جمهوری اسلامی ایران

ریاست جمهوری

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

راهنمای مطالعات رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای

نشریه شماره ۵۹۳

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

http://seso.moe.org.ir

۱۳۹۱

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی

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

از این‌رو، ***از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده‌ی هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱- شماره‌ی بند و صفحه‌ی 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.

٤- 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 علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email:info@nezamfanni.ir **web**: nezamfanni.ir/

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

فعالیت‌های عمرانی زیادی در مخروط‌افکنه‌ها صورت می‌پذیرد که رفتار رودخانه‌های آنها، بر روی این فعالیت‌ها اثرگذار می‌باشد. لذا شناخت رفتار رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای بسیار حایز اهمیت است. تغییر ناگهانی شیب رودخانه از بازه‌های کوهستانی به بازه‌های مخروط افکنه‌ای اثر قابل توجهی در ریخت‌شناسی رودخانه‌های مخروط افکنه‌ای دارد. توجه به این تغییرات در طرح‌های مختلف مهندسی رودخانه نظیر تعیین حدود بستر و حریم، احداث سازه‌های متقاطع رودخانه‌ای و سازه‌های مهار فرسایش ضروری می‌باشد.

با توجه به اهمیت مبحث فوق، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه نشریه «راهنمای مطالعات رودخانه‌های مخروط افکنه‌ای» 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

۱۳۹۱

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل

مجری: معاونت پژوهشی دانشگاه تهران

مولف اصلی: محمدابراهیم بنی‌حبیب	دانشگاه تهران	دکترای عمران – مهندسی آب

اعضای گروه تهیه‌کننده:

محمد ابراهیم بنی حبیب	دانشگاه تهران	دکترای عمران– مهندسی آب
آذر عربی	موسسه تحقیقاتی و مطالعاتی رایان آب نوآور	فوق لیسانس آبیاری و زهکشی
عبدالمجید فروغی	مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری	فوق لیسانس تاسیسات آبی
لیلا قاسمی	موسسه تحقیقاتی و مطالعاتی رایان آب نوآور	فوق لیسانس زمین شناسی مهندسی
امیر کنشلو	موسسه تحقیقاتی و مطالعاتی رایان آب نوآور	لیسانس مهندسی عمران– آب

اعضای گروه نظارت:

عبدالرسول تلوری	دانشگاه آزاد اهواز	دکترای هیدرولیک
نرگس دشتی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور – وزارت نیرو	لیسانس مهندسی آبیاری
شکور سلطانی	شرکت مدیریت منابع آب ایران	دکترای مهندسی آب

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

محمود افسوس	شرکت مهندسین مشاور سازه‌پردازی ایران	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولیک
محمدحسن چیتی	شرکت مهندسین مشاور ساز آب‌پردازان	فوق‌لیسانس مهندسی سازه‌های آبی
فریدون خزاعی	انجمن شرکت‌های ساختمانی	فوق‌لیسانس 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	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولیک
سیدکمال‌الدین نوری	وزارت کشور	لیسانس مهندسی کشاورزی
جبار وطن‌فدا	وزارت نیرو	فوق‌لیسانس 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

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول - کلیات	**۳**
۱-۱- جایگاه این راهنما	۵
۱-۲- محدودیت‌های راهنما	۵
۱-۳- واژه‌شناسی مخروط‌افکنه‌ها	۵
۱-۴- فرآیند تشکیل مخروط‌افکنه‌ها	۶
۱-۴-۱- اثر فعالیت‌های تکتونیکی	۶
۱-۴-۲- فرضیه‌های اقلیمی تشکیل مخروط‌افکنه	۹
۱-۴-۳- تغییر سطح اساس رودخانه‌ها	۱۱
۱-۴-۴- سایر عوامل موثر در تشکیل و گسترش مخروط‌افکنه‌ها	۱۱
فصل دوم- فرآیندهای مربوط به رسوب در مخروط‌افکنه	**۱۳**
۲-۱- کلیات	۱۵
۲-۲- رسوب شناسی مواد بستر در مخروط‌افکنه‌ها	۱۵
۲-۲-۱- رسوبات سیلاب ورقه‌ای	۱۶
۲-۲-۲- رسوبات رودخانه‌ای	۱۶
۲-۲-۳- رسوبات غربال شده	۱۷
۲-۲-۴- رسوبات جریان‌های با غلظت بالا	۱۷
۲-۳- انتقال رسوبات جریان‌های با غلظت معمولی	۱۷
۲-۴- انتقال رسوب جریان‌های با غلظت بالای رسوب	۱۸
۲-۴-۱- شرایط مطلوب برای وقوع جریان‌های با غلظت بالای رسوب	۱۸
۲-۴-۲- تقسیم‌بندی چگونگی رخداد و منشای انواع زمین لغزش	۱۹
۲-۴-۳- بررسی مکانیزم رخداد جریان‌های با غلظت بالای رسوب	۲۶
۲-۴-۴- روابط انتقال رسوب در سیلاب‌های با غلظت بالای رسوب	۲۸
۲-۴-۵- طغیان رودخانه به علت جریان واریزه‌ای	۳۰
فصل سوم- ریخت‌شناسی رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای	**۳۳**
۳-۱- کلیات	۳۵
۳-۲- مرزهای هندسی مخروط‌افکنه	۳۵

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۲-۱- تارک مخروط‌افکنه	۳۶
۳-۲-۲- پنجه مخروط‌افکنه	۳۶
۳-۲-۳- مرزهای جانبی مخروط‌افکنه	۳۷
۳-۳- بجادا یا نوار مخروط‌افکنه‌ای	۳۸
۳-۴- شناسایی محدوده‌های فعال و غیرفعال در مخروط‌افکنه‌ها	۳۸
۳-۵- ویژگی‌های ریخت‌شناسی رودخانه‌ها در مخروط‌افکنه‌ها	۴۰
۳-۵-۱- آستانه تغییرات ریخت‌شناسی	۴۲
۳-۵-۲- تقسیم‌بندی انواع آبراهه‌ها از نظرپایداری	۴۴
۳-۵-۳- جابجایی آبراهه‌ها	۴۵
۳-۵-۴- نقش جریان‌های با غلظت بالای رسوب بر پویایی ریخت‌شناسی آبراهه‌ها	۴۶
۳-۶- تاثیر سازه‌های متقاطع بر ریخت‌شناسی آبراهه‌ها	۴۷
فصل چهارم- هیدرولیک جریان در مخروط‌افکنه	**۵۱**
۴-۱- کلیات	۵۳
۴-۲- انواع مخروط‌افکنه‌ها از دیدگاه هیدرولیک جریان	۵۴
۴-۲-۱- مخروط‌افکنه‌های جریان رودخانه‌ای	۵۴
۴-۲-۲- مخروط‌افکنه‌های جریان واریزه‌ای	۵۵
۴-۲-۳- مخروط‌افکنه‌های مرکب	۵۶
۴-۳- طبقه‌بندی انواع جریان‌ها در مخروط‌افکنه‌ها	۵۶
۴-۳-۱- جریان مستقیم	۵۸
۴-۳-۲- جریان ورقه‌ای	۵۸
۴-۳-۳- جریان واریزه‌ای	۵۹
۴-۴- تعیین ضریب زبری هیدرولیکی جریان	۵۹
۴-۵- هیدرولیک جریان	۵۹
۴-۵-۱- هیدرولیک جریان آبراهه‌ای	۶۰
۴-۵-۲- هیدرولیک جریان در رودخانه‌های شریانی	۶۰
۴-۵-۳- هیدرولیک جریان ورقه‌ای	۶۲
۴-۵-۴- هیدرولیک جریان با غلظت بالای رسوب	۶۳
۴-۶- تحلیل جریان	۶۴

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۶-۱- تحلیل جریان یک بعدی	۶۵
۴-۶-۲- تحلیل جریان دو بعدی	۷۷
۴-۶-۳- تحلیل جریان شبه دو بعدی	۷۸
۴-۶-۴- تحلیل جریان جدا شونده و جابجایی آبراهه	۸۰
فصل پنجم- ملاحظات ویژه برای تعیین حد بستر و پهنه‌بندی سیل	**۸۱**
۵-۱- کلیات	۸۳
۵-۲- ملاحظات تهیه دستور کار خدمات جنبی بر روی مخروط‌افکنه‌ها	۸۳
۵-۲-۱- دستور کار نقشه‌برداری	۸۳
۵-۲-۲- دستور کار نمونه‌برداری از بستر	۸۴
۵-۲-۳- دستور کار آبسنجی	۸۴
۵-۳- ملاحظات ویژه مطالعات پایه	۸۵
۵-۳-۱- مطالعات فیزیوگرافی	۸۵
۵-۳-۲- مطالعات هیدرولوژی	۸۵
۵-۴- ملاحظات ویژه مطالعات تخصصی	۸۶
۵-۴-۱- مطالعات ریخت‌شناسی	۸۶
۵-۴-۲- مطالعات هیدرولیک	۸۶
۵-۵- مدل های تحلیل جریان	۹۰
فصل ششم- ملاحظات فنی ویژه برای مهار سیلاب و فرسایش رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای	**۹۳**
۶-۱- کلیات	۹۵
۶-۲- سیل روی مخروط‌افکنه‌ها	۹۶
۶-۳- ملاحظات ویژه روش‌های سازه‌ای مهار سیلاب	۹۷
۶-۳-۱- روش سازه‌ای مهار سیلاب روی مخروط‌افکنه	۹۷
۶-۳-۲- روش‌های سازه‌ای مهار سیل روی مخروط‌افکنه‌ها	۹۸
۶-۳-۳- گوره‌ها و دیواره‌های سیل‌بند	۱۰۳
۶-۴- ملاحظات ویژه روش‌های غیرسازه‌ای مهارسیلاب	۱۰۴
۶-۴-۱- تعیین موقعیت آبراهه	۱۰۶
۶-۴-۲- تجزیه و تحلیل	۱۰۶
۶-۵- ملاحظات ویژه مهار فرسایش رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای	۱۰۷

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۶-۵-۱- کلیات	۱۰۷
۶-۵-۲- سامانه‌ی رودخانه‌ای	۱۰۸
۶-۵-۳- ارزیابی خطر و ضرورت انجام عملیات اصلاحی	۱۰۹
۶-۵-۴- تصمیم‌گیری	۱۰۹
۶-۵-۵- اثر سازه‌های متقاطع	۱۱۱
۶-۵-۶- اثبات ضرورت راه حل مهندسی	۱۱۳
۶-۵-۷- ارزیابی گزینه‌ها	۱۱۳
۶-۵-۸- طراحی و اجرا	۱۱۴
۶-۶- ملاحظات ویژه مدیریت سیلابدشت رودخانه در مخروط‌افکنه	۱۲۰
۶-۷- ملاحظات ویژه برداشت شن وماسه	۱۲۲
۶-۷-۱- رسوبات رودخانه‌ای و فرآیندهای فیزیکی	۱۲۳
۶-۷-۲- توازن بین آبدهی و رسوب‌دهی رودخانه	۱۲۳
۶-۷-۳- رژیم رسوب‌دهی رودخانه و رابطه آن با رژیم آبدهی و نقش سیلاب‌ها	۱۲۴
۶-۷-۴- تعیین میزان مصالح قابل برداشت	۱۲۴
۶-۷-۵- اثرهای فیزیکی و بیولوژیکی برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای	۱۲۷
۶-۷-۶- گزینه‌های مدیریت برداشت شن و ماسه در رودخانه و سیلابدشت	۱۳۱
۶-۷-۷- سیاست‌های کلی برای برداشت شن و ماسه	۱۳۳
فصل هفتم - بررسی موردی مخروط‌افکنه گرمسار	**۱۳۵**
۷-۱- کلیات	۱۳۷
۷-۲- فرآیندهای تشکیل مخروط‌افکنه گرمسار	۱۳۷
۷-۲-۱- فرضیه‌های آب و هوایی	۱۳۷
۷-۲-۲- زمین‌شناسی و محیط رسوبی	۱۳۸
۷-۲-۳- فعالیت‌های تکتونیکی	۱۳۹
۷-۲-۴- تغییر سطح اساس رودخانه حبله‌رود	۱۴۱
۷-۳- آبراهه‌های موجود در مخروط‌افکنه گرمسار	۱۴۱
۷-۴- مخروط‌افکنه گرمسار و شکل‌های زمین ریخت‌شناسی موجود در آن	۱۴۱
۷-۴-۱- ریخت‌شناسی رودخانه حبله‌رود در مخروط‌افکنه گرمسار	۱۴۳
۷-۴-۲- تراس‌های آبرفتی	۱۴۵

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۷-۴-۳- فرسایش انحلالی	۱۴۶
۷-۴-۴- دشت‌های سیلابی	۱۴۸
۷-۴-۵- پلایا و جلگه رسی	۱۴۹
۷-۵- بررسی آبراهه‌های مخروط‌افکنه گرمسار از نظر پایداری	۱۵۰
۷-۵-۱- بررسی آبراهه‌های مخروط‌افکنه گرمسار از نظر جابجایی	۱۵۰
۷-۵-۲- جریان‌های با غلظت بالای رسوب در آبراهه‌های گرمسار	۱۵۱
۷-۵-۳- تاثیر سازه‌های متقاطع بر ریخت‌شناسی آبراهه‌ها در مخروط‌افکنه گرمسار	۱۵۱
۷-۶- بررسی فرآیندهای رسوب‌گذاری در قسمت‌های مختلف مخروط‌افکنه گرمسار	۱۵۵
۷-۶-۱- دانه‌بندی رسوبات موجود در تارک مخروط‌افکنه	۱۵۶
۷-۶-۲- دانه‌بندی رسوبات موجود در قسمت‌های میانی مخروط‌افکنه	۱۵۸
۷-۶-۳- دانه‌بندی رسوبات در پنجه مخروط‌افکنه	۱۶۱
۷-۶-۴- بررسی اندازه ذرات رسوبی در مخروط‌افکنه گرمسار	۱۶۲
۷-۶-۵- منشا رسوبات	۱۶۲
۷-۶-۶- نتیجه‌گیری و تفسیر داده‌های رسوب‌شناسی در مخروط‌افکنه گرمسار	۱۶۳
۷-۷- هیدرولیک جریان	۱۶۶
۷-۷-۱- شبکه آبراهه‌ای	۱۶۶
۷-۷-۲- تحلیل هیدرولیک جریان	۱۶۷
۷-۸- مدیریت سیلابدشت	۱۷۶
۷-۸-۱- وضعیت موجود سیلابدشت و مشکلات آن	۱۷۶
۷-۸-۲- ارائه پیشنهادها و راهکارهای مدیریت سیلابدشت	۱۷۷
منابع و مراجع	**۱۷۹**

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- نمایش پارامترهای اندازه‌گیری شاخص اندازه‌گیری نسبت عرض به ارتفاع دره‌ها ۹
شکل ۲-۱- محل قرارگیری نقطه تقاطع بر روی مخروط‌افکنه ۱۶
شکل ۲-۲- انواع حرکات دامنه‌ای، تفاوت انواع مختلف با توجه به میزان سرعت و رطوبت توده سنگی یا خاکی ۲۳۲
شکل ۲-۳- پیکرشناسی یک زمین لغزش ۲۳
شکل ۲-۴- نمای ساده شده‌ای از نحوه پراکنش رسوبات در جریان‌های واریزه‌ای در رودخانه‌ای با شیب θ ۲۴
شکل ۲-۵- شیب ناپایدار برای شروع جریان با غلظت بالا ۲۷
شکل ۲-۶- بخش‌های مختلف نیمرخ جریان واریزه‌ای ۲۸
شکل ۳-۱- محدوده‌های فعال و غیرفعال در مخروط‌افکنه با توجه به محل قرارگیری تارک توپوگرافی و تارک هیدروگرافی مخروط‌افکنه ۳۶
شکل ۳-۲- مسیل زهکشی کننده جریان‌های سیلابی در پنجه مخروط‌افکنه (در قسمت پایین شکل) ۳۷
شکل ۳-۳- فرآیندهای اولیه و ثانویه در مخروط‌افکنه‌ها ۴۰
شکل ۳-۴- مدل رسوب‌گذاری در یک آبراهه شریانی، در توالی A رسوب‌گذاری قلوه سنگ‌ها درپشته‌های طولی و در توالی B لایه‌بندی متقاطع در پشته‌های عرضی نمایش داده شده است (پروترو و اسکواب،1996). ۴۱
شکل ۳-۵- نمونه‌ای از بررسی‌های صورت گرفته توسط یالین (2001) ۴۲
شکل ۳-۶- متغیرهای موثر در تغییرات ریخت‌شناسی آبراهه‌ها (موریساوا، ۱۹۸۵) ۴۶
شکل ۳-۷- محل قرارگیری سازه انحراف سیلاب ۴۹
شکل ۳-۸- نمایش شماتیک متغیرهای مورد استفاده در رابطه (۳-۲) ۵۰
شکل ۴-۱- شمایی از یک مخروط‌افکنه ساده با یک تارک و بدون تعمیق شدگی و شکاف ۵۳
شکل ۴-۲- مثالی از شکل‌های مختلف جریان آب و رسوب ۵۷
شکل ۴-۳- محدوده تحت پوشش انواع جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی ۵۷
شکل ۴-۴- نمایش شرایط مربوط به معادله انرژی ۶۶
شکل۴-۵- کاربرد اصل اندازه حرکت ۶۸
شکل ۴-۶- نمونه‌ای از محل تقاطع جریان در محل اتصال ۷۰
شکل ۴-۷- نمونه‌ای از محل تقاطع جریان در محل انشعاب ۷۱
شکل ۴-۸- نمونه‌ای از جریان فوق بحرانی در اتصال‌ها ۷۲
شکل ۴-۹- نمونه‌ای از جریان فوق بحرانی در اتصال‌ها ۷۲
شکل ۴-۱۰- نمونه‌ای از جریان با رژیم ترکیبی در محل اتصال ۷۳
شکل ۴-۱۱- نمونه‌ای از جریان با رژیم ترکیبی در محل انشعاب‌ها ۷۴
شکل ۴-۱۲- وضعیت هندسی نمونه‌ای از کاربرد معادله اندازه حرکت برای جریان در اتصال ۷۴
شکل ۴-۱۳- وضعیت مهندسی نمونه‌ای از کاربرد معادله اندازه حرکت در محل انشعاب ۷۶
شکل ۴-۱۴- نمایش مدل شبه دوبعدی با استفاده از سلول‌های ذخیره ۷۹
شکل ۵-۱- نمایی شماتیک از یک شبکه آبراهه ۹۰
شکل ۶-۱- شمای توصیفی خصوصیات مخروط‌افکنه ۹۵

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان	صفحه
شکل۶-۲- نمونه‌ای از توری نگهداشت مواد واریزه در بالادست جاده	۱۰۰
شکل۶-۳- دیوار مانع واریزه در کالیفرنیای جنوبی	۱۰۱
شکل۶-۴- سددارِبستی بتنی در کالیفرنیای جنوبی	۱۰۱
شکل۶-۵- یک دیوار حایل منحرف‌کننده مواد واریزه‌ای در راس مخروط یک جریان واریزه‌ای نزدیک هیروشیمای ژاپن	۱۰۲
شکل ۶-۶- نواحی سامانه رودخانه‌ای و انواع مختلف رودخانه‌ها	۱۰۸
شکل ۶-۸- ویژگی انواع متفاوت سازه‌های متقاطع با رودخانه	۱۱۶
شکل ۶-۹- فلوچارت تعیین گزینه‌های مناسب	۱۱۶
شکل ۶-۱۰- سازه عمود بر رودخانه، بدون تغییر در مسیر رودخانه	۱۱۹
شکل ۶-۱۱- تغییر مسیر رودخانه برای اطمینان از عمود بودن سازه بر رودخانه	۱۱۹
شکل ۶-۱۲- یک سازه متقاطع ترکیبی آبگذر و پل برای عبور جاده از عرض سیلابدشت و آبراهه اصلی رودخانه	۱۲۰
شکل ۶-۱۳- نحوه تغییر ظرفیت انتقال رسوب بر حسب اندازه دانه‌های بستر	۱۲۳
شکل ۶-۱۴- اثرهای تغذیه رسوبی و ظرفیت حمل بر روی تغییر شیب رودخانه	۱۲۴
شکل ۶-۱۵- نمودار تغییرات نسبت بار بستر به بار معلق بر حسب شیب (در رودخانه‌های ایران)	۱۲۵
شکل ۶-۱۶- مراحل مختلف تعیین بار بستر سالیانه با استفاده از نسبتK	۱۲۶
شکل ۶-۱۷- نمودار مراحل مختلف تعیین بار بستر رودخانه (شن و ماسه حمل شده) و رژیم رسوب‌دهی با استفاده از معادلات رسوب	۱۲۷
شکل ۶- ۱۸- دیاگرام یک رودخانه با بستر ماسه شنی	۱۲۹
شکل ۶- ۱۹- دیاگرام مقطع عرضی کانال نشان دهنده	۱۲۹
شکل ۶-۲۰- دیاگرام برش عرضی کانال	۱۳۱
شکل ۶-۲۱- دیاگرام الگوی تیپ کرانه شن و ماسه‌ای نشان دهنده	۱۳۲
شکل ۶-۲۲- هندسه حفاری در سیلابدشت و کانال اصلی برای مجوزهای استفاده از سیلابدشت در مسیر رودخانه	۱۳۴
شکل ۷-۱- پارامترهای موثر در به دست آوردن ضریب مخروط‌گرایی مخروط‌افکنه گرمسار	۱۴۰
شکل ۷-۲- تارک توپوگرافی مخروط‌افکنه گرمسار در محل سد انحرافی و تارک هیدروگرافی در محل انشعاب مسیل کردوان	۱۴۲
شکل ۷-۴- وضعیت ریخت‌شناسی مسیل‌های رودخانه حبله رود در نمودار یالین	۱۴۳
شکل ۷-۵- پشته‌های طولی و عرضی در مسیل فروان	۱۴۴
شکل ۷-۶- یک مسیل شریانی خشک در حبله رود، مسیرهای موازی عبور جریان و پشته‌ها با گیاهان کوتاه عمر	۱۴۵
شکل ۷-۷- نقطه تقاطع و هم‌سطح شدن آبراهه مسیل امامزاده علی‌اکبر با زمین در مجاورت شهرک صنعتی یاتری	۱۴۵
شکل ۷-۸- تراس‌های آبرفتی قدیمی در مرکز شکل و رسوبات درشت رودخانه‌ای در پایین شکل در مناطق ابتدایی مخروط‌افکنه	۱۴۶
شکل ۷-۹- نمایی از داخل یک دولین (فرسایش تونلی) در مجاورت آبراهه اصلی در مسیل سوداغلان	۱۴۷
شکل ۷-۱۰- خندق‌های متصل به آبراهه اصلی در مسیل سوداغلان	۱۴۷
شکل ۷-۱۱- راهروهای سرپوشیده و فرسایش‌های خندقی در مسیل سوداغلان	۱۴۸
شکل ۷-۱۲- رسوبات ریز دانه دشت سیلابی در انتهای مسیل امام زاده علی‌اکبر	۱۴۸
شکل ۷-۱۳- کفه‌های نمکی پلایایی در جنوب مخروط‌افکنه گرمسار (دید به سمت شمال‌غرب)	۱۴۹
شکل ۷-۱۴- ترک‌های گلی در پایین‌دست مسیل امامزاده علی‌اکبر	۱۵۰

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان	صفحه
شکل ۷-۱۵- درختان و بوته‌های مقاوم به شوری در مسیل هشت‌آباد	۱۵۰
شکل ۷-۱۶- عکس پوششی سد انحرافی گرمسار (به محل گوره‌ها در بالادست سد توجه کنید)	۱۵۳
شکل ۷-۱۷- تجمع شن و ماسه در پایین‌دست سد انحرافی گرمسار	۱۵۳
شکل ۷-۱۸- پایین افتادگی بستر و تنگ شدگی در مقطع رودخانه در مسیل کردوان	۱۵۴
شکل ۷-۱۹- آبشستگی شدید در بستر و تخریب پی در محل پایه‌ها در مسیل فروان	۱۵۴
شکل ۷-۲۰- رسوب‌گذاری در پایین دست سد اصلاحی در مسیل سوداغلان	۱۵۵
شکل ۷-۲۱- سد اصلاحی پر شده از رسوب در مسیل هشت آباد	۱۵۵
شکل ۷-۲۲- مقطع رسوبی شمالی- جنوبی مخروط‌افکنه گرمسار	۱۵۵
شکل ۷-۲۳- جهت یافتگی افقی در لایه‌های قلوه‌سنگی (جهت جریان از چپ به راست)	۱۵۸
شکل ۷-۲۴- نمایی از یک برونزد رسوبی در مجاورت روستای فروان	۱۵۹
شکل ۷-۲۵- مقطع رسوبی شرقی- غربی مخروط‌افکنه گرمسار	۱۵۹
شکل ۷-۲۶- نمونه‌ای از مقاطع رسوبی جنوب مخروط‌افکنه، مابین رودخانه‌های هشت‌آباد و سوداغلن	۱۶۱
شکل ۷-۲۷- رابطه بین قطر متوسط دانه‌های رسوب و فاصله از تارک مخروط‌افکنه گرمسار	۱۶۲
شکل ۷-۲۹- نیمرخ زمین‌شناسی شمال به جنوب شرقی دشت گرمسار	۱۶۵
شکل ۷-۳۰- نیمرخ زمین‌شناسی شمال به جنوب شرقی دشت گرمسار، به بالا آمدگی سازند قرمز فوقانی در آبرفت‌های زیر مرکز دشت توجه کنید	۱۶۵
شکل ۷-۳۱- بلوک دیاگرام مخروط‌افکنه گرمسار، با استفاده از عکس‌های هوایی، داده‌های ژئوالکتریک و بررسی‌های رسوب‌شناسی و صحرایی	۱۶۶
شکل ۷-۳۲- موقعیت رودخانه حبله رود و رودخانه‌های فرعی مورد مطالعه به همراه کد آنها	۱۶۷
نمودار ۷-۱- تغییرات سرعت جریان در طول مسیر شاخه کردوان	۱۷۳
نمودار ۷-۲- تغییرات عمق جریان در طول مسیر شاخه کردوان	۱۷۴
نمودار ۷-۳- تغییرات شیب خط انرژی در طول مسیر شاخه کردوان	۱۷۴
نمودار ۷-۴- تغییرات عدد فرود در طول مسیر شاخه کردوان	۱۷۵
شکل ۷-۳۳- تعیین الگوی توزیع جریان در محل انشعاب شاخه‌های ۱-۳ و ۲-۳ از شاخه ۲-۲ با استفاده از FLUENT	۱۷۶

omoorepeyman.ir

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۲–۱– انواع زمین لغزش (خلاصه‌ای از طبقه‌بندی حرکت‌های دامنه‌ای توسط کرودن و وارنز (۱۹۹۶))	۲۰
جدول ۲–۲– سرعت حرکت در انواع حرکات دامنه‌ای	۲۰
جدول ۳–۱– برخی معادلات ارائه شده جهت مشخص نمودن شیب آستانه بین رودخانه‌های شریانی و پیچانرودی	۴۴
جدول ۴–۱– ضرایب انقباض و انبساط در جریان زیربحرانی	۶۷
جدول ۵–۱– مدل‌های هیدرودینامیک و رسوب در تحلیل جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی	۹۱
جدول ۶–۱– ملاحظات برای انواع مختلف سازه متقاطع	۱۱۸
جدول ۷–۱– برآورد ریخت‌شناسی مسیل‌های رودخانه حبله‌رود با توجه به نمودار یالین	۱۴۴
جدول ۷–۴– سازه‌های متقاطع مسیل‌های رودخانه حبله رود	۱۵۲
جدول ۷–۵– مشخصات رودخانه حبله رود و شاخه‌های فرعی منشعب از آن	۱۶۶
جدول ۷–۶– مقادیر بده برآورد شده برای شاخه‌های مختلف رودخانه حبله رود گرمسار بر حسب مترمکعب بر ثانیه	۱۶۸
جدول ۷–۷– ضریب زبری با مانع بازهای از رودخانه کردوان	۱۷۱

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

مخروط‌افکنه‌ها رخساره‌های زمین‌شناسی بادبزنی شکلی می‌باشند که در خروجی حوضه‌های آبریز و در محل گلوگاه‌های حوضه، در اثر رسوب‌گذاری جریان‌های سیلابی تشکیل می‌شوند. معمولا رودخانه‌ها از نظر ریخت‌شناسی بر روی این رخساره‌ها فعال می‌باشند و تغییرات زمانی و مکانی بده جریان و رسوب نیز قابل توجه است. رخداد سیلاب‌های گلی و واریزه‌ای و انواع جریان‌های خطی و صفحه‌ای بر روی این رخساره‌ها شرایط نسبتا پیچیده‌ای را فراهم می‌سازند که تدوین راهنمای خاص مطالعات رودخانه‌ها بر روی مخروط‌افکنه‌ها را ضروری نموده است. این راهنما به مباحث خاص که در مطالعه رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای مطرح است، می‌پردازد.

- هدف و دامنه‌ی کاربرد

هدف از تهیه این راهنما ارائه مباحث تکمیلی برای مطالعه رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای می‌باشد که در سایر راهنماهای منتشر شده طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، به آنها پرداخت نشده است. بدین ترتیب دامنه کاربرد این راهنما شامل مباحث ریخت‌شناسی و هیدرولیک جریان رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای بوده و خصوصیات خاص آنها در این راهنما مورد توجه قرار گرفته است. لذا برای مباحث عام هیدرولیک رودخانه، ریخت‌شناسی و مدل‌های ریاضی و سایر مباحث ساماندهی و مهار سیلاب رودخانه‌ها؛ باید به نشریات مرتبط این دفتر نظیر راهنمای تعیین زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها، راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها، راهنمای مطالعات فرسایش و رسوب در ساماندهی رودخانه‌ها، راهنمای کاربرد مدل‌های ریاضی و فیزیکی در مطالعات مهندسی و ساماندهی رودخانه، راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه و راهنمای مهار سیلاب در رودخانه‌ها مراجعه نمود. سایر مباحث تکمیلی و یا ملاحظات مورد نیاز خاص رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای در این راهنما ارائه گردیده است. لذا به‌جز مباحثی که صراحتا به تفاوت این نشریه با نشریات یاد شده تاکید شده، مطالب این نشریه تکمیل کننده مباحث نشریات فوق، محسوب می‌شود. در این راستا دامنه کاربرد این نشریه علاوه بر مباحث مطالعات پایه نظیر هیدرولیک و ریخت‌شناسی، مباحث تخصصی نظیر تعیین حد بستر و حریم و پهنه‌بندی سیل، ملاحظات فنی خاص مهار سیلاب و ساماندهی رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای را نیز شامل می‌شود.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- جایگاه این راهنما

جایگاه این راهنما در حوزه‌ی پروژه‌های مهندسی رودخانه و در مطالعاتی نظیر تعیین حد بستر و حریم، پهنه‌بندی و مدیریت سیلابدشت رودخانه‌ها، مهار سیلاب و ساماندهی رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای می‌باشد. در مواردی که رودخانه‌ی مورد نظر بر روی مخروط‌افکنه جاری باشد و یکی از مطالعات مهار، مدیریت سیلاب و ساماندهی رودخانه مورد نیاز باشد، مراجعه به این نشریه در کنار سایر نشریات دفتر طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور می‌تواند راهنمای مطالعات قرار گیرد.

۱-۲- محدودیت‌های راهنما

مطالعه مخروط‌افکنه‌ها در سایر مباحث مهندسی و مدیریت منابع آب نظیر مطالعات آب‌های زیرزمینی، طراحی و ساخت سازه‌های آبی دارای اهمیت می‌باشد ولی این راهنما محدود به مطالعه مسایل مهندسی رودخانه‌های جاری بر روی مخروط‌افکنه بوده و مباحث اجرا و سایر موارد، خارج از بحث این راهنما می‌باشد.

۱-۳- واژه‌شناسی مخروط‌افکنه‌ها

در این بند متداول‌ترین و پرکاربردترین واژه‌های مخروط‌افکنه‌ها، که در این راهنما مورد استفاده قرار خواهند گرفت، معرفی می‌شوند. سایر واژه‌ها به تناسب موضوع در فصل مربوط تعریف شده است.

- **مخروط‌افکنه**[1]: مواد رسوبی یک رودخانه‌اند که در پای کوه ته‌نشین شده و از نگاه بالا شبیه یک بادبزن می‌باشد که راس آن در دهانه کوه بوده و معمولا مواد تشکیل دهنده آن ریزتر از واریزه‌ها می‌باشند.
- **مخروط‌افکنه واریزه‌ای**[2]: مخروط‌افکنه‌ای که مواد ته‌نشین شده آن شن، ماسه و قلوه‌سنگ بوده و در محلی که رودخانه به دشت می‌پیوندد و یا سرعت جریان کاهش می‌یابد، تشکیل می‌شود و در یک پلان کلی به شکل بادبزن دیده می‌شود.
- **مخروط‌افکنه مرکب**[3]: سری مخروط‌افکنه‌هایی که یکی در دیگری داخل شده است.
- **آبرفت**[4]: خاک رس، لای، ماسه، شن، سنگریزه، قلوه سنگ و رسوبات دیگری که در اثر طغیان رودخانه ته‌نشین شده باشد.
- **واریزه**[5]: تجمع ذرات غالبا درشت حاصل از سایش یا فرسایش سنگ‌ها، خاک، شاخ و برگ، کنده درختان و غیره را گویند.

این ذرات ممکن است در محل تشکیل خود برجای مانده و یا به‌وسیله جریان آب و یا یخچال‌ها منتقل شده و در نقطه‌ای دورتر از محل تشکیل، انباشته شود.

1- Alluvial Fan or Alluvial Cone
2- Debris Cone
3- Compound Alluvial Fan
4- Alluvium
5- Debris

omoorepeyman.ir

- **جریان واریزه‌ای[1]:** جریانی با غلظت بالای رسوب که با خود مواد مختلفی اعم از مواد سنگی ریزدانه، درشت دانه و نیز قطعات چوب، شاخه‌های درختان، آشغال و غیره را حمل می‌کند.
- **جریان گلی[2]:** جریان با غلظت بالای رسوب که عمدتا از مواد ریزدانه تشکیل شده و در شیب‌های تند رخ می‌دهد. جریان گلی در روی دامنه‌ها و شیب‌ها اتفاق می‌افتد در صورتی که جریان گل یا گل روان [3]در زیر آب و در بستر رودخانه و یا سواحل و یا فلات قاره اتفاق می‌افتد.
- **رودخانه شریانی[4]:** این نوع رودخانه‌ها که شریانرود و یا رودخانه‌های شریانی نامیده می‌شوند، رودخانه‌هایی با بستر عریض و کم عمق می‌باشند که در آنها جریان آب از درون آبراهه‌های متعدد متصل به هم که به‌وسیله پشته‌ها و جزایر رسوبی از هم جدا می‌شود، عبور می‌کند.
- **پیچانرود[5]:** این نوع رودخانه‌ها که به آنها چمرود نیزگفته می‌شود در پلان خود دارای یک سری پیچ و خم‌های متناوب و متوالی می‌باشند که توسط بازه‌های مستقیم به یکدیگر متصل می‌شوند.

۱-٤- فرآیند تشکیل مخروط‌افکنه‌ها

مخروط‌افکنه‌ها در اثر رسوب‌گذاری سیلاب‌ها، بعد از عبور از آبراهه و پخش شدن بر روی یک دشت باز تشکیل می‌شوند. در این شکل‌ها، زمین ریخت‌شناسی آبراهه با کاهش شیب هیدرولیکی جریان، بار جامد خود را ته‌نشین می‌کند. در اثر کاهش توان و ظرفیت حمل رسوب رودخانه، آبراهه مسیر حرکت خود را در طی زمان تغییر می‌دهد و به تدریج یک نهشته مخروطی شکل را تشکیل می‌دهد. جریان محتوی رسوب که از تارک مخروط‌افکنه وارد محدوده آن می‌شود تمایل دارد به حالتی برسد که در آن مجموع انرژی انتقالی رسوبات در حال حرکت و همچنین پتانسیل گرانشی مواد جامد داخل مخروط‌افکنه به حداقل خود برسد. به تدریج با تکامل مخروط‌افکنه منحنی‌های متحدالمرکزی در پیرامون نقطه اولیه تخلیه رسوب در تارک مخروط به وجود می‌آیند و مخروط‌افکنه تکامل می‌یابد [۳۷].

به‌طور کلی، مخروط‌افکنه‌ها از فعل و انفعال و اندرکنش میان فعالیت‌های تکتونیکی، تغییرات آب و هوایی کواترنر پسین و نوسانات سطح آزاد آب‌ها، که خود در نتیجه تغییرات اقلیمی به وجود می‌آید، تشکیل می‌شوند [۴۸]. در ادامه، هریک از عوامل موثر در تشکیل مخروط‌افکنه‌ها، به‌طور مختصر مورد بحث قرار می‌گیرند.

۱-٤-۱- اثر فعالیت‌های تکتونیکی

فعالیت‌های تکتونیکی، یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در تشکیل، گسترش و تغییرشکل مخروط‌افکنه‌ها می‌باشند. چگونگی تاثیر عوامل تکتونیکی را می‌توان به دو شکل کمی و کیفی مورد بررسی قرار داد.

1- Debris Flow
2- Mud Flow
3- Fluidmud
4- Braided River
5- Mean Dering River

omoorepeyman.ir

۱-٤-۱-۱- بررسی کیفی آثار فعالیت‌های تکتونیکی

آثار کیفی فعالیت‌های تکتونیکی را می‌توان به موارد زیر طبقه‌بندی نمود:

- اثر فعالیت‌های تکتونیکی از جمله عقب نشینی جبهه کوهستان و فعالیت گسل‌ها در شکل‌گیری و محل استقرار مخروط‌افکنه
- اثر فعالیت‌های گسلی در وسعت و ضخامت مخروط‌افکنه
- اثر فعالیت‌های تکتونیکی در پراکندگی رسوبات در قسمت‌های مختلف مخروط‌افکنه

معمولا مخروط‌افکنه‌ها در دامنه‌های کوهستان شکل می‌گیرند، در حقیقت عوامل گوناگونی از جمله نیروهای تکتونیکی باعث هوازدگی سنگ‌ها و فرسایش در حوضه‌های آبریز شده و این مواد فرسایش یافته توسط رودخانه‌ها حمل و در پای کوهستان نهشته شده و مخروط‌افکنه‌ها را به وجود می‌آورند. وسیع‌ترین مخروط‌افکنه‌ها در مناطقی استقرار پیدا می‌نمایند که جبهه‌ی کوهستان در آن مناطق عقب‌نشینی بیش‌تری داشته است [۲۱].

علاوه بر جبهه‌ی کوهستان، گسل‌ها نیز به عنوان یکی از فاکتورهای تکتونیکی در جایگزینی محل استقرار مخروط‌افکنه‌ها نقش عمده‌ای ایفا می‌نمایند. گسل‌ها با جابجایی و انحراف رودخانه‌ها می‌توانند در محل استقرار مخروط‌افکنه‌ها نقش موثری ایفا نمایند. انحراف یک رودخانه در اثر فعالیت گسل‌ها می‌تواند محل استقرار مخروط‌افکنه‌ها را تعیین و یا محل آن را تغییر دهد.

گسل‌ها همچنین نقش مهمی در وسعت و ضخامت مخروط‌افکنه‌ها دارند. گسل‌ها قدرت تخریب و حمل مواد را در رودخانه‌ها بیش‌تر کرده و حجم رسوبات منتقل شده به مخروط‌افکنه‌ها را افزایش می‌دهند. در حقیقت وسیع‌ترین مخروط‌افکنه‌ها با ضخامت و تنوع بیش‌تر رسوبات، در حوضه‌هایی شکل گرفته‌اند که از تعداد گسل‌های فعال بیش‌تری برخوردار می‌باشند [۲۱].

از طرف دیگر فعالیت‌های تکتونیکی می‌تواند نقش مهمی در پراکندگی رسوبات در قسمت‌های مختلف یک مخروط‌افکنه داشته باشد. به عنوان مثال در مخروط‌افکنه‌هایی که مقدار بالاآمدگی تکتونیکی در حوضه‌ی آنها بیش‌تر از میزان حفر بستر است، رسوب‌گذاری در نزدیک جبهه‌ی کوهستان و در راس این مخروط‌افکنه‌ها صورت می‌گیرد. برعکس در آن دسته از حوضه‌ها که مقدار حفر بستر بیش‌تر از مقدار بالاآمدگی است، رسوب‌گذاری از جبهه‌ی کوهستان فاصله گرفته و جایگاه رسوب‌گذاری از قسمت راس مخروط‌افکنه به قسمت‌های پایین‌تر آن انتقال پیدا نموده است. همچنین اگر بیش‌ترین ضخامت آبرفت مخروط‌افکنه، در قسمت وسط آن بوده و به سمت راس و قاعده از ضخامت آن کاسته شود، تداوم حرکات تکتونیکی را در حین رسوب‌گذاری نشان می‌دهد [۳۰].

۱-٤-۱-۲- برآورد کمی آثار فعالیت‌های تکتونیکی

به منظور مطالعه‌ی کمی تاثیر فعالیت‌های تکتونیکی در شکل‌گیری و گسترش مخروط‌افکنه‌ها، ابتدا باید با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی، موقعیت منطقه مشخص و مرزبندی گردد. سپس با استفاده از نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه، گسل‌ها شناسایی و مورد مطالعه قرار گیرد.

از مهم‌ترین روش‌های کمی اندازه‌گیری تاثیر فعالیت‌های تکتونیکی بر تشکیل و توسعه مخروط‌افکنه، روش اندازه‌گیری ضریب مخروط‌گرایی، روش اندازه‌گیری نسبت عرض دره‌ها به ارتفاع و اندازه‌گیری پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان می‌باشد که در این بخش به‌طور مختصر به آنها اشاره می‌شود [۲۱].

omoorepeyman.ir

روش اندازه‌گیری ضریب مخروط‌گرایی جهت اندازه‌گیری شکل مخروط‌افکنه‌ها استفاده می‌شود. معیار سنجش شکل واقعی یک مخروط‌افکنه نخستین بار توسط موکرجی در سال ۱۹۷۶ ارائه شد. او رابطه (۱-۱) را برای تعیین ضریب مخروط‌گرایی ارائه نمود [۲۳]:

$$\text{ضریب مخروط‌گرایی} = \frac{\text{مساحت مخروط‌افکنه}}{\text{مساحت مخروط‌افکنه‌ی ایده‌آل}} \qquad (۱-۱)$$

در این رابطه اگر مساحت مخروط‌افکنه تقسیم بر مساحت مخروط‌افکنه‌ی ایده‌آل آن شود، می‌توان میزان نزدیکی به هندسه مخروط واقعی را برای این مخروط‌افکنه حساب نمود. مساحت مخروط‌افکنه‌ی ایده‌آل نیز براساس رابطه (۱-۲) مشخص می‌گردد:

$$\text{مساحت مخروط‌افکنه‌ای ایده‌آل} = \frac{\pi.r^2.\alpha}{360} \qquad (۱-۲)$$

که در این رابطه:

r عبارت است از شعاع مخروط‌افکنه بر حسب متر و α زاویه بین دو یال مخروط‌افکنه بر حسب درجه می‌باشد که در محل راس آن اندازه‌گیری می‌شود برای مثال r و α در مخروط افکنه گرمسار، در فصل هفتم، در شکل (۷-۱) نمایش و توضیح داده شده‌اند.

ضریب مخروط‌گرایی برای یک مخروط‌افکنه، نمادی شاخص می‌باشد. مخروط‌افکنه‌ای که دارای ضریب مخروط‌گرایی یک باشد کم‌تر تحت تاثیر عوامل مخرب و محدود کننده قرار گرفته و به شکل یک مخروط واقعی نزدیک شده است. برعکس هرچه این عدد کم‌تر باشد نشان دهنده‌ی این است که این مخروط‌افکنه کم‌تر اجازه‌ی رشد و تکامل یافته است که دلیل آن یا فعالیت‌های فرسایشی و یا فعالیت‌های تکتونیکی می‌باشد. به بیان دیگر، مخروط‌افکنه‌هایی که سطح آنها تحت تاثیر فعالیت‌های تکتونیکی قرار گرفته‌اند، نوعی کشیدگی را در سطح خود نشان می‌دهند [۱۴]. شاخص دیگر، اندازه‌گیری نسبت عرض به ارتفاع دره‌ها می‌باشدکه برای مطالعه‌ی این شاخص از رابطه (۱-۳) استفاده می‌گردد [۴۸]:

$$V_f = \frac{2V_{fw}}{(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})} \qquad (۱-۳)$$

با توجه به شکل (۱-۱) در این رابطه:

V_f : عبارت است از نسبت عرض دره به ارتفاع آن

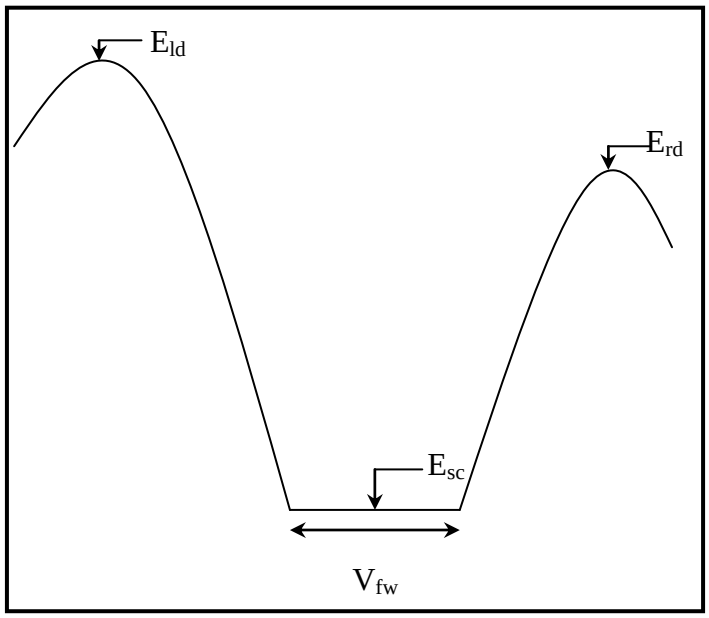
V_{fw} : عرض کف دره بر حسب متر

E_{1d} : تراز خط تقسیم آب بین دو دره در سمت چپ دره از سطح دریا بر حسب متر

E_{rd} : تراز خط تقسیم آب بین دو دره در سمت راست از سطح دریا بر حسب متر

E_{sc} : تراز کف دره از سطح دریای آزاد بر حسب متر

omoorepeyman.ir



شکل ۱-۱- نمایش پارامترهای اندازه‌گیری شاخص اندازه‌گیری نسبت عرض به ارتفاع دره‌ها

اندازه‌گیری پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان نیز روشی کمی است که می‌توان به کمک آن فعالیت‌های جدید تکتونیکی را در یک منطقه مورد ارزیابی قرار داد. در این روش با اندازه‌گیری پیچ و خم‌های ایجاد شده توسط آبراهه‌ها در جبهه‌ی کوهستان و تقسیم آن بر طول افقی در راستای گسل و جبهه‌ی کوهستان می‌توان وضعیت یک منطقه را از نظر فعال بودن تکتونیکی مشخص نمود. این روش در سال ۱۹۷۷ توسط بول و مک فادن مورد استفاده قرار گرفت. آنها جهت تکمیل مطالعات خود از رابطه (۱-۴) استفاده نمودند [۴۹]:

$$S_{mf} = l_{mf} / l_s \qquad (۴-۱)$$

که در این رابطه:

S_{mf}: شاخص پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان

l_s: طول پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان بر حسب متر

l_{mf}: طول افقی در راستای گسل و جبهه‌ی کوهستان‌های منطقه بر حسب متر می‌باشد. در این روش هرچه مقدار S_{mf} کم‌تر باشد نشانه‌ی فعالیت و هرچه بیش‌تر باشد نشانه‌ی آرامش منطقه از نظر تکتونیکی خواهد بود.

۱-٤-۲- فرضیه‌های اقلیمی تشکیل مخروط‌افکنه

تغییرات اقلیمی بر روی میزان هوازدگی، تشکیل خاک، فرسایش، بده جریان سطحی، حرکات توده‌ای زمین[1] و در نتیجه بر روی میزان رسوب‌دهی حوضه آبریز بالای مخروط‌افکنه موثرند [۶۹]. با این حال، جدا کردن نقش عوامل اقلیمی از عوامل غیراقلیمی در جریان تکامل مخروط‌افکنه بسیار مشکل است و فرضیه‌های اقلیمی تشکیل مخروط‌افکنه را نمی‌توان با قطعیت از روی رسوبات تعیین کرد، چرا که بیش‌تر انواع رسوبات در همه اقلیم‌ها می‌توانند رسوب کنند. فرضیه‌های اقلیمی تشکیل مخروط‌افکنه را به‌طور کلی می‌توان در ۴ گروه طبقه‌بندی نمود [۴۸].

1- Mass Movement

omoorepeyman.ir

۱-٤-۲-۱- اقلیم‌های با پیشینه یخچالی[1]

براساس این فرضیه، در حوضه‌های آبریزی که در گذشته تماما یخچالی بوده‌اند، حجم عظیمی از خرده سنگ و خاک هوازده در اثر گسترش و سپس پسروی یخچال‌های قدیمی در دره‌های کوهستان‌ها، به وسیله جریان آب بر روی مخروط‌افکنه منتقل گردیده است [۴۰]. نتایج تحقیقات محققین نشان داده که از زمان کواترنر آغازین (حدود دو میلیون سال پیش) تا اواخر پلیستوسن[2] فوقانی، تغییرات شدید اقلیمی به صورت دوره‌های یخچالی بوده که در اثر حاکمیت سرما بر عرض‌های متوسط جغرافیایی، حداکثر پیش‌روی یخچال‌ها به وقوع پیوسته است [۱۷]. هم‌زمان به علت ذوب یخچال‌ها در فصول گرم، حجم زیادی از آب به عنوان عامل فرسایش، این رسوبات را به ارتفاعات پایین‌تر و بر روی مخروط‌افکنه انتقال داده است.

۱-٤-۲-۲- اقلیم‌هایی با عمل ذوب و انجماد غالب[3]

در این اقلیم‌ها که در بعضی موارد، در پیرامون یخچال‌های پلیستوسن در گذشته واقع شده‌اند، عمل هوازدگی به‌طور عمده توسط فرآیندهای شدید ذوب و انجماد[4] در سنگ‌ها انجام می‌شود و بدین ترتیب، حجم زیادی از خرده سنگ‌های فرسایش یافته، تولید شده که پس از انتقال بر روی مخروط‌افکنه‌ها رسوب‌گذاری نموده است [۸۳]. در اکثر موارد، در این اقلیم، یخ‌های دائمی[5] در شرایطی که لایه‌ای از خاک، رسوب یا سنگ در زیر آن برای مدتی بیش از یک سال یخ‌زده باقی می‌مانند، دیده می‌شوند. تفاوت فرآیندهای تولید مخروط‌افکنه در این اقلیم با اقلیم‌های با پیشینه یخچالی، اختلاف در عامل ایجاد هوازدگی در آنهاست. در اقلیم‌های با پیشینه یخچالی، یخ‌های مناطقی که قبلا در محدوده یخچال‌ها واقع شده بودند، با گرم شدن هوا، ذوب شده و سنگ‌های هوازده و خرد شده زیر آنها در معرض فرسایش قرار می‌گیرند. اما در این اقلیم عمل ذوب و انجماد در آب‌های محبوس در میان سنگ‌ها، خود سبب ایجاد هوازدگی و خرد شدن سنگ‌ها بوده و محل آن سرد، اما بدون ارتباط با یخچال‌ها یا در پیرامون یخچال‌ها می‌باشد و انتقال رسوبات به وسیله آب‌های جاری صورت می‌گیرد.

۱-٤-۲-۳- تغییر آب و هوا از اقلیم مرطوب به اقلیم خشک

در این فرضیه که مشهورترین فرضیه در زمینه گسترش مخروط‌افکنه‌ها در نواحی خشک بیابانی می‌باشد، محققان معتقدند که کاهش پوشش گیاهی در اثر خشک‌تر شدن شرایط آب و هوایی می‌تواند تاثیر به سزایی در برهنه شدن سطح سنگ‌ها و خاک‌ها و در نتیجه افزایش میزان فرسایش و رسوب‌دهی حوضه‌های آبریز داشته باشد که این امر موجب گسترش مخروط‌افکنه‌ها گردیده است.

همچنین رسوب‌گذاری در مخروط‌افکنه‌های دره‌های بیابانی، می‌تواند به علت شدت بارش‌های پراکنده تابستانی یا در اثر هر دو موضوع پیش گفته، انجام شود [۶۹]. در دوره‌های خشک با کاهش بارندگی و پوشش گیاهی شرایط برای ایجاد سیل و افزایش رواناب فراهم می‌آمده است. شایان ذکر است در اغلب موارد جریان پایه و منظم رودخانه در هنگام ورود به دشت تاثیر چندانی در رسوب‌گذاری و یا فرسایش و حفر بستر نداشته، بلکه این جریان سیلابی است که در اثنای دوره‌های خشک اتفاق می‌افتاده و دارای چنین توانایی تولید و حمل رسوبات بر روی مخروط‌افکنه‌ها بوده است [۳۱].

1- Paraglacial
2- Pleistocene
3- Periglacial
4- Freeze-Thaw Action
5- Permafrost

omoorepeyman.ir

۱-٤-۲-٤- دوره‌های اقلیمی مرطوب

یکی از فرضیه‌های معروف در بررسی فرضیه‌های اقلیمی مخروط‌افکنه‌های نواحی خشک، مربوط به جریان‌هایی می‌شود که به‌طور فعال، رسوبات را در طی دوره‌های با رطوبت موثر بالا، ته‌نشین می‌کنند. در این فرضیه، جریان‌های با نسبت آب به رسوب بالا در دوره‌های مرطوب‌تر، به‌طور گسترده‌ای رسوبات را در سطح مخروط‌افکنه پخش می‌کنند. دوره‌های مرطوب که با بارندگی‌های بیش‌تر بر سطح حوضه همراه می‌باشند، به علت هوازدگی فیزیکو شیمیایی در حوضه با افزایش بده جریان و بده رسوبی ریزدانه همراه هستند. تحت این شرایط رودخانه با تداوم و بده بیش‌تری که حالت طغیانی کم‌تری دارد، وارد دشت شده و موجبات گسترش مخروط‌افکنه را فراهم کرده است [۳۱].

۱-٤-۳- تغییر سطح اساس رودخانه‌ها

سطح اساس رودخانه‌ها، در حقیقت پایین‌ترین ترازی است که رودخانه می‌تواند در آن جاری باشد. در بسیاری از مخروط‌افکنه‌ها، سطح اساس رودخانه‌ها ثابت است، اما در مخروط‌افکنه‌هایی که سطح اساس رودخانه‌ها متغیر می‌باشد، تغییر سطح اساس می‌تواند پاسخی به شرایط اقلیمی یا تکتونیک منطقه باشد. مهم‌ترین اثر تغییر سطح اساس برهم خوردن نیمرخ تعادل رودخانه می‌باشد. در چنین شرایطی رودخانه با انجام عمل فرسایش یا رسوب‌گذاری، سعی در ایجاد تعادل در نیمرخ خود دارد [۳۱].

مخروط‌افکنه‌هایی که لبه یا حاشیه آنها در مناطق و خطوط ساحلی باشد، احتمالا به وسیله تغییرات سطح اساس رودخانه‌ها که توسط شرایط آب و هوایی مهار می‌شوند، تحت تاثیر قرار می‌گیرند. به‌طور کلی، وجود خندق‌ها و آبراهه‌های شریانی حفر شده در انتهای مخروط می‌تواند از شواهد افت سطح اساس در منطقه باشد. مکانیزم‌های مختلفی در مخروط‌افکنه‌هایی که تحت تاثیر نوسانات سطح اساس قرار می‌گیرند، تاثیرگذار می‌باشند. این مکانیزم‌ها می‌تواند به علت فعل و انفعالات موقتی تغییر سطح اساس با تغییر در محتوای رسوبی که توسط عوامل اقلیمی تولید می‌شوند، بوده و یا مربوط به تغییرات شیب کمربند ساحلی که در اثر افت سطح اساس دریاچه یا دریا، از آب خارج شده، باشد [۷۲].

۱-٤-٤- سایر عوامل موثر در تشکیل و گسترش مخروط‌افکنه‌ها

به‌طور کلی همه عواملی که به نوعی در تولید واریزه در کوهستان‌ها موثرند، می‌توانند در تشکیل و توسعه مخروط‌افکنه‌ها نقش داشته باشند. از جمله این موارد می‌توان به عواملی چون میزان حساسیت و مقاومت سنگ‌ها در برابر هوازدگی، میزان پوشش گیاهی، عوامل توپوگرافی مانند ارتفاع و شیب کوهستان، پشت یا رو به آفتاب بودن نواحی کوهستانی، نوسانات دما در طی شبانه‌روز، ریخت‌شناسی رودخانه و دره‌های کوهستان، بده جریان و ویژگی‌های هیدرولیکی رودخانه [۱۱] و عامل بسیار تاثیرگذار دست‌کاری‌ها و تغییرات انسانی اشاره کرد. تغییرات انسانی مانند احداث سدهای ذخیره‌ای، انحرافی و کانال‌های مصنوعی به همراه ایجاد کاربری‌هایی مختلف در سطح و بین کانال‌های آب، نه تنها بر میزان رسوب‌گذاری مخروط‌افکنه تاثیر داشته، بلکه الگوی ریخت‌شناسی آبراهه‌ها را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۲

فرآیندهای مربوط به رسوب در مخروط‌افکنه

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱- کلیات

سیلاب‌ها که جریان‌هایی با بده بالا می‌باشند، می‌توانند رسوبات درشت دانه را حتی در آب‌های با عمق کم بر روی مخروط‌افکنه حمل کنند. رسوب‌گذاری سریع این جریان‌ها به شدت بر شرایط هیدرولیکی آبراهه‌های مخروط‌افکنه‌ای تاثیر گذاشته، به‌طوری‌که گاهی ترکیب جریان‌های با غلظت متفاوت به‌طور هم‌زمان، می‌تواند خرابی‌های زیادی را در سطح مخروط‌افکنه ایجاد کند. لذا با توجه به اهمیت بالای مطالعه‌ی چگونگی انتقال رسوبات توسط انواع جریان در مخروط‌افکنه‌ها، در این فصل ابتدا دانه‌بندی انواع رسوبات در مخروط‌افکنه‌ها بررسی گردیده و سپس انتقال رسوبات در جریان‌های با غلظت‌های معمولی و جریان‌های با غلظت بالای رسوب مورد بحث قرار می‌گیرد.

۲-۲- رسوب شناسی مواد بستر در مخروط‌افکنه‌ها

مرزهای آبراهه‌ها غالبا رسوبات آبرفتی هستند که مقاومت مشخصی در برابر فرسایش دارند. رسوبات مخروط‌افکنه شامل طیفی از رسوبات از قلوه سنگ‌های درشت تا رس‌های بسیار ریز می‌باشند. به‌طور کلی رسوبات می‌توانند از نوع چسبنده شامل رس و سیلت و یا مخلوطی از این دو بوده یا از نوع غیرچسبنده و شامل ماسه، شن و دانه‌های درشت‌تر باشند. انتقال رسوبات غیرچسبنده به میزان زیادی به اندازه دانه‌های آنها بستگی دارد. یعنی برای تعیین میزان فرسایش‌پذیری آنها توزیع اندازه این رسوبات مورد نیاز می‌باشد. درحالی‌که پیوند میان ذرات، در خاک‌های چسبنده میزان مقاومت آنها را در برابر فرسایش تعیین می‌کند و بسیار مهم‌تر از اندازه دانه‌های آنها می‌باشد. گرچه، اندازه این دانه‌ها نیز در هنگامی که مواد بستر پس از فرسایش یافتن به‌وسیله جریان در حال حرکت می‌باشند، دارای اهمیت می‌باشد [۵۳].

سنگ‌های منتج از رسوبات مخروط‌افکنه‌ای به علت این‌که این رسوبات در یک محیط اکسیداسیونی تشکیل می‌شوند بعضا دارای رنگ قرمز می‌باشند. شکل این رسوبات به وضعیت تکتونیکی وآب و هوایی منطقه بستگی دارد. رسوبات تشکیل دهنده مخروط‌افکنه‌ها، نسبت به رسوبات رودخانه‌های پیچانرودی یا رسوبات دریایی، غالبا مسیر زیادی را نمی‌پیمایند، بنابراین عمل سایش[1] هنوز فرصت ساییدن ذرات در حد ماسه و شن را پیدا نکرده و ذرات غالبا زاویه‌دار می‌باشند. همچنین هوازدگی شیمیایی هنوز زمان لازم برای تجزیه ذرات ناپایدار مانند فلدسپارها را نیافته و لذا این رسوبات نابالغ[2] می‌باشند یعنی توزیع متنوعی در اندازه دانه‌های آنها وجود ندارد. ذرات درشت دانه در تارک مخروط‌افکنه و ذرات ریزدانه در پنجه مخروط‌افکنه ته‌نشین می‌شوند. بنابراین از تارک مخروط‌افکنه به سمت پنجه آن یک توالی ریز شونده در رسوبات وجود دارد. این رسوبات در طی زمان و پس از تحمل فرآیندهای مربوط به سنگ‌شدگی[3] رسوبات به ترتیب از تارک به پنجه با توجه به نوع و اندازه رسوبات موجود در این قسمت‌ها، تشکیل برش[4]، ماسه سنگ (آرکوز) و شیل (شیل قرمز) می‌دهند.

1- Abrasion
2- Immature

۳- کلیه فرآیندهایی که طی آن رسوبات سخت و محکم شده و به سنگ‌های رسوبی تبدیل می‌شوند.

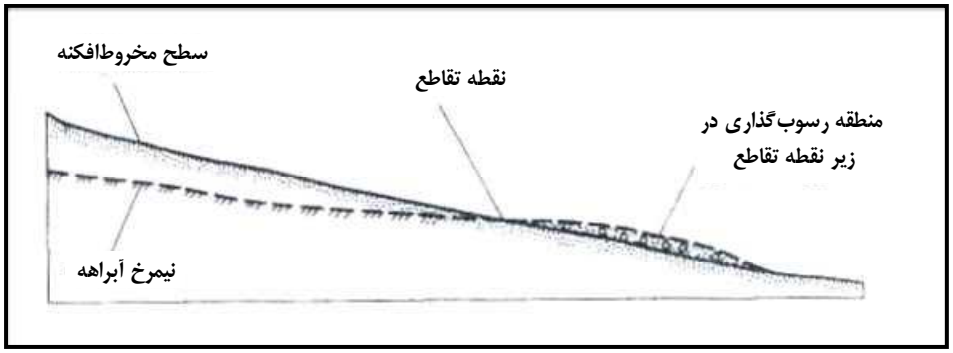
4- Breccia

omoorepeyman.ir

رسوبات مخروط‌افکنه تحت تاثیر دو فرآیند کلی جریان‌های رودخانه‌ای و جریان‌های واریزه‌ای رسوب می‌کنند. گروه اول آنهایی هستند که رسوبات توسط رودخانه حمل شده و شامل رسوبات سیلابی ورقه‌ای[۱]، رسوبات رودخانه‌ای[۲] و رسوبات غربال شده[۳] می‌باشند. گروه دوم آنهایی هستند که رسوبات توسط جریان‌های با غلظت بالای رسوب[۴] نظیر جریان‌های واریزه‌ای حرکت کرده و برجای گذاشته شده‌اند که در ادامه به توضیح هر یک از این رسوبات پرداخته می‌شود [۸۵].

۲-۲-۱- رسوبات سیلاب ورقه‌ای

این رسوبات به فرم صفحه‌ای، در مناطقی در پایین‌دست نقطه تقاطع[۵] (شکل ۲-۱) تشکیل می‌گردند. نقطه تقاطع مخروط‌افکنه، محلی است که در بالادست آن فرسایش و در پایین‌دست آن رسوب‌گذاری رخ می‌دهد. این رسوبات در منطقه وسیعی به علت پهن شدن جریان آب که با کاهش سرعت وعمق آبراهه همراه است، ته‌نشین می‌شوند و بیش‌تر از قلوه سنگ و ماسه تشکیل شده‌اند، البته ممکن است دارای مقادیری سیلت نیز باشند، ولی مقدار رس در آنها بسیار ناچیز است. جورشدگی در این رسوبات خوب بوده و چینه‌شناسی آنها به فرم توده‌ای، مورب و لایه‌لایه می‌باشد [۸۵].



شکل ۲-۱- محل قرارگیری نقطه تقاطع بر روی مخروط‌افکنه

۲-۲-۲- رسوبات رودخانه‌ای

این رسوبات شامل رسوبات پرکننده آبراهه، رسوبات حاشیه‌های آبراهه و نواحی بین آبراهه‌ای می‌باشد. این رسوبات دانه درشت بوده و دارای جورشدگی[۶] نامناسبی نمی‌باشند. از نظر شکل هندسی، این رسوبات به فرم کشیده و باریک هستند و سطح تماس قسمت تحتانی این رسوبات به صورت مقعر به طرف بالا بوده و در سطح آن شکل‌های تخریبی و فرسایشی به چشم می‌خورد [۸۵].

1- Sheet Flood
2- Stream Deposit
3- Sieve Deposit
4- Hyper-Concentrated Flows
5- Intersection Point

۶- منظور از جورشدگی عبارت است از این‌که رسوبات دارای ترکیب مناسبی از درصدهای مختلف انواع دانه‌بندی باشد تا ریزدانه‌ها فضای خالی بین درشت‌دانه‌ها را پر نمایند.

omoorepeyman.ir

۲-۲-۳- رسوبات غربال شده

این رسوبات بیش‌تر در مناطقی تشکیل می‌گردند که سنگ منشا، ترکیب یکنواختی داشته و به‌طور معمول از سنگ‌های سخت مانند کوارتزیت تشکیل شده باشد. ذرات تشکیل دهنده این رسوبات بیش‌تر در اندازه قلوه سنگ بوده و هنگامی تشکیل می‌شوند که ذرات ریزتر، مانند ماسه، سیلت و رس، در منشا کم‌تر باشد. جورشدگی این رسوبات خیلی خوب بوده، اما ذرات غالبا زاویه‌دار هستند. این رسوبات غالبا در قسمت وسط مخروط‌افکنه‌ها تشکیل می‌گردند [۸۵].

۲-۲-٤- رسوبات جریان‌های با غلظت بالا

این جریان‌ها شامل جریان‌های گلی و واریزه‌ای بوده و دارای لزجت بیش‌تری نسبت به جریان‌های معمولی هستند. رسوبات جریان‌های با غلظت بالای رسوب هنگامی تشکیل می‌گردند که در منشا، مقدار زیادی رسوب تولید شود. این رسوبات به شکل زبانه‌ای و مخروطی از کوهستان به طرف پایین حرکت می‌کنند و دارای جورشدگی مناسبی نمی‌باشند. همچنین در سطح رسوباتی که توسط جریان‌های گلی[1]، که یکی از انواع جریان‌های با غلظت بالای رسوب می‌باشد، رسوب‌گذاری شده‌اند، ترک‌های گلی به مقدار زیادی مشاهده می‌گردد [۷۶].

۲-۳- انتقال رسوبات جریان‌های با غلظت معمولی

انتقال رسوب، عامل اصلی در تعیین هندسه و ریخت‌شناسی آبراهه می‌باشد. آبراهه‌های کوهستانی می‌توانند قطعات درشت را تا کیلومترها با خود حمل کنند، اما هنگامی‌که جریان به سطوح مخروط‌افکنه‌ای می‌رسد، سرعت جریان در این سطوح با کاهش شیب و افزایش عرض جریان، کم شده و اغلب ذرات درشت و سنگین خود را بر جای می‌گذارد. این رسوب‌گذاری در ابتدا در ناپیوستگی توپوگرافی دامنه کوهستان آغاز شده و با گذشت زمان، مخروط‌افکنه مرتفع‌تر و عریض‌تر می‌گردد.

بار رسوبی در یک جریان شامل بار بستر[2] و بار معلق[3] می‌باشد. بار بستر یا بار کف به آن قسمت از رسوبات درشت دانه جریان آبراهه یا رودخانه که در نزدیکی بستر به صورت پرشی، غلطیدن و یا لغزش روی بستر آبراهه در حرکت باشند گفته می‌شود. بار بستر همچنین به دو بخش بار تماسی[4] و بار جهشی[5] تقسیم می‌شود. بار تماسی در تماس با بستر بوده و در طول بستر غلطیده یا می‌لغزد و بار جهشی به صورت جهشی یا پرشی بر روی کف آبراهه حرکت می‌کند. همچنین بار معلق، شامل کلیه مواد ریزدانه‌ای که به صورت معلق به وسیله جریان آب در آبراهه حمل می‌گردد، گفته می‌شود. اندازه رسوبات معلق با توجه به مشخصات هیدرولیکی جریان متفاوت بوده و از موادی نظیر رس، لای، ماسه و حتی شن تشکیل شده‌اند. نوعی از بار معلق، بار شسته[6] می‌باشد. بار شسته آن قسمت از رسوبات رودخانه می‌باشد که از سطح حوضه به وسیله رواناب سطحی یا وزش باد وارد رودخانه می‌گردد. بار شسته شامل مواد ریزدانه‌ای نظیر رس یا لای می‌باشد که به صورت معلق در رودخانه حرکت می‌کنند [۳۲].

1- Mudflow
2- Bed Load
3- Suspended Load
4- Contact Load
5- Saltation Load
6- Wash Load

omoorepeyman.ir

یک فرآیند مهم در انتقال رسوبات، توسعه لایه سپر[1] شامل شن و قلوه سنگ در بستر آبراهه می‌باشد. آب در حال جریان بر روی مخلوطی از ماسه و ذرات درشت‌تر، دانه‌های ریز را از جا کنده و با خود حمل می‌کند، این در حالی است که یک لایه محافظ سطحی از ذرات درشت را برجا می‌گذارد. این لایه سطحی، رسوبات زیر خود را از فرسایش بیش‌تر محافظت می‌کند و بر چگونگی فرآیند انتقال رسوبات در آینده تاثیر می‌گذارد. لایه محافظ سطحی در رودخانه‌های شریانی، که ظرفیت حمل[2] آنها معادل میزان بده رسوبی می‌باشد، کم‌تر توسعه یافته است. توزیع اندازه رسوبات سطحی یا لایه محافظ و رسوبات زیر سطحی، در این شرایط تقریبا مشابه می‌باشند. درجه سپری شدن[3] می‌تواند به وسیله نسبتD_{50}[4] اندازه رسوبات سطحی به D_{50} اندازه رسوبات زیرسطحی نشان داده شود. این نسبت در آبراهه‌هایی با بده رسوب بالا مانند آبراهه‌های شریانی نزدیک به ۱ می‌باشد [۵۰]. یک رخداد سیلابی با شدت زیاد، می‌تواند به لایه محافظ آسیب رسانده و جریان، از نو فرآیند تشکیل لایه محافظ جدیدی را آغاز می‌کند.

۲-٤- انتقال رسوب جریان‌های با غلظت بالای رسوب

جریان‌های با غلظت بالای رسوب از نظر فراوانی و شدت یکی از مهم‌ترین جریان‌های تشکیل دهنده مخروط‌افکنه می‌باشند. قدرت و سرعت چنین جریان‌هایی غالبا بسیار بالا بوده، به‌طوری‌که در جریان‌های با غلظت بالا، گاهی چگالی مخلوط جامد- مایع به ۲ تن بر مترمکعب و سرعت حرکت سیال به ۱۴ متر بر ثانیه نیز می‌رسد [۴۷]. این رخداد معمولا سبب خسارات شدیدی به جاده‌ها، پل‌ها، راه‌آهن، مناطق مسکونی و سایر تاسیسات می‌شود.

۲-٤-۱- شرایط مطلوب برای وقوع جریان‌های با غلظت بالای رسوب

بررسی دقیق وقوع جریان‌های با غلظت بالا نشان می‌دهد که عموما این پدیده در نواحی زیر به وقوع می‌پیوندد:

- نواحی نیمه خشک
- نواحی کوهستانی با شیب تند
- نواحی آتشفشانی

در نواحی نیمه خشک رگبارهای شدید درحوضه‌های کوچک باعث اشباع سریع خاک گردیده و فشار منفذی افزایش یافته و موجب حرکت خاک تحکیم نیافته بر روی سنگ بستر می‌گردد. فرسایش‌های خندقی که بر روی زمین‌های بدون پوشش با خاک با فرسایش‌پذیری بالا رخ می‌دهد، عامل دیگری برای شروع این نوع جریان‌ها در نواحی نیمه خشک می‌باشد.

در نواحی کوهستانی که پوشش گیاهی پرپشت وجود نداشته باشد، خاک از رگبار شدید و یا از ذوب سریع برف، رطوبت لازم را برای اشباع خاک و حرکت توده‌ای خاک دریافت نموده و منشا جریان‌های با غلظت بالای رسوب می‌گردد.

1- Armor Layer

۲- بیش‌ترین مقدار بار رسوبی که یک آبراهه می‌تواند حمل کند

3- Armoring

۴- اندازه قطر رسوباتی که ۵۰ درصد وزنی رسوبات از آن کوچک‌ترند.

omoorepeyman.ir

در نواحی آتشفشانی جریان‌های با غلظت بالای رسوب به لاهار[1] مشهور بوده و عمدتا در شیب‌های تند کوه‌های آتشفشانی به وقوع می‌پیوندند. این نوع جریان‌ها وابسته به نوع رسوبات جریان واریزه‌ای یا گل روان می‌باشند. فعالیت آتشفشانی مقدار زیادی خاکستر تولید می‌نماید که به آسانی قابل فرسایش می‌باشد. این خاکسترها اشباع گردیده و باعث شروع حرکت‌های توده‌ای خاک و آب و به وجود آمدن جریان با غلظت بالا می‌گردد [۴].

