر^۱

بده جریان سیلابی در کانال انحراف بخشی توسط مقطع کانال و بخشی توسط سکو خاکریزهای مجاور آن هدایت می‌شود. بدیهی است هر جا که جریان سیل از ظرفیت کانال رودخانه افزایش یابد یک بده طراحی اضافی برای طراحی خود کانال در نظر گرفته شود. همچنین پیشنهاد شده است که بده جریان یافته مقطع اصلی کانال به بزرگ‌ترین مقدار زیر طراحی شود [۱۳]:

- ظرفیت کانال موجود (فعلی)

- متوسط سیلاب سالانه

۶-۲-۴- بده طرح جهت سامانه‌های انحراف موقت

برای انحراف‌های موقتی عموماً سفارش می‌شود که بده‌های طراحی دست بالا گرفته شوند. اگر چه حسب شرایط موجود بده‌های طراحی پایین سیلاب با دوره‌های بازگشت ۱ الی ۱۰۰ ساله قابل پذیرش می‌باشد [۱۳]. طراحان در استفاده از بده طراحی (سیلاب با دوره بازگشت کم) دو نکته زیر را مد نظر داشته باشند:

- هر جا ارزیابی ریسک نشان دهد که سیلاب با دوره بازگشت کم هم می‌تواند قابل قبول باشد، توصیه می‌گردد از نتایج آن فقط برای عملیات انحراف موقت، آن هم برای دوره‌های کوتاه مدت در مقایسه با عملیات انحراف‌های دائمی استفاده شود.

- استفاده از سیلاب‌های با دوره بازگشت کم در طرح‌هایی توصیه می‌گردد که در محل آنها با توجه به موقعیت کارگاه امکان به وجود آوردن ظرفیت اضافی از طریق احداث کانال موقت و عبورگذر جریان سریعاً بدون هزینه قابل توجه و آسیب زیاده‌تر محتمل باشد.

۶-۲-۵- بده جریان‌های با شدت کم

توصیه شده است که مقطع کانال طراحی شده از نظر نرخ بده کم نیز به دلایل اطمینان از وجود عمق کافی آب به لحاظ اکولوژیکی، ماهی‌گیری، تفریح و ایجاد شرایط پایدار کنترل و مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین پیشنهاد شده است که از جهت این موضوع با بررسی داده‌های جریان در رودخانه، جریانی را که در ۹۵٪ از مواقع در رودخانه برقرار می‌باشد، برآورد کرده و بده طراحی در حالت شدت جریان کم باید برابر با این مقدار یا بیش‌تر از آن گرفته شود. با توجه به این‌که داده‌ها برای این جریان آسان به دست می‌آیند و ممکن است از نزدیک‌ترین ایستگاه اندازه‌گیری همچنین مستقیماً از محل رودخانه یا از دفتر ثبت آمار هیدرومتری به دست آید. یک ضریب تصحیح جهت تعمیم داده‌ها به دلیل اختلاف سطوح حوضه در محل ایستگاه اندازه‌گیری و محل پروژه نیاز خواهد بود. در نظر گرفتن جریان‌های حداقل یا جریان‌های مطلوب اغلب در طراحی فراموش می‌شود. این موضوع بیانگر این حقیقت است که هنوز یک مدل توسعه یافته‌ای که بتواند به طور موفقیت آمیز مقدار دقیق جریان که جهت نگهداری اکولوژی رودخانه را پیش‌بینی

کند، وجود ندارد. در مجموع از جریان ۹۵ درصدی و یا سایر روش‌هایی که شامل مدل‌ها و قوانین ساده حداقلی موجود و مقایسه با سایر رودخانه‌ها استفاده می‌شود [۱۳].

تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه متأثر از میزان جریان سیلابی است. با توجه به بده سیلابی تغییرات رسوب‌گذاری و فرسایش خواهیم داشت. این تغییرات معمولاً با بده جریانی که در مقطع دائمی رودخانه جریان^۱ دارد و یا با بده با دوره بازگشت ۱/۵ تا ۲/۵ سال مورد ارزیابی قرار می‌گیرد [۱۹].

۳-۶- طراحی اثرگذار

۳-۶-۱- شرایط مرزی

قبل از پرداختن به موضوع طراحی کانال لازم است تا شرایط مرزی که شامل بده طراحی و ارتفاع تراز سطح آب در پایین‌دست انتهی کانال انحرافی (ارتفاع تراز پایاب) می‌شود تعیین گردد. نحوه محاسبه بده طراحی در بند ۶-۲ به تفصیل بحث شده است. در ادامه نیز نحوه محاسبه ارتفاع تراز پایاب مورد بحث قرار می‌گیرد.

۳-۶-۱-۱- ارتفاع تراز پایاب

محاسبه ارتفاع تراز پایاب (TWL)^۲ جهت تعیین بده طرح لازم می‌باشد. سه روش عمده به شرح زیر جهت محاسبه ارتفاع تراز پایاب مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۳]:

- روش عمق نرمال^۳
- روش برگشت آب^۴
- استفاده از مشاهدات^۵

روش عمق نرمال ممکن است در محل پایین‌دست رودخانه (بعد از کانال انحراف جریان) در فاصله $L = 0.7 \frac{D}{S}$ که از نظر شکل و شیب یکنواخت است، مورد استفاده قرار گیرد.

(D: عمق کانال (متر)؛ S: شیب سطح آب و فاصله L: طول برگشت آب نامیده می‌شود)

روش برگشت آب روشی مناسب می‌باشد ولی در مواقعی که مشاهدات جریان سیلاب و سطح آب متناظر با آن (بده - اشل) موجود است، استفاده از مشاهدات وقایع سیلاب توصیه می‌گردد. اطلاعات تراز سیلاب مشاهده شده باید از حیث امکان صحت تراز ثبت شده سیلاب و یا عدم موفقیت در ثبت تراز آب در شرایط اوج سیلاب مورد ارزیابی قرار گرفته و با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد.

1 - Low - Flow Chanel Saturation Discharge

2 - Tail Water Level

3 - Normal Depth Method

4 - Back Water Method

5 - Observation

6 - Back Water Lenght

– روش عمق نرمال

در این روش عمق آب در انتهای پایین‌دست محل انحراف توسط معادله مانینگ در محل ورود به کانال اصلی محاسبه می‌شود. در این روش فرض می‌گردد که ارتفاع تراز پایاب تحت تاثیر هیچ سازه کنترلی در پایین‌دست محل انحراف نمی‌باشد.

– روش برگشت آب

در این روش عمق آب در انتهای پایین‌دست کانال انحرافی از طریق محاسبه نیمرخ سطح آب از یک نقطه دورتر در پایین‌دست کانال انحرافی و به سمت بالادست تا محل خروجی کانال انحرافی و برگشت آب به آبراه طبیعی (انتهای سازه انحرافی) محاسبه می‌شود. محاسبه برگشت آب با استفاده از اولین نقطه کنترل در پایین‌دست محل خروجی کانال انحرافی (در داخل آبراهه طبیعی) و یا استفاده از فاصله معادل طول برگشت آب در پایین‌دست محل خروجی کانال انحرافی و برگشت آب به آبراه طبیعی انجام می‌گیرد. طول فاصله برگشت آب (L) با توجه به فرمول ارائه شده ($L = 0.7 \frac{D}{S}$) محاسبه می‌شود. که D عمق کانال و S در این جا شیب متوسط بستر در نظر گرفته می‌شود.

چندین مقطع عرضی مابین انتهای پایین‌دست کانال انحرافی و نقطه کنترل یا حد پایینی طول برگشت آب که توسط رابطه بالا برآورد شده است، باید برداشت شوند. مهم‌ترین و مطمئن‌ترین راه اعمال روش برگشت آب استفاده از برنامه‌نویسی کامپیوتری می‌باشد. جهت برآورد اولیه از وضعیت هیدرولیک جریان می‌توان برای استفاده از این روش به صورت دستی، مقاطع عرضی به صورت یک شکل هندسی متداول مانند دوزنقه یا مستطیل ساده شده تا محاسبات راحت‌تر انجام شوند.

– استفاده از مشاهدات

در بعضی مکان‌هایی که سیل جدیدی رخ داده است و اطلاعات بده سیلابی و عمق متناظر با آن موجود است می‌توان از آن به نوعی در تعیین شرایط مرزی پایین‌دست بهره جست. طراحان در استفاده از این تکنیک باید دو نکته زیر را مد نظر قرار دهند:

– بررسی میزان دقت داده‌ها در بخش ارتفاع تراز آب مشاهده شده و میزان جریان اندازه‌گیری شده

– اختلاف بین بده سیلابی طرح محاسبه شده در بند ۶-۲ و حداکثر جریان سیلاب مشاهده شده در محل

در صورت وجود اختلاف بین بده سیلابی محاسباتی و مشاهداتی، منحنی بده - اشل با استفاده از اطلاعات مشاهداتی تهیه و از آن جهت برآورد سطح آب متناظر با بده سیلابی طرح استفاده شود.

امروزه با در اختیار داشتن مدل‌های ریاضی معتبر بررسی وضعیت هیدرولیک جریان و حتی مباحثی مانند رسوب‌گذاری و فرسایش نیز قابل بررسی هستند. تغییر در شرایط مرزی اجرای مدل، برای حالت متفاوتی از بده جریان جهت تجزیه حساسیت مدل توصیه می‌گردد.

۶-۳-۲- پلان طرح

طبق توصیه مهندسين طول کانال انحرافی باید تا حدی که امکان دارد به طول کانال موجود نزدیک باشد. اگر طول کل کانال انحرافی از کانال موجودی که با آن جایگزین شده کمتر باشد، طول این کانال در صورت امکان باید افزوده شود. در این زمینه می‌توان با تغییر در شکل مسیر مانند به وجود آوردن پیچ و خم‌ها و انحنا یا طول کانال انحرافی افزود. که این موضوع باعث پایداری

بیشتر شرایط ریخت‌شناسی کانال و حفظ و تداوم شرایط زیستگاه گیاهان و جانوران می‌شود. در جایی که افزایش طول کانال ممکن نباشد، بهتر است با قراردادن سازه‌های شیب‌شکن از ازدیاد شیب طولی در کانال انحرافی جلوگیری نمود [۱۳].

وجود پیچ و خم‌ها و انحناها در یک کانال باز باعث ایجاد مقاومت اضافی در برابر جریان می‌شود که در واقع نسبت به بازه مستقیم معادل از مقاومت بیشتر در برابر جریان برخوردار است. میزان خمیدگی و تعداد آنها در تخمین ظرفیت جریان نرمال و عملکرد کانال انحرافی در شرایط سیلابی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. طراحی خم‌ها نسبت به کانال‌های مستقیم بسیار مشکل‌تر است. ولیکن خم‌ها باعث فراهم آوردن زیستگاه‌های مختلف در کف و کناره‌های رودخانه می‌شود. در نواحی قوس خارجی به دلیل شکل‌گیری دیواره‌های با شیب تند و جریان با عمق زیاد زیستگاه مناسبی جهت سکونت ماهیان و پرندگان ایجاد می‌گردد و در قوس داخلی نیز جریان کم عمق و تپه‌های رسوبی شکل می‌گیرد. به‌طور کلی مشکلات بالقوه‌ای در ارتباط با فرسایش خم‌های رودخانه‌ها می‌تواند به وجود آید که در نتیجه حفاظت کناره‌ها و در نظر داشتن آن در طراحی امری اجتناب‌ناپذیر است.

۳-۳-۶- شکل سطح مقطع و اندازه اثرگذار

شکل مقطع عرضی کانال باید جهت عبور بده جریان طرح مناسب باشد. به‌طور کلی مقطع عرضی کانال انحرافی جایگزین باید از نظر شکل و اندازه مشابه با کانال موجود باشد (در صورت عبور کل بده جریان). به جز مواردی که تغییراتی در ظرفیت بده جریان طرح وجود داشته باشد. موارد زیر را نیز باید در مورد شکل مقطع عرضی در نظر گرفت:

- پایداری کف و کناره‌ها
 - تغییرات طولی و جانبی جهت فراهم آوردن زیستگاه‌های گوناگون. مقطع عرضی در قوس‌ها به صورت مشابه در قوس خارجی عمیق و در قوس داخلی کم عمق می‌گردد. ارتقای شرایط زیست‌محیطی ممکن است در قالب به وجود آمدن نیزارها طراحی گردد.
 - طراحی پله‌ها و سکوها^۱ در مقطع جهت ظرفیت ذخیره‌سازی سیلاب
 - ایجاد آبراهه کم‌آبی^۲
- روند عمومی جهت تعیین اولیه ابعاد کانال به صورت زیر می‌باشد:
- ارائه یک طرح اولیه با استفاده از معادله مانینگ جهت به‌دست آوردن یک تخمین اولیه از اندازه کانال انجام محاسبه برگشت آب با استفاده از ارتفاع تراز پایاب در پایین دست طرح جهت تعیین تراز سطح آب در طول کانال انحراف. در این مرحله اثر سازه‌های هیدرولیکی درون کانال انحراف بر وضعیت هیدرولیک جریان باید مد نظر قرار گیرد.
 - تصحیح طراحی با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی و سایر ملاحظات لازم
- انجام محاسبات هیدرولیکی کانال عموماً با مدل‌های ریاضی معتبر صورت می‌پذیرد که این موضوع سبب بررسی دقیق مساله و اجرای مسایلمتعدد را فراهم می‌سازد.

۱- Berm (یک سکو یا پله افقی که در شیروانی کناره کانال، آبراهه یا رودخانه برای جلوگیری از فرسایش خاک و یا افزایش پایداری خاکریز ایجاد می‌گردد).

۲- بخشی از بستر آبراهه یا رودخانه که در دوره‌های کم‌آبی آب در آن جریان دارد.

جهت تعیین ابعاد کانال مسایل متنوعی از قبیل محدودیت‌های موجود نظیر کاربری اراضی، عبور از مناطق توسعه یافته و زبری و دیگر مسایل دخالت دارند. پیشنهاد شده است جهت یک برآورد اولیه از مقادیر زیر جهت تعیین عرض کانال اثرگذار استفاده شود [۲۶].

جدول ۶-۲- مقادیر پیشنهادی جهت عرض اثرگذار نسبت به بده جریان [۲۶]

ردیف	بده جریان (مترمکعب بر ثانیه)	عرض اثرگذار (متر)
۱	۳۰۰	۴۰ ~ ۶۰
۲	۵۰۰	۶۰ ~ ۸۰
۳	۱۰۰۰	۹۰ ~ ۱۲۰
۴	۲۰۰۰	۱۶۰ ~ ۲۲۰
۵	۵۰۰۰	۳۵۰ ~ ۴۵۰

۶-۳-۴- ظرفیت اثرگذار

بعد از انتخاب بده طرح، برآورد اولیه از اندازه کانال در حالت یکنواخت با استفاده از معادله مانینگ که در زیر به آن اشاره شده محاسبه می‌شود:

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (۳-۶)$$

که در این رابطه:

Q : بده طرح (مترمکعب بر ثانیه)

A : سطح مقطع جریان (متر مربع)

R: شعاع هیدرولیکی (A/P ، متر)

P : محیط خیس شده کانال (متر)

S : شیب سطح آب (متر/متر)

n : ضریب مانینگ

روند محاسبه توسط رابطه مانینگ به شرح زیر می‌باشد:

- تعیین ابعاد مقطع و شکل کانال و طراحی تراز سطح آب

- محاسبه میزان جریان

- اگر میزان جریان با میزان جریان طرح برابر نباشد با تغییر در شکل کانال و تراز سطح آب دوباره مراحل فوق تکرار می‌شود.

ابتدا شیب (S) را همان شیب کف کانال موجود در نظر گرفته و یک برآورد اولیه از زبری (مانینگ) به دست خواهد آمد که در بند

۶-۳-۶ در مورد آن توضیح داده خواهد شد. طراحی کانال رودخانه به طور معمول شامل در نظر گرفتن موارد زیر می‌شود [۱۳]:

- ظرفیت مقطع کانال اصلی^۱ معادل متوسط سیل سالانه در نظر گرفته می‌شود.

- ایجاد ناحیه‌هایی در طرفین کانال اصلی به طوری که کانال اصلی و دوطرف آن به صورت یک کانال مرکب عمل کرده و توانایی حمل سیلاب طرح را دارا باشند. (ایجاد سکو و طراحی به صورت مقطع مرکب)

- در بعضی موارد باید آبراهه کم‌آبی در داخل مقطع کانال اصلی در نظر گرفته شود.

اگر کانال انحرافی به طور کامل با آبراهه موجود جایگزین شود. ابعاد اولیه این کانال می‌تواند مشابه با اندازه و شکل رودخانه موجود صورت پذیرد. ارزیابی اولیه از وضعیت ریخت‌شناسی رودخانه موجود، مولفه‌هایی مانند شکل، اندازه و شیب بستر را مشخص می‌کند. در صورتی که در طرح کانال انحرافی به نوعی تغییرات در شیب بستر و یا اندازه و شکل سطح مقطع نسبت به حالت طبیعی در گذشته ایجاد گردد، این موضوع باید در ارزیابی عوامل زیست‌محیطی و کیفی مورد توجه قرار گیرد. پیش‌بینی اقدامات به منظور کاهش اثرهای نامطلوب آن و ارتقا و بهبود وضعیت شرایط زیست‌محیطی و کیفی در طرح جدید از نقاط قوت آن محسوب می‌شود [۱۳].

اگر کانال انحرافی بخشی از جریان را منحرف نموده و در شرایط طبیعی حامل جریان باشد، باید سهم جریان انشعابی در بده‌های مختلف تعیین و ابعاد کانال انحرافی جهت حمل بده‌های انشعابی طراحی شود.

بده طراحی در کانال انحرافی معمولاً بر اساس حالت مقطع پر^۱ طرح می‌گردد. هنگامی که سطح مقطع پر کانال محاسبه شد، بده‌های دیگر طراحی بر اساس شکل کانال مورد ملاحظه قرار می‌گیرند. آبراهه کم‌آبی^۲ باید با توجه به فراهم آوردن عمق و سرعت کافی برای مولفه‌های مربوط به کیفیت آب و ملاحظات زیست‌محیطی طراحی شود [۱۳].

در شبیه‌سازی هیدرولیکی گزینه نهایی، توصیه شده است که محاسبات تراز سطح آب در طول کانال مبتنی بر روش برگشت‌آب^۳ صورت پذیرد. استفاده از این روش جهت طراحی نهایی هنگامی که کانال غیر یکنواخت و داده‌های مشاهداتی اندکی از سیلاب در دسترس باشد، توصیه می‌گردد. دلیل این امر موازی نبودن تراز سطح آب با بستر در انتهای کانال انحراف (محل ورودی به رودخانه) بوده که در صورت انجام محاسبات از محدوده‌ای در پایین‌دست انتهای کانال انحراف (پایین‌تر از محل ورودی به رودخانه) به سمت بالادست محاسبه تراز سطح آب در کانال انحراف از دقت خوبی برخوردار می‌گردد. همچنین در طرح نهایی باید اثرهای هیدرولیکی سازه‌ها، از قبیل سازه‌های کنترل، پل‌ها و زیرگذرها لحاظ گردد [۱۳].

امروزه با در اختیار داشتن مدل‌های ریاضی مبتنی بر اصول محاسبات جریان متغیر تدریجی نظیر MIKE11, HEC-RAS و دیگر مدل‌های ریاضی حل یک بعدی جریان و رسوب امکان بررسی وضعیت هیدرولیک جریان در قالب مسایل مختلف و اعمال شرایط مرزی متفاوت به سهولت میسر است. هنگامی که ذخیره سیلاب از اهمیت برخوردار باشد، مدل را می‌توان در حالت جریان غیر دایمی اجرا نمود. در این حالت آبنگار سیلاب در بالادست کانال انحرافی به عنوان شرط مرزی ورودی و منحنی بده - اشل به عنوان شرط مرزی در پایین‌دست به مدل تعریف می‌گردد.