انواع حرکت‌های توده‌ای بر روی سطوح شیب‌دار کوهستان‌ها، نقش بسیار مهمی در تولید رسوب در مخروط‌افکنه‌ها و مخروط‌های واریزه‌ای داشته و در هنگام سیلاب حجم عظیمی از چنین واریزه‌هایی بر روی مخروط‌افکنه‌ها نهشته می‌شوند. در ادامه با توجه به نقش رسوب‌زایی این حرکت‌ها، به توصیف تقسیم‌بندی انواع زمین لغزش‌ها پرداخته شده است.

۲-٤-۲- تقسیم‌بندی چگونگی رخداد و منشای انواع زمین لغزش

رسوبات موجود در جریان‌های با غلظت بالا، به‌طور معمول توسط انواع حرکت‌های توده‌ای و یا دامنه‌ای تولید می‌شوند و سپس به کمک عوامل فرسایش و انتقال بر روی مخروط‌افکنه نهشته می‌شوند. حرکت‌های توده‌ای شامل کلیه فرآیندهای زمین ریخت‌شناسی می‌باشد که به موجب آن خاک‌ها و سنگ‌ها تحت اثر نیروی گرانش به سمت پایین شیب حرکت می‌کنند. دلیل کلی تمام حرکت‌های توده‌ای می‌تواند یکی از این دو عامل باشد: یا نیروهای رانشی عمل کننده بر روی یک شیب افزوده می‌شوند، یا نیروهای مقاوم نگهدارنده شیب کاسته می‌شوند. چنین رخدادی به‌طور کلی در اثر سه عامل زمین‌شناسی، ریخت‌شناسی و تاثیرات انسانی اتفاق می‌افتد. عوامل زمین‌شناسی شامل حضور مواد ضعیف و حساس، مواد هوازده، سنگ‌های درز و شکاف‌دار، جهت‌گیری مخالف ناپیوستگی‌ها (مانند لایه‌بندی، گسل و دگرشیبی)، ناهمگونی در نفوذپذیری و صلبیت مواد می‌باشند. همچنین عمده‌ترین دلایل ریخت‌شناسی را بالا آمدگی تکتونیکی، حرکات یخچالی، فرسایش پنجه یا کناره‌های جانبی شیب، فرسایش زیرزمینی (مانند انحلال تونلی)، اعمال بار رسوبی در بالای شیب، از بین رفتن پوشش گیاهی (به وسیله آتش یا خشکسالی، ذوب شدن سریع برف‌ها) تشکیل می‌دهند. عوامل انسانی نیز شامل خاک‌برداری بر روی شیب‌ها یا در پنجه آنها، بارگذاری در بالای شیب‌ها، افت سطح آب‌های زیرزمینی، جنگل‌زدایی، آبیاری، معدن‌کاری، ایجاد ارتعاشات مصنوعی و استفاده بیش از حد از آب زیرزمینی و افت سریع آب می‌باشند [۷۶].

کرودن و وارنز[2] در سال ۱۹۹۶ مطابق جدول (۲-۱) یک طبقه‌بندی از انواع حرکت‌های توده‌ای ارائه دادند که امروزه نیز یکی از جامع‌ترین طبقه‌بندی‌های انواع حرکت‌های دامنه‌ای به شمار می‌رود و جهت تبیین تفاوت‌های چنین حرکت‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کندترین حرکات دامنه‌ای مربوط به خزش و سریع‌ترین آنها مربوط به بهمن‌های واریزه‌ای می‌باشد. جدول (۲-۲) که در سال ۱۹۹۶ توسط کرودن و وارنز ارائه شد، به مقایسه سرعت‌های شاخص در انواع حرکات دامنه‌ای پرداخته و واکنش ممکن در مقابله با حرکات با سرعت‌های مختلف را مورد بررسی قرار داده است. با توجه به این جدول، جریان‌های خزشی با سرعت‌های بسیار بسیار پایین نیاز به انجام عملیات واکنشی خاصی نداشته و در سرعت‌های بسیارسریع مانند بهمن‌های واریزه‌ای، بشر فاقد فرصت کافی جهت انجام عملیات مقابله می‌باشد [۵۶]. در ادامه این بخش به توضیح مهم‌ترین انواع حرکات دامنه‌ای در سنگ‌ها و خاک‌ها که یکی از مهم‌ترین پدیده‌های تولیدکننده رسوب برای مخروط‌افکنه‌ها می‌باشند، پرداخته شده است.

omoorepeyman.ir

1- Lahar
2- Cruden & Varnes

جدول ۲-۱- انواع زمین لغزش[1] (خلاصه‌ای از طبقه‌بندی حرکت‌های دامنه‌ای[2] توسط کرودن و وارنز[3] (۱۹۹۶))

انواع جابجایی		نوع ماده زمین‌شناسی		
		سنگ بستر	خاک‌های مهندسی	
			غالبا درشت‌دانه	غالبا ریزدانه
ریزش‌ها[5]		سقوط سنگی	ریزش واریزه‌ای[4]	ریزش خاکی
واژگونی‌ها[6]		واژگونی سنگی	لغزش واریزه‌ای	لغزش خاکی
لغزش‌ها[7]	لغزش‌های چرخشی	لغزش سنگی	لغزش واریزه‌ای	لغزش خاکی
	لغزش‌های انتقالی			
انتشارهای جانبی[8]		انتشار سنگی	انتشار واریزه‌ای	انتشار خاکی
جریان‌ها[10]		جریان سنگی (خزش[9] عمقی)	جریان واریزه‌ای	جریان خاکی
			خزش خاک	
مرکب		ترکیبی از دو یا چند نوع از جابجایی		

جدول ۲-۲- سرعت حرکت در انواع حرکات دامنه‌ای [۵۳]

رده سرعت	توصیف	سرعت (mm/sec)	سرعت شاخص	واکنش لازم
۱	بسیار بسیار کند	-----	-----	-----
۲	بسیار کند	5×10^{-7}	16 mm/year	حفاظت و نگهداری
۳	کند	5×10^{-5}	1/6 m/year	حفاظت و نگهداری
۴	متوسط	5×10^{-3}	13 m/month	تخلیه ساکنین از محدوده خطر سیلاب
۵	سریع	5×10^{-1}	1/8 m/hr	تخلیه ساکنین از محدوده خطر سیلاب
۶	بسیارسریع	5×10^{1}	3 m/min	-----
۷	بسیار بسیار سریع	5×10^{3}	5 m/sec	-----

(ارقام سرعت در ستون‌های سوم و چهارم مرز بین انواع حرکات دامنه‌ای می‌باشند)

1- Land Slide
2- Slope Movements
3- Varnes
4- Debris Slide
5- Falls
6- Topples
7- Slides
8- Lateral Spreads
9- Creep
10- Flows

omoorepeyman.ir

۲-٤-۲-۱- لغزش‌ها

اگرچه انواع مختلف حرکات توده‌ای با عنوان کلی «زمین لغزش» متعارف هستند، این واژه به‌طور خاص بـه حرکـات تـوده‌ای در جایی با ناحیه مشخصی از سطح ضعف که مواد لغزشی را از مواد پایدارتر زیرین جدا می‌کند، اطلاق می‌شود. دو نوع اصلی لغـزش‌هـا شامل لغزش‌های چرخشی[۱] و لغزش‌های انتقالی[۲] می‌باشند. در لغزش‌های چرخشی، سطح گسیختگی به صورت منحنـی مقعـر رو بـه بالاست و حرکت توده لغزشی به صورت چرخشی حول یک محور موازی با سـطح زمـین در امتـداد جهـت لغـزش، رخ مـی‌دهـد. در لغزش‌های انتقالی، حرکت توده لغزشی در طول یک لایه مرزی تقریبا مسطح با کمی چرخش یا واژگونی[۳] در خـلاف جهـت حرکـت لغزش اتفاق می‌افتد. یک قطعه لغزشی مانند توده لغزشی در شکل (۲-۲) یک لغزش انتقالی می‌باشد که در آن توده در حـال حرکـت شامل یک واحد یا تعداد کمی واحدهای کاملا وابسته به هم بوده که به شکل یک توده نسبتا همسان به سـمت پـایین‌دسـت شـیب حرکت می‌کنند [۷۶].

۲-٤-۲-۲- ریزش‌ها

ریزش‌ها که یکی از فراوان‌ترین انواع حرکت‌های دامنه‌ای در بالادست مخروط‌افکنه‌ها می‌باشند، همان‌طور کـه در شـکل (۲-۲) نشان داده شده، حرکت‌های ناگهانی توده‌های مواد زمین‌شناسی، مانند سنگ‌ها و واریزه‌ها هستند که از صخره‌ها و سراشیبی‌های تند جدا می‌شوند. این انفصال در طول ناپیوستگی‌هایی مانند شکاف‌ها[۴]، درزه‌ها[۵] و سطوح لایه‌بندی[۶] رخ می‌دهـد و جابجـایی بـه وسـیله ریزش، پرش[۷] و غلتیدن[۸] اتفاق می‌افتد. ریزش‌ها به شدت تحت تاثیر نیروی ثقل، هوازدگی مکانیکی و حـضور آب‌هـای درون درز و شکاف‌های بین سنگ‌ها و خاک‌ها می‌باشند [۷۶]. تنوع اندازه در واریزه‌های تولید شده توسط این حرکات در مخروط‌افکنـه‌هـا بـسیار زیاد بوده و گاهی منشای تخته‌سنگ‌های زاویه‌داری هستند که توسط جریان‌های سیلابی شدید، بر روی مخروط‌افکنه حمل می‌شوند.

1- Rotational Slides
2- Translational Slides
3- Tilting
4- Fractures
5- Joints
6- Bedding Planes
7- Bouncing
8- Rolling

omoorepeyman.ir

شکل ۲-۲- انواع حرکات دامنه‌ای، تفاوت انواع مختلف با توجه به میزان سرعت و رطوبت توده سنگی یا خاکی

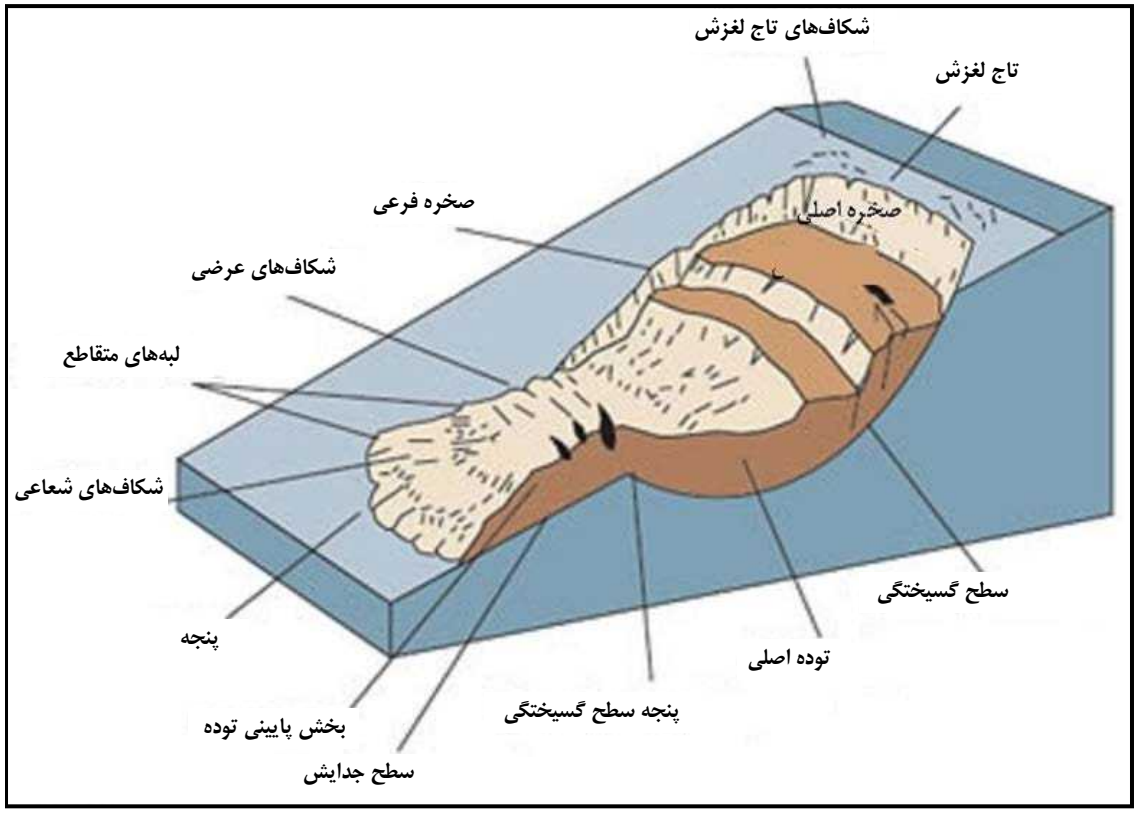
omoorepeyman.ir

۲-٤-۲-۳- واژگونی‌ها

گسیختگی واژگونی، نوعی از حرکت دامنه‌ای می‌باشد که به وسیله چرخش رو به جلو یک یا چند قطعه، حول نقطه‌ای محوری در زیر توده در حال حرکت، شناخته می‌شود. این نوع از جابجایی، تحت عمل شتاب ثقل، نیروهای اعمال شده به وسیله واحدهای هم‌جوار و یا به وسیله سیالات موجود در شکاف‌ها، تشکیل می‌شود [۷۶] و قطعات بلوکی و گرد نشده سنگی را جهت حمل به مخروط‌افکنه تولید می‌کند.

۲-٤-۲-٤- جریان‌ها

به‌طور کلی پنج نوع حرکت جریانی اصلی در لغزش‌های دامنه‌ای وجود دارد که با توجه به تفاوت‌هایی که با هم دارند از یکدیگر متمایز می‌شوند. شکل (۲-۳) پیکرشناسی کلی زمین لغزش را که توسط کرودن و وارنز (۱۹۹۶) ارائه شده، نشان می‌دهد [۵۶]. در ادامه انواع جریان‌ها به‌طور مجزا توضیح داده شده است.



شکل ۲-۳- پیکرشناسی یک زمین لغزش [۵۲]

- جریان واریزه‌ای

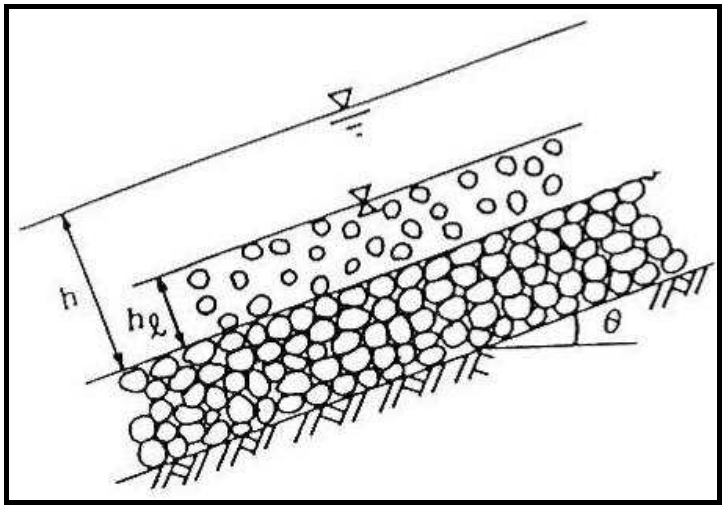
یک جریان واریزه‌ای، شکلی از حرکت سریع توده‌ای می‌باشد که در آن ترکیبی از خاک‌ها و سنگ‌های سست، مواد آلی، هوا و آب به شکل یک توده آب‌دار به سمت پایین‌دست شیب، حرکت می‌کند. جریان‌های واریزه‌ای شامل بیش از ۵۰ درصد مواد دانه‌ریز می‌باشند. چنین جریان‌هایی غالبا به دلیل حضور آب سطحی شدید، پس از بارش سنگین باران یا ذوب سریع برف، در اثر حرکت و فرسایش سنگ‌ها و خاک‌های سست به روی شیب‌های تند و نسبتا اشباع، تشکیل می‌شوند. این جریان‌ها معمولا دارای نسبت بزرگی

omoorepeyman.ir

از ماسه و سیلت می‌باشند. در نواحی با منشای جریان‌های واریزه‌ای، غالبا دره‌های[1] با دامنه‌های تند دیده می‌شوند که در پای آنها، رسوبات مخروط‌افکنه‌های واریزه‌ای[2] به عنوان نشانه‌ای از جریان‌های واریزه‌ای به چشم می‌خورد. رخداد آتش‌سوزی‌های بزرگ، نقش اساسی در برهنه کردن پوشش گیاهی شیب‌های کوهستانی و تشدید استعداد آنها جهت وقوع جریان‌های واریزه‌ای دارد [۷۶].

• انواع جریان‌های واریزه‌ای

با توجه به رفتار و چگونگی توزیع رسوبات و واریزه‌ها در عمق جریان‌های واریزه‌ای، تاکاشی[3] (۱۹۹۱) چنین جریان‌هایی را بـه دو نوع جریان‌های واریزه‌ای بالغ[4] و جریان‌های واریزه‌ای نابالغ[5] طبقه‌بندی نمود. در جریان‌های واریزه‌ای بالغ، واریزه‌های تشکیل دهنـده جریان، تحت عمل برخوردهای بین ذره‌ای و دافعه موجود در بین ذرات در سرتاسر عمق جریان پراکنده می‌شوند. چنین پراکندگی، به وجود غلظت بالای رسوبات درون جریان نیاز دارد. در واقع تحت غلظتی کم‌تر از غلظت جداکننده جریان‌های واریزه‌ای بـالغ و نابـالغ، ذرات رسوبی به‌طور کامل در سرتاسر عمق جریان (h) پخش نمی‌شوند، بلکه همان‌طور که در شکل (۲-۴) نشان داده شده اسـت، در بخش تحتانی جریان (بخش h_1) متمرکز می‌گردند. در بالای این لایه سرشار از رسوب، یک لایه از آب دیده می‌شود که ممکن است شامل رسوبات معلق باشد. چنین جریانی توسط تاکاشی (۱۹۹۱) به نام «جریان‌های واریزه‌ای نابالغ» نامگذاری شد [۹۰].



شکل ۲-٤- نمای ساده شده‌ای از نحوه پراکنش رسوبات در جریان‌های واریزه‌ای در رودخانه‌ای با شیب θ

- بهمن واریزه‌ای

این جریان‌ها شامل تنوعی از جریان‌های واریزه‌ای بسیار سریع در شیب‌های کوهستان‌ها می‌باشند [۷۶]. چنین جریان‌های با سرعت بالا، در تولید مخروط‌افکنه‌های واریزه‌ای در پای شیب‌های تند حاوی سنگ‌ها و خاک‌های سست به فراوانی به چشم می‌خورند.

1- Gullies
2- Debris Cone
3- Takahashi
4- Mature Debris Flow
5- Immature Debris Flow

omoorepeyman.ir

- جریان‌های خاکی

جریان‌های خاکی ظاهری شبیه «ساعت شنی» از خود نشان می‌دهند. در این جریان‌ها سنگ‌ها و خاک‌های تشکیل دهنده شیب، روان[1] شده و با تشکیل یک گودی یا چاله در ابتدای جریان، به سمت پایین‌دست حرکت می‌کنند. این جریان معمولا در مواد دانه‌ریز یا سنگ‌های حاوی رس بر روی شیب‌های ملایم و تحت شرایط اشباع رخ می‌دهد. اگر چه جریان‌های خاکی خشک حاوی رسوبات دانه درشت نیز امکان‌پذیر می‌باشند [۷۶].

- جریان گلی

جریان‌های گلی یکی از مهم‌ترین حرکات دامنه‌ای تولید کننده حجم عظیمی از رسوبات در مخروط‌افکنه‌ها می‌باشند. جریان‌های گلی نوعی از جریان‌های خاکی هستند که میزان رطوبت آنها به حدی است که سریعا جریان می‌یابند و حداقل شامل ۵۰ درصد از ذرات در حد ماسه، رس و سیلت می‌باشند. در برخی موارد، به‌طور مثال در گزارش‌های خبری، جریان‌های گلی و جریان‌های واریزه‌ای به‌طور معمول تحت عنوان «لغزش‌های گلی[2]» نامیده می‌شوند [۷۶].

- خزش

جریان‌های خزشی، حرکت نامحسوس کند، یکنواخت و رو به پایین سنگ‌ها و خاک‌های تشکیل دهنده شیب‌ها می‌باشند. این حرکت به علت میزان تنش برشی[3] کافی جهت ایجاد تغییر شکل دائمی و بسیار کم‌تر از میزان لازم برای گسیختگی برشی ایجاد می‌شود. به‌طور کلی سه نوع خزش وجود دارد:

- فصلی، در جایی که جابجایی در عمقی از خاک که تحت تاثیر تغییرات فصلی در دما و رطوبت خاک قرار دارد، ایجاد می‌شود.
- پیوسته، در جایی که تنش برشی به‌طور پیوسته از میزان مقاومت توده تجاوز می‌کند.
- پیش‌رونده، در جایی که شیب‌ها در حال رسیدن به نقطه گسیختگی می‌باشند، مانند سایر انواع حرکات توده‌ای

حرکت‌های خزشی را می‌توان از روی تنه‌های درخت کج شده، دیوارها یا حصارهای خمیده و یا تیرهای چراغ برق منحرف شده شناسایی کرد [۷۶].

۲-٤-۲-۵- انتشارهای جانبی

انتشارهای جانبی به علت وقوع آنها در شیب‌های بسیار آرام و یا زمین‌های مسطح، از سایر لغزش‌ها متمایز می‌شوند. شکل غالب این نوع لغزش، توسعه جانبی همراه با شکاف‌های کششی یا برشی می‌باشد. گسیختگی به وسیله روانگرایی[4] فرآیندی که به موجب آن رسوبات غیرچسبنده سست اشباع از حالت جامد به حالت آبگون تغییر شکل می‌دهند، ایجاد می‌شود. این گسیختگی غالبا به علت حرکت سریع زمین مانند آنچه در طی زلزله اتفاق می‌افتد یا ارتعاشی که با القای مصنوعی تولید می‌شود، برانگیخته می‌گردد. هنگامی که مواد مسنجمی مانند خاک یا سنگ بستر، به روی موادی که روان شده‌اند تکیه می‌کند، واحد فوقانی ممکن است متحمل درز و شکاف و

1- Liquefies
2- Mud Slides
3- Shear Stress
4- Liquefaction

omoorepeyman.ir

گسترش شده و سپس نشست کرده، جابجا شده، دوران کرده و فروریزد یا روان شده و جریان یابد. انتشار جانبی در مواد دانه‌ریز در شیب‌های کم‌ژرفا، غالبا پیش‌رونده می‌باشد. گسیختگی به‌طور ناگهانی در یک منطقه کوچک شروع شده و به سرعت پخش می‌شود. اغلب گسیختگی اولیه به علت یک سقوط ناگهانی[1] بوده ولی در بعضی موارد جابجایی بدون هیچ دلیل روشنی رخ می‌دهد [۷۶]. چنین حرکت‌های کند دامنه‌ای نقش کم‌تری نسبت به سایر انواع حرکات دامنه‌ای در تولید رسوبات مخروط‌افکنه‌ها دارند.

۲-٤-۲-٦- لغزش‌های مرکب

ترکیبی از دو یا چند نوع از حرکت‌های یاد شده تحت عنوان زمین لغزش‌های مرکب شناخته می‌شود. به‌طور مثال، هنگامی‌که انواع مختلف حرکت‌های دامنه‌ای ریزش، لغزش و واژگونی بر روی یک شیب خاص رخ دهند. آنچه در واقعیت بر روی مخروط‌افکنه‌ها دیده می‌شود ترکیبی از چندین نوع از حرکت‌های دامنه‌ای می‌باشد که به‌طور کلی رسوبات مخروط‌افکنه‌ای را تشکیل می‌دهند.

۲-٤-۳- بررسی مکانیزم رخداد جریان‌های با غلظت بالای رسوب

در مطالعه بررسی جریان‌های با غلظت بالای رسوب می‌توان فرآیند جریان را به سه بخش تقسیم کرد:

- شروع و تولید جریان
- حرکت جریان
- توقف جریان و رسوب‌گذاری

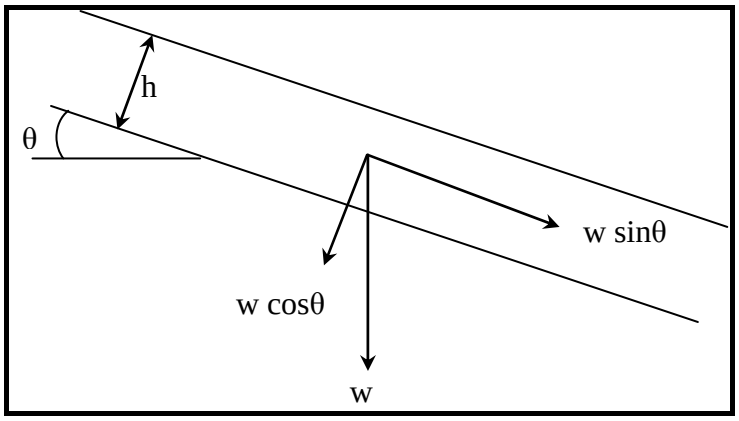
۲-٤-۳-۱- شروع و تولید جریان

در اثر بارندگی و اشباع خاک، حرکت توده‌ای آب و خاک (جریان واریزه‌ای) رخ می‌دهد. به‌طور کلی این حرکت می‌تواند به دو طریق لغزش لایه خاک اشباع روی سنگ بستر[2] و یا فرسایش و جوشش رسوبات[3] در اثر جریان‌های سطحی آغاز شود [۴].

لغزش لایه خاک اشباع روی سنگ بستر می‌تواند به شکل چرخشی و یا به شکل انتقالی باشد. در این حالت مواد و مصالح به شکل بلوک‌ها و توده‌های خاک فرو می‌ریزند و سپس در اثر جریان تبدیل به مخلوطی از آب و خاک می‌شوند. این نوع از شروع جریان عموما در مناطق با شیب تند (کوهستانی) صورت می‌گیرد. براساس تحلیل پایداری شیروانی خاک اشباع، می‌توان زاویه حدی زمین برای شروع لغزش را محاسبه کرد. اگر مطابق شکل (۲-۵)، یک لایه خاک غیرچسبنده و اشباع روی شیب در نظر گرفته شود، از تحلیل پایداری شیروانی رابطه (۲-۱) به‌دست می‌آید:

1- Slump
2- Landsliding
3- Sediment Bulking

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۵- شیب ناپایدار برای شروع جریان با غلظت بالا

$$\tan\theta = \frac{c_v(\gamma_s - \gamma_w)}{c_v(\gamma_s - \gamma_w) + \gamma_w}\tan\varphi \qquad (۱-۲)$$

که در این رابطه:

φ: زاویه اصطکاک داخلی بر حسب درجه

θ: شیب زمین بر حسب درجه

c_V: غلظت حجمی بدون بعد بوده و از تقسیم مقدار حجم رسوبات به حجم کل جریان به‌دست می‌آید.

γ_s و γ_w: به ترتیب وزن مخصوص دانه‌های رسوب و آب بر حسب کیلوگرم نیرو بر مترمکعب می‌باشند. لذا با توجه به زاویه حدی زمین، لغزش هنگامی رخ می‌دهد که شیب زمین مورد نظر، بزرگ‌تر از میزان $\tan\theta$ باشد. در چنین شرایطی جریان واریزه‌ای رخ می‌دهد و اگر شیب زمین کوچک‌تر از این میزان باشد، جریان معمولی رخ می‌دهد که روش‌های محاسبه آن به تفصیل در راهنمای محاسبه بار رسوب معلق و بستر نشریه شماره ۳۵۵- الف طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور – وزارت نیرو توضیح داده شده است.

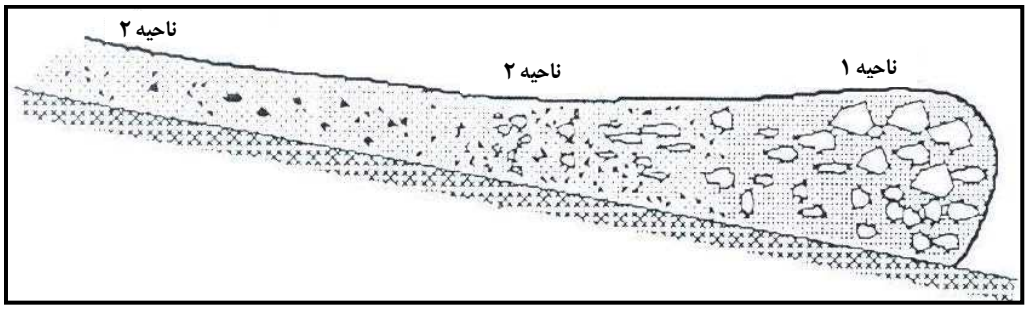
تولید و شروع جریان به شکل جوشش آب و خاک[1] وقتی رخ می‌دهد که جریان‌های سطحی زیاد با قدرت فرسایش و ساینده‌گی بالا، موجب فرسایش و شستشوی شدید مصالح سست، از روی دامنه‌های شیب‌دار و آبراهه‌ها و خندق‌های فرسایشی می‌شود. این فرآیند به تدریج موجب افزایش غلظت رسوبات در جریان شده و ایجاد جریان واریزه‌ای می‌کند. این فرآیند در جریان‌های واریزه‌ای در خندق‌های فرسایشی بسیار دیده می‌شود [۴].

۲-٤-۳-۲- حرکت جریان

شکل (۲-۶)، تقسیم‌بندی بخش‌های مختلف جریان واریزه‌ای را نشان می‌دهد.

1- Sediment Bulking

omoorepeyman.ir



شکل ۲-٦- بخش‌های مختلف نیمرخ جریان واریزه‌ای

در نیمرخ فوق، بخش اول دماغه سیلاب بوده و درشت دانه‌هایی نظیر قلوه سنگ و قطعه سنگ را حمل می‌نماید. طول این بخش از چند متر تا چند ده متر متغیر است. در این بخش نشانه‌های بیش‌تر بودن عمق جریان نسبت به سایر بخش‌ها مشهود است. در بخش سوم، رسوبات به ندرت دارای قلوه‌سنگ و قطعه‌سنگ بوده و جریان یکنواخت‌تر می‌شود و دارای حجم آب بیش‌تری می‌باشد. بخش دوم حالت تبدیلی بین بخش اول و سوم را داشته و هنوز تعدادی قلوه‌سنگ در آن یافت می‌شود. عمق جریان در این بخش متغیر است [۴].

آزمایش‌ها نشان می‌دهد که رفتار حرکتی جریان واریزه‌ای توسط دانه‌های بزرگ کنترل شده و عمق حداکثر تابعی از گرادیان سرعت است. پیشانی جریان قدرت فرسایشی بالا دارد، در حالی که قسمت پایانی آن غیرفرساینده و رسوب‌گذار است [۴].

۲-٤-۳-۳- توقف جریان و رسوب‌گذاری

جریان‌های واریزه‌ای در صورت کاهش شیب آبراهه، بر روی مخروط‌افکنه‌ها و دشت‌های سیلابی شروع به رسوب‌گذاری می‌کنند که سبب پر شدن آبراهه و تشدید طغیان و وسیع‌تر شدن پهنه سیلاب می‌شوند. رفتار سیلاب عمدتا دو بعدی است و روندیابی دو بعدی سیلاب و رسوب‌گذاری باید مد نظر قرار گیرد [۴]. جریان واریزه‌ای پس از رسیدن به یک شیب ملایم روی مخروط‌افکنه به دو صورت رسوب‌گذاری می‌کند:

– حالت اول: جریان واریزه‌ای حرکت خود را به سمت پایین‌دست مخروط‌افکنه ادامه می‌دهد و در نهایت متوقف می‌شود که در طول مسیر به واسطه کاهش توان حمل جریان، رسوب‌گذاری می‌نماید[1]. در این رسوب‌گذاری، رسوبات از درشت به ریز ترسیب می‌شوند. معمولا پهنای رسوب‌گذاری در دشت سیلابی ۲ تا ۳ برابر پهنای جریان در آبراهه است.

– حالت دوم: وقتی که جریان سنگ‌های بزرگ را روی مخروط‌افکنه می‌ریزد، جریان در پشت این سنگ‌ها جمع شده و به ناچار برای عبور، مسیر خود را عوض می‌کند و پهنای بیش‌تری را تحت پوشش قرار می‌دهد[2]. در حالت کلی جریان‌های واریزه‌ای بزرگ‌تر، مسیر طولانی‌تر و بیش‌تری را نسبت به جریان‌های واریزه‌ای کوچک‌تر طی می‌کنند تا متوقف شوند [۲].

۲-٤-٤- روابط انتقال رسوب در سیلاب‌های با غلظت بالای رسوب

با توجه به مطالب بند ۲-۴-۴-۱ و در صورت تشخیص جریان واریزه‌ای، روابط انتقال رسوب در این‌گونه سیلاب‌ها، مطابق با رویکرد مورد استفاده برای استنتاج آنها در این بخش گروه‌بندی شده‌اند. کمی کردن فرآیند انتقال رسوبات در جریان، به علت

1- Flat Type Lobe
2- Swollen Type Lobe

omoorepeyman.ir

پیچیدگی پدیده‌ها و تغییرپذیری آنها، به شدت بر نتایج تجربی تکیه دارند [۵۳]. در این بخش به‌طورکلی سه رابطه مختلف در زمینه انتقال رسوبات در سیلاب‌های با غلظت بالای رسوب ارائه می‌گردند:

۲-٤-٤-۱- رابطه تاکاهاشی و همکاران

تاکاهاشی[1] و همکاران در سال ۱۹۹۲ رابطه زیر را برای محاسبه غلظت حجمی[2] جریان واریزه‌ای توسعه‌یافته، ارائه کردند [۷۰].

$$C = \frac{\rho \tan\theta}{(\sigma - \rho)(\tan\varphi_0 - \tan\theta)} \qquad (۲-۲)$$

که در این رابطه:

C: غلظت حجمی (بی بعد)

ρ: چگالی جریان بر حسب Kg_f / m^3

σ: چگالی بخش‌های جامد Kg_f / m^3

φ_0: زاویه اصطکاک داخلی بر حسب درجه

θ: زاویه شیب زمین برحسب درجه

همان‌طور که در این رابطه مشاهده می‌شود، رابطه تاکاهاشی و همکاران به‌طورکلی بر مولفه‌های چگالی و زاویه اصطکاک داخلی به همراه شیب زمین استوار است.

۲-٤-٤-۲- رابطه هاشیماتو و هیرانو

هاشیماتو – هیرانو[3] در سال ۱۹۹۵ فرض کردند که جریان‌های با غلظت بالای رسوب دارای دو لایه می‌باشند و رابطه زیر را جهت تعیین بده رسوب جریان واریزه‌ای نابالغ، ارائه نمودند [۷۲]:

$$\frac{q_s}{\sqrt{gsd^3}} = \frac{14}{3}\tau_*^{3/2}\left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right)\frac{1}{(\alpha - \tan\theta)\cos\theta} \qquad (۳-۲)$$

که در این رابطه:

q_s: بده رسوبی بر حسب m^3 / sec

α: ضریب ثابت است که با سعی و خطا واسنجی می‌شود.

s: چگالی ویژه اشباع ذرات رسوبی که بدون بعد بوده و معادل ۱/۶۵ فرض شده و معمولا چگالی نسبی گفته می‌شود.

g: شتاب گرانش بر حسب m/s^2

d: اندازه رسوبات (قطر ذرات رسوبی) بر حسب متر

τ_*: تنش برشی[4] (بدون بعد)

1- Takahashi
2- Volumetric Concentration
3- Hashimoto- Hirano
4- Dimentionalless Shear Stress

omoorepeyman.ir

τ_{*c}: تنش برشی بحرانی آستانه حرکت (بدون بعد)

ضمنا این رابطه تنها برای $\tan\theta < \alpha$ صدق می‌کند.

۲-٤-٤-۳- رابطه بنی‌حبیب

بنی‌حبیب رابطه (۲-۴) را که رابطه‌ای نیمه تجربی بوده و براساس فرضیه افزایش تلفات انرژی ناشی از برخورد رسوبات به هم به‌دست آمده است، برای جریان‌های با غلظت بالای رسوب پیشنهاد کرد [۵]:

$$\frac{q_s}{\sqrt{gsd^3}} = 0.8\left(\frac{h}{d}\right)^{0.65} \tau_*^{3/2} \qquad (۴-۲)$$

که در این رابطه:

q_s: بده رسوبی بر حسب $(m^3/sec/m)$

d: قطر d_{50} رسوب بر حسب m

h: عمق جریان بر حسب m

S: وزن مخصوص مستغرق (بی بعد)

τ_*: تنش برشی بدون بعد

رابطه بالا نشان می‌دهد که بده رسوبی بدون بعد جریان‌های با غلظت بالای رسوب با افزایش نسبت h/d بیش‌تر می‌شود. به‌طوری‌که این رابطه نیز تطابق خوبی را با داده‌های تجربی بده بدون بعد چنین جریان‌هایی نشان می‌دهد. رابطه یاد شده با توجه به کاربرد آن در کلیه جریان‌های با غلظت بالای رسوب مانند جریان‌های واریزه‌ای بالغ، نابالغ و جریان گلی که همگی بر روی مخروط‌افکنه‌ها معمول هستند، از مزیت بیش‌تری نسبت به سایر روابط ارائه شده، برخوردار می‌باشد [۵].

۲-٤-۵- طغیان رودخانه به علت جریان واریزه‌ای

جریان واریزه‌ای به علت تاثیر در هیدرولیک جریان و انتقال رسوب به‌خصوص در مخروط‌افکنه‌ها، می‌تواند موجب طغیان رودخانه گردد. کاهش ضریب سرعت و ظرفیت انتقال رسوب در بازه‌های کم شیب پایین دست رودخانه، دو علت اصلی طغیان می‌باشند که در اثر آنها قدرت حمل رسوب در مخروط‌افکنه‌ها کاهش یافته و به تبع آن رسوبات در آبراهه‌های شریانی نهشته می‌شوند. این رسوب‌گذاری باعث پر شدن آبراهه و طغیان آن به خارج از مرزهای آبراهه می‌شود. بنابراین دلیل تغییر متعدد مسیر آبراهه‌های واقع بر روی مخروط‌افکنه‌ها را می‌توان طغیان رودخانه‌ها در اثر حجم عظیم رسوبات در جریان‌های واریزه‌ای دانست.

۲-٤-۵-۱- کاهش ضریب سرعت

با استفاده از رابطه پیوستگی و تعریف ضریب سرعت رابطه (۲-۵) را می‌توان نوشت:

$$h = \left(\frac{q}{\phi\sqrt{gI}}\right)^{\frac{2}{3}} \qquad (۵-۲)$$

که در این رابطه:

omoorepeyman.ir

h: عمق جریان بر حسب متر

q: بده در واحد عرض $(m^3/s/m)$

ϕ: ضریب سرعت (بی‌بعد)

g: شتاب ثقل (m/s^2)

I: شیب بستر رودخانه (بی‌بعد)

با توجه به رابطه فوق با کاهش ضریب سرعت، عمق جریان افزایش می‌یابد [۵]. در جریان‌های آشفته ضریب سرعت حدود ۱۵ بوده، ولی در جریان‌های با غلظت بالای رسوب این ضریب بین ۱ تا ۱۰ تغییر کرده و متوسط آن ۳/۸۱ می‌باشد [۶]. ضریب سرعت در جریان‌های با غلظت بالای رسوب، از رابطه زیر محاسبه می‌گردد [۳]:

$$\phi = \frac{u}{u_*} = 6.05 - 7c\log(\frac{h}{d}) \qquad (۶-۲)$$

که در این رابطه:

d: قطر رسوبات بر حسب متر

h: عمق جریان بر حسب متر

c: غلظت حجمی که نسبت حجم رسوب به حجم کل جریان می‌باشد. (بی بعد)

u: سرعت متوسط جریان(m/s)

*u: سرعت برشی (m/s)

۲-٤-۵-۲- کاهش ظرفیت انتقال رسوب در بازه‌های کم شیب

معمولا در رودخانه‌ها، شیب بستر در بازه‌های بالادست زیاد بوده و در جلگه‌های پایین‌دست کاهش می‌یابد. رابطه زیر، اثر کاهش شیب را بر کاهش ظرفیت انتقال رسوب نشان می‌دهد [۵].

$$qs_{gentel} = (\frac{Ig}{Is})^{0.78} qs_{steep} \qquad (۷-۲)$$

که در این رابطه:

Ig: شیب بستر رودخانه در بازه‌های کم شیب (بدون بعد)

Is: شیب بستر در بازه‌های پر شیب (بدون بعد)

qs_{gentel}: بده واحد عرض رسوب در شیب کم $(m^3/s.m)$

qs_{steep}:: بده واحد عرض رسوب در شیب تند $(m^3/s.m)$

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۳

ریخت‌شناسی رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱- کلیات

معمولا جریان آبراهه‌هایی که بر روی مخروط‌افکنه‌ها واقع هستند، از نوع غیردائمی[1] بوده، دارای رژیم جریان فوق بحرانی هستند که قادر به حرکت دادن مقادیر زیادی از رسوب می‌باشند. بستر و کناره‌های آبراهه‌های سیلابی که در غالب مخروط‌افکنه‌ها دیده می‌شوند، معمولا ناپایدار[2] بوده و پدیده تغییر مسیر[3] در آبراهه‌های مخروط‌افکنه‌ها، پدیده‌ای معمول به شمار می‌رود. الگوهای مسیر آبراهه اصلی و سیلابدشت غالبا با هر سیلاب تغییر می‌کنند. فرسایش و رسوب‌گذاری در حین رخدادهای سیلابی به سرعت اتفاق افتاده و هندسه آبراهه را تغییر می‌دهد. ویژگی‌های هیدرولیکی و مشخصه‌های انتقال رسوب به میزان زیادی بر روی سطح مخروط‌افکنه‌ها، از تارک مخروط تا پنجه آن تغییر می‌کند [۱۰].

شیب عرضی برخی از مخروط‌افکنه‌ها در پهلوها بیش‌تر از شیب طولی آنها در راستای محور می‌باشد. بررسی چگونگی حرکت آب در هنگام ورود به یک مخروط‌افکنه، در محل تارک آن، نشان می‌دهد که بیش‌تر بودن شیب عرضی نسبت به شیب طولی در مخروط‌افکنه‌های پرشیب که از آبرفت‌های تقریبا غیرچسبنده تشکیل شده‌اند، بیش‌تر می‌باشد. به این دلیل که در چنین مخروط‌افکنه‌هایی جریان با بده بالاتر، تمایل به جریان یافتن بر روی محور مخروط‌افکنه را دارد، درحالی‌که جریان با بده کم‌تر، تمایل به چرخیدن به سمت کناره‌ها و جریان یافتن از پهلوهای مخروط‌افکنه را دارد. در مخروط‌افکنه‌های با شیب کم‌تر یا مخروط‌افکنه‌هایی که از آبرفت‌های با چسبندگی بیش‌تر تشکیل شده‌اند، اختلاف شیب بین محور و کناره‌ها کم‌تر است.

از آن‌جا که رسوب‌گذاری در هر لحظه در مخروط‌افکنه به صورت محلی انجام می‌شود، در بعضی مناطق بالا آمادگی سطح زمین[4] اتفاق می‌افتد، درحالی‌که ارتفاع در سایر نواحی مخروط‌افکنه ثابت است. مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی نشان داده است که دامنه چنین بی‌نظمی‌هایی در مخروط‌افکنه‌های تشکیل یافته از رسوبات غیرچسبنده بیش‌تر می‌باشد. این مطالعات همچنین نشان می‌دهد که دامنه چنین تفاوت‌هایی با افزایش مساحت مخروط‌افکنه، افزایش می‌یابد [۷۷].

در این فصل ابتدا به تعریف ریخت‌شناسی مزرهای هندسی مخروط‌افکنه پرداخته شده و سپس آبراهه‌های فعال و غیرفعال بر روی مخروط‌افکنه مورد بررسی قرار داده شده و در انتهای فصل نقش جریان‌های با غلظت بالای رسوب و همچنین اثر سازه‌های متقاطع بر ریخت‌شناسی آبراهه‌ها بررسی می‌شود.

۳-۲- مرزهای هندسی مخروط‌افکنه [۶۰]

مخروط‌افکنه‌ها غالبا در محل یک ناپیوستگی توپوگرافیکی بارز و در جبهه کوهستان تشکیل می‌شوند و جریان در آنها به‌طور برجسته‌ای از نظر فضایی نسبت به بالادست این ناپیوستگی که توسط ارتفاعات کوهستان محصور می‌شود، وارد فضای بازتری شده و از محدودیت کم‌تری برخوردار است. جهت بررسی ریخت‌شناسی مخروط‌افکنه‌ها ابتدا لازم است مرزهای هندسی آنها شناخته شود. مرزهای هندسی مخروط‌افکنه شامل تارک مخروط‌افکنه، مرزهای جانبی و پنجه مخروط‌افکنه می‌باشند که در ادامه فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

1- Unsteady
2- Unstable
3- Avulsion
4- Agregation

omoorepeyman.ir

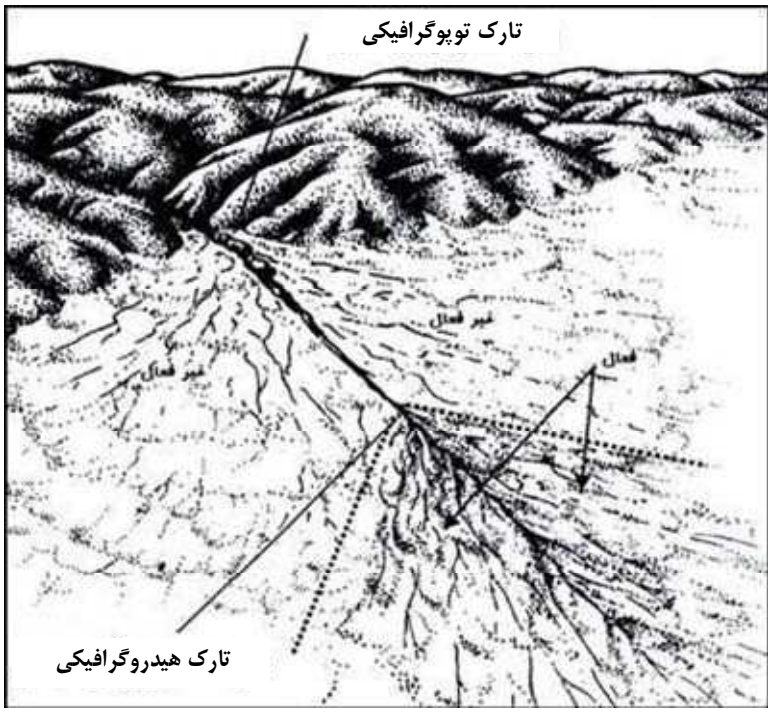
۳-۲-۱- تارک[1] مخروط‌افکنه

مکان هندسی که رسوب‌گذاری و جابجایی آبراهه در آن‌جا به طرز قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد، تارک مخروط‌افکنه نامیده می‌شود. در بسیاری از مخروط‌افکنه‌ها می‌توان دو تارک از دیدگاه توپوگرافی و هیدروگرافی تشخیص داد. تارک توپوگرافی مخروط‌افکنه از لحاظ توپوگرافی در مرتفع‌ترین و پر شیب‌ترین قسمت مخروط‌افکنه واقع می‌شود درحالی‌که تارک هیدروگرافی مخروط‌افکنه، مرتفع‌ترین نقطه بر روی مخروط‌افکنه است که شواهد فیزیکی از دوشاخه‌ای شدن[2] و یا جریان قابل توجهی به سمت خارج از آبراهه اصلی در آن قابل مشاهده است. مکان تارک هیدروگرافی ممکن است مطابق یا در نقطه‌ای در پایین‌دست تارک توپوگرافی واقع شده باشد (شکل ۳-۱). محل تارک هیدروگرافی ممکن است وابسته به میزان بده و یا متاثر از بزرگی رخداد سیلابی تغییر کند. در حقیقت مرز محدوده فعال و غیرفعال در مخروط‌افکنه، توسط تارک هیدروگرافی مشخص می‌شود [۶۰].

۳-۲-۲- پنجه[3] مخروط‌افکنه

پنجه یا پایانه مخروط‌افکنه غالبا به شکل یکی از پدیده‌های زیر مشخص می‌شود.

- مسیلی که مخروط‌افکنه را قطع کرده و رسوبات را به خارج از مخروط منتقل می‌کند (شکل ۳-۲)



شکل ۳-۱- محدوده‌های فعال و غیرفعال در مخروط‌افکنه با توجه به محل قرارگیری تارک توپوگرافی و تارک هیدروگرافی مخروط‌افکنه

- یک دریاچه پلایا[4]

1- Apex
2- Bifurcation
3- Toe

۴- دریاچه پلایا پهنه مسطحی است که در بارندگی‌های شدید در ضخامت چند سانتی‌متر به‌وسیله آب پوشیده می‌شود و پس از مدت کوتاهی خشک می‌گردد.

omoorepeyman.ir

- یک دشت سیلابی
- شیب‌های ملایم‌تر و هموارتر دشت کوهپایه‌ای

چنین مرزهایی می‌توانند بر روی نقشه‌های توپوگرافی، از روی تغییراتی که در خطوط توپوگرافی به وجود می‌آورند، یا از روی عکس‌های هوایی از روی تفاوت شکل ظاهری و رنگ نهشته‌ها و همچنین در بازدیدهای صحرایی از روی تغییر در پوشش گیاهی، میزان رسوب‌گذاری و نیز از روی تغییر در عمق آب زیرزمینی، شناسایی شوند [۶۰].

شکل ۳-۲- مسیل زهکشی کننده جریان‌های سیلابی در پنجه مخروط‌افکنه (در قسمت پایین شکل)

۳-۲-۳- مرزهای جانبی[1] مخروط‌افکنه

مرزهای جانبی مخروط‌افکنه‌ها، لبه‌های جانبی نهشته‌ها و مواد آبرفتی منتقل شده بر روی مخروط‌افکنه می‌باشند. مرزهای جانبی یک مخروط‌افکنه واحد به‌طور معمول، یک شیار، چاله و یا گودآب، در حدود جانبی رسوب‌گذاری می‌باشند. همچنین لبه‌های محدودکننده کوهستان نیز می‌توانند مرزهای جانبی یک مخروط‌افکنه را تشکیل دهند.

در این مرزها، اغلب، اختلافات بارزی میان نهشته‌های آبرفتی تازه ساییده شده روشن‌رنگ و خاک‌های تیره رنگ هوازده در سطوح کوهپایه‌ای مشاهده می‌شود. البته باید اطمینان حاصل کرد که این اختلاف ظاهری، ناشی از تفاوت میان رسوبات قدیمی‌تر و نهشته‌های جدیدتر بر روی سطح مخروط‌افکنه نباشند.

تشخیص مرزهای جانبی در مخروط‌افکنه‌هایی که با مخروط‌افکنه مجاور خود ادغام شده‌اند، معمولا مشکل‌تر از تشخیص مرزهای یک مخروط‌افکنه واحد می‌باشد. این مرزها ممکن است به وسیله یک شیار یا برآمدگی بین آنها مشخص شده باشد. همچنین گاهی می‌توان از تفاوت میان جنس خرده سنگ‌های مخروط‌افکنه‌های دو حوضه آبریز مجاور، مرزهای آنها را تشخیص داد. به‌طور کلی تشخیص مرزهای جانبی در مخروط‌افکنه‌های به هم پیوسته، احتمالا به بررسی صحرایی بیش‌تری با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و خاک شناسی و مشاوره با مهندس زمین ریخت‌شناس و مهندس خاک‌شناس نیاز دارد [۶۰].

1- Lateral Boundaries

omoorepeyman.ir

۳-۳- بجادا[1] یا نوار مخروط‌افکنه‌ای[2]

به ردیفی از مخروط‌افکنه‌های به هم پیوسته در جبهه کوهستان که با ساختاری نواری، مرز میان کوهستان و کوهپایه را تشکیل می‌دهند، بجادا یا نوار مخروط‌افکنه‌ای گفته می‌شود. در این ساختار که در اثر اتصال لبه‌های پایینی مخروط‌افکنه‌ها تشکیل می‌شود، خطوط توپوگرافی خطی و آبراهه‌های موازی که بجادا را زهکشی می‌کنند، دیده می‌شوند.

جریان یا سیلاب در سطح مخروط‌افکنه‌ها با ایجاد آبراهه‌های نامنظم شناخته می‌شود، درحالی‌که در بجادا یا نوار مخروط‌افکنه‌ای جریان معمولا توسط آبراهه‌های مشخص محدود می‌شود و آبراهه‌های آن حالت تقریبا پایداری را دارد [۵۳].

۳-٤- شناسایی محدوده‌های فعال[3] و غیرفعال[4] در مخروط‌افکنه‌ها

واژه فعال به مناطقی از مخروط‌افکنه اطلاق می‌شود که پدیده‌های رسوب‌گذاری، فرسایش و ناپایداری مسیرهای جریان در آن‌جا امکان‌پذیر باشد. اگر جریان سیلاب و رسوب‌گذاری در ۱۰۰ سال گذشته، در مناطقی از مخروط‌افکنه رخ داده باشد، به روشنی می‌توان چنین محدوده‌ای را فعال دانست. چنین نتیجه‌گیری را می‌توان از روی داده‌های تاریخی، عکس‌ها، عکس‌های هوایی گرفته شده در زمان‌های مختلف و داده‌های مهندسی و ریخت‌شناسی به‌دست آورد. به‌طور کلی برخی از شواهد مناطق فعال در مخروط‌افکنه، به شرح زیر می‌باشند [۶۰]:

- منشعب شدن الگوی رودخانه به شکل شعاعی به سمت پایین‌دست
- ظرفیت پایین آبراهه در هنگام اوج جریان، در رخدادهای سیلابی
- کاهش ظرفیت آبراهه به سمت پایین‌دست مخروط‌افکنه
- وجود آبراهه‌های متروک، ناپیوسته و یا پر شده در سطح مخروط‌افکنه
- وجود نهشته‌های نسبتا یکنواخت از رسوبات جدید در مقطع عرضی سطح مخروط‌افکنه
- وجود گوره‌های طبیعی ناشی از جریان‌های واریزه‌ای در پایین‌دست تارک مخروط‌افکنه
- فقدان توسعه خاک، شامل افق‌های کربناته و یا رسی
- تشابه رنگ و ویژگی‌های ظاهری در رسوبات بیرون آبراهه و داخل آبراهه
- وجود پوشش گیاهی نابالغ و یک‌ساله با رشد سریع مانند علف‌ها
- عدم وجود و یا کمیاب بودن پدیده‌هایی مانند سنگ فرش بیابان[5] و یا جلای بیابان[6]
- نبود رخنمون سنگی بر روی سطح مخروط‌افکنه یا داخل آبراهه‌ها

همچنین اگر یکی از شرایط زیر در سطوح مخروط‌افکنه‌ای قدیمی‌تر صدق کند، می‌توان این مناطق را تحت عنوان بخش‌های فعال مخروط‌افکنه بررسی نمود:

1- Bajada
2- Alluvial fan Apron
3- Active
4- Inactive
5- Desert Pavement
6- Desert Varnish

omoorepeyman.ir

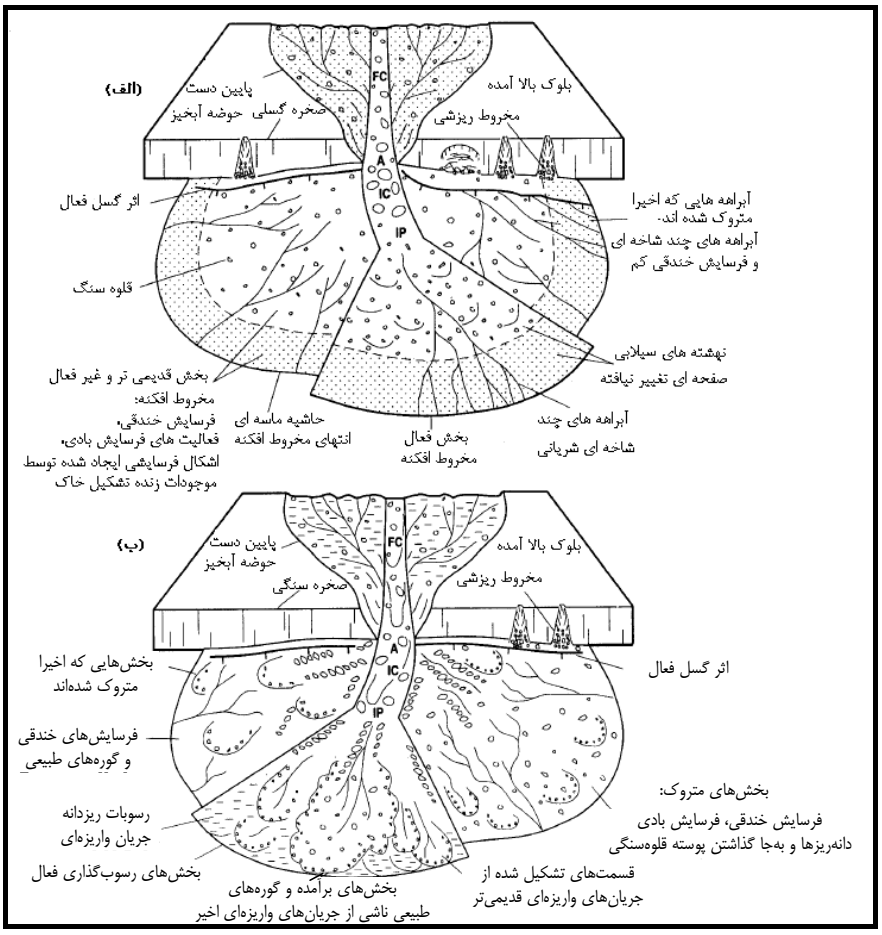
- محدوده رسوب‌گذاری که اخیرا فعال بوده، در حال مهاجرت به سطوح قدیمی‌تر مخروط‌افکنه باشد.
- اختلاف ارتفاع بین مناطقی از مخروط‌افکنه که در حال حاضر، رسوب‌گذاری بر روی آنها صورت می‌گیرد و سطوح رسوب‌گذاری قدیمی‌تر کم باشد.
- در بالا دست منطقه، مجال تغییر مسیر جریان که بتواند منجر به راهیابی آبراهه‌ها یا سیلاب‌های ورقه‌ای بر روی سطوح قدیمی‌تر شود، وجود داشته باشد.

در مقابل، محدوده‌های غیرفعال در مخروط‌افکنه، مناطقی هستند که شواهد پدیده‌های سازنده مخروط‌افکنه، شامل رسوب‌گذاری، فرسایش و سیلاب‌های با مسیر ناپایدار در آن‌جا وجود ندارد. در محدوده‌های غیرفعال نیز امکان وقوع سیلاب وجود دارد، گرچه حجم قابل توجهی از سیلاب در آبراهه اصلی بخش فعال جریان می‌یابد. مخروط‌افکنه‌های غیرفعال عموما در ارتباط با کوهستان‌هایی که از نظر زمین‌شناسی پایدار شده‌اند و کوهستان و کف دره نسبت به هم هیچ‌گونه حرکت عمودی ندارند (با توجه به توضیحات بند ۱-۶-۱)، به چشم می‌خورند. برخی شواهد شناسایی مناطق غیرفعال در مخروط‌افکنه‌ها، به شرح زیر می‌باشند:

- کاهش تعداد و انشعابات آبراهه‌ها به سمت پایین‌دست مخروط‌افکنه
- کافی بودن ظرفیت آبراهه، برای عبور یک سیلاب بزرگ
- وجود آبراهه‌های پیوسته که ظرفیت آنها به سمت پایین‌دست افزایش می‌یابد.
- فقدان نهشته شدن رسوبات جدید در سطح مخروط‌افکنه
- نبود نشانه‌های فعالیت جریان‌های واریزه‌ای در پایین‌دست تارک مخروط‌افکنه و محصور شدن چنین جریان‌هایی به شیب‌های کوهستانی بالادست
- توسعه نیمرخ خاک و تشکیل افق‌های کربناته و رسی
- قرمز شدن سطح خاک‌ها، رخنمون پدیده‌های جلای بیابان بر روی تخته سنگ‌ها و سنگفرش بیابان
- توسعه گیاهان بالغ با رشد آهسته
- وجود ناهمواری‌های توپوگرافی بارز در مقطع عرضی سطح مخروط‌افکنه
- وجود رخنمون سنگی در سطح مخروط‌افکنه و یا داخل آبراهه‌ها
- ایجاد شکاف و برش در سطح مخروط‌افکنه به وسیله زهکشی شاخه‌های رودخانه

محدوده‌های فعال و غیرفعال در شکل (۳-۳) که در آن ریخت‌شناسی مخروط‌افکنه‌های با جریان‌های حاوی غلظت معمولی و جریان‌های دارای غلظت بالای رسوب با یکدیگر مقایسه شده‌اند، نشان داده شده است. در این شکل، فرآیندهای اولیه فرسایش و رسوب‌گذاری در قسمت‌های فعال مخروط‌افکنه‌ها دیده می‌شوند. در قسمت‌های غیرفعال یا متروکه نیز غالبا فرآیندهای ثانویه فرسایشی مانند فرسایش خندقی و فرسایش‌های بادی در ریخت‌شناسی مخروط‌افکنه‌ها موثر می‌باشند. در مخروط‌افکنه‌های ناشی از سیلاب‌های با غلظت معمولی یک حاشیه ماسه‌ای در نوار انتهایی مخروط‌افکنه دیده می‌شود که در مخروط‌افکنه‌های ناشی از غلظت بالای رسوب، وجود ندارد. با توجه به این شکل، آبراهه‌های شریانی بیش‌تر در مخروط‌افکنه‌های با جریان‌های با غلظت معمولی رسوب و گوره‌ها و برآمدگی‌های حاصل از رسوب‌گذاری جریان‌های واریزه‌ای، بیش‌تر در مخروط‌افکنه‌های ناشی از رسوب‌گذاری جریان‌های با غلظت بالا وجود دارند.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۳- فرآیندهای اولیه و ثانویه در مخروط‌افکنه‌ها

الف- بر روی مخروط‌افکنه‌های با سیلاب‌های با غلظت معمولی غالب

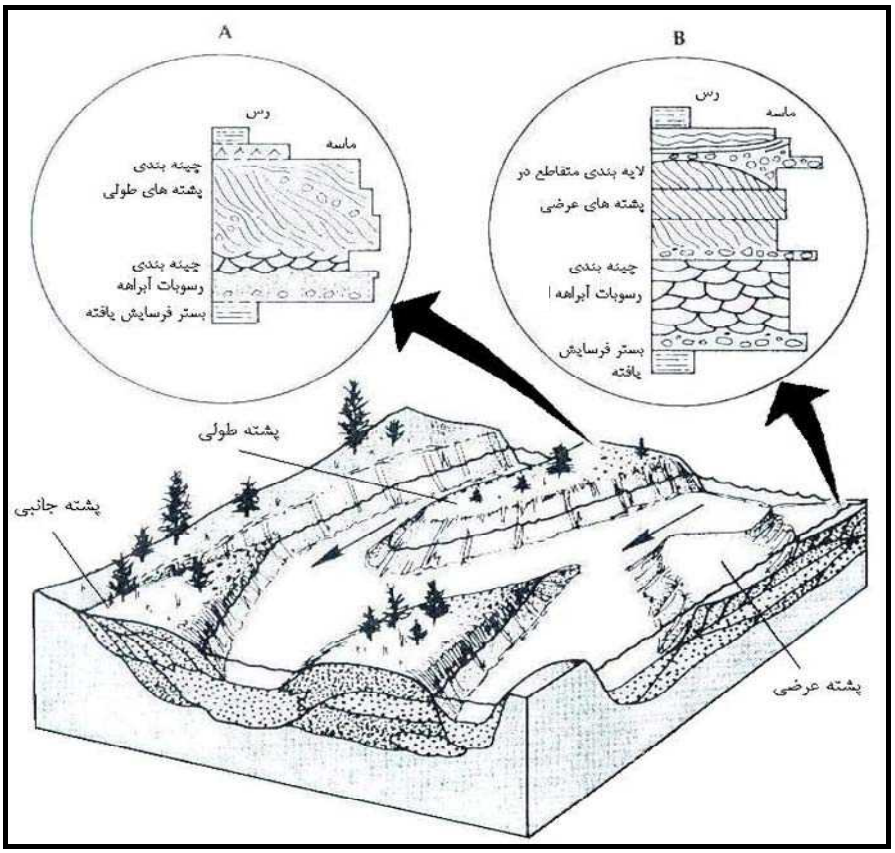
ب- بر روی مخروط‌افکنه‌های با فراوانی سیلاب‌های با غلظت بالای رسوب [۳۹] (علامت‌های اختصاری شامل A: تارک مخروط، FC: آبراهه زهکشی کننده حوضه آبخیز، IC: آبراهه با ایجاد کانال در مخروط‌افکنه، IP : نقطه تقاطع مخروط‌افکنه)

۳-۵- ویژگی‌های ریخت‌شناسی رودخانه‌ها در مخروط‌افکنه‌ها

رودخانه‌های جاری در مخروط‌افکنه، معمولا شریانی بوده و آبراهه‌های آن ممکن است در اثر رسوب‌گذاری، بسته یا جابجا گردد [۱۳]. شریانی و چندشاخه‌ای بودن این رودخانه‌ها به همراه حجم بالای رسوبات و درشت دانه بودن آنها از مشخصه‌های اصلی ریخت‌شناسی رودخانه‌ها در مخروط‌افکنه می‌باشد. این رودخانه‌ها دارای الگوی غیرسینوسی در پلان بوده، دارای درصد رس و سیلت کمی، به‌خصوص در بالای توالی رسوبی می‌باشند. به‌طوری که می‌توان گفت در این رودخانه‌ها یک توالی ریزشونده از لایه‌های تحتانی به سمت لایه‌های فوقانی دیده می‌شود [۸۶]. به‌طور معمول شیب این رودخانه‌ها زیاد می‌باشد و در این نوع رودخانه‌ها احتمال رخداد جریان‌های با غلظت بالای رسوب مانند سیلاب‌های واریزه‌ای و گلی وجود دارد [۱۶]. همچنین رودخانه‌های شریانی به خصوص در هنگام فروکش کردن آب و کاهش بده، بسیار عریض و کم عمق می‌باشند [۸۶].

omoorepeyman.ir

رودخانه‌هایی که دارای بستر شریانی هستند تمام بستر خود را در هنگام طغیان اشغال می‌کنند، به‌طوری که دیواره آبراهه را نیز آب می‌پوشاند. در هر طغیان، محل دیواره‌های آبراهه و مسیر جریان آب سریعا تغییر می‌کند و موجب جابجایی آبراهه و یا ایجاد پشته‌های رسوبی در مسیرهای رها شده می‌گردد. شکل (۳-۴) پشته‌های رسوبی را در مسیرهای رهاشده نشان می‌دهد. چنین پشته‌های رسوبی به وفور بر روی آبراهه‌های مخروط‌افکنه‌ای دیده می‌شوند. با توجه به شکل (۳-۴) پشته‌های رسوبی را بر حسب جهت رسوب‌گذاری آنها نسبت به جهت جریان، به سه نوع تقسیم می‌کنند. پشته‌های طولی که در جهت موازی با جریان نهشته می‌شوند. پشته‌های عرضی که عمود بر جهت جریان و پشته‌های جانبی که در جهت مایل نسبت به جهت جریان رسوب می‌کنند. در این شکل لایه‌بندی‌های رسوبی متعارف در انواع پشته‌های رسوبی نمایش داده شده است.



شکل ۳-٤- مدل رسوب‌گذاری در یک آبراهه شریانی، در توالی A رسوب‌گذاری قلوه سنگ‌ها درپشته‌های طولی و در توالی B لایه‌بندی متقاطع در پشته‌های عرضی نمایش داده شده است [۸۲] (پروترو و اسکواب[1]،1996).

تشکیل و تخریب پشته‌های رسوبی، نشان می‌دهد که رسوبات رودخانه‌های شریانی دارای یکنواختی نسبی از نظر دانه‌بندی (شن و ماسه) می‌باشند. میزان لایه‌های ریزدانه رسی- لایی نسبتا کم بوده و به‌ندرت در رسوبات ته نشین شده حفظ می‌شوند و عمدتا به وسیله جریان آب فرسایش می‌یابند. در یک بده طغیانی ضخامت رسوبات بستر ممکن است از حدود ۱۰ سانتی‌متر تا بیش از ۱۵ متر برسد که از درشتی رسوبات تدریجا از بالا دست به سمت پایین‌دست رودخانه کاسته می‌شود. رسوبات در طی یک سیلاب غالبا شامل چندین لایه با توالی زیر می‌باشند. به‌طور معمول در پایه توالی رسوبی یک افق ماسه و شن درشت قرار دارد که به وسیله یک لایه ماسه‌ای با چینه‌بندی مورب عرضی پوشیده

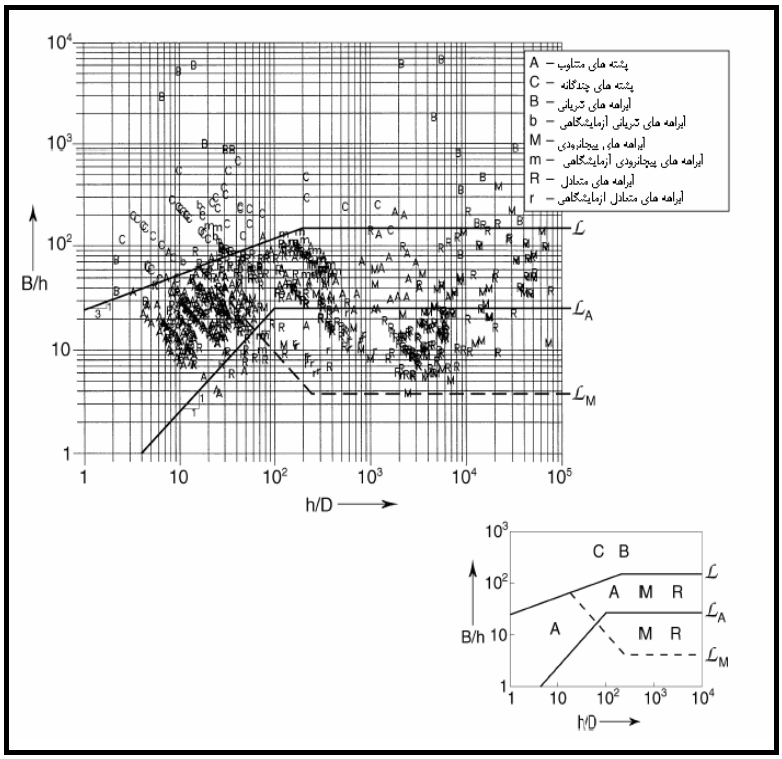
1- Prothero and Schwab

omoorepeyman.ir

شده است و روی این قسمت شن و ماسه ریز با چینه‌بندی مورب و لایه‌های چین‌خورده برجسته که در هنگام کاهش طغیان نهشته می‌شوند، قرار دارد [۱۲]. در طی چند سیلاب متوالی بر روی مخروط‌افکنه چنین توالی چندین‌بار بر روی مخروط‌افکنه نهشته می‌شود.

۳-۵-۱- آستانه تغییرات ریخت‌شناسی

شناسایی شرایط آستانه تغییرات ریخت‌شناسی آبراهه‌های شریانی، توسط محققین مختلف بررسی شده و روابط متعددی در این زمینه ارائه گردیده است که در پایان این بخش از راهنما، در جدول (۳-۱) خلاصه شده است. روابط مذکور شرایط حاکم بر مخروط‌افکنه را که سبب وجود ریخت‌شناسی شریانی در آبراهه‌های مخروط‌افکنه‌ای می‌شوند، مورد بررسی قرار می‌دهند. به‌طور کلی یک آبراهه با مقادیر معین بده جریان و رسوب، عرض، عمق و شیب خود را چنان تنظیم می‌کند که در شرایط تعادل، دارای توان جریان حداقل باشد. توان جریان در واحد طول آبراهه به‌صورت γQS بر حسب نیوتن بر ثانیه بیان می‌شود که در آن γ وزن مخصوص آب بر حسب نیوتن بر مترمکعب، Q بده جریان بر حسب مترمکعب بر ثانیه و S شیب آبراهه است. چند شاخه‌ای شدن رودخانه را می‌توان یک راه حل طبیعی جهت افت انرژی و کاهش توان رودخانه دانست. همین‌طور با توجه به یکی از جدیدترین و معتبرترین نظریه‌هایی که در این مبحث توسط یالین (Yalin, 2001) ارائه شده است، می‌توان شرایط لازم برای پیچانرودی شدن و یا شریانی شدن رودخانه‌ها و همچنین آستانه تبدیل آنها به یکدیگر را مطابق شکل (۳-۵) از روی نمودار لگاریتمی نسبت عرض به عمق جریان و نسبت عمق به قطر متوسط ذرات، مشاهده نمود [۹۴].



شکل ۳-۵- نمونه‌ای از بررسی‌های صورت گرفته توسط یالین (2001)

بدین ترتیب می‌توان گفت شریانی شدن در رودخانه‌ها، راه حلی است که یک رودخانه آبرفتی، آن‌را به کار می‌گیرد تا مقدار اختلاف بین شیب دره با شیب رژیم خود را به حداقل برساند. در رودخانه‌های شریانی این اختلاف با افزایش رژیم جریان به حداقل

omoorepeyman.ir

می‌رسد [۹۴]. همچنین فردسو[1] (۱۹۷۸) وضعیت ناپایداری بستر و تغییرات ریخت‌شناسی آن‌را به نسبت B/D در رودخانه‌ها نسبت داده است که در آن B عرض سطح آب و D عمق جریان بوده و واحد آنها متر می‌باشد و آستانه‌هایی را به شرح زیر پیشنهاد کرده است [۵۷].

الف- در رودخانه مستقیم $\frac{B}{D}\langle 8$

ب- در رودخانه‌های شریانی $\frac{B}{D}\rangle 60$

ج- در رودخانه‌های پیچانرودی $5\langle\frac{B}{D}\langle 15$

فرگوسن و کارسون[2] (۱۹۸۴) به این نتیجه رسیدند که می‌توان شرایط پیچانرودی و شریانی را با استفاده از توان واحد رودخانه‌ای با استفاده از رابطه (۳-۱) تفکیک نمود [۵۷].

$$P = \frac{Q.S}{A\sqrt{g.d^5}} \qquad (۳-۱)$$

که در این رابطه:

Q: بده جریان بر حسب مترمکعب بر ثانیه

S: شیب (بدون بعد)

A: سطح مقطع جریان بر حسب متر مربع

g: شتاب ثقل بر حسب متر بر مجذور ثانیه

d: اندازه متوسط ذرات مواد بستری و رسوبی بر حسب متر

به‌طوری‌که توان واحد جریان رودخانه بین ۵/۵ تا ۶/۵ همراه با پارامتر شیلدز بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۳ آستانه پیچانرودی شدن را و مقدار P بین ۱۲ تا ۲۲ توام با پارامتر شیلدز بین ۰/۰۹ تا ۰/۱ آستانه شریانی شدن را مشخص می‌کند [۵۷].

اصولا شریانی شدن درصورتی شروع و توسعه می‌یابد که بار بستری در حال حرکت در شرایط جریان متلاطم قرار گیرد. در این‌صورت معمولا عدد رینولدز بیش از ۵۰۰، شیب دره بیش از شیب رژیم جریان و پارامتر زبری هم برای بستر زیاد می‌باشد. علاوه بر معادلات ارائه شده در بالا، جدول (۳-۱) به‌طور کلی برخی از معتبرترین معادلات ارائه شده جهت مشخص نمودن شیب آستانه بین رودخانه‌های شریانی و پیچانرودی را نشان می‌دهد.

در جدول (۳-۱)، S شیب رودخانه (بی بعد)، Q_{maf} بده متوسط سالانه جریان بر حسب مترمکعب بر ثانیه، Q_{bf} بده مقطع پر بر حسب مترمکعب بر ثانیه، D_{50} قطر متوسط ذرات (بر حسب میلی‌متر) و D_{84} (بر حسب میلی‌متر) قطر مربوط به ذراتی هستند که ۸۴ درصد ذرات از آن ریزتر می‌باشند. لازم به ذکر است که علامت بردار در این جدول بدین معناست که اگر مقدار شیب رودخانه بیش‌تر از شیب به‌دست آمده براساس معادلات جدول باشد رودخانه شریانی و اگر کم‌تر از آن باشد رودخانه پیچانرودی است.

omoorepeyman.ir

1- Fredsoe
2- Fergosen and Carston

با توجه به این جدول، محققین مختلف روابط تجربی گوناگونی را در تعیین شیب آستانه بین آبراهه‌های پیچانرودی به شریانی انجـام داده‌اند که روابط ابتدایی تنها بر پایه بده بوده و روابط اخیر، به صورت تفکیک شده و با در نظر گرفتن شرایط بستر آبراهه ارائه شده‌اند.

جدول ۳-۱- برخی معادلات ارائه شده جهت مشخص نمودن شیب آستانه بین رودخانه‌های شریانی و پیچانرودی [۲۹]

ارائه دهنده	توضیحات	معادله
لئوپولد و ولمن (۱۹۵۷)	پیچانرودی ← شریانی	$S = 0.0125Q_{bf}^{-0.44}$
هندرسون (۱۹۶۱)	پیچانرودی ← شریانی	$S = 0.000196D^{1.14}Q_{bf}^{-0.44}$
آنتروپفکسی (۱۹۷۲)	پیچانرودی ← شریانی	$S = 1.4Q_{maf}^{-1}$
چانگ (۱۹۸۵)	پیچانرودی ← شریانی	$S = 0.000442Q_{bf}^{-0.42}D^{1.15}$
فرگوسن (۱۹۸۷)	پیچانرودی ← شریانی برای بستر شنی معادله عمومی در رودخانه‌ها پیچانرودی ← شریانی براساس تئوری پارکر و هندسه هیدرولیکی	$S = 0.042Q_{bf}^{-0.49}D_{50}^{0.09}$ $S = 0.042Q_{bf}^{-0.49}D_{90}^{0.27}$ $S = 0.0049Q_{bf}^{-0.21}D_{50}^{0.52}$

۳-۵-۲- تقسیم‌بندی انواع آبراهه‌ها از نظر پایداری

رودخانه‌ها بر روی مخروط‌افکنه‌ها پدیده‌ای پویا محسوب می‌شوند، زیرا علاوه بر خصوصیات بده جریان و رسوب، ابعاد، راستا و مسیر آن نیز پیوسته در تغییر است [۲۶]. اما پایداری آن بر حسب شدت تغییرات و نیز دوره زمانی مورد نظر نسبی بوده و افراد مختلف تعاریف متفاوتی را برای پایداری ارائه نموده‌اند. به‌طور کلی می‌توان آبراهه‌ها را از لحاظ پایداری به دو نوع ثابت و فرسایش‌پذیر طبقه‌بندی نمود [۱۲].

۳-۵-۲-۱- آبراهه‌های ثابت یا فرسایش‌ناپذیر[1]

به مجاری که دارای دیواره‌های صلب[2] باشند اطلاق می‌شود. در این‌گونه مجاری، کف بستر از نظر شکل ثابت بوده و اندازه سطح مقطع جریان و زبری آن تابع عوامل جریان نمی‌باشد. سرعت و تنش برشی در حدی است که موجب فرسایش و یا رسوب‌گذاری قابل توجه‌ای در آن نمی‌شود. در این‌گونه مجاری یا آبراهه‌ها، زبری بستر نسبت به زمان تغییر محسوسی نمی‌کند و عمق جریان تـابعی از بده جریان است [۱۲].

۳-۵-۲-۲- آبراهه‌های ناپایدار[3] یا متحرک[4]

این‌گونه آبراهه‌ها به مجاری اطلاق می‌شود که دارای دیواره‌ها و بستر فرسایشی یا متحرک می‌باشند. در این مجاری یا آبراهه‌ها، کف بستر در معرض عمل مداوم فرسایش و رسوب‌گذاری قرار داشته و بنابراین کف بستر ناپایدار می‌باشد و همواره مقداری بار معلق[5] و بار بستر[6] حمل می‌شود. در این‌گونه آبراهه‌ها مقاومت در مقابل جریان، میزان رسوبات حمل شده و هندسه یا سطح مقطع بیش‌تر به عمل متقابل جریان و بستر آبراهه بستگی دارد.

1- Non-Erodable Channel
2- Rigid Boundary
3- Erodable Channel
4- Mobile Boundary
5- Suspended Load
6- Bed Load

omoorepeyman.ir

بنابراین می‌توان گفت که در یک آبراهه ناپایدار عمق، عرض، شیب طولی و مسیر آبراهه در طول زمان و مکان متناسب با نوع جریان متغیر است. آبراهه‌های موجود بر روی مخروط‌افکنه‌ها را غالبا چنین آبراهه‌هایی تشکیل می‌دهند. به‌طور کلی جریان در رودخانه‌ها سه بعدی است یعنی علاوه بر جریان در جهت اصلی رودخانه، جریان‌های دیگری در امتداد عرضی و عمقی نیز وجود دارد و به‌عبارتی نوع جریان دارای پیچیدگی‌های خاص می‌باشد [۱۲].

گاهی در آنالیز مورفوتکتونیکی الگوی آبراهه‌ها و نیم‌رخ طولی رودخانه‌ها، با یک‌سری نقاط ناهمواری غیرطبیعی[1] برخورد می‌کنیم. این ناهمواری‌های غیرطبیعی که در حقیقت یک تغییر ناگهانی در شیب رودخانه را نشان می‌دهند، گویای نرخ متفاوت فرسایش در بالا و پایین این عوارض می‌باشند. وقتی نقاط ناهمواری غیرطبیعی در یک بستر آبرفتی رخ می‌دهند، صرف‌نظر از این‌که دلیل به وجود آمدن آنها گسلش، تغییر در مقاومت بستر و یا تغییر در سطح اساس یا تغییرات تکتونیکی باشد، جابجایی رسوبات به سرعت در جهت ملایم کردن این تغییر توپوگرافی عمل کرده و به‌وسیله فرسایش مقطع پرشیب آبراهه در بالادست و رسوب‌گذاری مجدد در پایین‌دست، اختلاف شیب مقطع طولی را هموار می‌کنند [۷۳].

۳-۵-۳- جابجایی آبراهه‌ها

بررسی تغییر مسیرهای احتمالی در گذشته‌های دور و نزدیک با استفاده از بررسی عکس‌های هوایی مسیر و تصاویر ماهواره‌ای، درک روشنی از روند تغییرات احتمالی آینده رودخانه ارائه می‌دهد. معمولا آبراهه‌های جابجا شده در عکس‌های هوایی با وضوح مناسب، قابل شناسایی است. بررسی علل تغییر مسیرهای احتمالی نیز یکی از مواردی است که لازم است در بررسی‌های ریخت‌شناسی آبراهه‌ها مد نظر قرار گیرد. از جمله این دلایل می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تغییر سطح اساس بستر یا مصب رودخانه به دلیل پدیده‌های زمین ساختی ناحیه‌ای یا محلی
- افزایش بده رسوب رودخانه در اثر افزایش میزان فرسایش خاک حوضه و یا وقوع حرکات دامنه‌ای در طول مسیر آبراهه
- دست‌کاری‌های مصنوعی نظیر برداشت یا ریختن مصالح در بستر طبیعی آبراهه [۲۰]

با وجود این‌که بده و بار رسوبی متغیرهای کلیدی تعیین کننده هندسه آبراهه هستند، ریخت‌شناسی یک آبراهه در هر یک از بازه‌های آن، نتیجه‌ای از اندرکنش پیچیده متغیرهای بسیاری می‌باشد. این متغیرها و فعل و انفعالات میان آنها در شکل (۳-۵) نشان داده شده‌اند. بعضی از این متغیرها می‌توانند به صورت داده‌های ورودی مستقل در یک محدوده مشخص آبراهه بررسی شده و برخی دیگر با تاثیرات متقابل یکدیگر را تعدیل کرده و در داخل محدوده مورد بررسی تغییرمی‌کنند.

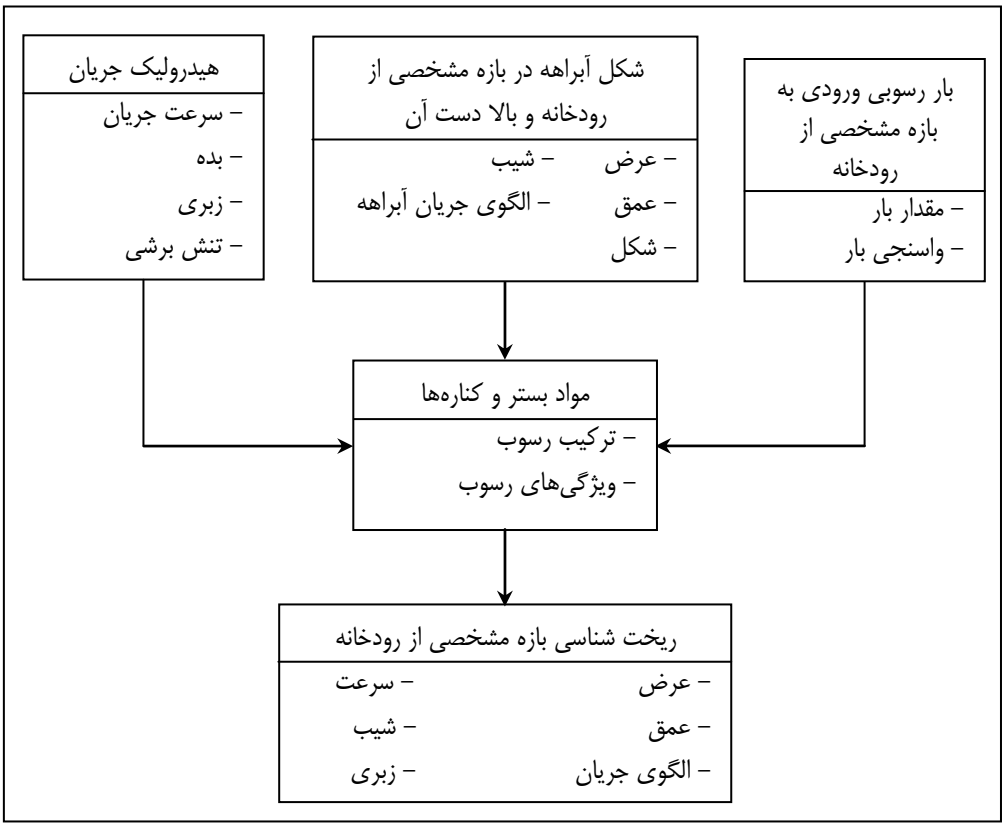
با توجه به شکل (۳-۶) موریساوا[2] (۱۹۸۵) شش مولفه یا درجه آزادی[3] ویژه آبراهه را که می‌توانند پاسخ‌گوی هریک از متغیرهای ورودی شامل عرض آبراهه، عمق آبراهه، الگوی جریان، شیب آبراهه، زبری و سرعت جریان باشند، مشخص کرد.

الگوی جریان در این‌جا، شامل تغییرات شکل مسطحه جریان می‌باشند، یعنی این‌که شکل رودخانه پیچانرودی، سینوسی (ضخامت خم‌ها)، بریده- بریده و یا مستقیم باشد. همچنین زبری ویژگی منعکس‌کننده بافت رسوبی، پوشش گیاهی و یا سایر فاکتورهایی که تمایل به کند کردن جریان دارند، می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۳-۶) می‌بینید، با توجه به نظریه موریساوا

1- Knickpoints
2- Morisawa
3- Degree Of Freedom

omoorepeyman.ir

هیدرولیک جریان، شکل آبراهه در بازه مزبور و بالادست آن و نیز بار رسوبی ورودی به بازه عوامل تعیین کننده ترکیب و ویژگی‌های رسوب در بستر و کناره‌های بازه می‌باشند. بدین ترتیب می‌توان ریخت‌شناسی بازه مشخصی از رودخانه را با استفاده از عوامل مـذکور تعیین کرد [۷۸].



شکل ۳-٦- متغیرهای موثر در تغییرات ریخت‌شناسی آبراهه‌ها (موریساوا، ۱۹۸۵)

از این‌رو در بررسی‌های جابجایی رودخانه‌ها، مطالعه عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (که به‌صورت پوشش کامل ایران در سال ۱۹۵۵ تهیه شده است) یا ۱:۲۰۰۰۰ و مقایسه آنها با عکس‌های هوایی جدیدتر تهیه شده و یا تصاویر ماهواره‌ای به همراه بازدیدهای مستقیم صحرایی توصیه می‌گردد [۲۰].

۳-۵-٤- نقش جریان‌های با غلظت بالای رسوب بر پویایی ریخت‌شناسی آبراهه‌ها

غلظت بالای رسوب سیلاب‌های واریزه‌ای می‌تواند رفتار متفاوت از جریان با غلظت معمولی رسوب در رودخانه‌های مخروط افکنه‌ای داشته باشد. برخی از این تفاوت‌ها مانند وزن مخصوص، در طبیعت به‌صورت کمی[1] و سایرتفاوت‌ها، تفاوت‌های توصیفی و کیفی هستند که در مقایسه با جریان آب با غلظت معمولی رسوب وجود دارند [۵۳].

اثرهای جریان‌های واریزه‌ای بر روی جریان رودخانه‌ها به شرایط جریان آب (بده و عمق جریان و وقوع سیلاب)، ویژگی ریخت‌شناسی و زمین ریخت‌شناسی واریزه‌ها (نظیر فضای بین آنها و اندازه واریزه‌ها) و ویژگی‌های ریخت‌شناسی بستر آبراهه بستگی دارد.

1- Quantitative

omoorepeyman.ir

معمولا با افزایش بده رودخانه‌ها، اندازه قطعات نهشته شده از واریزه‌ها افزایش می‌یابد. به علاوه بر اندازه رسوبات و حجم واریزه‌ها با افزایش پهنای رودخانه، افزوده می‌شود. دلیل این امر این است که احتمال فرسایش جانبی با پهن‌تر شدن بستر جانبی رودخانه‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه، مخروط‌های واریزه‌ای در کناره دره‌ها فرصت ترسیب می‌یابند. درصورتی‌که در دره‌های تنگ با دیواره‌های پرشیب که در مواقعی از سال سیلاب‌های بزرگی رخ می‌دهد، مخروط‌افکنه‌های واریزه‌ای فرصت توسعه پیدا نخواهند کرد.

رسوبات واریزه‌ای در رودخانه‌ها می‌توانند به عنوان عامل مقاومت هیدرولیکی جریان، عمل کرده و موجب افزایش عمق جریان شوند و به این ترتیب با افزایش تراز آب در بالادست، روی فرآیندهای فرسایشی، به‌ویژه در بخش‌های بالادست رودخانه تاثیر خواهند داشت. علاوه بر این واریزه‌ها می‌توانند با رسوب‌گذاری در یک طرف رودخانه، شرایط مساعد برای خمیده شدن مسیر جریان رودخانه فراهم ساخته و موجب ایجاد پیچانرود در رودخانه‌ها گردند. در شرایطی که آب‌های جاری در مسیر جریان خود به واریزه‌های انباشته شده برخورد کنند، ضمن رها کردن واریزه‌ها از بخش جریان آب، با هر برخورد به مانع، مسیر خود را خمیده‌تر نموده و به فرسایش دیواره‌های مقابل می‌پردازند که این عمل به مرور موجب عریض‌تر شدن دره‌ها می‌گردد. واریزه‌های انباشته شده در وسط دره‌های تنگ کوهستانی، شکل‌های بستر، نظیر چالاب‌ها و پشته‌ها را نیز پدید می‌آورند که این اشکال در طول زمان موقتی هستند و می‌توانند با وقوع یک سیل بزرگ از بخش‌های بالادست و میانی دره‌ها برداشته و در بخش‌های پایین‌دست نهشته شوند.

حضور تخته سنگ‌ها و قلوه سنگ‌های نسبتا بزرگ در پای مخروط‌افکنه‌های واریزه‌ای و یا در کناره آنها در دراز مدت، می‌تواند ویژگی‌های مخروط‌افکنه واریزه‌ای و دره‌ها را تغییر دهد. قلوه‌سنگ‌های بزرگ در پای مخروط‌افکنه‌های واریزه‌ای، حداقل دو تاثیر عمده بر روی پویایی رودخانه‌های منطقه دارند. اول این‌که به عنوان عناصر ناهموار بزرگ در طول جریان رودخانه عمل می‌کنند و ضریب زبری را افزایش می‌دهند. دوم این‌که تخته سنگ‌های بزرگ در پای مخروط‌افکنه‌های واریزه‌ای، رسوبات رها شده از بالا دست دره‌ها را در طول مسیر به دام می‌اندازند و به مرور، آنها را پایدار می‌سازند و در پشت خود، پشته‌هایی متشکل از واریزه‌ها را تشکیل می‌دهند. این پشته‌ها در داخل دره‌ها به عاملی برای جابجایی جانبی جریان رودخانه و انحراف جریان به طرف دیواره دیگر دره و در نتیجه سایش آن تبدیل می‌گردند. ممکن است جریان واریزه‌ای با ادامه عمل فرسایش در پای دیواره‌ی رودخانه، ریزش دیواره را نیز موجب شود [۱۱].

کاهش شیب بستر رودخانه بر روی مخروط‌افکنه انرژی جریان رودخانه را کاهش داده و ظرفیت حمل رسوبات را به شدت کم می‌کند، در نتیجه رسوب‌گذاری شدید و پرشدن آبراهه اصلی رودخانه را در پی دارد که این عامل موجب طغیان رودخانه شده و سطح وسیعی از زمین‌های اطراف رودخانه در پهنه سیلابی قرار می‌گیرند [۶].

۳-۶- تاثیر سازه‌های متقاطع بر ریخت‌شناسی آبراهه‌ها

با توجه به حجم بالای رسوب انتقالی به خصوص در مواقع رخداد جریان‌های با غلظت بالای رسوب (به فصل دوم رجوع شود) و نیز شدت و سرعت وقوع چنین جریان‌های سیلابی در مخروط‌افکنه‌ها، مطالعه و بررسی دقیق آثار هر یک از این اقدامات و برنامه‌ریزی انجام و بهره‌برداری بهینه از این‌گونه سازه‌ها، به‌خصوص سدهای مخزنی در راستای کاهش پیامدهای نامطلوب ریخت‌شناسی، امری ضروری می‌باشد.

omoorepeyman.ir

با توجه به ناپایدار بودن مسیر آبراهه‌ها در مخروط‌افکنه‌ها، پل‌ها با تغییر دادن الگوی رفتاری رودخانه‌ها، تاثیری زیادی بر ریخت‌شناسی آبراهه‌های مخروط‌افکنه‌ای دارند. احداث پل‌ها، حتی الامکان در نزدیکی تارک که از پایدارترین نواحی مخروط‌افکنه به شمار می‌رود، باید صورت گیرد.

وجود یک یا چند بازشدگی مجزا در پل و یا در یک خاکریز جاده‌ای معمولا نمی‌تواند ظرفیت معادل حالت طبیعی را ایجاد کند. بستر رودخانه در بازشدگی پل‌ها، ممکن است جهت تامین ظرفیت کافی برای عبور آب، فرسایش یابد. همچنین رسوبات می‌توانند در بالادست پل تجمع یافته و با بالا بردن سطح آب در دوره زمانی چند ساله و سرانجام با انسداد بخشی از آبگذر زیر پل، تاثیر قابل توجهی را بر ریخت‌شناسی اعمال نموده و خسارات زیادی را برای اراضی و دارایی‌های اطراف رودخانه به همراه بیاورند [۸۹].

در گذشته سازه‌های متقاطع بر روی مخروط‌افکنه‌ها، اغلب به صورت یک بازشدگی اصلی در زیر پل، به همراه تعداد کمی بازشدگی ثانویه بودند و جریان در آبراهه‌های بالا دست به سمت این بازشدگی‌ها هدایت می‌شد. به علت طبیعت پویای بسیاری از سامانه‌های مخروط‌افکنه‌ای هدایت جریان به سمت مسیر خاص تمایل به ناپایدار شدن دارد، حتی اگر اقدامات مهار سیلاب نیز صورت گرفته باشد.

به‌طور کلی، راه‌حل‌هایی که از تغییرات محسوس در ریخت‌شناسی رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای جلوگیری می‌کنند عبارتند از:

- احداث سازه‌های متقاطع رودخانه‌ای در نزدیک تارک مخروط‌افکنه، در جایی‌که غالبا یک آبراهه واحد وجود دارد.
- طراحی دهانه پل به‌طوری که قسمت اعظم عرض مخروط‌افکنه (عمود بر جریان) را در بر بگیرد.

در مواردی‌که مخروط‌افکنه نسبتا بزرگ باشد راهکار اول ممکن است نیاز به انحراف مسیر جاده و طولانی نمودن آن شود و راه حل دوم نیز به‌طور غیرقابل پذیرشی، پرهزینه گردد. لذا در این‌گونه موارد راه‌حل سومی به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

راه حل سوم این است که سازه متقاطع را بر روی مخروط‌افکنه، در مناطق میانی و یا مناطق با آورد آب و رسوب پایین‌تر با بازشدگی‌های پل و یا کالورت مجزا از هم و با در نظر گرفتن عوامل هیدرولیکی و زیست محیطی موثر بر مخروط‌افکنه، احداث کنیم.

در این زمینه پیشنهاداتی به شرح زیر جهت احداث سازه‌های متقاطع در مخروط‌افکنه‌ها توصیه می‌شوند:

- با استفاده از عکس‌های هوایی و نقشه‌های قدیمی رفتار مخروط‌افکنه، به ویژه از نظر جابجایی آبراهه‌ها بررسی شود.
- مسیرهای محتمل آبراهه‌ها براساس مسیرهای فعلی آبراهه‌ها و نیز رفتار گذشته آنها تعیین شده و محل بازشدگی‌های پل و کالورت مشخص شود.

همچنین در طراحی اندازه بازشدگی‌های پل‌ها و سطح بازشدگی و تنظیم سطوح پی، بهتر است موارد زیر بررسی شود:

- نهشته‌های موجود در سیلابدشت و آبراهه اصلی رودخانه بررسی شود.
- شرایط جریان و انتقال رسوبات در آبراهه اصلی رودخانه بررسی شود.
- پتانسیل رسوب‌گذاری یا فرسایش در بازه‌های مختلف رودخانه بررسی گردد.
- به منظور فراهم سازی امکان مقایسه شرایط آبراهه در زمان‌های آتی، نیمرخ طولی و مقاطع عرضی مخروط‌افکنه با جزییات کافی برداشت و مستند شوند [۸۹].

به علت باز و پهن بودن توپوگرافی مخروط‌افکنه، احداث سدهای مخزنی در محدوده‌های پایین‌تر از تارک مخروط‌افکنه امکان پذیر و مقرون به صرفه نمی‌باشد. لذا بهترین محل جهت احداث سدهای مخزنی در محل تارک مخروط‌افکنه بوده و با توجه به حجم بالای رسوب ورودی، معمولا تدابیر خاصی جهت تله اندازی رسوبات صورت می‌گیرد. تله اندازی رسوبات در مخزن، جریان آب عاری

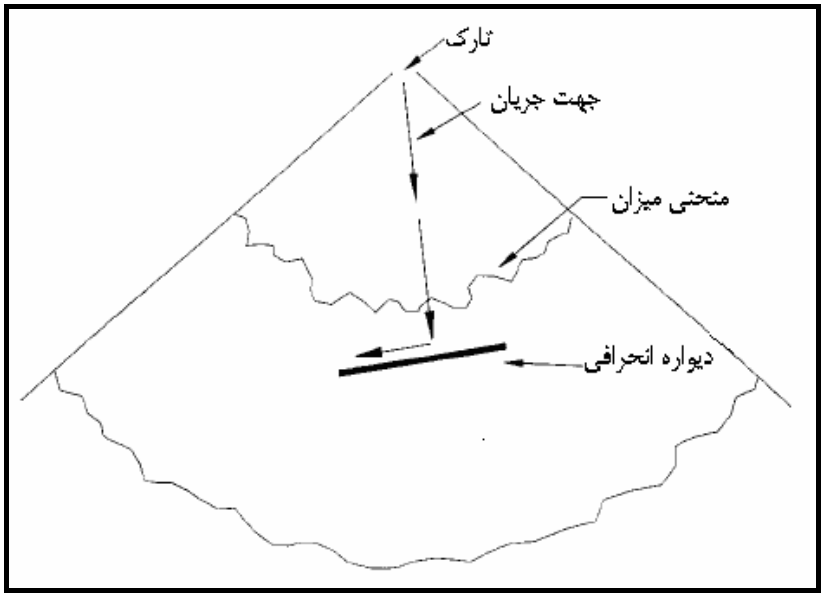
omoorepeyman.ir

از رسوب را از سد خارج کرده و این جریان برای جبران کمبود رسوب خود و رسیدن به ظرفیت انتقال، نه تنها مانند الگوی رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای، رسوب‌گذاری نکرده بلکه فرسایش و افت عمومی تراز بستر آبراهه را در پایین‌دست به همراه دارد [۲۰].

با توجه به سیل‌خیز بودن محیط‌های مخروط‌افکنه‌ای و نیز فرسایش‌پذیری بالای دیواره آبراهه‌ها، در صورت احداث آبشکن در کناره‌های رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای، مقطع طبیعی جریان تنگ شده و مسیرجریان ناپایدار می‌شود و آبراهه مسیر جدید را در پی می‌گیرد. به این ترتیب، سازه آبشکن غیرفعال شده و بدون استفاده می‌گردد. لذا با توجه به ناپایداری آبراهه‌ها در مخروط‌افکنه‌ها و نیز تاثیر آبشکن‌ها بر الگوی رفتاری سامانه رودخانه، احداث چنین سازه‌هایی بر روی مخروط‌افکنه توصیه نمی‌شود.

به‌طور کلی اگر اقدامات ساماندهی رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید این سازه‌ها را به قدر کافی در بالا دست امتداد داد تا از سرریز سریع جریان جلوگیری کرد و یا این‌که این سازه‌ها آنقدر مستحکم باید باشند که در مقابل جریان‌های با سرعت بالایی که غالبا در مخروط‌افکنه رخ می‌دهند، مقاومت نمایند [۸۹].

یکی از سازه‌های مدیریت سیلاب بر روی مخروط‌افکنه، همان‌طورکه در شکل (۳-۷) دیده می‌شود، از یک دیواره انحرافی که جریان را از منطقه مورد حفاظت دور می‌کند، تشکیل شده است. در محل ورودی وقتی‌که جریان در ابتدا با سازه مواجه می‌شود شیب کانال از پرشیب به کم شیب تغییر یافته و نیز وقتی‌که جریان از پایین‌دست سازه خارج می‌شود شیب جریان از کم شیب به پرشیب تغییر می‌کند. چنین تغییری موجب رسوب‌گذاری در محل برخورد جریان با دیواره انحرافی شده و فرسایش در نقطه خروج جریان از سازه، ایجاد می‌کند [۶۴].



شکل ۳-۷- محل قرارگیری سازه انحراف سیلاب

در طراحی دیواره‌های انحرافی، طول و ضخامت رسوب‌گذاری متغیرهای اصلی هستند که باید برآورد شوند. با توجه به شکل (۳-۸) این رابطه مدل ساده زیر را در ارزیابی این پارامترها، به‌دست می‌دهد:

$$d_{max} = \frac{(S_2 - S_1)L}{8} \qquad (۳-۲)$$

که در این رابطه:

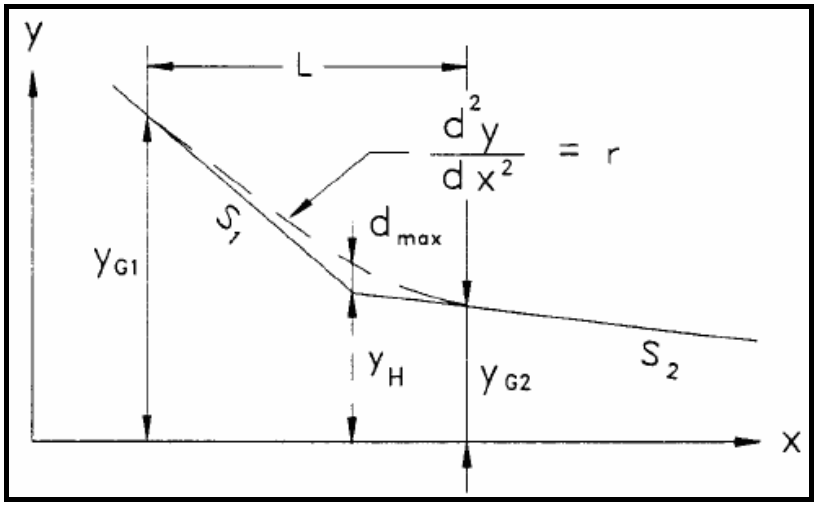
omoorepeyman.ir

d_{max}: حداکثر ضخامت فرسایش یا رسوب‌گذاری برحسب متر

S_2: شیب طولی بازه ۲ برحسب درصد

S_1: شیب طولی بازه ۱ برحسب درصد

L: طول افقی رسوب‌گذاری یا فرسایش برحسب متر



شکل ۳-۸- نمایش شماتیک متغیرهای مورد استفاده در رابطه (۳-۲)

در شکل (۳-۸) عوامل رابطه(۳-۲) ارائه شده است. y_{G1} و y_{G2} به ترتیب ارتفاع نقطه شروع و پایان محدوده رسوب‌گذاری یا فرسایش در اثر سازه بوده و y_H ارتفاع در محل سازه، پیش از رخداد فرسایشی یا رسوب‌گذاری می‌باشد [۶۴].

omoorepeyman.ir

فصل ۴

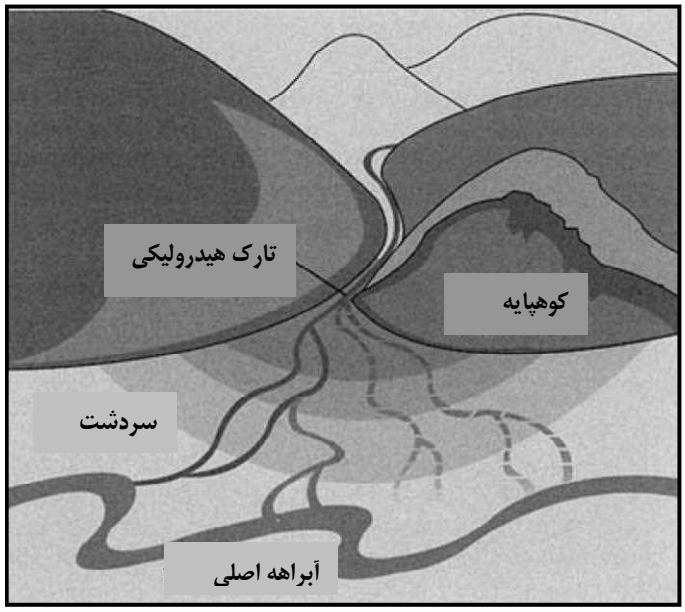
هیدرولیک جریان در مخروط‌افکنه

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

٤-۱- کلیات

مخروط‌افکنه‌ها در مناطقی توسعه پیدا می‌کنند که جریان‌های رودخانه‌ای یا واریزه‌ای از بازه‌های پر شیب با بستر‌های باریک و نسبتا مستقیم به مناطق کم شیب با ظرفیت حمل رسوب کم تخلیه می‌شوند [۶۵]. در مخروط‌افکنه‌ها عمق رودخانه از چند دهم متر تا چند متر متغیر است. در ساده‌ترین حالت، هندسه مخروط‌افکنه به صورت یک مخروط ساده و یک تارک می‌باشد که در آن جریان آب مسیری تقریبا شعاعی را به سمت پایین‌دست مخروط‌افکنه طی می‌نماید. شکل (۴-۱) شمایی از یک مخروط‌افکنه ساده با یک تارک و بدون تعمیق شدگی آبراهه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود خطوط میزان مخروط‌افکنه دارای تحدب به سمت پایین‌دست می‌باشند که در نزدیکی تارک به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند. به علاوه مناطقی که اخیرا تحت تاثیر جریان آب یا واریزه نبوده‌اند به صورت خطوط بریده بریده و مناطقی که از تارک منشا گرفته و اخیرا جریان آب را منتقل نموده‌اند به صورت خطوط پر و سینوسی مشاهده می‌شوند [۵۶].



شکل ٤-۱- شمایی از یک مخروط‌افکنه ساده با یک تارک و بدون تعمیق شدگی و شکاف

تمامی نیمرخ‌های عرضی مخروط‌افکنه‌ها غالبا محدب هستند و به دلیل شکل متمایزی که دارند به آسانی قابل تشخیص می‌باشند. البته در مناطقی که چند تارک منشای تشکیل مخروط‌افکنه هستند و یا در مناطقی که رسوب‌گذاری در طول دره تحت تاثیر تعریض تدریجی و یا کاهش شیب باشد، وضوح شکل مخروط‌افکنه دیگر وجود نخواهد داشت و تشخیص کمی مشکل می‌شود. رسوبات در سطح مخروط‌افکنه عمدتا توسط جریان رودخانه‌ای (جریان آبراهه‌ای و جریان ورقه‌ای) و جریان واریزه‌ای منتقل می‌شوند. توجه به این مساله حایز اهمیت است که در مخروط‌افکنه بین جریان آبراهه‌ای و جریان ورقه‌ای مرز مشخصی وجود ندارد، با این وجود جریان آبراهه‌ای شامل آن بخش از جریان رودخانه است که در آبراهه اصلی رودخانه جریان دارد ولی جریان ورقه‌ای عمدتا در سیلابدشت جریان می‌یابد.

مشاهدات و بررسی های صحرایی نشان داده‌اند که بین شدت فرآیند رسوب‌گذاری و تشکیل مخروط‌افکنه ارتباط مستقیم وجود دارد، به‌طوری‌که ریخت‌شناسی برخی از مخروط‌افکنه‌ها به دلیل شرایط آب و هوایی خاصی که دارند، دائما در حال تغییر است درصورتی‌که برخی دیگر از مخروط‌افکنه‌ها توسعه بطئی و کند دارند و تغییرات آب و هوا در قرون اخیر موجب تعمیق و تثبیت بستر رودخانه‌ها شده است [۵۶].

omoorepeyman.ir

چون جریان‌های واریزه‌ای و جریان‌های معمولی از نظر فرآیندهای رسوبی و ریخت‌شناسی کاملا متفاوت می‌باشند، برای پیش‌بینی دقیق خطر سیلاب، تشخیص احتمال وقوع این دو جریان بسیار مهم است. لذا باید بین مخروط‌افکنه‌های جریان رودخانه‌ای با جریان واریزه‌ای تمایز قایل شد. بنابراین ابتدا مشخصات مخروط‌افکنه‌های رودخانه‌ای، واریزه‌ای و مرکب به اختصار آورده شده است [۵۶].

٤-۲- انواع مخروط‌افکنه‌ها از دیدگاه هیدرولیک جریان

٤-۲-۱- مخروط‌افکنه‌های جریان رودخانه‌ای[1]

در مخروط‌افکنه‌های جریان رودخانه‌ای سیلاب‌ها همراه با پدیده‌های رسوبی، رفتار هیدرولیکی جریان را شکل می‌دهند. در آنها بر خلاف سیلابدشت‌ها علاوه بر خطر سیلاب، خطر فرسایش و رسوب نیز وجود دارد. فرآیندهای رسوبی تاثیر آنی بر روی زمان وقوع سیلاب و تاثیر بطئی در سازماندهی مجدد رسوبات مخروط‌افکنه‌ها دارند. در مخروط‌افکنه‌های جریان رودخانه‌ای، آبراهه‌ها از تارک به سمت پایین‌دست منشعب می‌شوند و در طول این انشعابات رسوب‌گذاری به صورت جزایری در کناره و وسط کانال انجام می‌شود. در هنگام وقوع سیلاب این رسوبات به دلیل سست بودن، فرسایش یافته موجب تغییر جهت جریان می‌شوند. در برخی از مخروط‌افکنه‌های جریان رودخانه‌ای، تداوم سیلاب به مدت چند ساعت یا روز موجب فرسایش رسوبات و در نتیجه تعریض رودخانه می‌شود. درحالی‌که در برخی دیگر از مخروط‌افکنه‌ها، پشته‌های رسوبی موجب جابجا شدن مسیر رودخانه و ایجاد تحدب در دیواره به مقدار چندین متر می‌شوند. بدین ترتیب با آبشستگی و رسوب پی در پی در بستر رودخانه ظرفیت انتقال جریان در طی سیلاب‌ها تغییر می‌کند [۵۶].

به دلیل کاهش ابعاد آبراهه در اثر فرآیند رسوب‌گذاری در دراز مدت، در هنگام بروز سیلاب جریان ساحلی ایجاد می‌شود و بدین ترتیب جریان کم عمق کانالیزه نشده به‌طور تقریبا یکنواخت سطح گسترده‌ای را تحت پوشش قرار می‌دهد (جریان ورقه‌ای)[2]. در پایین‌دست مخروط‌افکنه‌های جریان رودخانه‌ای، جریان ورقه‌ای به صورت سطحی و یا در اثر ایجاد جریان ساحلی در سطح وسیعی ایجاد می‌شود. جریان گل‌آلود سیلاب سطحی حتی در صورتی که سرعت و عمق آن کم باشد، می‌تواند خسارات فراوانی به بار آورد [۵۶].

هنگامی‌که در مخروط‌افکنه‌ها بار رسوبی جریان کاهش و در نتیجه ظرفیت حمل رسوب افزایش یابد، فرآیند کنش جایگزین فرآیند رسوب‌گذاری می‌شود. بنابراین با کف کنی بستر، جریان آب در آبراهه در سطحی پایین از سطوح مجاور خود قرار می‌گیرد و بدین ترتیب پدیده جدا شدن زمین رخ می‌دهد. بدین ترتیب این آبراهه‌ها عمیق شده و عمده جریان را از خود عبور می‌دهند، به‌طوری‌که یک یا تعداد کمی آبراهه، جریان را به سمت پاشنه مخروط‌افکنه هدایت می‌کنند. در اثر وقوع پدیده جداشدگی[3]، در هنگام وقوع سیلاب با انجام پدیده آبشستگی، مسیر جریان جدید ایجاد شده و آب از مسیر اصلی خود فرار می‌کند. این فرآیند ممکن است با تخریب ناگهانی دیواره‌ها و یا سرریز تدریجی جریان سیلاب شروع شود. بدین ترتیب به دلیل تحدب مقطع مخروط‌افکنه، جریان آب به مناطق با شیب تندتر رسیده و با کف کنی مسیر جدیدی را ایجاد می‌نماید. در کل تشخیص مقاطع ضعیف و مستعد جدا شدگی رودخانه امری دشوار بوده و به خصوص زمانی که جریان منحرف می‌شود و دارای ظرفیت حمل کم و قدرت کنش بالا می‌باشد، به‌راحتی نمی‌توان مسیر جدید جریان را پیش‌بینی کرد و با بررسی‌های صحرایی و یا با مدل‌های ریاضی انتقال رسوب غیر ممکن است در طول چند دهه بتوان محل رسوب‌گذاری در بستر رودخانه‌ها و فرسایش دیواره‌هایی را که ممکن است باعث جداشدگی جریان شوند را پیش‌بینی نمود [۵۶].

1 -Streamflow Fans
2 -Sheet Flood
3 -Avulsion

omoorepeyman.ir

٤-۲-۲- مخروط‌افکنه‌های جریان واریزه‌ای[1]

مخروط‌افکنه‌های جریان واریزه‌ای به مخروط‌افکنه‌هایی گفته می‌شود که در نتیجه جریان واریزه‌ای[2] ایجاد می‌شوند. خصوصیات ریخت‌شناسی، رسوب شناختی و چینه شناختی مخروط‌افکنه‌های واریزه‌ای با مخروط‌افکنه‌های رودخانه‌ای متفاوت می‌باشد به علاوه آنها منشای خطراتی هستند که با مخاطرات ناشی از جریان‌های خطی یا ورقه‌ای رودخانه‌ای تفاوت‌های زیادی دارند. مشخصات جریان گلی واریزه مشخص‌کننده وضعیت رسوب‌گذاری و ریخت‌شناسی نهایی مخروط‌افکنه می‌باشد. این مشخصات بستگی به بزرگی جریان و خصوصیات جریان واریزه (نسبت رسوب به آب و مقدار رس) دارد [۵۶].

پیش‌بینی مقدار و فراوانی جریان واریزه‌ای با توجه به عدم ثبت کافی جریان‌های واریزه‌ای در ایستگاه‌های اندازه‌گیری از پیش‌بینی سیلاب‌های معمولی مشکل‌تر می‌باشد. در یک روش معمول، برای تعیین سیلاب واریزه‌ای از بده اوج جریان آب با یک درصد احتمال وقوع استفاده می‌شود به‌طوری‌که حجم اوج سیلاب را با توجه به نسبت رسوب به آب افزایش می‌دهند تا جریان واریزه‌ای اخیر را تخمین بزنند. ممکن است برای جریان‌های با غلظت رسوب بالا که در اثر فرآیندهای هیدرولیکی به وجود می‌آیند جواب معقولی ارائه دهد ولی این نتایج را نمی‌توان برای جریان‌های واریزه‌ای که ناشی از فرآیندهای هیدرولیکی نیستند و در واقع ناشی از گسیختگی جرمی[3] می‌باشند، به کار برد. اشتباه عمده‌ای که معمولا در برآورد جریان‌های واریزه‌ای پیش می‌آید این است که فرض مستقل بودن سیلاب‌های ناشی از بارش و یا ذوب برف، برای پدیده جریان واریزه‌ای منطقی نمی باشد چون با بروز جریان واریزه‌ای منبع رسوبی مولد آن از محل حذف می‌شود و رویداد یک جریان واریزه‌ای در یک سال باعث کاهش منبع رسوبی مولد آن و در نتیجه کاهش احتمال وقوع جریان واریزه‌ای در سال‌های بعد می‌شود. خوشبختانه امکان تشخیص مناطق مستعد تولید جریان واریزه‌ای برای دوره زمانی قابل ملاحظه‌ای از طریق مشاهدات صحرایی وجود دارد. برای مثال عمق زیاد رسوبات روی سنگ بستر نشان دهنده این است که جریان واریزه‌ای برای دوره زمانی قابل ملاحظه ای عبور نکرده و بنابراین شرایط به گونه‌ای است که امکان انتقال مقدار زیادی از رسوبات به سمت پایین‌دست مخروط‌افکنه وجود دارد. چنین مشاهداتی همراه با آنالیز احتمالاتی عوامل ایجاد پدیده گسیختگی جرمی (بارش یا ذوب برف) برای برآورد ریسک جریان واریزه‌ای در تارک استفاده می‌شوند. برآورد سیلاب واریزه‌ای بسیار زمانبر می‌باشد چون به منظور برآورد مقدار جریان واریزه‌ای محتمل نیاز به اطلاعات حجم رسوب جریان‌های واریزه‌ای قدیمی و یا دره بالادست مخروط‌افکنه می‌باشد [۵۶].

در بالادست مخروط‌افکنه‌های واریزه‌ای آبراهه‌ها اغلب بدون انشعاب هستند و پدیده‌های جابجایی و جریان ساحلی در آنها به ندرت رخ می‌دهد اما در پایین‌دست مخروط‌افکنه با کاهش شیب و کاهش ظرفیت حمل آبراهه جریان ساحلی ایجاد می‌شود. در مخروط‌افکنه‌های با ضخامت زیاد قلوه سنگ، به دلیل عدم قطعیت خصوصیات و مقدار جریان‌های واریزه‌ای بعدی پدیده جدا شدگی جریان واریزه‌ای به سختی قابل پیش‌بینی است. علایم تشخیص احتمال وقوع پدیده جداشدگی جریان‌های واریزه‌ای به قرار زیر می‌باشد.

- وجود رسوبات مستعد خطر روانگرایی به‌طوری‌که با وقوع اوج جریان، جریان واریزه‌ای بیش‌تر از ظرفیت انتقال آبراهه می‌شود.
- معبر اصلی توسط رسوبات گذشته بسته می‌شود.
- دیواره‌های رودخانه در نزدیکی تارک یا در مجاورت مکان‌های مسدود شده در بستر اصلی رودخانه نسبتا کوتاه هستند.

1- Debris Flow Fans

۲- جریان واریزه‌ای به حرکت بسیار سریع خرده‌های سنگ و خاک اطلاق می‌شود که طی آن گیاهان و مصالح سست خاکی و سنگی در امتداد یک سطح سنگی مشخص یا نامشخص به سمت پایین دست حرکت می‌کنند.

3- Mass Failure

omoorepeyman.ir

- سطح مخروط‌افکنه در مناطق با احتمال وقوع پدیده جداشدگی دارای توپوگرافی خاصی هستند.

برای تعیین پتانسیل جریان ساحلی واریزه و پخش آن باید ظرفیت انتقال مقاطع مختلف بستر را برای جریان‌های واریزه‌ای پایین‌دست مخروط‌افکنه تعیین نمود. لازم به ذکر است که خصوصیات جریان رسوبات واریزه‌ای در تعیین ظرفیت انتقال بستر رودخانه نقش مهمی دارد. در مناطق پایین‌دست مخروط‌افکنه‌های جریان واریزه‌ای جریان ورقه‌ای به‌طور گسترده در سطح مخروط‌افکنه پخش می‌شود [۵۶].

٤-۲-۳- مخروط‌افکنه‌های مرکب

مخروط‌افکنه‌های مرکب هم تحت تاثیر جریان رودخانه‌ای و هم جریان واریزه‌ای قرار دارند. اهمیت نسبی هر یک از این جریان‌ها در مخروط‌افکنه‌ها بستگی به موقعیت مخروط‌افکنه، رویدادها و تغییرات اقلیمی و تجمع آرام واریزه‌ها بعد از یک دوره فعالیت جریان واریزه‌ای دارد [۵۶].

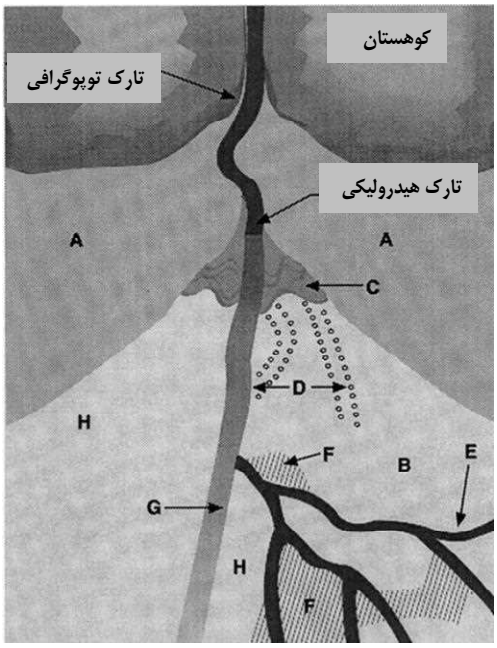
به‌طور کلی، غالبا جریان واریزه‌ای در بالا دست مخروط‌افکنه‌های مرکب رخ می‌دهد و ممکن است از پهنه دارای جریان رودخانه‌ای نیز عبور کند. مساله مهم برای پیش‌بینی خطر سیلاب در مخروط‌افکنه‌های متاثر از جریان واریزه‌ای این است که به هم خوردن سامانه‌ی آبراهه‌ای توسط جریان واریزه‌ای می‌تواند موجب تغییر دراز مدت خصوصیات سیل در مرز مخروط‌افکنه شود. به علاوه بعد از این‌که جریان واریزه‌ای حجم زیادی از رسوبات را در بالا دست مخروط‌افکنه ته نشین نمود، جریان رودخانه‌ای در وقایع بعدی ممکن است با پخش رسوبات در پایین‌دست موجب ناپایداری و رسوب‌گذاری در آبراهه و در نتیجه کاهش ظرفیت انتقال جریان شود [۵۶].

٤-۳- طبقه‌بندی انواع جریان‌ها در مخروط‌افکنه‌ها

مطالعه انواع جریان در مخروط‌افکنه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا برای مدل‌سازی جریان و تعیین آن در بخش‌های مختلف مخروط‌افکنه و پهنه‌بندی سیل و تعیین حریم بستر در مخروط‌افکنه‌ها در ابتدا باید نوع و خصوصیات هیدرولیکی جریان مشخص گردد. در شکل (۴-۲) نقشه‌ای ارائه شده است که جریان‌های مذکور را به‌طور شماتیک نشان می‌دهد. در این شکل ناحیه A از بالا دست واریزه و رواناب دریافت نمی‌کند و سطح قدیمی و پایدار مخروط‌افکنه (غیرفعال) می‌باشد. ناحیه B مانند ناحیه A پایدار است منتها ارتفاع آن کم‌تر از ناحیه A است و به علاوه در اثر بسته شدن مسیر جریان توسط رسوب و واریزه، سیلاب در آن رخ نمی‌دهد. نواحی C و D به ترتیب پهنه‌های رسوب سنگ و خاک توسط جریان واریزه‌ای می‌باشند. در ناحیه E جریان‌های منشعب وجود دارد به‌طوری‌که در آنها پدیده‌های آبشستگی، رسوب‌گذاری، جابجایی یا جداشدگی در طول سیلاب‌های اخیر مشاهده نشده و می‌توانند همه یا بخش اعظم سیلاب حاصل از معادلات انتقال سیل را از خود عبور دهند. در ناحیه F جریان به صورت ورقه‌ای می‌باشد. در ناحیه G پدیده جابجایی رودخانه رخ می‌دهد و رفتار آتی این پهنه قابل پیش‌بینی نیست. ناحیه H تحت تاثیر ناحیه G قرار گرفته و پدیده‌های جریان ساحلی[۱]، جابجایی آبراهه و جدا شدن در آن ایجاد می‌شود [۵۶].

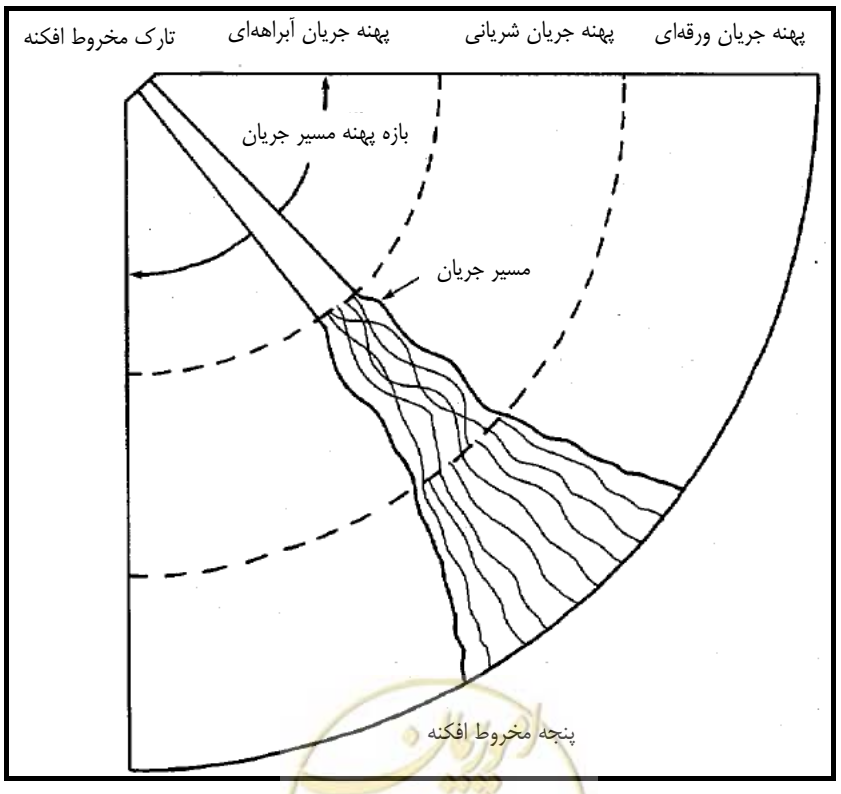
omoorepeyman.ir

۱- over bank flooding: جریان مازاد بر ظرفیت طبیعی رودخانه که در شرایط سیلابی در سیلابدشت مجاور رودخانه جاری می‌شود.



شکل ٤-۲- مثالی از شکل‌های مختلف جریان آب و رسوب

جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی به صورت جریان مستقیم (شامل جریان آبراهه‌ای و جریان شریانی)، جریان ورقه‌ای و جریان واریزه‌ای می‌باشد. مشخصات هر یک از این جریان‌ها در ادامه آورده شده است. در شکل (۴-۳) محدوده تحت پوشش انواع جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی نشان داده شده است.



شکل ٤-۳- محدوده تحت پوشش انواع جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی [٦٧]

omoorepeyman.ir

٤-۳-۱- جریان مستقیم

جریان مستقیم شامل آبراهه‌های عمیق تثبیت شده یا شبکه‌ای از آبراهه‌ها می‌باشد که عموما در بخش‌های غیرفعال مخروط‌افکنه آبرفتی قرار دارند. جریان در تارک مخروط‌افکنه پایدار است و به سمت پایین‌دست ناپایدار می‌شود. البته کنش بستر آبراهه با تغییر شرایط هیدرولیکی در پایین‌دست مخروط‌افکنه می‌تواند موجب پایدار شدن کانال‌های ناپایدار شود. به علاوه ممکن است اقدامات انسانی مثل اصلاح بستر آبراهه‌ها (به‌طور مستقیم) یا تغییر کاربری اراضی (به‌طور غیرمستقیم) موجب پایدار شدن آبراهه‌ها شود [۵۶].

٤-۳-۱-۱- جریان آبراهه‌ای

این آبراهه‌های پایدار درنواحی فعال مخروط‌افکنه‌ها و عموما در نزدیکی تارک مخروط‌افکنه قرار گرفته‌اند. رفتار هیدرولیکی این آبراهه‌ها مشابه آبراهه‌های معمولی می‌باشد و می‌توان رفتار هیدرولیکی جریان آب و رسوب را با روش‌های یک بعدی شبیه‌سازی نمود [۵۶].

٤-۳-۱-۲- جریان شریانی

در مخروط‌افکنه‌ها معمولا درست در پایین تارک مخروط‌افکنه جریان در یک بستر منفرد جاری می‌باشد و همان‌طورکه این جریان به سمت پایین‌دست پیش‌روی می‌نماید به چند بستر ناپایدار تفکیک می‌شود. این رودخانه‌های منشعب یا شریانی تحت تاثیر فرآیندهای فرسایش و رسوب در کف وکناره بستر و پدیده‌های مهاجرت و جداشدگی و تشکیل بسترهای جدید می‌باشند. این جریان معمولا روی بسترهای شنی و ماسه‌ای کم عمق ایجاد می‌شود و بسترهای تازه شکل گرفته معمولا دارای پوشش گیاهی کم‌تری نسبت به بسترهای رودخانه‌ای قدیمی‌تر هستند [۵۶].

٤-۳-۲- جریان ورقه‌ای

طبق تعریف، جریان بسیار کم عمق و پخش شده در عرض، جریان ورقه‌ای نامیده می‌شود [۷۱]. این جریان در پایین‌دست مخروط‌افکنه با عمق کم و کناره‌های نامشخص آبراهه ایجاد می‌شود. در این مناطق جریان آب و رسوب به صورت ورقه‌ای پخش شده و بستر رودخانه آن را محدود نمی‌کند. جریان ورقه‌ای ممکن است در قسمت‌هایی که جریان آب از آبراهه جدا شده و نمی‌تواند آبراهه جدیدی تشکیل دهد و یا در پایین‌دست مخروط‌افکنه که با کم شدن شیب و پیوستن چند آبراهه کم عمق به هم دیگر ظرفیت انتقال آبراهه کاهش می‌یابد، ایجاد شود. چون در این مناطق رسوبات ریزدانه و آب کم عمق می‌باشد در طی بارش‌های طولانی مدت بستر مخروط‌افکنه اشباع شده، بنابراین به هنگام ورود جریان آب از بالادست، بروز جریان ساحلی موجب ایجاد جریان ورقه‌ای می‌شود. رسوبات ریزدانه به این دلیل در ایجاد جریان ورقه‌ای موثر هستند که مواد رسی موجود در آنها در اثر رطوبت متورم شده و در ابتدای رویداد بارش سطح مخروط‌افکنه غیر قابل نفوذ می‌شود. با توجه به این‌که این نوع جریان قادر است حجم زیادی از رسوب را توسط آب کم عمق در طول مسیر پیش‌بینی نشده جابه جا کند، به عنوان جریان سیلابی در مخروط‌افکنه دسته بندی می‌شود. معمولا این جریان وارد یک شبکه زهکشی می‌شود اما گاهی قبل از رسیدن به زهکش، مستهلک می‌شود. این جریان در سطوح توپوگرافی کم شیب و فاقد سامانه‌ی زهکشی مناسب به وقوع می‌پیوندد. جهت جریان ورقه‌ای غالبا غیر قابل پیش‌بینی است بنابراین به هنگام بررسی خطر سیل‌گیری باید همه نواحی که ممکن است تحت تاثیر جریان ورقه‌ای قرار گیرند را از نظر خطر یکسان فرض نمود [۵۶].

omoorepeyman.ir

٤-۳-۳- جریان واریزه‌ای

جریان واریزه‌ای ترکیبی از آب، رسوب (شامل قلوه سنگ، سنگ، شن، سیلت و رس)، مواد آلی و سایر مواد واریزه‌ای است که گل روان شبیه به بتن مرطوب را ایجاد می‌نماید. به‌طور قراردادی جریان‌های گلی که غلظت رسوب آنها از نظر وزنی ۴۰ تا ۸۰ درصد (از نظر حجمی ۶۰-۲۰ درصد) باشد جریان‌های با غلظت بالا نامیده می‌شوند. این جریان یا در اثر فرسایش آبراهه یا دامنه در طول رویداد بارش و یا مستقیما از ریزش واریزه ایجاد می‌شود. ابعاد و فراوانی جریان واریزه‌ای ناشی از رواناب بارش، بستگی به مقدار مواد سست فرسایش‌پذیر، بزرگی و فراوانی رویداد بارش، تراکم و نوع پوشش گیاهی و ظرفیت رطوبتی خاک دارد. جریان واریزه‌ای ممکن است موجب رسوب‌گذاری مقدار زیادی واریزه در آبراهه و در نتیجه کاهش ظرفیت انتقال آن و پخش آب در سطح گسترده‌ای در پایین‌دست مخروط‌افکنه شود [۷۷].

خصوصیات این جریان با جریان‌های ورقه‌ای و مستقیم متفاوت می‌باشد. تشخیص بخش‌هایی از مخروط‌افکنه که جریان واریزه‌ای رخ می‌دهد نیاز به آزمایش رسوبات جریان گذشته دارد. تشخیص رسوبات جریان واریزه‌ای از سایر رسوبات موجود در مخروط‌افکنه با استفاده از تفاوت‌های شکل ظاهری رسوبات، پستی و بلندی‌های آن، چینه‌شناسی و جدا شوندگی رسوبات صورت می‌گیرد [۵۶].

چگالی (۱/۸ تا ۲ برابر چگالی آب) و لزجت (تقریبا ۱۰۰۰۰ برابر لزجت آب) جریان واریزه‌ای زیاد می‌باشد و همچنین سرعت آن نیز (۳ تا ۱۰ متر بر ثانیه) زیاد می‌باشد. این جریان‌ها قادر هستند تخته سنگ‌ها، قطعه چوب‌های بزرگ، اتومبیل‌ها و... را حمل نموده و بدین ترتیب موجب انسداد معابر، انحراف جریان و بروز خسارت گردند. مواد حمل شده توسط جریان‌های واریزه‌ای در سطح مخروط‌افکنه باقی می‌مانند و پاک کردن بستر آبراهه و مناطق شهری از آثار آنها بسیار پر هزینه می‌باشد. سرعت جریان‌های واریزه‌ای بستگی به مشخصات هندسی و شیب آبراهه و میزان غلظت و نوع رسوبات دارد. هر چه سرعت جریان آب بیش‌تر باشد، جریان آشفته‌تر است اما در جریان واریزه‌ای افزایش غلظت رسوبات باعث کاهش سرعت و در نتیجه کاهش آشفتگی جریان می‌شود [۵۶].

٤-٤- تعیین ضریب زبری هیدرولیکی جریان

برای تعیین ضریب زبری عوامل موثر در کاهش انرژی ناشی از اصطکاک بستر و آب در نظر گرفته می‌شود. عوامل موثر در تعیین ضریب زبری جریان و نحوه تعیین آن در راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها (نشریه شماره ۳۳۱ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور – وزارت نیرو) آورده شده است [۱۹]. در تعیین ضریب زبری باید به این مساله توجه داشت که علاوه بر جریان مستقیم در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی، جریان‌های ورقه‌ای و واریزه‌ای نیز وجود دارد. در جریان ورقه ای مقدار زبری ناشی از شعاع هیدرولیکی جریان افزایش می‌یابد [۹۴].

٤-۵- هیدرولیک جریان

در خصوص ویژگی‌های هیدرولیکی جریان آب و رسوب در مخروط‌افکنه‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

- عدم قطعیت مسیر جریان در مخروط‌افکنه
- ته نشست ناگهانی رسوبات
- فرسایش شدید و ناگهانی دیواره‌های رودخانه

omoorepeyman.ir

- رها شدن ناگهانی رسوبات در هنگام وقوع جریان واریزه‌ای
- وجود انرژی کافی برای انتقال رسوبات درشت در جریان‌های کم عمق
- عدم محدودیت توپوگرافی در سطح مخروط‌افکنه و احتمال ایجاد اشکال غیرقابل پیش‌بینی در آن

مدل‌سازی ریاضی رودخانه‌ها برمبنای حل عددی معادلات دیفرانسیل حاکم بر جریان استوار است. پایه‌گذاری این تکنیک در قرن نوزدهم توسط سنت و نانت و بوسینک با تنظیم معادله جریان غیردائم انجام شد. در واقع مفاهیم تئوری مهم در نیمه اول قرن اخیر بسط یافته است. البته کاربرد مهندسی این مفاهیم در رودخانه‌های طبیعی پس از پیدایش کامپیوترها (۱۹۵۳-۱۹۵۲ میلادی) آغاز شده است [۵۲]. مطالعه هیدرولیک جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی به دلیل این‌که این مناطق دارای توسعه سریع هستند و شهرهای مهمی مانند تهران، گرمسار و... بر روی آنها تشکیل شده و به علاوه آب زیرزمینی موجود در لایه‌های زمین‌شناسی مخروط‌افکنه‌ها منابع مناسبی برای آب آشامیدنی هستند دارای اهمیت می‌باشد [۶۴]. با توجه به خصوصیات مخروط‌افکنه‌ها هیدرولیک جریان در آنها در چهار بخش هیدرولیک جریان آبراهه‌ای، شریانی، ورقه‌ای و جریان با غلظت بالای رسوب شرح داده می‌شود.

٤-٥-١- هیدرولیک جریان آبراهه‌ای

برای محاسبات هیدرولیک جریان آبراهه‌ای از روابط ارائه شده مربوط به تحلیل یک بعدی جریان استفاده می‌شود.

٤-٥-٢- هیدرولیک جریان در رودخانه‌های شریانی

چنانچه جریان اصلی جداشدگی‌های افقی در طول یک ردیف داشته باشد، آنگاه حرکت خطوط جریان متوسط به صورت پیچشی شده و در سطح بستر پشته‌ها در یک ردیف قرار می‌گیرند. بدین ترتیب جریان اصلی با حرکت موجی خود شکل کناره‌های بستر را تغییر می‌دهد بدین ترتیب بزرگی خم آبراهه اصلی به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد. افزایش خم آبراهه موجب افزایش طول و در نتیجه کاهش شیب آبراهه و سرعت جریان می‌شود. اگر تعداد جداشدگی‌های افقی اصلی دو یا بیش‌تر باشد تعداد پشته‌های افقی نیز دو یا بیش‌تر می‌شود. در ساده‌ترین وضعیت فرض می‌کنیم که جدا شدگی افقی جریان دو تا می‌باشد. بدین ترتیب آبراهه اصلی توسط پشته‌ها مسدود می‌شود و کناره‌های آن تغییر شکل می‌دهند. بدین ترتیب عرض جریان به‌طور پیوسته افزایش و عمق آن کاهش می‌یابد و پشته‌ها همچون جزیره ظاهر می‌شوند و فواصل بین این جزایر نیز لجنی می‌شود و یک آبراهه اصلی به n آبراهه تقسیم می‌شود. توسعه انشعابات در جهت جریان عمومی x (در هر زمان ثابت) یکسان است. در سطح آبرفت، آبراهه شروع به سرریز کردن می‌کند به‌طوری‌که عرض آن افزایش و عمق آن در طول محور افقی کاهش می‌یابد [۶۰].

چنانچه K_S و S را به ترتیب ارتفاع زبری و شیب سطح آبرفت در نظر بگیریم می‌توانیم فرض کنیم که بده جریان در هر یک از n آبراهه‌ها به مقدار $Q_n=Q/n$ و مقدار S و K_S در همه این آبراهه‌ها یکسان می‌باشد. معادله سرعت در آبراهه‌های عریض به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$V = C\sqrt{gSh} \qquad (۱-۴)$$

که در این رابطه:

V: سرعت متوسط جریان (بر حسب m/s)

C: ضریب جریان شزی (بدون بعد)

omoorepeyman.ir

g: شتاب ثقل (بر حسب m/s^2)

S: شیب بستر (بدون بعد)

H: عمق جریان (بر حسب m) می‌باشد.

ضریب جریان شزی از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$C = \text{const}\left[\frac{h}{k_s}\right]^{\frac{1}{6}} \qquad (۲-۴)$$

برای آبراهه‌های متوالی n و $n+1$ و با استفاده از رابطه (۴-۲) خواهیم داشت:

$$\frac{V_{n+1}}{V_n} = \left[\frac{h_{n+1}}{h_n}\right]^{\frac{2}{3}} \qquad (\text{برای هر n}<۱) \qquad (۳-۴)$$

که در این رابطه:

K_S: ارتفاع زبری ذرات سطح بستر برحسب متر

h: ارتفاع جریان (بر حسبm)

این رابطه نشان می‌دهد افزایش پیوسته n همراه با کاهش تصاعدی h موجب کاهش v می‌شود [۶۰].

مطابق با دستورالعمل FEMA (۱۹۸۵) مقدار عمق جریان در نقطه انشعاب رودخانه در مخروط‌افکنه با انجام آزمون و خطا توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$y = \left[0.0917(n)^{0.6}(s)^{-0.3}(Q)^{0.36}\right] + \left[0.001426(n)^{-1.2}(s)^{0.6}(Q)^{0.48}\right] \qquad (۴-۴)$$

که در این رابطه:

y: عمق جریان (بر حسب ft)

n: ضریب مانینگ مخروط‌افکنه

S: شیب مخروط‌افکنه (بدون بعد)

Q: مقدار جریان (بر حسب ft^3/s) می‌باشند

در محدوده آبراهه‌های منشعب محدوده سرعت جریان توسط رابطه زیر مشخص می‌شود.

$$Q = 99314(n)^{4.17}(s)^{-1.25}(u)^{4.17} \qquad (۵-۴)$$

که در این رابطه u: سرعت (بر حسب ft/s) و Q مقدار جریان (بر حسب ft^3/s) می‌باشند.

مقدار ضریب K با استفاده از لوگ پیرسون تیپ III و انحراف استاندارد بده محاسبه می‌شود.

$$K = (\log Q - Z)/S_Z \qquad (۶-۴)$$

که در این رابطه:

Z : متوسط تبدیل

S_Z: انحراف استاندارد تبدیل می‌باشند [۵۴].

به منظور محاسبه مقادیر Z و S_Z چنانچه ضریب چولگی صفر نباشد، باید این پارامترها با استفاده از روابط زیر محاسبه شوند.

omoorepeyman.ir

$$\overline{Z} = m + lambda / a \quad (۶-۴)$$

$$S_{Z^2} = 2 / lambda^{1.2} \quad (۷-۴)$$

چنانچه ضریب چولگی صفر باشد (توزیع لوگ نرمال)، پارامترها به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$\overline{Z} = \overline{X} + 0.92S^2 \quad (۸-۴)$$

$$S_Z = S \quad (۹-۴)$$

متغیرهای m، lambda و a به صورت زیر محاسبه می‌شوند. البته اگر ضریب چولگی صفر باشد (توزیع لوگ نرمال)، لازم نیست متغیرهای تبدیل محاسبه شوند.

$$m = \overline{x} - 2S / G \quad (۱۰-۴)$$

$$Olpha = 2 / GS \quad (۱۱-۴)$$

$$Lambda = 4 / G^2 \quad (۱۲-۴)$$

$$a = Olpha - 0/92 \quad (۱۳-۴)$$

که در این رابطه:

$\overline{x}$ و S: خطای استاندارد و متوسط داده‌ها

G: ضریب چوگلی

احتمال وقوع بده (P) با درون‌یابی مقادیر (K) محاسبه می‌شود و پس از آن مقدار کمان مخروط‌افکنه Q با رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$w = 3610(A)(C)(P) \quad (۱۴-۴)$$

که در این رابطه:

A: ضریب جداشدگی

W: عرض کمان مخروط‌افکنه (بر حسب ft)

C: ضریب تبدیل است [۵۴]

٤-٥-٣- هیدرولیک جریان ورقه‌ای

مناطق تحت پوشش جریان ورقه‌ای را می‌توان با استفاده از اطلاعات تاریخی، پرسش‌نامه‌های محلی (با انجام بازدید منطقه) و بررسی نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی مشخص نمود. البته مطالعه جزییات مربوط به جریان‌های ورقه‌ای به دلیل مشکلات مربوط به کمبود داده‌های مورد نیاز و پرهزینه با مشکل مواجه می‌باشد. جریان ورقه‌ای عموما در سطح منطقه وسیع با پستی و بلندی کم ایجاد می‌شود و عمق جریان ورقه‌ای کم‌تر از یک فوت می‌باشد. عموما محاسبه عمق نرمال با تعیین سطح جریان موثر و استفاده از اطلاعات توپوگرافی موجود، اطلاعات تاریخی و قضاوت مهندسی با استفاده از روابط تجربی جریان نظیر فرمول مانینگ انجام می‌شود [۶۳].

بده اوج سیلاب ۱۰۰ ساله باید با استفاده از روش مناسب در ابتدای شروع جریان ورقه‌ای محاسبه شود. در صورت عدم وجود آبراهه مصنوعی و موانع طبیعی، جریان به‌طور یکنواخت در سطح پخش می‌شود. بنابراین اطلاعات مقطع عرضی و شیب برای محاسبه عمق متوسط جریان در سطح منطقه تهیه می‌شود. در جایی که نقشه توپوگرافی کوچک مقیاس موجود است می‌توان مقطع

omoorepeyman.ir

عرضی را در پهنه جریان ورقه‌ای به‌طور مستقیم از روی نقشه به‌دست آورد. به‌طور معمول عمق متوسط جریان در مقطع عرضی معرف منطقه، یعنی متوسط کلیه مقطع‌ها که از نقشه توپوگرافی به‌دست می‌آید در نظر گرفته می‌شود [۶۳].

٤-٥-٤- هیدرولیک جریان با غلظت بالای رسوب

بالا رفتن درصد رسوب در جریان موجب برخورد رسوبات به همدیگر و اتلاف انرژی جریان می‌گردد و بنابراین باعث افزایش زبری هیدرولیکی و کاهش ضریب سرعت می‌شود [۷]. برای تعیین ضریب سرعت تعدادی رابطه با استفاده از مرجع شماره [۴۳] ارائه شده است.