بهره‌مندی از مدل‌های ریاضی، بهینه‌سازی طرح و انجام محاسبات در زمان محدودتر و با صرف هزینه‌های کم‌تر را میسر می‌سازد. در ادامه بخشی از فواید شبیه‌سازی ریاضی و استفاده از نرم‌افزارهای ریاضی متداول مهندسی اشاره می‌گردد:

- 1 - Bankfull Discharge
- 2 - Low Flow Channel
- 3 - Back Water Method

- اشکال پیچیده کانال بدون نیاز به محاسبات مشخصات مقاطع به صورت دستی، می‌توانند استفاده شوند.
- امکان آزمایش طراحی برای جریان‌های مختلف امکان‌پذیر می‌باشد.
- امکان تغییر در ابعاد کانال جهت بهینه‌سازی طراحی فراهم می‌شود.
- امکان آزمایش طراحی در شرایط سیلابی فراهم شده که در این حالت ذخیره‌سازی در سیلابدشت به حساب آورده می‌شود.
- امکان تغییر شکل و زبری کانال بر اساس اقدامات زیست‌محیطی (تغییر در نوع پوشش گیاهی) فراهم می‌گردد.
- با انجام تجزیه حساسیت در مدل محدوده تغییرات در نتایج نسبت به پارامترهای ورودی مورد ارزیابی قرار گرفته و این موضوع محدوده دقت مورد نیاز در برداشت داده‌های ورودی را تشریح و مورد بررسی قرار می‌دهد.
- امکان تغییر در شرایط مرزی و بررسی حالات مختلفی که امکان وقوع آن محتمل است و بر وضعیت هیدرولیک جریان در کانال انحراف تاثیر می‌گذارد.

بررسی نحوه طراحی طرح‌های کانال انحراف جریان در کشور ژاپن نشان می‌دهد در طرح‌های با مقیاس بزرگ به منظور بررسی دقیق‌تر از عملکرد کانال انحرافی و خصوصاً در پاره‌ای از موارد که از کانال انحرافی در کنار رودخانه موجود استفاده می‌گردد، بررسی وضعیت هیدرولیک جریان و رسوب و نحوه توزیع جریان در ترازهای مختلف با ساخت مدل فیزیکی صورت می‌پذیرد. به دلیل هزینه‌های بالای اجرای طرح‌های انحراف سیلاب و مسایل متنوعی که این‌گونه طرح‌ها با آن درگیر هستند. مطالعه همه جانبه در بخش هیدرولیک جریان با ابزاری چون مدل‌های ریاضی معتبر و مدل فیزیکی توصیه می‌گردد.

۶-۳-۴-۱- شیب کف

در صورتی که آبراهه موجود از نظر دینامیکی پایدار و در حال فرسایش و یا رسوب‌گذاری نباشد، شیب کف کانال انحرافی حتی الامکان باید نزدیک به شیب آبراهه موجود در نظر گرفته شود. با ارزیابی‌هایی از وضعیت زمین‌شناسی و ریخت‌شناسی رودخانه می‌توان به پایداری رودخانه به لحاظ دینامیکی پی برد. اگر آبراهه موجود در حالت تعادل دینامیکی باشد، شیب کف کانال نباید حتی الامکان تغییر نماید.

در مواردی که به علت موقعیت طرح به لحاظ مکانی امکان برابری طول کانال انحرافی مطابق با رودخانه یا کانال موجود میسر نباشد بهتر است در این حالت حفظ شیب کانال توسط روش‌هایی از قبیل سازه‌های شیب‌شکن صورت پذیرد. می‌توان از مصالح طبیعی جهت ساخت و احداث این سازه‌ها استفاده نمود.

در صورت تغییر در شیب بستر امکان رسوب‌گذاری و یا فرسایش بالادست یا پایین‌دست محل تغییر شیب وجود دارد. این تغییرات به طوری است که کانال تمایل دارد به شرایط پایدار گذشته باز گردد. امروزه تخمین و محاسبه تغییرات شیب بستر و تغییرات تراز بستر در طول کانال انحراف اعم از فرسایش و رسوب‌گذاری با نرم‌افزارهایی از قبیل Hec6 و MIKE11 امکان‌پذیر است.

در طراحی باید توجه ویژه‌ای به موضوع شیب بستر معطوف گردد چرا که این موضوع به منظور تضمین پایداری شرایط رودخانه به لحاظ ریخت‌شناسی مهم می‌باشد. بستر هموار و یکنواخت رودخانه محیط مناسبی برای رشد گونه‌های مختلف گیاهی نیست.

جهت به وجود آوردن شرایط مناسب جهت زیستگاه گیاهان، جانوران و ماهیان، نیازمند تدابیری در طراحی کانال انحرافی هستیم. ترتیب قرارگیری گوداب‌ها و خیزاب‌ها^۱ یک راه قابل قبول از شرایط متغییر شیب بستر بوده و تکمیل و توسعه سریع آنها بعد از اقدامات انحراف جریان، جهت احیای محیط‌های مناسب جهت رشد آبزیان بسیار حیاتی می‌باشد. ارزیابی‌های ریخت‌شناسی رودخانه نشان خواهد داد که آیا ترکیب گوداب‌ها و خیزاب‌های شکل یافته برای کانال طبیعی است.

گوداب‌ها و خیزاب‌ها در یک کانال رودخانه به طور موضعی سبب تغییر شیب رودخانه نسبت به شیب متوسط در یک بازه خاص می‌شود. که این امر باعث تغییرات قابل ملاحظه شیب طولی از تند به ملایم می‌شود. در جریان‌های کم رودخانه این تغییر در تراز سطح آب می‌تواند منجر به آبشارکی^۲ از جریان کم عمق در خیزاب‌ها و جریان آرام^۳ عمیق‌تر در گوداب‌ها شود. آشفتگی و تلاطم در خیزاب‌ها باعث افزایش اکسیژن‌زایی می‌شود. در صورتی که گوداب‌ها محیط‌های مناسبی برای رشد مواد مغذی و زیستگاه‌های جانوری است. استاندارد مربوط به کارهای مهندسی رودخانه کشور ژاپن توصیه نموده است تغییر در شیب اثرگذار نسبت به وضعیت موجود حداکثر به دو برابر محدود گردد [۲۶].

۶-۳-۵- سرعت جریان

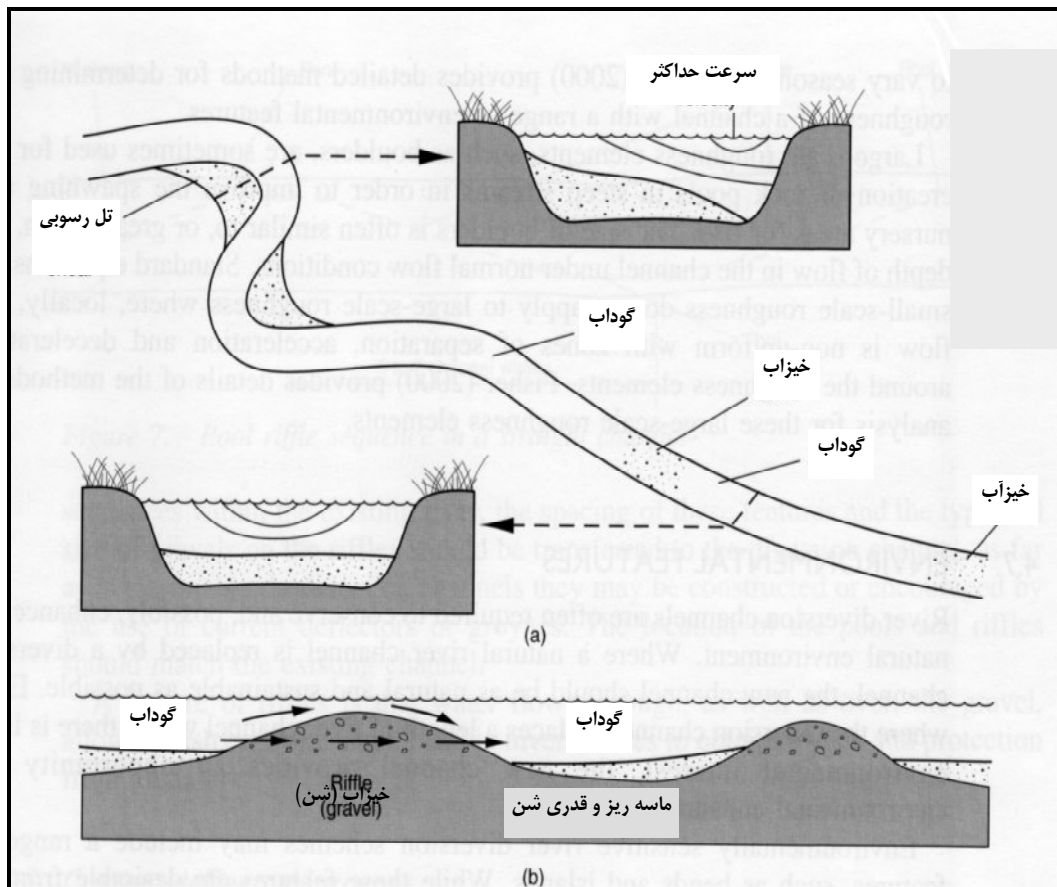
سرعت جریان بر نرخ فرآیند رسوب‌گذاری و فرسایش، الگوی دانه‌بندی مواد بستر رودخانه و به نوعی بر وضعیت عادی زندگی انواع مشخص ماهیان، جانوران آبزی و جوامع گیاهی موجود در روخانه تاثیر می‌گذارد. عمق جریان نیز که به نوعی با سرعت جریان ارتباط متقابل دارد و هر دوی آنها به نوعی بر مولفه‌های ریخت‌شناسی و هیدرولوژیکی کانال تاثیرگذار هستند. ارتباط مابین سرعت و عمق جریان از منظر حفظ زیستگاه‌های متفاوت جانوری و گیاهی در کانال بسیار حایز اهمیت می‌باشد.

مثالی از این مورد را می‌توان در یک کانال طبیعی در شکل (۶-۲) مشاهده نمود. وجود گوداب‌ها - خیزاب‌ها باعث ایجاد سرعت و عمق‌های گوناگون شده که این موضوع شرایط مناسبی را جهت زیستن و تخم‌ریزی ماهیان در رودخانه مهیا می‌نماید، در صورتی که ترتیب گوداب‌ها - خیزاب‌ها در کانال انحراف به شکلی از دست رفته باشد، فراوانی و تنوع ماهیان کاهش خواهد یافت. اگر هدف این است که بازه منحرف شده مشابه با بازه اصلی ساخته شود، بنابراین سرعت‌ها و اعماق در بازه انحرافی باید مطابق با بازه اصلی باشند تغییر در سرعت یا عمق ممکن است باعث تغییر در مولفه‌های مربوط به ریخت‌شناسی و زیستگاه طبیعی در رودخانه شود.

1- Pools and Riffles

۲- Cascade (قسمتی از رودخانه که حد فاصل بین یک تنداب و آبشار بوده و شیب بستر آن قابل ملاحظه می‌باشد. در عین حال شیب به اندازه‌ای نیست که موجب جریان قائم آب می‌گردد).

3-Tranquil Flow



شکل ۶-۲- جریان آب و اجزای گوداب‌ها و خیزاب‌ها: (a) پلان و (b) نیم‌رخ طولی

۶-۳-۶- زبری کف

مقاومت کانال در معادله مانینگ تحت عنوان ضریب زبری مانینگ (n) بیان شده است. معیار اصلی در طراحی کانال انحراف جریان، توانایی کانال جهت انتقال جریان‌های سیلابی می‌باشد. تعیین میزان انتقال سیلاب از یک کانال، بستگی به مقادیر ضریب زبری در جریان مقطع پر (مقطع لبریز) دارد. مقادیر ضریب زبری در شرایط کم‌آبی معمولاً بیش‌تر از مقادیر ضریب زبری برای جریان‌های سیلابی می‌باشد. بنابراین باید از مقادیر مختلف ضریب زبری جهت طراحی بستر کم‌آبی استفاده شود. مقادیر ضریب زبری بسته به نوع پوشش گیاهی کانال و حفظ و نگهداری کانال در فصول مختلف تغییر می‌نماید. اگر میزان پوشش گیاهی داخل کانال به طور قابل توجهی در فصول مختلف تغییر نماید، ضرایب زبری متفاوتی باید برای فصول مختلف استفاده شود. ضریب زبری برای یک کانال رودخانه را می‌توان توسط یکی از روش‌هایی که جزئیات آن در مرجع [۱۳] آمده است با در نظر گرفتن افت‌های خمیدگی در صورت وجود پیچ و خم‌ها یا خمیدگی‌ها در بازه مورد مطالعه تعیین نمود.

این روش‌ها همگی کیفی یا نیمه کیفی می‌باشند و شامل مقایسه طراحی کانال با تصاویر یا مقادیر زبری انتخاب شده از یک جدول بسته به مشخصات کانال می‌شوند.

اگر سایر اجزای زیست‌محیطی مانند گیاهان در طراحی کانال دخالت داده شوند ممکن است باعث اصلاح تخمین اولیه زبری شود. توجه ویژه‌ای باید در مورد زبری تخمینی کانال برای کانال‌های پوشیده شده از گیاهان اعمال شود. به عنوان مثال احتمال تغییر

n در فصول مختلف وجود دارد. ضریب زبری برای یک کانال رودخانه طبیعی توسط Fisher در سال ۲۰۰۰ میلادی با در نظر گرفتن محدوده‌های از مولفه‌های زیست‌محیطی محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۶-۳) ارائه شده است.

جدول ۶-۳- مقادیر پیشنهادی جهت برآورد ضریب زبری توسط Fisher (۲۰۰۰) در کانال‌های طبیعی [۱۳]

ضریب مایننگ			نوع کانال و مشخصات آن
حد پایین	متوسط	حد بالا	
			کانال‌های طبیعی با حداکثر عرض جریان در سطح در هنگام سیلاب کوچک‌تر از ۳۰ متر:
۰/۰۳۳	۰/۰۳۰	۰/۰۲۵	جریان آب تمیز، کانال مستقیم در تمامی بازه، بدون وجود تغییرات ناگهانی در عمق و یا گوداب‌های عمیق
۰/۰۴۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	مانند شرایط بالا ولی با وجود قله سنگ و علف‌های هرزه
۰/۰۴۵	۰/۰۴۰	۰/۰۳۳	جریان آب تمیز، کانال دارای پیچ و با وجود گوداب‌ها و تل‌آبی (Shoal)
۰/۰۵۰	۰/۰۴۵	۰/۰۳۵	مانند شرایط بالا ولی با وجود قله سنگ و علف‌های هرزه
۰/۰۵۵	۰/۰۴۸	۰/۰۴۰	مانند شرایط بالا ولی در بازه‌های کم ارتفاع و بدون تاثیر زیاد شیب و سطح مقطع
۰/۰۶۰	۰/۰۵	۰/۰۴۵	مانند شرایط بالا ولی با وجود قله‌سنگ‌های بیش‌تر
۰/۰۸۰	۰/۰۷۰	۰/۰۵۰	بازه‌هایی از کانال که سرعت جریان در آن کند بوده و دارای گوداب‌های عمیق توام با علف‌های هرزه
۰/۱۵۰	۰/۱۰۰	۰/۰۷۵	بازه‌های دارای علف‌های هرزه زیاد، گوداب‌های عمیق یا اثرگذارهای دارای درخت و درختچه‌های بسیار
۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۰	رودخانه‌های کوهستانی، بدون پوشش گیاهی در کانال، سواحل معمولاً پر شیب، درختان و علف‌های هرزه که در ترازهای بالای جریان مستغرق می‌شوند. بستر شامل مواد سنی، سنگریزه یا تخته سنگ‌های کوچک
۰/۰۷۰	۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	رودخانه‌های کوهستانی، بدون پوشش گیاهی در کانال، سواحل معمولاً پر شیب، درختان و علف‌های هرزه که در ترازهای بالای جریان مستغرق می‌شوند. بستر شامل سنگریزه یا تخته سنگ‌های بزرگ
			سیلابدشت‌ها:
			مراعات:
۰/۰۳۵۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۵	با علف‌های کوتاه
۰/۰۵۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	با علف‌های بلند
			کشتزارها:
۰/۰۴۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۰	بدون پوشش گیاهی خاص
۰/۰۴۵	۰/۰۳۵۰	۰/۰۲۵	دارای پوشش گیاهان رشد یافته به صورت ردیفی
۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۰	دارای پوشش گیاهان رشد یافته به صورت پهنه و گسترده
			علفزارها:
۰/۰۷۰	۰/۰۵۰	۰/۰۳۵	دارای علف‌های پراکنده و پوشیده از علف‌های هرزه بلند
۰/۰۶۰	۰/۰۵۰	۰/۰۳۵	دارای علف‌های با پوشش سبک و درختان در فصل زمستان
۰/۰۸۰	۰/۰۶۰	۰/۰۴۰	دارای علف‌های با پوشش سبک و درختان در فصل تابستان
۰/۱۱۰	۰/۰۷۰	۰/۰۴۵	دارای علف‌های با پوشش متوسط تا متراکم در فصل زمستان
۰/۱۶۰	۰/۱۰۰	۰/۰۷۰	دارای علف‌های با پوشش متوسط تا متراکم در فصل تابستان

بعضی مواقع از قله‌سنگ‌های بزرگ و یا تخته سنگ‌ها جهت ساخت استخرهای تاخیری به منظور فراهم آوردن محیطی مناسب جهت تخم‌ریزی ماهیان و رشد آنها در رودخانه‌ها با شیب تند استفاده می‌شود. که اندازه آنها اکثر اوقات متناسب با عمق جریان در شرایط نرمال و یا قدری بزرگ‌تر از آن تعیین می‌گردد. ضریب زبری در این محدوده‌ها و در جاهایی که دارای جریان غیر یکنواخت باشد توسط معادلات استاندارد و روش‌های معمول قابل محاسبه نیست و روش‌های دیگری توسط Fisher در مرجع [۱۳] برای محاسبه آن پیشنهاد شده است. استاندارد مربوط به کارهای مهندسی رودخانه کشور ژاپن مقادیر ضریب زبری را جهت برآورد کلی در طراحی‌های مربوط به اثرگذار مطابق جدول (۶-۴) توصیه نموده است [۲۶].