٤-٥-٤-١- روابط تاکاهاشی[1]

همان‌طور که در بند (۲-۴-۴-۱) اشاره شد، تاکاهاشی جریان واریزه‌ای را به دو دسته بالغ و نابالغ تقسیم کرده و برای هر دسته رابطه جداگانه‌ای ارائه نمود. این رابطه برای جریان واریزه‌ای نابالغ به صورت زیر می‌باشد [۹۳].

$$\frac{U}{U*}=0.7\left(\frac{D}{d_{50}}\right) \qquad (۱۵-۴)$$

که در این رابطه:

U: سرعت متوسط جریان (بر حسب m/s)

U_*: سرعت برشی جریان (بر حسب m/s)

D: عمق جریان (بر حسب m)

d_{50}: قطر ذرات به‌طوری‌که ۵۰ درصد ذرات قطری بیش‌تر از این مقدار داشته باشد (بر حسب m)

تاکاهاشی برای جریان واریزه‌ای بالغ رابطه زیر را ارائه نمود [۹۶].

$$\frac{U}{U*}=0.4\left(\frac{D}{d_{50}}\right) \qquad (۱۶-۴)$$

٤-٥-٤-٢- رابطه آرای[2]

آرای برای جریان‌های با غلظت بالا رابطه زیر را ارائه نمود:

$$\frac{U}{U_*}=\frac{1}{k}\left[L_n\frac{1+\sqrt{1+\psi^2}}{z_0+\sqrt{z_0+\psi^2}}+\sqrt{1+\psi^2}+\psi\right] \qquad (۱۷-۴)$$

$$z_0=\frac{K_s}{30D} \qquad (۱۸-۴)$$

$$\psi^2=\lambda^2\left(\alpha_0/K_s\right)\left(\rho_s/\rho_t\right)\left(d_{50}/D\right)^2 \qquad (۱۹-۴)$$

که در این رابطه:

K_s: ضخامت زبری برحسب متر

1- Takahashi
2- Arai

omoorepeyman.ir

k: ثابت کارمن و برابر ۰/۴ (بدون بعد) می‌باشد.

α: ضریب اصطکاک داخلی رسوب (بدون بعد)

ρ_t: جرم حجمی سیال (بر حسب kg/m^3)

ρ_s: جرم مخصوص رسوب (بر حسب kg/m^3)

λ: غلظت خطی رسوب است که به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\lambda = \left[\left(\frac{C_*}{C} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right]^{-1} \qquad (۲۰-۴)$$

که در این رابطه:

C_*: غلظت حجمی رسوب در بستر (بدون بعد)

C: غلظت حجمی رسوب جریان (بدون بعد) [۴۱]

٤-٥-٤-٣- رابطه بنی‌حبیب

بررسی نشان می‌دهد که روابط ارائه شده برای جریان‌های با غلظت بالا فقط برای محدوده خاصی از پارامترهای جریان و رسوب صادق بوده و خارج از آن محدوده خطای زیادی دارند. بنابراین رابطه زیر برای محدوده کل جریان‌های با غلظت بالا بر مبنای فرضیه اثر غلظت بر پارامترهای جریان آشفته ارائه گردید [۸]:

$$\frac{U}{U*} = -1.44 + (7.5 - 7C)\log\left(\frac{D}{d_{50}}\right) \qquad (۲۱-۴)$$

در کلیه روابط ارائه شده برای جریان‌های با غلظت بالا، زبری ناشی از دانه‌های رسوب با زبری ناشی از غلظت جریان با هم برآورد شده بنابراین ضریب سرعت روابط یاد شده مجموع اثر زبری دانه‌های رسوب و غلظت جریان را لحاظ نموده است.

٤-٦- تحلیل جریان

به دلیل تغییرات زیاد خصوصیات هیدرولیکی جریان از تارک مخروط‌افکنه تا پاشنه آن هیچ روش مشخصی برای محاسبه سیلاب در مخروط‌افکنه وجود ندارد. در بخش کانالیزه و نزدیکی تارک مخروط‌افکنه تحلیل جریان با روش یک بعدی غیردائم انجام می‌گیرد و از محلی که جریان منشعب می‌شود تحلیل جریان که غالبا کم عمق می‌باشد با روش دو بعدی انجام می‌شود. در واقع جریان‌های محدود در آبراهه‌های پایدار را می‌توان با روش یک بعدی تحلیل نمود. اما مطالعه خصوصیات جریان‌های ورقه‌ای که در سطح وسیعی پخش می‌شوند بسیار پیچیده است به‌طوری‌که بنا به گفته سایمون تا سال ۱۹۸۸ هیچ روشی برای تحلیل جریان ورقه‌ای ارائه نشده بود. عموما جریان ورقه‌ای با استفاده از معادلات جریان دو بعدی به‌دست می‌آید. بنابراین در هر قسمت از مخروط‌افکنه تحلیل جریان با روش متناسب با نوع جریان انجام می‌شود [۴۳]. با در نظر داشتن این‌که در محل انشعاب‌ها و اتصال‌ها در سطح مخروط‌افکنه وضعیت هیدرولیکی جریان متفاوت می باشد و این‌که در تحلیل جریان، دائمی و غیردائمی بودن آن نیز باید در نظر گرفته شود ابتدا این جریان‌ها شرح داده می‌شوند. سپس روش‌های تحلیل یک بعدی، دو بعدی و شبه دو بعدی ارائه می‌شود.

omoorepeyman.ir

- جریان دائم[1]

هرگاه در یک مقطع ثابت از جریان آب، عمق جریان با زمان تغییر نکند جریان دائمی گفته می‌شود [۱۴].

- جریان غیردائم[2]

درصورتی‌که در یک مقطع ثابت از جریان آب، عمق جریان با زمان تغییر داشته باشد جریان غیر دائمی گفته می‌شود [۱۴].

٤-٦-١- تحلیل جریان یک بعدی

جریان در آبراهه‌ها عموما به صورت یک بعدی در نظر گرفته می‌شود. یعنی سطح آب، سرعت و بده فقط در جهت جریان آبراهه تغییر می‌کند [۱۰۰]. مدل جریان یک بعدی برای سیلاب دشت‌هایی که سطح ذخیره جریان ساحلی زیادی دارند، رودخانه‌های با احتمال جریان برگشتی و مجموعه‌ای از آبراهه‌ها و مخازن استفاده می‌شود [۶۳]. مدل‌های یک بعدی نیمرخ های طولی مشخصات جریان، انتقال رسوب و کیفیت آب را به‌صورت متوسط‌گیری شده در مقطع مورد مطالعه قرار می‌دهند [۲۷]. در تحلیل یک بعدی جریان سیلاب با انجام آزمون و خطا و براساس ساده‌سازی جریان آبراهه محاسبه می‌شود [۶۳]. البته آنالیز دقیق سرعت و جهت جریان در تحلیل دو بعدی و گاها سه بعدی جریان انجام می‌گیرد [۱۰۰].

در فاصله هر دو مقطع عرضی، نیمرخ طولی سطح آب با استفاده از معادله انرژی و یک روند تکراری که روش گام استاندارد[3] نامیده می‌شود محاسبه می‌شود. معادله انرژی در زیر آورده شده است:

$$z_2 + y_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = z_1 + y_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + he \qquad (۲۲-۴)$$

که در این رابطه:

z_1 و z_2: ارتفاع از کف بند کانال اصلی[4] (بر حسب m)

y_1 و y_2: عمق آب در مقطع عرضی (بر حسب m)

V_1 و V_2: سرعت متوسط (مجموع بده/ مجموع سطح جریان) (بر حسب m/s)

α: ضریب وزنی سرعت

g: شتاب ثقل (بر حسب m/s^2)

he: اتلاف عمده انرژی[5] (بر حسبm)

ضریب وزنی سرعت با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right]}{K_t^3} \qquad (۲۳-۴)$$

1- Steady Flow
2- Unsteady Flow
3- Standard Step Method
4- Main Channel Inverts
5- Energy Head Loss

omoorepeyman.ir

که در این رابطه:

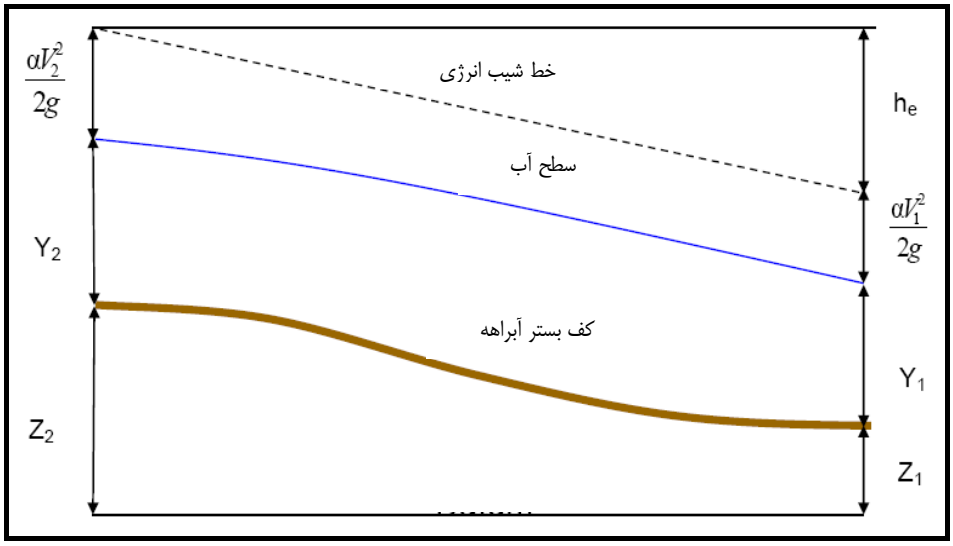
A_t: کل سطح جریان در محل مقطع عرضی (بر حسب m^2)

A_{rob}, A_{ch}, A_{lob}: سطح جریان به ترتیب برای جریان ساحلی در سمت چپ آبراهه، آبراهه اصلی، جریان ساحلی در سمت راست آبراهه. (بر حسب m^2)

K_t: کل انتقال در محل مقطع عرضی (بر حسب m^3/s)

K_{rob}, K_{ch}, K_{lob}: انتقال جریان به ترتیب برای جریان ساحلی در سمت چپ آبراهه، آبراهه اصلی، جریان ساحلی در سمت راست آبراهه (بر حسب m^3/s).

در نمودار شکل (۴-۴) شرایط مربوط به معادله انرژی نشان داده شده است.



شکل ٤-٤- نمایش شرایط مربوط به معادله انرژی

اتلاف عمده انرژی (he) بین مقاطع عرضی شامل تلفات اصطکاک و تلفات انقباض و انبساط می‌باشد و معادله آن به صورت زیر می‌باشد:

$$he = L\bar{S}_f + c\left|\frac{a_2 v_2^2}{2g} - \frac{a_1 v_1^2}{2g}\right| \qquad (۲۴-۴)$$

که در این رابطه:

L: طول بازه بده وزنی (بر حسب m)

$\bar{S}_f$: شیب اصطکاک معرف بین دو مقطع (بر حسب m/m)

c: ضریب تلفات انقباض و انبساط (بدون بعد)

فاصله وزنی طول بازه با معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$L = \frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob} + L_{ch}\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \qquad (۲۵-۴)$$

که در این رابطه:

omoorepeyman.ir

L_{rob}، L_{ch}و L_{lob} (بر حسب m) طول بازه مقطع عرضی به ترتیب برای جریان ساحلی در سمت چپ آبراهه، آبراهه اصلی، جریان ساحلی در سمت راست آبراهه.

$\bar{Q}_{rob}$، $\bar{Q}_{ch}$و $\bar{Q}_{lob}$ (بر حسب m^3/s) میانگین حسابی جریان بین مقاطع به ترتیب برای جریان ساحلی در سمت چپ، آبراهه اصلی و جریان ساحلی در سمت راست آبراهه

شیب اصطکاک (شیب گرادیان انرژی) در هر مقطع عرضی با استفاده از معادله مانینگ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\overline{S_f} = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \qquad (۲۶-۴)$$

که در این رابطه:

Q: بده جریان (بر حسب m^3/s)

K: ضریب آبگذری (بر حسب m^3/s)

$$K = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} \qquad (۲۷-۴)$$

که در این رابطه A سطح مقطع جریان (بر حسب m^2)، n ضریب مانینگ و R شعاع هیدرولیکی (مساحت تقسیم بر محیط تر شده) (بر حسب m) می‌باشند.

تلفات مربوط به انقباض و انبساط با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$h_{ce} = c \left| \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right| \qquad (۲۸-۴)$$

که در این رابطه c ضریب انبساط و انقباض می‌باشد. تغییرات مقطع عرضی که تعیین کننده این ضریب است موجب تلفات انرژی در طول بازه (حد فاصل دو مقطع) می‌شود. مقادیر ضرایب انقباض و انبساط برای جریان زیربحرانی در جدول (۴-۱) آورده شده است [۱۰۰].

جدول ٤-۱- ضرایب انقباض و انبساط در جریان زیربحرانی

	انقباض	انبساط
تلفات انتقال محاسبه شده	۰	۰
انتقال تدریجی	۰/۱	۰/۳
مقاطع پل	۰/۳	۰,۵
انتقال سریع	۰/۶	۰/۸

در جایی که سطح آب بیش از عمق بحرانی باشد معادله انرژی قابل استفاده نیست. معادله انرژی فقط برای مناطقی به کار برده می‌شود که تغییرات جریان تدریجی است درحالی‌که تغییر وضعیت جریان از زیربحرانی به فوق بحرانی و بالعکس موجب تغییر سریع شرایط جریان می‌شود. معادله اندازه حرکت[1] با استفاده از قانون دوم نیوتن (نیرو= جرم× شتاب ثقل)، برای جریان محدود به دو مقطع جریان در شرایط وجود تغییرات جریان در یک زمان واحد به کار می‌رود.

$$P_2 - P_1 + W_x - F_F = Q\rho\Delta v_x \qquad (۲۹-۴)$$

1- Momentum Equation

omoorepeyman.ir

که در این رابطه:

Q: بده جریان (بر حسب m^3/s)

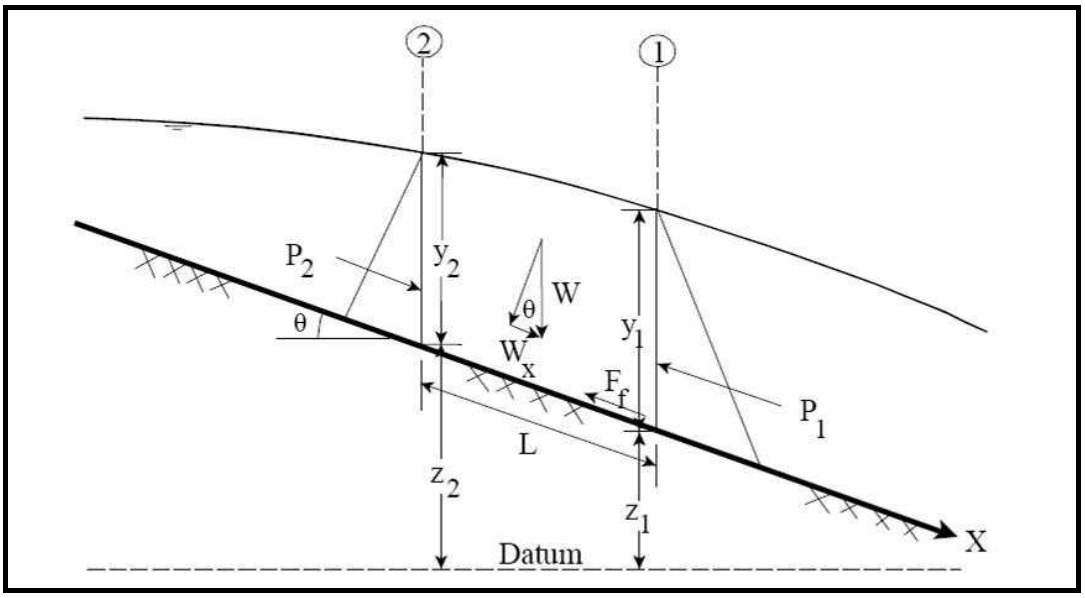
ρ: چگالی آب (بر حسب kg/m^3)

Δv_x: تغییرات سرعت در حد فاصل مقاطع در جهت x (بر حسب m/s)

P: نیروی ناشی از فشار هیدرواستاتیکی در محل مقاطع (بر حسب نیوتن)

W_x: نیروی ناشی از وزن آب در جهت x (بر حسب نیوتن)

F_F: نیروی ناشی از تلفات اصطکاک خارجی[1] در حد فاصل مقاطع (بر حسب نیوتن)



شکل٤-٥- کاربرد اصل اندازه حرکت

نیروی فشار هیدرواستاتیکی در جهت x و با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید. طبق فرض توزیع فشار هیدرواستاتیکی فقـط در شیب کم‌تر از ۱:۱۰ صحیح می‌باشد.

$$P = \gamma A \bar{Y} \cos\theta \qquad (۳۰-۴)$$

که در این رابطه:

γ: وزن واحد آب (بر حسب kg)

A: سطح خیس شده مقاطع (بر حسب m^2)

$\bar{Y}$: عمق اندازه‌گیری شده بین سطح آب و مرکز مقاطع (بر حسب m)

وزن نیروی آب نیز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$W_x = \gamma\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) L S_0 \qquad (۳۱-۴)$$

1- External Friction Losses

omoorepeyman.ir

که در این رابطه:

L: فاصله بین مقاطع در طول محور x (بر حسب m)

S_0: شیب آبراهه با در نظر داشتن ارتفاع متوسط بستر (بدون بعد)

Z: ارتفاع متوسط بستر در فاصله مقاطع (بر حسب m)

نیروی اصطکاک خارجی از رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$F_f = \gamma\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)\bar{S}_f L \qquad (۳۲-۴)$$

که در این رابطه $\bar{S}_f$ شیب خط گرادیان انرژی (بدون بعد) [۱۰۰] می‌باشد.

٤-٦-١-١- تحلیل جریان در انشعاب‌ها و اتصال‌ها

تحلیل جریان در انشعاب، زمانی که جریان از بستر اصلی آبراهه به سمت ساحل آبراهه سرریز می‌کند و مسیر جدیدی را ایجاد می‌کند به کار می‌رود. در تحلیل جریان منشعب، از تحلیل جریان یک بعدی استفاده می‌شود. به منظور این تحلیل، باید با در نظر داشتن نیمرخ جریان‌های منشعب و مسیل، کاهش جریان در بازه‌های پایین‌دست را نیز تعیین نمود. با توجه به این که جریان سرریز شده از یک آبراهه ممکن است وارد آبراهه دیگری شود باید به هنگام تحلیل جریان در نظر داشت که لازم است محل جریان جدا شونده باز باقی بماند یا این‌که باید برای حفظ دست‌نخورده بودن منطقه‌ای که جریان سرریز کرده تحلیل جریان طوری انجام شود که مسیر جریان پایدار شود [۶۳].

در این بخش تحلیل جریان دائم در محل اتصال‌ها و انشعاب‌ها براساس روش‌های مبتنی بر انرژی و اندازه حرکت ارائه می‌شود. در تحلیل جریان با روش مبتنی بر انرژی، با انجام محاسبات گام استاندارد برگشت آب سطح آب تعیین می‌شود. به دلیل این‌که بیش‌تر جریان‌ها زیر بحرانی هستند اثر زاویه جریان منشعب عموما در نظر گرفته نمی‌شود اما چنانچه زاویه جریان منشعب نقش مهمی در مورد سطح آب در محل تقاطع آبراهه‌ها ایفا کند از روش بر مبنای اندازه حرکت استفاده خواهد شد. در این روش تحلیل جریان براساس معادله اندازه حرکت یک بعدی انجام می‌شود به‌طوری‌که زاویه انشعاب برای برآورد نیروهای مربوط به جریان‌های منشعب به کار می‌رود. شش وضعیت جریان به صورت زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد [۱۰۰].

- جریان زیر بحرانی، جریان در اتصال‌ها
- جریان زیر بحرانی، جریان در انشعاب‌ها
- جریان فوق بحرانی، جریان در اتصال‌ها
- جریان فوق بحرانی، جریان در انشعاب‌ها
- رژیم جریان مرکب، جریان در اتصال‌ها
- رژیم جریان مرکب، جریان در انشعاب‌ها

متداول‌ترین جریان‌ها از بین ۶ جریان فوق، جریان زیر بحرانی در اتصال‌ها و انشعاب‌ها می‌باشد. در ادامه هر یک از این شش مورد شرح داده می‌شوند [۱۰۰].

omoorepeyman.ir

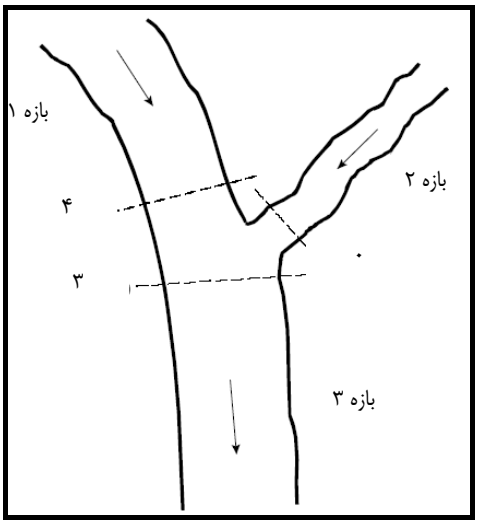
٤-٦-١-١-١- روش تحلیل بر مبنای انرژی

در روش تحلیل بر مبنای انرژی، سطح آب در محل تقاطع با استفاده از معادله انرژی به صورت یک بعدی محاسبه می‌شود. هریک از روش‌های محاسبه سطح آب در محل اتصال‌ها و انشعاب‌ها با شرایط فوق بحرانی، زیربحرانی و ترکیبی به‌طور جداگانه در زیر شرح داده شده است [۱۰۰].

الف - جریان زیر بحرانی در اتصال‌ها

شکل (۴-۶) اتصال دو آبراهه را نمایش می‌دهد. در این مورد محاسبات جریان زیربحرانی تا بالادست بازه ۳ (تا محل مقطع ۳) انجام می‌گیرد. محاسبات برگشت نیمرخ سطح آب برای هر یک از رودخانه‌های بالادست محل اتصال به‌طور جداگانه انجام می‌گیرد.

مطابق شکل (۴-۶) سطح آب برای مقطع ۴ در محل بازه ۱ با در نظر گرفتن معادله انرژی بین مقاطع ۳ تا ۴ به‌دست می‌آید. تلفات انرژی براساس فاصله مقطع ۴ تا مقطع ۳ و متوسط تلفات انرژی بین دو مقطع به‌دست می‌آید. سطح آب در مقطع ۰ در بازه ۲ نیز به همین ترتیب محاسبه می‌شود. معادله انرژی بین مقاطع ۳ و ۴ به صورت زیر می‌باشد [۱۰۰].



شکل ٤-٦- نمونه‌ای از محل تقاطع جریان در محل اتصال

$$WS_4 + \frac{\alpha_4 V_4^2}{2g} = WS_3 + \frac{\alpha_3 V_3^2}{2g} + L_{4-3}\bar{S}_{f_{4-3}} + C\left|\frac{\alpha_4 V_4^2}{2g} - \frac{\alpha_3 V_3^2}{2g}\right| \qquad (۳۳-۴)$$

که در این رابطه:

W: نیروی ناشی از وزن آب (بر حسب نیوتن)

F_F: نیروی ناشی از تلفات اصطکاک خارجی[1] در حد فاصل مقاطع (بر حسب نیوتن)

V: سرعت متوسط (مجموع بده/ مجموع سطح جریان) (بر حسب m/s)

α: ضریب وزنی سرعت (بدون بعد)

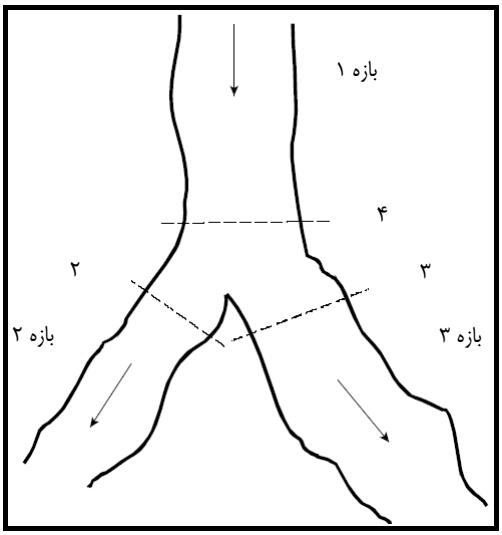
g: شتاب ثقل (بر حسب m/s^2)

1- External Friction Losses

omoorepeyman.ir

ب- جریان زیر بحرانی در انشعاب‌ها

نیمرخ سطح آب در جریان زیر بحرانی برای بازه‌های ۲ و ۳ تا مقاطع ۲ و ۳ محاسبه می‌شود (شکل ۴-۷). سپس انرژی مخصوص[۱] در هر دو مقطع یاد شده محاسبه می‌شود. مقطع عرضی که انرژی مخصوص بیش‌تری دارد به عنوان مرز پایین‌دست برای محاسبه سطح آب در محل انشعاب در مقطع ۴ استفاده می‌شود. برای مثال چنانچه انرژی مخصوص مقطع عرضی ۳ بیش‌تر از مقطع عرضی ۲ باشد، سطح آب برگشتی از ایستگاه ۳ به ۴ برای به‌دست آوردن سطح آب در ایستگاه ۴ استفاده می‌شود [۱۰۰].



شکل ٤-۷- نمونه‌ای از محل تقاطع جریان در محل انشعاب

بده کل بازه ۱ را بر اساس معادله پیوستگی بین بازه‌های ۲ و ۳ تقسیم می‌کنیم. سپس معادله انرژی بین مقاطع ۲ و ۴ یک‌بار و بین مقاطع ۳و۴ را یک بار دیگر می‌نویسیم و دو مقدار عمق جریان در مقطع ۴ را به‌دست می‌آوریم. چنانچه دو عمق به‌دست آمده برابر باشند، تقسیم بده بین بازه‌های ۲ و ۳ صحیح است. چنانچه عمق بدست آمده در مقطع ۴ از نوشتن معادله انرژی بین مقاطع ۲ و ۴ بیش‌تر باشد، این بدین معنی است که بده آزمون بازه ۲ بیش‌تر از واقعیت بوده و باید در آزمون بعدی کم‌تر در نظر گرفته شود و برای حالتی که عمق جریان به‌دست آمده در مقطع ۴ از نوشتن رابطه انرژی بین مقاطع ۲ و ۴ کم‌تر باشد برعکس عمل می‌شود. نهایتا آزمونی برای تقسیم بده‌ها صحیح خواهد بود که در آن هر دو عمق بدست آمده در مقطع ۴ یکسان باشند.

ج- جریان فوق بحرانی در اتصال‌ها

نیمرخ سطح جریان فوق بحرانی برای بازه ۱ و ۲ تا پایین‌دست مقاطع ۴ و ۰ به‌دست می‌آید (شکل ۴-۸). محاسبه آب ورودی[۲] با استفاده از مقاطع بالا دست به مقطع ۳ با استفاده از روابط زیر انجام می‌شود.

$$Q_0 + Q_4 = Q_3 \qquad (۳۴-۴)$$

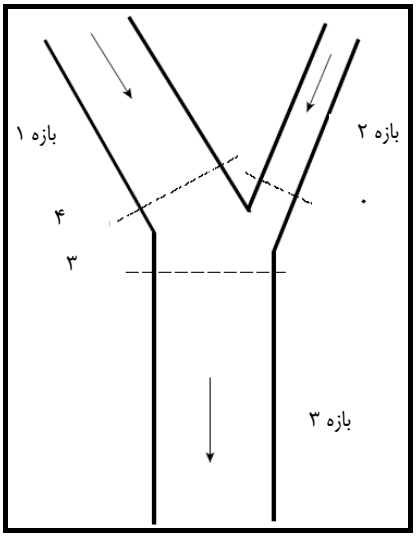
$$Q_0\left(z_0 + y_0 + \frac{Q_0^2}{2gA_0^2}\right) + Q_4\left(Z_4 + y_4 + \frac{Q_4^2}{2gA_4^2}\right) = Q_3\left(Z_3 + y_3 + \frac{Q_3^2}{2gA_3^2}\right) \qquad (۳۵-۴)$$

۱- انرژی مخصوص عبارت است از انرژی در هر سطح مقطع در واحد وزن که نسبت به کف کانال (به عنوان سطح مبنا) در نظر گرفته شود

2- Fore Water

omoorepeyman.ir

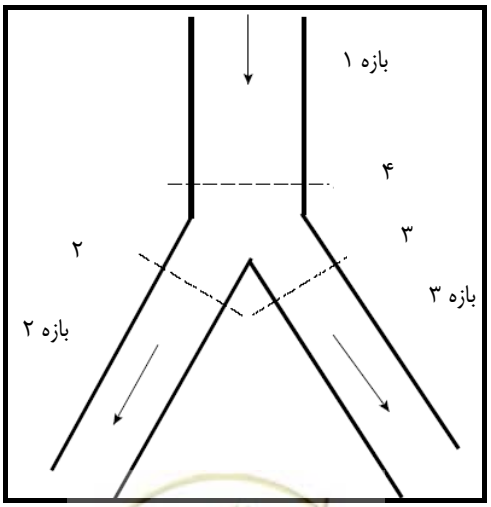
در معادلات پیوستگی و انرژی (۴-۳۴) و (۴-۳۵) دو مجهول Q_3 و y_3 وجود دارند که با حل دو معادله دو مجهولی یاد شده به‌دست می‌آیند.



شکل ٤-۸- نمونه‌ای از جریان فوق بحرانی در اتصال‌ها

د- جریان فوق بحرانی در محل انشعاب‌ها

در این مورد نیمرخ سطح جریان فوق بحرانی در پایین‌دست بازه ۱ در مقطع ۴ محاسبه می‌شود (شکل ۴-۹). سطح آب در مقاطع ۳ و ۲ به‌طور جداگانه محاسبه می‌شود. ابتدا فرض می‌شود جریان از مقطع ۴ جداگانه به مقطع ۲ می‌رود و سطح آب در مقطع ۲ به‌دست می‌آید. سپس جریان از مقطع ۴ به مقطع ۳ جداگانه محاسبه می‌شود [۱۰۰]. در صورتی‌که زاویه بازه ۱ به بازه ۲ و ۳ کوچک باشد و مقاطع ۲ و ۳ به محل انشعاب نزدیک باشند خطا کم خواهد بود. در غیر این صورت بهتر است از روش اندازه حرکت مطابق بند ۴-۶-۱-۱-۲ استفاده شود.

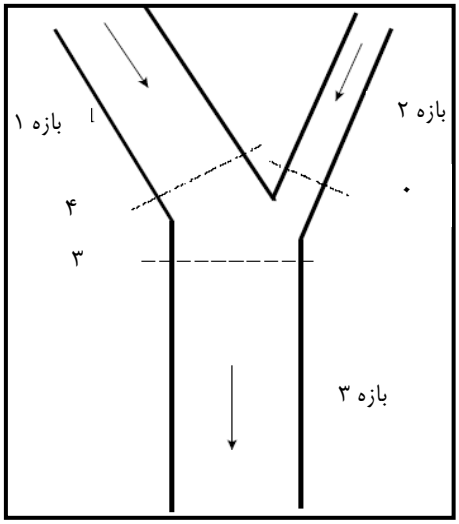


شکل ٤-۹- نمونه‌ای از جریان فوق بحرانی در اتصال‌ها

omoorepeyman.ir

هـ- جریان با رژیم ترکیبی[1] در محل اتصال‌ها

اگر در یک اتصال جریان ترکیبی داشته باشیم ابتدا یک نیمرخ سطح آب زیر بحرانی در محل اتصال (شکل ۴-۱۰) محاسبه می‌شود. اگر در کلیه مقاطع هنگام محاسبه جریان زیر بحرانی بماند فرض زیر بحرانی بودن جریان صحیح خواهد بود. با وجود این اگر یکی یا هر دو مقاطع بالادست اتصال (مقاطع ۰ و ۴) یک مقطع کنترل فوق بحرانی بود محاسبات باید دوباره انجام شود. در این صورت نیروی مخصوص در مقاطع بالادست اتصال محاسبه می‌شود. هرکدام از دو مقطع بالادست که نیروی مخصوص بیش‌تری داشت به‌عنوان مقطع کنترل استفاده شده و مشخصات هیدرولیکی جریان در مقطع ۳ براساس آن مقطع کنترل محاسبه می‌شود. حال نیروی مخصوص مقطع ۳ براساس جواب‌های جریان فوق و زیر بحرانی محاسبه گردیده و محاسباتی انتخاب می‌شود که نیروی مخصوص در مقطع ۳ را بیش‌تر برآورد کرده است.



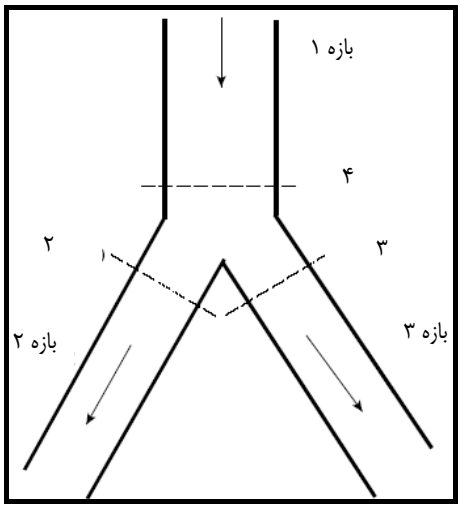
شکل ٤-۱۰- نمونه‌ای از جریان با رژیم ترکیبی در محل اتصال

و- جریان با رژیم ترکیبی در محل انشعاب‌ها

در این حالت، یک نیمرخ جریان زیر بحرانی براساس آنچه قبلا در «ب» گفته شده محاسبه می‌شود. اگر مقطع ۴ در شکل (۴-۱۱) فوق بحرانی باشد محاسبات جریان مثل «د» انجام می‌گردد. سپس نیروی مخصوص هر دو محاسبه زیر بحرانی و فوق بحرانی در مقاطع ۲ و ۳ محاسبه می‌شود و محاسبه‌ای انتخاب می‌شود که نیروی مخصوص بیش‌تری دارد.

1- Mixed Flow

omoorepeyman.ir

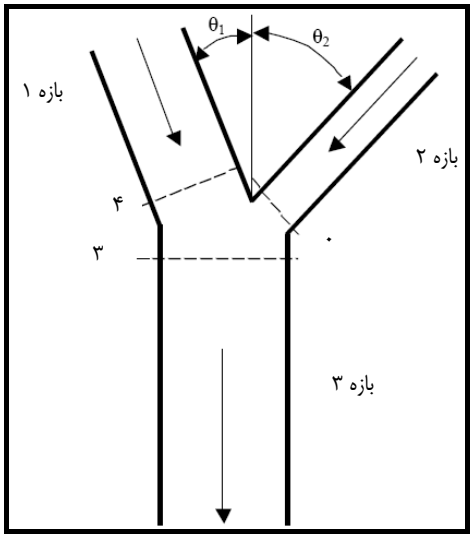


شکل ٤-۱۱- نمونه‌ای از جریان با رژیم ترکیبی در محل انشعاب‌ها

٤-٦-۱-۱-۲- روش بر مبنای اندازه حرکت

الف- جریان در اتصال‌ها

شش وضعیت ممکن برای تعیین جریان در محل تقاطع آبراهه‌ها، در روش بر مبنای اندازه حرکت استفاده می‌شود. روش بر مبنای اندازه حرکت از منطق روش بر مبنای انرژی استفاده می‌کند و تنها اختلاف آنها این است که در این روش سطح آب در محل اتصال با معادله اندازه حرکت به‌دست می‌آید. در این روش زاویه‌ای که بازه‌ها در محل اتصال یا انشعاب دارند نیز در نظر گرفته می‌شود. بنابراین برای استفاده از این روش در ابتدا باید زاویه هر بازه‌ای که خط جریان آن به موازات خط جریان آبراهه اصلی نمی‌باشد را محاسبه نمود. نمونه‌ای از جریان در محل اتصال در شکل (۴-۱۲) آورده شده است [۱۰۰].



شکل ٤-۱۲- وضعیت هندسی نمونه‌ای از کاربرد معادله اندازه حرکت برای جریان در اتصال

برای جریان زیر بحرانی، سطح آب تا مقطع ۳ در بازه ۳ با محاسبه آب برگشتی به روش گام استاندارد نرمال تعیین می‌شود. در صورت استفاده از معادله اندازه حرکت سطح آب در مقاطع ۴ و ۰ با در نظر گرفتن توازن اندازه حرکت در محل تقاطع به‌دست می‌آید.

omoorepeyman.ir

توازن معادله اندازه حرکت فقط برای برآورد نیروها در جهت x (جهت جریان در مقطع ۳ بازه ۳) به کار می‌رود. در این مورد معادله اندازه حرکت به صورت زیر می‌باشد [۱۰۰].

$$SF_3 - SF_3\cos\theta_1 - F_{f\,4-3} + W_{x\,4-3} + SF_0\cos\theta_2 - F_{f\,0-3} + W_{x\,0-3} \qquad (۳۶-۴)$$

که در این رابطه:

W_x: نیروی ناشی از وزن (بر حسب نیوتن)

SF: انرژی مخصوص

θ: شیب کف بستر (بدون بعد)

انرژی مخصوص (SF) با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$SF = \frac{Q^2\beta}{gA} + A\overline{Y} \qquad (۳۷-۴)$$

که در این رابطه:

Q: بده در هر مقطع (بر حسب m^3/s)

β: ضریب اندازه حرکت (بدون بعد)

A: سطح کل جریان (بر حسب m^2)

$\overline{Y}$: عمق از سطح آب تا مرکز سطح مقطع (بر حسب m)

نیروهای وزن و اصطکاک در دو انشعاب محاسبه می‌شود. برای مثال مطابق شکل (۴-۱۲) نیروهای وزن و اصطکاک با فرض این‌که مرکز تقاطع، در نصف فاصله بین دو مقطع واقع شده محاسبه می‌شوند. اولین بخش نیروها از مقطع ۴ به سمت مرکز تقاطع با استفاده از سطح مقطع ۴ تعیین می‌شود. دومین بخش نیروها از مرکز محل تقاطع به مقطع ۳ با استفاده از سطح جریان وزنی در مقطع ۳ محاسبه می‌شود. معادلات محاسبه نیروهای وزن و اصطکاک این مثال به صورت زیر می‌باشد [۱۰۰].

- نیروهای ناشی از اصطکاک

$$F_{f_{4-3}} = \overline{S}_{f_{4-3}}\frac{L_{4-3}}{2}A_4\cos\theta_1 + \overline{S}_{f_{4-3}}\frac{L_{4-3}}{2}A_3\frac{Q_4}{Q_3} \qquad (۳۸-۴)$$

$$F_{f_{0-3}} = \overline{S}_{f_{0-3}}\frac{L_{0-3}}{2}A_0\cos\theta_2 + \overline{S}_{f_{0-3}}\frac{L_{0-3}}{2}A_3\frac{Q_0}{Q_3} \qquad (۳۹-۴)$$

که در این رابطه:

W_x: نیروی ناشی از وزن (بر حسب نیوتن)

$\overline{S}_f$: انرژی مخصوص

F_f: نیروی ناشی از اصطکاک (بر حسب نیوتن)

L: فاصله بین مقاطع (بر حسب m)

Q: بده در هر مقطع (بر حسب m^3/s)

A: سطح کل جریان (بر حسب m^2) می‌باشد.

omoorepeyman.ir

- نیروهای ناشی از وزن آب

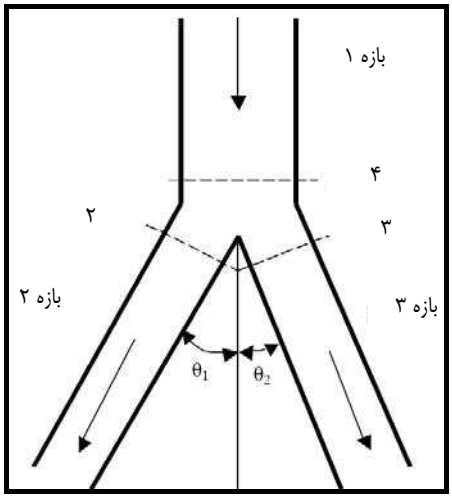
$$W_{x_{4-3}} = \bar{S}_{0_{4-3}} \frac{L_{4-3}}{2} A_4 \cos\theta_1 + \bar{S}_{04-3} \frac{L_{4-3}}{2} A_3 \frac{Q_4}{Q_3} \qquad (۴۰-۴)$$

$$W_{x_{0-3}} = \bar{S}_{0_{0-3}} \frac{L_{0-3}}{2} A_0 \cos\theta_2 + \bar{S}_{0_{0-3}} \frac{L_{0-3}}{2} A_3 \frac{Q_0}{Q_3} \qquad (۴۱-۴)$$

که در این رابطه W_x: نیروی ناشی از وزن (بر حسب نیوتن) و θ شیب کف بستر (بدون بعد) می‌باشد. در این نوع مقاطع زمانی که جریان فوق بحرانی محاسبه شد (شکل ۴-۱۲) سطح تراز آب در مقاطع ۴ و۰ با استفاده از جریان ورودی محاسبه شده به‌دست می‌آید و سپس سطح تراز آب در مقطع ۳ از معادله (۴-۳۶) به‌دست می‌آید. [۱۰۰].

ب- جریان در انشعاب‌ها

برای محاسبه رژیم جریان ترکیبی روش محاسبات همانند روش بر مبنای انرژی است با این تفاوت که برای تعیین سطح آب در محل تقاطع از معادله اندازه حرکت همان‌طور که در شکل (۴-۱۳) نشان داده شده استفاده می‌شود. [۱۰۰].



شکل ٤-۱۳- وضعیت مهندسی نمونه‌ای از کاربرد معادله اندازه حرکت در محل انشعاب

برای جریان منشعب که در شکل (۴-۱۲) نشان داده شده است معادله اندازه حرکت به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$SF_4 = SF_2 \cos\theta_1 + F_{f_{4-2}} - W_{x_{4-2}} + SF_3 \cos\theta_2 F_{f_{4-3}} - W_{x_{4-3}} \qquad (۴۲-۴)$$

برای جریان زیر بحرانی با ارتفاع سطح آب مشخص در مقاطع ۲ و ۳، با حل معادله (۴-۳۰) ارتفاع سطح آب در مقطع ۴ به‌دست می‌آید. برای جریان فوق بحرانی سطح آب فقط در محل مقطع ۴ مشخص است و بنابراین تراز ارتفاع آب در مقاطع ۳ و ۲ باید هم‌زمان محاسبه شوند. به منظور حل معادله (۴-۴۲) برای جریان فوق بحرانی فرض می‌شود ارتفاع سطح آب در مقاطع ۲ و ۳ برابر می‌باشند. محاسبه رژیم جریان ترکیبی در محل انشعاب آبراهه همانند روش بر مبنای انرژی انجام می‌شود با این تفاوت که معادله اندازه حرکت (۴-۴۲) برای به‌دست آوردن تراز سطح آب در محل تقاطع به کار می‌رود [۱۰۰].

omoorepeyman.ir

٤-٦-٢- تحلیل جریان دو بعدی

مدل‌های دو بعدی قائم[1] که در عرض متوسط‌گیری می‌شوند، مشخصات متوسط‌گیری شده در عرض جریان و انتقال رسوب را در مقطع طولی مطالعه می‌کند. مدل‌های دو بعدی افقی[2] که مدل‌های دو بعدی متوسط‌گیری شده در عمق[3] نیز نامیده می‌شوند، توزیع افقی مشخصات متوسط‌گیری شده در عمق جریان، رسوب و کیفیت آب را مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهند. تحلیل دو بعدی جریان برای تعیین ارتفاع سطح آب در دو جهت در سطح افقی، زمانی که انجام تحلیل با مدل یک بعدی جریان با مشکل مواجه شود به کار می‌رود. به علاوه تحلیل دو بعدی جریان برای تحلیل جریان در جریان‌های ورقه‌ای، جریان‌های جدا شونده و مناطق دارای چند نقطه اتصال به‌کار می‌رود. اگر چه استفاده از این تحلیل به دلیل پیچیدگی و پر هزینه بودن آن توصیه نمی‌شود اما در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این روش فقط در جایی توصیه می‌شود که با استفاده از مدل یک بعدی جریان و روش‌های پذیرفته شده فعلی و قضاوت مهندسی قادر به مدیریت سیلاب نباشیم [۶۳]. در مطالعات هیدرولیک جریان به منظور ساده‌سازی انجام مطالعات، می توان فرض کرد که تغییرات سرعت به صورت عمودی نسبت به تغییرات سرعت در عرض بستر و یا طول آبراهه اهمیت کم‌تری دارد. در تحلیل دو بعدی جریان تغییرات سرعت در سطح صاف و بدون در نظر داشتن تغییرات عمودی جریان در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب معادلات زیر رفتار جریان را با در نظر داشتن فرضیات مربوط به جریان دوبعدی افقی را به خوبی تشریح می‌کند [۴۲].

معادلات اندازه حرکت:

$$h\frac{\partial u}{\partial t}+uh\frac{\partial u}{\partial x}+vh\frac{\partial u}{\partial y}+gh\frac{\partial a}{\partial x}+gh\frac{\partial h}{\partial x}-\frac{h\varepsilon_{xx}\partial^2 u}{\rho\partial x^2}-\frac{h\varepsilon_{xy}\partial^2 u}{\rho\partial y^2}+S_{fx}+\tau_x=0 \qquad (۴۳-۴)$$

$$h\frac{\partial v}{\partial t}+uh\frac{\partial v}{\partial x}+Vh\frac{\partial v}{\partial y}+gh\frac{\partial a}{\partial y}+gh\frac{\partial h}{\partial y}-\frac{h\varepsilon_{yx}\partial^2 v}{\rho\partial y^2}-\frac{h\varepsilon_{yy}\partial^2 v}{\rho\partial y^2}+S_{fy}+\tau_y=0 \qquad (۴۴-۴)$$

معادله پیوستگی:

$$\frac{\partial h}{\partial t}-\frac{\partial(hu)}{\partial x}+\frac{\partial(hv)}{\partial y}=0 \qquad (۴۵-۴)$$

که در این رابطه:

x و y: جهات مختصات در سطح افق

v,u: خصوصیات سرعت به ترتیب در جهات x و y (بر حسب m/s)

t: زمان (بر حسب ثانیه)

g: شتاب ثقل (بر حسب m/s^2)

a: ارتفاع سطح (بر حسبm)

h: عمق (بر حسب m)

ρ: چگالی سیال (بر حسبkg/m^3)

1- Vertical 2-D models
2- Horizontal 2-D models
3- Depth-Averaged 2-D models

omoorepeyman.ir

$\varepsilon_{xy}, \varepsilon_{xx}$ و ...: ضریب تبدیل تلاطم که پخش حرکت در جهت اولین زیرنویس (مثلا در مورد ε_{xx} می‌شود x) به سمت دومین زیرنویس (y) را تشریح می کند.

S_{fy}, S_{fx}: تغییرات غیرخطی مقادیر شزی یا مانینگ در اصطکاک سطحی

τ_x و τ_y: تنش برشی مرزی به جز اصطکاک سطحی برحسب (N/m^2) (این مقادیر تحت تاثیر نیروی کوریولیس نیز هستند) [۴۲].

استفاده مستقیم از معادلات دیفرانسیل (۴-۴۳) تا (۴-۴۵) در تحلیل جریان عملی نبوده و از مدل‌های کامپیوتری که بر اساس این معادلات تهیه شده و در فصل بعد معرفی می‌شود، برای تحلیل جریان استفاده می‌شود.

٤-٦-٣- تحلیل جریان شبه دو بعدی

مفهوم مدل‌های شبه دو بعدی، کاربرد و حل معادلات یک بعدی با استفاده از فرضیه استقرار جریان فرضی (به موازات و همسایگی یکدیگر) در گستره عرضی رودخانه است. لوله‌های جریان لوله‌هایی فرضی هستند که به‌وسیله خطوط جریان محدود می‌شوند. به علت این‌که بین خطوط جریان بده ثابت می‌باشد هر لوله جریان مقدار بده ثابتی در راستای طول حمل می‌کند. برای جریان‌های غیرقابل تراکم و ناپایدار، معادله حرکت در راستای یک خط جریان به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\frac{1}{g}\frac{\partial V_s}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial S}\left(\frac{P}{\gamma}+\frac{V^2}{2g}+h\right)=0 \qquad (۴۶-۴)$$

که در این رابطه:

t: زمان

V_s: مولفه سرعت در راستای خط جریان

P: فشار

γ: وزن مخصوص آب

V: سرعت

g: شتاب ثقل

S: فاصله در راستای خط جریان

h: هیدرولیکی می‌باشد.

معادله حرکت عمود بر خط جریان به‌صورت زیر می‌باشد:

$$f_n=\frac{1}{g}\frac{\partial V_n}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{P}{\gamma}+h\right)=\frac{1}{g}\frac{V^2}{r} \qquad (۴۷-۴)$$

که در این رابطه:

f_n: نیروی عمودی وارد بر خط جریان

V_n: مولفه سرعت عمود بر خط جریان

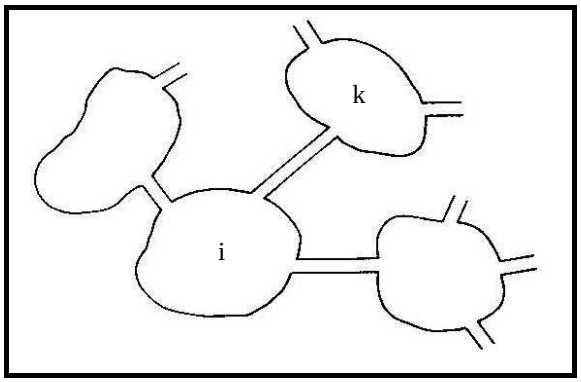
n: جهت عمود بر خط جریان

r: شعاع انحنای خط جریان [۲۷]

omoorepeyman.ir

برای مدل‌سازی برخی از مناطق مخروط‌افکنه‌های آبرفتی نمی‌توان سطح آب را با استفاده از مدل‌های یک بعدی شبیه سازی کرد. به‌طوری‌که سطح سیل‌گیری در یک پهنه ساحلی جریان آب غالبا دو بعدی و معادلات در دو جهت (z,x) هستند. زمانی که عامل سیل‌گیری، سطوح سیل‌گیر رودخانه‌ای که عموما توسط دیواره‌ها، جاده‌ها و ... قطع شده‌اند می‌باشد در این موارد معادلات دو بعدی نیز به کار نمی‌رود و یک روش متفاوت باید مورد استفاده قرار گیرد. این روش توسط زانابتی و همکاران در سال‌های ۱۹۷۰-۱۹۶۸ ارائه شد و کانچ در سال ۱۹۷۵ تشریح دقیق آن را انجام داد [۵۸]. مفهوم مدل‌های شبه دو بعدی، کاربرد و حل معادلات یک بعدی با استفاده از فرضیه استقرار لوله‌های جریان (به موازات و همسایگی یکدیگر) در گستره عرضی رودخانه است. در این صورت توزیع عرضی پارامترهای جریان و رسوب را می‌توان ارزیابی کرد. با استفاده از فرضیه استقرار لوله‌های جریان، خصوصیات جریان در چند زیر مقطع عرضی قابل محاسبه است [۲۷].

فرض می‌کنیم که سطح سیل‌گیری با یک سری سلول مرتبط با هم و متغیر در سطح افق (در جهتx و z) نمایش داده می‌شود. خصوصیات سطح هر سلول (A_{Si}) با ارتفاع آب در سلول (Y_i) و مرزهای طبیعی آن مثل دیواره‌ها، جاده‌ها و... مشخص می‌شود. فرض می‌شود که سطح آب در بین سلول‌ها برای همه ارتفاعات سطح آزاد افقی است و بده تبادلات بین سلول‌های (k) به صورت شکل (۴-۱۴) است.



شکل ٤-١٤- نمایش مدل شبه دوبعدی با استفاده از سلول‌های ذخیره

معادله تداوم جریان برای سلول i در بازه زمانی t_1 تا t_2 به صورت زیر است.

$$\Delta V = \sum_k \int_{t_1}^{t_2} Q_{i,k}\,dt \qquad (۴۸-۴)$$

که در این رابطه:

ΔV_i: تغییرات حجم ذخیره شده در سلول i برحسب m^3

$Q_{i,k}$: بده بین سلول‌های i و k (بر حسب m^3/s)

$\sum$: مجموع همه سلول‌های k که به سلول I متصل هستند.

با در نظر گرفتن حجم ذخیره شده به عنوان تابعی از سطح آزاد $A_{si}(y_i)$ معادله (۴-۴۸) به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\int_{y_i(t_1)}^{y_i(t_2)} A_{si}(y_i)\,dy_i = \int_{t_1}^{t_2} Q_{i,k}\,dt \qquad (۴۹-۴)$$

چنانچه از جملات درجه اول استفاده کنیم، خواهیم داشت:

omoorepeyman.ir

$$\frac{\partial A_{Si}}{\partial_{yi}}\Delta y_i \le A_{si} \qquad (۵۰-۴)$$

چنانچه فرض کنیم که $t_2 - t_1 = \Delta t \to 0$ و $\Delta y_i y(t_2) - y(t_1) = \to 0$ باشد می‌توانیم معادله (۴-۴۹) را به صورت زیر بازنویسی کنیم.

$$A_{si}(y_i)\frac{d_{yi}}{dt} = \sum_k Q_{i,k} \qquad (۵۱-۴)$$

تا زمانی‌که هدف ما مدل‌سازی سیلابی است که به آرامی در دشت سیلابی پخش می‌شود، ممکن است فرض کنیم $Q_{i,k}$ بین دو سلول، تحت تاثیر شتاب جریان نمی‌باشد. بنابراین می‌توان با هیچ فرضیه‌ای در مورد شکل این روابط، رابطه بده بین دو سلول را فقط به عنوان تابعی از ارتفاع سطح آب در این سلول‌ها در نظر بگیریم.

$$Q_{i.k} = Q(y_i . y_k) \qquad (۵۱-۴)$$

برای هر یک از N سلول i در مدل، رابطه (۴-۵۱) ممکن است با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از N معادله دیفرانسیل غیرخطی عمومی به صورت زیر نوشته شود.

$$A_{si}(y_i)\frac{d_{y_i}}{dt} = \sum_k Q_{i,k}(y_i, y_k); i = 1, 2, ..., N \qquad (۵۲-۴)$$

متغیرهای وابسته در این سامانه، N ارتفاع سطح آزاد y_i (t) می‌باشد. ساختار این معادلات نیاز به N شرط اولیه[1] دارد اما به هیچ شرط مرزی[2] نیازی ندارد و حتی اگر تاثیرات مرزی همان‌طور که در رابطه (۴-۴۸) نشان داده شده به صورت سطوح آب تحمیلی، بده‌های مشخص و... باشد هر یک از فرمول‌های بده هیدرولیکی (استریکلر، مانینگ) را می‌توان استفاده نمود. رابطه (۴-۴۹) مکمل معادلات یک بعدی و وضعیت‌های درون مرزی است و با استفاده از آن وضعیت‌های هیدرولیکی غیردائمی رودخانه‌ها قابل مدل‌سازی می‌باشد. با توجه به این‌که در این روش تغییرات بده در فضا به صورت یک بعدی و بین دو سلول i و k فرض شده و در روش تحلیل دو بعدی جریان حرکت جریان به صورت دو بعدی می‌باشد این روش تحلیل شبه دو بعدی نامیده شده است [۵۸].

٤-٦-٤- تحلیل جریان جدا شونده[3] و جابجایی آبراهه[4]

تحلیل جریان جداشونده در بند ۴-۶-۱-۱ به تفصیل ارائه شده است. در طول جریان سیلاب ممکن است جریان سیلاب مسیر خود را ترک کرده و مسیر جدیدی را در پیش گیرد. این پدیده که جداشدگی نامیده می‌شود ممکن است در اثر سرریز شدن جریان از کانال به ساحل آن ایجاد شود. این آبراهه جدید ممکن است در اثر ته نشست ناگهانی رسوبات و واریزه‌ها و یا با فرسایش و نشست دیواره کانال ایجاد شود. چون نقاط پایین‌تر از محل جداشدگی ممکن است قبل یا بعد از پدیده جداشدگی تحت پوشش سیل قرار گیرند احتمال سیل‌گیری بیش‌تر از مناطقی است که تحت تاثیر جداشدگی نیستند. به دلیل جمع شدن احتمال جداشدگی با احتمال سیل‌گیری این احتمال زیاد می‌شود. بنابراین در مطالعات سیلاب باید به هنگام تعیین احتمال سیل‌گیری احتمال جداشدگی را نیز محاسبه و همراه با احتمال سیل‌گیری جمع نمود.

1- Initial Condition
2- Formal Boundary Condition
3- Split Flow
4- Avulsion

omoorepeyman.ir

فصل ۵

ملاحظات ویژه برای تعیین حد بستر و پهنه‌بندی سیل

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۵-۱- کلیات

خصوصیات سیلاب‌های مخروط‌افکنه‌ای به دلیل وابستگی به اقلیم، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، مخروط‌افکنه از تنوع زیادی برخوردار می‌باشند. بنابراین مطالعه و بررسی راجع به سیل‌گیری در هر مخروط‌افکنه حالت کاملا اختصاصی داشته و از نتایج بررسی یک مخروط‌افکنه نمی‌توان برای مخروط‌افکنه‌های دیگر استفاده نمود. بنابراین دستیابی به داده‌ها و اطلاعات کافی از مخروط‌افکنه مورد مطالعه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. در ایران آیین‌نامه نامه مربوط به بستر و حریم مصوب سال مبنای تعیین بستر و حریم رودخانه ها است. در این فصل ویژگی‌های مطالعات تعیین حد بستر و پهنه بندی سیل و بیمه سیل که در مخروط‌افکنه‌ها متمایز از رودخانه‌ها می‌باشند ارائه خواهد شد [۵۶]. در سایر موارد انجام مطالعات مخروط‌افکنه‌های آبرفتی از راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه (نشریه شماره ۳۰۷ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور) استفاده می‌شود.

۵-۲- ملاحظات تهیه دستور کار خدمات جنبی بر روی مخروط‌افکنه‌ها

به دلیل وضعیت خاص مخروط‌افکنه‌های آبرفتی که در بخش‌های قبلی شرح داده شده است، مشخصات نقشه توپوگرافی، مقاطع عرضی، نقشه‌برداری سازه‌های هیدرولیکی و مطالعات پایه و تخصصی بر حسب محدوده خطر مورد مطالعه شامل مخروط‌افکنه آبرفتی، رودخانه و پهنه‌های ساحلی متفاوت می‌باشد [۶۶].

۵-۲-۱- دستور کار نقشه‌برداری

به منظور نقشه‌برداری برای مطالعات تعیین حد بستر و پهنه‌بندی سیل در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی باید پس از شناسایی و نقشه‌برداری از مخروط‌افکنه آبرفتی بخش‌های فعال و غیرفعال آن را نیز مشخص کرد [۶۶]. روش و معیارهای نقشه‌برداری مخروط‌افکنه‌ها مطابق با جلد هفتم دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری- آبنگاری (نشریه ۷-۱۱۹ سازمان نقشه‌برداری) می‌باشد و مقیاس پلان و نیمرخ در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی مطابق با بند ۲-۴ راهنمای پهنه بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه می‌باشد.

علاوه بر نشریه‌های یاد شده محدوده‌های نقشه‌برداری در تعیین حد بستر و پهنه بندی سیل در رودخانه‌های مخروط افکنه‌ای باید دارای مشخصات زیر باشد:

الف- تعیین مقیاس نقشه‌برداری

- برای مخروط افکنه‌هایی که عمق رودخانه‌های آن عمدتا بین ۰/۵ تا ۱ متر می‌باشد مقیاس نقشه‌برداری ۱:۵۰۰ توصیه می‌شود.
- برای مخروط افکنه‌هایی که عمق رودخانه‌های آن عمدتا بین ۱ تا ۲ متر می‌باشد مقیاس نقشه‌برداری ۱:۱۰۰۰ توصیه می‌گردد.
- برای رودخانه‌هایی که عمق رودخانه‌های آن عمدتا بالای ۲ متر می‌باشد مقیاس نقشه‌برداری ۱:۲۰۰۰ توصیه می‌شود.

ب- نوع و محدوده نقشه‌برداری

نقشه توپوگرافی از محدوده‌های زیر تهیه می‌شود:

omoorepeyman.ir

- برای مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه لازم است ابتدا بر روی نقشه‌های موجود ۱:۲۵۰۰۰ و یا ۱:۵۰۰۰۰ محدوده‌های فعال تعیین شود. تشخیص محدوده فعال در بندهای ۳-۴ و ۵-۴-۳ راهنمای حاضر ارائه شده است. سپس محدوده نقشه‌برداری با اضافه کردن پهنای باندی معادل ۵۰ متر به مرزهای جانبی محدوده‌های فعال تعیین می‌شود.
- برای پهنه‌بندی سیل لازم است ابتدا داغاب تراز حداکثر سیلاب در بازه‌های مختلف مخروط افکنه در بررسی میدانی تعیین شود. سپس بسته به اندازه مخروط افکنه و دقت تعیین داغاب، با اضافه کردن ۱ تا ۵ متر به تراز یاد شده، محدوده نقشه‌برداری روی نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ و یا ۱:۵۰۰۰۰ تعیین می‌شود.
- فاصله بین مقاطع را باید طوری در نظر بگیریم که بتوان بین دو بازه تغییرات مرز و شیب آبراهه اصلی را خطی فرض کرد. جزییات بیش‌تر در خصوص فواصل مناسب مقاطع در راهنمای پهنه‌بندی و تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها آورده شده است [۲۰].
- در صورت تغییر مسیر آبراهه فعال بستر مرده ایجاد می‌گردد و مطابق با بند ح ماده ۱ آیین‌نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه‌ها، نهرها، مسیل‌ها، مرداب‌ها، برکه‌های طبیعی، شبکه‌های آبرسانی، آبیاری و زهکشی مصوب جلسه مورخ ۷۹/۸/۱۱ هیات وزیران تعیین حریم برای بستر مرده انجام نمی‌شود لذا نیاز به نقشه‌برداری از بستر مرده نمی‌باشد، مگر اینکه در داخل محدوده‌های فعال قرار گیرد.

۵-۲-۲- دستور کار نمونه‌برداری از بستر

به منظور انجام نمونه‌برداری مواد رسوبی از بستر مخروط‌افکنه‌ها از توضیحات مندرج در راهنمای عملیات صحرایی، نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها (نشریه شماره ۳۴۹معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور) و راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه (نشریه شماره ۳۰۷ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور) استفاده می‌شود. منتها در انجام نمونه‌برداری از بستر در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی باید به این نکته توجه داشت که نمونه‌برداری از بستر آبراهه‌های واقع در بخش‌های فعال مخروط‌افکنه صورت می‌گیرد. تعداد نمونه‌های مورد نیاز با توجه به نوع پروژه و نوع مخروط‌افکنه متفاوت می‌باشد.

برای تعیین تعداد نمونه‌های بار بستر لازم است بازدید میدانی از محدوده نقشه‌برداری به عمل آید. در بازدید میدانی بر روی نقشه محدوده نقشه‌برداری نواحی همگن که تقریبا دانه بندی مشابهی دارند مشخص می‌گردد. سپس از هر محدوده سه نمونه مطابق نشریه ۳۴۹ برداشت می‌گردد.

۵-۲-۳- دستور کار آبسنجی

ایستگاه‌های آب سنجی مورد نیاز بر حسب نوع و مشخصات مخروط‌افکنه متفاوت می‌باشند. به‌طوری‌که در مخروط‌افکنه‌های با نفوذپذیری کم یک ایستگاه آب سنجی در تارک فیزیوگرافی مخروط‌افکنه کفایت می‌کند. درحالی‌که در مخروط‌افکنه‌های با نفوذ آب قابل توجه تعداد ایستگاه‌های آب سنجی افزایش می‌یابد. به علاوه تعداد ایستگاه‌های آب سنجی با توجه به وجود یا عدم وجود سازه هیدرولیکی در مخروط‌افکنه متفاوت می‌باشد به‌طوری‌که در آبراهه‌ای که سازه هیدرولیکی احداث شده است، در بالادست سازه‌ها نیز

omoorepeyman.ir

باید ایستگاه آب سنجی احداث شود. درصورتی‌که مقدار جریان قبل و بعد از سازه تغییر قابل توجهی داشته باشد، باید اندازه‌گیری جریان در پایین‌دست سازه نیز انجام گیرد.

۵-۳- ملاحظات ویژه مطالعات پایه

۵-۳-۱- مطالعات فیزیوگرافی

مطالعات فیزیوگرافی در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی مطابق بند ۳-۱ در راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه انجام می‌شود. نکته قابل توجه در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی این است که خروجی حوضه در محل تارک توپوگرافیکی حوضه می‌باشد و بنابراین جهت تعیین مرز حوضه مورد مطالعه، حوضه تا این نقطه در نظر گرفته می‌شود.

۵-۳-۲- مطالعات هیدرولوژی

خصوصیات جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی بر خلاف رودخانه‌ها در طول زمان سیلاب و در بخش‌های مختلف مخروط‌افکنه تغییر می‌کند. این تغییرات همراه با عدم قطعیت محاسبات سیلاب موجب می‌شود که مطالعات هیدرولوژیکی در مخروط‌افکنه آبرفتی مشکل شود. در مطالعات هیدرولوژی در مخروط‌افکنه‌ها از اطلاعات مندرج در راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه استفاده می‌شود. ملاحظات ویژه‌ای که برای تعیین احتمال وقوع بده و برآورد بده در مطالعات هیدرولوژی مخروط‌افکنه‌های آبرفتی باید مورد توجه قرار گیرد در زیر ارائه شده است.

۵-۳-۲-۱- تعیین احتمال وقوع بده

در مخروط‌افکنه‌های فعال، تشکیل آبراهه به‌طور تصادفی و غیر قابل پیش‌بینی صورت می‌گیرد. بدین ترتیب هر نقطه برای این‌که به یک آبراهه جدید تبدیل شود شانس مشابه با سایر نقاط دارد. چون هر منطقه در یک مخروط‌افکنه فعال ممکن است در معرض سیلاب قرار گیرد. در تحلیل سیلاب باید احتمال این‌که مناطق تحت تاثیر سیلاب مشخص، در طول زمان متفاوت باشند را در نظر داشت. بدین ترتیب احتمال وقوع سیلاب به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$p(\%) = \int_q^{\infty} p(H|Q = q) \cdot f_a(q) \cdot dq \qquad (۱-۵)$$

که در این رابطه:

Q: بده در تارک مخروط‌افکنه (مترمکعب بر ثانیه)

H: رویدادی که طی آن هر نقطه در تراز انتخابی تحت پوشش سیل قرار می‌گیرد.

P(H|Q=q): احتمال این‌که یک نقطه در سطح مخروط‌افکنه تحت پوشش سیل قرار گیرد به شرط این‌که بده جریان در تارک مخروط‌افکنه (Q) معادل q باشد.

Fa(q): تابع شدت احتمال بده Q در تارک مخروط‌افکنه

omoorepeyman.ir

بدین ترتیب با جایگزین کردن Q با عمق (D) یا سرعت (V) و q با عمق (d) یا سرعت (V) در معادله، احتمال وقوع عمق یا سرعت سیلاب به ترتیب به‌دست می‌آید.

در این روش سه فرض زیر را باید در نظر گرفت:

- تابع چگالی احتمال (PDF) جریان سیلابی از توزیع لوگ پیرسون تیپ III تبعیت می‌کند.
- احتمال شرطی $P(H|Q = q)$ در هر خط تراز، برابر با عرض آبراهه تقسیم بر عرض مخروط‌افکنه فعال در طول خط تراز مربوط می‌باشد.
- عرض آبراهه متناسب با ۰/۴ بده سیلاب می‌باشد [۴۰].

۵-۳-۲-۲- برآورد بده

مراحل محاسبه بده در مخروط‌افکنه‌ها مطابق با دستورالعمل FEMA به صورت زیر می‌باشد:

- منحنی فراوانی اوج سیلاب در تارک مخروط‌افکنه تعیین می‌شود. منحنی فراوانی سیلاب با توزیع لوگ پیرسون تیپ III تعیین می‌شود. تعیین محل تارک به‌طور قراردادی بامشاهدات میدانی انجام می‌شود و با نقطه‌ای است که پایین تراز آن جریان آب قابل پیش‌بینی نیست. در برخی مخروط‌افکنه‌ها آبراهه از جبهه کوهستان تا تارک مخروط‌افکنه به صورت عمیق حفر می‌شود و در این جریان عمیق احتمال جداشدگی وجود ندارد.
- مرز محدوده سیلاب در مخروط‌افکنه آبرفتی مشخص می‌شود. در ابتدا باید مشخص کنیم که مخروط‌افکنه فعال است و اخیرا تحت پوشش سیل قرار گرفته و یا این‌که از فعالیت‌های زمین‌شناسی گذشته باقی مانده است. مرزهای مخروط‌افکنه با استفاده از نقشه‌ها و عکس‌های هوایی و پیمایش صحرایی پدیده‌هایی چون اتصال کانال‌ها، نوع خاک، پوشش گیاهی، رنگ خاک و جلای بیابان تعیین می‌شود.

با استفاده از بده به‌دست آمده، عمق و سرعت سیلاب محاسبه و نقشه آنها با استفاده از مدل‌های ریاضی جریان تهیه می‌شود. [۴۰]

۵-٤- ملاحظات ویژه مطالعات تخصصی

۵-٤-۱- مطالعات ریخت‌شناسی

مشخصات و روش مطالعه ریخت‌شناسی مخروط‌افکنه‌های آبرفتی در بند ۳-۵ و زیر بندهای آن ارائه شده است. لذا برای انجام مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه‌های مخروطه افکنه‌ای به آن بند مراجعه شود.

۵-٤-۲- مطالعات هیدرولیک

در طول زمان آبراهه‌ها در سطح مخروط‌افکنه آبرفتی جابجا می‌شوند و بدین ترتیب شکل منظم و مخروط شکل آن ایجاد می‌شود. مشخصات هیدرولیکی جریان در یک مخروط‌افکنه آبرفتی با توجه به انواع جریان موجود در آن (ارائه شده در بند ۴-۳ همین راهنما) می‌تواند بسیار متنوع باشد. به همین دلیل خصوصیات هیدرولیکی جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی فعال با استفاده از

omoorepeyman.ir

مدل‌های هیدرولیکی قدیمی همچون HEC2 قابل انجام نیست[1]. در بند ۵-۵ مدل‌های هیدرولیکی پیشنهادی مناسب برای مطالعات مخروط‌افکنه‌های آبرفتی ارائه شده است.

۵-٤-۲-۱- ناپایداری آبراهه‌ها

براساس شرایط جریان، مدل‌های ریاضی معمولا به پایدار و ناپایدار تقسیم بندی می‌شوند. فرآیندهایی که جریان و تغییرات بستر در آنها در طی زمان کند بوده و یا مطرح نباشند، توسط مدل‌های پایدار تجزیه و تحلیل می‌شوند، اما اگر تغییرات زمانی جریان یا بستر عمده باشد، باید از مدل‌های ناپایدار استفاده نمود [۲۳]. در مخروط‌افکنه آبرفتی فعال، همان‌طور که در بند ۴-۵ و ۴-۶ همین راهنما شرح داده شد، آبراهه‌ها ناپایدار می‌باشند. به همین دلیل در مطالعات هیدرولیکی جریان در سطح آنها باید پایدار یا ناپایدار بودن آبراهه‌ها را در نظر گرفت.

۵-٤-۲-۲- تشخیص آبراهه‌های فعال و غیرفعال

مسیر جریان در پهنه های سیل‌گیری مخروط‌افکنه‌های غیرفعال پایدار می باشند و فرآیند فرسایش و رسوب‌گذاری در آنها موجب ناپایداری و عدم قطعیت نمی شود. درحالی که در بخش های فعال عدم قطعیت جریان، فرسایش و رسوب‌گذاری سریع موجب کاهش توان آبراهه برای حمل مواد فرسایش یافته از بالادست مخروط افکنه می‌شود. به‌طوری‌که چنانچه در بخشی از مخروط افکنه در طول ۱۰۰ سال اخیر فرآیند سیل یا رسوب‌گذاری رخ داده باشد، آن مخروط افکنه فعال می‌باشد. باتوجه به عدم وجود روش تحلیل مشخص برای تشخیص آبراهه‌های فعال و غیرفعال باید با ترکیب محاسبات هیدرولیکی و بررسی شواهد زمین شناسی اخیر و در نظر داشتن تحول احتمالی شکل آبراهه در آینده و فرآیند رسوب‌گذاری و سیل مناطق غیرفعال مخروط افکنه‌ها را مشخص نمود. بنابراین با ترکیب روش‌های مهندسی و زمین ریخت‌شناسی به صورت کمی و کیفی می‌توان محدوده‌های سیل‌گیری را در درازمدت مشخص نمود. چنانچه محدوده با مشخصات مذکور مشاهده نشد و در منطقه مورد مطالعه فرآیندهای فرسایش و رسوب و جریان ناپایدار وجود نداشته باشد، آن منطقه غیرفعال می‌باشد. به طور کلی برای تشخیص فعال یا غیرفعال بودن مخروط افکنه‌ها از موارد زیر استفاده می‌شود، به علاوه یادآوری می‌شود که مشخصات محدوده های فعال و غیرفعال در مخروط‌افکنه‌ها در بند ۳-۴ آورده شده است.

- نقشه‌های زمین‌شناسی سطحی و خاک‌شناسی و بررسی داده‌های تاریخی سیل و رسوب، اطلاعات مناسبی در زمینه نوع خاک و سن سطح زمین ارائه می‌دهند.
- عکس‌های هوایی سال‌های مختلف برای تشخیص آبراهه های فعال و غیرفعال به کار می‌روند. به‌طوری‌که مناطق با پوشش گیاهی قدیمی و بدون تغییر در مسیر جریان آبراهه، آبراهه غیرفعال می‌باشند.
- تراکم و نوع پوشش گیاهی اطلاعات مناسبی در مورد سن سطح مخروط‌افکنه آبرفتی ارائه می‌دهند. بافت و ترکیب رسوبات در پوشش گیاهی سطحی موثر است، چون رسوبات جدید مخروط‌افکنه محتوی مواد آلی یا رس کمی هستند و در نتیجه اجازه رشد گیاهان را نمی‌دهند. به علاوه سطوح غیرفعال به دلیل این‌که تنها منبع تامین آب آنها بارش مستقیم

1- Comparison of Results from Alluvial Fan

omoorepeyman.ir

است و به دلیل این‌که عمدتا فرسایشی هستند حاصلخیز نمی‌باشند پوشش گیاهی کم‌تری دارند. سطوح با سن متوسط (اواسط تا اواخر هولوسن) دارای پوشش گیاهی متراکم و متنوع می‌باشند.