جدول ۶-۴- مقادیر پیشنهادی جهت برآورد ضریب زبری توسط استاندارد کارهای مهندسی رودخانه کشور ژاپن [۲۶]

ردیف	انواع کانال	مقادیر ضریب زبری پیشنهادی
۱	اثرگذار به‌طور عام	۰/۰۳۵ - ۰/۰۳۰
۲	رودخانه‌های با شیب تند (با عرض زیاد تا عرض کم)	۰/۰۵۰ - ۰/۰۴۵
۳	اثرگذارهای موقت که با عملیات کانال‌کشی ایجاد شده بدون درخت	۰/۰۳۵
۴	مقاطع مرکب	۰/۰۲۵
۵	تونل‌های انحراف رودخانه	۰/۰۲۳

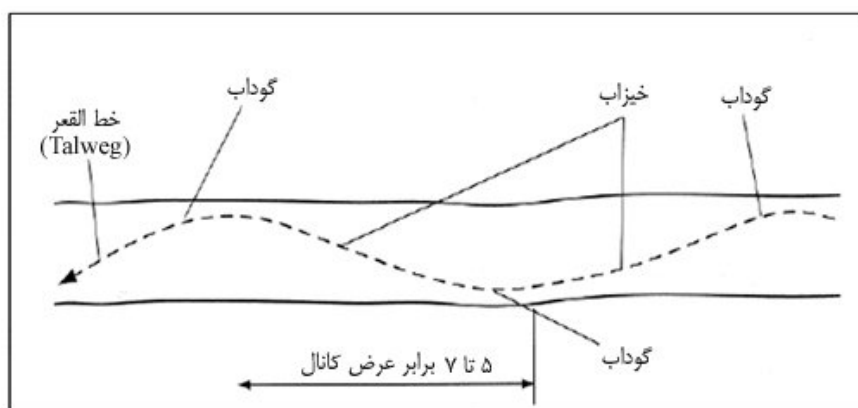
۶-۳-۷- عوامل زیست‌محیطی

کانال‌های انحراف رودخانه‌ها اغلب نیاز به تدابیری جهت حفاظت از وضعیت زیست‌محیطی دارند و در صورت امکان بهتر است با به‌کارگیری از روش‌هایی به ارتقای شرایط زیست‌محیطی نیز کمک نمود. در مواقعی که کانال انحرافی جایگزین رودخانه طبیعی می‌شود، کانال جدید باید به نحوی طراحی گردد که حتی‌الامکان شرایط طبیعی و پایدار موجود در گذشته را حفظ نماید. امروزه سعی بر آن است که با کمک سازه‌های رودخانه‌ای به نوعی شرایط مطلوبی را برای زیستگاه‌های جوامع جانوری و گیاهان حاشیه رودخانه و درون رودخانه ایجاد نمود.

در کانال‌های انحراف مناطق حساسی که در آن مولفه‌های زیست‌محیطی از اهمیت بالایی برخوردار هستند بیش‌تر در مجاورت پیچ و خم‌ها و جزایر می‌باشند. در صورتی که زمین کافی در اختیار طراحان باشد، می‌توان با توجه به اقداماتی که در این بخش به آن اشاره می‌گردد از نقطه نظر زیست‌محیطی ضمن حفظ شرایط و رسیدن به وضعیت مطلوب برای ارتقای آن نیز برنامه‌ریزی نمود. در این بخش ضمن شناخت مولفه‌های موثر به اقداماتی که در موضوع طراحی کانال انحراف باعث حفظ و بهبود شرایط زیست‌محیطی می‌شود، اشاره خواهد شد. این اقدامات شامل ساخت آبشکن به منظور کمک به ایجاد زیستگاه‌های طبیعی، احداث سرریزهای سنگی کم ارتفاع جهت ایجاد حداقل عمق لازم در شرایط عادی برای زیستگاه ماهیان، نوع پوشش گیاهی و دیگر مباحثی است که به اختصار به آن توجه شده است.

۶-۳-۷-۱- گوداب‌ها و خیزاب‌ها

گوداب‌ها و خیزاب‌ها در بسیاری از رودخانه‌ها وجود داشته و باعث تغییر در عمق و سرعت جریان می‌شوند. گوداب‌ها و خیزاب‌ها به این دلیل که باعث ایجاد شرایط مناسب جهت تولید مثل ماهیان می‌شوند، از نظر ماهی‌گیری بسیار با اهمیت می‌باشند. تحقیقات نشان می‌دهد که میانگین فاصله بین گوداب‌ها و خیزاب‌ها باید بین ۵ تا ۷ برابر عرض رودخانه باشد. نمایی از گوداب‌ها و خیزاب‌ها در یک رودخانه مستقیم در شکل (۶-۳) نشان داده شده است. در این شکل خط القعر نیز نمایش داده شده است. تواتر گوداب‌ها و خیزاب‌ها در مورد پیچان‌روها نیز صادق است. ولی گوداب‌ها معمولاً در قسمت بیرونی قوس‌ها که مکانی طبیعی از آب نسبتاً عمیق است، به وجود می‌آیند. این تواتر گوداب - خیزاب در تمام رودخانه‌هایی که دارای مواد بستر بزرگ‌تر از ماسه درشت دانه می‌باشند، وجود دارد. که این امر مشخصه اکثر جریان‌های آزاد است که امکان حضور ماهی‌های آزاد در آن وجود دارد.



شکل ۶-۳- جانمایی گوداب‌ها و خیزاب‌ها در یک کانال مستقیم [۱۳]

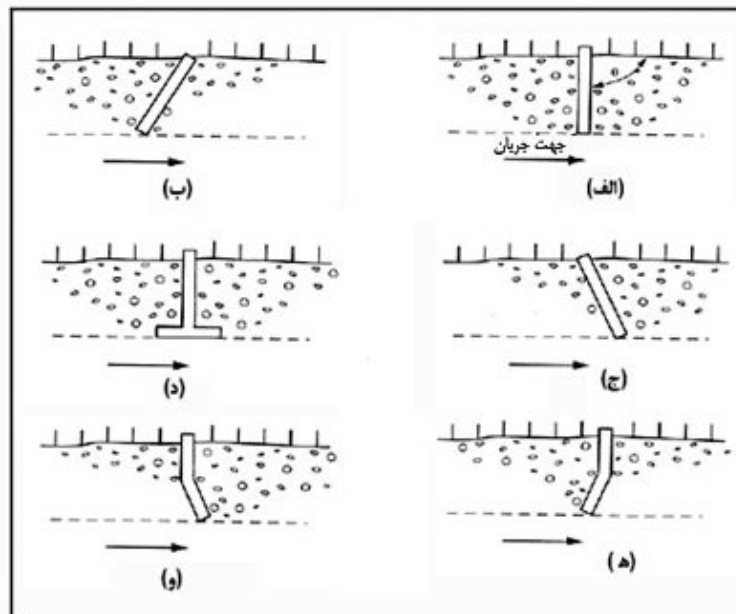
موقعیت و فاصله توالی گوداب - خیزاب به نوع مواد بستر موجود در هر رودخانه بستگی دارد. به طور کلی جهت برقراری شرایط یکسان در کانال انحراف جریان دایمی با وضعیت قبلی رودخانه ساده‌ترین کار این است که مقطع کانال و مواد بستر به شکلی انتخاب گردند که خصوصیات گوداب و خیزاب‌ها و فاصله میان آنها مطابق شرایط طبیعی و گذشته باشد. طبق یک قاعده کلی اگر توالی گوداب - خیزاب در رودخانه وجود داشته باشد، فاصله بین آنها، نوع و اندازه مواد تشکیل‌دهنده خیزاب‌ها به طور معقول باید در کانال انحرافی دایمی نیز به طور مشابه ایجاد گردد. در کانال‌های انحرافی گوداب‌ها و خیزاب‌ها ممکن است توسط آبشکن‌ها و یا انحراف دهنده‌های جریان ایجاد شوند. موقعیت گوداب‌ها و خیزاب‌ها باید با رودخانه اصلی موجود مطابقت داشته باشد. یکی از خصوصیات خیزاب‌ها این است که جریانی که از میان سنگ‌ریزه‌ها یا لایه بالایی آنها عبور می‌کند، اکسیژن لازم برای تخم‌های ماهیان و بی‌مهرگان کوچک را فراهم نموده و همچنین باعث محافظت آنها از دست آبیان مهاجم می‌شود.

۶-۳-۲- انحراف دهنده‌ها و آبشکن‌ها^۱

آبشکن، سازه‌ای است که از کناره رودخانه به سمت داخل آن اجرا می‌شود. این سازه به طور رایج به عنوان سازه‌ای مهندسی جهت متمرکز نمودن جریان، ایجاد کانال اصلی عمیق و حفاظت از کناره‌های رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سازه‌ها از راه‌های زیر موجب ارتقای شرایط زیست‌محیطی می‌شوند:

- تغییر مسیر جریان و حفاظت کناره‌ها
- متمرکز کردن جریان‌های کم عمق، باعث نگهداری و هدایت جریان پایه در آبراهه و باعث ایجاد گوداب‌ها و خیزاب‌ها می‌گردد.
- پناهگاه مناسبی را برای ماهیان رودخانه در هنگام سیلاب فراهم می‌سازد.
- با رسوب‌گذاری در مجاورت و مابین آنها علاوه بر حفاظت کناره‌های رودخانه محیط‌های مناسبی را برای رشد موجودات ریز مغذی و جوامع جانوری و گیاهی فراهم می‌سازد.
- باعث بهبود و ایجاد چشم‌انداز طبیعی در مجاورت رودخانه و کانال انحراف می‌گردد.

آبشکن‌هایی که با اهداف زیست‌محیطی ساخته می‌شوند معمولاً مربوط به جریان‌های عادی می‌باشند و اثر کم‌تری بر روی جریان در حالت مقطع پر دارند. آبشکن‌های محافظتی در برابر جریان‌های سیلابی باعث افزایش سرعت جریان در بخش‌هایی از کانال می‌شوند. به علاوه آنها، زیر لایه سختی برای تجمع جلبک‌ها و خزه‌ها به وجود می‌آورند. در طی جریان‌های غیر سیلابی آبشکن‌های غیر محافظتی ممکن است مشابه زیستگاه‌های طبیعی موقت کم عمق عمل کرده و محیط مناسبی را جهت رشد گیاهان فراهم آورند. ایجاد آبشکن‌ها ممکن است موجب افزایش فعالیت‌های زیستی شود زیرا در اثر احداث آبشکن طول کناره‌های کانال که بیش‌ترین فعالیت‌های زیستی در آن‌جا اتفاق می‌افتد افزایش می‌یابد. اشکال مختلف آبشکن‌ها در شکل (۴-۶) نشان داده شده و یک مورد از استفاده از آنها که از طرح‌های اجرا شده در کشور ژاپن می‌باشد، در شکل (۵-۶) دیده می‌شود.



الف- مستقیم، عمود بر جریان ب- مستقیم، متمایل به سمت بالادست جریان ج- مستقیم، متمایل به سمت پایین‌دست جریان
 د- T شکل ه- شکسته، متمایل به سمت بالادست جریان و- شکسته، متمایل به سمت پایین‌دست جریان

شکل ۶-۴- اشکال پلان آبشکن‌ها [۱۳]



شکل ۶-۵ - احداث آبشکن به منظور بهبود شرایط زیست‌محیطی از تجارب در کشور ژاپن [۹]

۶-۳-۷-۳- سرریزهای سنگی کم ارتفاع^۱

این سرریزها معمولا برای ایجاد یا عمیق‌تر کردن آبگیرها و به دام انداختن شن ریزه‌های لزج در جریان‌های با سرعت بالا به کار می‌روند. این سرریزها همچنین موجب حفظ ارتفاع آب در دوره تناوب جریان‌های غیر سیلابی می‌شوند. این سرریزها ممکن است در بدهای مختلف جریان یا فقط در طی جریان‌های سیلابی مستغرق شوند. همچنین سازه مفیدی جهت بهبود زیستگاه‌های حیات

وحش هستند و می‌توانند باعث بهبود چشم‌انداز ظاهری رودخانه شوند. این سرریزها می‌توانند موجب حفظ شیب هیدرولیکی اصلی در کانال انحرافی شوند. نمونه‌ای از این سرریزها بر روی رودخانه Tawe در کشور انگلستان در شکل (۶-۶) دیده می‌شود.



شکل ۶-۶ - سرریزسنگی کم ارتفاع بر روی رودخانه تاو [۱۳]

سرریزهای سنگی کم ارتفاع معمولاً سازه‌های ساده و نسبتاً کم‌خرجی هستند. بلوک‌های سنگی طبیعی ترجیحاً مناسب‌ترین مصالح جهت ساخت سرریزها هم از جنبه زیبایی و هم از جنبه حیات وحش می‌باشند. توری‌سنگ‌ها که ممکن است تنها مصالح قابل اجرا در حوضه‌های آبریز کوچک باشند می‌توانند جایگزین بلوک‌های سنگی طبیعی در این سرریزها شوند. برای جلوگیری از فرسایش کناره‌ها باید در ساخت جزئیات کناره‌ها دقت شود.

این سرریزها از چند جهت مفید می‌باشند:

- با تغییر در الگوی جریان آرام و ایجاد جریان آشفته به صورت موضعی باعث می‌شوند که آب نسبت به شرایط گذشته، دارای اکسیژن بیش‌تری شود.
- ذرات مواد آلی که به طور پیوسته در حال عبور از زیر این سرریزها هستند غذای مناسبی برای نوزاد حشرات می‌باشند.
- زیر لایه سخت پایدار این سازه‌ها از جلبک‌ها، خزه‌ها و گل‌سنگ‌ها پوشیده شده و باعث ایجاد پناهگاه برای بی‌مهرگان و تامین غذا برای ماهی‌ها و پرندگان رودخانه می‌شود.
- سرریزهای سنگی در قرن‌های متمادی جهت تقویت ماهی‌گیری و چشم‌انداز منطقه یا تقویت پتانسیل قدرت آب رودخانه‌های کوچک به کار رفته‌اند. این نکته را هم باید در نظر داشت که ممکن است تعمیر سازه‌های قدیمی بر ایجاد سازه‌های جدید ارجحیت داشته باشد.

۶-۳-۷-۴- پوشش گیاهی

انواع مختلفی از پوشش‌های گیاهی در مجاورت دیواره‌های رودخانه و در طول کانال طبیعی رودخانه به واسطه وجود تغییرات در عمق، سرعت و مواد بستر آبراهه وجود دارد. نوع پوشش گیاهی در عملکرد هیدرولیکی کانال تاثیر دارد. طراح باید موارد زیر را مدنظر قرار دهد [۱۳]:

الف- اگر سرعت در میانه کانال رودخانه کم باشد، این امر موجب افزایش رشد گیاهان شناور و پهن‌برگ شده و به‌طور چشم‌گیری سرعت جریان را کاهش می‌دهد. همچنین باعث ته‌نشینی رسوبات و پوشیده شدن بی‌مهرگان توسط این رسوبات می‌شود.

ب- اگر بستر کانال در جداره‌ها پایدار باشد فضایی مناسب جهت رشد و نمو گیاهان بوده و ممکن است گونه‌های سخت‌تر مانند نی‌ها بر روی آن رشد و نمو نمایند. در نواحی کناره‌های کانال، رسوبات به دام افتاده، باعث ایجاد تراس‌ها یا پله‌های کم ارتفاع شده که زیستگاه مناسبی برای جانوران (بی‌مهرگان) می‌باشد. آب‌شکن‌ها باعث افزایش این تراس‌ها می‌شوند.

ج- قسمتی از خاکریزهای کناره‌ای و همچنین تراس‌ها باید جهت ایجاد سایه و زیستگاه طبیعی برای پستانداران و پرندگان و همچنین حفاظت کناره‌ها از گیاه پوشیده شوند. که این امر با ساختن کانال‌های مرکب میسر شده و باعث حفظ ارتباط هیدرولیکی بین کانال و سیلابدشت و همچنین افزایش میزان ذخیره سیلابدشت می‌شود.

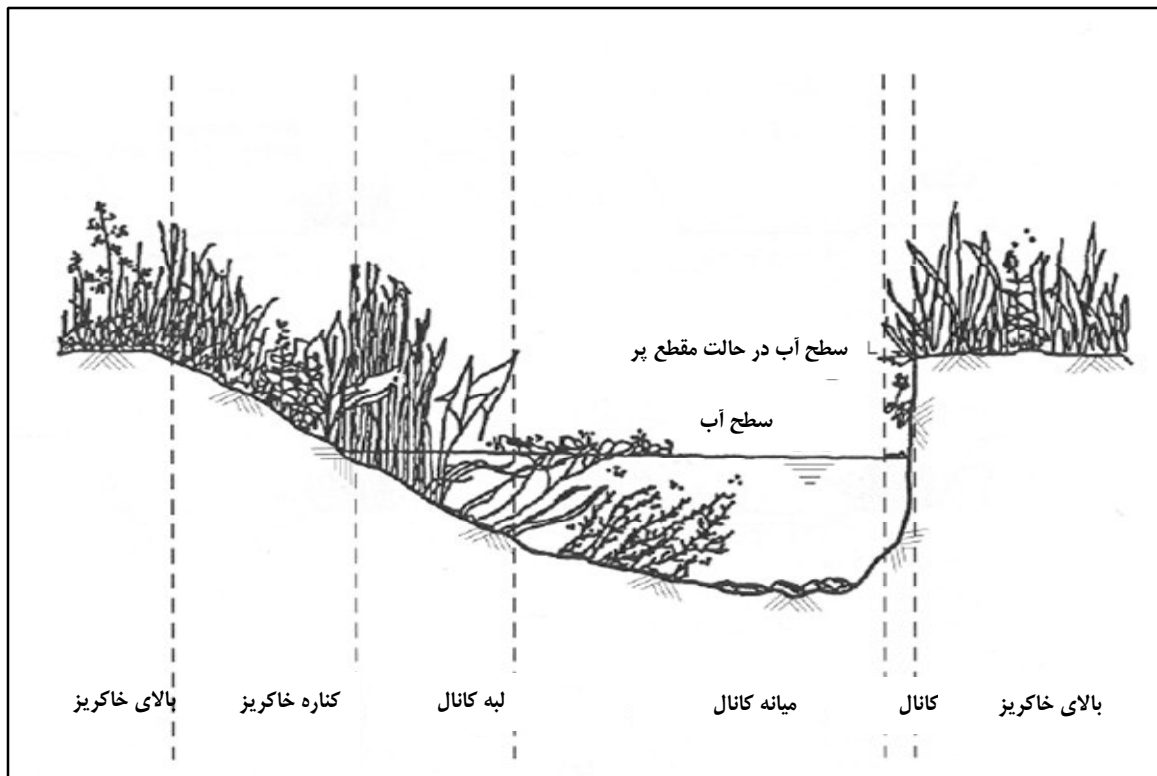
د- پوشش گیاهی متوسط که به‌طور طبیعی در سرتاسر کانال به وجود آمده‌اند، برای گیاهان و جانوران مفید می‌باشند. بنابراین برای حفاظت از آن باید برنامه‌ریزی شود. زدن شاخ و برگ اضافی یک راه ساده برای کنترل رشد گیاهی می‌باشد. تاثیرات هیدرولیکی رشد گیاهان را می‌توان برحسب میزان و نوع پوشش گیاهی تعیین نمود [۵].

ه- تالاب‌هایی^۱ که در کناره‌های کانال به وجود می‌آیند منبع غذایی و همچنین پناهگاهی مناسب برای جانوران (بی‌مهرگان) و ماهی‌ها می‌باشند.

و- وجود درختان در ایجاد پناهگاه برای ماهی‌ها و بی‌مهرگان موثر می‌باشد.

ز- خاک سطحی نباید معمولا جهت عملیات اجرایی از محلی دیگر به کارگاه وارد شود. خاک سطحی برداشته شده حاصل از عملیات اجرایی باید حتی‌الامکان دوباره مورد استفاده قرار گیرد.

در هنگام طراحی یک آبراهه یا یک کانال انحرافی، کناره طولی رودخانه باید مورد توجه قرار گیرد. پستاندارانی نظیر سمور دریایی، موش صحرائی و خفاش همگی ساکن کنار رود هستند و به مقادیر مختلفی از پوشش کناری رودخانه و زمین مرطوب برای رشد نیاز دارند. پوشش گیاهی کناره کانال در افزایش ذخایر ماهیان، ایجاد پوشش، پایداری کناره‌ها، و منبع غذا و سایه بسیار مهم می‌باشد. دستاوردهای زیست‌محیطی که بعد از ایجاد کانال انحرافی حاصل می‌شود (تبدیل از پوشش گیاهی کم به پوشش گیاهی زیاد) برای ماهیگیری بسیار مفید می‌باشد. شکل (۶-۷) نمونه‌ای از پوشش گیاهی در مقطع کانال را نشان می‌دهد.



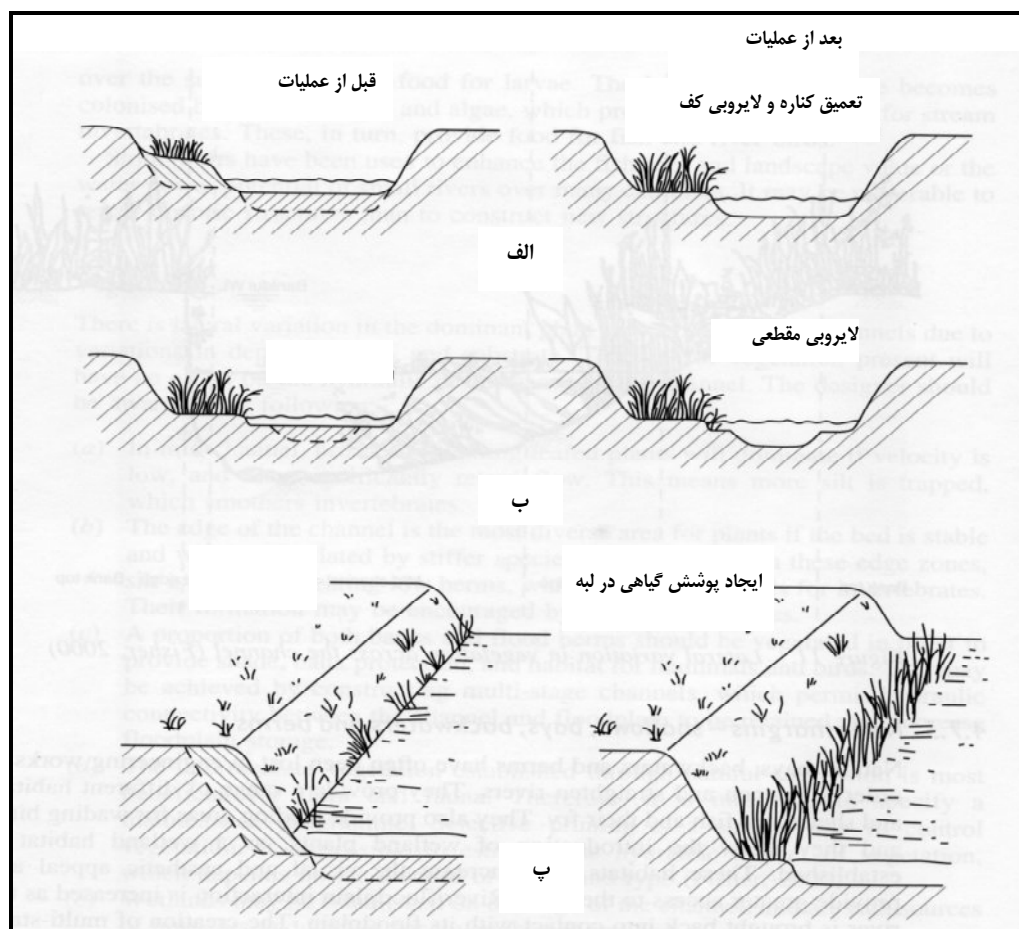
شکل ۶-۷- تغییرات پوشش گیاهی در مقطع عرضی کانال رودخانه

به طور کلی بهره‌مندی از پوشش گیاهی در طرح‌ها به وضعیت جریان و کیفیت آب، شرایط اقلیمی منطقه، ویژگی خاک بستر و کناره رودخانه، ویژگی‌های گیاه انتخابی و شکل هندسی و شرایط هیدرولیکی رودخانه بستگی دارد.

۶-۳-۵- حریم رودخانه‌ها، نواحی کم عمق، خلیج‌ها، مرداب‌ها و تراس‌ها

خلیج‌های طبیعی، مرداب‌ها و تراس‌ها اغلب در کارهای مهندسی به دلیل عمیق‌تر کردن رودخانه و مستقیم کردن مسیر آن از بین می‌روند. در حالی که این نواحی طبیعی زیستگاه‌ها و پناهگاه‌های مختلف را برای ماهی‌ها و تخم‌ریزی آنها ایجاد نموده و منبع غذایی مناسبی برای مرغان ماهی‌خوار فراهم می‌نمایند همچنین باعث ایجاد پوشش گیاهی در تالاب‌ها می‌شوند. این زیستگاه‌ها باعث زیباتر شدن محیط شده و امکان دسترسی بیش‌تری به رودخانه را فراهم می‌آورند.

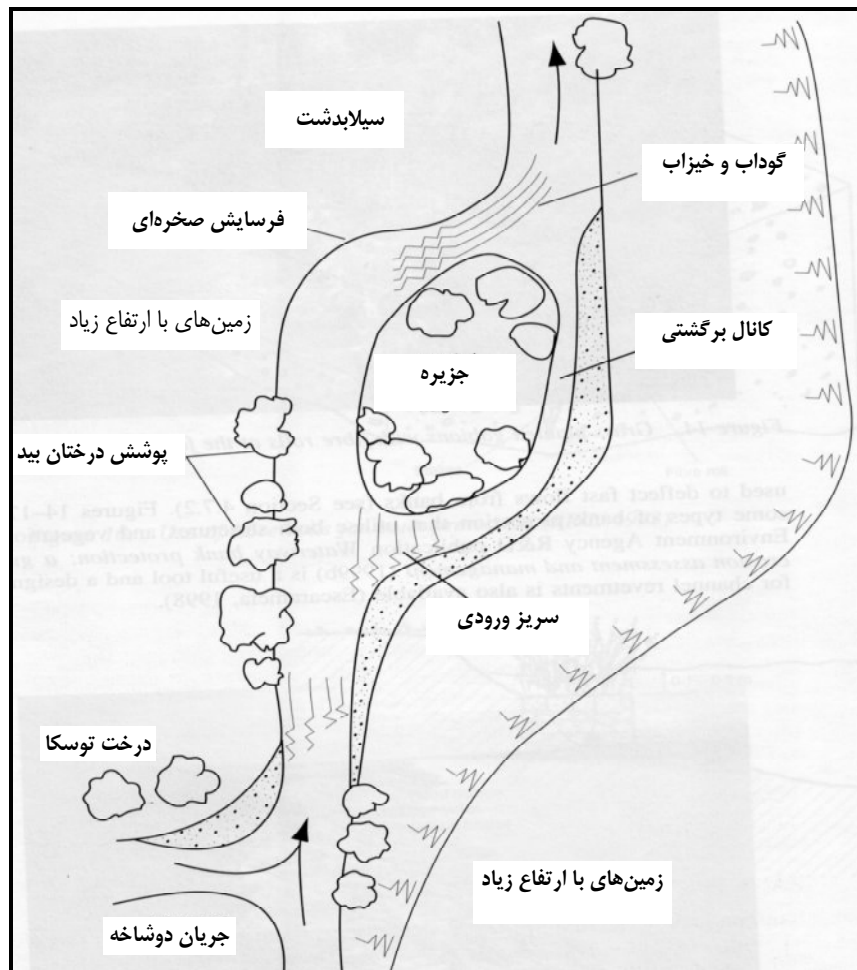
رودخانه و سیلابدشت به طور مستقیم تاثیر متقابل بر یکدیگر دارند. ایجاد کانال‌های مرکب ناحیه‌ای را برای خلیج‌ها، مرداب‌ها و تراس‌ها فراهم می‌آورد. شکل (۶-۸) گزینه‌های مختلف جهت حفظ، تقویت و ایجاد زیستگاه‌های واقع در کناره رودخانه را نمایش می‌دهد.



شکل ۶-۸ - الف- افزایش ، ب- حفظ و نگهداری و پ- ایجاد زیستگاه‌های کناره رودخانه

۶-۳-۶- تل‌های آبی و جزیره‌ها

تل‌های آبی و جزیره‌ها پناهگاه‌های مهمی برای حیوانات و گیاهان می‌باشند. این مناطق از طریق انسان‌ها و چرای بی‌رویه حیوانات در معرض خطر می‌باشند. پوشش گیاهی طبیعی این مناطق پناهگاه و زیستگاه مناسبی برای حیوانات و پرندگان بوده و با افزایش طول ساحل رودخانه، تنوع و گوناگونی زیستگاه کناره رودخانه افزایش می‌یابد. در هنگام احداث کانال انحرافی شرایط جهت ایجاد این جزیره‌ها مهیا می‌شود. شکل (۶-۹) یک جزیره و زیستگاه‌های کناره آن را که در نتیجه ایجاد کانال انحرافی به وجود آمده‌اند نشان می‌دهد.



شکل ۶-۹- زیستگاه‌های کناره رودخانه که در نتیجه ایجاد کانال انحرافی به وجود می‌آیند

۶-۳-۸- حفاظت کناره‌ها

کناره‌های رودخانه باید در مقابل فرسایش حفاظت شوند. به علاوه کناره‌های رودخانه‌ها جهت ایجاد سایه و تامین منبع غذایی مناسب برای حیوانات وحشی باید دارای پوشش گیاهی مناسب باشد. رشد گیاهان در تثبیت کناره رودخانه‌ها نیز موثر بوده و باعث ایجاد شرایط قابل قبول زیست‌محیطی می‌گردد. استفاده از ژئوتکتستال^۱ جهت تثبیت موقت کناره‌های رودخانه تا زمان رشد گیاهان می‌تواند مفید واقع شود.

ریشه گیاهان مقاومت کششی خاک را بالا برده و موجب توزیع فشار وارد بر خاک در سطح بیشتری می‌شوند. همچنین باعث افزایش چسبندگی خاک تا دو برابر می‌شوند. از آبشکن‌ها نیز ممکن است جهت محافظت کناره‌ها استفاده شوند.

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور نشریه شماره ۳۳۲ را در قالب راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری پوشش‌ها در کارهای مهندسی رودخانه چاپ نموده است که مباحث مفید و جامعی را در این خصوص تعیین نموده است. اشکال (۶-۱۰) تا (۶-۱۳) برخی

از انواع حفاظت کناره رودخانه‌ها را نشان می‌دهد. در این اشکال حفاظت با استفاده از گیاهان و همچنین حفاظت توسط مصالح سنگی نشان داده شده است.



شکل ۶-۱۰ - حفاظت با پوشش گیاهی



شکل ۶-۱۱ - حفاظت با پوشش سنگی در پایین دست سد تاریک بر رودخانه سفیدرود



شکل ۶-۱۲- حفاظت با پوشش سنگی در رودخانه قزل‌اوزن



شکل ۶-۱۳- حفاظت با احداث دیوار توری سنگی [۸]

۴-۶- مشخصه‌های زیست‌محیطی انحراف سیلاب

سامانه اکولوژی رودخانه در اثر اجرای کانال انحرافی ممکن است به شدت آسیب ببیند. هر گونه جانوری یا گیاهی با شرایط خاصی از زیستگاه و به خصوص جریان سازگار می‌باشد و تغییر در خصوصیات جریان مانند سرعت و عمق، باعث تغییر در نوع آنها می‌شود. در داخل رودخانه‌ها جایی که سرعت آب کم بوده و یا برگشت آب وجود دارد به دلیل وجود منبع غذایی مناسب، نور و اکسیژن لازم جهت ادامه حیات گیاهان و ماهی‌ها وجود نخواهد داشت.

همان‌طور که اشاره شد به منظور کاهش اثرهای منفی احداث کانال انحرافی، حتی‌الامکان باید تغییرات فیزیکی به وجود آمده در راستای شرایط طبیعی زیستگاه رودخانه در گذشته باشد. قبل از انجام تدابیری از جمله حفظ و نگهداری، ایجاد دوباره یا گسترش رودخانه از لحاظ زیست‌محیطی در غالب طرح انحراف رودخانه، تثبیت شرایط زیست‌محیطی گذشته بسیار حایز اهمیت است. برای تعیین شرایط طبیعی رودخانه باید عملیات نقشه‌برداری صورت پذیرد. این نقشه‌برداری شامل نقشه‌برداری زمین‌ریخت‌شناسی و نقشه‌برداری طولی رودخانه از حریم داخلی و بیرونی رودخانه می‌باشد. علاوه بر این نقشه‌برداری، برآوردی از مقدار گیاهان، حیوانات، ماهیان و بی‌مهرگان باید انجام گیرد.

باید یادآور شد که زیستگاه طبیعی جانداران در رودخانه در نواحی مختلف آن یکسان نیست.

۴-۶-۱- شیلات

ماهیان نسبت به سرعت، عمق، زیرلایه، دما و کیفیت آب حساس می‌باشند. از نظر شیلات محل سکونت ماهیان به جایی اطلاق می‌گردد که در آن ماهیان تولید مثل و رشد و نمو نموده و غذایشان را از آن‌جا تامین نمایند. در طراحی یک کانال انحرافی موارد زیر را باید در نظر گرفت:

- زیستگاه‌های مناسب جهت تخم‌ریزی ماهیان دارای رسوباتی با دانه‌بندی خوب (درشت دانه) می‌باشند که جریان آب به راحتی از میان آن عبور نموده و در نتیجه اکسیژن لازم به تخم‌های ماهیان برسد.
- محل‌های تولید غذا دارای گونه‌هایی مختلفی از بی‌مهرگان با اندازه بزرگ می‌باشند. خیزاب‌ها مهم‌ترین مناطق تولید غذای این گونه‌ها هستند.
- پناهگاه‌ها از ماهیان در برابر هجوم صیادان و همچنین جریانات شدید محافظت می‌نماید. پوشش گیاهی، قلوه‌سنگ‌ها و مرداب‌ها محل مناسبی را جهت تکثیر ماهیان به وجود می‌آورند. از این‌رو این مناطق دارای اهمیت بالایی می‌باشند.
- عوامل موثر در تامین شرایط مناسب جهت ماهی‌گیری و شیلات شامل تغییرات رژیم جریان و همچنین مقدار ماهیان که با تغییر در سن آنها، ترکیب گونه‌های مختلف و فصول مختلف تغییر می‌نماید، حداقل جریان و همچنین جریان‌های شستشوی سریع^۱ می‌باشند. این عوامل باعث ایجاد شرایط لجنی و بدون اکسیژن در رودخانه‌ها می‌شوند.
- پارامترهای کیفیت آب شامل دما، آلاینده‌ها و مقدار اکسیژن محلول می‌شود. شرایط کیفی پایین آب موجب ایجاد جمعیت نامتعادل ماهی‌ها می‌شود و مقدار کم اکسیژن محلول اثر منفی بر ماهی‌ها و بچه ماهی‌ها دارد.

جهت حفظ یا بهبود شرایط ماهی‌ها در کانال‌های انحرافی موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

- حفظ یا اصلاح شرایط جریان در یک موقعیت خاص یا محدود (مانند ایجاد گوداب‌ها و خیزاب‌ها و یا اصلاح شیب و ...)
- ایجاد پوشش گیاهی بر روی خاکریزها
- بهبود مناطق تخم‌گذاری ماهی‌ها

به منظور دستیابی به شرایط فوق از روش‌ها و سازه‌های مختلف مانند آبیگرها و خیزاب‌ها، انحراف‌دهنده‌های جریان، سرریزهای کوتاه و همچنین نحوه آرایش سنگ‌ریزه‌ها در حریم رودخانه‌ها استفاده می‌شود.

۶-۴-۲ گیاهان و جانوران

رودخانه‌ها زیستگاه‌های بسیار مهمی برای گیاهان و جانوران به شمار می‌روند. گیاهان نیز بر دما، نور، اکسیژن و غذا در رودخانه تاثیرگذار هستند، همچنان که در تثبیت کناره‌های کانال رودخانه و ایجاد پناهگاه در رودخانه نقش دارند. به همین دلیل در هنگام طراحی یک کانال جدید یا یک بند انحرافی باید مواظب بود تا به گیاهان صدمه نخورد. تاثیرات انحراف جریان یا ایجاد یک کانال جدید بر گیاهان و جانوران در جدول (۶-۵) نشان داده شده است.

جدول ۶-۵ - تاثیر اجرای کانال انحرافی بر گیاهان و جانوران

تغییرات	تاثیرات
کاهش پوشش گیاهی	کاهش زیستگاه طبیعی پرندگان و پستانداران، افزایش تراز سطح آب زیر زمینی، افزایش رسوب‌گذاری در پایین‌دست کانال انحرافی، هجوم گونه‌های غیر بومی به محل، کاهش ترکیبات آلی و اکسیژن
لاابروبی	کاهش تعداد زیادی از بی‌مهرگان، کاهش پوشش گیاهی داخل کانال
کاهش گوداب‌ها و خیزاب‌ها	کاهش پناهگاه بی‌مهرگان، کاهش تنوع گونه‌ها، کاهش اکسیژن‌زایی
کاهش سرعت جریان	افزایش رسوب‌گذاری، نابودی بی‌مهرگان، افزایش پوشش گیاهی و افزایش خطر سیلاب
کاهش عمق جریان	نابودی زیستگاه‌های طبیعی کناره رودخانه، صدمه دیدن گیاهان در اثر شناور شدن و غوطه‌ور شدن در آب، افزایش پوشش گیاهی و در نتیجه بلوکه شدن جریان
اقدامات اجرایی در مجاورت کانال انحرافی	خطر رشد پوشش گیاهی، خطر افزایش علف هرز

۶-۴-۳ رشد جلبک و مغذی شدن

مغذی شدن عبارت است از رشد بیش از حد گیاهان و جلبک‌ها در آب که باعث غنی شدن آب از مواد مغذی می‌گردد. مغذی شدن باعث کاهش تنوع گونه‌ها و صدمه دیدن سازه‌ها می‌شود. این موضوع در هنگام انجام عملیات انحراف رودخانه ممکن است در اثر کاهش جریان و یا قطع ارتباط سازه‌ای در محدوده عملیات به وجود آید. این امر منجر به افزایش غلظت مواد مغذی شده و در این حالت با افزایش موادی مانند نیترات‌ها و فسفات‌ها شرایط مطلوب برای رشد جلبک‌ها را فراهم می‌آورد.

برای کاهش مغذی شدن می‌توان با اتخاذ تدابیری از تابش نور به کناره‌های رودخانه جلوگیری نموده و با ایجاد یک راهروی سرپوشیده و ایجاد سایه مانع از رشد گیاهان گردید. تالاب‌ها در جذب نیترات نیز بسیار موثرند. اگر کانال انحرافی دارای جریان نسبتاً سریعی باشد، جلبک‌ها به سادگی قادر به رشد نخواهند بود.

۴-۴-۶ - تالاب‌ها

ایجاد تالاب‌ها در صورت امکان در طرح‌های انحراف رودخانه برای حیات وحش مطلوب می‌باشد. به علاوه تالاب‌ها در تامین ذخیره آب، ذخیره‌سازی دوباره آب‌های زیر زمینی و تبدیل مواد مغذی غیر آلی به مواد آلی کم‌خطرتر نقش دارند. تالاب‌ها محیطی مابین زیست‌گاه‌های خشکی و آبی هستند به همین دلیل در جلوگیری از ورود آلاینده‌ها به داخل رودخانه‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند. تالاب‌ها توسط فرآیند نیترازدایی^۱ در تجزیه نیترات‌ها نیز بسیار موثرند. تالاب‌ها باعث ایجاد تراس‌ها و کانال‌های مرکب می‌گردند. این تراس‌ها در مجاورت کانال‌های اصلی قرار دارند و فضای مناسبی را جهت افزایش توان سیل‌پذیری فراهم می‌آورند.