- نقشه‌های توپوگرافی برای تعیین مناطق مستعد جدا شدگی و عمق سیل، رسوب و واریزه در مخروط‌افکنه و به علاوه برای تشخیص سطوح مخروط‌افکنه قدیمی‌تر در محدوده‌های فعال به کار می‌روند که تحت پوشش سیل قرار نمی‌گیرند.
- پس از انجام مطالعات دفتری باید با پیمایش کلیه مسیرهای جریان، مناطق فعال و غیرفعال را مشخص نمود. به‌طوری‌که مشاهده شواهدی از اقدامات انسانی (اخیرا یا در دوره باستان) یا هوازدگی (سنگ‌فرش بیابانی، سنگ‌های صیقلی، ایجاد حفره یا شیار بر روی آهک) با بررسی میدانی بخش‌های مختلف مخروط‌افکنه نیز اطلاعات مربوط به سن مخروط‌افکنه را در اختیار قرار می‌دهد [۶۶].

۵-٤-۲-۳- تحلیل سیلاب‌های با غلظت بالای رسوب

الف- بده اوج سیلاب

بده اوج جریان واریزه‌ای از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$Q_{sp} = \frac{c^*}{c^* - c_d} Q_P \qquad (۲-۵)$$

که در این رابطه:

c^*: غلظت حجمی رسوبات در حالت روی هم انباشته شده (بی بعد)

C_d: غلظت حجمی رسوبات در حال انتقال در جریان سیلاب واریزه‌ای (بی بعد)

Q_p: بده اوج جریان معمولی برحسب (m^3/s)

Q_{sp}: بده اوج جریان واریزه‌ای برحسب (m^3/s)

ب- ضریب سرعت

برای بررسی هیدرولیک رودخانه نیاز به تعیین ضریب زبری و یا ضریب سرعت می‌باشد [۵]. افزایش مقدار رسوب در جریان موجب برخورد رسوبات به هم و اتلاف انرژی جریان می‌گردد و بنابراین باعث افزایش زبری هیدرولیکی و کاهش ضریب سرعت می‌شود [۱۹]. بدین ترتیب در مطالعات هیدرولیک سیلاب‌های غلیظ باید ضریب سرعت و ضریب مانینگ را با توجه به نوع جریان تعیین نمود. ضریب سرعت با استفاده از رابطه (۲-۶) در فصل ۲ به‌دست می‌آید.

ج- تحلیل هیدرگراف جریان

ضریب سرعت جریان غلیظ از ضریب سرعت جریان آشفته بسیار کم‌تر بوده و این عامل موجب افزایش عمق جریان گردیده و طغیان جریان از کانال اصلی رودخانه را در پی دارد [۵]. در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی کاهش شیب در پایین‌دست نیز موجب کاهش ظرفیت انتقال رسوب می‌شود [۵].

omoorepeyman.ir

سرعت جریان واریزه‌ای در آبراهه بستگی به مشخصات هندسی و شیب آبراهه و میزان غلظت و نوع رسوبات دارد. هر چه سرعت جریان بیش‌تر باشد نشان از آشفته بودن جریان دارد ولی افزایش غلظت رسوبات باعث کاهش آشفتگی جریان گردیده و سرعت کاهش می‌یابد [۴]. کاهش ضریب سرعت جریان و یا افزایش زبری براساس راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها (منبع شماره[۱۹]) تعیین می‌شود.

سیلاب‌های با غلظت بالای رسوب در صورت کاهش شیب آبراهه بر روی مخروط‌افکنه‌ها شروع به رسوب‌گذاری می‌نماید که باعث پر شدن آبراهه و تشدید طغیان و وسیع تر شدن پهنه سیلاب می‌گردد. رفتار سیلاب در این حالت عمدتا دو بعدی است و روندیابی دو بعدی سیلاب رسوب‌گذاری باید مد نظر قرار گیرد. که نرم‌افزار ویژه سیلاب واریزه‌ای دو بعدی موجود نبوده ولی می‌توان برای تحلیل با اعمال ضریب زبری‌های متناسب سیلاب واریزه‌ای از نرم‌افزارهای توصیه شده در بند ۵-۵-۱-۲ این راهنما استفاده کرد.

د- کاهش ظرفیت انتقال رسوب

در مخروط‌افکنه آبرفتی شیب بستر رودخانه در بازه‌های بالادستی زیاد بوده و در پایین‌دست این شیب کاهش می‌یابد. کاهش شیب نقش بسزایی در کاهش ظرفیت حمل رسوب دارد به‌طوری‌که چنانچه شیب بستر رودخانه در بازه‌های کم شیب و پر شیب به ترتیب I_g و I_S بوده و (qs) نرخ انتقال رسوب باشد، نسبت انتقال رسوب در بازه کم شیب نسبت به بازه پرشیب به صورت زیر خواهد بود.

$$\frac{(q_s)\text{gentle}}{(q_s)\text{steep}} = (\frac{Ig}{Is})^{0.78} \qquad (۳-۵)$$

بدین ترتیب با کاهش شیب در بازه‌های پایین‌دست انتقال رسوب در مناطق کم شیب افزایش می‌یابد و باعث رسوب‌گذاری شدید در آبراهه و طغیان سیلاب به خارج از آبراهه می‌شود که این مساله در پهنه‌بندی جریان‌های واریزه‌ای باید مورد توجه قرار گیرد.

هـ- انتقال جریان‌های با غلظت بالای رسوب

نرخ انتقال رسوب بدون بعد در جریان‌های غلیظ تابعی از عمق نسبی و تنش برشی بدون بعد است و با رابطه زیر بیان می‌شود.

$$q_s = kg^{1/43}I^{0.78} \qquad (۴-۵)$$

که در این رابطه:

q_s: بده رودخانه در واحد عرض (m^2/s)

I: شیب بستر رودخانه (بدون بعد)

K: ضریبی که از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$K = \frac{k_d}{\phi^{1.43}g^{0.72}} \qquad (۵-۵)$$

که در این رابطه:

ϕ: ضریب سرعت

g: شتاب ثقل (m/s^2)

K_d: ضریبی که به خواص فیزیکی رسوب بستگی دارد و با رابطه زیر بیان می‌شود.

omoorepeyman.ir

$$K_d = \frac{0.8\sqrt{g}}{s d_{50}^{0.65}} \qquad (۶-۵)$$

که در این رابطه:

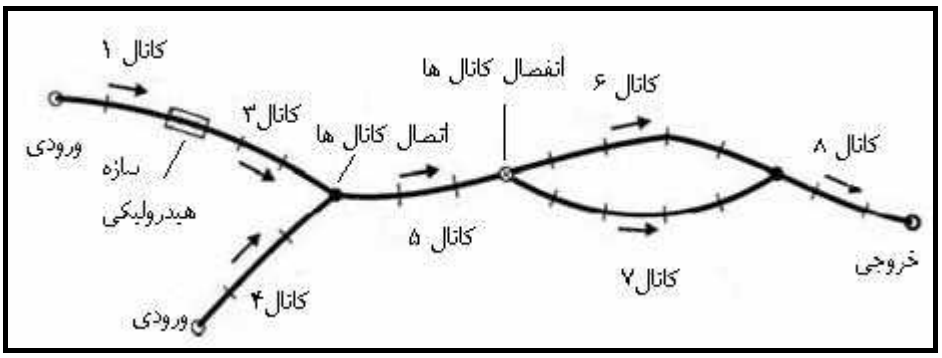
s: وزن مخصوص مستغرق نسبی (بی بعد)

d_{50}: قطر متوسط رسوب برحسب متر

۵-۵- مدل های تحلیل جریان

مدل‌های ریاضی مورد استفاده در تحلیل جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی شامل مدل‌های یک بعدی[1] و دو بعدی، می‌باشند. البته فرآیندهای مطرح در جریان‌ها دارای طبیعت سه بعدی می‌باشند که در حالت ایده آل باید از مدل‌های سه بعدی برای مدل‌سازی آنها استفاده نمود. اما مدل‌های سه بعدی خیلی زمان بر می‌باشند. درحالی‌که مدل‌های یک بعدی و دو بعدی که به‌وسیله ساده‌سازی‌های مختلف مانند متوسط‌گیری در مقطع، عمق و عرض حاصل می‌شوند، برای فعالیت‌های مهندسی راه حل مناسبی می‌باشند.

مدل‌های یک بعدی به‌طور وسیعی در مطالعات شبیه‌سازی فرآیندهای سیلاب و رسوب‌گذاری در آبراهه‌های مستقیم، جریان‌های جداشونده و در محل اتصال آبراهه‌ها به‌کار برده می‌شوند. در مدل‌های یک بعدی تغییرات پارامترها در دو بعد ناچیز فرض شده و معادلات حاکم بر جریان در آن دو بعد متوسط‌گیری می‌شوند. در شکل (۵-۱) شبکه‌بندی در یک آبراهه یک بعدی، شبکه آبراهه و اتصال و انفصال آبراهه نشان داده شده است [۲۳].



شکل ۵-۱- نمایی شماتیک از یک شبکه آبراهه [۲۵]

هنگامی‌که تغییرات کمیت‌های متوسط جریان در جهت قائم (عمق جریان) ناچیز بوده و به همین دلیل می‌توان با اعمال فرضیات ساده کننده، از معادلات دو بعدی در پلان بهره جست [۲۳]. برای تحلیل جریان ورقه‌ای باید از مدل‌های دوبعدی استفاده نمود.

برای انتخاب مدل مناسب برای شبیه‌سازی مخروط‌افکنه مورد مطالعه، باید چند معیار عمده را در نظر گرفت که عبارتند از: هدف از مدل‌سازی، ابعاد مکانی جریان (یک بعدی یا دو بعدی) و ابعاد زمانی جریان (پایدار یا ناپایدار)، براساس این معیارها برای مدل‌سازی جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی سه مدل ارائه شده است که کاربر باید با توجه به شرایط حاکم در مخروط‌افکنه مورد مطالعه و هدف مطالعه، مدل مناسب مورد نیاز خود را انتخاب نماید.

1- One-Dimensional Models

omoorepeyman.ir

مدل‌های پیشنهادی برای تحلیل جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی براساس نوع جریان در مخروط‌افکنه انتخاب می‌شود. بـدین ترتیب در این راهنما مدل‌های مناسب برای مطالعه مخروط‌افکنه‌های آبرفتی به صورت زیر معرفی می‌شوند:

- تحلیل جریان مستقیم و شریانی با مدل HEC-RAS
- تحلیل بررسی ریخت‌شناسی رودخانه با مدل CCHE
- تحلیل جریان مدل MIKE FLOOD

مشخصات این مدل‌ها به‌طور اجمالی در جدول (۵-۱) ارائه شده است.

جدول ۵-۱- مدل‌های هیدرودینامیک و رسوب در تحلیل جریان در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی [۲۳]

مدل	ابعاد			مقیاس زمانی		نوع حجم آبی					اتصال به GIS	مستند سازی		دسترسی به مدل		رسوب
	1D	2D	3D	پایدار	ناپایدار	مخزن	دریاچه	رودخانه	خور	سواحل		ضعیف	قوی	سفارشی	آزاد	
CCHE1D	√	–	–	√	√	–	–	√	√	–	√	–	√	–	√	√
CCHE2D	–	√	–	√	√	–	√	√	√	–	√	–	√	–	√	√
HEC-RAS	√	–	–	√	√	–	–	√	–	–	√	–	√	–	√	√
FLUENT	–	√	√	√	√	√	√	√	–	–	–	–	√	√	–	–
MIKE FLOOD	√	√	–	√	√	–	–	√		–	√	–	√	√	–	√

۵-۱-۱-۵- مدل HEC-RAS

مدل HEC-RAS، برای مدل‌سازی الگوی جریان، آبشستگی و رسوب‌گذاری در آبراهه‌های مستقیم مورد استفاده قرار مـی‌گیـرد که مدلی یک بعدی است و برای شبیه‌سازی جریان آب و رسوب و محاسبه نیمرخ سطح آب در جریان‌های زیر بحرانی، فوق بحرانی و ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل در جریان‌های پایدار و ناپایدار قادر به شبیه‌سازی بستر متحرک و سازه‌هـای موجـود و انواع کانال‌ها با شکل‌های مختلف می‌باشد و تغییر زبری در طول کانال و در مقاطع مختلف را در نظر می‌گیرد [۲۳].

این مدل نیمرخ سطح آب، سرعت جریان، شیب خط انرژی، سطح جریان، عرض بالای جریان و عدد فرود جریـان را بـا دریافـت داده‌های ورودی مورد نیاز محاسبه می‌نماید. در صورتی‌که رودخانه‌های موجود در مخروط افکنه پایدار باشند و تغییـر مـسیر و مقطـع قابل توجهی نداشته باشند می‌توان از این مدل استفاده نمود. داده‌های مورد نیاز، کاربرد، قابلیـت‌هـا و محـدودیت‌هـای ایـن مـدل در راهنمای کاربرد مدل‌های ریاضی و فیزیکی در مطالعات مهندسی و ساماندهی رودخانـه (نـشریه شـماره ۳۲۰ طـرح تهیـه ضـوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو)به تفصیل آمده است [۲۳].

۵-۱-۲-۵- مدل Fluent

مدل Fluent برای شبیه‌سازی جریان به‌صورت دو بعدی و سه بعدی به کار می‌رود. در این مدل امکـان تغییـر شـبکه و تحلیـل جریان با شبکه‌های غیرساختار یافته، استفاده از شبکه‌های بـا المـان‌هـای مثلثـی و چهـار ضـلعی (بـرای هندسـه‌هـای دو بعـدی) و چهارضلعی، شش وجهی، هرمی یا گوه‌ای (برای هندسه‌های سه بعدی) وجود دارد.

omoorepeyman.ir

این نرم‌افزار قادر به نمایش خطوط هم تراز تمامی متغیرها، بردارهای سرعت، مسیر حرکت ذرات فرضی، نمایش پارامترها در نمودارهای دوبعدی و سه‌بعدی می‌باشد [۲۳]. داده‌های مورد نیاز، کاربرد، قابلیت‌ها و محدودیت‌ها این مدل در راهنمای کاربرد مدل‌های ریاضی و فیزیکی در مطالعات مهندسی و ساماندهی رودخانه به تفصیل آمده است [۲۳].

۵-۵-۱-۳- مدل CCHE2D

این مدل برای مدل‌سازی اثر الگوی جریان بر ریخت‌شناسی رودخانه استفاده می‌شود. پس از انجام مدل‌سازی جریان رودخانه، انتقال رسوب مدل شده و سپس تاثیر تغییرات نیمرخ بستر مدل می‌شود. به این معنی که بین مدل‌سازی جریان و انتقال رسوب یک حالت رفت و برگشتی وجود داشته و اندرکنش بین آنها در نظر گرفته می‌شود.

مدل CCHE2D شبیه‌سازی دو بعدی متوسط‌گیری شده در عمق را برای هیدرودینامیک و انتقال رسوب در مجاری روباز انجام می‌دهد. نیمرخ سطح آب در شرایط جریان‌های زیر بحرانی، فوق بحرانی و بینابین و تاثیرات جریانات ثانویه در انتقال بار بستر در مجاری روباز منحنی شکل را، محاسبه می‌نماید. سیل‌گرفتگی و عقب‌نشینی سیل با توجه به معیار عمق بحرانی برای مناطق خشک و تر را به صورت دقیق شبیه‌سازی می‌نماید. داده‌های مورد نیاز، کاربرد، قابلیت‌ها و محدودیت‌ها این مدل در راهنمای کاربرد مدل‌های ریاضی و فیزیکی در مطالعات مهندسی و ساماندهی رودخانه به تفصیل آمده است [۲۳].

۵-۵-۱-٤- مدل MIKE FLOOD

شبیه‌سازی جریان در سطح مخروط افکنه به علت پیچیدگی حرکت آب مشکل می‌باشد. برای محاسبه ارتفاع سیل و تعیین خصوصیات جریان و سرعت آن با دقت مناسب و به صورت واقع‌بینانه از مدل کامپیوتری هیدرودینامیکی MIKE FLOOD استفاده می‌شود. در این مدل ترکیبی از تحلیل‌های یک بعدی و دو بعدی جریان برای یک محدوده خاص قابل اجراست. در واقع مدل یک بعدی MIKE11 و مدل دو بعدیMIKE21 در مدل MIKE FLOOD گنجانده شده‌اند. این مدل به کاربر اجازه می‌دهد که جریان در آبراهه اصلی را با استفاده از تحلیل یک بعدی جریان و سایر بخش‌ها را با تحلیل دوبعدی جریان شبیه سازی نماید. به علاوه امکان بررسی اثر سازه‌های کوچک مثل سرریز و کالورت را با تحلیل دوبعدی جریان میسر می‌سازد. داده‌های مورد نیاز، کاربرد، قابلیت‌ها و محدودیت‌ها این مدل در راهنمای کاربرد مدل‌های ریاضی و فیزیکی در مطالعات مهندسی و ساماندهی رودخانه به تفصیل آمده است [۲۳].

omoorepeyman.ir

فصل ۶

ملاحظات فنی ویژه برای مهار سیلاب و فرسایش رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای

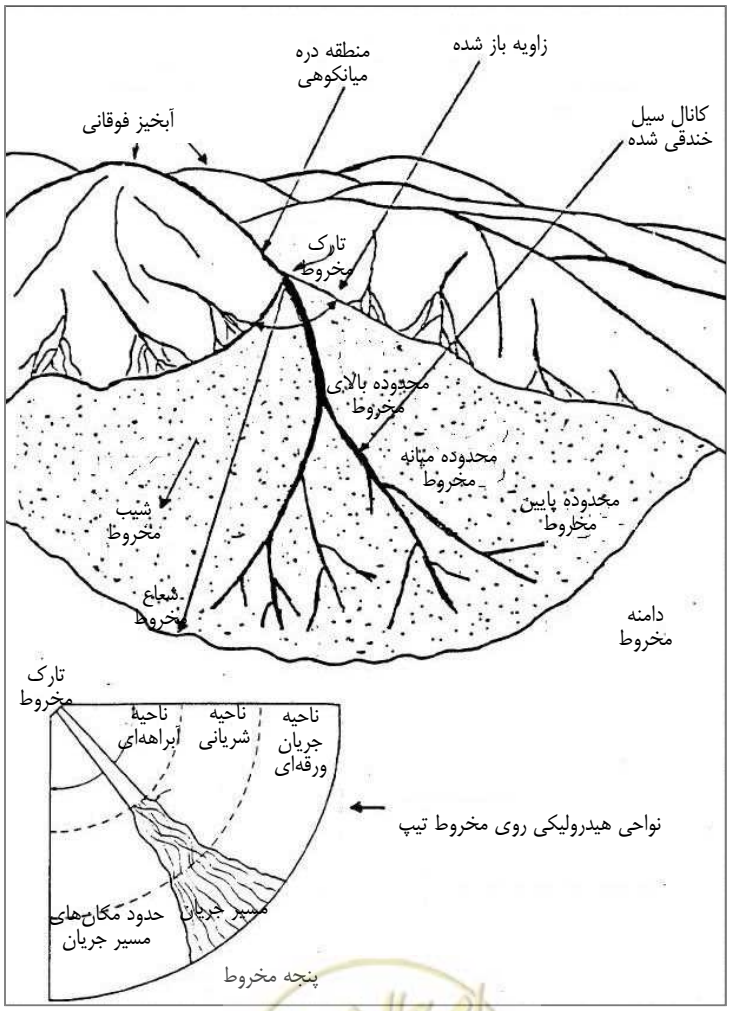
omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

٦-١- کلیات

مخروط‌افکنه‌ها، تغییرات سطح زمین ناشی از رسوب‌گذاری هستند که در یک مقیاس زمانی زمین‌شناسی شکل گرفته‌اند و در پای دامنه کوهستان، جایی‌که جریان‌های فصلی کوهستانی به سمت شیب‌های ملایم‌تر بستر دره ظاهر می‌شوند، واقع شده‌اند. آنها معمولا در نمای پلان، مخروطی و یا بادبزنی شکل هستند. روی نقشه‌های توپوگرافی، مخروط‌افکنه‌ها به صورت منحنی‌های میزانی که حول دهانه یک دره عمیق (تارک مخروط افکنه) هم‌مرکز شده‌اند ظاهر می‌شوند. شکل (۶-۱) شمای توصیفی خصوصیات مخروط‌افکنه را نمایش می‌دهد.

مهار و مدیریت سیلاب و فرسایش در رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای نیاز به ملاحظات ویژه‌ای دارد که با توجه به شرایط ویژه این نوع از رودخانه‌ها باید مد نظر قرار گیرد. لذا در این فصل ابتدا در خصوص شرایط سیل در این نوع رودخانه‌ها بررسی صورت گرفته و سپس ملاحظات ویژه برای روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای مهار و مدیریت سیل مورد بحث قرار گرفته است و نهایتا ملاحظات ویژه در مهار فرسایش رودخانه‌های مخروط‌افکنه بحث می‌گردد.



شکل ٦-١- شمای توصیفی خصوصیات مخروط‌افکنه [۸۸]

omoorepeyman.ir

٦-۲- سیل روی مخروط‌افکنه‌ها

هوازدگی، زلزله و غیره منبع فراوانی از رسوب را فراهم می‌کنند که در طول دوره‌های زمانی بین رگبارهای فراگیر رسوبات غیر متراکمی که در اثر رگبارهای کوچک‌تر در داخل حوضه آبخیز و کانال‌های جریان انباشته می‌شوند را به حرکت درآورده و بعضا سیلاب‌های گلی و واریزه‌ای تولید می‌کنند.

تغییر در جریان و یا منابع تولید رسوب مخروط‌افکنه می‌تواند به‌طور عمده ریخت‌شناسی تارک و سطح مخروط افکنه را تغییر دهد. اگر منابع رسوبی از بالادست حوضه به سمت مخروط افکنه در اثر تغییر در الگوی بارش و یا افزایش پوشش گیاهی کاهش یابد، در تارک مخروط افکنه شکافی ایجاد خواهد شد. وقتی که ظرفیت انتقال رسوب یا قابلیت انتقال رسوب جریان از بار رسوبی در دسترس تارک فراتر رود، سطح مخروط افکنه به‌وسیله جریان فرسایش یافته، و یک آبراهه شکافته شده ایجاد می‌کند. تا زمانی‌که ظرفیت انتقال رسوب از میزان رسوب در دسترس تجاوز نماید، تعریض و تعمیق این آبراهه ادامه خواهد یافت [۹۹]. عوامل زیر از مشخصه‌های مهم حوضه‌های آبخیز و مخروط افکنه‌ها هستند که رفتار سیلاب را تحت تاثیر قرار می‌دهند:

- شیب حوضه
- نوع خاک، پوشش و کاربری اراضی حوضه
- فراوانی وقوع آتش‌سوزی در جنگل
- شدت و دوام بارندگی
- شکل و شیب طولی و جانبی مخروط افکنه
- نوع رسوب و پوشش گیاهی مخروط افکنه
- وجود خندق‌ها در مخروط افکنه
- وجود رخنمون سنگی و یا آستانه در آبراهه‌های مخروط افکنه
- موقعیت، تراکم انواع کاربری اراضی و یا سازه‌ها از قبیل: جاده، پرچین، راه‌آهن، ساختمان

هنگام طراحی و جانمایی سازه‌ها روی مخروط‌افکنه‌ها باید اثرهای بالقوه این مشخصه‌های مخروط‌افکنه بر روی هیدرولیک و ظرفیت انتقال رسوب سیلاب مورد ارزیابی قرار گیرد.

بعضا سیل روی مخروط‌افکنه رخ می‌دهد و در صورت رخداد مملو از مواد واریزه‌ای بوده و سرعت جریان آن بالا است. این سیل‌ها می‌توانند کانال‌های مهار سیل را به وسیله مواد واریزه‌ای و یا نخاله‌های حاصل از تخریب سازه‌های متقاطع مسدود کنند. مخروط‌افکنه‌ها معمولا آبراهه‌های متعدد و شریانی دارند که این آبراهه‌ها، تحت تاثیر عواملی از قبیل فعالیت‌های بشری، تغییر پوشش گیاهی، انباشت واریزه، ته نشینی رسوبات بادی و غیره، در معرض پدیده جداشدن قرار دارند.

به علت این‌که سیل بزرگ روی مخروط‌افکنه‌ها در اثر رگبارهای نادر و شدید اتفاق می‌افتد، داده‌های موجود از بارش و جریان سیل اندک و پراکنده هستند. همچنین وجود دوره‌های طولانی فصل خشک بین سیلاب‌ها، باعث می‌شود که انتظار مردم از خطر وقوع سیل، در این نواحی، کم شود. به‌علاوه، بر روی اکثر مخروط‌افکنه‌ها شهرسازی نشده است و امکان ثبت سیلاب‌ها نبوده و بنابراین تعداد سیل‌های تاریخی ثبت شده محدود بوده و دوره داده برداری سیلاب‌ها، کوتاه مدت می‌باشد.

omoorepeyman.ir

آژانس فدرال مدیریت بحران[1] (۱۹۸۹) خطرهای سیل که ممکن است روی مخروط‌افکنه‌ها رخ دهد به شرح زیر معرفی نموده است [۹۹]:

- جریان با سرعت بالا (۴/۵ تا ۹ متر بر ثانیه) که می‌تواند نیروهای هیدرودینامیکی قابل توجهی بر سازه‌ها ایجاد کند.
- کف‌کنی تا عمق ۳-۲ متر
- ته نشینی رسوب و مواد واریزه‌ای تا عمق (۴ تا ۶ متر) در زمان وقوع سیل
- جریان واریزه‌ای و نیروهای موثر وابسته به آن و بار رسوب زیاد
- جریان گلی و رسوب‌گذاری ناشی از آن و ضرورت تخلیه رسوبات
- آب گرفتگی و نیروهای وابسته به‌آن بر روی ابنیه و ساختمان‌ها
- سیلاب‌های ناگهانی، به صورتی‌که زمان هشدار کوتاهی برای تخلیه و انجام اقدامات اضطراری به منظور حفاظت از اموال وجود داشته باشد.
- کوتاه بودن طول دوره داده‌برداری، به‌طوری‌که معیار فراوانی وقوع و استمرار حادثه اغلب باید از طریق روابط منطقه‌ای و براساس داده‌های محدود تخمین زده شود.

به‌دلیل تنوع در آب و هوا، تاریخچه ایجاد مخروط افکنه، سرعت و نوع فعالیت‌های تکتونیکی، سنگ‌شناسی مناطق منشا، پوشش گیاهی و کاربری اراضی، مخروط‌افکنه‌ها و سیلاب روی آنها تفاوت‌های زیادی را نشان‌می‌دهند. این تفاوت‌ها موجب می‌شود که در هنگام طراحی سازه‌های مهار سیل روی مخروط‌افکنه روش تحلیلی متناسب با شرایط ویژه محل پروژه مد نظر قرار گیرد [۵۴].

٦-۳- ملاحظات ویژه روش‌های سازه‌ای مهار سیلاب

٦-۳-۱- روش سازه‌ای مهار سیلاب روی مخروط‌افکنه

روش‌های سازه‌ای مهار سیلاب با هدف کاهش خطر سیلاب، طراحی و اجرا می‌شوند. ممکن است سه روش کلی مدیریت خطر سیل روی مخروط‌افکنه‌ها اعمال شود. این روش‌ها که مبتنی بر اندازه و تراکم توسعه برنامه‌ریزی شده می‌باشند عبارتند از [۵۹]:

- حفاظت از کل مخروط افکنه
- حفاظت موضعی بخش فرعی
- حفاظت از یک محوطه و یا یک سازه

٦-۳-۱-۱- حفاظت از کل مخروط افکنه

این نوع از حفاظت، روش‌های سازه‌ای بزرگ مقیاس نظیر سدهای رسوب‌گیر و سامانه‌های انحراف سیل را شامل می‌شود که برای مخروط افکنه‌هایی که به‌طور گسترده توسعه یافته‌اند و شهرسازی شده است، به‌کار می‌روند. در طراحی این سازه‌ها باید موارد زیر را در نظر داشت:

1- Federal Emergency Management Agency (FEMA)

omoorepeyman.ir

- سازه‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که جریان و مواد واریزه‌ای آبخیز بالادست را در تارک قطع نمایند و آن را به خارج از محدوده شهرسازی شده[1] منحرف نمایند و یا ازمیان آن به بیرون از شهر منتقل کنند.
- سازه‌ها باید در مقابل فرسایش، رسوب‌گذاری، نیروهای ناشی از جریان‌های با سرعت بالا مقاوم باشند.
- نگهداری مداوم این سازه‌ها هرچند که پر هزینه باشد برای عملکرد بهینه آنها ضروری است.

٦-٣-١-٢- حفاظت موضعی بخش فرعی

با کاربرد روش‌های زیر می‌توان یک بخش فرعی مشخص و یا یک محل توسعه یافته از یک مخروط افکنه را در مقابل خطر سیل محافظت کرد:

- سازه‌های شیب‌شکن
- موانع رسوب‌گیر
- خاکریزهای موضعی، کانال انحراف سیل
- کانال‌های مهار سیل
- احداث ساختمان‌ها برروی خاکریزهای مستحکم

این روش‌ها برای حفاظت محدوده‌های کوچک‌تر از کل مخروط‌افکنه هستند که می‌توانند مخروط افکنه‌های با تراکم متوسط اراضی شهری را به‌وسیله مهار مواد واریزه‌ای و یا هدایت آب و رسوب به خارج از یک منطقه شهری توسعه یافته، حفاظت کنند.

٦-٣-١-٣- حفاظت از یک محوطه و یا یک سازه

یک محوطه و یا سازه را می‌توان با کاربرد روش‌های حفاظتی زیر از خطر سیل محافظت نمود:

- افزایش ارتفاع پی محوطه یا سازه
- احداث دیوارهای سیل‌بند و خاکریزها
- تقویت و مسلح نمودن دیوارها، در و پنجره‌ها در مقابل ضربه مواد واریزه‌ای

این روش‌ها در مناطق کم‌تر توسعه یافته شهری، موثرترند.

٦-٣-٢- روش‌های سازه‌ای مهار سیل روی مخروط‌افکنه‌ها

روش‌های سازه‌ای مهار سیل با هدف کاهش بده اوج و یا عمق سیلاب طراحی می‌شوند. روش‌هایی که بده اوج سیل را کاهش می‌دهند شامل مخازن ذخیره و سامانه‌های انحراف سیل می‌باشند، درحالی‌که روش‌هایی که عمق سیل را کاهش می‌دهند شامل اصلاح مقطع آبراهه‌های موجود، احداث سیل‌بندهای خاکی و دیوارهای سیل‌بند می‌باشند به‌طور کلی روش‌های سازه‌ای مورد استفاده برای مهار سیل و جریان‌های واریزه‌ای روی مخروط‌افکنه‌ها شامل روش‌های زیر می‌باشند [۹۹]:

- موانع رسوب‌گیر[2]: سازه‌هایی هستند که معمولا در حوضه آبریز قرار می‌گیرند تا حرکت مواد واریزه‌ای را به سمت پایین‌دست آبراهه و به‌داخل مخروط افکنه متوقف کنند و یا کاهش دهند.

1- Urbanized
2- Debris Barriers

omoorepeyman.ir

- مخازن رسوب‌گیر[1]: سدهایی هستند که برای ته‌نشینی و ذخیره‌سازی مواد رسوبی درشت و زاید ناشی از سیلاب طراحی می‌شوند. این سازه‌ها معمولا در تارک مخروط‌افکنه‌ها قرار می‌گیرند.
- مخازن تاخیری[2]: سدهای ذخیره سیل هستند که معمولا فاقد سامانه کنترل (دریچه و شیر) در خروجی می‌باشند و برای کاهش جریان اوج سیلاب یک حوضه آبریز طراحی شده‌اند. گاهی اوقات یک مخزن هر دو هدف حوضچه‌های تاخیری و رسوب‌گیر را تامین می‌کند.
- کانال‌های مهار سیل[3]: سازه‌هایی هستند که برای عبور ایمن‌تر بده اوج سیلاب در مقایسه با آبراهه‌های طبیعی طراحی و اجرا می‌گردند، در نتیجه عمق سیلاب را کاهش می‌دهند. کانال‌های مهار سیلاب معمولا از مسیر آبراهه‌های طبیعی پیروی می‌کنند.
- کانال‌های انحراف و برگردان سیل[4]: آبراهه‌های مصنوعی هستند که برای ایجاد ظرفیت اضافی و دور کردن جریان از منطقه توسعه‌یافته، طراحی می‌گردند.
- دیوارهای سیل‌بند[5]: دیوارهای قائمی هستند که معمولا به موازات رودخانه و از جنس بتن مسلح ساخته می‌شوند تا از طغیان سیلاب به داخل منطقه مسکونی توسعه یافته جلوگیری کنند.
- گوره‌ها[6]: خاکریزهایی هستند که به موازات رودخانه و برای جلوگیری از طغیان سیلاب به داخل منطقه توسعه یافته طراحی می‌گردند.
- دیوارهای سیل‌بند و خاکریزها[7]: اغلب در ترکیب با سازه‌های انحراف سیل استفاده می‌شوند. همچنین ممکن است در عرض یک مخروط‌افکنه قرار گیرند تا جریان را به خارج از منطقه توسعه یافته منحرف نمایند و یا مسیر آن را قبل از تخلیه جریان اضافی به داخل رودخانه مجاور، به سمت یک مخزن رسوب‌گیر محلی تغییر دهند.

٦-٣-٢-١- موانع رسوب‌گیر

این سازه‌ها می‌توانند جزیی از یک طرح مهار سیل باشند؛ البته، به اندازه زیادی سیلاب را کاهش نمی‌دهند. آنها موانعی هستند که برای توقف اجسام بزرگی مانند تخته‌سنگ، سنگ درشت، و مواد واریزه‌ای شناور (از قبیل کنده درخت، جاروبک، شاخه درخت، آشغال و سایر قطعات بزرگی که ممکن است به وسیله جریان‌های سریع حرکت داده شوند)، طراحی می‌شوند. این سازه‌ها می‌توانند به صورت دائمی نصب شوند و یا به عنوان بخشی از یک واکنش اضطراری بعد از وقوع آتش‌سوزی در حوضه آبریز و یا زمین‌لغزش، اجرا شوند تا از افزایش قابل انتظار رسوبات واریزه‌ای جلوگیری کنند. این موانع شکل‌های متفاوتی از قبیل حصارها، دیوارهای کوتاه، داربست‌ها و بندهای اصلاحی[8] را در بر می‌گیرند(شکل ۶-۲). در زیر تعدادی از این شکل‌ها معرفی می‌شود:

1- Debris Basins
2- Detention Basins
3- Flood-Control Channels
4- Diversions and Bypasses
5- Floodwalls
6- Levees
7- Dikes
8- Check Dams

omoorepeyman.ir

- **نرده‌های نگهداشت واریزه:** به‌طور تیپ تیرهای عمودی هستند (با و یا بدون سیم اتصال) که به یک فونداسیون احداثی عمود بر مسیر جریان واریزه‌ای، بسته شده‌اند. این نرده‌ها به‌خودی‌خود، تنها به‌صورت موردی از جریان واریزه‌ای در زمان وقوع سیل ممانعت می‌کنند و به عنوان یک راه حل کلی برای جلوگیری از تخریب ناشی از جریان واریزه‌ای توصیه نمی‌شوند. هدف اصلی این نرده‌ها تاخیر در سرعت انتقال واریزه‌ها به پایین‌دست؛ گرفتن بخشی از مواد واریزه‌ای و تفکیک واریزه‌های در حال جریان است. عملکرد نرده‌ها باعث می‌شود که هوای محبوس در زیر جریان واریزه‌ای آزاد شود. هوای محبوس شده در جریان واریزه‌ای می‌تواند اصطکاک بین مواد واریزه در حال جریان و زمین را کاهش دهد و در نتیجه باعث افزایش سرعت جریان گردد. نرده‌های نگهداشت واریزه اغلب در طول یک جریان واریزه‌ای خراب می‌شوند. البته اگر خرابی نرده به شکل خم شدن باشد و به طور کامل تخریب و از جا کنده نشود، هنوز می‌تواند سرعت جریان را کاهش دهد و بخشی از مواد واریزه را نگه دارد.

شکل٦-۲- نمونه‌ای از توری نگهداشت مواد واریزه در بالادست جاده

نرده‌های نگهداشت واریزه، جریان را کاهش داده و انرژی آن را در شروع حرکت‌های توده‌ای گرفته و از وقوع جریان‌های واریزه‌ای بزرگ مقیاس بعدی به سمت پایین‌دست آبراهه جلوگیری کنند. احتمالا نرده‌های نصب شده در پای دامنه‌های تند تخریب می‌شوند، مگر این‌که، متناسب با سرعت‌های بالای جریان‌های وایزهای تقویت شده باشند. نرده‌های نگهداشت واریزه باید به صورت دوره‌ای بازدید گردند و در صورت نیاز تمیز و یا تعمیر شوند. این سازه بهترین کاربرد را به عنوان یک روش موقتی و یا در مواقع اضطراری دارد و نباید به تنهایی به عنوان یک سازه دائمی مهار سیل مورد توجه قرار گیرد.

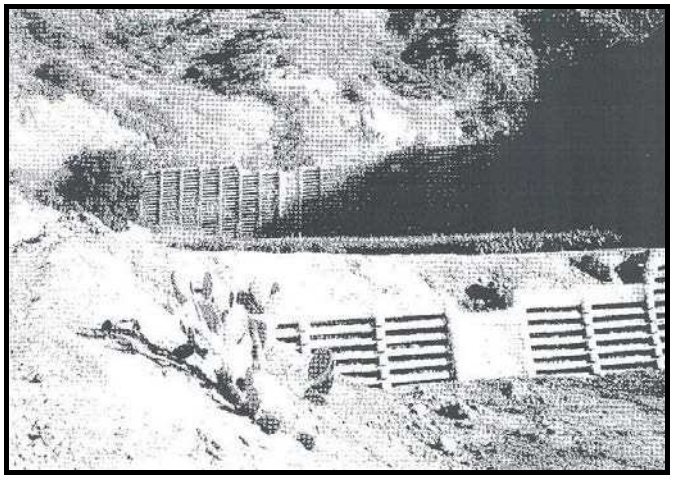
- **دیوارهای مانع واریزه**[1]**:** به عنوان «دیوار آتش» نیز شناخته شده‌اند، این دیوارها به‌طور تیپ به ارتفاع ۲ تا ۴/۵ متر، با الوارهای ۵ در ۳۰ سانتی‌متری که به وسیله فونداسیون بتنی نگهداری شده‌اند، ساخته می‌شوند. در عمل ثابت شده است هرچند که این سازه‌ها با هدف ایجاد حفاظت موقتی تا زمان استقرار مجدد پوشش طبیعی حفاظتی در یک آبخیز سوخته (بعداز ۳ تا ۵ سال) اجرا می‌شوند، ولی کاملا با دوام هستند. در کوه‌های سان گابریل جنوب کالیفرنیا نمونه‌هایی از دیوار دیده شده است که تا ۱۵ سال دوام داشته‌اند (شکل ۶-۳).
- **سدهای داربستی**[2]**:** همانند بندهای اصلاحی در عرض یک آبراهه احداث می‌شوند. در کالیفرنیای جنوبی داربست‌های بتنی به عنوان سازه‌های تاخیر سیلاب احداث شده‌اند. داربست‌هایی که به صورت دوره‌ای تمیز شده باشند همچون موانع

1- Debris Barrier Walls
2- Crib Barriers

omoorepeyman.ir

کوچک در مقابل واریزه‌ها عمل می‌کنند. گاهی اوقات داربست‌ها به صورت سری احداث می‌گردند. ممکن است دسترسی به داربست‌هایی که در بالادست دره‌های باریک نصب شده‌اند مشکل باشد و در نتیجه نتوان مواد واریزه آنها را تمیز کرد. به محض پر شدن، بالادست این سدها یک تالاب با پوشش گیاهی متراکم ایجاد می‌شود که به‌علت داشتن شیب ملایم‌تر و مقاومت هیدرولیکی بیش‌تر، به عنوان یک تاخیر دهنده جریان سیلاب عمل می‌کند. به علاوه، سدهای داربستی پرشده از واریزه پایداری شیب‌های کناره دره را افزایش داده و جریان واریزه‌ای بیش‌تری را مهار می‌کنند. تجربیات ۴۰ ساله به‌دست آمده از کالیفرنیای جنوبی نشان داده است که سدهای داربستی بتنی که به‌طور مناسب طراحی و اجرا گردیده‌اند از انواع موثر و با دوام موانع رسوب‌گیر هستند (شکل ۶-۴).

شکل٦-۳- دیوار مانع واریزه در کالیفرنیای جنوبی [۹۹]



شکل٦-٤- سدداربستی بتنی در کالیفرنیای جنوبی [۹۹]

- **دیوارهای حایل**[1]: این سازه به ارتفاع ۲ تا ۳ متر بوده و از دیگر طرح‌های معمول برای حفاظت موضعی یک بخش فرعی مخروط‌افکنه است (شکل ۶-۴). دیوارهای مایل، شکل دیگری از دیوارهای حایل هستند که با زاویه‌ای بیش‌از ۹۰

1- Retaining Walls

omoorepeyman.ir

درجه با جهت شیب نصب می‌شوند. مشاهدات از عملکرد دیوارهای حایل مایل در طول سیل‌های بزرگ، نشان می‌دهد که معمولا دیوارها به علت شیوه‌های ضعیف اجرا و یا طراحی نامناسب تخریب شده‌اند.

امروزه به منظور کاهش هزینه‌های اجرایی احداث دیوارهای حایل عموما از بلوک‌های سیمانی توخالی استفاده می‌شود، ولی باید توجه کرد که این بلوک‌ها بیش‌تر در معرض تخریب قرار دارند. دیوارهای حایل با بتن مسلح درجا خیلی پایدارتراز دیوارهای احداثی با بلوک توخالی هستند. زیرا یکپارچه هستند و مانند دیوارهای بلوکی دارای سطح ضعیف بین بلوک‌ها و ملات نیستند. همچنین تعبیه فولاد در دیوار بتنی درجا برای مقاوم نمودن آن در مقابل تنش کششی، به مراتب آسان‌تر از دیوارهای بلوکی است و اتصال بین فولاد و بتن در دیوارهای با بتن‌ریزی درجا بیش‌تر است.

شکل٦-٥- یک دیوار حایل منحرف‌کننده مواد واریزه‌ای در راس مخروط یک جریان واریزه‌ای نزدیک هیروشیمای ژاپن

٦-٣-٢-٢- مخازن تاخیری و رسوب‌گیر

این مخازن معمولا داخل حوضه آبخیز و یا نزدیک تارک مخروط‌افکنه، جایی‌که جریان وایزهای محدود شده است، قرار می‌گیرند. اغلب عرض باریک یک دره مناسب‌ترین ساختگاه برای احداث آنها است. اغلب مخازن رسوب‌گیر با یک کانال انتقال سیلاب در پایین‌دست آن ترکیب می‌شوند.

در مخزن رسوب‌گیر باید یک سامانه تخلیه جریان در هنگام پر شدن حوضچه از رسوب طراحی گردد. عموما مجرای تخلیه یک سد رسوب‌گیر شامل یک برج مدور با بازشدگی‌های برشی در اطراف آن خواهد بود. سامانه‌های تخلیه از نوع کالورت، تنها در مناطقی کاربرد دارند که غلظت رسوب جریان ورودی به مخزن کم باشد. در غیر این‌صورت رسوب جریان ورودی در مخزن ته‌نشین شده و ورودی کالورت را مسدود خواهدکرد و در نتیجه ظرفیت عبور جریان از آن را کاهش می‌دهد.

٦-٣-٢-٣- کانال‌های انحراف سیل

به‌طورکلی در جایی‌که هزینه حق عبور از درون املاک خصوصی بسیار بالاست، از کانال‌های انحراف سیل با پوشش بتنی و با بهره‌وری بالا استفاده می‌شود. در مناطقی با هزینه‌های حق عبور پایین‌تر، معمولا از کانال‌های خاکی ذوزنقه‌ای شکل با مقطع بزرگ‌تر استفاده می‌گردد. معمولا احداث و نگهداری کانال‌های پایدار خاکی و بدون پوشش در مخروط‌افکنه‌ها، مشکل خواهد بود.

omoorepeyman.ir

این کانال‌ها به حفاظت کناره‌ها با سنگ‌چین[1]، و احتمالا سازه‌های شیب‌شکن نیاز دارند. در گذشته طراحی سازه‌ها اغلب براساس مقایسه بین هزینه‌های اجرا و حق عبور از اراضی انجام شده است. برخی از کانال‌های انحراف سیل ممکن است به عنوان کانال‌های چند منظوره مورد توجه قرار گیرند، به‌طوری‌که در بخشی از منطقه انتقال سیل زیست‌بوم‌هایی برای حیوانات غیراهلی و یا امکاناتی برای تفریحات عمومی تدارک دیده می‌شود.

به‌دلیل این‌که سیلاب‌ها روی مخروط‌افکنه دارای بار رسوبی و مواد واریزه‌ای سنگین هستند، این موضوع باید بررسی شود که آیا رسوب در منطه بالادست تله‌اندازی شود و یا توسط کانال به پایین دست انتقال یابد. مدیریت بار رسوبی سنگین و جریان با سرعت بالا مشکل بوده و اغلب مشکلات زیادی را در مرحله بهره‌برداری ایجاد می‌کند. همچنین انتقال و ترسیب رسوبات برای بهره‌برداری مناطق تفریحی[2] و پارک‌ها در محدوده عبور سیلاب مشکل ایجاد می‌کنند. حتی کانال‌های بتنی می‌توانند به‌وسیله ضربات رسوب در طول وقوع سیل به‌شدت تخریب شوند.

کانال‌های انحراف سیل روی مخروط‌افکنه‌ها باید با دقت ویژه طراحی گردند تا بتوانند بار رسوبی حاصل (به‌خصوص مواد درشت منتقل شده در سرعت‌های بالا) را عبور دهند. گاهی اوقات استفاده از پوشش سنگ‌چین برای حفاظت کانال‌های آبرفتی، به‌خصوص وقتی‌که سرعت‌های بالای جریان قابل انتظار است ضروری است. برای طراحی سنگ‌چین محافظ کانال، می‌توان از نشریه راهنمای مهار فرسایش و حفاظت رودخانه‌ها (نشریه شماره ۱۴۹ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور–وزارت نیرو) استفاده نمود.

٦-٣-٢-٤- منحرف کننده‌ها و کانال‌های سیل برگردان

نوعا یک سازه منحرف کننده، یک سرریز جانبی یا تندآب است که برای انحراف بخشی از جریان سیلاب رودخانه در زمانی‌که کانال اصلی بخش عمده جریان را حمل می‌کند، طراحی می‌شود. اثر عمده این سازه،کاهش بده اوج سیلاب در هنگام عبور از مکان انحراف دهنده است. جریان منحرف شده می‌تواند به‌طور موقت در یک محل ذخیره نگهداری شود و یا از طریق یک کانال انتقال، به محل مطمئن منتقل شود. در مخروط‌افکنه‌ها، ممکن است از سامانه منحرف کننده سیل برای گرفتن سیلاب پخش شده در عرض مخروط افکنه و انحراف آن به سمت منطقه امن استفاده شود.

٦-٣-٣- گوره‌ها و دیواره‌های سیل‌بند

به‌طورکلی، گوره‌ها در ترکیب با کانال‌های مهار سیل، بخش کوچکی از کانال‌های مهار سیل را شامل می‌شوند. در صورت تخریب ناگهانی دیواره سیل بند و یا گوره، پیامد وقوع سیل فراتر از رخداد سیل طراحی گوره و یا دیواره سیل‌بند می‌تواند باشد. زیرا در اثر تخریب خاکریز و یا دیوار سیل‌بند، به‌جای پخش تدریجی سیل، جریان سیلاب به‌طور ناگهانی رها شده و فرصت کمی برای تخلیه منطقه و یا سایر فعالیت‌های اضطراری وجود خواهد داشت.

باید پاشنه و پنجه گوره را در مقابل فرسایش ناشی از جریان‌های با سرعت بالا و مملو از رسوب حفاظت نمود. غالبا از پوشش سنگ‌چین برای حفاظت شیروانی سمت رودخانه گوره استفاده می‌کنند. البته، ممکن است در مواقعی‌که رودخانه از میان یک محیط شهری عبور می‌کند، تمایل به کاربرد یک جایگزین خوش منظرتر به جای گوره وجود داشته باشد. اغلب برای حفاظت آبراهه و گوره،

1-Riprap
2- Landscaped

omoorepeyman.ir

در مقابل سرعت بالای جریان از پوشش بتنی، خاک‌سیمان، پوشش سنگ‌چین بندکشی شده استفاده می‌گردد. با توجه به زبری نسبتا کم بتن و خاک سیمان، می‌توان با استفاده از این مصالح آبراهه‌های با ظرفیت بیش‌تر و هزینه‌های حق عبور کم‌تر را ساخت.

پوشش ژئو تکستایل (گاهی اوقات ژئوفابریک نامیده می‌شود) برای حفاظت سواحل گوره‌ها در مقابل جریان‌های با سرعت بالا استفاده می‌شود. در مخروط‌افکنه‌هایی که خاک آن ریزدانه بوده و جایی‌که مواد خوب دانه‌بندی شده برای فیلتر پوشش سنگ‌چین کمیاب است، پوشش ژئو فابریک می‌تواند از احتمال حرکت مواد ریزتر گوره به داخل سنگ‌چین‌ها جلوگیری کند [۹۹].

ارزیابی‌های به‌عمل آمده برروی گوره‌های احداثی جنوب کالیفرنیا در طول سیلاب‌های رخ داده، نشان می‌دهد که عوامل زیر می‌تواند باعث تخریب گوره‌ها گردد [۹۹]:

- سرریز جریان[1] از روی گوره‌ها
- فرسایش تونلی
- لغزش در پی و یا خاکریز گوره
- فرسایش سطحی
- زیرشویی[2] محافظ ساحل (فرسایش)

با توجه به علل تخریب سیل‌بندها، در نظر گرفتن ملاحظات زیر برای طراحی و اجرای گوره‌ها ضروری است [۹۹]:

- بازدید منظم سنگ‌چین پنجه گوره
- عمق حفاظت پنجه گوره نباید کم‌تر از عمق فرسایش قابل پیش‌بینی باشد.
- وقتی که از یک پوشش صلب استفاده می‌شود، حفاظت پنجه باید به‌وسیله یک پوشش صلب و یا پوشش توری‌سنگی تا عمقی بیش‌از فرسایش برآورد شده امتداد یابد. در چنین حالتی استفاده از سنگ‌چین به‌دلیل احتمال شسته‌شدن خاکریز مناسب نمی‌باشد.

٦-٤- ملاحظات ویژه روش‌های غیرسازه‌ای مهارسیلاب

سیلاب مخروط‌افکنه از تارک هیدروگرافی مخروط افکنه شروع شده و سپس به صورت جریان ورقه‌ای، جریان گلی و یا در کانال‌های چند شاخه نامشخص پخش می‌شود. تارک هیدروگرافی ممکن است در تارک توپوگرافی و یا پایین‌دست آن قرار داشته باشد. این قبیل سیل‌ها دارای انرژی کافی برای حمل رسوبات درشت دانه در جریان‌های کم عمق می‌باشند. ترسیب ناگهانی رسوب و یا واریزه‌ها، به‌شدت شرایط هیدرولیکی جریان را در هنگام وقوع سیل تحت تاثیر قرار می‌دهد و ممکن است باعث شود جریان‌های با سرعت بالاتر، مسیرهای جدید جریان با جهت نامشخص را ایجاد نمایند. همچنین جریان‌های سیلابی به وسیله آبشستگی سواحل آبراهه‌ها و یا با ایجاد مسیرهای جدید ناشی از فرسایش در میان رسوبات غیرچسبنده مخروط‌افکنه، پهنه سیلگیر را گسترش می‌دهند، به‌علت نبود محدودیت توپوگرافیک و یا وقوع فرآیندهای فرسایش و رسوب‌گذاری، عدم قطعیت مسیرجریان[3] نیز در مخروط افکنه

1- Overtopping
2- Undermining
3- Flow Path Uncertainty

omoorepeyman.ir

تشدید می‌شود. در مجموع این خصوصیات در مخروط افکنه، خطر وقوع سیلی را ایجاد می‌کند که تنها با کاربرد روش‌های سازه‌ای مهار سیل و یا اجتناب کامل از توسعه کاربرد اراضی در مناطق تحت تاثیر، خطر آن کاهش می‌یابد [۸۳].

نکته مهم این است که تمام بخش‌های مخروط‌افکنه ذاتا مناطق پرخطر نیستند. فرآیندهای پرخطر سیل در برخی از نواحی مخروط افکنه را می‌توانند دربرگیرند و در بیش‌تر حالات تنها بخش فعال مخروط افکنه را در بر می‌گیرند و سایر بخش‌های مخروط افکنه کاملا غیرفعال است. بنابراین برای تعیین پهنه سیلگیری مخروط‌افکنه، لازم است فرآیندهای سیل‌گیری یاد شده مورد توجه قرار گیرد [۸۳].

با کاربرد روش‌های سنتی تحلیل سیلابدشت نظیر نرم افزار Hec-Ras، نمی‌توان مرز سیلابدشت روی مخروط‌افکنه را به‌طور دقیق تعیین کرد، زیرا سیلاب روی مخروط‌افکنه‌ها دارای دو بخش فعال و غیرفعال بوده و رفتار سیل روی بخش فعال مخروط افکنه همراه با عدم قطعیت در مسیر جریان می‌باشد، که نمی‌توان آن را در ارزیابی‌های واقع بینانه ریسک و یا کاهش مطمئن خطر سیل نادیده گرفت. خطر سیل روی بخش غیرفعال مخروط افکنه مشابه خطر سیل نهرهای سنتی شبکه زهکشی موجود است. در یک رخداد سیل در مخروط‌افکنه، به علت دشواری‌های تشخیص و تخمین دقیق مسیر جریان، بخش فعال مخروط افکنه در درجه اول اهمیت قرار دارد [۵۹].

سیلاب روی مخروط‌افکنه بالقوه خطرناک‌تر از سیلاب رودخانه‌ای است زیرا کم‌تر قابل پیش‌بینی است و تهدید آن آشکار نیست، بنابراین در زمان توسعه کاربری اراضی بر روی مخروط افکنه کم‌تر مورد توجه قرار می‌گیرد. به علاوه نفوذ کم دانه‌بندی ریز، جاده و سازه‌ها می‌توانند به‌طور عمده بر روی جریان اثرگذار بوده و تخریب ناشی از سیل روی مخروط‌افکنه را بزرگ‌تر کنند. سیل روی مخروط‌افکنه وقتی اتفاق می‌افتد که سیلاب از دهانه دره در بالادست تارک مخروط افکنه ظاهر شده و با سرعت خیلی زیاد به سمت پایین‌دست جاری گردیده و مقدار زیادی بار بستر و واریزه را حمل کند. خطرهای ناشی از سیل مخروط‌افکنه با پتانسیل تغییر مکان آبراهه در سرتاسر عرض مخروط افکنه درهم ادغام شده و بنابراین بدون به‌کارگیری روش‌های مناسب، خسارات ناشی از سیلاب روی مخروط‌افکنه، به‌خصوص مخروط افکنه‌های با اراضی توسعه یافته شهری، بسیار شدید است [۸۵].

انواع متعددی از سیلاب‌ها روی مخروط‌افکنه‌ها رخ می‌دهد، که معمول‌ترین آنها سیلاب در طول آبراهه‌های پایدار، جریان ورقه‌ای، جریان واریزه‌ای و سیلاب در مسیرهای ناپایدار جریان است. برای طیف گسترده‌ای از سیلاب‌های روی مخروط‌افکنه باید از روش‌های انعطاف‌پذیر مبتنی بر ارزیابی‌های محلی ازخطرات سیل روی یک مخروط‌افکنه معین استفاده نمود [۵۹].

دو نوع راهبرد تسکین خسارت سیل را می‌توان اعمال کرد که عبارتند از [۵۹]:

- روش‌های سازه‌ای
- اجتناب از توسعه کاربری اراضی در مناطق تحت تاثیر سیلاب

برای تعیین راهبرد تسکین سیلاب، ابتدا از طریق مشاهدات میدانی و داده‌های توپوگرافی، محدوده‌هایی که بالقوه در معرض سیل مخروط‌افکنه قرار دارد شناسایی و تعیین می‌گردد. سپس شناسایی سرتاسری مخروط افکنه برای تعیین منشای خطر سیل شامل تارک، مرزهای مخروط افکنه، بازه‌های عمیق شده‌ی آبراهه‌ها و موقعیت موانع طبیعی یا مصنوعی جریان و بازه‌های آبراهه‌های تک شاخه‌ای و چند شاخه‌ای، انجام می‌گیرد. در شناسایی مقدماتی باید نقشه‌های موجود توپوگرافی، زمین‌شناسی و خاک، عکس‌های هوایی، سوابق تاریخی و نتایج بازدیدهای میدانی را استفاده نمود.

omoorepeyman.ir

٦-٤-١- تعیین موقعیت آبراهه

فرآیندهایی که رفتار سیل روی مخروط‌افکنه را مشخص می‌کنند، می‌توانند بسیار متنوع باشند. در طول یک رخداد سیل روی یک مخروط افکنه فعال، جریان به صورت هموار روی مخروط افکنه پخش نمی‌شود، بلکه پخش سیل تنها به یک بخش از سطح مخروط افکنه که آب را از تارک به پنجه حمل می‌کند محدود می‌گردد. در ناحیه بالادست مخروط افکنه، جریان سیل به یک آبراهه واحد که در اثر فرسایش مواد سست مخروط افکنه شکل گرفته است، محدود می‌شود. به علت شیب‌های نسبتا تند در ناحیه بالادست مخروط افکنه، جریان‌های سیلابی، عمق و سرعت بحرانی دارند. پایین دست تارک، سیل از یک مسیر تصادفی تبعیت می‌کند. در شرایط طبیعی، احتمال تبعیت جریان سیل از یک مسیر موجود کم‌تر است. در نواحی پست‌تر مخروط افکنه، جریان ممکن است شکل چند شاخه به خود بگیرد. دریک ناحیه چند شاخه ممکن است شرایط جریان، زیر بحرانی باشد. درطول وقوع سیل، ممکن است جریان مسیر قبلی خود را رها نماید و از مسیر جدیدی تبعیت کند. این پدیده، جدا شدن[1] نامیده می‌شود و می‌تواند از طریق سرریز سیلاب از روی لبه‌های آبراهه و ایجاد یک آبراهه جدید و یا به علت مسدود شدن آبراهه موجود در اثر مواد واریزه‌ای، ایجاد شود.

٦-٤-٢- تجزیه و تحلیل

روش طراحی شده توسط بنگاه مدیریت بحران امریکا برای شناسایی سیل مخروط افکنه به این‌صورت است که ابتدا باید مشخص شود آیا مناطق در دست مطالعه دارای مخروط‌افکنه هستند یا نه. سپس، بخش‌هایی که در معرض سیل قرار دارند و یا به عنوان مخروط‌افکنه فعال شناخته می‌شوند، مشخص شوند. بعداز این مراحل، می‌توان برای تحلیل و تعیین وسعت سیل مخروط‌افکنه از روش‌های مختلف، متناسب با موقعیت‌های متفاوت استفاده کرد. هرکدام از این مراحل باید ثبت و مستند سازی گردند. مواردی که باید در تحلیل سیل بر روی مخروط افکنه مد نظر قرار گیرد عبارتند از:

- شناسایی تغییرات طبیعی سطح مخروط‌افکنه
- مشخص نمودن محدوده‌های فعال و غیرفعال مخروط‌افکنه
- تعیین و شناسایی وسعت سیل‌گیری یا دشت سیلابی در داخل محدوده‌های تعیین شده

با توجه به مطالب اشاره شده موارد زیر به منظور اقدامات غیرسازه‌ای مهار سیلاب مخروط‌افکنه‌ها باید مورد توجه قرار گیرد [۸۳]:

- بررسی میدانی برای تفکیک مخروط‌افکنه از سایر ساختارهای زمین[2] و شناسایی آن بخش از مخروط‌افکنه که در معرض سیل قرار دارد ضروری است. فرآیند ارزیابی میدانی کلیدی است برای تعیین این‌که کدام مخروط افکنه و یا کدام بخش از مخروط افکنه در معرض خطر سیل قرار دارد. لازم است بررسی‌های میدانی شامل برنامه‌ای به شرح موارد زیر باشد:
  - شناسایی مخروط‌افکنه‌ها، شامل مرزها، تارک و چیدمان آنها
  - تعیین محیط طبیعی مخروط افکنه، شامل فرآیندهای عمومی جریان آب و رسوب، وضعیت شیارهای زمین، وضعیت بخش فعال و سایر بخش‌ها
  - توصیف فرآیندهای سیل روی مخروط‌افکنه شامل منشا، وسعت، فرسایش و رسوب‌گذاری

1- Avulsion
2- Landforms

omoorepeyman.ir

- انعطاف‌پذیر نمودن آیین‌نامه‌ها[1] جهت مدیریت موثر خطرهای سیل تحت شرایط متغیر ناشی از فرآیندهای سیل روی مخروط‌افکنه‌ها و ریخت‌شناسی آن ضروری است. فرآیندها و ویژگی‌های سیل روی مخروط افکنه‌ها در کل منطقه‌ای رخ می‌دهد که طرح‌های ساده را دیکته می‌کند. دو نوع اصلی از سیل در این منطقه، جریان‌های واریزه‌ای و سیلاب معمولی (غیر واریزه‌ای) می‌باشند.
- تعیین فرآیندها و مشخصات سیل مستقل از تصمیم‌گیری درباره روش کاربردی پهنه‌بندی خطر سیل می‌باشد.
- نقش عدم قطعیت در تهیه نقشه خطرهای سیل مخروط‌افکنه، از آنچه که برای مدیریت و تسکین سیل انجام می شود متفاوت است، عدم قطعیت در خطرهای سیل به‌جای این‌که تصادفی و یا غیرواقعی فرض شود، باید به‌طور مستقیم ارزیابی گردد.
- توسعه پایگاه داده فنی و آیین‌نامه‌ای[2] به منظور موفقیت اعمال برنامه بیمه سیل برای جوامع در معرض خطر سیلاب، ضروری است.
- استقرار سامانه‌های هشدار سیل با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی سیل جهت تخلیه مردم هنگام خطر سیل بررسی شود.
- استقرار سامانه مقابله با سیلاب
- نحوه اعلان هشدار برای مناطق در معرض خطر از طریق سازمان‌های مسوول
- اطلاع‌رسانی و فراهم آوردن روابط عمومی مطلوب جهت آگاهی‌دهی به مردم در معرض سیل، با توزیع نقشه‌های مناطق سیل‌گیر
- تشویق مردم به احداث ساختمان‌های مقاوم در مقابل سیل

٦-٥- ملاحظات ویژه مهار فرسایش رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای

٦-٥-١- کلیات

امروزه یکی از چالش برانگیزترین مشکلات مدیریت خطرات محیطی، تثبیت فرسایش کناره‌های رودخانه است. این فرسایش باعث خسارت شدید اقتصادی اراضی خصوصی و عمومی، تخریب سازه‌های زیربنایی ترابری (پل‌ها، خطوط لوله، خطوط راه‌آهن و غیره) و تنزل کیفیت آب می‌گردد. رسوبات فرسایش‌یافته از این کانال‌ها در کانال‌های مهار سیل پایین‌دست و یا تالاب‌های با ارزش و دریاچه‌های سدها ته‌نشین می‌شود. درنتیجه، فرسایش ساحلی یک مشکل محلی نیست که تنها تعداد اندکی مالک را تحت تاثیر قرار دهد، بلکه بیش‌تر از پیامدهای مستقیم آن، اثرهایی بر سامانه‌ی گسترده اقتصادی و محیطی می‌گذارد که تمام جامعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۶۰]. در هنگام مطالعه حوضه آبخیز و رودخانه‌ها باید شش مفهوم اساسی را مورد توجه قرار داد. این مفاهیم عبارتند از [۶۰]:

- رودخانه تنها قسمتی از یک سامانه‌ی طبیعی است.
- این سامانه طبیعی پویا است.

1- Regulations
2- Regulatory

omoorepeyman.ir

- این سامانه با پیچیدگی رفتار می‌کند.
- آستانه‌هایی برای فرآیندهای فرسایش وجود دارند که می‌توانند منجر به تغییرات ناگهانی شوند.
- تحلیل‌های زمین ریخت‌شناسی یک شمای تاریخی از رفتار زمین فراهم کرده ولی مقیاس زمانی آنها باید مدنظر قرار گیرد.
- ابعاد رودخانه باید مد نظر قرار گیرد. آیا رودخانه مورد مطالعه کوچک است، کوهستانی است و یا یک رودخانه‌ی بزرگ مانند کارون است.

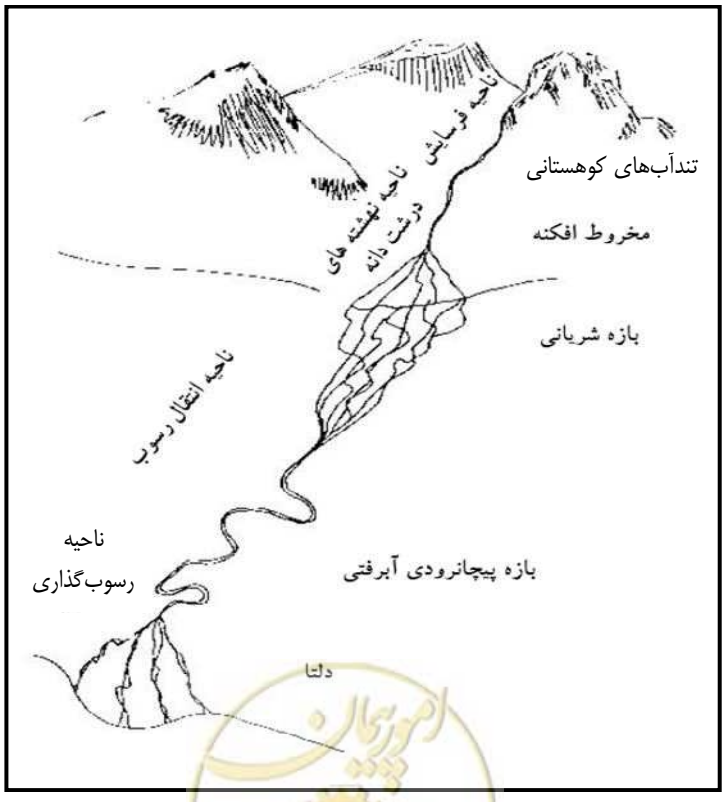
٦-٥-٢- سامانه‌ی رودخانه‌ای

یک حوضه آبخیز یک سامانه زهکشی پیچیده است که رودخانه‌ها آخرین دریافت‌کننده آب و رسوب در آن هستند. به‌طور کلی این سامانه زهکشی سه ناحیه دارد و این نواحی عبارتند از [۶۹]:

ناحیه ۱: ناحیه فرسایشی، بخش فوقانی حوضه آبخیز است و منشای تولید آب و رسوب در این سامانه طبیعی است. رودخانه‌ها در این ناحیه ناپایدار هستند و ممکن است الگوی شریانی داشته باشند.

ناحیه ۲: ناحیه انتقال رسوب، بخش میانی سامانه رودخانه است و وظیفه انتقال رسوب را به عهده دارد. در این ناحیه حالت تعادل پویا، توسعه می‌یابد.

ناحیه ۳: ناحیه رسوب‌گذاری، پایین‌ترین بخش سامانه رودخانه‌ای است جایی‌که در معرض تاثیر محل تخلیه قرار می‌گیرد. این بخش از سامانه وظیفه رسوب‌گذاری را ایفا می‌کند و به یک دلتا، تالاب و یا یک مخزن ختم می‌شود. شکل (۶-۶) این نواحی را به‌صورت شماتیک در یک سامانه‌ی رودخانه‌ای نمایش می‌دهد.



شکل ٦-٦- نواحی سامانه رودخانه‌ای و انواع مختلف رودخانه‌ها [۱۰]

omoorepeyman.ir

٦-٥-٣- ارزیابی خطر و ضرورت انجام عملیات اصلاحی

همیشه واکنش مردم و محیط نسبت به فرسایش کناری متناسب با مقیاس و شدت فرسایش می باشد. برای مثال، اگر یک خانه و یا جاده به وسیله فرسایش تهدید شده است، یک ضرورت آشکار برای اقدام به جلوگیری از تخریب وجود دارد. از طرف دیگر بعضا ممکن است فرسایش کناری ناچیز و با تهدید کم برای اراضی وجود داشته باشد، که بهترین پاسخ نسبت به آن عدم انجام هرگونه اقدام و یا مدیریت ساده، از قبیل کشت تعدادی درخت خواهد بود. به هر حال مساله فرسایش به چندین عامل وابسته است. این عوامل عبارتند از: علت آن، وسعت آن، سرعت پیشروی آن، مقدار و وسعت دارایی‌های خسارت دیده شامل اراضی و ساختمان‌ها و ارزش بوم‌شناختی اراضی. برای مثال باید روشن شود که کجا ارزش بوم‌شناختی بالا است، یا کجا ارزش اراضی خسارت دیده کم‌تر از هزینه کارهای پیشنهاد شده است و یا کجا ممکن است انجام کارهای مهندسی غیرضروری باشد [۸۹].

به منظور بررسی ضرورت انجام عملیات مهندسی یک نمودار چهار مرحله‌ای در شکل (۶-۷) ارائه شده است. بر مبنای این نمودار در تمام درخواست‌های مهار فرسایش باید ضرورت انجام کار با ارائه مستنداتی اثبات گردند. این مستندات می‌تواند عکس‌ها، نقشه‌های قدیمی، داده‌های نقشه‌برداری، شواهد تاریخی و نظرات کارشناسی را در بر گیرد. نمونه کامل اطلاعات به طبیعت محل و مقیاس مشکل وابسته خواهد بود، اما متقاضی باید مشکل را تشریح نماید، علت را شناسایی کند و بیان کند چرا مهار فرسایش مورد نیاز است [۸۹].

٦-٥-٤- تصمیم‌گیری

از مبانی اصلی اقدام مناسب برای مهار فرسایش، توجه به محدوده‌ی پیشنهادها در حل یک مشکل مشخص است. اغلب، راه‌حل‌های چندگانه برای حل یک مشکل مهندسی رودخانه وجود دارد. بدون توجه به همه این راه حل‌ها، انتخاب بهترین روش امکان‌پذیر نمی‌باشد. این بخش از راهنما در مورد روش مناسب حفاظت ساحل رودخانه بحث می‌کند.

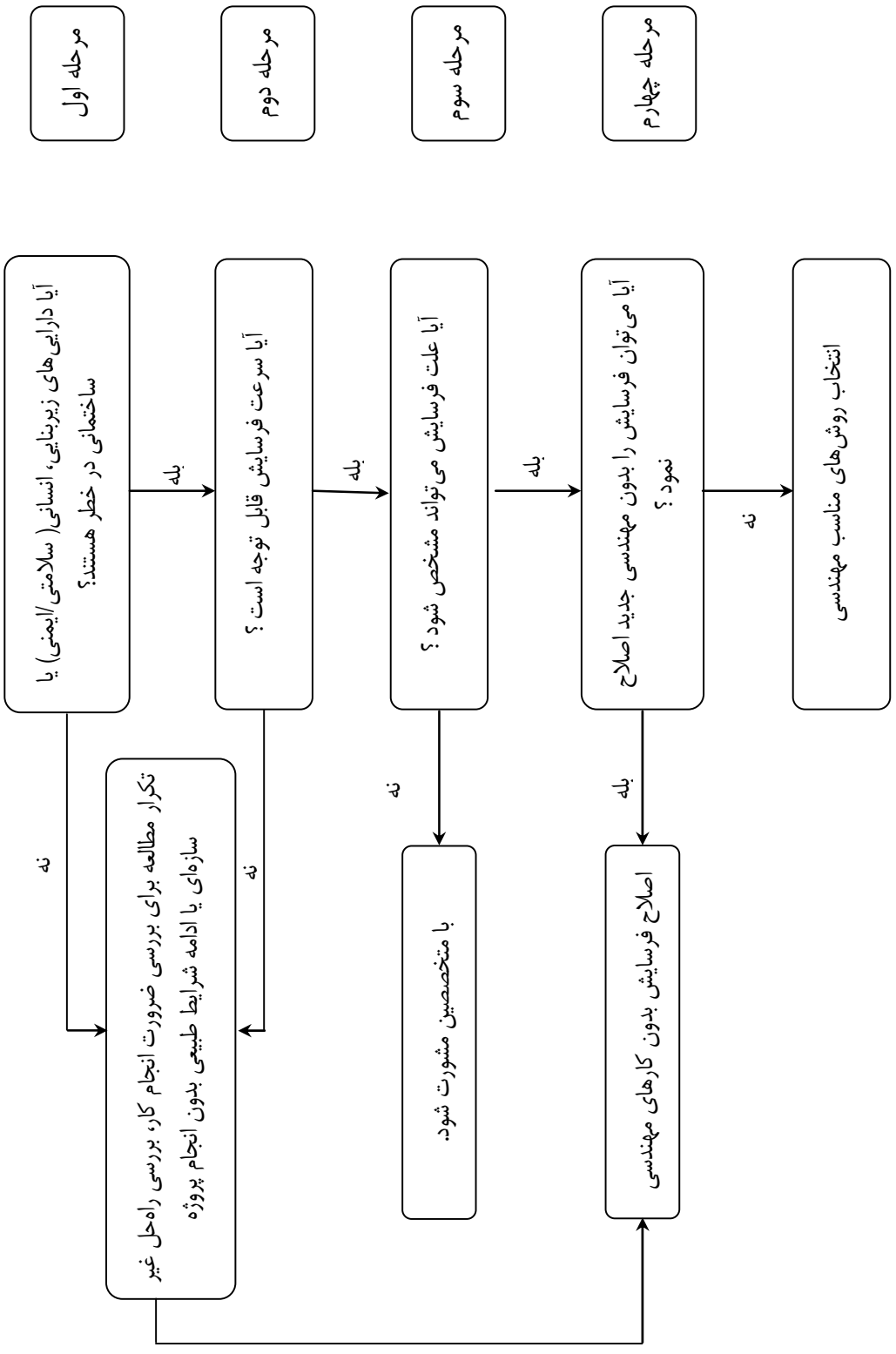
برای حفاظت از فرسایش دو راه حل عمده وجود دارد [۸۹]:

الف- راه‌حل‌های غیرسازه‌ای

ب- راه‌حل‌های سازه‌ای

هر راه حل شامل روش‌های متنوعی می‌باشد. برای مهار فرسایش کناری رودخانه ممکن است بیش از یک راه حل و یا یک روش استفاده شود. همچنین ممکن است بهترین اقدام، ترکیبی از روش‌های سازه‌ای با سایر روش‌ها باشد. برای مثال، این اقدام ممکن است شامل روش سازه‌ای برای ترمیم ساحلی باشد که پوشش گیاهی به‌وسیله چرای حیوانات اهلی از بین رفته و ساحل فرسایش یافته است. سپس حصارکشی ساحل برای جلوگیری از دستیابی حیوانات به پوشش گیاهی جهت ایجاد نوار سبز کنار رودخانه، انجام می‌شود. بدین ترتیب یک اقدام سازه‌ای با یک اقدام غیرسازه‌ای و مدیریتی ترکیب می‌گردد.

omoorepeyman.ir



شکل۶-۷- نمودار مراحل ارزیابی روش مهار فرسایش [۸۹]

omoorepeyman.ir

٦-٥-٤-١- کاربرد راه‌حل غیرمهندسی

دلایل زیادی برای اجتناب از کارهای مهندسی غیرضروری، وجود دارد. بنابراین، در جایی‌که ضرورت مهار فرسایش مورد تایید است، قدم اول ارزیابی انجام کار به‌وسیله عملیات غیرمهندسی است. معمولا در روش‌های غیرمهندسی رفع علت فرسایش مدنظر قرار می‌گیرد. کاربرد راه‌حل مهندسی برای مدیریت عوامل فرسایش به شرح زیرضروری نمی‌باشد [۸۹]:

- شستشوی کناره ناشی از حرکت قایق، با مدیریت فعالیت قایق رانی مهار شود.
- ریزش درختان را می‌توان با مدیریت مناسب بهره‌برداری و نگهداری درختان، تثبیت نمود.
- هجوم گونه مهاجم گیاهان با پاکسازی و کشت مجدد گونه‌های مناسب رفع می‌شود.
- چرای مفرط حیوانات اهلی با قرق و یا محدود کردن دسترسی این حیوانات به کناره رودخانه مدیریت می‌شود.
- نقب زدن حیوانات موذی با کنترل آنها رفع می‌شود.
- فرسایش ناشی ازکاربردهای تفریحی، با محدود کردن این فعالیت‌ها رفع می‌شود.
- فرسایش اطراف سازه‌های زاید با پاکسازی این سازه‌ها رفع می‌گردد.