۴-۵-۶ - باستان‌شناسی و میراث فرهنگی

هیچ بنای تاریخی نباید در محدوده طرح کانال انحرافی باشد. اگر چنین مناطقی در محدوده کانال انحرافی وجود داشته باشد باید از یک باستان‌شناس کمک گرفته شود تا طرحی را جهت رفع این مشکل پیشنهاد نماید. سایر مناطق با ارزش‌های فرهنگی، مناطق حفاظت شده، پارک‌ها و بوستان‌های ثبت شده باید شناسایی شوند. فهرست بناهای تاریخی در محدوده طرح باید در اختیار طراحان قرار داده شود. اگر اجرای طرح انحراف کانال در مناطق حساس اجتناب‌ناپذیر باشد باید اقداماتی صورت پذیرد تا در طی اجرای طرح به ارزش‌های تاریخی آسیبی وارد نشود.

یک مطالعه مقدماتی قبل از شروع کار باید انجام شود تا مناطق دارای ارزش تاریخی شناسایی شده و در صورت لزوم یک نقشه‌برداری ژئوفیزیکی نیز باید صورت پذیرد. یک روش مشخص حفاظتی باید در هر مرحله از کار مورد توافق قرار گیرد. به علاوه تا زمانی که کار در منطقه حساس صورت می‌گیرد یک باستان‌شناس باید در محل حضور داشته باشد. اگر طراح از محل مناطق حساس آگاه باشد ممکن است بتواند کانال را از جایی عبور دهد که این مناطق تحت تاثیر قرار نگیرند.

۴-۶-۶ - چشم‌انداز و تفریح‌گاه^۲

هر چه مسیر رودخانه و جزییات طراحی، چشم‌انداز بهتری ایجاد کند، رودخانه به مقدار بیش‌تری توسط مردم به عنوان گردشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. می‌توان تسهیلات تفریحی مانند گذرگاه‌های کنار رودخانه، پل و محل‌های قایق‌سواری ایجاد کرد. به علاوه می‌توان با برنامه‌ریزی فعالیت‌های تفریحی و ورزشی (مثلا مسابقات ماهی‌گیری و ورزش‌هایی مانند دو میدانی و دیگر فعالیت‌های فرهنگی) در نگرش مردم نسبت به فعالیت‌های مهندسی رودخانه و حفظ محیط زیست تاثیر مثبت گذارد.

مساله ایجاد چشم‌انداز ظاهری مناسب با احداث پارک‌ها و تفرجگاه‌های عمومی در طرح کانال انحرافی باید گنجانده شود. مثلا دورنما و یا چشم‌انداز کانال انحرافی را می‌توان با تاکید بیش‌تر بر روی کارهای سنتی و شناساندن گونه‌های گیاهی بومی و غیربومی انجام داد. سنگ‌ها و جزییات سازه‌هایی که قرار است در پوشش بدنه‌های کانال به کار روند باید طوری انتخاب شوند تا در بهبود این موضوع مفید واقع گردد. ایجاد چشم‌انداز بهتر باید مبتنی بر معیارهای اقتصادی و اکولوژیکی باشد. هر چند که طرحی بهتر است که

1-De_Nitrification

2-Landscape and Recreation

بتواند جنبه‌های اقتصادی و اکولوژیکی و موضوع چشم‌انداز ظاهری را با هم مد نظر قرار دهد. در مناطق شهری به علت محدودیت فضا و در بعضی مواقع طرح‌های اجرا شده در گذشته انتخاب نوع مصالح و ارائه جزییات این‌گونه طراحی‌ها و سازگاری آن با مسایل اجتماعی موجود در منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

فصل ۷

تعیین اصول فنی اجرای طرح‌های

انحراف سیلاب

۷-۱ - کلیات

در این فصل سعی شده به مسایلی که طراحان در هنگام اجرای ساماندهی انحراف سیلاب با آن مواجه هستند، پرداخته شود. آگاهی از این امور به طراحان این امکان را می‌دهد مسایل فنی و اجرایی این گونه طرح‌ها را شناخته و به نوعی این موارد را در ارائه طرح خود مد نظر داشته باشند. مطالب به نحوی ارائه شده است که در برگزیده سامانه‌های انحراف دایمی و موقت می‌باشند.

۷-۲ - ملاحظات زیست‌محیطی

فعالیت اجرایی و ساخت در طرح‌های انحراف سیلاب باید به نوعی برنامه‌ریزی و عملیاتی گردند که حداقل تأثیرات منفی را بر مولفه‌های زیست‌محیطی محدوده طرح گذارده و شرایط نامطلوبی را برای محیط‌های جانوری و گیاهی به وجود نیاورد. در این گونه طرح‌ها باید قبل از عملیات اجرایی اقدامات حفظ و نگهداری و فعالیت‌های جبرانی جهت تثبیت شرایط زیست‌محیطی ارائه و بر روی آن بحث کافی صورت پذیرد و مورد موافقت مسوولان منطقه قرار گیرد و نیز از تجارب کارشناسان مرتبط با موضوع به نحو مطلوب استفاده شود. در طرح‌های بزرگ لازم است، یک برنامه مدون عملی زیست‌محیطی^۱ که شامل موارد مورد اشاره بوده تهیه شده و کلیه اقدامات مرتبط در آن ارائه گردد. در ادامه به بخشی از اقدامات عمومی و الزامی که در کاهش پی‌آمدهای زیست‌محیطی طرح‌های انحراف سیلاب تأثیر دارند، اشاره می‌گردد.

- انجام فعالیت‌های اجرایی در دوره کم‌آبی به منظور وجود حداقل مزاحمت‌های ناشی از لجن و سیلت
 - انجام کارهای موقت جهت تله‌اندازی مواد رسوبی مانند سیلت و لجن در پایین‌دست محل کارگاه
 - انجام فعالیت‌های اجرایی به صورت چند مرحله‌ای به منظور اجازه دادن به شکل‌گیری مجدد مهاجرت^۲ و فراهم آوردن پناهگاه‌های زیست‌محیطی جهت جوامع جانوری^۳
 - اجتناب از فعالیت‌های مخاطره آمیز و حساسیت زا به طور مثال ایجاد سایت‌های جذاب علمی ویژه در محدوده طرح
 - حفظ و انتقال گونه‌های گیاهی جهت بازیابی آن در محیط‌های جدید
 - بهره‌مندی از شیوه‌هایی جهت جانمایی و احیای مجدد پوشش گیاهی در سطوحی که امکان آن میسر است.
 - استفاده از مصالح و شن‌های طبیعی در پوشش بدنه‌ها در طرح کانال
 - اجتناب ورزیدن از انتقال درختان بلوغ یافته به محیط‌های دیگر
 - جلوگیری از تجمع و ایجاد آب راکد در کانال احداثی. در صورت وقوع این پدیده به دلیل رشد گیاهان باید در هنگام بهره‌برداری از کانال انحرافی، فعالیت‌های تکمیلی و لجن برداری جهت دستیابی به ظرفیت طراحی مجددا صورت پذیرد.
- دوره زمانی و فصل فعالیت‌های اجرایی بستگی به ابعاد پروژه دارد. به طور معمول در صورتی که دوره زمانی ساخت انحراف سیلاب کم‌تر از ۶ ماه باشد، عملیات اجرایی در اواخر تابستان برنامه‌ریزی می‌شود در این زمان جریان آب در حداقل مقدار خود

1 - Environmental Action Plan

2 - Recolonisation

3 - Fauna

می‌باشد به هر حال بسته به ابعاد طرح ممکن است عملیات اجرایی چند فصل و حتی چند سال طول بکشد. در صورت انجام عملیات اجرایی در فصل زمستان یا فصل بارانی در اختیار داشتن تسهیلاتی جهت پمپاژ و خروج آب از محیط کارگاه ضروری است. همچنین در فصول پر آبی و زمستان حفاظت از کارگاه و عملیات اجرایی صورت پذیرفته، در برابر سیلاب‌های احتمالی لازم می‌باشد. به دلیل ارتباط شرایط جریان و وضعیت بده رودخانه با موضوعات زیست‌محیطی مانند زمان مهاجرت ماهی‌ها و فصل آشیانه ساختن پرندگان^۱ توصیه شده است شروع و دوره زمانی فعالیت‌ها و تاثیر آنها بر این‌گونه موضوعات قبل از عملیات اجرایی ساخت کانال انحرافی به دقت مورد بررسی قرار گیرد.

تاثیر عملیات احداث کانال انحراف رودخانه بر روی وضعیت آب زیر زمینی تا حدود بسیاری به شرایط و موقعیت محدوده طرح، نوع خاک، نوع پوشش گیاهی و تراز سطح آب زیر زمینی بستگی دارد. رخدادهای محتمل در این بخش ناشی از اثرهای متقابل فعالیت‌های ساختمانی بر وضعیت آب‌های زیر زمینی منطقه در قالب موارد زیر خلاصه می‌گردد:

- در محیط‌هایی با خاک‌های نفوذپذیر امکان ورود مواد حاصل از شستشو تجهیزات و دیگر آلودگی‌ها مانند گازوییل مصرفی در پمپ‌ها و مواد روغنی محتمل است. پیشنهاد شده است در سطوح مشخص که این‌گونه فعالیت‌ها صورت می‌پذیرد از پوشش‌های نفوذ ناپذیر جهت جلوگیری از نشت مواد به سطح آب زیر زمینی استفاده گردد.

- کانال‌های مصنوعی به نوعی جریان تغذیه طبیعی آب‌های زیر زمینی منطقه را تغییر داده و ممکن است منجر به کاهش سطح و یا ثابت نگهداشتن آن گردد.

- تعبیه خندق و شیار که از مواد با تخلخل بالا پر شده باشند می‌تواند همچون مجرای جهت خروج آب زیرزمینی در کف کانال و هدایت آن به مکان‌های دیگر موثر واقع شود.

- وقتی که کانال‌ها لایروبی شوند، آب سطحی و زیر زمینی با یکدیگر مخلوط شده و این فرآیند ممکن است باعث ته‌نشینی کربنات کلسیم شده و در هنگامی که در آینده در کانال انحراف جریان آب برقرار گردد باعث فرآیند کیفی نامطلوب گردد و به نوعی بر وضعیت زیست‌محیطی تاثیر نامطلوب گذارد.

واضح است کاهش سطح آب زیرزمینی در محدوده طرح طبعا برای فعالیت عمرانی مناسب به نظر می‌رسد و به هر حال پیامد زیست‌محیطی بر منطقه تحمیل خواهد نمود. قبل از شروع عملیات با بررسی وضعیت زمین‌شناسی باید به اطلاعات عمومی از تراز سطح آب زیر زمینی در منطقه مورد نظر دست یافت. حتی گاهی مواقع در بعضی از طرح‌ها برای جلوگیری از ورود آب زیرزمینی به کانال مجبور به اجرای پوششی در سطح جداره و کف کانال بوده که به نوعی در برابر این پدیده مقاومت نمود.

عملیات پمپاژ به منظور خروج و خشک کردن کانال در هنگام حفاری از فعالیت‌های اجتناب‌ناپذیر در این موضوع بوده و از حیث جلوگیری از ورود مواد زاید حاصل از زهکشی و همچنین نشت گازوییل از پمپ‌ها باید مراقبت‌های لازم را به عمل آورد به لحاظ ایجاد سر و صدا نیز خصوصا در محیط‌های شهری باید استانداردهای مربوط را حفظ و رعایت نمود.

طراحان و مجریان و طرح‌های سامانه‌های انحراف سیل به طوری کلی با خطرپذیری در قالب موارد زیر مواجه هستند:

- تخریب سازه‌ها در هنگام فرآیند ساخت و اجرا

- مساله پمپاژ و مسایل مربوط به آن از حیث تامین انرژی، آلودگی‌های زیست‌محیطی و صوتی، ظرفیت و ...
- شرایط جوی نامساعد
- وقوع سیلاب و احتمال تخریب و آسیب به سامانه‌های انحراف موقت

۷-۳- انواع سامانه‌های انحراف

۷-۳-۱- دایم

یک کانال انحراف دایمی در زمین خشک حفر شده و جریان آب به داخل آن وقتی به صورت کامل ساخته شود، رها می‌گردد [۱۳]. زمان عملیات اجرا و فاز رها سازی جریان آب در داخل کانال موضوع مهمی است که با توجه به شناخت و بررسی‌های زیست‌محیطی تعیین می‌گردد. بهترین زمان به طور ایده‌آل زمانی است که باعث اثرهای تخریبی در زندگی ماهیان نشود و خارج از زمان تخم‌ریزی ماهیان باشد. رها سازی آب در داخل کانال احداثی، نخست باعث وقوع پدیده فرسایش در بستر کانال شده و متعاقباً سبب افزایش بار رسوبی و رسوب‌گذاری در پایین‌دست و کاهش پارامترهای کیفی آب می‌گردد. پس از مدتی که کف و جداره‌ها به شرایط پایداری دست یابند، این فرآیند متوقف خواهد شد. افزایش بار مواد رسوبی ناشی از رها سازی آب در کانال احداثی جدید باید به لحاظ زمانی در هنگامی اتفاق افتد که حداقل پیامد منفی زیست‌محیطی بر زندگی جانوران آبی را در برداشته باشد.

در ساخت کانال‌های انحراف دایم معمولاً از سد و بندهای موقتی^۱ برای دور نگهداشتن جریان آب تا زمان کامل شدن کانال احداثی استفاده شود. اغلب اوقات از فعالیت‌های کارگاهی موقت نیز مانند به‌کارگیری صفحات فلزی^۲ برای جلوگیری از واژگون شدن دیواره‌های بندهای موقتی و یا احداث بناهای موقت و جداسازی بخشی از کارگاه جهت عملیات انحراف در موضعی که نیاز به ساخت بندهای موقت نیست بهره‌گرفته می‌شود. در دوره زمانی پر آبی در جاهایی که سطح آب زیر زمینی بالاست، یا نفوذپذیری خاک زیاد است عملیات خشک کردن با پمپاژ ضروری به نظر می‌رسد. در صورت کار در محیط‌های شهری از روش‌هایی باید بهره جست که تولید سر و صدا و ایجاد مزاحمت ننماید. به طور مثال از تکنیک‌های لرزنده جهت فرو بردن صفحات فلزی در زمین بهره جست طراحان و مهندسان اجرایی طرح جهت هرگونه فعالیت ساختمانی و سازه‌ای که چه در طرح به صورت مستقیم و غیرمستقیم دخالت دارند باید طرح آن را از لحاظ فنی و حفظ اصول مهندسی قبل از عملیات مورد کنترل و بازبینی قرار دهند.

۷-۳-۲- موقت

اجرای سامانه‌های انحراف موقت به لحاظ زمانی و اهداف طرح قدری متفاوت از سامانه‌های انحراف دایم می‌باشد. اجرای سامانه‌های انحراف موقت اغلب اوقات با بهره‌گیری از سدهای انحراف موقت، خاکریزها، لوله‌ها، کانال و پمپاژ صورت می‌پذیرد. هدف از ایجاد یک کانال انحراف موقت انتقال آب از محدوده کارگاه برای یک دوره زمانی محدود که عملیات اجرایی کانال یا سازه

1- Cofferdams

2- Sheetpiles

احداثی در آن در حال جریان است، می‌باشد. بعضی از مواقع نیز صرفاً به عنوان یک سامانه جدا کننده عمل کرده و تنها بخشی از عملیات در آن صورت می‌پذیرد.

۷-۴- انباشت‌سازی و دفع مواد کانال انحراف سیلاب

در صورتی که کانال انحراف دایمی جایگزین مسیر فعلی رودخانه گردد، مواد حاصل از عملیات خاک‌برداری کانال جدید ممکن است در صورت مناسب بودن جهت پر نمودن مسیر گذشته از آن بهره‌جست. انباشت مواد حاصل باید در حد امکان نزدیک به مسیر گذشته رودخانه بوده تا عملیات انتقال به سهولت امکان‌پذیر باشد. به دلیل هزینه‌های هنگفت حمل و نقل گاهی مواقع این امکان میسر نیست و غیر اقتصادی می‌باشد. در این صورت بهتر است از آن به نحوی در فعالیت‌های مهندسی رودخانه و یا دیگر طرح‌های عمرانی در محدوده طرح مانند احداث گوره، احداث پارک‌ها و مناظر طبیعی و غیره استفاده نمود. مواد حاصل از عملیات خاک‌برداری در بخش سامانه‌های انحراف موقت عمدتاً از آن به عنوان خاکریز در کنار محدوده مورد نظر استفاده می‌گردد. و به نوعی از حجم عملیات خاکی بالایی نسبت به سامانه‌های دایم برخوردار نیستند.

پیشنهاد شده است در صورت حفر کانال در سرزمین‌های حاصلخیز به نوعی قشر لایه حاصلخیز که حاوی مواد آلی و معدنی هستند در محیطی جدا از دیگر مواد نگهداری شود تا به نوعی، از آن استفاده مطلوب‌تری گردد. بدیهی است به دلیل عملیات مهندسی بافت خاک و رطوبت مورد نظر دست‌خوش تغییراتی شده که استفاده مجدد از آن برای هر فعالیتی نیازمند عملیات تکمیلی و اصلاحی مطابق مشخصات فنی می‌باشد.

۷-۵- پایداری جدار کانال انحراف سیلاب

آگاهی از خصوصیات خاک مانند زاویه اصطکاک داخلی خاک ϕ در بحث لغزش در شیروانی‌ها (خاکریز) نیازمند مطالعات قبل از عملیات اجرایی است. در بعضی از طرح‌ها به دلیل عدم پایداری جداره‌های خاکریز نیازمند اتخاذ تدابیری هم در حین عملیات اجرایی و حتی پس از آن مانند عملیات اجرای پوشش‌های مختلف اعم از سنگی، بتنی، گیاهی و ... بر روی شیب‌های شیروانی‌ها احساس می‌گردد. در این زمینه می‌توان از روش‌های ارائه شده در فصول گذشته جهت حفاظت و پایداری شیروانی‌ها بهره‌جست.

۷-۶- تدوین اصول ایمنی در اجرای طرح‌های انحراف سیلاب

در طرح‌های عمرانی نسبتاً بزرگ مانند ساخت اثرگذار و کانال‌های انحرافی رعایت اصول ایمنی در کارگاه وظیفه کلیه افراد درگیر اعم از کارفرما، مشاورین، ناظرین و مجریان و پیمانکاران طرح می‌باشد (جدول ۷-۱). توجه به این مفهوم که ایمنی هزینه نیست بلکه سرمایه است، راهگشای مدیران و تصمیم‌گیرندگان طرح می‌باشد. رعایت آیین‌نامه‌ها و قوانین مصوب مرتبط با موضوع مانند دستورالعمل حفاظتی و ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی^۱ توصیه می‌گردد. در این بخش سعی می‌گردد مسایل و پتانسیل‌های

۱- کشور مشخصات فنی و عمومی کارهای ساختمانی، فصل بیست و ششم، نشریه شماره ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی

خطرپذیری موجود در طرح‌های انحراف سیلاب به طوری کلی بیان شده و به نوعی راهکار مقابله با آن نیز ارائه گردد، به لحاظ ساختاری گروه‌های زیر با این مساله به نحوی مواجه بوده و هر کدام وظایف خاص خود را دارند:

جدول ۷-۱- وظایف گروه‌های درگیر با طرح

گروه‌های مرتبط با موضوع ایمنی	وظایف	ملاحظات
کارفرما	کنترل‌های قانونی، هماهنگی با دیگر ارگان‌های درگیر، عقد قرارداد با شرکت‌های بیمه در خصوص فعالیت‌های عمرانی کارگاه به منظور جبران خسارت‌های احتمالی ناشی از بلایای طبیعی	استفاده از ابزارهای کمک آموزشی مانند نصب اطلاعیه‌ها و علائم هشدار آگهی‌ها در جهت بالا بردن سطح آگاهی شاغلین در کارگاه از ملزومات در این بخش است
طراحان	بررسی‌های پتانسیل‌های خطرپذیری در محدوده طرح	
ناظرین	ارائه برنامه عملی جهت رعایت مولفه‌های ایمنی در کارگاه و نظارت بر رعایت و اجرایی نمودن برنامه	
پیمانکاران	انجام عملیات منطبق بر رعایت اصول ایمنی، عقد قرارداد با شرکت‌های بیمه در خصوص حوادث و سوانح شغل	

در طرح‌هایی که به نوعی با جریان آب در حین عملیات عمرانی درگیر هستند خطرات مضاعفی نسبت به دیگر طرح‌ها مانند جاده سازی، ساخت ابنیه، کارگاه و شاغلین آنها را تهدید می‌نماید. خطراتی که این گونه طرح‌ها با آن مواجه هستند به نوعی مرتبط با موضوعات زیر هستند:

- جریان آب و رسوب در محوطه کارگاه و عملیات اجرایی
- وقوع جریان واریزه‌ای^۱ و تاثیر آن بر عملیات کارگاهی
- نوسانات تراز سطح آب در بازه‌های زمانی کار
- عملکرد سازه‌های هیدرولیکی مانند آبگیرها، سرریزها و سازه‌های افت در شرایط پربابی و سیلابی
- اثرهای امواج و مسایل مربوط به جریان در دریاچه‌ها
- تغییرات سریع وضعیت آب و هوا به خصوص در نواحی خشک، محیط‌های شهری و سرزمین‌های کوهستانی که امکان وقوع سریع، رخداد سیل در آن محتمل است.
- خطر آب بردگی
- کار با قایق و شناورها در شرایط اقلیمی سخت
- مسایل مربوط به لغزش در شیب شیروانی‌های خاکریزها و محل گودبرداری
- تدابیر ناکافی جهت ایمن سازی سازه‌های نگهبان
- تراوش و تدابیری جهت زهکشی و دور ساختن جریان آب از مجاورت محدوده اجرایی
- به منظور کاهش خطرات و بالا بردن ضریب ایمنی کارگاه انحراف سیلاب توصیه‌های زیر ارائه شده است:
- تعبیه راه‌های دسترسی مطمئن و ایمن در کارگاه، در نظر گرفتن اقدامات پیشگیرانه برای مقابله با جریان‌های امواج، واریزه‌ای، تراوش، خوردگی مصالح و ...