٦-٥-٤-٢- راه‌حل مهندسی

جایی‌که یک ضرورت اثبات شده برای حفاظت کناره رودخانه وجود دارد و مهار علت فرسایش برای حل مشکل کافی نیست، راه حل مهندسی ضرورت خواهد داشت. باید به خاطر داشت که ترکیب راه‌حل‌های مهندسی و غیرمهندسی ممکن است موثرترین روش مهار فرسایش را فراهم کنند. بنابراین باید ترکیب راه‌حل‌ها مورد توجه قرار گیرد. با روش‌های مختلف مهندسی می‌توان فرسایش را کاهش داد. برای مثال، جایی‌که جاده یا پیاده‌رو به‌وسیله فرسایش کناری تهدید شده است، می‌توان به‌وسیله روش‌های زیر مشکل را حل نمود:

- استحکام ساحل توسط انواع پوشش برای جلوگیری از فرسایش در آینده
- قرار دادن سازه‌هایی نظیر آبشکن در رودخانه برای دور کردن جریان از ساحل
- جابجا کردن جاده یا پیاده‌رو و دور کردن آن از کناره رودخانه
- در موارد بعید و بسیار خاص، جابجا کردن مسیر رودخانه جهت دور کردن آن از جاده یا پیاده‌رو

در محدوده این روش‌ها می‌توان به راه‌حل مناسب دست یافت؛ برای مثال، به‌جای کاربرد یک سازه بتنی می‌توان به اصلاح مسیر رودخانه و تثبیت آن به‌وسیله ژئوتکستایل تجزیه‌پذیر اقدام نمود و برای تثبیت دراز مدت از کشت درختان بهره برد.

٦-٥-٥- اثر سازه‌های متقاطع

در صورت طراحی ضعیف، سازه متقاطع با رودخانه می‌تواند اثرهای قابل توجهی از قبیل افزایش فرسایش ساحل رودخانه و ایجاد مانع برای عبور ماهیان و سایر حیوانات غیراهلی داشته باشد. در زیر اهم این اثرها به‌طور مختصر شرح داده می‌شوند [۹۰].

omoorepeyman.ir

٦-٥-٥-١- فرسایش

قرارگیری نامناسب سازه‌هایی همچون پایه‌های پل و تکیه‌گاه‌ها می‌تواند باعث تلاطم و تمرکز جریان و در نتیجه فرسایش بستر و کناره گردد. وقتی احداث سازه متقاطع باعث ایجاد تنگ‌شدگی درکانال می‌شود می‌تواند منجر به آبشستگی و عمیق شدن آبراهه گردد. این مورد باعث وارد آمدن خسارت مستقیم به زیست‌بوم‌ها در محل وقوع فرسایش می‌شود.

به علاوه، گاهی اوقات بستر رودخانه دارای یک لایه شن و ماسه با تراکم طبیعی در زیر لایه سطحی درشت دانه (زره بستر[1]) است. اگر این لایه به‌وسیله فرسایش بستر شکافته شود، لایه سست زیرین به سرعت فرسایش یافته، در زمان کوتاهی منجر به فرسایش اساسی می‌گردد. این امر زیست‌بوم را تخریب نموده و مقدار رسوب ریزدانه منتقل شده به پایین‌دست را افزایش می‌دهد. فرسایش بستر و کناره رودخانه، منبع رسوب برای پایین دست رودخانه را فراهم می‌کند. این امر ممکن است اثرهای تخریبی در پایین‌دست داشته باشد و منجر به بالا آمدن تراز بستر(فرازسازی بستر[2]) گردد. فرسایش موضعی اطراف سازه نیز می‌تواند منجر به تخریب آن گردد.

٦-٥-٥-٢- موانعی برای انتقال رسوب و شاخ و برگ درختان

در جایی‌که سازه متقاطع به‌خوبی طراحی نشود، ترسیب رسوب در محل پل‌ها و زیرگذرها باعث خسارت به سازه و افزایش خطر سیل موضعی می‌گردد. این مساله لایروبی منظم بالادست سازه را ضروری می‌نماید. پاکسازی مواد لایروبی، اثر مستقیم روی زیست‌بوم دارد، برای مثال، شن محیط مناسبی برای تخم‌گذاری انواع ماهیان و پناهگاهی برای نرمتنان فراهم می‌کند. لایروبی می‌تواند با رهاسازی رسوبات ریزدانه سکونتگاه‌های پایین‌دست را پر کند و به زیستگاه این جانوران آسیب برساند.

واریزه‌های چوبی بزرگ برای زیست‌بوم رودخانه مهم هستند، زیرا غذای موجودات زنده را تامین می‌کنند و وجود آنها تنوع محیط فیزیکی را افزایش می‌دهد. واریزه چوبی اغلب در زیر پل‌ها گیر می‌افتد، این امر می‌تواند خطر سیل را افزایش داده و منجر به تخریب پل در جریان‌های بزرگ شود.

٦-٥-٥-٣- جلوگیری از تغییر مکان جانبی رودخانه

بسیاری از رودخانه‌ها به‌طور طبیعی در طول خود در محدوده‌ی سیلابدشت تغییر مکان جانبی دارند. این جابجایی یا تغییرمکان، تغییرمکان دائم سکونتگاه‌های حیوانات را در پی دارد. بنابراین بسیاری از رودخانه‌های فعال می‌توانند از نظر زندگی موجودات گیاهی و جانوری نقاط با ارزشی باشند. لذا سازه‌های متقاطع واقع شده در این قبیل رودخانه‌ها نیاز به دقت زیاد در نصب و کارگذاری دارند. اگر سازه به‌طور نامناسب نصب گردد، ممکن است از جابجایی جانبی جلوگیری کند. این کارگذاری نامناسب، نه تنها الگوی طبیعی رودخانه را برهم زده و زیستگاه را تخریب می‌کند، بلکه باعث زیرشویی سازه نیز خواهد شد. درنتیجه، انجام کارهای مهندسی برای پایداری رودخانه، می‌تواند به تخریب بیش‌تر منجر گردد و پرهزینه نیز باشد.

1- Bed Armor
2- Bed Aggradation

omoorepeyman.ir

٦-٥-٥-٤- سیل‌گیری سیلابدشت

سازه‌های با طراحی نامناسب می‌توانند باعث افزایش سیل‌گیری در بالادست خود گردند و به علت کمبود ظرفیت آبراهـه سـازه را نیز تحت فشار قرار دهند. حتی اگر سازه‌ها ظرفیت کافی را حتی برای عبور جریان‌های بالا داشته باشند اگر آنها سیلابدشت را مسدود کنند (برای مثال توسط خاکریز جاده)، افزایش سیل‌گرفتگی در بالادست رخ خواهد داد.

سیلابدشت‌ها بخش مهمی از رودخانه هستند؛ به‌طوری‌که مخازنی برای ذخیره آب فراهم می‌کنند و در شرایط طبیعی می‌توانند به عنوان نواحی ذخیره رسوب ریزدانه و مواد مغذی عمل کنند. همچنین منابع غذایی و زیستگاه پرورش نوزادان ماهی و سایر گیاهان و جانوران آبزی را فراهم می‌کنند. بیشه‌زار سیلابدشت یکی از متنوع‌ترین زیست‌بوم‌های فعال است. جاده‌هایی که جریان آب روی سیلابدشت را قطع می‌کنند باعث تخریب مستقیم زیست‌بوم‌ها و برهم زدن ارتباط با پایین‌دست سیلابدشت می‌گردند.

٦-٥-٦- اثبات ضرورت راه حل مهندسی

اولین قدم در شناخت راه‌حل مهندسی مورد تایید، تعیین ضرورت انجام یک فعالیت جدید مهندسی است. این بخـش بـه ارزیـابی ضرورت انجام فعالیت جدید مهندسی می‌پردازد. اقدامات مهندسی که بدون توجیه مناسب اجرا شده‌اند می‌توانند نتایج زیر را به‌دنبـال داشته باشند:

- اثر منفی روی کیفیت محیط زیست
- ایجاد محدودیت در ظرفیت محیطی آب درصورتی‌که بدون اقدامات مهندسی مشکلات کم‌تری وجود داشته است.
- بنابراین، برای تایید انجام عملیات مناسب، باید نشان داده شود که کاربرد ارائه شده با یک ضرورت واقعی برای انجام کار همراه است.

نکات مهمی وجود دارند که باید برای تعیین ضرورت انجام یک کار مهندسی جدید مد نظر قرار گیرند. بنـابر ایـن، تفکـر در بـاره سوالات زیر قبل از تصمیم به لزوم احداث یک سازه متقاطع جدید مفید خواهد بود:

- آیا در طرح انتخاب شده می‌توان تعداد سازه‌های متقاطع را به حداقل رساند؟
- آیا سازه‌های موجود می‌توانند به‌کار روند و یا به‌روز شوند؟

ضروری است که ملاحظات فوق در مراحل اولیه برنامه ریزی و فرآیندهای طراحی لحاظ گردند. وقتی یک سازه متقاطع قدیمی را با سازه جدید جایگزین می‌کنیم، برداشتن سازه قدیمی بهتر از رها کردن آن و احداث یک سازه جدید در موقعیت متفاوت است. البته، ممکن است برداشتن سازه قدیمی به علت اهمیت تاریخی آن امکان‌پذیر نباشد.

٦-٥-٧- ارزیابی گزینه‌ها

یک اصل اساسی در انتخاب گزینه برتر بررسی گزینه‌های مختلف مطرح می‌باشد. بدون توجه به گزینه‌های پیشنهادی، نمی‌توانیم مشخص کنیم آیا روش انتخابی نشان‌دهنده بهترین گزینه است. در این بخش راهبردهایی ارائه شده است که به انتخاب گزینه‌هـای مناسب برای شرایط موردنظر کمک می‌کند.

omoorepeyman.ir

٦-٥-٧-١- انتخاب راه‌حل‌های مناسب

این راهبرد چند روش عام از سازه‌های متقاطع را مشخص می‌کند. ویژگی این روش‌ها در شکل (۶-۸) بیان شده است.

وقتی یک سازه متقاطع جدید طراحی می‌شود باید تعدادی از گزینه‌های مناسب مورد توجه قرار گیرد. راهبردهای ارائه شده در بند ۶-۵-۷-۲ به تعیین محدوده‌ای از گزینه‌هایی مناسب برای شرایط محیطی مورد نظر کمک می‌کند. شکل (۶-۹) شامل فلوچارتی است که به انتخاب راه‌حل‌های مناسب برای سازه متقاطع مناسب کمک می‌کند. راهبرد انتخاب بهترین گزینه محیطی و کاربردی، از بین راه‌حل‌های مناسب در بخش بعد ارائه شده است.

٦-٥-٧-٢- انتخاب بهترین گزینه

ابتدا تمام گزینه‌ها مورد ارزیابی مجدد قرار گرفته، سپس بهترین گزینه محیطی و کاربردی انتخاب می‌گردد. این بدان معنی نیست که همیشه یک روش مهندسی کم اثر است. بلکه انتخاب گزینه محیطی و کاربردی به معنی انتخاب روشی است که مشکل را حل می‌کند و درحالی‌که اثرهای محیطی را در حد امکان به حداقل می‌رساند. در جدول (۶-۱) برخی ملاحظات برای انتخاب بهترین گزینه کاربردی خلاصه شده است.

٦-٥-٨- طراحی و اجرا

اتخاذ موفقیت‌آمیز یک طرح خوب، نیازمند انتخاب گزینه مناسبی است که به طراحی و اجرای مناسب منتج گردد [۸۹]. این بخش راهبردهایی برای ملاحظات طراحی و اجرا ارائه می‌نماید.

٦-٥-٨-١- موقعیت

انتخاب یک محل مناسب، اولین قدم در کاهش اثرهای زیر است:

- اثر سازه متقاطع بر روی محیط زیست رودخانه
- خطر تخریب خودبه‌خود سازه متقاطع و یا متحمل شدن هزینه‌های نگهداری در آینده

الف- تغییرمکان آبراهه و یا نواحی فعال مخروط افکنه

فرآیندهای فیزیکی پویای رودخانه شامل جابجایی آب، رسوب و شاخه درختان باعث شده است که در بعضی مناطق رودخانه به اطراف حرکت کند و یا در طول زمان تغییر مکان دهد. این یک فرآیند طبیعی بوده و موجب می‌شود که رودخانه انرژی خود را مستهلک کند و بار رسوبی خود را ترسیب نماید [۹۰]. منطقه‌ای که ممکن است، کانال اصلی رودخانه به‌طور دائم در سرتاسر آن جابجا شود، به عنوان ناحیه تغییر مکان آبراهه نامیده می‌شود. کوتاهی در شناخت این فرآیند می‌تواند فرآیندهای طبیعی رودخانه و زیستگاه موجودات آبزی را برهم زند و منجر به تخریب و یا وارد آمدن خسارت به سازه‌ها گردد.

به‌علت خطر بالای تخریب سازه که ناشی از جابجایی یا فرسایش موضعی رودخانه می‌باشد، باید از احداث سازه روی مناطق فعال، به‌خصوص روی قوس خارجی یک پیچانرود، اجتناب نمود. در غیر این‌صورت، ممکن است در آینده عملیات وسیع نگهداری به منظور پایدارسازی سازه و رودخانه مورد نیاز باشد، که هزینه‌ها را افزایش می‌دهد. نحوه تعیین آبراهه‌های فعال در فصول قبل این راهنما بحث شده است.

omoorepeyman.ir

ب- مناطق رسوبی

رودخانه‌ها مقدار قابل توجهی رسوب را با خود حمل می‌کنند. این رسوب که در سرتاسر رودخانه منتقل و یا ترسیب می‌شود، برای بسیاری از گونه‌های جانوری و گیاهی زیستگاه مناسب ایجاد می‌کند. از جمله، می‌توان به تخم‌ریزی ماهیان در بستر و کرانه‌های شنی و زیستگاه نرم تنان در جزایر رسوبی، اشاره نمود.

از احداث سازه متقاطع با رودخانه در مناطق رسوبی باید اجتناب نمود، زیرا خطر تجمع رسوب در کنار سازه و در نتیجه کاهش ظرفیت جریان وجود خواهد داشت. هر اصلاحی در رودخانه منجر به افزایش تراز بستر (تراز افزایی) و کاهش ظرفیت جریان خواهد شد. این امر می‌تواند لایروبی منظم را ضروری نماید، که در این صورت هزینه‌های نگهداری افزایش یافته و اکولوژی رودخانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۹۰].

بازه‌های رسوب‌گذاری به‌طور گسترده در رودخانه‌های از نوع دشتی و انتقالی دیده می‌شوند. مناطق فعال رسوب‌گذاری نتیجه عوامل متعدد شامل شیب دره، زمین‌شناسی و منابع تولید رسوب هستند. در بسیاری از رودخانه‌ها، در جایی‌که شیب دره کاهش می‌یابد رسوب‌گذاری رخ می‌دهد. جایی‌که شیب کم‌تر است، رودخانه انرژی کم‌تری دارد و رسوب ته‌نشین می‌شود. این پدیده ممکن است در جایی‌که شاخه‌های فرعی با شیب نسبتا تند و بار رسوبی زیاد به رودخانه اصلی وارد می‌شوند تا یک مخروط‌افکنه را تشکیل دهند، رخ دهد. همچنین در پایین‌دست مناطقی که حجم بالایی از رسوبات را تولید می‌کنند، نیز رسوب‌گذاری رخ می‌دهد. در صورت امکان باید از این مناطق دوری کرد. مشخصات مناطق رسوب‌گذاری شامل موارد زیر است:

- تجمع رسوب در رودخانه‌ها از قبیل کرانه‌های شنی و جزایر موجود
- وجود رسوب ریزتر از شن، ماسه و سیلت

رودخانه با شیب کم و یا جایی‌که شیب رودخانه به‌سرعت از زیاد به کم تغییر می‌کند.

omoorepeyman.ir

پل فلزی تک دهانه: این سازه‌ها عرض کانال را بدون پایه میانی می‌پوشانند و بستر رودخانه را تحت تاثیر قرار نمی‌دهند، بنابراین صدمه به کانال رودخانه را کاهش می‌دهند.

پل قابی شکل: به شکل قطعات پیش‌ساخته که می‌توانند به‌هم متصل شوند تا دهانه‌های با طول متفاوت را تشکیل دهند، ارائه می‌شوند. سازه‌های پیش‌ساخته اغلب راحت و سریع نصب می‌شوند.

پل قوسی بدون کف: این سازه‌ها عرض کانال را بدون پایه میانی می‌پوشانند و بستر رودخانه را تحت تاثیر قرار نمی‌دهند، بنابراین صدمه به کانال رودخانه را کاهش می‌دهند.

سازه پل با پایه‌های درون رودخانه: پایه‌های درون رودخانه برای افزایش عرض گذرگاه در جایی‌که احداث پل تک دهانه امکان‌پذیر نیست و یا هزینه آن خیلی زیاد است به‌کار می‌رود.

کالورت بسته: این سازه یک کف مصنوعی دارد و همچنین اثر بیش‌تری روی بستر و کناره رودخانه وارد می‌کند.

آب‌نما: سازه متقاطع با رودخانه است که در تراز سطح آب احداث می‌شود.

آبگذر جاده: انتقال آب رودخانه توسط لوله و بالای تراز بستر صورت گرفته و بستر رودخانه تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

شکل ٦-٨- ویژگی انواع متفاوت سازه‌های متقاطع با رودخانه

omoorepeyman.ir

شکل ٦-٩- فلوچارت تعیین گزینه‌های مناسب

omoorepeyman.ir

جدول ٦-١- ملاحظات برای انواع مختلف سازه متقاطع

نوع سازه	اثرها	ملاحظات
پل تک دهانه و کالورت قوسی	کم‌ترین اثر	– برترین نوع سازه متقاطع – برای رودخانه‌های خیلی عریض مناسب نمی‌باشد. – اگر به‌خوبی طراحی شود اثر کمینه روی سامانه‌ی رودخانه دارد. – معمولا پل‌های پیش‌ساخته و کالورت‌های قوسی ارزان‌تر از طراحی مختص محل هستند. – برای نصب سازه‌های پل زمان بیش‌تری صرف می‌شود و احتمالا گران‌تر از سایر سازه‌های متقاطع هستند و به همان اندازه روش‌های ساختمانی ویژه مورد نیاز است.
سازه پل با پایه‌های درون رودخانه	اثر متوسط	– تنها درجایی‌که پایه میانی برای اطمینان از صحت عملکرد سازه‌ای مورد نیاز است مناسب می‌باشد. برای مثال: رودخانه‌های خیلی عریض. – احداث پایه‌های نگهدارنده درون رودخانه احتمال خطر تخریب ناشی از شرایط هیدرولیکی را در بر دارد، در نتیجه، در مراحل مختلف ساختمانی اتخاذ روش‌های ویژه ضروری است. – همچنین پایه‌های درون رودخانه می‌توانند به‌طور عمده هیدرولیک موضعی کانال را تحت تاثیر قرار داده، صدماتی به پایداری رودخانه وارد آورند (فرسایش و رسوب‌گذاری روی بستر و کناره‌های بالادست و پایین‌دست) – برای نصب سازه‌های پل زمان بیش‌تری صرف می‌شود و احتمالا گران‌تر از سایر سازه‌های متقاطع هستند و به همان اندازه اتخاذ روش‌های ساختمانی ویژه مورد نیاز است.
کالورت بسته	اثر بالا	– تنها برای جریان‌های با بده کم در رودخانه‌های در اراضی پست مناسب است. – برای عبور خطوط لوله و کابل در عرض رودخانه مناسب نیست. – کالورت‌ها معمولا ارزان‌تر از سازه‌های پل هستند زیرا طراحی و مراحل ساختمانی آنها معمولا ساده‌تر از سازه‌های پل است.
آب‌نما	اثر زیاد	– فقط برای جایی‌که احداث سازه متقاطع موقتی مورد نظر است، مناسب می باشد. اگر به‌خوبی طراحی و نصب نگردد می‌تواند مانع از مهاجرت ماهیان گردد و اگر زیاد مورد استفاده قرار گیرد باعث آلودگی، شامل فرسایش بستر و کناره یا تجمع رسوب می‌شود.
آبگذر جاده	اثر بالا	– برای تقاطع‌های دائمی مناسب نیست. – ممکن است برای تقاطع موقتی در حین فاز ساختمانی مناسب باشد. – احتمالا مانعی برای عبور ماهی و انتقال رسوب ایجاد کند.
خطوط لوله یا کابل مدفون در زیر خاک	اثر کمینه	– خطوط لوله و کابل‌ها باید از بالای رودخانه به‌وسیله یک سازه پل تک دهانه عبور داده شوند. – درصورتی‌که نمی‌توانند از بالای رودخانه عبور داده شوند، باید زیر بستر رودخانه مدفون شوند و نباید روی رودخانه خوابانده شوند. رعایت عمق آبشستگی ضروری بوده و برای لوله حاوی مواد آلاینده رعایت استانداردهای خاص ضروری است. – دفن کردن لوله به شرایط زمین و بستر رودخانه، بستگی دارد.

٦-٥-٨-٢- تعیین راستا[1]

سازه متقاطع عمود بر رودخانه ساخته می‌شود تا اطمینان حاصل شود طول آن حتی الامکان کوتاه است، این موضوع اثر سازه و در بعضی موارد هزینه را کاهش می‌دهد. همچنین خطر فرسایش موضعی در سازه را کاهش می‌دهد [۹۰]. برای رسیدن به این موارد باید به توصیه‌های زیر عمل کرد:

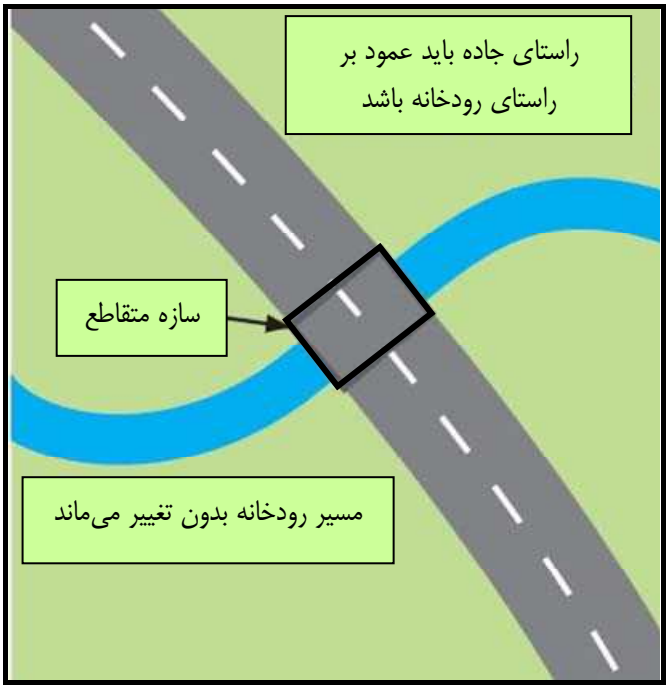
- از تغییر مسیر رودخانه اجتناب کنید.
- به اصلاح نقطه تقاطع و مسیر توجه نمایید. شکل(۶-۱۰)
  - سازه متقاطع را در مناطقی قرار دهید که رسوب در رودخانه جمع نشده است [۹۰].
  - سازه متقاطع را در حد امکان عریض بسازید تا حداکثر فضا برای تعدیل رودخانه وجود داشته باشد.

1-Alignment

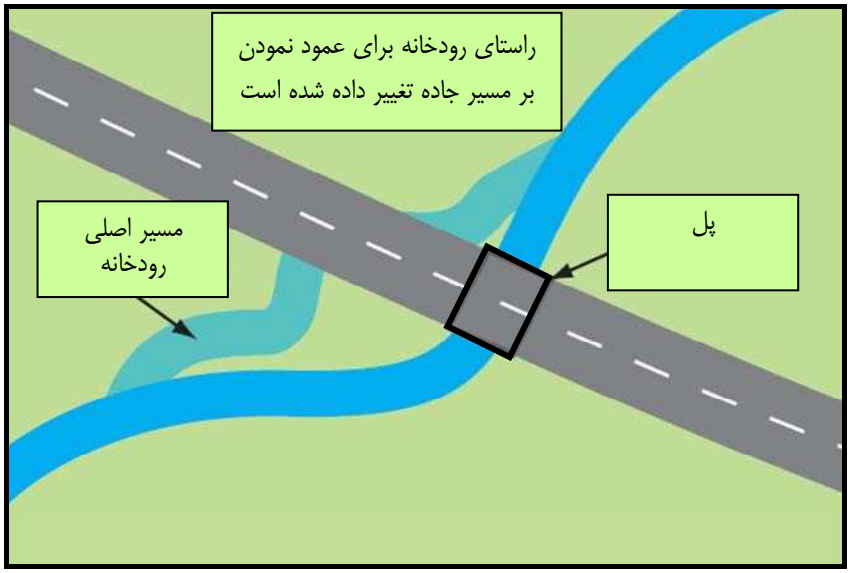
omoorepeyman.ir

- سازه‌های متقاطع را بر روی بازه‌های مستقیم و پایدار رودخانه احداث نمایید.

اگر تغییر راستای رودخانه اجتناب‌ناپذیر باشد، باید در طراحی آبراهه جدید دقت فراوان بـه‌خـرج داد (شـکل ۶-۱۱). ابعـاد آبراهـه موجود را از نظر اندازه و شکل ارزیابی کنید. به طور کلی توصیه می‌شود حتی الامکان ابعاد موجود را در اغلب موارد حفظ نمود.



شکل ٦-۱۰- سازه عمود بر رودخانه، بدون تغییر در مسیر رودخانه



شکل ٦-۱۱- تغییر مسیر رودخانه برای اطمینان از عمود بودن سازه بر رودخانه

٦-٥-٨-٣- قطع کردن سیلابدشت

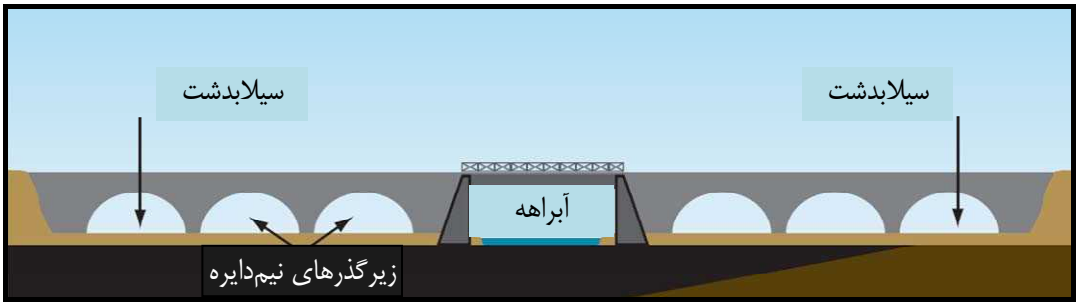
سیلابدشت‌ها نیز وظیفه مهمی از یک سامانه رودخانه را به عهده دارند، زیرا شرایط زیر را در این سامانه فراهم می‌کنند [۸۹]:

omoorepeyman.ir

- ذخیره سیلاب
- چاله‌ای برای تجمع رسوب و مواد مغذی (در شرایط طبیعی)
- منبع غذایی مهم و مناطق مناسب برای پرورش ماهیان و سایر موجودات آبزی

سازه‌های متقاطع و زیرساخت‌های متصل به آنها از قبیل خاکریزها می‌تواند اثرهای زیر را به همراه داشته باشند:

- مانعی برای عبور جریان سیل در طول سیل‌گیری ایجاد می‌کنند و باعث افزایش سیل‌گرفتگی در بالادست می‌شوند
- ذخیره سیلابدشت را به مقدار قابل توجه کاهش می‌دهند
- زیستگاه سیلابدشت را قطع می‌کنند و رژیم هیدرولوژیکی زیستگاه سیلابدشت را تغییر می‌دهند
- به‌طور اساسی هیدرولیک رودخانه را تغییر می‌دهند زیرا جریان سیل به‌جای عبور آزادانه در طول سیلابدشت خیلی عریض از میان یک بازشدگی نسبتا باریک در محل تقاطع، با فشار عبور داده می‌شود. به‌طور اساسی، این امر به مرور فرآیندهای رودخانه از قبیل فرسایش کناره و بستر و رسوب‌گذاری را تغییر می‌دهد. بهتر است از یک سازه مرکب شامل یک پل و تعدادی آبگذر[1] برای عبور جاده از میان سیلابدشت، به‌جای خاکریز استفاده شود (شکل ۶-۱۲). این گزینه به مقدار زیادی اثر سازه روی سیلابدشت را کاهش می‌دهد.



شکل ٦-۱۲- یک سازه متقاطع ترکیبی آبگذر و پل برای عبور جاده از عرض سیلابدشت و آبراهه اصلی رودخانه

٦-٦- ملاحظات ویژه مدیریت سیلابدشت رودخانه در مخروط‌افکنه

مدیریت خطرپذیری یک راهکار برای کاهش خسارت سیل است. این استراتژی شامل پروژه‌ها و برنامه‌هایی است که افراد و جوامع را کمک می‌کند تا جریان‌های سیلابی را مدیریت کنند و خود را برای ارائه امداد و نجات از سیل آماده کنند. این راهکار کلید اصلی مدیریت جامع سیل است، فرآیندی که یک منطقه جامع را در مقیاس یک آبخیز درون بافتی شامل اراضی و شبکه آبراهه‌ها از طریق مدیریت جامع سیلاب، پشتیبانی می‌کند و اهدافی برای حداکثر نمودن فواید سیلابدشت، حداقل نمودن تلفات جانی و خسارت مالی و شناسایی فواید وقوع دوره‌ای سیل برای زیست‌بوم در بردارد [۸۵].

مدیریت سیلابدشت شامل هر دو روش سازه‌ای و غیر سازه‌ای برای تخفیف اثرهای منفی سیل است. روش‌های سازه‌ای شامل روش‌هایی است که مقدار سیلاب را در یک رودخانه و یا آبراهه کاهش می‌دهند به‌طوری‌که از سیل‌گرفتگی مناطق مجاور جلوگیری شود. این قبیل سازه‌ها شامل مخازن تاخیری، خاکریزها و غیره است. این روش‌ها در بند ۶-۳ مورد بحث قرار گرفته است. چهار راه‌کار اساسی برای مدیریت توسعه روی مخروط‌افکنه‌ها وجود دارد:

1- Viaduct

omoorepeyman.ir

- نقشه‌برداری و پهنه‌بندی سیل برای منع نمودن توسعه کاربری اراضی در مناطقی که در معرض سیل و جریان واریـزه‌ای قرار دارند.
- ایجاد کانال‌های محصور که سیل و جریان واریزه‌ای را به‌طور مطمئن از میان منطقه توسعه یافته منتقل می‌کنند
- ایجاد مخازن ذخیره در بالای منطقه توسعه یافته برای نگهداشت واریزه‌ها و انتقال آب نسبتا تمیز از میان منطقه توسعه
- ترکیبی از روش‌های ۲ و۳، در جایی که ظرفیت سد رسوب‌گیر در اکثر رویدادهای سیل مناسب بوده، ولی در رویـدادهای بزرگ سیل بخشی از واریزه‌ها به سمت پایین‌دست حمل می‌شود

حتی الامکان، باید از توسعه مخروط‌افکنه‌ها اجتناب نمود و از آنها برای کاربری غیرمسکونی همچون پارک، فضای باز تفریحی و کشاورزی استفاده نمود. درشرایط زیر ممکن است توسط مدیر مربوط اجازه توسعه مناطق شهری صادر گردد [۷۲] :

الف- جایی‌که اراضی دیگری در دسترس نباشد

ب- جایی‌که یک منطقه از مخروط‌افکنه به علت شرایط هیدرولیکی، فیزیکی و یا زمین‌شناسی پایدار باشد

شرایط صدور مجوز استفاده از سیلابدشت در مخروط‌افکنه‌ها عبارتند از:

- این اجازه‌نامه باید بر اساس مدیریت خطر و مقررات کاهش خطر سیل و در رابطه با شرایط خاص محلی باشد. ایـن‌گونـه مقررات می‌تواند شامل موارد زیر بوده ولی محدود به این موارد نیستند:
  - آیین‌نامه‌های تراکم توسعه شهری
  - شناسایی مکان‌های امن ساختمان‌سازی
  - مقررات تراز ساختمان و فونداسیون
  - احداث کارهای حفاظتی درجا و یا بیرونی
  - آیین‌نامه‌های کاربری اراضی برای جلوگیری از تغییر عوارض و ریخت‌شناسی زمین ازقبیل پرکـردن اراضـی بـا مـواد زاید، حفاری و احداث جاده‌های جدید و ایجاد تاسیساتی که درجه خطر اراضی را تغییر می‌دهد.
- جایی‌که مطالعه پهنه‌بندی خطر سیل دردسترس نیست و خطر نیز قابل توجه می‌باشد، یک ارزیابی مناسب و تخصصی از اراضی مورد نیاز می‌باشد.
- ساختمان‌ها حداقل باید ۳۰ متر از مرز طبیعی آبراهه فاصـله داشـته باشـند، مگـر ایـن‌کـه مـشاهده گـردد آبراهـه دارای سیل‌گیری وسیع به همراه فرسایش کناری و یا عمق زیاد سیلاب باشد که در این‌صورت ممکن است فاصـله بـیش‌تـر از ۳۰ متر در نظر گرفته شود.
- تراز مناطق مورد استفاده برای سکونت، تجارت، یا انبار مواد فاسد شدنی، باید به اندازه ۳ متر بالای مـرز طبیعـی آبراهـه باشد.
- وقتی که خطر سیل کم است، تراز ساختمان باید حداقل یک متر بالای تراز طبیعی زمین اطراف و یا فونداسیون بتنـی در نظر گرفته شود و از فرسایش حفاظت گردد.

omoorepeyman.ir

روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلابدشت همراه با افزایش شناخت ما از محدودیت‌های مهار سیلاب بهبود یافته‌اند. موثرترین روش برای حفاظت از خطر سیل می‌تواند از طریق برنامه‌ریزی کاربردی و آیین‌نامه‌های دقیق مدیریت سیلاب در مناطق مستعد سیلاب به‌دست آید. روش‌های غیرسازه‌ای برای مدیریت دشت سیلابی عبارتند از [۸۵]:

- توسعه طرح جامع منطقه‌ای برای مدیریت سیلاب
- نقشه‌برداری و ترسیم مناطق در معرض سیل‌های تاریخی
- اجرای آیین‌نامه‌های سیلابدشت شامل احکام منطقه‌بندی، مقررات زیربخش‌ها و دستورالعمل‌های ساختمان‌سازی که توسعه سیلابدشت و مناطق در معرض سیل را مدیریت می‌کند
- اجرای یک فرآیند برای بازبینی طرح توسعه در سطح محلی و یا منطقه‌ای
- تملک و پاکسازی، یا جابجایی ساختمان‌هایی که تجربه خسارات مکرر را دارند
- تثبیت ساختمان‌های موجود در مقابل سیل با بالا بردن سازه یا شالوده ساختمان
- ایجاد سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیل
- تهیه طرح‌های آمادگی بلایا
- احیای آبخیزها، تالاب‌ها و آبراهه
- ایجاد کمربندهای سبز

٦-۷- ملاحظات ویژه برداشت شن وماسه

استفاده از شن و ماسه، از دیرباز به همراه پیشرفت انسان در عرصه‌های مختلف کاربرد بیش‌تری پیدا کرده است. تهیه بتن، راهسازی و صنایعی از قبیل موزاییک‌سازی و شیشه‌سازی نمونه‌هایی از عمده مصارف شن و ماسه به‌شمار می‌آیند که ضرورت استفاده از این منابع را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. حجم وسیعی از شن و ماسه از مخروط‌افکنه‌ها، تراس‌های دریایی قدیمی، تراس‌های رودخانه‌ای جدید، سیلابدشت‌ها و کانال‌ها استخراج می‌شود.

بسیاری از رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی آنها، مقادیر فراوانی شن و ماسه دارند که به سهولت برای مصارف مختلف استخراج می‌شوند. برداشت شن و ماسه از رودخانه‌ها علیرغم بهره‌مندی عده‌ای محدود از برداشت‌کنندگان مصالح، اگر در قالب ضوابط فنی و طبق دستورالعمل‌های کنترل شده انجام نگیرد، می‌تواند موجب بروز آثار منفی و برهم زدن تعادل طبیعی رودخانه گردد. ازجمله می‌توان به کاهش کیفیت آب، بی‌ثباتی بستر و کناره‌های رودخانه، برهم زدن زیستگاه‌های آبزیان و کاهش و یا انقراض جمعیت گونه‌های آبزی اشاره کرد. پایداری رودخانه‌های با بستر ماسه‌ای و یا شنی به توازن بین مقدار جریان رودخانه، منابع تولید رسوب از حوضه آبخیز بالادست و شکل کانال رودخانه وابسته است. برداشت شن و ماسه، منابع رسوبی و شکل کانال رودخانه را برهم می‌زند، که می‌تواند باعث تعمیق (برش[1]) آبراهه در فاصله زیادی در بالادست و پایین‌دست محل برداشت و همچنین رسوب‌گذاری در زیستگاه‌های پایین‌دست گردد. اغلب برش آبراهه به تشدید فرسایش کناری، ایجاد یک آبراهه‌ای عریض‌تر و کم عمق‌تر و پایین آوردن سطح آب دشت سیلابی منجر می‌گردد. همچنین ناپایداری آبراهه و رسوب‌گذاری ناشی از برداشت شن و ماسه رودخانه

1- Channel Incision

omoorepeyman.ir

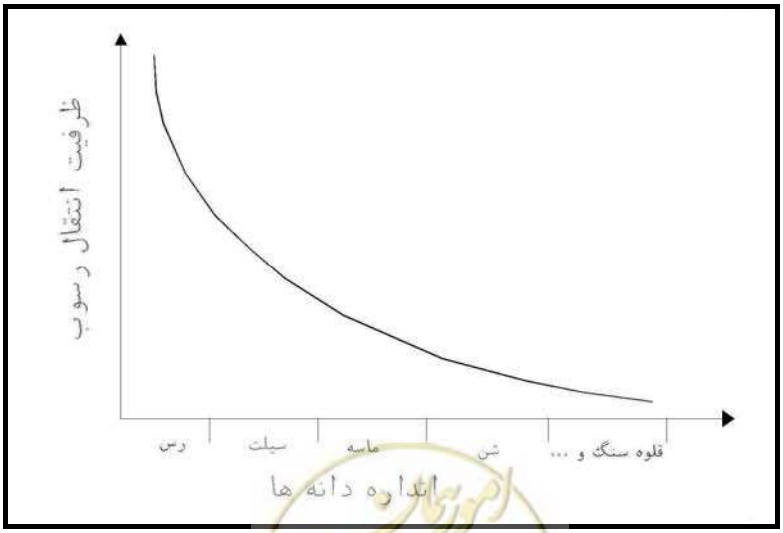
می‌تواند باعث تخریب ابنیه زیربنایی (پل‌ها، خطوط لوله، و تاسیسات عمومی) شده و منجر به کاهش در تولیدات آبزیان، تنوع زیستی، پتانسیل‌های تفریحی، اراضی کنار رودخانه، و بهای واقعی اراضی گردد. بنابراین برداشت مصالح درون رودخانه‌ای می‌تواند به عنوان منشای نقطه‌ای برای مشکلات گسترده بیش‌تر عمل کند.

٦-٧-١- رسوبات رودخانه‌ای و فرآیندهای فیزیکی

قبل از شناخت اثرهای برداشت شن و ماسه، اطلاع از توزیع کلی، منابع و سرانجام رسوب در سامانه‌ی رودخانه ضروری است. رودخانه‌ها رسوب و آب را از سرچشمه تا دهانه منتقل می‌کنند و در طول فرآیند انتقال ذرات رسوبی را ته‌نشین، فرسایش و یا خرد می‌کنند. ذرات رسوبی از تخته‌سنگ‌های درشت و تخته سنگ تا شن درشت و از قلوه‌سنگ تا ماسه‌ریز، سیلت و رس تغییر می‌کند. به‌طور معمول بزرگ‌ترین ذرات رسوبی (همچنین سایر اندازه‌ها) در رودخانه‌های داخل حوضه با رتبه پایین و شیب تند واقع شده‌اند و به نسبت زیادی در نواحی پایین‌دست، جایی‌که شیب‌های ملایم‌تر رودخانه کمک به ترسیب ذرات رسوبی ریزتر و توسعه دشت‌های سیلابی می‌کنند از اندازه آنها کاسته می‌شود. به‌طورکلی، ذرات با اندازه شن و قلوه‌سنگ در نواحی میانی به وفور یافت می‌شود و ذرات ماسه و کوچک‌تر در نواحی پایین‌تر سامانه‌ی رودخانه وجود دارند. البته، در طول نواحی پایین‌تر انشعابات کوچک‌تر نیز می‌توانند شرایط رسوب‌گذاری مشابه آنچه در بالادست برقرار است ایجاد کنند و ذراتی را بزرگ‌تر از آنچه که به طور معمول در رودخانه‌های اصلی دیده می‌شود نشان دهند، همچنین مقادیر نسبی شن، ماسه و سایر اندازه‌ها را در منطقه نزدیک تغییر دهند.

٦-٧-٢- توازن بین آبدهی و رسوب‌دهی رودخانه

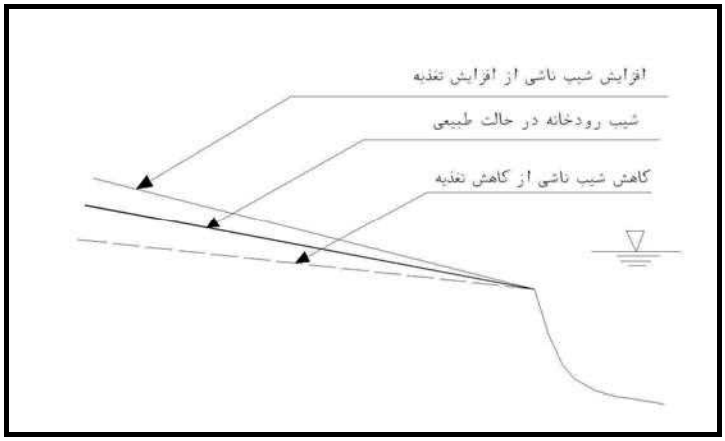
هر رودخانه‌ای بسته به میزان آبدهی دارای ظرفیت انتقال رسوب مشخصی است. مقدار ظرفیت انتقال با اندازه دانه‌های تشکیل‌دهنده بستر رودخانه نسبت عکس دارد، به‌گونه‌ای که دانه‌های درشت، دارای ظرفیت انتقال کم‌تری نسبت به دانه‌های کوچک‌تر می‌باشند. از نظر کاربردی، تغییرات ظرفیت انتقال رسوب را مطابق شکل (۶-۱۳) می‌توان برای طیف دانه‌بندی رس، سلیت، ماسه و شن به‌صورت نسبی در نظر گرفت [۱۰].



شکل ٦-١٣- نحوه تغییر ظرفیت انتقال رسوب بر حسب اندازه دانه‌های بستر

omoorepeyman.ir

شیب رودخانه‌ها تابعی از میزان آورد رسوب می‌باشد. چنانچه برای رودخانه‌ای مقدار آبدهی و توزیع دانه‌بندی ثابت فرض شود بسته به میزان آورد رسوب، شیب آن دچار دگرگونی می‌شود. مطابق شکل (۶-۱۴) درصورتی‌که مقدار آورد رسوب بیش‌تر از ظرفیت حمل آن باشد شیب رو به افزایش می‌گذارد و درحالی‌که مقدار تغذیه کم‌تر از ظرفیت حمل شود رودخانه با کاهش شیب خود، توازن جدیدی را برقرار می‌کند.



شکل ٦-١٤- اثرهای تغذیه رسوبی و ظرفیت حمل بر روی تغییر شیب رودخانه

٦-٧-٣- رژیم رسوب‌دهی رودخانه و رابطه آن با رژیم آبدهی و نقش سیلاب‌ها

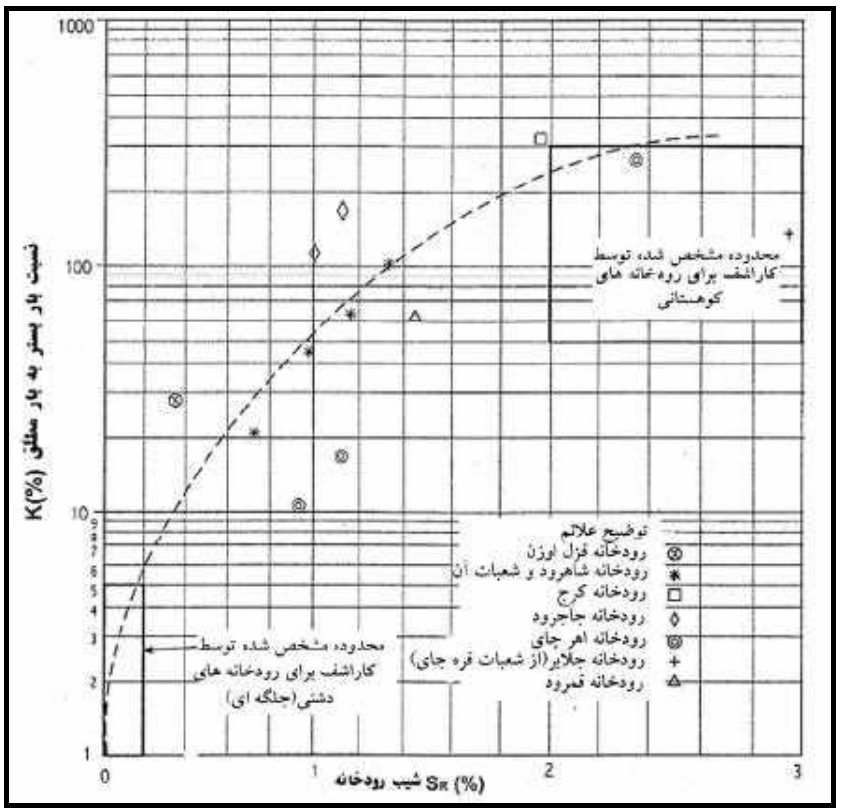
رژیم رسوب‌دهی مشخص‌کننده نحوه تغییرات آورد رسوبی رودخانه در سال‌های مختلف می‌باشد. از آن‌جایی‌که میزان آبدهی رودخانه از سالی به سال دیگر متفاوت است میزان رسوب حمل شده توسط رودخانه‌ها نیز به‌تبعیت از تغییرات آبدهی‌که اصطلاحا رژیم آبدهی گفته می‌شود تغییر می‌کند. به‌علاوه آهنگ تغییرات رسوبدهی از تغییرات آبدهی سالیانه تبعیت می‌نماید. علاوه بر تغییرات سالیانه میزان انتقال رسوب تابع تغییرات آبدهی فصل و به‌ویژه شرایط سیلابی می‌باشد. جریان‌های سیلابی که به دنبال بارندگی‌های شدید و وقوع رگبارها حادث می‌شود دارای توان حمل رسوب بالایی بوده و موجبات حمل مواد رسوبی از بازه‌های کوهستانی و پرشیب به‌مناطق پایین‌دست می‌گردد. به‌طور کلی سیلاب‌ها نقش عمده‌ای در انتقال مواد رسوبی داشته و در حقیقت بخش اعظم مواد رسوبی سالیانه رودخانه‌ها توسط چند سیلاب که دارای تداوم زمانی اندک ولی حجم جریان زیادی می‌باشند حمل می‌گردد [۱۰].

٦-٧-٤- تعیین میزان مصالح قابل برداشت

مصالح قابل برداشت بخشی از بار بستر رودخانه را تشکیل می‌دهد. برای تعیین میزان بار بستر رودخانه می‌توان به دو روش عمل نمود. استفاده از نسبت بار بستر به بار معلق و یا تعیین بار بستر با استفاده از معادلات. از نظر کمی رابطه‌ای بین بار معلق و بار بستر وجود دارد و در ارزیابی مقدار رسوب قابل برداشت می‌توان از نسبت بار بستر به بار معلق (K) بهره جست بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که مقدار این نسبت در رودخانه‌های کوهستانی و پرشیب بیش‌تر بوده و در نواحی کم‌شیب و جلگه‌ای مقدار آن به‌طور محسوسی رو به کاهش می‌گذارد. در شکل (۶-۱۵) نمودار تغیرات K برحسب شیب رودخانه (SR) نشان داده شده است. برای تعیین مقدار بار بستر رودخانه با استفاده از نسبت K لازم است مطابق شکل (۶-۱۶) مراحل محاسباتی انجام گیرد. در این روش متوسط رسوب‌دهی سالیانه رودخانه مشخص گردیده ولی رژیم رسوب‌دهی آن قابل تعیین نیست.

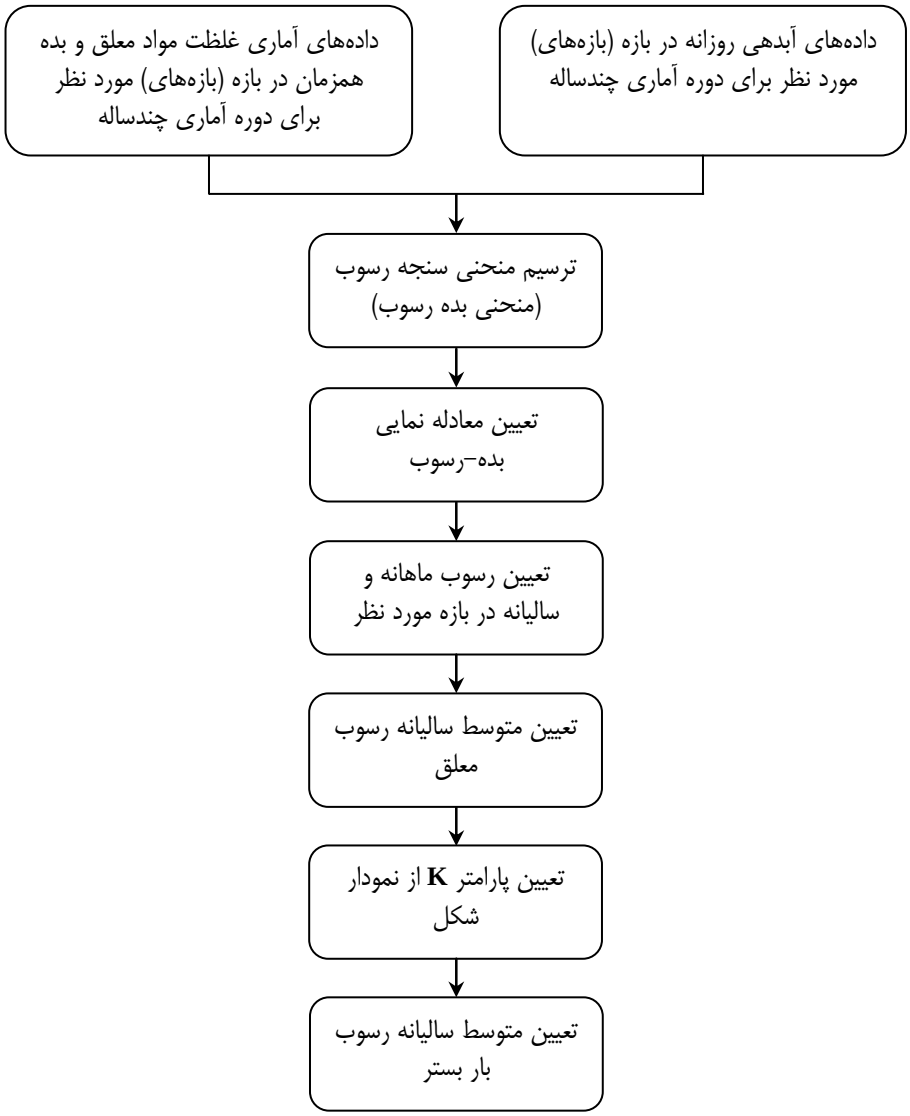
omoorepeyman.ir

روش دیگر برای تعیین باربستر استفاده از معادلاتی است که با بهره‌گیری از خصوصیات جریان رودخانه قادرند مقدار بـار رسـوبی رودخانه را مشخص نمایند. در شکل (۶-۱۷) گام‌های لازم برای تعیین بار بستر نشان داده شده است. استفاده از این روش هـر چنـد مستلزم کار محاسباتی بالنسبه سنگینی است ولیکن امکان تعیین رژیم رسوب‌دهی سالیانه، تغییرات فصلی و حتی تعیین اثر سیلاب‌ها بر روی میزان آورد رسوب رودخانه میسر می‌باشد.



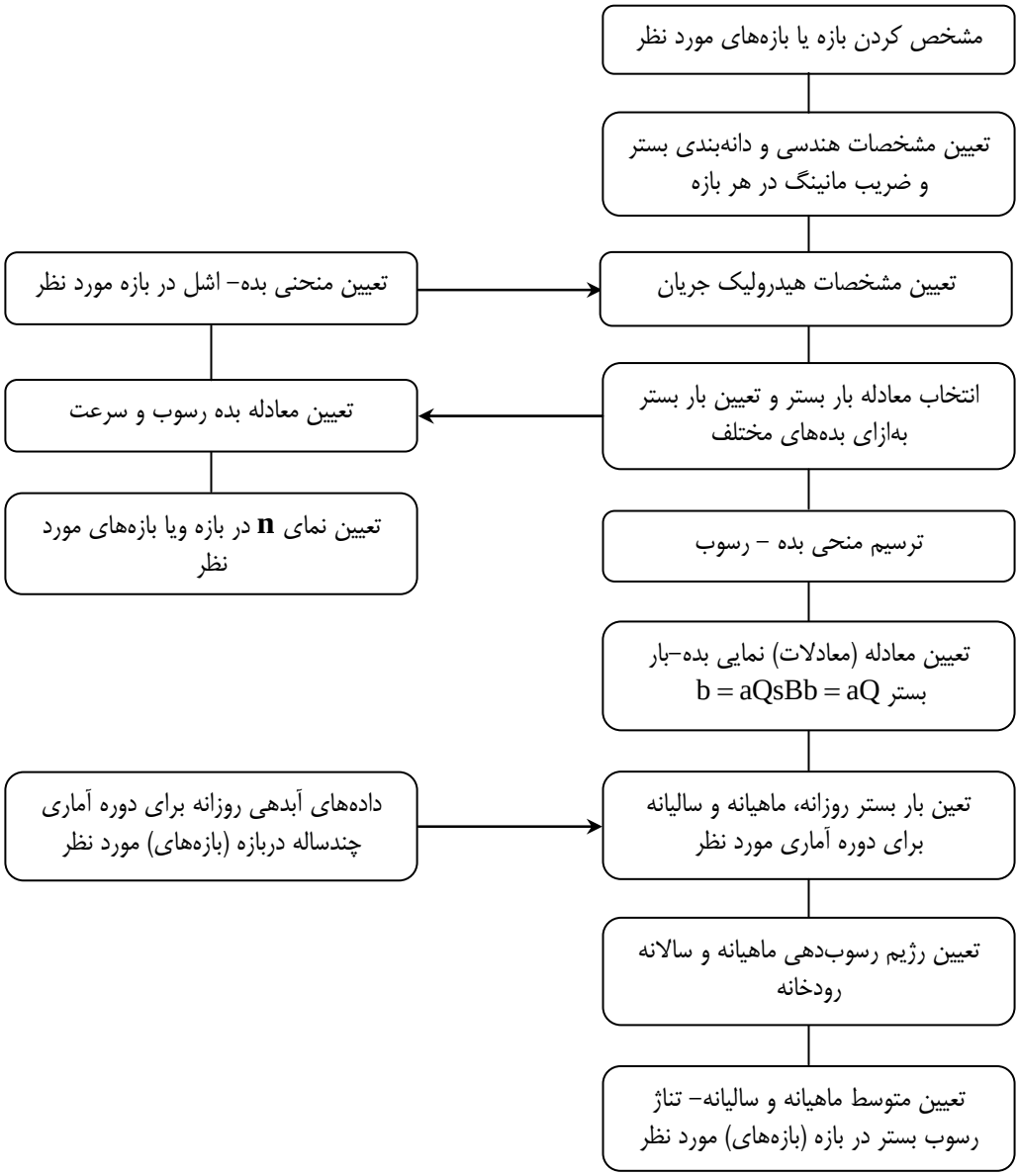
شکل ٦-۱۵- نمودار تغییرات نسبت بار بستر به بار معلق بر حسب شیب (در رودخانه‌های ایران) [۱۰]

omoorepeyman.ir



شکل ٦-١٦- مراحل مختلف تعیین بار بستر سالیانه با استفاده از نسبت K [۱۰]

omoorepeyman.ir



شکل ٦-۱۷- نمودار مراحل مختلف تعیین بار بستر رودخانه (شن و ماسه حمل شده) و رژیم رسوب‌دهی با استفاده از معادلات رسوب [۱۰]

٦-۷-۵- اثرهای فیزیکی و بیولوژیکی برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای

تمام موجودات برای تامین بقای دراز مدت نیازمند شرایط زیستی بخصوص می‌باشند. موجودات بومی در رودخانه‌ها منحصرا با شرایط زیستگاهی موجود قبل از شروع تغییرات وسیع بشری و شرایط قبل از رسوب‌گذاری حوضه آبخیز، سازگار شده‌اند. این تغییرات باعث برهم زدن اساسی زیستگاه و در نتیجه باعث نقصان در تنوع و تولید بیولوژیک می‌گردد. کیفیت زیستگاه موجودات در بیش‌تر رودخانه‌ها، به شدت با پایداری کناره‌ها و بستر کانال مرتبط است؛ رودخانه‌های ناپایدار با بیش‌تر گونه‌های آبزی ناسازگار هستند. فاکتورهایی که منابع رسوب را افزایش و یا کاهش می‌دهند، اغلب بستر و کناره‌ها را به‌طور قابل توجه بی‌ثبات می‌کنند. برای مثال، فعالیت‌های بشری که فرسایش ساحل را تشدید می‌کند، از قبیل بوته‌کنی جنگل‌های رودکنار یا برداشت درون رودخانه، باعث می‌شود که سواحل رودخانه از منابع خالص تولید رسوب به حساب آیند که اغلب نتایج شدیدی برای موجودات آبزی دارند. فعالیت‌هایی که

omoorepeyman.ir

به‌طور مصنوعی تراز بستر رودخانه را پایین می‌آورند باعث ناپایداری‌ها در بستر رودخانه می‌شوند که منجر بـه رهـاسـازی رسـوب در اطراف محل می‌شود.

کف‌کنی و رسوب‌گذاری از گسترده‌ترین اثرهای برداشت شن و ماسه درون رودخانه روی زیـستگاه آبزیـان اسـت کـه مـی‌توانـد اثرهای منفی اساسی روی زندگی آنها داشته باشد. به علت این که پایداری رودخانه‌های با بستر ماسه‌ای و شنی به توازن بین جریـان از میان رودخانه، منابع تولید رسوب از حوضه و شکل کانال موجود وابسته است، تغییرات ناشی از برداشت در منـابع رسـوب و شـکل کانال، فرآیند توسعه زیستگاه را برهم می‌زند [۸۱].

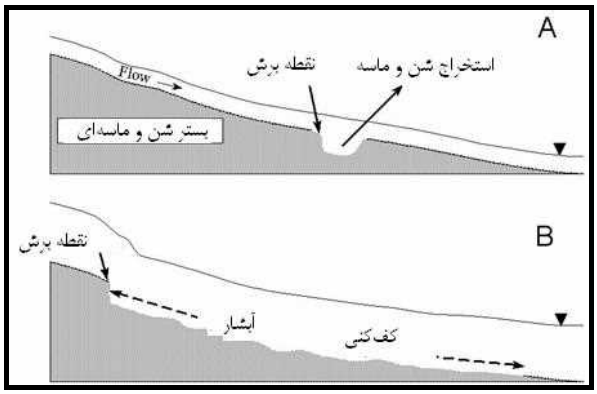
٦-۷-۵-۱- کف‌کنی[1] بستر

تمام جریان‌های رودخانه مقداری انرژی دارند، که در این میان جریان‌های شدید روی شیب‌های تند کانال بـیش‌تـرین انـرژی را دارند. انرژی جریان در نتیجه وجود اصطکاک ناشی از آشفتگی جریان داخلی روی موانع، بستر و سواحل کانال مـستهلک مـی‌گـردد. بسته به ترکیب مواد آبراهه، ممکن است انرژی اضافی در فرآیند فرسایش و انتقال رسوبات اسـتفاده گـردد. فرسـایش و انتقـال ذرات درشت رسوب انرژی بیش‌تری نسبت به ذرات کوچک‌تر نیاز دارد، بنابراین در این ارتباط تخته‌سنگ‌ها، قلوه‌سنگ‌ها و شن‌های درشت نیازمند جریان‌های بزرگ‌تر و یا کانال با شیب تندتر نسبت به ماسه، سیلت و رس هستند. انرژی اضافی جریان باعث فرسایش بیش‌تر کانال و انتقال رسوب می‌گردد، البته انتقال رسوب بیش از حد انرژی جریان منجر به تـه‌نـشینی رسـوبات مـی‌گـردد. انـرژی جریـان رودخانه نقش مهمی در روش برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای که بر شریان‌های رودخانه تاثیرگذارند دارد.

بررسی‌های انجام شده کف‌کنی بستر را در اثر حفر چاله و برداشت کرانه‌های رسوبی (دو شکل معمول از برداشت شـن و ماسـه) نشان داده‌اند. کف‌کنی بستر، که به عنوان برش کانال نیز شناخته شده است، از طریق دو فرآیند اولیه، ایجاد آبـشار و کمبـود رسـوب جریان اتفاق می‌افتد. در اولی، حفر چاله برداشت در کانال فعال با بستر رودخانه پایین‌تر، یک نقطه برش ایجاد می‌کند که به صـورت موضعی شیب کانال را تند می‌کند و انرژی جریان را افزایش می‌دهد (شکل۶- ۱۸). ایجـاد آبـشار[2] در بـستر مقـادیر قابـل توجـه از رسوبات رودخانه را حرکت می‌دهد که بعدا به سمت پایین‌دست حمل می‌شوند تا در منطقه حفاری شده و جایی جلوتر از پـایین‌دسـت ترسیب شوند. در روخانه‌های غنی از شن، وقتی که برداشت شن و ماسه خاتمه می‌یابـد، ممکـن اسـت اثـر پـایین‌دسـت روی محـل برداشت کم باشد، زیرا تعادل بین رسوب ورودی و حمل در محل برداشت می‌تواند به‌سرعت برقرار شود. این اثرهای در رودخانه‌هـای فقیر از شن ممکن است به‌سرعت توسعه یابد و برای چند سال بعد از برداشت خاتمه یابد. صرف‌نظر از اثرهای پایین‌دست، ایجاد آبشار در هر دو نوع رودخانه‌های غنی و یا فقیر از شن به عنوان یک عامل مهم در فرسایش است. گاهی اوقات آبشار ایجاد شده تـا فاصـله زیادی به سمت بالادست و داخل آبراهه حرکت می‌کند [۸۱].

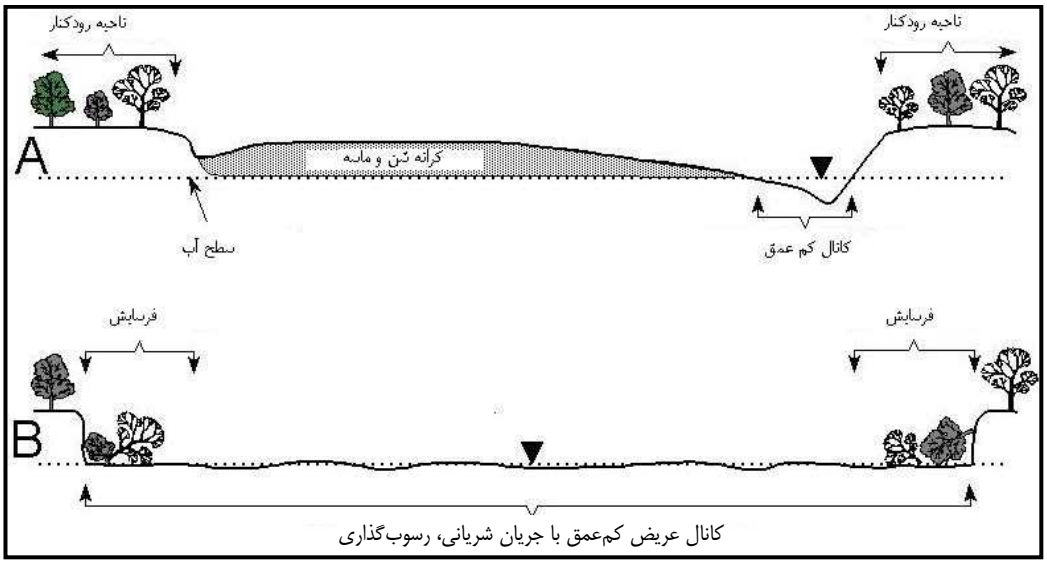
1- Degradation
2- Headcutting

omoorepeyman.ir



شکل ٦- ۱۸- دیاگرام یک رودخانه با بستر ماسه شنی (A) نقطه برش که وقتی‌که چاله حفاری برای برداشت شن و ماسه از کانال در طول جریان کم توسعه یافته است و، (B) سربرش بالادست و کف‌کنی پایین‌دست که در طول جریان‌های شدید توسعه یافته است.

شکل دوم کف‌کنی بستر وقتی اتفاق می‌افتد که حجم برداشت مصالح از ظرفیت انتقال رسوب رودخانه فزونی یابد. حفر چاله به‌طور موضعی عمق جریان را افزایش می‌دهد (شکل ۶-۱۸) و برداشت کرانه‌های ماسه‌ای عرض جریان را افزایش می‌دهد (شکل ۶-۱۹). هردو شکل، باعث ایجاد شرایط جریان با سرعت و انرژی کم‌تر در رودخانه و ترسیب رسوبات وارده از بالادست در محل برداشت می‌شوند. به همان اندازه که جریان رودخانه در اطراف محل برداشت حرکت می‌کند و انرژی جریان در پاسخ به شکل کانال نرمال پایین‌دست افزایش می‌یابد، مقدار رسوب انتقالی جدا شده از محل برداشت از ظرفیت حمل رسوب جریان کم‌تر است. این کمبود رسوب جریان، رسوب بیش‌تری را از ساحل رودخانه در پایین‌دست محل برداشت جدا می‌کند (فرآیند ثانویه کف‌کنی بستر). این شرایط تا زمان برقراری حالت تعادل بین رسوب ورودی و خروجی در محل برداشت ادامه می‌یابد [۸۱].



شکل ٦- ۱۹- دیاگرام مقطع عرضی کانال نشان دهنده (A) یک کرانه ماسه‌ای نمونه برای کانال کم جریان، ناحیه رودکنار، و سطح آب، و (B) تعریض کانال کم عمق دراثر استحراج نامحدود شن و ماسه که به‌عنوان فرسایش کناره، جریان شریانی شناخته شده است. برش آبراهه علاوه بر ناپایداری عمودی در بسترکانال، باعث ناپایداری جانبی و تشدید فرسایش کناری و در نتیجه تعریض آبراهه می‌گردد. برش بستر ارتفاع ساحل رودخانه را افزایش می‌دهد و در حالتی‌که خواص مکانیکی مواد کناره توان نگهداری وزن مواد را نداشته باشند، منجر به تخریب کناره می‌گردد. تعریض کانال رودخانه باعث کم شدن عمق آب در بستر رودخانه شده، با ایجاد جریان شریانی یا زیرقشری در محدوده پشته‌ها از جابجایی آبزیان بین چاله‌های آب جلوگیری می‌کند.

omoorepeyman.ir

٦-۷-٥-۲- رسوب‌گذاری

فرسایش اراضی بالادست، فرسایش جانبی کناره‌ها و برش بستر در پایین‌دست از منابع اصلی تولید رسوب در رودخانه‌ها به‌شمار می‌آیند. دو منبع اخیر وقتی‌که جریان رودخانه توان تخلیه مواد رسوبی معلق و ته‌نشین شده را ندارد، به عنوان عامل محرک ذرات رسوبی ریز در طول فرآیند برداشت مواد و از اثرهای عمومی برداشت شن و ماسه از داخل رودخانه هستند.

رسوب‌گذاری اثرهای فراوانی بر روی زندگی آبزیان دارد، امروزه مشخص شده است که ذرات ریز رسوب در طیف وسیعی از فعالیت‌های بشری شامل استخراج تولید شده و به‌طور قطع یکی از فاکتورهای اساسی زیست‌محیطی در افت کیفیت ماهیگیری در رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهد. رسوب‌گذاری ممکن است برحسب اثرهای رسوب معلق و رسوب ته‌نشین شده نمایان شود. رسوب معلق می‌تواند فرآوردگی اولیه[1] (فتوسنتز) را به وسیله سایه‌اندازی روی گیاهان آبزی کاهش دهد و فرآوری کلی سامانه‌ی رودخانه را تحت تاثیر قرار دهد. رسوب معلق اثرهای فرعی زیادی روی ماهی‌ها شامل بازتوزیع و ممانعت به‌وسیله سایر موجودات، کاهش راندمان تغذیه و بنابراین کاهش در قدرت دید ماهیان، اختلال تنفسی، کاهش قدرت تحمل بیماری‌ها و مسمومیت و افزایش تنش فیزیولوژیکی دارد.

ته‌نشینی رسوب می‌تواند اثرهای منفی اساسی روی بی‌مهرگان زیرآبی داشته باشد و بر تمام موجودات همچون صدف‌ها اثرگذار باشد. اثر رسوبات ته‌نشین‌شده روی بهره‌وری جانداران زیردریایی مانند غذا برای ماهی‌ها یکی از بحرانی‌ترین مشکلات اثرگذار روی ماهیگیری در رودخانه است [۸۱].

٦-۷-٥-۳- اثرهای ثانویه برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای

برداشت از درون رودخانه نتایج ثانویه‌ای نیز در بر دارد. گسترش یک محل برداشت و یا برداشت در یک مکان جدید اغلب به‌وسیله پاکسازی درختان رودکنار، که می‌تواند روی زیستگاه‌های رودخانه‌ای موثر باشد و به ناپایداری ساحل رودخانه کمک کند، اتفاق افتاده است. ترازکاهی بستر ناشی از برداشت رودخانه‌ای، تراز جریان رودخانه و سطح آب در سیلابدشت را کاهش داده، در نتیجه می‌تواند سطح آب متعلق به گیاهان خشبی در مناطق رودکنار را از بین برده و دوره مرطوب را در تالاب‌ها کاهش دهد.

٦-۷-٥-٤- برداشت شن و ماسه از سیلاب دشت‌ها

سیلابدشت‌ها و تراس‌ها مناطقی از تجمع رسوبات در سامانه‌ی رودخانه هستند و می‌توانند داری مقادیر زیادی شن و ماسه قابل برداشت اقتصادی باشند. چاله‌های برداشت در سیلاب دشت‌ها اغلب تا زیر سطح آب که می‌تواند منابع آب سهل‌الوصول برای تفکیک اندازه ذرات استخراج شده فراهم کنند، ادامه می‌یابند. برداشت شن و ماسه از سیلابدشت نیز می‌تواند با جابجایی و هدایت کانال‌های جانبی یا جریان طغیانی کانال فعال در میان چاله برداشت، عامل ناپایداری اساسی در کانال‌های جریان مجاور باشد. زمانی که چاله‌های سیلابدشت کانال فعال رودخانه را اشغال می‌کنند برداشت‌های خارج از رودخانه تبدیل به برداشت درون رودخانه‌ای می‌شوند که بعدها علایم منفی همراه با برداشت درون رودخانه‌ای را ایجاد می‌کنند. اغلب اشغال کانال به‌صورت ناگهانی و معمولا در جایی که چاله حفاری مسیرهای سیلابی با مقاومت کم را ایجاد می‌کنند، اتفاق می‌افتد. چاله‌هایی که نسبت به کانال رودخانه بزرگ هستند محیط‌های شبیه به دریاچه تولید می‌کنند که می‌توانند به‌طور موضعی شرایط محیطی و در نتیجه جامعه بیولوژیک منطقه را تغییر

1- Primary Productivity

omoorepeyman.ir

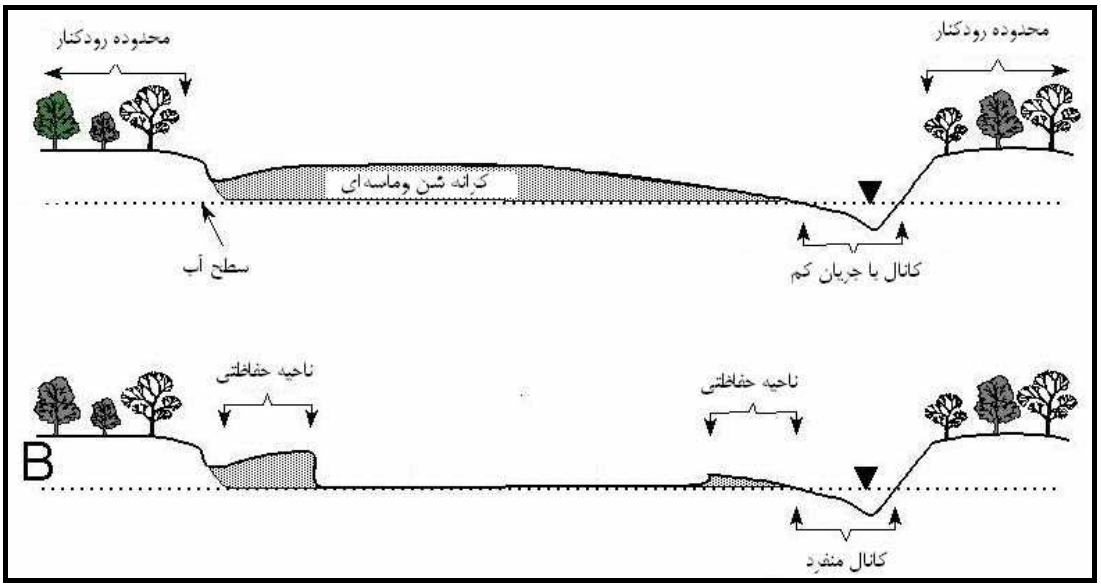
دهند (در بعضی حالات جوامعی از جانوران غیر بومی مساله‌دار). اثرهای مشابه می‌تواند در هنگام اتصال مستقیم چاله برداشت در سیلابدشت به کانال اصلی رودخانه اتفاق افتد [۸۱].

٦-۷-٦- گزینه‌های مدیریت برداشت شن و ماسه در رودخانه و سیلابدشت

به‌طور کلی چهار گزینه حفاری برای سامانه‌ی مدیریت برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای پیشنهاد شده است [۸۱]:

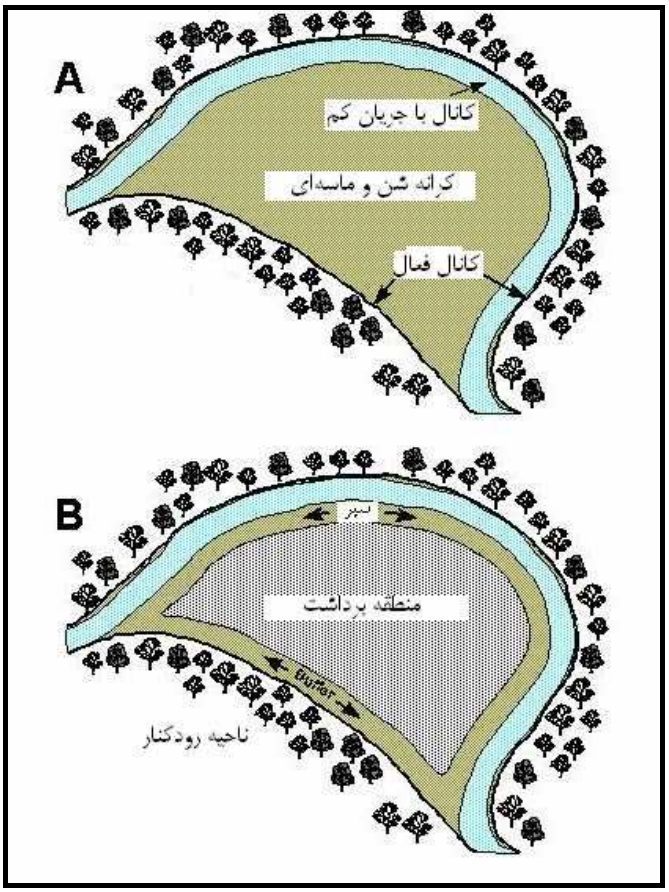
- توجه به مقررات و یا راهبردهای موجود: این گزینه وضع موجود استخراج مصالح رودخانه‌ای در کشور را بیان می‌کند. عوامل اجرایی مصالح را به هر مقدار و از هر موقعیت در رودخانه و دشت سیلابی تحت محدودیت‌های مشخص شده توسط مراجع ذیربط برداشت می‌کنند. منابع آبزی در معرض تهدید ناشی ازکف‌کنی بستر، کمبود آب و رسوب‌گذاری هستند. به‌علاوه این گزینه بیش‌ترین هزینه را برای جامعه (تخریب اموال عمومی و خصوصی) در بر دارد.
- فقط برداشت از رسوبات سطحی کرانه‌ها: عوامل اجرایی مصالح را از کرانه‌های درون رودخانه و تنها بالای سطح آب برداشت خواهند نمود (شکل۶-۲۰). در این روش برداشت یک عرض حداقل به عنوان سپر حفاظتی که محل برداشت را از کانال با عمق جریان کم و مجاور با ساحل کانال فعال رودخانه، جدا خواهد کرد در نظر گرفته می‌شود (شکل ۶-۲۱).

این گزینه خطر ایجاد آبشار ناشی از برداشت در بستر را کاهش می‌دهد، ولی با وجود این می‌تواند باعث کمبود آب همراه با برش آبراهه در پایین‌دست محل برداشت گردد. همچنین برداشت کرانه‌ها می‌تواند باعث مشکلاتی از قبیل حذف کانال‌های کناری، جابجایی ناگهانی آبراهه‌های کم عمق و تحرک بیش‌تر رسوبات سست شده گردد. رودخانه‌های غنی از شن نسبت به رودخانه‌های فقیر، کم‌تر در معرض اختلال ناشی از این نوع برداشت خواهند بود، زیرا جایگزینی لایه برداشتی به‌وسیله شن اضافی دریافتی از منابع بالادست تا حدودی مانع اختلال در آبراهه خواهد شد؛ بنابراین برداشت کرانه‌ها در رودخانه‌های غنی از شن نسبت به رودخانه‌های فقیر مورد تاکید قرار گرفته است.



شکل ٦-۲۰- دیاگرام برش عرضی کانال (A) الگوی تیپ برداشت کرانه شن و ماسه‌ای نسبت به کانال کم جریان، منطقه رودکنار، و سطح آب و (B) کانال منفرد و سواحل حفاظت شده وقتی که برداشت در داخل یک ناحیه حفاظتی با پهنای طراحی شده و بالای سطح آب است محدود شده باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ٦-۲۱- دیاگرام الگوی تیپ کرانه شن و ماسه‌ای نشان دهنده (A) موقعیت نسبی کرانه، ناحیه رودکنار، آبراهه فعال یا لبریز، و کانال کم جریان، و (B) منطقه برداشت که به‌وسیله یک ناحیه حفاظتی غیر مزاحم مشخص شده است

- فقط برداشت چاله‌ای در سیلابدشت: عوامل اجرایی نباید مصالح را از هیچ محلی در کانال فعال رودخانه برداشت نمایند، بلکه برداشت را از محل‌هایی در سیلابدشت و تراس‌ها که سپر حفاظتی درختکاری شده بین محل برداشت و کانال دارند انجام خواهند داد تا خطر اشغال کانال به‌وسیله چاله در طول جریان‌های سیلابی کاهش یابد. طراحی سایت قبل از برداشت، خطر تصرف کانال توسط چاله را حداقل و استفاده از محل برداشت را حداکثر می‌کند.
- هیچ گونه برداشتی از کانال‌های رودخانه و سیلابدشت صورت نگیرد: مصالح ساختمانی از معادن سنگ اراضی مرتفع و یا سایر منابع بالادست تامین خواهد شد.

این گزینه‌ها از بدترین حالت (۱) تا بهترین حالت (۴) برای حفاظت منابع رودخانه و هزینه‌های جامعه (تخریب اموات شخصی و عمومی) و از بهترین حالت (۱) تا بدترین حالت (۴) برای اثرهای اقتصادی روی صنعت تغییر می‌کنند. گزینه‌های۲ و ۳ واقع‌بینانه‌ترین راهکار را برای حفاظت منابع رودخانه در حین موافقت برای یک صنعت پایدار استخراج ارائه می‌کنند. برداشت سطحی تا بالای سطح آب و در محدوده یک سپر حفاظتی با عرض حداقل که محل استخراج شن و ماسه را از کانال با جریان کم و مجاور با ساحل فعال کانال جدا کند، انجام خواهد شد. این گزینه خطر ایجاد آبشار در بالادست و رسوب‌گذاری در پایین‌دست را کم‌تر خواهد کرد. شرایط متعدد اجرایی روش‌های نگهداری، بازسازی، عمل‌آوری مصالح، دسترسی به‌وسیله تجهیزات پاکسازی، ذخیره و رهاسازی تولیدات نفتی و انواع بنگاه‌های اقتصادی را دیکته خواهند کرد.

omoorepeyman.ir

اغلب در مورد یک آبراهه روشی قابل استفاده است که کم‌ترین ضرر را برای رودخانه و زیستگاه‌های آن داشته باشد. درضمن باید فرصت و زمان کافی به آبراهه داده شود تا بتواند خود را ترمیم و بازسازی نماید. با دادن فرصت بعضی از آبراهه‌ها حتی می‌توانند پوشش گیاهی از دست رفته ساحل خود را ترمیم کنند.

٦-٧-٧- سیاست‌های کلی برای برداشت شن و ماسه

هدف اصلی از وضع قوانین برداشت شن و ماسه در آبراهه‌ها مطابقت با الزامات ارگان‌های متولی برای مدیریت توسعه سیلابدشت‌ها می‌باشد. راهبردهای جدید صدور مجوز استفاده از شن و ماسه سیلابدشت سیاست‌های موجود را برای رسیدن به اهداف آیین‌نامه‌ای و مدیریتی زیر، روزآمد خواهند نمود.

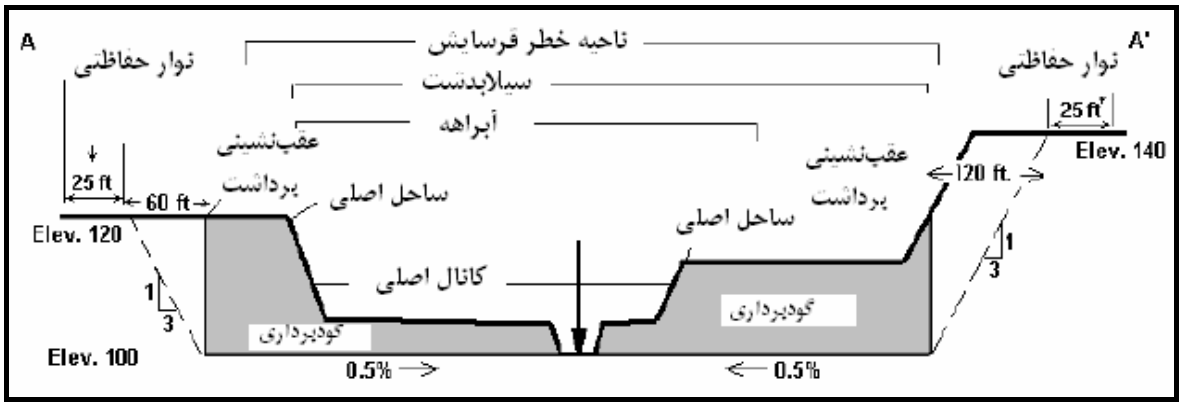
- حفظ بهداشت عمومی، ایمنی و رفاه اجتماعی
- فراهم نمودن ثبات و استمرار بررسی درخواست‌های مجوز استفاده از شن و ماسه
- ایجاد یک فرآیند خطی برای صدور مجوز استفاده از شن و ماسه سیلابدشت
- یکپارچه‌سازی مجوز برداشت از سیلابدشت با طرح جامع پیشنهادی برای آبراهه و زهکش

کاربرد این راهبردها ثبات عملیات توسعه برداشت شن و ماسه سیلابدشت را بدون اینکه عملکرد سیلابدشت، طرح‌های کنترل سیل، یا زیرساخت‌ها را تحت تاثیر قرار دهند، فراهم خواهد کرد. این راهبردها سایر راهبردها و سیاست‌های صدور مجوز برداشت شن و ماسه در نواحی در معرض خطر فرسایش و سیل را لغو خواهند کرد.

سیاست‌های زیر باید برای حفظ بهداشت عمومی، ایمنی و رفاه اجتماعی، مدیریت سیلابدشت، حفظ عملکرد طبیعی و سودمند سیلابدشت‌ها، و حداقل کردن هزینه‌های تعمیر زیرساخت‌ها در محیط اطراف رودخانه اعمال شوند[۷۰]:

- برداشت شن و ماسه باید در حد امکان خارج از آبراهه تنظیم‌کننده جریان باشد.
- مواد شن و ماسه باید در حد امکان خارج از ناحیه خطر فرسایش باشند.
- اگر شن و ماسه داخل آبراهه تنظیمی و یا ناحیه در معرض خطر فرسایش واقع شود و سازه‌های کنترل سیل فراهم نگردد، حداکثر عمق برداشت نباید بیش‌تر از تراز طبیعی کف کانال تعیین شده روی طرح اجرایی سیلابدشت باشد (شکل ۶-۲۲).
- اگر شن و ماسه داخل سیلابدشت یا ناحیه خطر فرسایش زیر تراز طبیعی کف کانال تعیین شده روی طرح اجرایی سیلابدشت برداشت گردد، باید سازه‌های مهندسی کنترل شیب در محلی که سیلاب ۱۰۰ساله می‌تواند وارد محل برداشت گردد تعبیه گردد و یا سازه‌های کنترل سیل باید برای جلوگیری از ورود سیلاب ۱۰۰ ساله به چاله برداشت تعبیه گردد.
- برداشت شن و ماسه نباید اثرهای منفی روی سیلابدشت، فرسایش یا رسوب‌گذاری روی اراضی مجاور یا خارج از محل داشته باشد.
- عملیات برداشت شن و ماسه باید دارای طرح بازسازی باشد که بتواند پایداری درازمدت چاله برداشت و سامانه‌ی رودخانه مجاور را بیمه کند.
- عملیات برداشت شن و ماسه باید با توصیه‌ها و سیاست‌های تعیین شده در طرح جامع مصوب برای آن آبراهه سازگار باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ٦-۲۲- هندسه حفاری در سیلابدشت و کانال اصلی برای مجوزهای استفاده از سیلابدشت در مسیر رودخانه

در خاتمه یادآوری می‌شود برداشت شن و ماسه در مخروط افکنه‌ها فقط در نواحی غیر فعال مخروط افکنه و با رعایت نکات یاد شده و موارد اشاره شده در راهنمای برداشت مصالح رودخانه‌ای، نشریه شماره ۳۳۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور صورت گیرد [۲۱].

omoorepeyman.ir

فصل ۷

بررسی موردی مخروط‌افکنه گرمسار

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۷-۱- کلیات

در این فصل با هدف بررسی کاربردی و عملی مطالب گفته شده در فصول گذشته این راهنما، به بررسی چگونگی انجام این مطالعات بر روی مخروط‌افکنه گرمسار می‌پردازیم. با امید به این‌که این بررسی موردی بتواند به عنوان راهنمایی در خصوص چگونگی انجام مطالعات تفضیلی بر روی مخروط‌افکنه‌های مختلف باشد.

مخروط‌افکنه گرمسار، یک نمونه بارز از مخروط‌افکنه‌های کلاسیک می‌باشد که در نتیجه فرسایش حوضه آبخیز بزرگ رودخانه حبله رود و رسوب‌گذاری این رودخانه تشکیل شده است. حوضه آبخیز حبله رود با مساحت ۴۰۹۵ کیلومتر مربع تا محل سد انحرافی، در قسمت شمالی مخروط‌افکنه گرمسار قرار دارد. حوضه آبخیز حبله رود در یال جنوبی رشته کوه البرز مرکزی و از نظر مختصات جغرافیایی، در محدوده طول جغرافیایی ۱۰ ˚۵۲ تا ۱۰ ˚۵۳ و عرض جغرافیایی ۰۰ ˚۳۵ تا ۵۷ ˚۳۵ قرار دارد. سر شاخه‌های شمالی حبله‌رود از کوه‌های شمال شرق و شمال فیروزکوه (ارتفاعات گدوک) با شاخه گورسفید آغاز گردیده و به تدریج شاخه‌های زیادی به آن می‌پیوندند. مقدار متوسط آبدهی سالانه این رود ۲۶۸ میلیون مترمکعب بوده و سالانه حدود ۶/۵ میلیون تن مواد معلق وارد دشت نموده و املاح متوسط آن ۱۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. شیب رودخانه حبله رود در جهت محور طولی در محل تارک توپوگرافی ۰/۹ تا یک درصد و در ۱/۵ کیلومتر پایین‌تر از محل تارک ۱/۱۵ درصد و در ۳/۵ کیلومتری از تارک مخروط‌افکنه به ۱/۳ تا ۱/۴ درصد می‌رسد [۳۵].

در این بخش با مطالعه فرضیه‌های تشکیل مخروط‌افکنه گرمسار و بررسی فرآیندهای رسوبی و هیدرولیک جریان در این رودخانه‌ها، مدیریت موجود سیلابدشت در رودخانه‌های گرمسار مورد مطالعه قرار گرفته و مشکلات موجود در مدیریت سیلابدشت بررسی می‌شوند.

۷-۲- فرآیندهای تشکیل مخروط‌افکنه گرمسار

در این بخش به بررسی فرآیندهای مفروض در تشکیل مخروط‌افکنه گرمسار، اعم از فرضیه‌های آب و هوایی، زمین‌شناسی و رسوب‌شناسی و همچنین فرآیندهای تکتونیکی می‌پردازیم.

۷-۲-۱- فرضیه‌های آب و هوایی

آب و هوای مخروط‌افکنه گرمسار در کل نظیر پهنه ایران مرکزی است و می‌تواند به‌عنوان محیطی قاره‌ای، نیمه خشک تا خشک تعریف گردد. میزان رطوبت و بارندگی کم، تابستان‌ها خشک و گرم و زمستان‌ها سرد می‌باشد. متوسط دمای سالانه هوا در این دشت ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، لیکن دمای هوا در زمستان و تابستان تا حد زیادی متغیر است، به‌طوری که در زمستان ممکن است حداقل دما به ۱۵- درجه سانتی‌گراد و در تابستان حداکثر به ۴۵ درجه سانتی‌گراد برسد. مقدار بارش در دشت از ۵۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر در سال متغیر می‌باشد. میانگین رطوبت بین ۲۰ تا ۲۵ درصد و حداکثر تبخیر ۳۲۰۰ میلی‌متر در سال است [۸۴]. براساس اقلیم‌نمای آمبرژه منطقه گرمسار دارای اقلیم خشک و سرد می‌باشد [۱].

omoorepeyman.ir

مطالعه رسوبات مخروط‌افکنه گرمسار با ضخامت زیاد نشان می‌دهد که دوره‌های متناوبی با آب و هوای مرطوب (باران‌های سیل آسا) و دوره‌های یخچالی در کواترنر وجود داشته که توانسته است، چنین حجمی از رسوبات را وارد دشت نماید. همچنین با توجه به بررسی‌های آب و هواشناسی در می‌یابیم هرچه به زمان حال نزدیک‌تر می‌شویم، بارندگی کم و در نتیجه واردات رسوبی به حوضه کاهش می‌یابد. بنابراین احتمال تشکیل مخروط‌افکنه کم شده، رودخانه‌ها بستر خود را فرسایش می‌دهند. کم شدن باران‌های سیل‌آسا در حوضه آبخیز و وجود آبراهه‌های عمیق شده در دشت نشان می‌دهند که در حال حاضر به جز مقدار ناچیزی رسوب‌گذاری در بخش بالایی این مخروط‌افکنه، رسوبات به سمت بخش انتهایی حمل شده و در حد ناچیزی نیز در آن‌جا رسوب‌گذاری می‌نمایند. لیکن در کل، عمل تشکیل مخروط‌افکنه بسیارکند شده است.

۷-۲-۲- زمین‌شناسی و محیط رسوبی

مطالعه تاریخچه زمین‌شناسی و بررسی جنس سنگ‌ها و خاک‌های تشکیل دهنده مخروط‌افکنه‌ها، غالبا به‌وسیله نقشه‌های زمین‌شناسی، که در کشور ما در مقیاس‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ موجود می‌باشند و نیز در صورت وجود با استفاده از گزارش‌های زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه انجام می‌گیرد. همچنین بررسی‌های ژئوفیزیکی انجام شده در مخروط‌افکنه، در صورت وجود، می‌توانند راهگشای ابهامات موجود در زمینه زمین‌شناسی و رسوب‌شناسی منطقه مورد بررسی باشند. در ادامه به‌طور مختصر به بررسی زمین‌شناسی و رسوب‌شناسی مخروط‌افکنه گرمسار می‌پردازیم.

در اواخر پلیوسن[1] و یا در زمان پلیوسن- پلئیستوسن[2]، مرحله پایانی چین‌خوردگی چرخه آلپی به وقوع پیوسته و ریخت‌شناسی کنونی ایران زمین کم و بیش مربوط به آن زمان و آن رخداد زمین ساختی است. پیامد این چین‌خوردگی که در سراسر ایران وجود داشته است، یک مرحله فرسایشی بوده که همچنان ادامه دارد [۳۳]. به دنبال شروع شدن این مرحله در منطقه مورد مطالعه، سازندهای موجود در شمال دشت، از جمله سازند قرمز بالایی و سازند هزاردره چین خورده، لایه‌های آنها دارای شیبی در حدود ۵۶ به سمت جنوب شدند. چین‌خوردگی فوق باعث شد تا در پای رشته کوه البرز فروافتادگی ناودیسی شکلی به وجود آید، به‌طوری‌که سازند قرمز فوقانی در انتهای دشت مجددا رخنمون دارد. با به وجود آمدن این فروافتادگی رودخانه‌هایی که باعث تشکیل سازند هزاردره در منطقه می‌شده‌اند، براساس تغییر سطح اساس، رسوبات قبلی خود را بریده و به داخل این گودال سرازیر شده‌اند. یکی از مهم‌ترین رودخانه‌ها حبله رود می‌باشد. رودخانه فوق نسبت به امتداد رشته کوه البرز به صورت مورب[3] جاری بوده و به دلیل اختلاف ارتفاعی که بعد از مرحله کوهزایی پلیوسن- پلئیستوسن به وجود آمد، شرایط مناسبی فراهم شد تا رودخانه بر روی رسوبات قبلی خود که آن‌هم از نوع مخروط‌افکنه بوده است (سازند هزار دره) و در داخل فرو افتادگی، رسوبات مخروط‌افکنه‌ای جدید را بر جای گذارد. پی سنگ[4] حوضه فروافتاده فوق براساس مطالعات ژئوالکتریک [۸۴] و شیب لایه‌های بالادست، از سازندهای هزاردره و قرمز بالایی تشکیل یافته است. مطالعات فوق نشان می‌دهد که سازند هزار دره تنها در قسمت شرقی دشت گرمسار قرار داشته و حدود ۸ الی ۱۰ کیلومتر در زیر دشت ادامه پیدا کرده است و پی سنگ بقیه دشت از رسوبات سازند قرمز بالایی می‌باشد.

1- Paleocene
2- Pleistocene
3- Transverse
4- Bed Rock

omoorepeyman.ir

سازندهای زمین‌شناسی با فرسایش‌پذیری بالا مانند سازندهای کرج، قم، قرمز فوقانی و هزار دره فرسایش یافته و سپس توسط سیلاب‌ها، حمل می‌شوند. سازند کرج در بخش‌های شمالی و سازند هزار دره در قسمت‌های جنوبی حوضه، از میان سازندهای مختلف زمین‌شناسی در حوضه آبخیز حبله رود، بیش‌ترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. سنگ‌شناسی سازند کرج، به‌طور غالب شامل شیل، ماسه‌سنگ، مارن و افق‌های گچ‌دار بوده و سازند هزاردره کنگلومرایی سست با قلوه‌هایی از آهک، ماسه‌سنگ و سنگ‌های آتشفشانی می‌باشد. رسوبات در این سازند گردشدگی خوب و جورشدگی ضعیفی دارند و زمینه آنها را ماسه سنگ با سیمان رسی، گچی و نمکی تشکیل می‌دهد. همچنین تراس‌های آبرفتی قدیمی با جنسی شبیه به کنگلومرای هزار دره و با سیمان شدگی کم‌تر با وسعت زیاد به خصوص در قسمت‌های میانی حوضه گسترده شده‌اند. این تشکیلات از نظر حساسیت ذاتی نسبت به هوازدگی و فرسایش در رده‌های متوسط، ضعیف تا بسیار ضعیف طبقه‌بندی می‌شوند که با توجه به این پتانسیل بالای فرسایشی، حجم زیادی از رسوبات را جهت رسوب‌گذاری در مخروط‌افکنه گرمسار تولید می‌کنند.

۷-۲-۳- فعالیت‌های تکتونیکی

از آن‌جا که حوضه آبخیز حبله‌رود، در بخش خمیده البرز قرار دارد، ساختارهای زمین‌شناسی مانند چین‌خوردگی و گسلش به وفور در آن دیده می‌شود. از مهم‌ترین گسل‌های ناشی از این تکتونیک فعال می‌توان به گسل‌های گرمسار، آبیک- فیروزکوه- شاهرود، سیمین دشت، حصاربن، دره لیلی، گچه، کفتار دره، جنوب دلیچای و کلرز اشاره کرد. همان‌طور که در فصل اول گفته شد، وجود گسل‌های فعال، نقش مهمی در وسعت و ضخامت مخروط‌افکنه‌ها دارد. گسل‌های فعال حوضه آبخیز حبله‌رود قدرت تخریب و حمل مواد به رودخانه را تشدید کرده و لذا حجم رسوبات منتقل شده به مخروط‌افکنه را افزایش می‌دهند. تعداد زیاد گسل‌های فعال در منطقه را می‌توان دلیلی بر وسعت بسیار زیاد مخروط‌افکنه گرمسار، که به حدود ۴۵۰۰۰ هکتار می‌رسد، دانست.

گسل گرمسار که گسلی رورانده مربوط به کواترنر است، در قسمت شمالی مخروط‌افکنه، مرز روشنی میان سازندهای شمالی و آبرفت‌های دشت را تشکیل می‌دهد. ساز و کار این گسل که به صورت راندگی با شیب به سمت شمال است، سبب عقب نشینی جبهه کوهستان شده و احتمالا در به وجود آمدن حوضه فرو نشینی دشت بی‌تاثیر نبوده است. این گسل، بسیار فعال بوده و محققین، زمین‌لرزه‌های اخیر گرمسار را ناشی از جنبش گسل گرمسار دانسته‌اند [۵۱]. از بریده شدن لوله‌های آب در اثر زلزله در مخروط‌افکنه گرمسار، چنین بر می‌آید که گسل گرمسار دارای شاخه‌های فرعی می‌باشد که بر روی مخروط‌افکنه وجود داشته و به علت نقش پوششی رسوبات و زمین‌های کشاورزی قابل مشاهده و شناسایی نمی‌باشند [۱۸]. جنبش این گسل‌های فرعی خود می‌تواند، سبب تشدید جابجایی آبراهه‌ها بر روی مخروط‌افکنه گرمسار باشد.

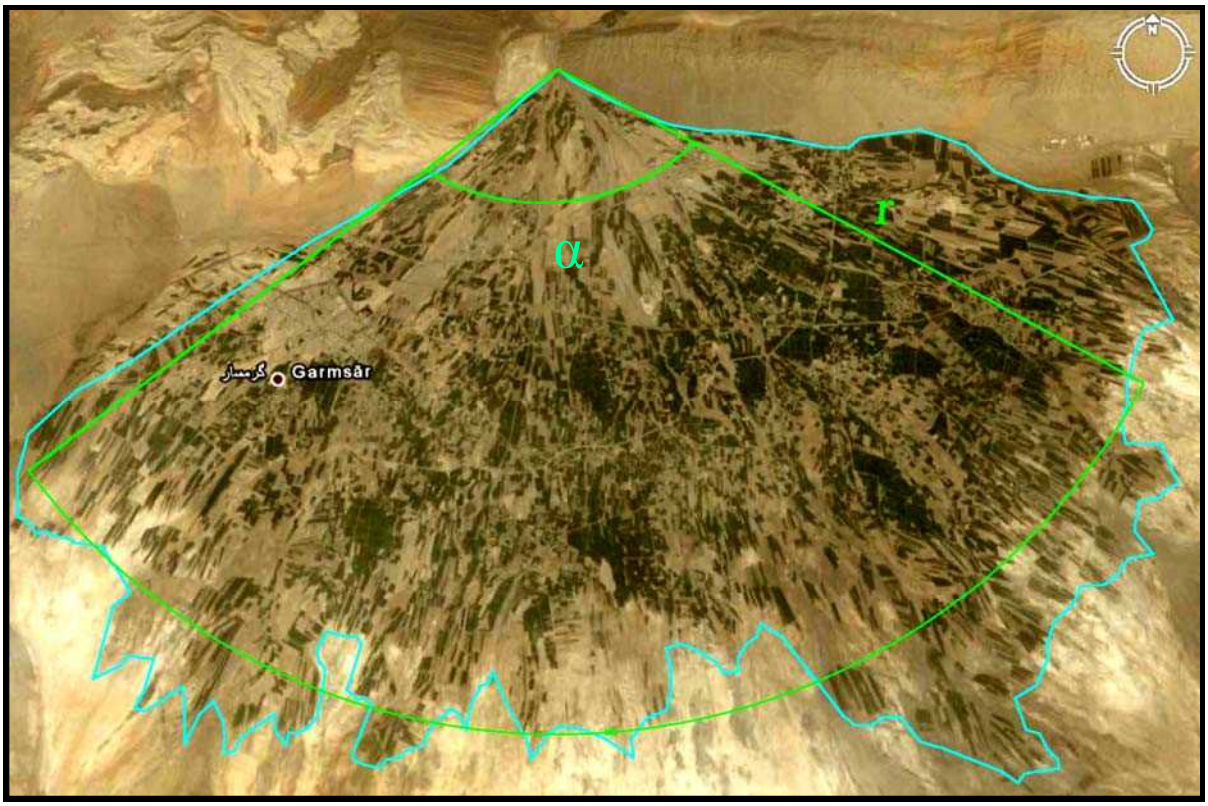
جهت برآورد کمی میزان تاثیر فعالیت‌های تکتونیکی بر شکل‌گیری و گسترش مخروط‌افکنه گرمسار، ضریب مخروط‌گرایی مخروط‌افکنه گرمسار با استفاده از معیار سنجش موکرجی اندازه‌گیری شده است. بر این اساس با توجه به شکل (۷-۱)، مساحت مخروط‌افکنه گرمسار و همچنین مساحت مخروط‌افکنه ایده‌آل ترسیم شده بر روی مخروط‌افکنه گرمسار پس از زمین مرجع[1] نمودن عکس هوایی مخروط‌افکنه که مربوط به سال ۱۳۸۸ بوده و از نرم افزار Google Earth گرفته شده و با استفاده از نرم‌افزار اتوکد به

1- Georefrence

omoorepeyman.ir

دست آمده است. با توجه به این معیار ابتدا مساحت مخروط‌افکنه ایده‌آل با توجه به این‌که طول یال مخروط با استفاده از عکس هوایی زمین مرجع شده، ۱۸۵۳۳ متر و شعاع آن ۱۶۷۳۲ متر می‌باشد، را به دست می‌آوریم.

$$\text{ضریب مخروط‌گرایی} = \frac{\text{مساحت مخروط ایده‌آل}}{\text{مساحت مخروط‌افکنه}}$$



شکل ۷-۱- پارامترهای موثر در به دست آوردن ضریب مخروط‌گرایی مخروط‌افکنه گرمسار

همچنین مساحت مخروط ایده‌آل از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{مساحت مخروط ایده‌آل} = \frac{\pi r^2.\alpha}{360} = (3.14\times(18413)^2\times115)/360 = 344670320\ \ m^2$$

که در این رابطه با توجه به شکل (۷-۱):

r: شعاع مخروط‌افکنه بر حسب متر

α: زاویه بین دو یال مخروط بر حسب درجه می‌باشد.

و از آن‌جا که با استفاده از زمین مرجع کردن عکس هوایی مخروط‌افکنه گرمسار، مساحت واقعی آن معادل ۴۲۶۵۲۳۳۵۰ مترمربع به دست آمده است، لذا ضریب مخروط‌گرایی مخروط‌افکنه گرمسار طبق رابطه موکرجی (با توجه به مطالب فصل اول) حدود ۰/۸ به دست می‌آید.

$$\text{ضریب مخروط‌گرایی} = \frac{426523350}{344670320} = 0.8$$

omoorepeyman.ir

ضریب مخروط‌گرایی بالای مخروط‌افکنه گرمسار با توجه به مطالب فصل اول، نشان می‌دهد که مخروط‌افکنه گرمسار، کم‌تر تحت تاثیر عوامل مخرب و محدود کننده تکتونیکی قرار گرفته و به شکل یک مخروط واقعی نزدیک شده است.

۷-۲-٤- تغییر سطح اساس رودخانه حبله‌رود

وجود تراس‌های قدیمی و آبراهه‌های عمیق شده در مخروط‌افکنه گرمسار نیز می‌تواند مبین پایین افتادن سطح اساس رودخانه در اثر بالا آمدن رشته کوه البرز و پایین رفتن حوضه ایران مرکزی باشد [۵۱].

۷-۳- آبراهه‌های موجود در مخروط‌افکنه گرمسار

در شکل (۷-۲) رودخانه‌های مهم مخروط‌افکنه گرمسار که با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و بازدیدهای محلی استخراج شده‌اند، دیده می‌شود. این نامگذاری‌ها به منظور سهولت بررسی آبراهه‌ها انجام گرفته و ممکن است رودخانه‌ها نام‌های محلی دیگری نیز داشته باشند. نام مسیل‌های مورد بررسی، از شرق به غرب، فروان، هشت آباد، امامزاده علی‌اکبر، سوداغلان و کردوان بوده و مسیل دیگری به نام مسیل شابوداق نیز در مواقع سیلابی در غرب مسیل کردوان جاری بوده است که از زمان احداث سد غیرفعال شده و به علت عدم رعایت حدود بستر و حریم توسط کشاورزان، قابل شناسایی نیست.

۷-٤- مخروط‌افکنه گرمسار و شکل‌های زمین ریخت‌شناسی موجود در آن

دشت گرمسار از نظر زمین ریخت‌شناسی به صورت مخروط‌افکنه بزرگ و وسیعی می‌باشد (شکل ۷-۲) که در پای کوه‌های محاط بر آن ایجاد شده و از تارک به پنجه اندازه ذرات کوچک‌تر و شیب آن کم‌تر می‌گردد. تارک مخروط‌افکنه گرمسار در قسمت شمالی دشت واقع شده و سد گرمسار تقریبا بر تارک توپوگرافی مخروط‌افکنه قرار گرفته است. همچنین تارک هیدروگرافی یا محل انشعاب مسیل کردوان از رودخانه حبله‌رود، همان‌طور که در شکل (۷-۲) می‌بینید، در فاصله کمی (حدود یک کیلومتر) پایین‌تر از تارک توپوگرافی واقع شده است. تارک مخروط‌افکنه دارای شعاعی بالغ بر ۷ کیلومتر بوده و غالبا از نهشته‌های خرده سنگی تشکیل شده است. پنجه مخروط‌افکنه شامل دو بخش پلایا در قسمت‌های شرقی و غربی و رودخانه زهکشی کننده مخروط‌افکنه، در بخش مرکزی آن می‌باشد. بخش میانی[1] مخروط‌افکنه که شامل مناطق بین تارک و پنجه مخروط‌افکنه می‌باشد، بیش‌ترین وسعت را در مخروط‌افکنه داشته و از نهشته‌های رسوبی گوناگون تشکیل شده است.

مرزهای جانبی مخروط‌افکنه را در قسمت‌های شمالی، مرزهای کوهستانی و در مناطق جنوبی پهنه‌های نمکی، گچی، رسی و سیلتی تشکیل می‌دهند. با توجه به عدم وجود مخروط‌افکنه‌های دیگر در مجاورت مخروط‌افکنه گرمسار، این مخروط‌افکنه، فاقد بجادا یا نوار مخروط‌افکنه‌ای بوده و به صورت یک مخروط‌افکنه مستقل دیده می‌شود.

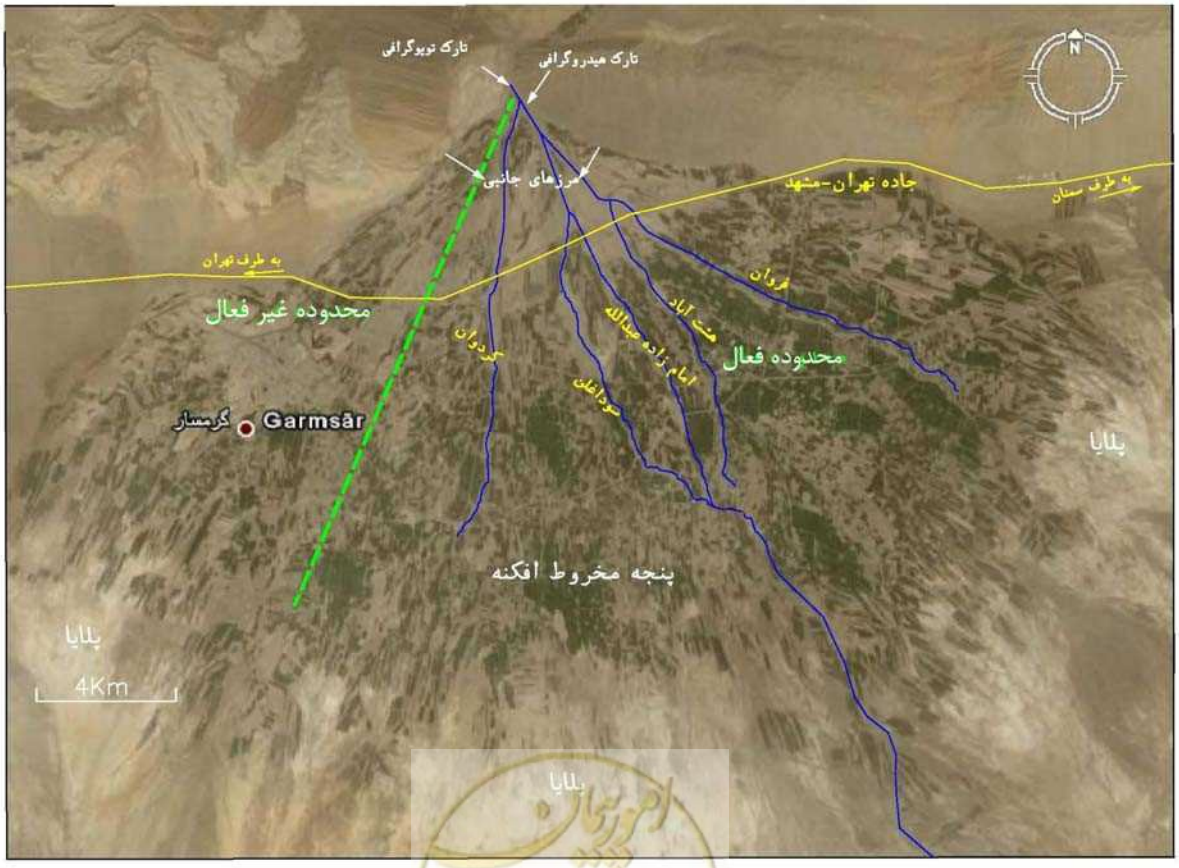
همچنین مناطق فعال و غیرفعال که بر روی شکل(۷-۳) با خط چین نشان داده شده، به‌طور تقریبی از محل تارک هیدروگرافی مخروط‌افکنه جدا شده‌اند. در مناطق غیرفعال یا مناطق غربی مخروط‌افکنه به جز مسیل شابوداق که همان‌طور که در بخش قبل

1- Medial

omoorepeyman.ir

توضیح داده شد، غیرفعال می‌باشد، مسیل دیگری وجود ندارد. تشکیل و توسعه افق‌های خاک و همچنین عدم وجود نشانه‌های جریان‌های واریزه‌ای (با توجه به مطالب بخش ۳-۴) از دیگر دلایل غیرفعال بودن این مناطق می‌باشد. البته توضیح این مطلب لازم است که در مخروط‌افکنه گرمسار به دلیل وجود سد انحرافی گرمسار، حضور جوامع مسکونی متعدد و نیز اقدامات مدیریت سیلاب، مسیل‌ها کاملا دست خورده بوده و در نتیجه داشتن قضاوت صحیح در مورد مناطق مختلف آن بسیار مشکل می‌باشد.

شکل ۷-۲- تارک توپوگرافی مخروط‌افکنه گرمسار در محل سد انحرافی و تارک هیدروگرافی در محل انشعاب مسیل کردوان

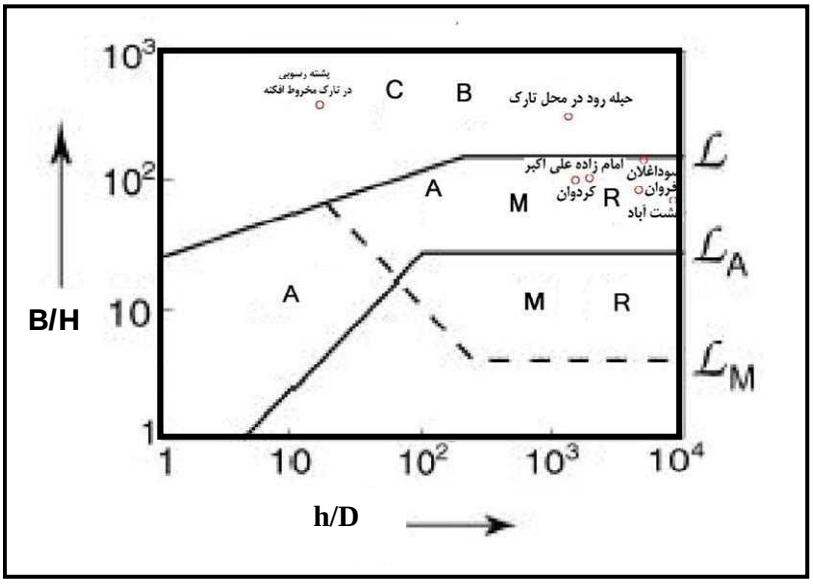


شکل ۷-۳- مرزهای هندسی مخروط‌افکنه، محدوده‌های تقریبی فعال و غیرفعال مخروط‌افکنه با خط چین مشخص شده‌اند

omoorepeyman.ir

۷-٤-۱- ریخت‌شناسی رودخانه حبله‌رود در مخروط‌افکنه گرمسار

قسمت اعظم رودخانه حبله‌رود از نظر تقسیم‌بندی سن زمین‌شناسی، جزو رودخانه‌های بالغ به شمار می‌رود. چندشاخه‌ای شدن در این رودخانه، پدیده‌ای متعارف بوده و به وفور در طول آبراهه‌ها دیده می‌شود. اندازه رسوبات غالبا درشت بوده و در هر مقطع آبراهه چندین توالی از رسوبات ریزشونده متناسب با تعداد سیلاب‌ها دیده می‌شود. رودخانه حبله‌رود در محل تارک مخروط‌افکنه، تمام بستر خود را در هنگام طغیان اشغال می‌کند، به‌طوری که دیواره آبراهه را نیز آب می‌پوشاند. در هر طغیان، محل دیواره‌های آبراهه و مسیر جریان آب سریعا تغییر می‌کند و موجب جابجایی آبراهه و ایجاد پشته‌های رسوبی به دلیل یکنواختی نسبی دانه‌بندی (شن و ماسه)، در مسیرهای رها شده می‌گردد. بنابراین ریخت‌شناسی رودخانه حبله‌رود با توجه به جابجا شدن مسیر آبراهه‌ها، چند شاخه‌ای شدن و اندازه درشت رسوبات به خصوص در بخش‌های بالایی رودخانه، وجود پشته‌های رسوبی و سایر شواهدی که در فصل سوم این راهنما به تفصیل توضیح داده شد، از نظر ریخت‌شناسی از نوع رودخانه‌های شریانی می‌باشد و سایر مسیل‌ها در قسمت میانی مخروط‌افکنه دارای دیواره‌های قائم با ارتفاع زیادتر می‌باشد و همان طور که در شکل (۷-۴) و جدول (۷-۱) دیده می‌شود، با توجه به نمودار یالین شکل رودخانه‌های پایدار را به خود می‌گیرند. در روش تعیین ریخت‌شناسی رودخانه‌ها توسط یالین، همان‌طور که در فصل سوم این راهنما توضیح داده شد، داده‌های مربوط به نسبت عرض به عمق جریان در ستون قائم و نسبت عمق به قطر متوسط ذرات، در ستون افقی نمودار لگاریتمی قرار می‌گیرند. سپس داده‌های مربوط به هر رودخانه بر روی نمودار نقطه‌یابی می‌شوند. با توجه به نمودار، بازه پایین دست تارک مخروط‌افکنه در محل C یا پشته‌های چندگانه که مختص رودخانه‌های شریانی می‌باشند، بالادست رودخانه حبله‌رود، در محل B یا رودخانه‌های شریانی و سایر مسیل‌ها در محدوده R یا رودخانه‌های پایدار قرار می‌گیرند.



شکل ۷-٤- وضعیت ریخت‌شناسی مسیل‌های رودخانه حبله رود در نمودار یالین

omoorepeyman.ir

جدول ۷-۱- برآورد ریخت‌شناسی مسیل‌های رودخانه حبله‌رود با توجه به نمودار یالین

نام مسیل	عرض جریان (متر)	عمق جریان (متر)	نسبت عرض به عمق جریان	d50 (متر)	نسبت عمق جریان به قطر متوسط ذرات	ریخت‌شناسی رودخانه
بازه پایین دست تارک مخروط‌افکنه	۱۶۶/۵	۰/۲۷	۶۱۶/۶۷	۰/۰۱	۲۷/۰۰	شریانی
حبله رود	۱۴۳/۰۸	۰/۲۵	۵۷۲/۳۲	۰/۰۰۰۱	۲۵۰۰/۰۰	شریانی
سوداغلان	۵۸/۷۶	۶/۰۰	۹۷/۹۳	۰/۰۰۰۱	۶۰۰۰/۰۰	پایدار
امام زاده علی‌اکبر	۱۲/۰۵	۰/۲۰	۶۰/۲۵	۰/۰۰۰۰۱	۲۰۰۰۰/۰۰	پایدار
فروان	۲۸/۰۸	۳/۸۰	۷۳/۲۰	۰/۰۰۰۱	۳۸۳۶/۶۸	پایدار
هشت آباد	۳۹/۱۲	۶/۱۰	۶۳/۶۶	۰/۰۰۰۱	۶۱۴۵/۱۳	پایدار
کردوان	۳۰/۱۷	۳/۸۰	۹۲/۰۲	۰/۰۰۰۲	۱۹۱۰/۹۵	پایدار

شکل (۷- ۵) دو نوع از پشته‌های رسوبی طولی و عرضی را در مسیرهای رهاشده در مسیل فروان نشان می‌دهد. چنین پشته‌های رسوبی به وفور بر روی آبراهه‌های مخروط‌افکنه گرمسار، به خصوص در ناحیه تارک، دیده می‌شوند. همان‌طور که در شکل (۷-۶) دیده می‌شود، رودخانه‌های شریانی، عریض و با دیواره‌های کم‌ارتفاع می‌باشند. مکانیسم تشکیل آنها حاصل رسوب‌گذاری و فرسایش هم‌زمان توسط جریان‌های غلیظ همراه با خرده سنگ‌ها و جریانات رقیق با بار کف کم‌تر می‌باشد [۸۸].

شکل ۷-۵- پشته‌های طولی و عرضی در مسیل فروان

همان‌طور که پیش از این اشاره شد، مخروط‌افکنه گرمسار، بسیار دست‌خورده بوده و پس از احداث سد و کانال‌های شبکه آبیاری، بسیاری از مسیل‌های آن غیرفعال شده است. اما در سال‌های اخیر به دلیل حجم گسترده اقدامات مدیریت رودخانه که بر روی آبراهه‌های مخروط‌افکنه گرمسار صورت گرفته، بسیاری از آبراهه‌ها مجددا باز و فعال شده‌اند و در مواقع سیلابی، مسیل مناسبی جهت عبور سیلاب می‌باشند. در میان آبراهه‌های موجود در مخروط‌افکنه گرمسار، مسیل سوداغلان دارای دیواره‌های فرسایش یافته قائم با ارتفاع زیاد می‌باشد، که دلیل آن سیل عظیمی بوده که در سال ۱۳۶۱ در منطقه به وقوع پیوسته و در طی آن کلیه مسیل‌ها بسته شده و تمامی حجم بده آب و رسوب سیلابی، از درون آبراهه سوداغلان گذشته و در طی آن چنین دیواره‌های عمیقی به وجود آمده است.

omoorepeyman.ir

شکل ۷-٦- یک مسیل شریانی خشک در حبله رود، مسیرهای موازی عبور جریان و پشته‌ها با گیاهان کوتاه عمر

در منطقه مورد مطالعه از ارتفاع دیواره آبراهه‌ها در قسمت‌های پایین دشت به تدریج کاسته می‌شود. به‌طوری که در بعضی مناطق سطح آنها با سطح زمین هم تراز می‌گردد و مواد حمل شده را در این قسمت رسوب‌گذاری می‌نماید. شکل (۷-۷) در مسیل امامزاده علی‌اکبر، در مجاورت شهرک صنعتی یاتری چنین منطقه‌ای را نشان می‌دهد که در آن از ارتفاع دیواره آبراهه به تدریج کاسته شده و می‌توان این قسمت را به‌عنوان نقطه تقاطع[1] در مخروط‌افکنه گرمسار در مسیل امامزاده علی‌اکبر در نظر گرفت.

شکل ۷-۷- نقطه تقاطع و هم‌سطح شدن آبراهه مسیل امامزاده علی‌اکبر با زمین در مجاورت شهرک صنعتی یاتری

۷-٤-۲- تراس‌های آبرفتی

در بالاترین قسمت مخروط‌افکنه گرمسار جایی که رودخانه از یک آبراهه کوهستانی وارد دشت می‌گردد، به دلیل تغییر و پایین رفتن سطح اساس رودخانه چندین تراس از رسوبات قدیمی رودخانه مشاهده می‌شود. تراس‌ها به صورت افقی بر روی رسوبات سازند

1- Intersection Point

omoorepeyman.ir

هزاردره که لایه‌های آن به صورت شیب‌دار به زیر دشت گرمسار کشیده شده است، قرار دارند. از این نوع تـراس‌هـا در قـسمت‌هـای بالاتر در حواشی رودخانه نیز مشاهده می‌شود (شکل ۷-۸).

شکل ۷-۸- تراس‌های آبرفتی قدیمی در مرکز شکل و رسوبات درشت رودخانه‌ای در پایین شکل در مناطق ابتدایی مخروط‌افکنه

۷-٤-۳- فرسایش انحلالی

در مخروط‌افکنه‌هایی که دارای آبراهه‌های عمیق شده هستند، شکل‌های انحلالی و فرسایشی دیده می‌شود. (شکل‌هـای (۷-۹)، (۷-۱۰) و (۷-۱۱)) در منطقه مورد مطالعه به اشکالی شبیه دولین[1] برخورد مـی‌نمـاییم. همـان‌طـور کـه در شـکل (۷-۹) در مـسیل سوداغلان مشاهده می‌کنید، این شکل‌ها همیشه مجاور آبراهه‌ها بوده و آب آنها به داخل آبراهه‌ها زهکش می‌شود. دولین‌هـا حاصـل انحلال رسوبات سطحی آهک‌دار می‌باشند. مقدار کربنات کلسیم در چنین رسوباتی، با توجه به آزمایش‌هـای شـیمیایی انجـام شـده، به‌طور متوسط از ۲۰ تا ۳۰ درصد متغیر است [۱۸]. آبی که موجب انحلال این رسوبات می‌شود، معمولا آب مصرفی روستاییان در امر کشاورزی است، ابتدا حفره کوچکی ایجاد شده و سپس این حفره عریض و عمیق‌تر مـی‌شـود. سـقوط دیـواره‌هـای کنـاری نیـز بـه عریض‌تر شدن آنها کمک می‌کند. در مواردی قطر دهانه دولین‌ها به ۵ متر نیز می‌رسد. با به‌وجود آمدن این شکل‌ها آب‌های موجـود به سمت آنها سرازیر شده و در ادامه توسط آبراهه باریکی به آبراهه اصلی متصل می‌گردند. این آبراهه‌ها همان‌طور که در شـکل (۷-۱۰) در مجاورت مسیل سوداغلان دیده می‌شود، به نام خندق[2] گفته می‌شوند. با پیش‌روی این خندق‌ها آبراهه‌های طویلی ایجاد شده که به صورت شاخه درختی به آبراهه اصلی ارتباط داشته، رواناب سطحی را به داخل آبراهه اصـلی زهکـش مـی‌نماینـد. از ایـن نـوع شکل‌ها در رودخانه سوداغلان مجاور روستاهای محمد آباد و سوداغلان دیده می‌شوند.

1- Doline
2- Gully

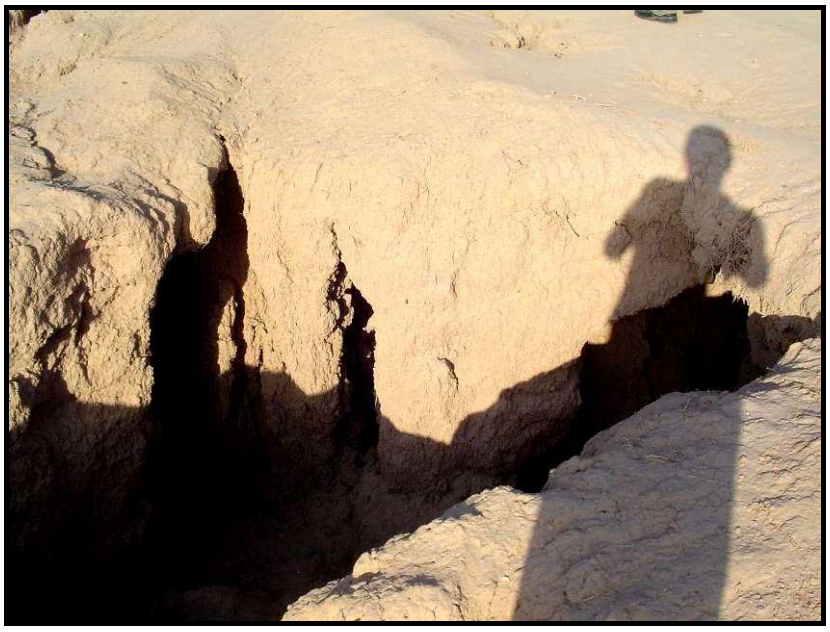
omoorepeyman.ir

شکل ۷-۹- نمایی از داخل یک دولین (فرسایش تونلی) در مجاورت آبراهه اصلی در مسیل سوداغلان

شکل ۷-۱۰- خندق‌های متصل به آبراهه اصلی در مسیل سوداغلان

در بعضی موارد مانند (شکل۷-۱۱) آب جاری در داخل آبراهه‌ها دیواره‌های سست و انحلال‌پذیر اطراف خود را حفر می‌کنند و بدون آن‌که با سطح زمین تماس داشته باشند آنها را به صورت راهروهای زیرزمینی در می‌آورند. علت عدم ریزش سقف این راهروها وجود مواد مقاوم‌تر از مواد زیرین می‌باشد که به صورت ستون در تثبیت سقف آنها عمل می‌نماید. لیکن به مرور زمان این ستون‌ها نیز فرسایش یافته و سقف راهروها ریزش می‌نماید و شکل‌های خندقی را ایجاد می‌کنند. با توجه به رسوبات ریزدانه زیاد در دشت که ضخامت آنها بعضا بیش از ۵ متر می‌باشد، علاوه بر این‌که وجود گودال‌هایی را در سطح مخروط‌افکنه مشخص می‌کند، از زهکش آب آنها در داخل آبراهه‌های عمیق شده شکل‌های مختلف کارستی به وجود آمده است. این شکل‌ها را می‌توان در مسیل سوداغلان مشاهده نمود.

omoorepeyman.ir



شکل ۷-۱۱- راهروهای سرپوشیده و فرسایش‌های خندقی در مسیل سوداغلان

۷-٤-٤- دشت‌های سیلابی[1]

در اثر پر شدن آبراهه‌ها توسط سیلاب، آب همراه با ذرات معلق در خارج از این آبراهه‌ها پخش شده و منطقه وسیعی را مانند شکل (۷-۱۲) با رسوبات ریزدانه کم ضخامت می‌پوشاند. دشت‌های سیلابی در منطقه گرمسار در قسمت‌های میانی و انتهایی مخروط‌افکنه مانند قسمت‌هایی از مسیل امام زاده علی‌اکبر که در شکل (۷-۱۲) دیده می‌شود، عمق آبراهه‌ها کم بوده و نوع جریان ورقه‌ای تخمین زده می‌شود. در این مناطق بر اثر تکرار عمل سیلاب و حمل رسوبات ریزدانه، ضخامت رسوبات دشت سیلابی زیاد شده است.

شکل ۷-۱۲- رسوبات ریز دانه دشت سیلابی در انتهای مسیل امام زاده علی‌اکبر

1- Flood Plain

omoorepeyman.ir

۷-٤-٥- پلایا و جلگه رسی

اصولا در گودترین قسمت دشت‌هایی که آبراهه‌های جاری در آنها حاوی املاح و نمک‌های محلول باشند، پلایای نمکی ایجاد می‌شود. در انتهای رودخانه کردوان پایین‌تر از علی‌آباد وجود کفه‌های نمکی مشاهده می‌شود که حاصل ورود آب به داخل گودال‌های موجود در منطقه و متعاقبا تبخیر شدید می‌باشد (شکل ۷-۱۳). در کل می‌توان گفت در گرمسار پلایای سرتاسری وجود ندارد و عکس‌های هوایی منطقه، همان‌طور که در شکل (۷-۲) مشاهده می‌کنید، نشان می‌دهد که پلایا تنها محدود به دو منطقه در جنوب دشت است.

شکل ۷-۱۳- کفه‌های نمکی پلایایی در جنوب مخروط‌افکنه گرمسار (دید به سمت شمال‌غرب) [۱۸]

جلگه‌های رسی[1] که بیش‌ترین وسعت را در جنوب دشت به‌خود اختصاص داده‌اند، همان‌طور که در شکل (۷-۱۴) دیده می‌شود، دارای سطح ناهموار و باد کرده، با ظاهری شخم زده و کلوتی می‌باشند. جنس این پهنه‌ها بیش‌تر از رس، سیلت و نمک می‌باشد. چون رس و نمک در اثر تابش خورشید آب خود را به صورت یکسان از دست نمی‌دهند، لذا لایه رسی زیرین در اثر خشک شدن جمع شده و همان‌طور که در شکل (۷-۱۴) می‌بینید، کناره آنها بالا می‌رود و قشر نمک رویی خود را نیز بالا می‌برد. بعضی از گیاهان مقاوم در مقابل شوری (شکل ۷-۱۵) در این واحد رشد کرده و در بعضی مناطق به صورت جنگل در می‌آیند. این گیاهان بیش‌تر از نوع گز و طاق هستند که مانع حرکت ماسه‌ها توسط باد می‌شوند و در انتهای مسیل هشت آباد به فراوانی دیده می‌شوند.

1- Clay Flat

omoorepeyman.ir

شکل ۷-۱٤- ترک‌های گلی در پایین‌دست مسیل امامزاده علی‌اکبر

شکل ۷-۱۵- درختان و بوته‌های مقاوم به شوری در مسیل هشت‌آباد

۷-۵- بررسی آبراهه‌های مخروط‌افکنه گرمسار از نظر پایداری

قسمت اعظم دیواره‌ها در رودخانه‌های گرمسار فرسایشی بوده و تنها قسمت‌های محدودی از بازه‌های انتهای شاخه نسبتا پایدار می‌باشند. همچنین در این آبراهه‌ها، کف بستر در معرض عمل مداوم فرسایش و رسوب‌گذاری قرار داشته و بنابراین کف بستر ناپایدار می‌باشد. بنابراین به‌طور کلی آبراهه‌های جاری در مخروط‌افکنه گرمسار، از نوع ناپایدار بوده و با توجه به شواهد صحرایی، در آنها عمق، عرض، شیب طولی و مسیر آبراهه در طول زمان و مکان متناسب با نوع جریان متغیر است. همچنین میزان رسوبات حمل شده در این مجاری و هندسه یا سطح مقطع متفاوت بوده و بیش‌تر به عمل متقابل جریان و بستر آبراهه بستگی دارد.

۷-۵-۱- بررسی آبراهه‌های مخروط‌افکنه گرمسار از نظر جابجایی

همانطور که در فصل سوم این راهنما توضیح داده شد، جهت بررسی جابجایی آبراهه‌ها، از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در ادوار زمانی مختلف استفاده می‌شود. با توجه به مقیاس عکس‌های هوایی موجود در سازمان نقشه‌برداری و سازمان جغرافیای

omoorepeyman.ir

ارتش که به‌طور عمده در مقیاس‌های ۱:۲۰۰۰۰، ۱:۴۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ وجود دارند و نیز زمین مرجع نمودن عکس‌های یاد شده در نرم‌افزار AutoCAD باید میزان و جهت جابجایی آبراهه‌ها در طول زمان مشخص شود [۹].

با توجه به مقیاس‌های عکس‌های هوایی، هر میلی‌متر بر روی عکس، بیانگر ۲۰ تا ۵۰ متر بر روی زمین می‌باشد و از آن‌جا که با توجه به بازدیدهای میدانی صورت گرفته، فرسایش‌های رخ داده فقط درحد جابجایی ساحل رودخانه به میزان حداکثر ۳ تا ۵ متر می‌باشد و نیز افزایش پهنای رودخانه به دلیل تغییرات در بده رودخانه، در عکس‌های هوایی با مقیاس موجود، قابل تشخیص نبوده ولی در بازدیدهای میدانی دیده می‌شوند، در این راهنما، مقایسه عکس‌های هوایی رودخانه‌ها انجام نشد. در ضمن، همان‌طور که در ابتدای فصل توضیح داده شد، بازه‌های رودخانه حبله‌رود، عمدتا توسط سازه‌های مصنوعی مانند گوره‌ها، تثبیت شده و از نظر جابجایی بیش‌تر محدود شده‌اند. به‌طور کلی تنها مورد جابجایی آبراهه‌ای مسیل شابوداق بوده که غربی‌ترین مسیل مخروط‌افکنه گرمسار بوده و در جریان احداث سد به بستر مرده تبدیل شده است.

۷-۵-۲- جریان‌های با غلظت بالای رسوب در آبراهه‌های گرمسار

همان‌طور که در فصل دوم توضیح داده شد، در گذشته در طی رخدادهای سیلابی و وقوع جریان‌های با غلظت بالای رسوب، بده رودخانه حبله‌رود افزایش می‌یافته و پیرو آن بر قطر و حجم واریزه‌ها در بستر رودخانه نیز افزوده می‌شده است. با توجه به داده‌های رسوب‌شناسی [۱۸] در مخروط‌افکنه گرمسار وقوع رخدادهای سیلابی با جریان‌های با غلظت بالای رسوب، فراوان بوده و باعث پهن شدن عرض رودخانه‌ها مانند رودخانه‌های موجود در محل تارک مخروط‌افکنه و یا مسیل سوداغلان شده است. وجود قطعات درشت واریزه (گاهی بیش از یک متر) را می‌توان گواه وجود چنین جریان‌هایی در گذشته، در مخروط‌افکنه گرمسار دانست. پس از احداث سد انحرافی گرمسار، در سال ۱۳۶۶، ذرات درشت جریان‌های واریزه‌ای در پشت سد به دام افتاده و توسط حوضچه‌های رسوب‌گیر، به‌طور مداوم تخلیه می‌شوند. در این میان، تنها رسوبات ریز دانه موجود در رودخانه، می‌توانند از سد عبور کنند. چنین رسوباتی بر زبری بستر رودخانه تاثیر داشته، ولی غالبا نمی‌توانند سبب جابجایی آبراهه‌ها و اثر قابل توجهی بر ریخت‌شناسی آنها شوند.

۷-۵-۳- تاثیر سازه‌های متقاطع بر ریخت‌شناسی آبراهه‌ها در مخروط‌افکنه گرمسار

همان‌طور که در فصل دوم اشاره شد، احداث سازه‌های متقاطع، به‌خصوص سدها و پل‌ها، به دلیل تغییر رژیم جریان و رسوب، در فرآیندهای ریخت‌شناسی رودخانه از جمله میزان رسوب‌گذاری موضعی و روند فرسایش کناره‌ها تاثیر گذار می‌باشد. بنابراین در این بخش با توجه به مطالب بخش (۳-۵) راهنمای حاضر، باید با تعیین مختصات سازه مورد نظر، مقطع رود در محل سازه، مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر سازه بر ریخت‌شناسی موضعی رودخانه، اعم از رسوب‌گذاری و فرسایش در بالادست و پایین‌دست سازه مشخص شود. جدول (۷-۴) نوع و موقعیت کلیه سازه‌های متقاطع در مسیل‌های رودخانه حبله‌رود را نشان می‌دهد. در این بخش، به بررسی نتایج بازدیدهای میدانی اثر سازه‌های متقاطع، که در جدول (۷-۴) به‌طور خلاصه آورده شده‌اند، در ریخت‌شناسی آبراهه‌های مخروط‌افکنه گرمسار می‌پردازیم [۳۴].

omoorepeyman.ir

جدول ۷-٤- سازه‌های متقاطع مسیل‌های رودخانه حبله رود

نام مسیل	نوع سازه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	تنگ شدگی
مسیل کردوان	پل	۶۲۷۷۶۴	۳۸۹۴۳۸۲	دارد
	پل	۶۲۸۱۱۱	۳۸۹۷۴۲۹	دارد
	حوضچه تغذیه مصنوعی	۶۲۸۱۳۲	۳۸۹۷۸۱۲	-
	پل راه‌آهن	۶۲۸۱۹۲	۳۸۹۸۵۷۱	تنگ شدگی و پایین افتادن بستر
	پل	۶۲۸۱۹۸	۳۹۰۰۵۲۵	دارد
	پل	۶۲۸۸۱۷	۳۹۰۵۶۰۶	دارد
	سد انحرافی	۶۲۸۶۷۵	۳۹۰۶۱۵۱	-
مسیل امام زاده علی‌اکبر	کالورت	۶۳۲۳۸۹	۳۸۹۵۶۶۷	دارد
	پل	۶۳۱۹۵۴	۳۸۹۶۶۶۸	دارد
	پل	۶۳۱۶۶۷	۳۸۹۷۸۵۰	دارد
مسیل سوداغلان	پل	۶۳۴۳۳۱	۳۸۹۴۲۶۴	دارد
	پل	۶۳۰۱۴۴	۳۹۰۲۰۸۹	ندارد
	پل راه‌آهن	۶۳۳۲۱۸	۳۸۹۷۸۸۹	دارد
	پل	۶۳۰۲۰۵	۳۹۰۱۶۵۶	ندارد
	پل	۶۳۰۳۵۰	۳۹۰۲۲۰۰	دارد
	سد اصلاحی	۶۲۹۳۸۸	۳۹۰۴۸۸۴	-
مسیل هشت آباد	پل	۶۳۴۸۹۷	۳۸۹۴۹۵۵	دارد
	سد اصلاحی	۶۳۴۵۸۸	۳۸۹۷۰۶۸	–
	پل	۶۳۴۴۷۶	۳۸۹۷۹۹۰	دارد
	پل	۶۳۳۶۵۳	۳۸۹۹۴۲۹	دارد
	پل	۶۳۱۶۹۲	۳۹۰۲۴۴۱	دارد
	پل	۶۳۱۵۶۱	۳۹۰۲۷۷۴	دارد
مسیل فروان	پل	۶۳۱۹۰۸	۳۹۰۲۹۰۹	دارد
	پل	۶۳۲۱۴۸	۳۹۰۲۶۷۴	دارد
	پل	۶۳۴۹۵۹	۳۹۰۰۸۰۸	دارد
	پل	۶۳۶۵۰۴	۳۸۹۹۹۸۱	دارد
	پل	۶۴۰۱۱۱	۳۸۹۸۴۰۶	دارد
	پل	۶۴۰۰۶۳	۳۸۹۸۵۶۶	دارد
	پل	۶۳۹۶۵۶	۳۸۹۸۸۱۴	ندارد
	پل	۶۴۱۴۱۰	۳۸۹۷۴۷۵	تنگ شدگی، فرسایش و آبشستگی در محل پل

۷-۵-۳-۱- سد انحرافی گرمسار

سد انحرافی گرمسار، بزرگ‌ترین سازه قطع کننده رودخانه حبله‌رود می‌باشد. به علت قرارگیری سد در محل تارک مخروط‌افکنه، حجم عظیمی از رسوبات در بالادست سد ته‌نشین شده‌اند، به‌طوری‌که نیمی از فضای پشت سد توسط رسوب پر شده و کارکرد سد در رسوب‌گذاری در این قسمت‌ها تقریبا کاهش یافته است. همان‌طور که در شکل (۷-۱۶) مشاهده می‌کنید، مسیر آبراهه در بالادست سد در سیلاب‌های معمولی، به‌وسیله گوره به سمت حوضچه‌های رسوب‌گیر در قسمت غربی سد هدایت شده است. رسوبات در این قسمت‌ها توسط حوضچه‌های رسوب‌گیر جمع‌آوری شده و به پایین‌دست سد منتقل می‌شوند. همچنین با توجه به جانمایی محل سرریز در سمت غربی سد، جریان در آبراهه حبله‌رود در این محل، از چپ به راست منتقل شده و لذا شاخه فروان که پیش از احداث سد از بده قابل توجهی برخوردار بود، کم‌آب شده و در عوض شاخه کردوان در قسمت غربی پرآب‌تر می‌گردد و از تغییرات ریخت‌شناسی ناشی از

omoorepeyman.ir

این تغییر، متاثر می‌گردد. از دیگر تاثیرات احداث سد گرمسار با توجه به تخلیه حوضچه‌های رسوب‌گیر، تجمع رسوبات در پایین‌دست سد می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۷-۱۷) می‌بینید، در این قسمت شن و ماسه برداشت شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳۴].