- نصب نرده‌های حفاظ و علایم هشدار دهنده جهت عبور کارگران و مردم کنار محدوده طرح خصوصا در مناطق شهری و تعبیه راه‌های جدید جهت جلوگیری از انسداد ترافیکی و معضلات مربوط به آن
- تعبیه جلیقه‌های نجات برای کارگران در صورت کار در نزدیک رودخانه و جریان آب
- تمیز نگهداشتن راه‌پله‌ها، نرده‌بان‌ها به منظور جلوگیری از سرخوردگی و بازدید دوره‌ای آنها
- فعالیت‌های تبلیغی و نصب آگهی و ارتباط متقابل با مردم منطقه و کارگران و شاغلین در طرح به منظور بالابردن سطح آگاهی عمومی
- داشتن برنامه از پیش تعیین شده جهت مقابله با بلایایی طبیعی و حوادث در کارگاه و نحوه برخورد صحیح با مساله
- ارتباط با ایستگاه‌های هواشناسی و سازمان‌های ذیربط درگیر با مساله سیلاب و برقراری ارتباط با آنها به منظور دریافت اعلام هشدار سیل
- تعبیه چند دستگاه ساده اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی مانند دماسنج، بادسنج و ... در محوطه کارگاه
- پوشش‌های بیمه‌ای ناشی از حوادث در هنگام کار و بلایای طبیعی

۷-۶-۱- مسایل مربوط به حفاری در سامانه‌های انحراف سیلاب در هنگام کار

در فعالیت‌های اجرایی مربوط به ساخت سامانه‌های انحراف سیلاب مهم‌ترین فعالیت اجرایی که امکان خطرپذیری و ریسک در آن وجود دارد و اتخاذ تدابیر ایمنی ویژه را طلب می‌کند، عملیات خاک‌برداری جهت حفر کانال انحراف می‌باشد. روش‌های اجرایی معمول ساخت کانال انحراف سیلاب به صورت خندقی با استفاده از صفحات فلزی موقت و صندوقی انجام می‌گردند. در این روش‌ها مهم‌ترین مساله ناشی از ریزش دیواره‌ها و چگونگی استفاده از سازه‌های نگهدارنده می‌باشد. عملیات باید با مطالعه و شناخت از چگونگی وضعیت خاک و بررسی مولفه‌های پایداری خاک و همچنین تدوین طرحی جهت اجرای سازه‌های نگهدارنده و پشتیبان‌کننده آغاز گردد. مسایل مربوط به کار در مجاورت با جریان آب و تراز آب زیرزمینی خطرات عمده‌ای است که یک منطقه خاک‌برداری شده را تهدید می‌نماید. تعبیه سامانه اعلام هشدار و تسهیلاتی جهت فرار کارگران درگیر در گودال‌ها و محیط حفاری شده در هنگام خطر و وجود کمک‌های اولیه و دسترسی سریع به آن از تبعات و شدت آسیب‌ها می‌کاهد. در ادامه سعی شده است به نحوی موضوعات مورد اشاره به تفکیک مورد بحث قرار گیرد.

۷-۶-۱-۱- اقدامات قبل از حفر کانال

در صورتی که یک عملیات نقشه‌برداری دقیق از محوطه کارگاه و بررسی‌های اولیه صورت گرفته و نتایج آن قبل از طراحی در اختیار مجریان و طراحان قرارگیرد می‌توان ریسک خطرپذیری را تا اندازه مهمی کاهش داد. پیشنهاد شده است اقدامات زیر قبل از خاک‌برداری و حفر کانال جهت بالابردن ضریب ایمنی کار صورت پذیرد:

- در نظر گرفتن شرایط زمین با شناخت از تراز سطح آب زیرزمینی و جریان آب در مجاورت عملیات که می‌توان بر پایداری ترانشه‌ها تاثیر منفی گذارد. آگاهی و محاسبه فشار منفذی خاک و بررسی تراوش در پشت دیواره‌های کانال
- در نظر گرفتن خدمات و اقدامات متقابل در نزدیکی محل خاک‌برداری و دیگر سازه‌های مربوط به آن
- حفاظت از لبه‌های کار جهت جلوگیری از سقوط کارگران، مردم، وسایل نقلیه مانند اجرای فنس‌ها و حفاظ‌های موقت کارگاهی
- تعیین خطرپذیری وقوع سیلاب‌های محتمل و احیانا خطر متصاعد شدن گازهای خطرناک ناشی از فاضلاب در محدوده طرح

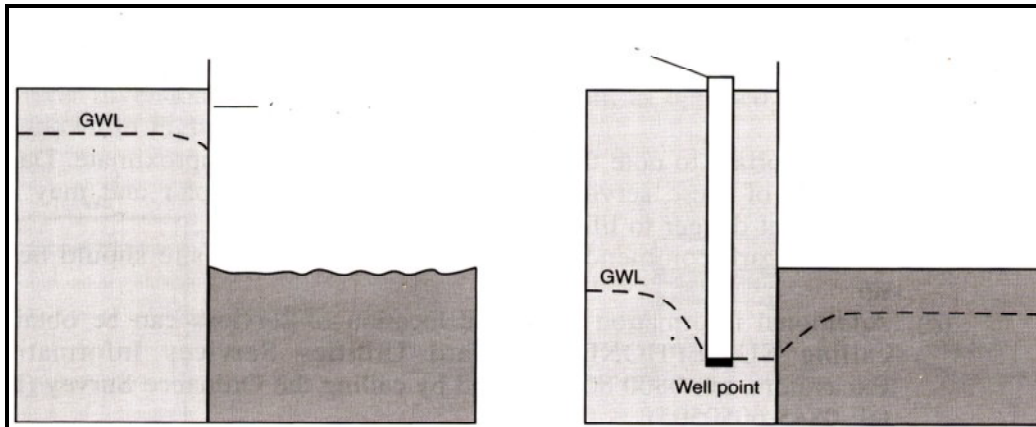
- بازرسی روزانه و دوره‌ای از حفاظها و سازه‌های نگهبان

۷-۶-۱-۲- تراز سطح آب زیرزمینی و آب‌های سطحی

در فعالیت‌های مربوط به ساخت کانال انحراف سیلاب تراز بالای سطح آب زیرزمینی و آب‌های سطحی موجود در محوطه کارگاه مراتب تهدید محیط گودبرداری را فراهم نموده و امکان نفوذ آن به داخل محدوده کاری را فراهم می‌سازد. به‌طور کلی جریان آب باعث به وجود آمدن مسایل زیر می‌گردد:

- ورود جریان آب از جهت کناره به داخل محیط حفر کانال سبب ناپایداری در شیب و لغزش شیروانی می‌شود
- ریزش جریان آب از بالای محیط حفر کانال به داخل آن سبب ناپایداری کف گود می‌گردد
- ورود جریان آب به داخل منافذ خاک و شکاف‌های درون خاک باعث تضعیف خاک و ناپایداری در آن می‌شود.

شکل (۷-۱) نمونه‌ای از روش‌های مقابله با تراز بالایی سطح آب زیرزمینی را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱- نمونه‌ای از اقدامات جهت مقابله با مسایل مربوط به تراز سطح آب زیرزمینی

۷-۶-۱-۳- نوع خاک

به منظور انجام عملیات مطمئن گودبرداری و حفر کانال آگاهی از نوع خاک منطقه ایمنی عملیات را افزایش می‌دهد. شناخت نوع خاک این مسیر را فراهم سازد که از قبل نسبت به نوع ناپایداری‌های محتمل در آن شناخت حاصل گردد. جدول (۷-۲) ضمن مشخص کردن انواع خاک معضلات مربوط به هر بخش را مشخص سازد.

جدول ۷-۲- انواع خاک و مسایل مربوط به هر یک در مسایل مربوط به حفر کانال

سنگ	رس سفت، سیلت، سنگ ضعیف ^۲	رس، سیلت، ماسه شل ^۱	نوع خاک مسایل مربوط
ناپایداری در پیوستگی در یک جهت خاص	ناپایداری در پیوستگی و وجود ترک‌های عمیق	ناپایداری در شیب‌ها	۱
ایجاد لغزش و تولید سر و صدا	متورم شدن	امکان فرورفتن وسایل و ماشین‌آلات در گل و لای	۲
باران سنگریزه در صورت عملیات انفجاری	هوازدهی در تخته سنگ‌های بزرگ	ایجاد فشار جانبی	۳

1-Clay, Silt and Lose Sand

2-Stiff Clay, Silt, Weak Rock

۷-۶-۱-۴- حفر خندقی

حفر کانال به صورت ایجاد شیار تا عمق کم‌تر از ۱/۲ متر در صورتی که شرایط زمین پایدار تشخیص داده شود، ممکن است بدون ایجاد سازه‌های نگهدارنده عملی باشد ولی باید اصول ایمنی نیز رعایت گردد. در صورت ایجاد گودال‌های با عمق بیش‌تر از ۱/۲ متر حفاظت دیواره‌ها با سازه‌های حمایت‌کننده یا نگهدارنده و در نظر داشتن زاویه شیب پایدار جهت عملیات خاک‌برداری الزامی است.

شارما و لوئیس^۱ در سال ۱۹۹۴ پیشنهادات زیر را جهت پایداری عملیات حفر خندقی ارائه نمودند [۱۳]:

- اجرای برش در خاک‌های خشک غیرچسبنده^۲ بدون در نظر داشتن ایجاد سازه‌های حامی و نگهدارنده محتمل و امکان‌پذیر نیست. در چنین خاک‌های اگر زاویه شیب پایدار جهت عملیات گودبرداری با زاویه β تعریف گردد، ضریب اطمینان به شکل زیر قابل بیان است.

$$F = \frac{\text{tag}\phi}{\text{tag}\beta} \quad (۱-۷)$$

که در این رابطه ϕ زاویه اصطکاک داخلی مربوط به ماسه می‌باشد.

رابطه فوق نشان می‌دهد در خاک‌های غیر چسبنده مقدار ضریب اطمینان مستقل از عمق گودال می‌باشد و رابطه نشان می‌دهد تا زمانی که $\beta < \phi$ است شیب پایدار خواهد بود. معمولاً ضریب اطمینانی برابر با ۱/۵ نسبت به مقاومت خاک مناسب به نظر می‌رسد. در دیگر حالات در خاک‌های چسبنده پارامتر C (مقاومت زهکشی نشده خاک) نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. برای یک برش قائم بدون استفاده از سازه‌های نگهدارنده تا ارتفاع (γ وزن مخصوص خاک) می‌توان عملیات را انجام داد [۱۳].

$$H = \frac{4c}{\gamma} \quad (۲-۷)$$

معیارهای فوق شکل عمومی و کلی داشته و توصیه شده جهت تدقیق امور مطالعات مکانیک خاک و پایداری جهت ایمنی عملیات انجام گردد. این مطالعات گاهی حتی شاید منجر به تغییر مسیر کانال انحراف و انتخاب گزینه بهتر گردد. اقداماتی جهت حفاظت و ایمنی و سازه‌های نگهدارنده جهت دیواره گودها عموماً به سه شکل زیر قابل طرح است.

- اجرای دیوار و سازه‌های نگهدارنده مانند چوب و تیرها و قالب‌های فلزی
- اجرای یک‌سری قالب‌های نگهدارنده درون زمین^۳
- پر کردن

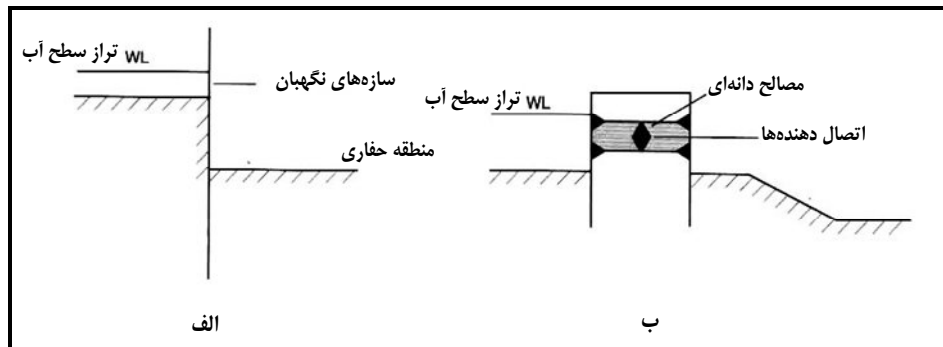
۷-۶-۱-۵- بندهای موقت

از بندهای موقت جهت نگهداری خاک و دور ساختن جریان آب از محوطه عملیات ساخت کانال انحراف استفاده می‌شود. آنها یک سازه و راهکار موقتی هستند. در اکثر مواقع بندهای موقت به شکل دیواره‌های تکی احداث می‌شوند در پاره‌ای از موارد به صورت دو دیواره نیز احداث شده‌اند. شکل (۷-۲) نمایشگر نمونه‌هایی از این نوع می‌باشد.

1- Sharma and Lewis (1994)

2-Dry Cohesion Less

3-Grovnd Anchors



شکل ۷-۲- بندهای موقت تک دیواره و دو دیواره

بندهای موقت تک دیواره عمدتاً با استفاده از صفحات فلزی ساخته شوند. دیواره‌ها با استفاده از سازه‌های نگهدارنده یا پر نمودن و اجرای پشت بند حفاظت می‌شوند. طراح بند موقت مسوولیت کامل طراحی و بررسی ریسک و خطرپذیری احتمالی را بر عهده دارد در تمامی مراحل احداث و بهره‌برداری از آن مهندسان با صلاحیت باید بر کار نظارت داشته باشند. بهره‌برداری از سازه مزبور نیازمند مراقبت و نگهداری و تهیه گزارش ایمنی و بازدیدهای دوره‌ای می‌باشد. جدول (۷-۳) ریسک‌های موجود در ساخت بندهای موقت را بیان می‌دارد.

۷-۶-۱-۶- استفاده از صندوق‌ها

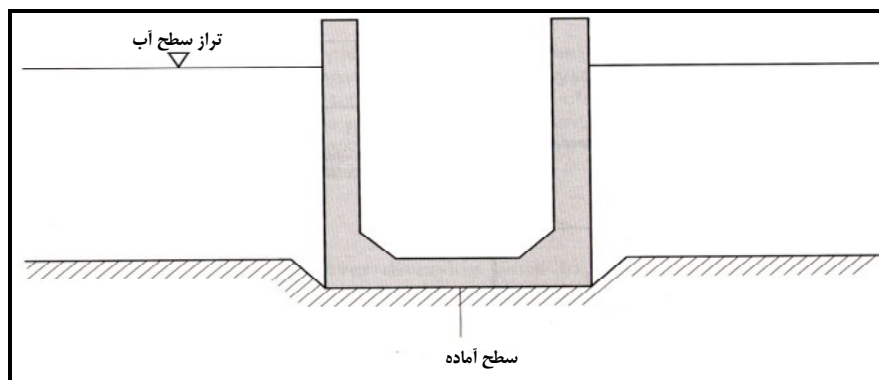
از کانال‌های صندوقی می‌توان در محیط‌های که زمین به شکل سست بوده و نیازمند عملیات شمع کوبی فراوانی برای احداث بند موقت و دیگر کارهای انحراف موقت نباشد و یا در نزدیکی سازه‌های موجود در منطقه طرح، در سامانه‌های انحراف سیل بهره برد. در بعضی از مواقع می‌توان از این کانال‌ها به صورت پیش ساخته تهیه نمود و ضمن حمل آن به محیط کارگاه به سادگی از آنها استفاده نمود. عملیات حمل و نصب آنها باید به دقت انجام شده و از آنها می‌توان حتی در محیط‌های که سطح آب بالا بوده نیز به صورت شناور بهره‌برد و سپس آنها را تثبیت نمود. در زمین‌های سنگی و دارای ساختار رس محکم و سنگریزه‌ای استفاده از این سامانه مناسب نیست. شکل (۷-۳) نمونه‌ای از کانال‌های صندوقی را نشان می‌دهد.

جدول ۷-۳- خطرها و ریسک موجود در ساخت بندهای موقت

عملیات	ریسک	پیامد مربوط	اثر بر روی کارگاه	اثر بر روی طرح	اقدامات تخفیفی
ساخت سازه بند موقت	سر و صدای ناشی از ساخت	فزون‌ی سر و صدا در محیط	بالا بردن ریسک سلامتی بر روی کارگران	بازرسی‌های زیست‌محیطی در بخش اثر بر تندرستی انسان‌های درگیر طرح	فراهم آوردن دیواره‌های بتنی یا صدانگیر در محوطه‌ای که ماشین آلات پر سروصدا کار می‌کند یا کار در یک ساعت معین
	لرزش‌های ناشی از ساخت	فزون‌ی لرزش در محیط کارگاه	تهدیدی بر پایداری سازه‌های مجاور عملیات	هزینه، تاخیرات، اثر بر روابط عمومی کارگاه با مردم و محدوده طرح در صورت بروز خسارات	بررسی روش‌های ساخت و انتخاب روش‌های مطمئن و جایگزین
	جریان‌های با بده بالا و سیلاب	وقوع سیلاب در محوطه کارگاه	واژگونی و تخریب عملیات و احتمال آسیب‌های انسانی	تخریب کار، تاخیر در زمان بهره‌برداری طرح	دریافت علائم هشدار سیل با هماهنگی دیگر سازمان‌ها، جلوگیری از ورود جریان واریزه‌ای به محوطه کارگاه با اتخاذ تدابیر مناسب
	بادهای تند و سهمگین	جابجایی شمع‌ها در اثر نیروی باد و حرکت موج	واژگون شدن پایه‌های نگارنده	انسداد رودخانه	آگاهی از پیش‌بینی‌های هواشناسی در منطقه و دریافت هشدار
	سطح‌های لغزنده	عدم تردد ایمن	سرخوردگی، لغزش و واژگونی	تندرستی، هزینه	الیسه و کفش مناسب و تعبیه مواد زیر جهت پخش در محیط‌های لغزنده
	عملیات در نزدیکی جریان‌های عمیق آب	سقوط	صدمه و آسیب‌های انسانی و خطر مرگ	تندرستی، هزینه، تاخیرات	جلیقه نجات، اتصال کارگران با طناب

جدول ۷-۳- خطرها و ریسک موجود در ساخت بندهای موقت

اقدامات تخفیفی	اثر بر روی طرح	اثر بر روی کارگاه	پیامد مربوط	ریسک	عملیات
طراحی صحیح بند موقت و پیش‌بینی سیلاب	تاخیرات، ایجاد هزینه‌های مضاعف	خسارات به سازه‌های احداثی	واژگونی بند موقت	جریان‌های با بده بالا و سیلاب	عملیات ساخت درون محوطه سازه بند موقت
احداث راه‌های فرار جهت تسریع در فرار کارگران از محیط داخل بند موقت	تاخیرات، ایجاد هزینه‌های مضاعف	آسیب به سازه‌ها، خطر مرگ و خرابی‌های زیست‌محیطی	سرریز کردن جریان از روی سازه بند موقت	موج‌های سنگین	
تهیه البسه محافظ و مناسب، تعبیه علائم هشدار در کارگاه کسب آگاهی لازم قبل از عملیات ساختمانی در خصوص وجود مواد سمی	تندرستی، هزینه، تاخیرات	صدمه و آسیب انسانی و خطر مرگ	مواد شیمیایی سمی گازهای خطرناک، ورود ناگهانی جریان آب، سطوح لغزنده	مکان‌های پرخطر در نزدیکی محل احداث بند موقت	



شکل ۷-۳- نمونه‌ای از کانال‌های صندوقی

۷-۷- نمونه‌های طرح کانال‌های انحراف رودخانه

۷-۷-۱- رودخانه اش^۱

یک کانال انحراف دائمی به همراه سازه‌های وابسته آن به منظور بالابردن ظرفیت انتقال بده جریان رودخانه اش (کشور انگلستان) احداث شده است.

۷-۷-۱-۱- مشخصات طرح

سطح مقطع رودخانه موجود به طول ۳۰۰ متر در جهت بالادست به منظور بالا بردن ظرفیت کانال لایروبی شده است. کانال انحراف به طول ۳۲۵ متر با ظرفیت انتقال یک متر مکعب بر ثانیه طوری ساخته شده است که جریان را از بالادست منطقه مورد نظر منحرف می‌سازد. در کف کانال انحرافی به منظور جلوگیری از تبادل جریان بین کانال و آب‌های زیرزمینی موجود منطقه که از کیفیت پایینی برخوردار هستند، عملیات پوشش بستر صورت پذیرفته است. پوشش کف کانال مرکب است از رس که با یک نوع مواد

پلی اتیلن^۱ (دارای وزن مخصوص بالا) روکش شده است و لایه بالایی با استفاده از ژئوتکستایل که توسط خاک‌های ناشی از عملیات خاک‌برداری کانال موجود بوده پرگردیده است. لایه آخر نیز با شن پوشیده شده است. شکل (۷-۴) عملیات پوشش کانال انحراف دائمی در رودخانه مزبور را نشان می‌دهد. و شکل (۷-۵) تصویر سازه ورودی جریان انحرافی به داخل کانال را نشان می‌دهد این سازه به صورت یک کالورت از بتن مسلح با سازه آشغال‌گیر احداث شده است.



شکل ۷-۴- عملیات پوشش کف کانال انحراف دائمی در رودخانه اش



شکل ۷-۵- سازه ورودی جریان به کانال انحراف دائمی

– کالورت با آشغالگیر در رودخانه اش

دیواره‌های جداره کانال در پاشنه با استفاده از سنگ حفاظت شده و در مدخل و محل خروجی کانال انحراف دائمی از این پوشش در هر دو طرف استفاده شده است. به منظور جلوگیری از فرسایش کف کانال در محدوده خروجی کالورت (ورودی به کانال انحراف دائمی) از پوشش ژئوتکستایل که با سنگریزه پر شده بهره گرفته شده است. شکل‌های (۷-۶) و (۷-۷)

1 -HDPE (High Density Polyethylene)



شکل ۷-۶- نوع پوشش در ورودی کانال انحراف رودخانه اش



شکل ۷-۷- نوع پوشش در خروجی کانال انحراف و محل برگشت جریان به رودخانه اصلی



شکل ۷-۸- پوشش گیاهی ایجاد شده در جداره کانال پس از مدت یک‌سال از طرح

۷-۱-۲- مسایل طرح

طرح مزبور با توجه به یک‌سری معضلات معمول این‌گونه طرح‌ها اعم از جلب رضایت مالکین، رعایت اصول زیست‌محیطی، معضلات اجرایی مانند برخورد با سطح آب زیرزمینی نسبتاً بالا و وجود آب‌های آلوده در محوطه کارگاه اجرا گردید. هیچ‌گونه عملیات پوشش گیاهی در کنار جداره‌های کانال انجام نشده بود ولی همان‌طور که در شکل (۷-۸) دیده می‌شود پس از مدت یک سال جداره کاملاً با پوشش گیاهی پوشیده شده و به محیط مناسبی جهت رشد جوامع گیاهی و جانوری تبدیل شده است [۱۳].

۷-۱-۲- اثرگذار رودخانه تامس^۱

یک اثرگذار به ظرفیت حداکثر ۲۱۵ متر مکعب بر ثانیه به منظور حفاظت مناطق ویندسر^۲، اتون^۳ و میدنهید^۴ از سیلاب طراحی شده است. انحراف بده جریان سیلاب مقادیر استاندارد ۱ ساله تا ۶۵ ساله را دربر می‌گیرد. کارکرد اثرگذار به نوعی پیش‌بینی شده است که یک جریان کم همیشه در آن جریان داشته باشد و در صورت عبور سیلابی بیش از ۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه در رودخانه تامس جریان به سمت اثرگذار منحرف می‌گردد. جریان ورودی به کانال انحراف به‌صورت دستی کنترل شده و از نوع دریچه قطاعی می‌باشد در حالی که دیگر دریچه‌های موجود در کانال به‌صورت اتوماتیک با توجه به تراز سطح آب در بالادست قابل تنظیم هستند. این اثرگذار یکی از طرح‌های بزرگ اجرا شده در کشور انگلستان می‌باشد.

۷-۱-۲- مشخصات طرح

طول کانال مزبور ۱۱ کیلومتر بوده و قسمت عمده آن دارای سطح مقطع و دوزنقه‌ای و بدون اجرای عملیات پوشش کف می‌باشد. و عرض کف آن از ۳۰ تا ۳۵ متر متغییر بوده شیب کناره‌ها ۱/۵:۱ و با عمق ۵ متر اجرا شده است. عرض کلی کانال در مواضعی متغییر بین ۲۵ متر در نزدیکی سازه‌ها و تا ۱۰۲ متر برای ارتقای شرایط زیست‌محیطی می‌باشد. ظرفیت آن همان‌طور که اشاره گردید ۲۱۵ متر مکعب بر ثانیه در نظر گرفته شده است. میزان تقسیم جریان مابین اثرگذار و رودخانه اصلی مطابق جدول (۷-۴) طرح ریزی شده است.

جدول ۷-۴- توزیع جریان مابین رودخانه و اثرگذار

ردیف	بده جریان در رودخانه اصلی (متر مکعب بر ثانیه)	بده جریان در اثرگذار اصلی (متر مکعب بر ثانیه)
۱	کمتر از ۱۰	نصف جریان موجود در رودخانه
۲	۱۰ - ۱۵	۵
۳	۱۵ - ۴۰	یک سوم جریان یا ۱۰ هر کدام کمتر بود
۴	بالاتر از ۴۰	۱۰

1 - Thames River

2 - Windsor

3 - Eton

4 - Maidenhead

جهت طراحی، مطالعات مدل‌سازی ریاضی هیدرولیک جریان برای مسایل مختلف از بده سیلاب ۱ ساله تا بده ۲۰۰ ساله با استفاده از نرم افزار Hec-2 انجام شده است. اثرگذار به همراه کلیه سازه‌های طراحی شده در قالب یک مدل هیدرولیکی ساخته شده و آزمایش‌های مدونی جهت مطالعه تکمیلی و نحوه اداره سامانه بر روی آن صورت پذیرفته است. مطالعات مدل‌سازی وضعیت ریخت‌شناسی نیز به منظور داشتن میزان تاثیر پذیری رژیم جریان و مولفه‌های مربوط به ریخت‌شناسی در رودخانه اصلی با توجه به شرایط جدید و احداث کانال انحراف انجام شده و نتایج آن نشان می‌دهد که لایروبی در اثرگذار انحرافی نیازی نیست و پیشنهاد شده است به منظور حصول اطمینان از عبور ایمن بده جریان در حالت ظرفیت کامل برای مدت ۲۰ سال، میزان ۵۰۰ میلی‌متر بستر اثرگذار بیش‌تر خاک‌برداری گردد تا در صورت رسوب‌گذاری نیازی به عملیات لایروبی نباشد. حفاظت در نزدیکی بعضی از خروجی‌ها لازم تشخیص داده شد. در این سامانه به نوعی از ترکیب قطعات بتنی با صفحات فلزی استفاده شده است و در سواحل نیز بیش‌تر از پوشش‌های طبیعی و گیاهی بهره‌گرفته شده است.

۷-۲-۲- مسایل طرح

به لحاظ حجم عملیات اجرایی اثرگذار انحرافی مزبور شامل یک‌سری دریچه قطعی با کنترل دستی در بالادست سرریزهای لبه پهن در طول کانال که اولین آنها دارای ۳ دریچه از نوع قطعی و یک طرفه می‌باشد. همچنین دارای ۵ پل ماشین‌رو، ۶ پل آدم‌رو، ۵ سازه کنترل و ۲ سیفون معکوس می‌باشد.

به لحاظ حجم وسیع عملیات یک قرارداد ۴۶ هفته‌ای برای انجام آن انعقاد گردیده بود. محدودیت زمان و فصول کاری در این طرح فقط در بخش پاک‌سازی درختان در مسیر کانال وجود داشته است. جهت حفر کانال حجم عملیات خاکی بالغ بر ۱/۷ میلیون متر مکعب انجام شده است که ۸۰۰۰۰۰ تن آن از محل کارگاه به مکان‌های دیگری منتقل شده است. در طول مسیر نیز به بعضی نواحی لجن‌زار و فاضلابی برخورد گردید که در گذشته در آنها عملیات کاوش جهت مواد با ارزش صورت گرفته بود. در اثر این عملیات خاک و آب زیرزمینی در این محدوده آلوده شده بود که با انتقال این مواد و ریختن آن درون محفظه‌هایی که جداره‌های آن دارای پوشش رسی است، به نوعی عملیات اصلاحی انجام گردید و در نهایت بخش بالایی آن محفظه‌ها نیز با مواد پاک و سازگار با شرایط محیط زیست پوشیده شد.

مطالعات کیفیت آب با استفاده از مدل‌سازی انجام شده است. و نتایج نشان می‌دهد در حالتی که هیچ جریانی در کانال نباشد وضعیت نابسامانی در پشت سرریزها در اثرگذار به وجود آمده و ممکن است در هنگام سیلاب این میزان آب پشت سرریزها به نوعی وارد رودخانه در پایین‌دست شده و باعث تقلیل شرایط کیفی آب گردد. به همین منظور توصیه شده است یک جریان آرام با بده ۱۰ متر مکعب بر ثانیه انتخاب شود تا در تمامی حالات به جز زمانی که آب در رودخانه اصلی به کم‌تر از ۳۰ متر مکعب بر ثانیه می‌رسد، در اثرگذار برقرار باشد.

مطالعات مدل‌سازی آب زیر زمینی در منطقه نیز انجام شده است. به منظور ثابت نگهداشتن تراز سطح آب زیر زمینی سرریزها به نحوی طراحی شده‌اند که میزان افت ارتفاع در بین آنها تقریباً ۱ متر باشد.

مسایل زیست‌محیطی طرح بیش‌تر در قالب عبور ماهیان از میان سرریزها و مسایل مربوط به پوشش گیاهی در جداره‌ها و جوامع جانوری و گیاهی طرح شده است. انتقال درختان در حداقل میزان خود بوده است.

اموری که در مرحله بهره‌برداری و نگهداری بر آن تاکید شده بیش‌تر در قالب ایجاد چشم اندازهای زیبا و پوشش طبیعی بوده است. و پیشنهاد شده است مسوولان پس از ساخت در قالب یک قرارداد ۵ ساله به ایجاد مناظر طبیعی و ارتقای شرایط زیست‌محیطی طرح اقدام ورزند.

فصل ۸

تعیین اصول نگهداری و نحوه

بهره‌برداری از طرح‌های انحراف

سیلاب

۸-۱- کلیات

مدیریت نگهداری و بهره‌برداری از سازه‌های مهندسی رودخانه امری لازم و ضروری است که متأسفانه در کشور ما به آن توجه کافی نمی‌شود. بهره‌برداری صحیح و رعایت اصول نگهداری نقش بسزایی در عملکرد سامانه انحراف به خصوص در شرایط کارکرد در مواقع بحرانی دارد. اما اساسی‌ترین بخش در این مبحث توجه سازمان بهره‌بردار به رعایت اصول طراحی قبل از احداث سازه بوده که در این گونه سازه‌ها باید با توجه به مبانی طرح به لحاظ هیدرولیکی (تعیین سیلاب طراحی) و دیگر موضوعات به نوعی طراحی گردند که حداقل‌های شرایط استاندارد را دارا بوده تا از مصرف مخارج هنگفت در زمان بهره‌برداری جهت اصلاحات احتمالی آتی جلوگیری گردد. در صورتی که سامانه انحراف بدون اصول طراحی مدرن هیدرولیکی و رعایت شرایط زیست‌محیطی احداث گردد اگرچه هزینه اولیه ممکن است کم باشد ولی در حین بهره‌برداری هزینه‌های تعمیر و نگهداری آن هنگفت خواهد بود. در این بخش سعی شده با ارائه مفاهیم و اصول مرتبط به نوعی اصول نگهداری و بهره‌برداری سامانه‌های انحراف تبیین گردد.

فراهم آوردن ابزار مناسب جهت شناخت و پیش‌بینی مسایل محتمل به خصوص در شرایط بحرانی و سیلابی و ارتباط میان آنها با خصوصیات هندسی و ظرفیت سامانه انحراف کمک بسزایی به اعمال مدیریت صحیح می‌نماید. آن بخش از کار که احساس می‌گردد نیاز به سرمایه‌گذاری بیش‌تری دارد، ایجاد ظرفیت‌های مناسب برای بالا بردن سطح آگاهی‌های عمومی مردم خصوصاً ساکنین مجاور طرح بوده که نیاز به توضیح بیش‌تر دارد. ایجاد سازمان‌های عریض و طویل با کارکرد دوره‌ای، در زمان خاص بدون توجه و ارتقای فرهنگی آگاهی‌های عمومی، از بین بردن منابعی است که می‌توان به نوعی از آن در بهبود شرایط طرح مزبور، مورد استفاده قرارداد. بهره‌برداری مشترک از منافع سازه‌های مهندسی رودخانه میان مردم و سازمان‌های مرتبط فضایی را ایجاد می‌نماید که به راحتی می‌توان از نیروها و فعالیت‌های داوطلبانه بهره‌جست و صرفاً با یک نگرش اداری به موضوع بهره‌برداری و نگهداری توجه نکرد.

ایجاد تعامل و همکاری میان سازمان‌های مرتبط با طرح مانند سازمان حفاظت محیط زیست، ادارات تقسیمات کشوری مانند شهرداری‌ها، دهرداری‌ها و سازمان هواشناسی، در این بخش مفید خواهد بود. این فرآیند سبب استفاده همزمان از امکانات ایجاد شده و رونق فعالیت‌ها خواهد شد. به عنوان مثال در صورت ایجاد یک مرکز محلی در مجاورت سامانه انحراف جهت نگهداری و بهره‌برداری می‌توان آن‌را به تجهیزات هیدرومتری و مخابراتی مجهز نمود و فعالیت‌های محیط‌بانی را نیز در آن متمرکز نمود تا تیم بهره‌برداری بتواند در عین فعالیت‌های روزمره با تقسیم وظایف، مسوولیت‌های دیگری را نیز برعهده گیرد. این نوع نگرش زمینه‌های ایجاد مدیریت واحد در حوضه آبریز را نیز تقویت می‌نماید و باعث پیشرفت و ایجاد زیر ساخت‌های مشترک جهت رسیدن به این هدف خواهد شد.

۸-۲- تدوین راه‌کارهای عملی و اصول نگهداری از سامانه‌های انحراف سیلاب

به منظور اعمال مدیریت و رعایت شرایط بهینه برای سامانه‌های انحراف سیلاب در طول مدت بهره‌برداری به یک ساختار منظم و کارآمد نیاز است که لازمه تشکیل آن توجه به موارد زیر می‌باشد:

- جمع‌آوری اطلاعات طرح شامل نقشه‌های همچون ساخت^۱، گزارش‌های توجیهی و فنی، عکس‌های مراحل ساخت و دیگر اطلاعات مربوط به طرح
 - تهیه برنامه‌های منظم و ادواری و لزوم کنترل داده‌های مورد نیاز
 - آگاهی از شرایط بحرانی و سناریوهای محتمل
 - تعمیرات دوره‌ای سامانه و اجزای وابسته به آن
 - لزوم برقراری ارتباط و تعامل با ساکنین منطقه در قالب طرح برنامه‌های تفریحی، گردشگری، برنامه‌های آموزشی مقابله با سیلاب و ایجاد مانورهای مقابله با سیلاب
- در این مبحث سعی خواهد شد در راستای محورهای فوق راهکارهای عملی ارائه گردد.

۸-۲-۱- جمع‌آوری اطلاعات

آگاهی از مولفه‌های طراحی و هندسی کانال انحراف سیلاب، وضعیت و نحوه اداره و کنترل دریچه‌های ورودی و خروجی، ظرفیت کانال، ضریب زبری طراحی و دیگر مولفه‌های مربوط به وضعیت کانال و همچنین تغییرات احتمالی این عوامل در هنگام ساخت و اصلاح نقشه‌ها از مواردی است که جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آنها الزامی است.

جمع‌آوری و بایگانی اطلاعات به صورت داده‌های دیجیتالی این امکان را فراهم می‌سازد تا هم ضمن حفظ آن در طولانی مدت امکان آماده‌سازی آن جهت مطالعه بیشتر و احیانا اجرای مدل ریاضی برای درک بیشتر از عملکرد کانال در شرایط مختلف فراهم گردد.

علاوه بر داده‌های موجود ضروری است یک سامانه جمع‌آوری اطلاعات در منطقه ایجاد گردد. ثبت اطلاعات مربوط به هواشناسی، هیدرومتری و احیانا داده‌های زیست‌محیطی که می‌توان هم به صورت دریافت اطلاعات از ایستگاه‌های همجوار و یا با تجهیز یک مرکز محلی در مجاورت سامانه انحراف این مهم را برنامه‌ریزی نمود.

نصب دوربین‌های کنترلی به خصوص در مجاورت دریچه‌های تنظیم ورودی و خروجی و اشل‌های اندازه‌گیری و برقراری ارتباط آنها با مرکز، از ابزار نوینی است که امروزه در سطح وسیعی از آن استفاده می‌گردد.

تهیه ابزار کارآمد و بهره‌گیری از کارشناسان مجرب و با انگیزه در بخش تحلیل داده‌ها و اطلاعات ثبت شده از ملزومات این بخش است که این موضوع اعمال مدیریت صحیح و با پشتوانه تصمیم‌سازی درست را فراهم می‌سازد.

۸-۲-۲- نظارت و بازدید

با تشکیل گروه‌های کاری که شامل چندین کارشناس در حوزه‌های کاری مربوط می‌باشند نظارت و بازرسی از سامانه انحراف اعم از دریچه‌ها، شرایط بالادست، پایین‌دست، طول مسیر کانال و بررسی گوره‌های اطراف مسیر باید طی یک برنامه منظم و ادواری صورت پذیرد.

برنامه منظم و ادرواری بازدیدها در بازه زمانی مشخص تعریف می‌گردد، پیشنهاد می‌گردد در شرایط پر آبی و فصول سیلابی این بازدیدها در فواصل کوتاه‌تر زمانی انجام گردد و گزارشات مربوط به تغییر شرایط از کارکرد عادی به سیلابی به سرعت تهیه و تحلیل گردد.

با بررسی شرایط آب و هوایی و آمار و اطلاعات تاریخی و همچنین اطلاعات هیدرومتری از وضعیت رودخانه در قبل از احداث کانال می‌توان به سیمای عمومی از رفتار هیدرولوژیکی منطقه طرح دست یافت. این اطلاعات و داده‌ها به مهندسان بهره‌بردار کمک می‌کند تا شرایط بحرانی را پیش‌بینی نموده و توان تحلیل و تجزیه درست پدیده را به‌دست آورند. آگاهی از تجربیات دیگران و چگونگی سامانه نظارت و بازدیدها در پروژه‌های مشابه می‌تواند راهگشای موثری در این زمینه باشد.

۸-۲-۳- تحلیل شرایط بحرانی

بدیهی است در هنگام طراحی، مسایل محتمل در خصوص چگونگی عملکرد کانال انحراف دایمی یا غیر دایمی تعریف شده و با اجرای مدل ریاضی و یا حتی در مدل فیزیکی مربوط به آن اطلاعاتی مانند ترازهای آب در کانال، شرایط زبری و زمان‌های تخلیه محاسبه و در گزارش طرح ثبت می‌گردد.

این اطلاعات و داده‌های مهندسی و هیدرولیکی راهنمای مهندسان بهره‌بردار خواهد بود. ثبت اطلاعات و داده‌ها پس از هر سیلاب نیز جهت تصمیم‌سازی‌های آینده بسیار مهم خواهد بود. امروزه با در اختیار داشتن مدل‌های ریاضی و ابزار گرافیکی و همین‌طور تهیه نقشه‌ها در محیط‌های GIS و با کمک از تصاویر ماهواره‌ای و RS به راحتی می‌توان میان تکنیک‌های مرتبط با موضوع یک ارتباط منطقی برقرار ساخت و از آن جهت اعمال مدیریت علمی و هوشمندانه بهره جست.

بهتر است در مرکز محلی که به منظور بهره‌برداری از سامانه انحراف سیلاب ساخته می‌شود، یک‌سری وسایل مختصر جهت عملیات مهار و مقابله با سیلاب نیز تعبیه گردد. این مرکز در یک کاربری مشترک می‌تواند در راستای یک مرکز هشدار و مقابله با سیلاب نیز انجام وظیفه نماید. با در اختیار داشتن امکانات اولیه به راحتی می‌توان در هنگام وقوع سیلاب ضمن جلوگیری از خطر، از توسعه خرابی‌ها نیز با کمک نیروهای محلی و داوطلب جلوگیری نمود.

مبحث تعمیرات ادواری نیز امری مهم بوده که در بخش‌های بعدی به تفصیل درباره آن به صورت مجزا بحث خواهد شد در ادامه موضوع ایجاد تعامل میان سازمان بهره‌بردار و ساکنین محدوده طرح پرداخته می‌شود.

۸-۲-۴- ایجاد تعامل و بالابردن سطح آگاهی‌های عمومی

در گذشته نگرش حفاظت و بهره‌برداری عمدتاً معطوف به حفاظت فیزیکی، مجزا نمودن فضاها، کنترل‌های سخت‌گیرانه، قرق کردن محدوده طرح‌ها و جمع‌آوری آمار روزانه و منظم خلاصه شده بود. به هر جهت چه بخواهیم و چه نخواهیم ورود یک سازه نوین و همین‌طور تکنولوژی‌های امروزی به قدری در رفتار فرهنگی مردم به خصوص مردم مجاور محدوده طرح تاثیر خواهد گذارد. هرچند که در مرحله ساخت و اجرایی نمودن طرح نیز بدون همکاری مردم امکان پیشرفت طرح میسر نیست. هدف ما در این بخش بیشتر بر روی فعالیت‌های پس از ساخت و هنگام بهره‌برداری متمرکز می‌باشد. حفظ و نگهداری از سامانه انحراف خصوصاً در کانال‌هایی که فقط در بازه زمانی سیلاب استفاده می‌شود نیازمند یک همکاری جمعی است. این مهم با ایجاد حس همکاری و تقسیم منافع طرح به صورت مستقیم یا غیر مستقیم میان ساکنین مجاور امکان‌پذیر است. طرح و برنامه‌ریزی برنامه‌های فرهنگی و ایجاد مراکز

تفریحی و ورزشی و خصوصا توره‌های زیست‌محیطی و طبیعت گردی فرصتی را فراهم می‌سازد که هم ضمن تاثیر بر وضعیت اقتصادی منطقه به نوعی حس مالکیت و همکاری را در مردم به وجود آورده و از نزدیک منافع محسوس طرح لمس گردد. ایجاد مانورهای مقابله با سیلاب و چگونگی ترمیم فوری گوره‌های اطراف کانال با همکاری نیروهای داوطلب محلی باعث بالارفتن سطح آگاهی‌های عمومی خواهد شد. از کشاورزان منطقه می‌توان به عنوان بازرسان هوشمندی استفاده نمود که در صورت خرابی در هر نقطه از مسیر کانال به مراکز اطلاع داده و پیشنهاد می‌شود سعی گردد در صورت لزوم به کارگیری نیروی انسانی از کمک آنها بهره‌جسته و به نوعی به اشتغال و اقتصاد محلی کمک نمود.

ترمیم سریع خرابی‌ها ضمن حفظ شرایط کارکرد بهینه کانال، مردم و نیروهای داوطلب را به روند فعالیت‌ها امیدوار می‌سازد. هدف باید ارتقای وضعیت و شرایط زیست‌محیطی و کیفیت زندگی مردم منطقه باشد بدیهی است هر فعالیتی که به این هدف کمک کند، قابل تحسین است. همان‌طور که گفته شد باید با برنامه‌ریزی جهت بازبدهی‌های محلی طبقات مختلف جامعه به لحاظ سنی و فرهنگی را با فعالیت‌های عمرانی آشنا نمود و در این راستا از ابزار رسانه‌ای مانند صدا و سیما و رادیوهای محلی نیز بهره برد. به طور حتم نگرش بازدیدکنندگان پس از آگاهی از حجم فعالیت‌های انجام شده، تغییر خواهد نمود. نظرسنجی و آگاهی از نقطه‌نظرات مردم و تکیه به خرد جمعی نیز بسیار موثر است. بهتر است قبل از تصمیم‌های مهم مانند لایروبی، تعمیرات وسیع دوره‌ای، اعمال محدودیت‌ها (در رفت و آمدها و مسایل ترافیکی) حتما با شوراهای محلی و مردم مشورت گردد و به نوعی آنها را در فرآیند تصمیم‌سازی مشارکت داد. در این بخش در موارد متعدد به لزوم نقش و ایجاد یک مرکز محلی در مجاور سامانه انحراف سیلاب اشاره شد در ادامه با توجه به اهمیت موضوع ساختار و پیشنهادی جهت این مرکز ارائه می‌گردد. بدیهی است این ساختار پیشنهادی بوده و ممکن است با توجه به اهمیت موضوع و برای هر طرح جداگانه قابل بررسی و احیانا نیازمند تغییراتی باشد.



۸-۳- تدوین نحوه بررسی و تعمیرات ادواری

توجه به بحث تعمیرات در سازه‌های مهندسی رودخانه به خصوص سامانه‌های انحراف سیلاب که در برگیرنده سازه‌های متعدد درونی مانند دریچه‌ها، سازه‌های اندازه‌گیری، گوره‌ها و احیاناً آبشکن‌های کوتاه، مقطع کانال مرکب با معضلات و خصوصیات ویژه خود و ... می‌باشد، امری لازم و حیاتی به نظر می‌رسد.

برنامه‌ریزی جهت تعمیرات دوره‌ای تا حدودی به مبحث نگهداری وابسته بوده و باید با شرایط کارکرد کانال در فصول سیلابی و پر آبی هماهنگ گردد. خرابی در این گونه سازه‌ها بخشی ناشی از شرایط طبیعی و گذشت زمان بوده و قسمتی دیگر بیش‌تر به علت وقوع شرایط سیلابی است. در صورت وقوع سیلاب با دوره بازگشت بیش‌تر معمولاً تخریب موضعی سازه را انتظار داریم بنابراین در بازه زمانی بعد از شرایط بحرانی و سیلاب‌ها ترمیم و اصلاح سازه‌های حفاظتی ضروری است.

در این خصوص عملیات تعمیرات ادواری در قالب محورهای زیر مطرح گردد.

- بررسی وضعیت تغییر در ضریب زبری کانال به دلیل رشد گیاهان و علف‌های هرز
- بررسی پایداری سازه‌ها به خصوص گوره‌ها و پوشش‌های مربوط به آن و حصول اطمینان از کارکرد صحیح آنها (در برابر عبور سیلاب از روی آنها)
- مهار فرسایش در پی، بدنه و پوشش حفاظتی گوره‌ها
- مشاهده ترک‌ها و ترمیم خرابی‌ها جزئی به منظور جلوگیری از گسترش آنها و وارد آوردن لطمات و صدمات بیش‌تر
- لزوم یا عدم لزوم لایروبی
- بررسی وضعیت سازه‌های کنترل، دریچه‌ها و ابزار اندازه‌گیری و دوربین‌های مربوط
- نوسازی ابزارها و به‌روز کردن تکنولوژی‌های مورد استفاده
- عملکرد نامتوازن توسعه منطقه و تخریب‌های انسانی، دام و احشام

ثابت نگهداشتن شرایط کارکرد کانال انحراف نیازمند توجه دقیق به محورهای ذکر شده می‌باشد. بدیهی است گاهی مواقع موضوعات مورد اشاره هم راستای یکدیگر نیستند. بلکه تاثیر منفی نیز بر هم می‌گذارند، مدیریت کانال در این مواقع باید با شناخت اهداف، تاخر و تقدم آنها را تشخیص دهد. به طور مثال رشد گیاهان و درختچه‌ها خصوصاً در تراس‌های بالایی افقی در مقطع کانال انحراف (خصوصاً در مواقعی که مقطع کانال به صورت مرکب طراحی می‌شود) باعث تثبیت شرایط زیست‌محیطی و احیاناً ارتقای مولفه‌های زیست‌محیطی خواهد گردید ولی با توجه به بالا بردن ضریب زبری باعث تغییر ظرفیت کانال و یا حتی تغییر در رژیم جریان هیدرولیکی خواهد شد. تصمیم در خصوص این موضوع که تا چه حد از این درختان قطع و هرس گردد که علاوه بر این که باعث تخریب شرایط زیست‌محیطی نشده و به نوعی مسایل هیدرولیکی را نیز تحت شعاع قرار ندهد، نیازمند دانش و درک صحیح مدیریت تعمیر و نگهداری کانال می‌باشد. بدیهی است شرایط پایداری که پوشش‌های گیاهی بر روی گوره‌ها ایجاد می‌نماید و باعث جلوگیری از فرسایش نیز می‌گردد بر کسی پوشیده نیست.

همان‌طور که در بخش‌های گذشته اشاره شد اصولاً سعی می‌گردد عمق کانال به نحوی طراحی گردد تا نیازمند شرایط لایروبی در طول عمر مفید کانال نبوده ولی گاهی مواقع به دلیل شرایط محلی و وضعیت آب و هوایی لایروبی اجتناب‌ناپذیر است. به طور مثال در منطقه سیستان که در اثر طوفان‌های شن، شن‌های روان امکان حضور در بستر کانال را داشته (خصوصاً در شرایطی که

کانال انحراف سیل خالی بوده) موضوع لایروبی در بازه زمانی قبل از فصول پر آبی و سیلابی امری مهم و ضروری به نظر می‌رسد ولی به لحاظ مبحث رسوب‌گذاری عمدتاً کانال‌های انحراف سیلاب طوری طراحی می‌شوند که در طول مدت بهره‌برداری به عملیات لایروبی دوره‌ای نیاز نداشته باشند. در جدول (۸-۱) بخش مهمی از فعالیت‌های مربوط به تعمیرات ادواری با دوره‌های زمانی پیشنهادی ذکر شده است.

جدول ۸-۱- پیشنهاد تعمیرات ادواری جهت سامانه‌های انحراف سیلاب و متعلقات آن

ملاحظات	بازه‌های زمانی پیشنهادی	موضوع تعمیرات ادواری
شناخت آسیب‌ها می‌تواند در گزارش‌های روزانه که توسط آمار برداری نیز تهیه می‌شود به بخش پشتیبانی گزارش گردد	قبل از فصول پرآبی و سیلابی و پس از وقوع سیلاب	بررسی پوشش حفاظتی گوره‌های اطراف کانال در طول مسیر
	به صورت دوره‌ای قبل از هر فصل و مانند شرایط ذکر شده برای دیگر پوشش‌های حفاظتی	بررسی آبشکن‌های کوتاه و سازه‌های کنترل در طول مسیر کانال
	سرویس‌های دوره‌ای مطابق با شرایط پیشنهادی کارخانه سازنده و انجام بازدیدهای منظم دوره‌ای	دریچه‌های ورودی و خروجی
	مطابق با شرایط پیشنهادی کارخانه سازنده	سامانه‌های مخابراتی و کنترلی (دوربین‌ها)
	سالانه ساکنین	بررسی پدیده نشست طبیعی در گورها و دیگر سازه‌ها

همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد نقش کشاورزان و ساکنین حاشیه طرح در رابطه با امور مربوط به حفظ و نگهداری و بعضاً فعالیت‌های مربوط به تعمیرات ادواری و رعایت حریم‌ها بسیار مهم و حیاتی است. این موضوع تا اندازه بسیاری به نوع رفتار و نگرش مدیریت بهره‌بردار بستگی دارد. با اصول ذکر شده و خصوصاً برقراری تعامل و تقسیم منافع مشترک به راحتی می‌توان فعالیت‌های بزرگ و پراکنده را که نیازمند صرف هزینه‌های هنگفت است با ایجاد حس همکاری توسط نیروهای داوطلب و محلی با صرف هزینه‌های اندک در بخش‌های متفاوت انجام داد. با ساخت و گسترش مراکز تفریحی و توریسم طبیعی در مجاورت سامانه انحراف مقدمات این فعالیت‌ها فراهم شده و به نوعی بر وضعیت اقتصاد و اشتغال نیز تاثیرگذار خواهد بود.

منابع و مراجع

- ۱- دکتر امین علیزاده، (۱۳۸۰)، «اصول هیدرولوژی کاربردی»، [ویرایش ۴]، مشهد، دانشگاه امام رضا (ع)
- ۲- «دستورالعمل ارزیابی زیست محیطی طرح‌های مهندسی رودخانه»، نشریه شماره ۲۲۷ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، (۱۳۸۰).
- ۳- «دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی طرح‌های عمرانی»، (۱۳۸۱)، نشریه شماره ۱-۲۵۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور.
- ۴- «راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه»، (۱۳۸۴)، نشریه شماره ۳۱۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور.
- ۵- «راهنمای روش‌های غیر سازه‌ای مدیریت سیلاب»، (۱۳۷۹)، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کمیته ملی کاهش بلایای طبیعی.
- ۶- «راهنمای عملیات صحرائی، نمونه‌برداری و آزمایشگاهی مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها»، (۱۳۸۶)، نشریه شماره ۳۴۹ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور.
- ۷- «راهنمای مهار سیلاب رودخانه» (روش‌های سازه‌ای)، (۱۳۸۰)، نشریه شماره ۲۴۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور.
- ۸- «روش‌های طرح و اجرای سازه‌های با مصالح سنگی در مهندسی رودخانه»، طرح تحقیقات کاربردی، (۱۳۸۲)، شرکت مدیریت منابع آب ایران.
- ۹- گزارش ماموریت دوره آموزشی مهندسی سد و رودخانه JICA، فقیهی‌راد، (۱۳۸۴).
- ۱۰- مجموعه مقالات کارگاه آموزشی - تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، (۱۳۷۶)، انجمن هیدرولیک ایران.
- ۱۱- دکتر مهدوی، هیدرولوژی کاربردی، جلد اول و دوم، (۱۳۷۸)، انتشارات دانشگاه تهران.
- 12- Chow, Ven Te., D.R., Haidment and L.W. mays, (1988); "Applid Hydrology" Mceraw – Hill Book Compamy
- 13- Fisher, K. and Ramsbottom, D. , (2001) ; " River Diversion A Design Guide " Thomas Telford Ltd, London
- 14- Framji; K.K.Ed.,(1983);"Manual of Flood Control, Method and Practice", I.C.I.D.
- 15- Franco. J.J, (1967); "Research for River Regulation Dike Design"
- 16- Ghosh, S.N., (1982); "Flood control and drainage engineering", McGraw-Hill.
- 17- Institution of Civil Engineers (ICE) (1996). "Land drainage and flood defence responsibilities" 3rd edition. Tomas Telford Ltd, London.
- 18- Institute of Hydrology (IH) (1999). "The Flood Estimation Hand book, 5 Volumes"
- 19- Infrastructture Development Institute – (Japan).(2002); "Guide Lines for Construction Technolgy Transfer (in relation to river works for nature Conservation).
- 20- Joglekar D.R., (1971); "Manual on River Behavior, control and Training" New Delhi.
- 21- Manual and Guide Lines for Comprehensive flood Loss Prevention and management, U . N . Development Program, (1991).
- 22- Maza Alvarez, J.A., (1989); "Design of groins and Spur Dikes", ASCE.

- 23- Peterson M.S., (1986); "River Engineering", Prentice Hall.
- 24- Prezedwojski, Blazejewski & Pilarczyk, (1995); "River Training Techniques; Fundamentals, Design and Applications", Balkema.
- 25- Richardson, E. V, (1975); "River Stabilization, Bank protection and Scour in High ways in the River Environment – Hydraulic and Environmental Design Consideration Training and Design Manual"
- 26- River Burea, Ministry of Construction, Manual For river works in Japan: Planning.
- 27- Seed, D. (1997); "River Traininig and Channel Protection"
- 28- U.S.D.A, (1975) "Dikes and levees"

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می‌باشد.

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Guideline for Design, Construction and Operation of Flood Diversion Works

No.527

Office of Deputy for Strategic Supervision

Department of Technical Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Energy

Bureau of Engineering and Technical
Criteria for Water and Wastewater

<http://seso.moe.org.ir>

2012

این نشریه

با عنوان «راهنمای طراحی، ساخت و بهره‌برداری سامانه‌های انحراف سیلاب» مجموعه‌ای تئوری و کاربردی شامل معرفی روش‌های مختلف انحراف سیلاب، تدوین اصول فنی و مهندسی در مراحل ساخت و نگهداری و همچنین ملاحظات زیست محیطی می‌باشد. در قالب موضوعات مورد اشاره، مشخصات فنی و گام‌های طراحی به دقت تبیین و مورد بحث قرار گرفته و نمونه‌های عملی نیز ارائه شده است.