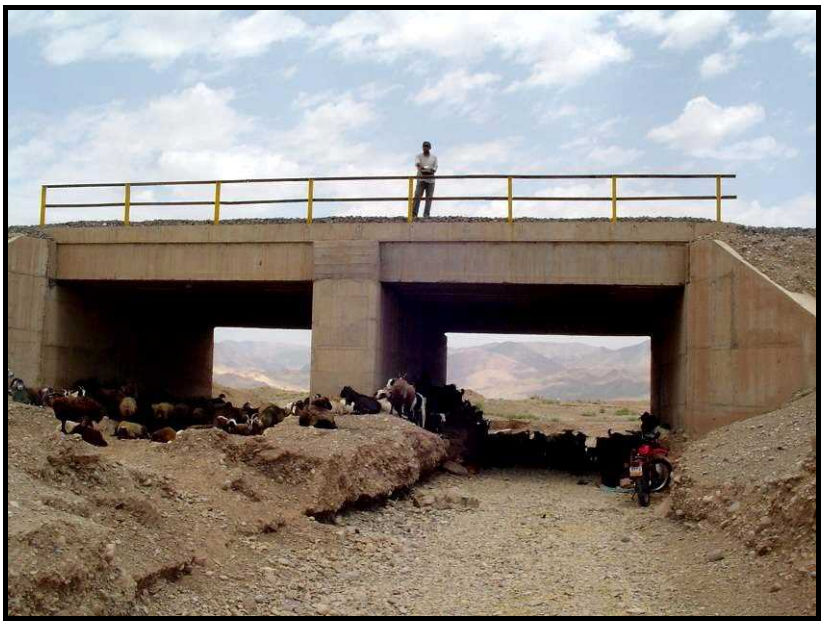
شکل ۷-۱۶- عکس پوششی سد انحرافی گرمسار (به محل گوره‌ها در بالادست سد توجه کنید)

شکل ۷-۱۷- تجمع شن و ماسه در پایین‌دست سد انحرافی گرمسار

۷-۵-۳-۲- پل‌ها

پل‌های موجود در مسیر رودخانه حبله‌رود، به‌علت طراحی نادرست و عدم در نظر گرفتن بده سیلابی آبراهه، با کاهش عرض مقطع جریان و تنگ کردن مسیر طبیعی آبراهه و بعضا افزایش ظرفیت حمل رسوب، بر الگوی جریان تاثیر گذاشته و موجب تغییر در الگوی رفتاری رودخانه و هندسه آبراهه شده‌اند. دو نمونه از این سازه‌ها را می‌توان در مسیل کردوان و فروان مشاهده نمود. به‌طوری‌که، در مسیل کردوان با توجه به شکل (۷-۱۸) بستر رودخانه در اطراف پایه‌های پل در اثر فرسایش دچار پایین افتادگی شده‌است. همچنین مطابق شکل (۷-۱۹) پل در مسیل فروان، دارای آسیب‌های جدی بوده و پایه‌های پل به همراه بستر رودخانه در زیر پل دچار آبشستگی شدید شده و علت تخریب پی آن، آبشستگی اطراف پایه‌ها می‌باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۷-۱۸- پایین افتادگی بستر و تنگ شدگی در مقطع رودخانه در مسیل کردوان

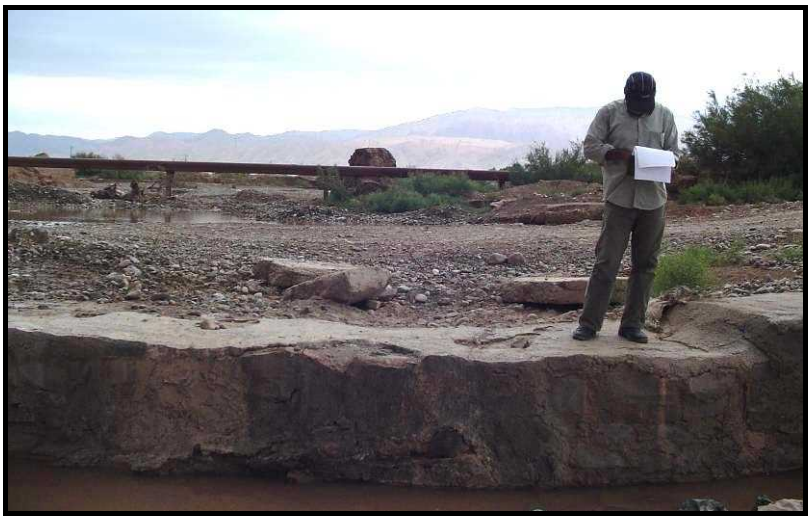
شکل ۷-۱۹- آبشستگی شدید در بستر و تخریب پی در محل پایه‌ها در مسیل فروان

۷-۵-۳-۳- سدهای اصلاحی

همان‌طور که در جدول (۷-۴) دیده می‌شود، دو سد اصلاحی در مسیل‌های سوداغلان و هشت آباد وجود دارند که هر دو با توجه به حجم زیاد رسوبات در مخروط‌افکنه پر و غیرفعال شده‌اند. سد اصلاحی مسیل سوداغلان که با توجه به شکل (۷-۲۰) دچار تخریب شده است، مقادیر زیادی از رسوب را در بالادست و پایین دست خود به‌جا گذاشته است. همچنین سد اصلاحی هشت آباد، با توجه به شکل (۷-۲۱) توسط رسوبات پر شده و در پایین دست آن هم مقدار زیادی رسوب دیده می‌شود.

omoorepeyman.ir

شکل ۷-۲۰- رسوب‌گذاری در پایین دست سد اصلاحی در مسیل سوداغلان



شکل ۷-۲۱- سد اصلاحی پر شده از رسوب در مسیل هشت آباد

۷-٦- بررسی فرآیندهای رسوب‌گذاری در قسمت‌های مختلف مخروط‌افکنه گرمسار

در مخروط‌افکنه گرمسار، هر دو نوع نهشته ناشی از سیلاب‌های با غلظت بالا و سیلاب‌های با غلظت معمولی، رسوب‌گذاری نموده‌اند. در این بخش به بررسی مقاطع رسوبی از قسمت‌های بالای مخروط‌افکنه (تارک) به سمت انتهای آن (پنجه) پرداخته و رخساره‌ها و محیط رسوبی به همراه جریان‌های به وجود آورنده آنها را بررسی می‌کنیم.

omoorepeyman.ir

۷-٦-۱- دانه‌بندی رسوبات موجود در تارک مخروط‌افکنه

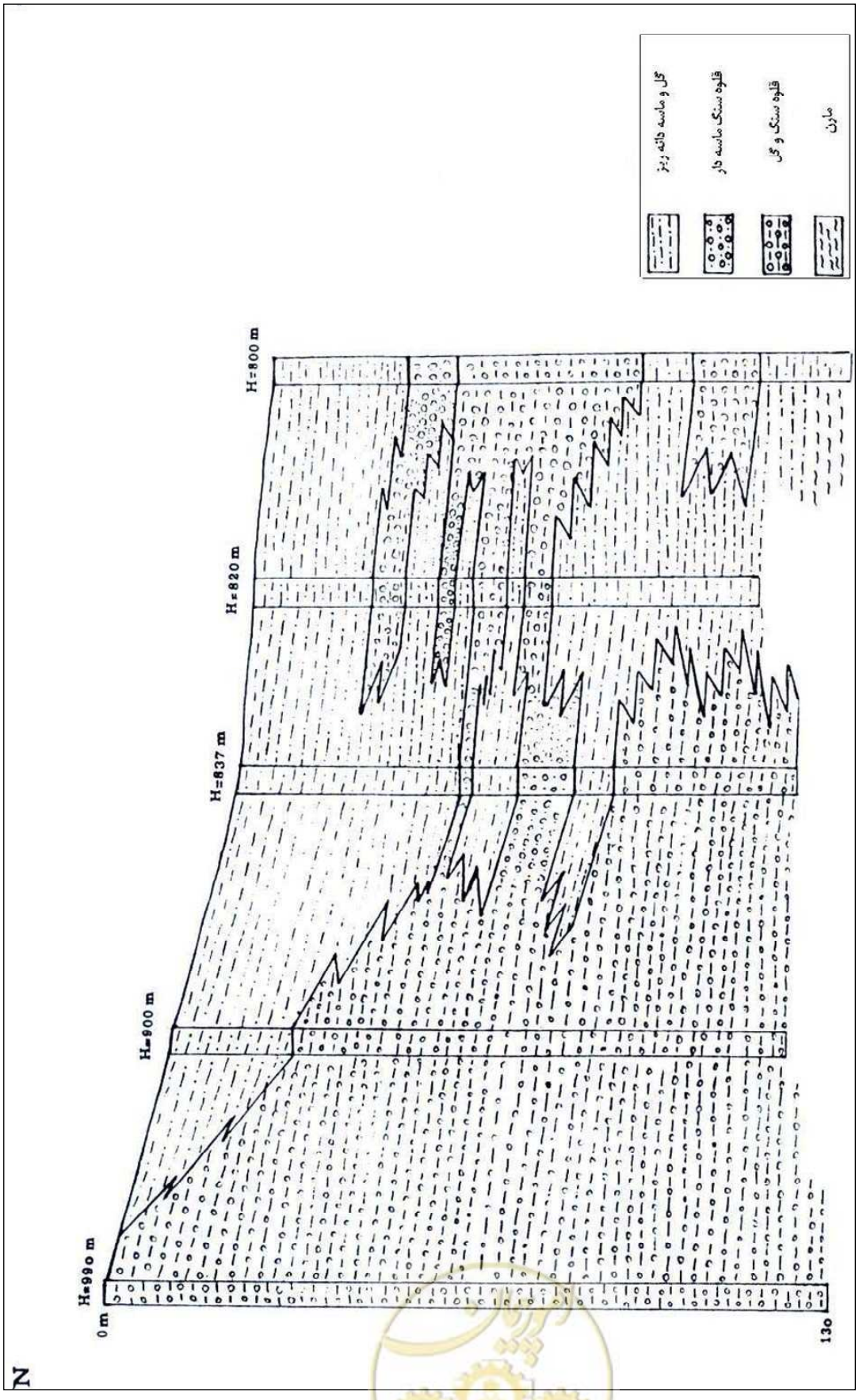
شکل (۷-۲۲) مقطع رسوبی شمالی- جنوبی دشت گرمسار را که با استفاده از داده‌های ژئوفیزیکی و برداشت مقاطع رسوبی در قسمت‌های مختلف مخروط‌افکنه ترسیم شده است، نشان می‌دهد [۱۸]. این شکل دانه‌بندی رسوبات را از قدیم به جدید و از شمال به جنوب دشت نشان می‌دهد. همچنین در محل تارک مخروط‌افکنه، حفاری‌های کم‌عمق و عمیق در بررسی‌های ژئوتکنیکی جهت احداث بند انحرافی گرمسار انجام شده است [۲۴]. این بررسی‌ها نشان می‌دهد که اندازه رسوبات از سیلت تا قلوه سنگ و قطعه سنگ در تغییر بوده، ولی رسوبات غالبا در حد قلوه سنگ می‌باشند. با توجه به این مطالعات، اندازه رسوبات در اعماق بیش‌تر بزرگ‌تر بوده و تا ۱/۹ متر نیز می‌رسد که نشان می‌دهد رودخانه در زمان‌های گذشته از قدرت زیادتری برخوردار بوده است و هرچه به زمان حال نزدیک‌تر می‌شویم، از قدرت و انرژی رود کاسته شده است [۱۸].

به‌طور کلی رسوبات قسمت تارک مخروط‌افکنه، بیش‌تر از نوع قلوه‌سنگ در زمین‌های از سیلت و رس بوده، این ترکیب رسوب‌شناسی به همراه ساخت‌های رسوبی آنها، همگی، دلالت بر نهشته‌هایی دارد که عموما توسط جریان‌های واریزه‌ای حاصل شده‌اند. این رسوبات، فاقد لایه‌بندی مشخص بوده و در آنها گودال‌های فرسایشی پرشده همراه با ساخت لایه‌بندی متقاطع[1] وجود دارد که توسط ماسه پرشده‌اند. این رسوبات را در مخروط‌افکنه گرمسار می‌توان تا محدوده ۷ کیلومتری از تارک توپوگرافی دنبال کرده و آن را به عنوان مرز تارک و مناطق میانی مخروط‌افکنه، در نظر گرفت.

همان‌طور که در شکل (۷-۲۳) دیده می‌شود، لایه‌های قلوه‌سنگی تا حدی جهت یافتگی افقی از خود نشان می‌دهند که می‌توان آنها را به عنوان نهشته‌های جریان واریزه‌ای و یا نهشته‌های آبراهه‌های رودخانه‌های بریده‌بریده نزدیک به منشا که دائما تغییر مسیر داده و جابجا می‌شوند، نیز نسبت داد. با توجه به این شکل، گردشدگی بالا و عدم زاویه‌داری این قطعات نیز معرف غلطیدن این دانه‌ها در مسیر جریان رودخانه می‌باشد. با توجه به نفوذپذیری بالای این رسوبات، آب می‌تواند رسوبات ماسه‌ای ریز و سیلت مابین قلوه سنگ‌ها را شسته و در مناطق پایین‌تر، نهشته‌های عدسی شکل ماسه‌ای را بر جای گذارند که با توجه به مطالب فصل دوم راهنمای حاضر از نوع رسوبات غربالی[2] به شمار می‌روند [۴۵].

1- Channel Fill Cross- Bed
2- Sieve Deposit

omoorepeyman.ir



شکل ۷-۲۲- مقطع رسوبی شمالی - جنوبی مخروط‌افکنه گرمسار

omoorepeyman.ir

شکل ۷-۲۳- جهت یافتگی افقی در لایه‌های قلوه‌سنگی (جهت جریان از چپ به راست) [۱۸]

۷-۶-۲- دانه‌بندی رسوبات موجود در قسمت‌های میانی مخروط‌افکنه

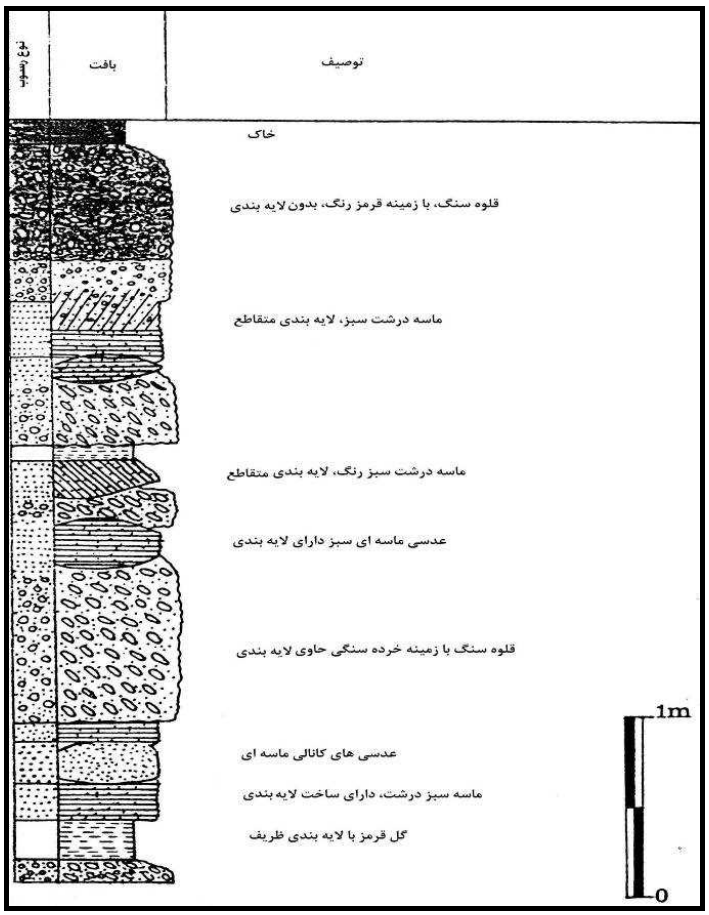
در قسمت‌های میانی که مناطق بین تارک و پنجه مخروط‌افکنه را تشکیل می‌دهند، غالبا لایه‌ها از رسوبات قلوه سنگی دارای جهت یافتگی تشکیل شده‌اند که ثابت می‌کند رسوبات در آبراهه رودخانه‌ای نهشته شده‌اند. همچنین با کاهش انرژی جریان، رسوبات ماسه‌ای رسوبی در قسمت‌های میانی مخروط‌افکنه مانند مقطع رسوبی مجاور روستای فروان و یا مقطع رسوبی پل هشت آباد نهشته شده‌اند که معرف وجود جریان‌هایی با سلیت و رس فراوان (جریان گلی[1]) و دارای زمینه قرمز رنگ می‌باشند و فعالیت سیلابی رودخانه را در این زمان‌ها نشان می‌دهد. همچنین ساخت‌های رسوبی موجود در این مقاطع مانند شکل شماره (۷-۲۴) غالبا لایه‌بندی متقاطع، جهت یافتگی دانه‌ها و لایه‌بندی افقی می‌باشد. با توجه به چنین رسوباتی در منطقه مشخص می‌شود که رودخانه‌های شریانی، در بخش‌های میانی مخروط‌افکنه، فعال بوده و توالی‌های رودخانه‌ای کاملی را به وجود آورده‌اند [۱۸].

در مجاورت روستای سوداغلان رسوبات به سمت بالای مقاطع رسوبی درشت‌تر شده‌اند. یعنی هرچه به زمان حال نزدیک‌تر می‌شویم، در این محل جریان رودخانه در لایه‌های بالاتر زیاد شده و فعالیت مجدد پیدا کرده است که نشان می‌دهد در زمان حاضر فعالیت رودخانه به سمت بخش جنوبی دشت زیادتر شده و در آن بخش رسوب‌گذاری بیش‌تر صورت گرفته است. جور شدگی رسوبات غالبا ضعیف می‌باشد و با توجه به مقطع رسوبی شرقی- غربی مخروط‌افکنه در شکل (۷-۲۵) هرچه به سمت غرب دشت پیش می‌رویم اندازه رسوبات ریزتر می‌شود. همچنین از وجود کارخانه‌های آجرپزی در مجاورت روستای کردوان به ضخامت زیاد ذرات سیلت و رس پی می‌بریم. در مجاورت روستای شاهبداغ، غربی‌ترین شاخه رودخانه واقع شده که رسوبات موجود در این مقطع کاملا ریزدانه و به رنگ سفید تا زرد می‌باشند. باید توجه کرد که وجود تشکیلات ریزدانه و گنبدهای نمکی در شمال منطقه، می‌تواند تا حد زیادی منشای این رسوبات باشد. بافت رسوبی موجود در این قسمت‌ها نیز، لایه‌بندی نازک افقی تا توده‌ای است [۱۸].

1- Mud Flow

omoorepeyman.ir

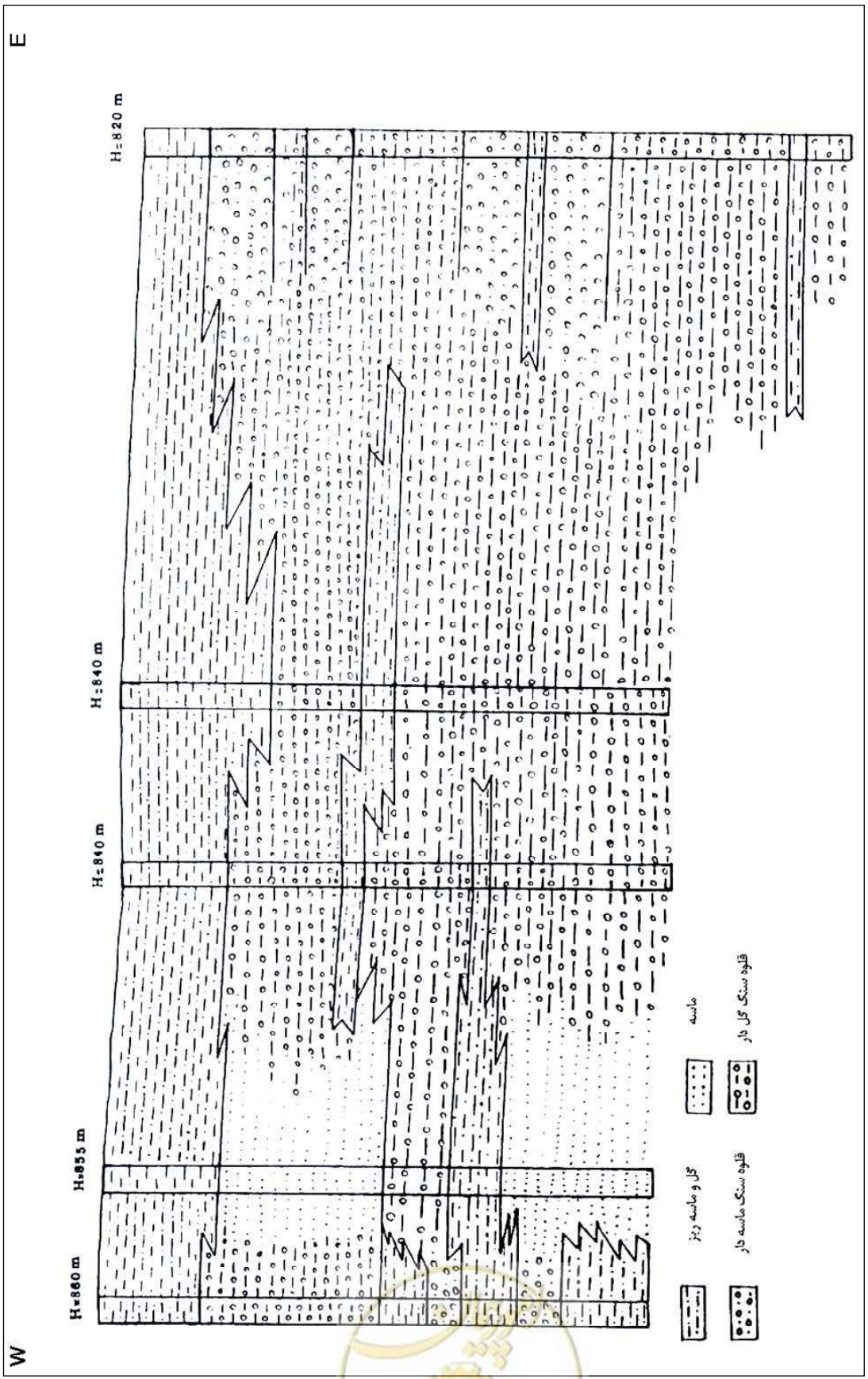
به‌طور کلی در میانه مخروط‌افکنه رسوبات نسبتا دانه‌ریزتر شده و تعدد رخساره‌های رسوبی زیادتر می‌گردد. همچنین این رسوبات از نظر خصوصیات، مشابه رسوبات نهشته شده در غلظت معمولی رودخانه‌های شریانی می‌باشد. توالی‌های رسوبات غالبا به سمت بالا ریزشونده هستند و جورشدگی رسوبات نیز ضعیف است. وجود نهشته‌های سیلتی و رسی با ضخامت زیاد، بلافاصله بعد از رسوبات آبراهه‌ای می‌تواند مربوط به سواحل متروک شده در رودخانه‌های شریانی باشد [۱۸]. بخش میانی مخروط‌افکنه گرمسار، بسیار وسیع بوده، دارای خاک کشاورزی مناسب است و بیش‌ترین وسعت زمین‌های کشاورزی را تشکیل می‌دهد.



الف ب

شکل ۷-۲۴- نمایی از یک برونزد رسوبی در مجاورت روستای فروان – (الف)بلندی چوب موجود در عکس(مقیاس) ۱/۵ متر می‌باشد- (ب) مقطع رسوبی شماتیک آن در سمت چپ شکل

omoorepeyman.ir

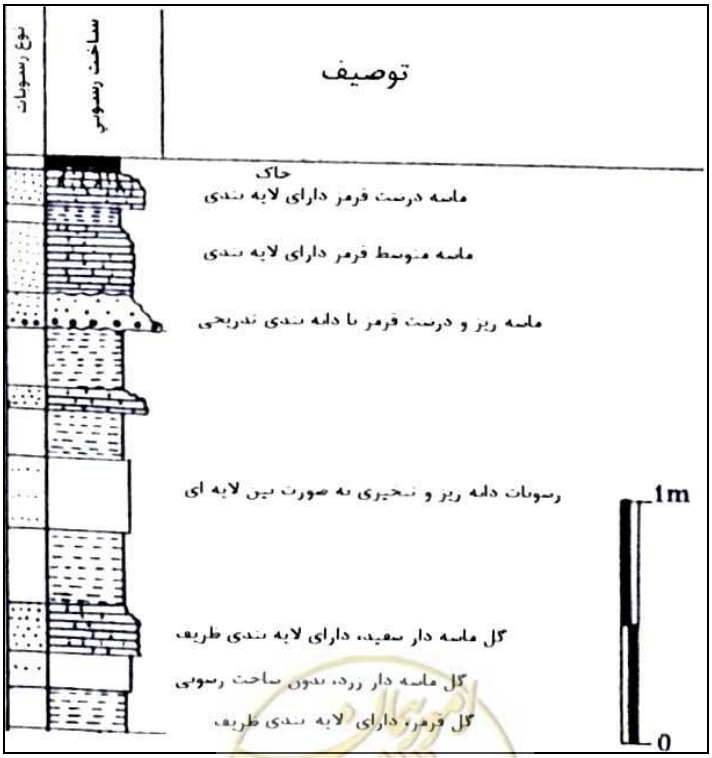


شکل ۷-۲۵- مقطع رسوبی شرقی - غربی مخروط‌افکنه گرمسار

omoorepeyman.ir

۷-٦-۳- دانه‌بندی رسوبات در پنجه مخروط‌افکنه

در پنجه مخروط‌افکنه، رسوبات غالبا حاصل رسوب‌گذاری در دشت سیلابی انتهای رودخانه می‌باشند. در قسمت‌های جنوبی مخروط‌افکنه، همان‌طور که در شکل (۷-۲۵) به‌طور شماتیک نمایش داده شده، رسوبات در بین مسیل‌های سوداغلان و هشت آباد، به‌طور غالب از ماسه و گل (سیلت و رس) تشکیل شده‌اند که کاملا با دور بودن رودخانه از منشا و شیب بسیار ملایم سطح زمین مطابقت دارد. همان‌طور که در شکل (۷-۱۳) دیده می‌شود، در انتهای رودخانه کردوان در جنوب غربی مخروط‌افکنه، آب زیرزمینی بسیار بالا بوده و کفه‌های نمکی مربوط به پنجه مخروط‌افکنه، در سطح زمین دیده می‌شوند. این رسوبات ریزدانه که احتمالا ناشی از جریان‌های ورقه‌ای می‌باشند، جورشدگی ضعیف داشته و رنگ آنها، در این مناطق، زرد، قرمز و سبز می‌باشد. رسوبات سفید رنگ و تبخیری حاوی لایه‌های غنی از رسوبات تبخیری مانند سولفات سدیم در بین رسوبات دانه‌ریز معرف ورود جریان به دریاچه‌های فصلی است که در جنوب دشت قرار داشته و پهنه‌های پلایایی را به وجود می‌آورده است. این رسوبات را می‌توان دقیقا در نهشته‌های سازند قرمز فوقانی که به عنوان پوشش گنبدهای نمکی شمالی می‌باشد، ملاحظه نمود. با توجه به توصیف جریان‌های واریزه‌ای در فصل دوم، این رسوبات، احتمالا، حاصل حمل رسوب در جریانی با مواد معلق فراوان یا جریان‌های با غلظت بالای رسوب می‌باشند. لایه‌بندی نازک، وجود جریان را در هنگام ته نشست رسوبات نشان می‌دهد. به‌طور کلی هرچه به سمت غرب مخروط‌افکنه پیش می‌رویم تاثیر پذیری رسوبات از گنبدهای نمکی بیش‌تر می‌شود. البته، شواهد چاه پیمایی، تصاویر ماهواره‌ای و شواهد صحرایی، نشان می‌دهند که تمامی جنوب مخروط‌افکنه گرمسار، پلایا نبوده و فقط در دو منطقه واقع در جنوب غربی و جنوب شرقی مخروط‌افکنه، که علاوه بر آب‌های مازاد مخروط‌افکنه گرمسار، آب‌های شور رودخانه سردره در غرب و نمرود در شرق به آن‌جا می‌رسند، پلایاهایی دیده می‌شود ولی مناطق میانی این پلایا در مخروط‌افکنه، توسط رودخانه سوداغلان زهکش شده که بعد از بریدن سیاه کوه، به دشت کویر تخلیه می‌شود.



شکل ۷-۲٦- نمونه‌ای از مقاطع رسوبی جنوب مخروط‌افکنه، مابین رودخانه‌های هشت‌آباد و سوداغلن

omoorepeyman.ir

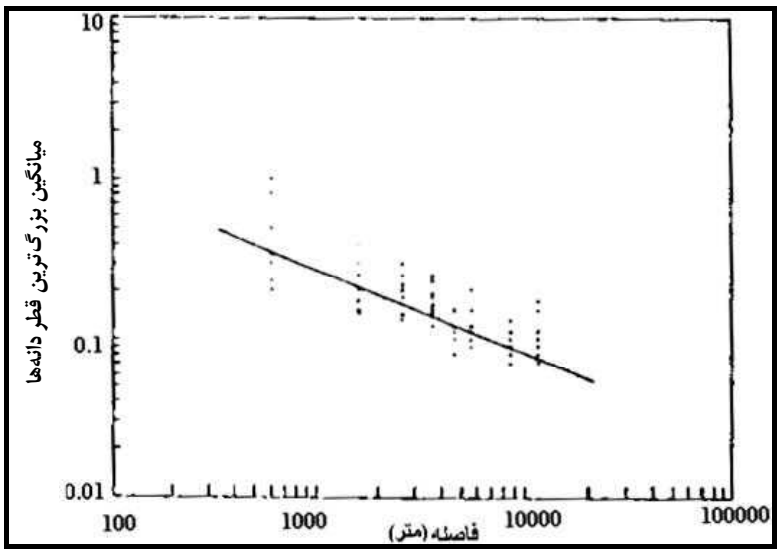
۷-٦-٤- بررسی اندازه ذرات رسوبی در مخروط‌افکنه گرمسار

براساس بررسی های انجام شده توسط بلیسنباچ[1] در سال ۱۹۵۲، [۴۶] مشخص می‌شود که رابطه مستقیم و نزدیکی بین تغییر در اندازه شیب با دور شدن از تارک مخروط‌افکنه‌ها و تغییر در اندازه ذرات وجود دارد و بیان می‌کند که نرخ تغییر در طول نیمرخ شعاعی یک مخروط‌افکنه، تقریبا معادل نرخ تغییر در شیب سطح مخروط‌افکنه می‌باشد. بررسی‌های انجام شده در مخروط‌افکنه گرمسار، نشان دهنده ارتباط کاملا نزدیکی بین تغییر در شیب مخروط‌افکنه و تغییر در اندازه ذرات در یک نیمرخ شعاعی می‌باشد. به‌طوری‌که در تارک مخروط‌افکنه، با توجه به کاهش سریع شیب، اندازه ذرات نیز با نرخ بیش‌تری کاهش پیدا می‌کند، لیکن در پنجه مخروط‌افکنه این کاهش بسیار اندک است و منحنی حاصل، تقریبا با محور افقی موازی می‌گردد. در این بررسی، با برداشت صحرایی اندازه دانه‌ها، جهت به دست آوردن رابطه اندازه ذرات و فاصله از تارک مخروط‌افکنه، هر دو مطابق شکل (۷-۲۷) بر روی محورهای لگاریتمی- لگاریتمی پیاده شده و رابطه زیر که ارتباطی توانی و معکوس را نشان می‌دهد، برای تعیین میانگین قطر بزرگ دانه‌ها در مخروط‌افکنه گرمسار به دست آمده است [۱۸].

$$d = 6.63x^{-0.467} \qquad (۱-۷)$$

که در این رابطه:

d: قطر متوسط دانه‌های رسوب بر حسب متر و x فاصله از تارک مخروط‌افکنه، بر حسب متر می‌باشد.



شکل ۷-۲۷- رابطه بین قطر متوسط دانه‌های رسوب و فاصله از تارک مخروط‌افکنه گرمسار

۷-٦-٥- منشای رسوبات

با توجه به وجود سازندهای با فرسایش‌پذیری بالا در فاصله کمی از بالادست مخروط افکنه گرمسار، شامل سازند هزاردره در شمال شرق و سازند قرمز تحتانی در شمال غرب مخروط افکنه، می‌توان منشای رسوبات در مخروط‌افکنه گرمسار را بررسی نمود. به‌طوری‌که در بخش غربی مخروط‌افکنه، به خصوص در مجاورت روستای کردوان ضخامت زیاد ذرات سیلت و رس احتمالا از سازند

1-.Blissenbach

omoorepeyman.ir

قرمز تحتانی، منشا می‌گیرد. همچنین در مجاورت روستای شاهبداغ، غربی‌ترین شاخه رودخانه واقع شده که رسوبات موجود در این مقطع کاملا ریزدانه و به رنگ سفید تا زرد می‌باشندکه می‌توان منشای این رسوبات را نیز، تشکیلات ریزدانه و گنبدهای نمکی در شمال غربی منطقه دانست. و نیز، رسوبات قسمت شرقی مخروط‌افکنه با تاثیرپذیری مستقیم از رسوبات سازند هزار دره، نسبت به قسمت غربی درشت‌دانه‌تر بوده و از رسوبات تبخیری کم‌تری برخوردار هستند [۱۸].

۷-٦-٦- نتیجه‌گیری و تفسیر داده‌های رسوب‌شناسی در مخروط‌افکنه گرمسار

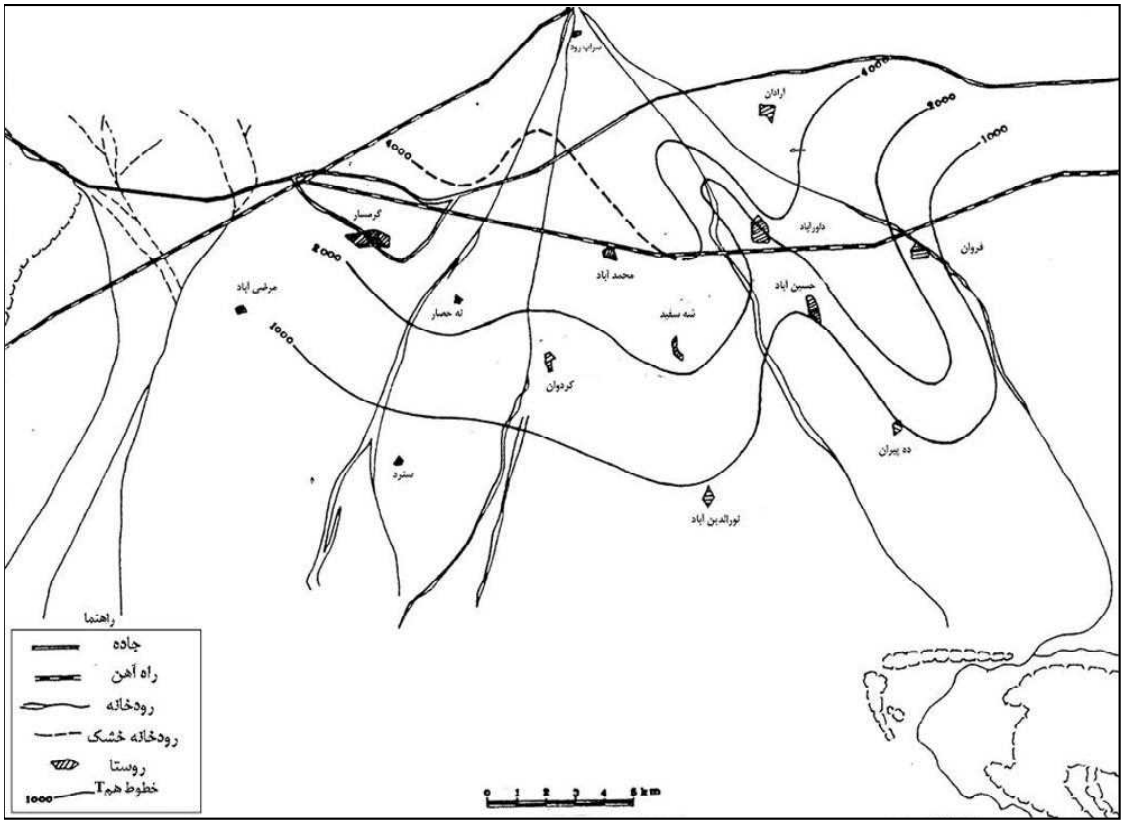
با توجه به شکل (۷-۲۲)، رسوبات، در میانه دشت از تنوع بیش‌تری برخوردار هستند. این تنوع را می‌توان به وجود حالات عادی و طغیانی رودخانه‌ها در میانه دشت نسبت داد. همچنین، با توجه به شکل (۷-۲۵) هرچه به سمت شرق دشت پیش می‌رویم، رخساره قلوه سنگی غالب شده و جانشین رخساره ماسه‌ای و سیلتی- رسی می‌شود. رخساره‌های موجود به صورت تدریجی به یکدیگر تبدیل شده، لیکن دارای گسترش جانبی زیاد نمی‌باشند، و در محدوده‌ای کوچک تغییرات آنها فاحش است، بنابراین، حاصل تغییرات جانبی رودخانه‌های شریانی هستند. وجود رخساره قلوه سنگی و ماسه‌ای در شرق مخروط‌افکنه می‌رساند که در زمان رسوب‌گذاری این منطقه دارای شیب زیادتر بوده و لذا جریان‌های رسوبی در آن فعال‌تر بوده‌اند. همچنین با توجه به داده‌های مختلف کیفی آب زیر زمینی، رسوبات قسمت شرقی مخروط‌افکنه با تاثیرپذیری مستقیم از رسوبات سازند هزار دره، نسبت به قسمت غربی از رسوبات تبخیری کم‌تری برخوردار هستند.

آبراهه‌های فعلی دشت بر اثر فعالیت گنبدهای نمکی و فرونشینی بیش‌تر، غالبا در قسمت شرقی می‌باشند. همچنین، تشخیص آبراهه‌های قدیمی با توجه به شکل (۷-۲۸) از روی محل‌های تحدب خطوط هم قابلیت عبور آب[1] نقشه مربوط نیز ممکن می‌باشد. این نقشه مشخص می‌کند که در گذشته نیز روند رسوب‌گذاری مانند امروزه بوده و با توجه به کم شدن میزان قابلیت انتقال آب به سمت جنوب دشت که حاصل کم شدن نفوذ پذیری در نتیجه زیاد شدن رسوبات ریز دانه است و همچنین ناهمگونی که در خطوط انتقال شرق دشت در نقشه دیده می‌شود، حاصل عملکرد رودخانه در این قسمت می‌باشد. شکل (۷-۲۹) و (۷-۳۰) ضخامت رسوبات مخروط‌افکنه را در نیمرخ‌های شعاعی براساس مطالعات ژئوفیزیکی در جهات شمال به جنوب شرقی و شمال به جنوب غربی نشان می‌دهد. مطابق این شکل‌ها، پی‌سنگ رسوبات مخروط‌افکنه گرمسار در قسمت‌های شمالی از سازند کنگلومرایی درشت‌دانه هزاردره و در بخش‌های جنوبی مخروط‌افکنه از سازند مارنی قرمز فوقانی تشکیل شده است. طبق شکل (۷-۲۹) ضخامت آبرفت‌های نیمرخ شمال به جنوب شرقی دشت بدون احتساب سازند هزار دره، در مجاور کوه کم‌تر از ۱۰۰ متر، در قسمت‌های میانی مخروط‌افکنه تا۱۵۰ متر و در انتهای دشت تا حدود ۱۰۰ متر می‌رسد [۲۴]. این نیمرخ‌ها عدسی شکل می‌باشند و ضخامت قسمت‌های میانی مخروط‌افکنه، بیش‌تر از ضخامت رسوبات در تارک و پنجه می‌باشد. بنابر تقسیم‌بندی بول[2] (۱۹۷۲) این نوع شکل هندسی نمایش دهنده این است که ارتفاعات در هنگام تشکیل مخروط‌افکنه به‌طور ممتد بالا آمده و طبیعتا دشت نیز به‌طور مداوم فرونشینی کرده است [۳۶]. به‌طورکلی، آبراهه‌های راس و میانه مخروط‌افکنه و فرسایش دره‌ای، به همراه سامانه‌ی رسوب‌گیری سد انحرافی گرمسار نشان می‌دهند که در حال حاضر رسوب‌گذاری قابل توجهی در مخروط‌افکنه گرمسار صورت نمی‌گیرد. همچنین، با توجه به وجود

1- Transmissibility Map
2- Bull

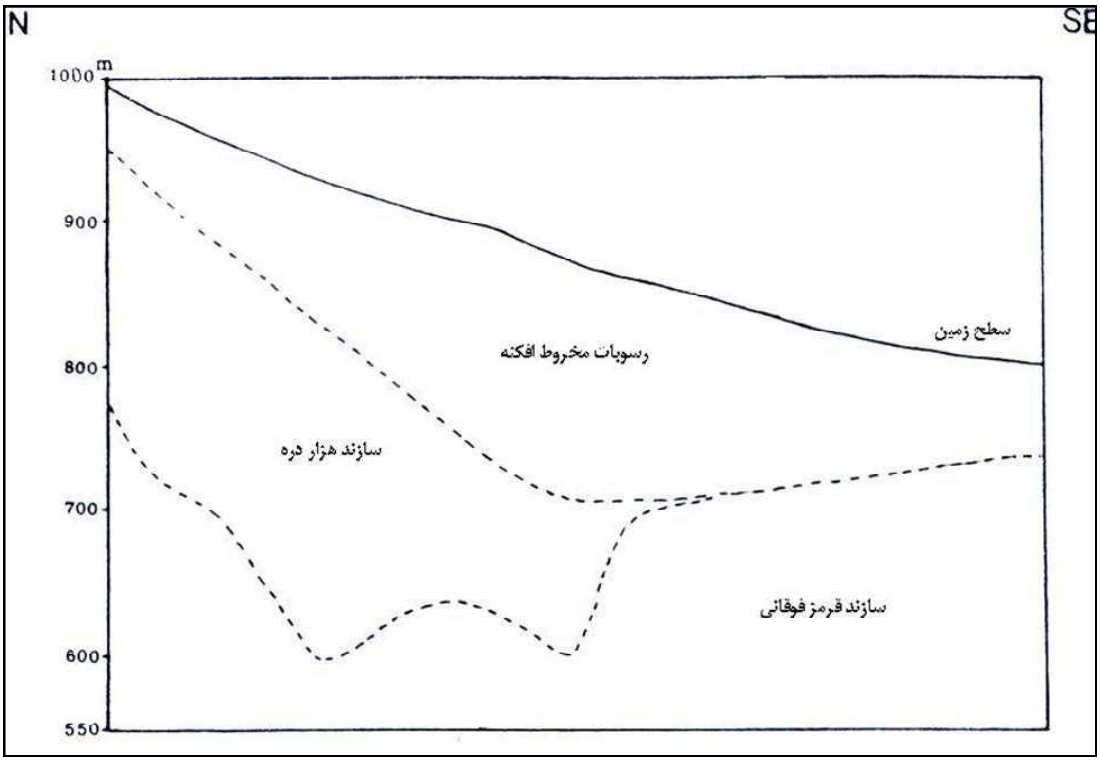
omoorepeyman.ir

آبراهه‌های عمیق، رسوبات سیلاب‌های وارد شده بعد از مقدار ناچیزی رسوب‌گذاری در بخش بالایی دشت مسیر خود را در آبراهه‌های موجود، ادامه داده و محتوای رسوبی خود را در انتهایی‌ترین بخش مخروط‌افکنه برجای می‌گذارند. سیلاب‌های مازاد بعد از بریدن رشته کوه سیاه کوه به دشت کویر تخلیه می‌شوند. بنابراین می‌توان اظهار داشت که در حال حاضر نوعی پیش‌روی یا جابجایی به سمت نواحی کم‌ارتفاع در مخروط‌افکنه گرمسار صورت گرفته است.

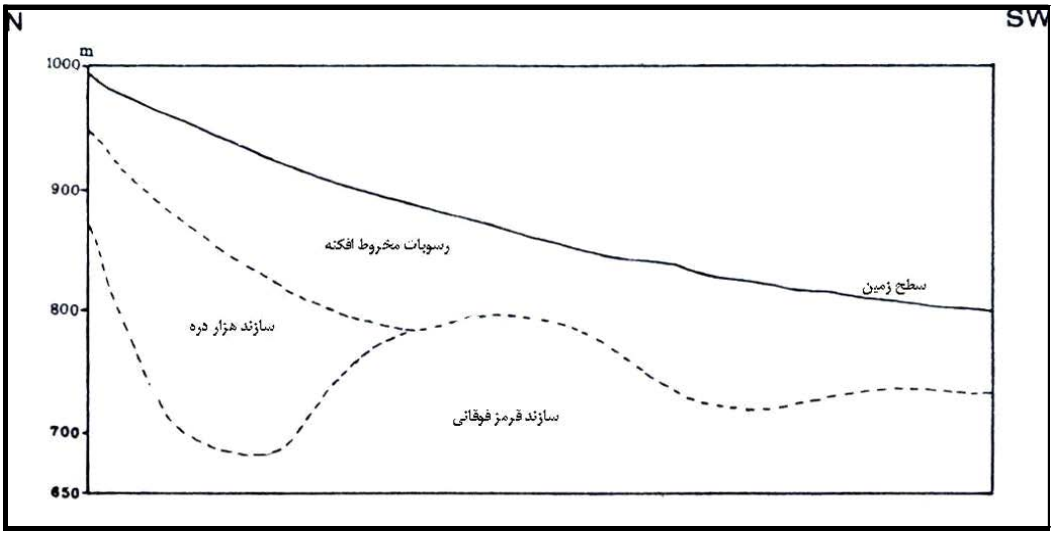


شکل ۷-۲۸- نقشه خطوط هم قابلیت عبور آب در مخروط افکنه گرمسار

omoorepeyman.ir



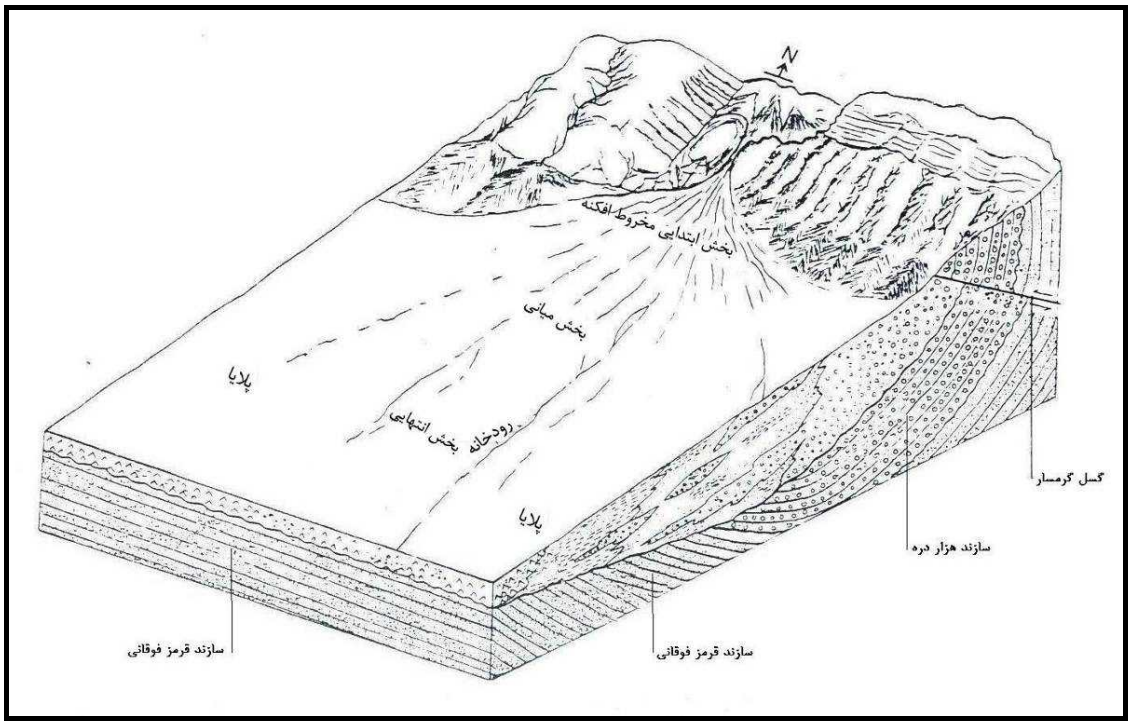
شکل ۷-۲۹- نیمرخ زمین‌شناسی شمال به جنوب شرقی دشت گرمسار [۲۴]



شکل ۷-۳۰- نیمرخ زمین‌شناسی شمال به جنوب شرقی دشت گرمسار، به بالا آمدگی سازند قرمز فوقانی در آبرفت‌های زیر مرکز دشت توجه کنید [۲۴]

براساس اطلاعات و مطالبی که در این فصل گفته شد، می‌توان یک بلوک دیاگرام برای مخروط‌افکنه گرمسار ارائه نمود که در شکل (۷-۳۱) آورده شده است. این مدل براساس فرآیندهای رسوب‌گذاری و تغییرات رخساره‌ای ارائه شده است [۱۸] و می‌تواند در تفسیر چگونگی رسوب‌گذاری و فرآیندهای تشکیل دهنده مخروط‌افکنه گرمسار بسیار گویا باشد و جهت انجام مطالعات پایه پروژه‌های عمرانی در این منطقه، مورد استفاده قرار بگیرد.

omoorepeyman.ir



شکل ۷-۳۱- بلوک دیاگرام مخروط‌افکنه گرمسار، با استفاده از عکس‌های هوایی، داده‌های ژئوالکتریک و بررسی‌های رسوب‌شناسی و صحرایی [۱۸]

۷-۷- هیدرولیک جریان

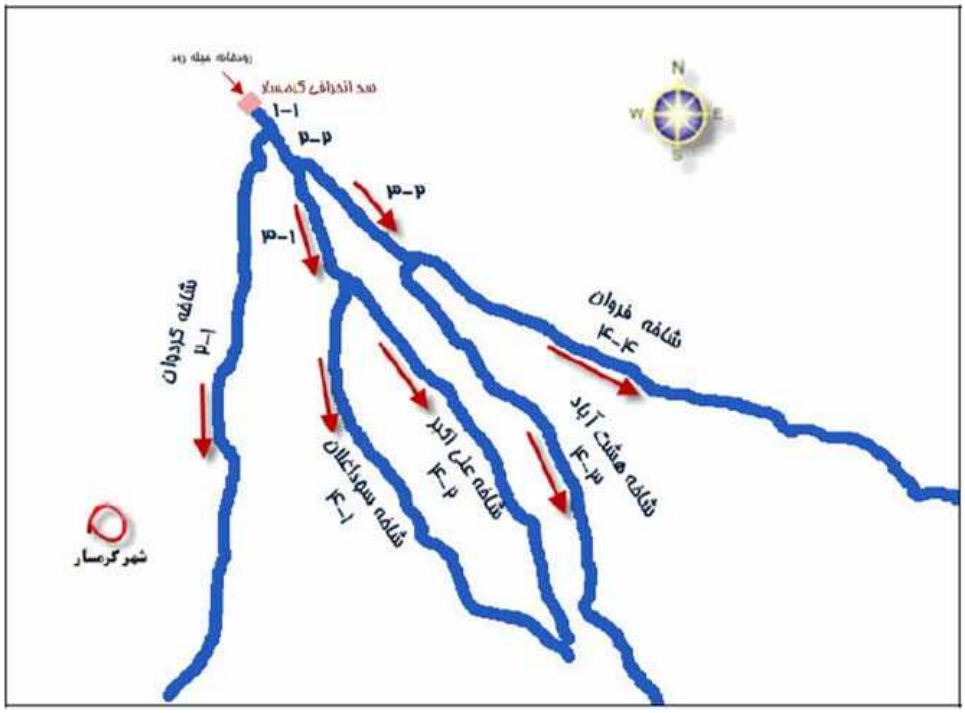
۷-۷-۱- شبکه آبراهه‌ای

بازه مطالعاتی رودخانه حبله رود از سد انحرافی گرمسار بر روی رودخانه حبله رود آغاز شده و شاخه‌های فرعی کردوان، سوداغلان، امام زاده علی‌اکبر، هشت آباد و فروان در حاشیه شهرستان گرمسار را شامل می‌شود. در جدول (۷-۵) نام و طول هر شاخه مشخص شده است. در شکل (۷-۳۲) رودخانه‌های مورد مطالعه با ذکر نام و کد آنها ارائه شده است [۲۲]. در ادامه با توجه به این تقسیم‌بندی، هیدرولیک جریان بر روی مخروط‌افکنه گرمسار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۷-۵- مشخصات رودخانه حبله رود و شاخه‌های فرعی منشعب از آن [۲۲]

نام شاخه	طول شاخه (متر)
رودخانه حبله رود از سد گرمسار تا موقعیت دو شاخه شدن (شاخه ۱-۱)	۴۰۰
شاخه کردوان (۱-۲)	۱۳۳۰۰
شاخه (۲-۲)	۹۰۰
شاخه (۱-۳)	۲۵۰۰
شاخه (۲-۳)	۳۰۰۰
شاخه سوداغلان (۱-۴)	۱۰۵۰۰
شاخه امام زاده علی‌اکبر (۲-۴)	۹۵۰۰
شاخه هشت آباد (۳-۴)	۱۳۰۰۰
شاخه فروان (۴-۴)	۱۲۰۰۰

omoorepeyman.ir



شکل ۷-۳۲- موقعیت رودخانه حبله رود و رودخانه‌های فرعی مورد مطالعه به همراه کد آنها [۲۲]

۷-۷-۲- تحلیل هیدرولیک جریان

جریان آب بر روی مخروط‌افکنه گرمسار به دو نوع جریان با غلظت بالای رسوب و جریان معمولی تقسیم می‌گردد. در شکل‌گیری مخروط‌افکنه گرمسار جریان‌های گلی و واریزه‌ای قبل از احداث سد تاثیر داشته ولی پس از احداث سد اثر جریان واریزه‌ای در شکل‌گیری مخروط‌افکنه کم شده ولی به‌طور کلی از بین نرفته است. پس از احداث سد انحرافی گرمسار رسوبات درشت دانه جریان‌های واریزه‌ای در پشت این سد ته نشین شده و این سد مانع از ورود رسوبات به داخل مخروط‌افکنه می‌گردد و لذا جریان آب در رودخانه‌های بر روی مخروط‌افکنه گرمسار عمدتا به‌صورت جریان معمولی بوده و بعضا جریان‌های با غلظت بالا و حاوی رسوبات ریزدانه می‌باشد. البته در برخی سال‌ها با استناد به مشاهدات کارشناسان محلی عبور رسوبات درشت دانه جریان واریزه‌ای از روی سرریز سد انحرافی و برخورد واریزه باعث تخریب بخشی از حوضچه آرامش سد انحرافی گرمسار گردیده است. البته این امر به‌صورت نادر بوده و به‌طور معمول رسوبات واریزه‌ها در پشت سد ته نشین می‌شود و آنچه به پایین‌دست سد منتقل می‌شود جریان آب همراه با رسوبات ریزدانه است که اثر این رسوبات ریزدانه نیز در میزان ضریب زبری لحاظ شده است. جریان آب در شاخه کردوان به صورت آبراهه‌ای مستقیم است. جریان آب در شاخه‌های (۲-۲)، (۱-۳) و (۲-۳) به صورت آبراهه‌ای شریانی است. به‌طور کلی در قسمت انشعابی شاخه (۲-۲) که شاخه‌های (۱-۳) و (۲-۳) از آن منشعب می‌شود تا جاده تهران – مشهد رودخانه به صورت آبراهه‌ای شریانی می‌باشد. در این بخش از رودخانه به علت وجود پل‌های ارتباطی که به جهت عبور جاده تهران – مشهد از روی رودخانه احداث گردیده‌اند جریان کانالیزه می‌گردد. لذا جریان در شاخه‌های سوداغلان (۱-۴)، امام زاده علی‌اکبر (۲-۴)، هشت آباد (۳-۴) و فروان (۴-۴) به صورت آبراهه‌ای مستقیم می‌باشد. با توجه به آبراهه‌ای بودن جریان و با توجه به این‌که تغییرات سرعت، بده و سطح جریان تنها در جهت جریان محسوس می‌باشد لذا از مدل یک بعدی HEC-RAS جهت تحلیل هیدرولیک جریان

omoorepeyman.ir

استفاده گردید. همچنین با توجه به این‌که در مخروط‌افکنه گرمسار ذخیره قابل توجه از سیلاب وجود ندارد، لذا نوع تحلیل جریان، دائمی استفاده گردید. تنها در بالادست شاخه‌های (۱-۳) و (۲-۳) مدل دو بعدی رودخانه حبله رود در محدوده انشعاب این دو شاخه از شاخه (۲-۲) تهیه گردید. علت این امر هم بررسی عدم طراحی اصولی سازه حفاظتی کناره رودخانه، بدون در نظر گرفتن شرایط حاکم بر رودخانه حبله رود می‌باشد که باعث شده است توزیع جریان بین شاخه‌ها دستخوش تغییر شود. در این محدوده نیز جهت تحلیل جریان از مدل‌های HEC-RAS و FLUENT استفاده شده است.

۷-۷-۲-۱- تحلیل جریان یک بعدی

جهت تحلیل جریان یک بعدی از مدل HEC-RAS استفاده گردیده است. با توجه به این‌که شاخه‌ها از نظر تحلیل هیدرولیکی مشابه یکدیگر می‌باشند لذا جهت رعایت اختصار، به عنوان نمونه شاخه کردوان را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۷-۷-۲-۱-۱- تقسیم جریان در انشعابات

در مخروط‌افکنه گرمسار، رودخانه پس از سد انحرافی به چند بازه تقسیم می‌شود. تقسیم بده بر اساس روش بر مبنای انرژی که در بند ۴-۶-۱-۱ این راهنما توضیح داده شده است، تعیین گردید. نتایج این تقسیم‌بندی در جدول (۷-۶) ارائه شده است.

جدول ۷-٦- مقادیر بده برآورد شده برای شاخه‌های مختلف رودخانه حبله رود گرمسار بر حسب مترمکعب بر ثانیه

دوره بازگشت (۲۵) سال / نام	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰
شاخه (۱-۱)	۲۷۸/۳۷	۳۲۴/۸	۳۷۰/۹	۳۱۶/۸۳	۴۷۷/۴۲
شاخه (۲-۲)	۲۴۸/۱۹	۲۸۹/۵۹	۳۳۰/۶۹	۳۷۱/۶۴	۴۲۵/۶۶
شاخه (۱-۳)	۱۴۶/۹۹	۱۷۴/۹۸	۱۹۹/۸۱	۲۲۴/۵۶	۲۵۷/۲
شاخه (۲-۳)	۹۶/۲۷	۱۱۴/۶	۱۳۰/۸۷	۱۴۷/۰۷	۱۶۸/۴۵
شاخه کردوان (۱-۲)	۳۰/۱۸	۳۵/۲۲	۴۰/۲۲	۴۵/۲	۵۱/۷۷
شاخه سوداغلن (۱-۴)	۱۳۴/۴۸	۱۶۷/۷۱	۱۹۱/۵۱	۲۱۵/۲۳	۲۴۶/۵۲
شاخه امام زاده علی‌اکبر (۲-۴)	۵/۸۳	۷/۲۷	۸/۳	۹/۳۳	۱۰/۶۸
شاخه هشت آباد (۳-۴)	۵۴/۹۹	۸۳/۸۶	۹۵/۷۶	۱۰۷/۶۲	۱۲۳/۲۶
شاخه فروان (۴-۴)	۲۲/۰۱	۳۰/۷۵	۳۵/۱۱	۳۹/۴۶	۴۵/۱۹

۷-۷-۲-۱-۲- تعیین ضریب زبری

ضریب زبری با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده از بازدیدهای میدانی و همچنین اطلاعات حاصل از نقشه‌های با مقیاس ۱:۵۰۰ محاسبه گردید. عمده ترین داده‌های ورودی برای محاسبات عبارتند از:

- قطر ذرات
- شیب رودخانه
- پوشش گیاهی

omoorepeyman.ir

نحوه محاسبات روش‌های مختلف محاسبه ضریب زبری در فصل چهارم بند ۴-۴ ارائه شده است. همچنین ضریب زبری در دو حالت با وجود موانع و بدون وجود موانع محاسبه گردید. حالت «با مانع» برای تحلیل سیلاب ۲۵ ساله، مطابق نشریه ۳۰۷ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور مورد استفاده قرار گرفت. جداول (۷-۷) و (۷-۸) نتایج محاسبات ضریب زبری در بازه‌ای از شاخه کردوان را نشان می‌دهند. در شاخه کردوان ضریب زبری برای بازه‌ای یک کیلومتری تعیین شده است. پارامترهای ارائه شده در این جداول به صورت زیر شرح داده می‌شوند:

- در ستون اول موقعیت مقطع از این لحاظ که سیلابدشت راست، سیلابدشت چپ یا آبراهه اصلی می‌باشد تعیین می‌گردد.
- در ستون‌های دوم تا چهارم داده‌های اولیه درج می‌شود. ابتدا براساس داده‌های میدانی، D_{50} ذرات بستر و کناره‌های رودخانه برحسب متر تعیین می‌گردد. سپس با استفاده از نقشه‌های پلان، نیمرخ طولی و مقاطع عرضی رودخانه و مدل هیدرولیکی جریان در نرم افزار HEC-RAS شیب (S) برحسب متر بر متر و شعاع هیدرولیکی (R) برحسب متر محاسبه می‌گردد. توضیح این‌که برای تعیین S و R با یک مقدار اولیه ضریب مانینگ، مدل اجرا گردیده سپس با ضریب مانینگ جدید ورودی مدل اصلاح می‌شود. این عمل چند بار تا همگرا شدن ضریب مانینگ تعیین شده تکرار می‌گردد.
- در ستون‌های پنجم تا دهم پارامترهای روش کاون $(m_5, n_4, n_3, n_2, n_1, n_0)$ براساس بازدیدهای میدانی، عکس‌های گرفته شده از محدوده مطالعاتی و مطالب ارائه شده در راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه (نشریه شماره ۳۳۱ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو) که در بند ۴-۴ فصل چهارم این راهنما به آن اشاره شده است تعیین می‌گردد. براساس این پارامترها ضریب زبری به روش کاون و با استفاده از رابطه (۷-۷) بدست می‌آید که در ستون پانزدهم جدول درج می‌گردد.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5 \qquad (۷-۲)$$

- در ستون‌های یازدهم تا بیستم روش‌های تعیین ضریب زبری بدون در نظر گرفتن غلظت ارائه شده است.

ضریب زبری پایه دفرا طبق جدول مرجع محاسبه می‌گردد [۱۹]. همچنین ضریب زبری پایه از روابط (۷-۳)، (۷-۴) و (۷-۵) که به ترتیب توسط استریکلر (۱۹۲۳)، کولگان (۱۹۲۸) و اندرسون (۱۹۶۸) ارائه شده است نیز محاسبه می‌شود و در ستونهای یازدهم تا سیزدهم درج می‌گردد.

این روابط به شرح زیر می‌باشد.

استریکلر $$n_0 = \frac{D_{50}^{\frac{1}{6}}}{21.1} \qquad (۷-۳)$$

کولگان $$n_0 = \frac{D_{50}^{\frac{1}{6}}}{25.2} \qquad (۷-۴)$$

اندرسون $$n_0 = \frac{D_{50}^{\frac{1}{6}}}{20.5} \qquad (۷-۵)$$

در روابط فوق D_{50} قطری که ۵۰ درصد مواد بستر و کناره از آن ریزتر می‌باشند و برحسب متر است. سپس به جای n_0 روش کاون در رابطه (۷-۲)، n_0 به دست آمده از روش‌های استریکلر، کولگان، اندرسون و دفرا را در رابطه (۷-۲)، قرار داده و ضریب زبری

omoorepeyman.ir

را براساس روش‌های ترکیبی استریکلر- کاون، کولگان- کاون، اندرسون- کاون و دفرا- کاون محاسبه کرده و در ستون‌های شانزدهم تا نوزدهم درج می‌کنیم. همچنین براساس جداول چاو [۱۹] ضریب زبری را براساس تجربیات چاو به‌دست آورده و در ستون بیستم درج می‌کنیم.

- با توجه به این‌که در آبراهه اصلی جریان واریزه‌ای رخ می‌دهد لذا غلظت رسوب را نیز در آبراهه اصلی لحاظ می‌کنیم. برای این منظور از رابطه بنی حبیب که در سال ۱۳۷۸ هجری شمسی ارائه شده است استفاده می‌کنیم [۱۹]. ضریب زبری به‌دست آمده در ستون بیست و یکم درج می‌شود.
- برای تعیین ضریب زبری در آبراهه اصلی به این علت که جریان واریزه‌ای رخ می‌دهد ضریب زبری به‌دست آمده از رابطه بنی‌حبیب را قرار می‌دهیم و در سیلابدشت‌های راست و چپ به دلیل عدم وقوع سیلاب واریزه‌ای، بیشینه مقدار ضرایب مانینگ ستون‌های یازدهم تا بیستم را قرار می‌دهیم.

omoorepeyman.ir

جدول ۷-۷- ضریب زبری با مانع بازه‌ای از رودخانه کردوان

موقعیت مقطع	داده های اولیه			روش کاون						بدون در نظر گرفتن غلظت									رابطه بنی حبیب	ضریب زبری نهایی
	D_{50}(m)	S	R(m)	n_0	n_1	n_2	n_3	n_4	m_5	استریکلر	کولگان	اندرسون	دفرا	کاون	استریکلر -کاون	کولگان- کاون	اندرسون -کاون	دفرا- کاون	چاو		
										n_0	n_0	n_0	n_0	n	n	n	n	n	n	
سیلاب‌دشت راست	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۲۰	۰/۰۴۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸	۰/۰۴۰	۰/۰۴۹	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰
آبراهه اصلی	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۳	۰/۵۰	۰/۰۲۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۱	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۰	۰/۰۲۴	۰/۰۴۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۸	۰/۰۴۲	۰/۰۴۶	۰/۰۳۵	۰/۰۴۳
سیلاب‌دشت چپ	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۲۰	۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۹	۰/۰۴۱	۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۱
																				۰/۰۵۰

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۷-۷- ضریب زبری بدون مانع بازه‌ای از رودخانه کردوان

موقعیت مقطع	داده های اولیه			روش کاون										بدون در نظر گرفتن غلظت								رابطه بنی‌حبیب	ضریب زبری نهایی
														استریکلر	کولگان	اندرسون	دفرا	کاون	استریکلر -کاون	کولگان- کاون	اندرسون -کاون	دفرا- کاون	چاو		
	$D_{50}(m)$	S	R(m)	n_0	n_1	n_2	n_3	n_4	m_5	n_0	n_0	n_0	n_0	n	n	n	n_0	n	n	n	n	n	n		
سیلابدشت راست	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۱۵	۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۲۰	۰/۰۴۴	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۳۵	۰/۰۴۴	۰/۰۴۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵
آبراهه اصلی	۰/۰۰۵	۰/۰۱۳	۰/۵۰	۰/۰۲۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۰۷	۱	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۰	۰/۰۲۴	۰/۰۴۱	۰/۰۳۷	۰/۰۳۳	۰/۰۳۷	۰/۰۴۱	۰/۰۳۵	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸
سیلاب‌دشت چپ	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۱۵	۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۲۰	۰/۰۴۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۶	۰/۰۴۵	۰/۰۴۰	۰/۰۳۶	۰/۰۴۵

omoorepeyman.ir

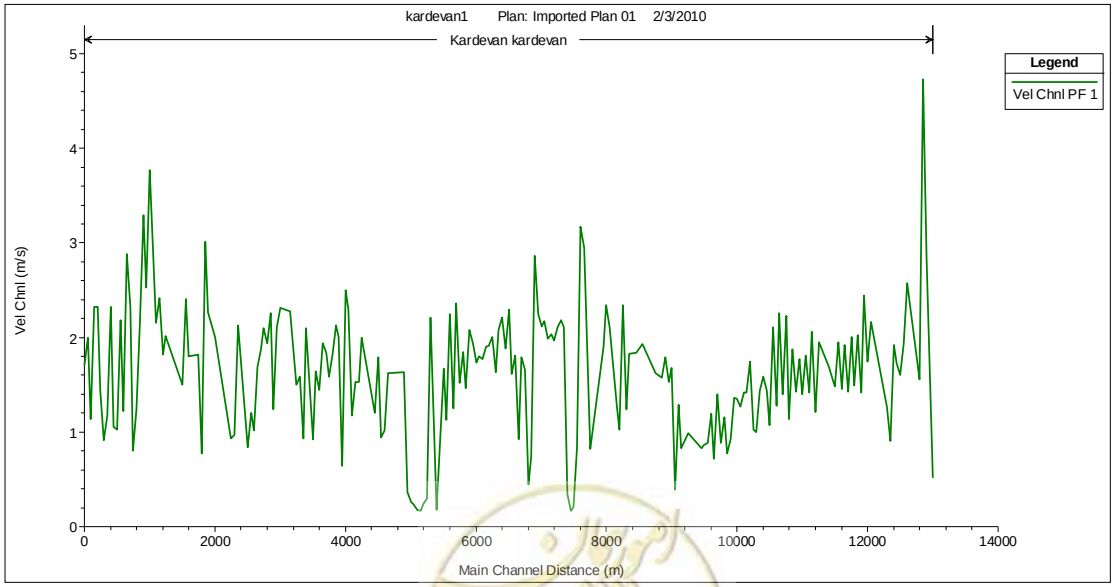
۷-۷-۲-۱-۳- تحلیل پارامترهای جریان

با توجه به عدم وجود ایستگاه آب‌سنجی کالیبراسیون مدل HEC-RAS امکان‌پذیر نمی‌باشد. همچنین به علت عدم وجود ایستگاه رسوب سنجی مدل سازی انتقال رسوب مخروط‌افکنه نیز امکان‌پذیر نیست. ولی در تعیین ضریب مانینگ با استفاده از رابطه بنی حبیب [۱۹] غلظت رسوبات در مخروط‌افکنه در نظر گرفته شده و برای برآورد غلظت جریان از رابطه (۲-۲) استفاده گردیده است.

در این بخش سرعت، عمق و شیب خط انرژی جریان در طول شاخه کردوان به‌عنوان نمونه مورد بررسی قرار می‌گیرد. نمودارهای (۷-۱) تا (۷-۳) به ترتیب تغییرات سرعت، عمق و شیب خط انرژی را در طول مسیر نشان می‌دهند. شایان ذکر است که طول مسیر از پایین‌دست به سمت بالادست است. با توجه به این نمودارها سرعت بیشینه ۴/۷ متر بر ثانیه و در متراژ ۱۵۰ از ابتدای مسیر می‌باشد. سرعت کمینه ۰/۱۶۶ متر بر ثانیه است که در متراژ ۵۵۵۰ از ابتدای مسیر رخ می‌دهد. سرعت متوسط مسیر نیز ۱/۶۳ متر بر ثانیه می‌باشد. عمق بیشینه جریان ۱/۸۶ متر و در متراژ ۱۱۲۰۰ از ابتدای مسیر است. عمق کمینه جریان نیز ۰/۱۴ متر و در متراژ ۳۵۰۰ می‌باشد. عمق متوسط جریان ۰/۵۷ متر می‌باشد. شیب بیشینه خط انرژی ۰/۰۹ متر بر متر است که در متراژ ۶۱۰۰ رخ می‌دهد. شیب کمینه خط انرژی ۰/۰۰۰۰۳ متر بر متر و در متراژ ۷۸۵۰ می‌باشد. شیب متوسط خط انرژی ۰/۰۱ متر بر متر می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش شیب خط انرژی سرعت جریان نیز افزایش می‌یابد در صورتی که با افزایش سرعت جریان عمق جریان کاهش می‌یابد.

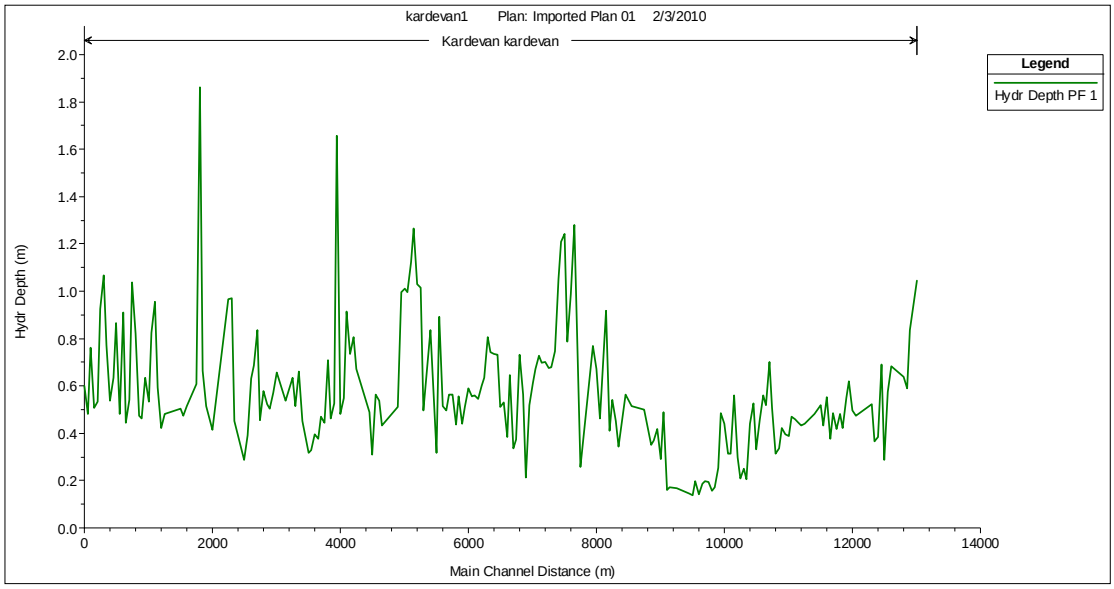
۷-۷-۲-۱-٤- تحلیل نوع جریان

در این بخش با استفاده از نمودار تغییرات عدد فرود در طول مسیر جریان، نوع جریان (فوق بحرانی یا زیر بحرانی) مشخص می‌شود. در اکثر نقاط مسیر، جریان زیر بحرانی است. فقط در نقاط معدودی جریان فوق بحرانی می‌شود که به‌طور مشهود می‌توان به کیلومتر ۱۲/۰، ۶/۱۰ و ۰/۱۵۰ اشاره کرد. با توجه به این نمودار و نمودارهای (۷-۱) تا (۷-۳) بین سرعت، شیب خط انرژی و عدد فرود رابطه مستقیم وجود دارد یعنی با افزایش شیب خط انرژی، سرعت و عدد فرود نیز افزایش پیدا می‌کند.

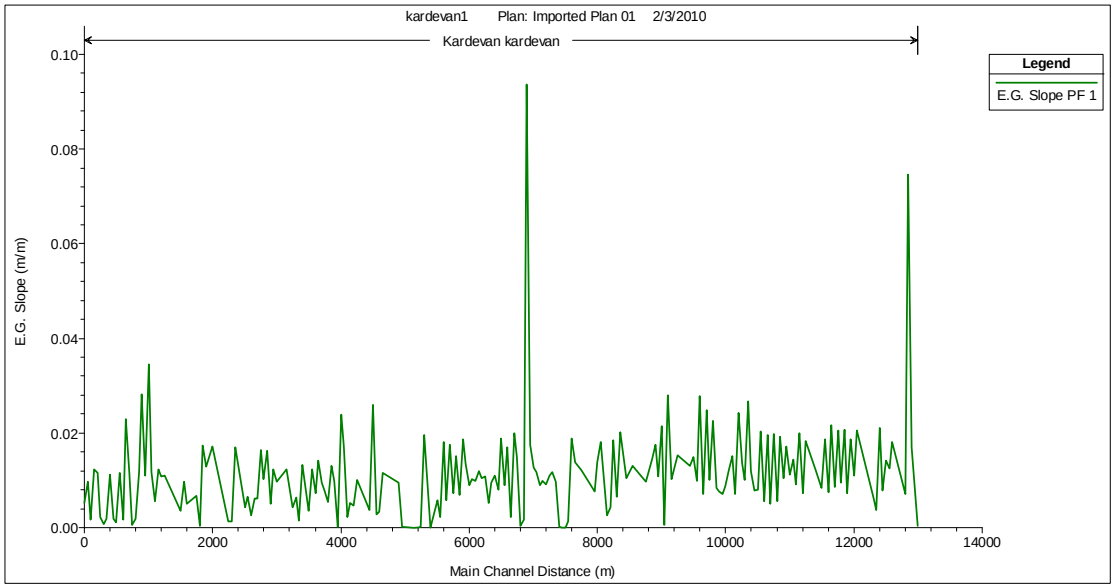


نمودار ۷-۱- تغییرات سرعت جریان در طول مسیر شاخه کردوان

omoorepeyman.ir

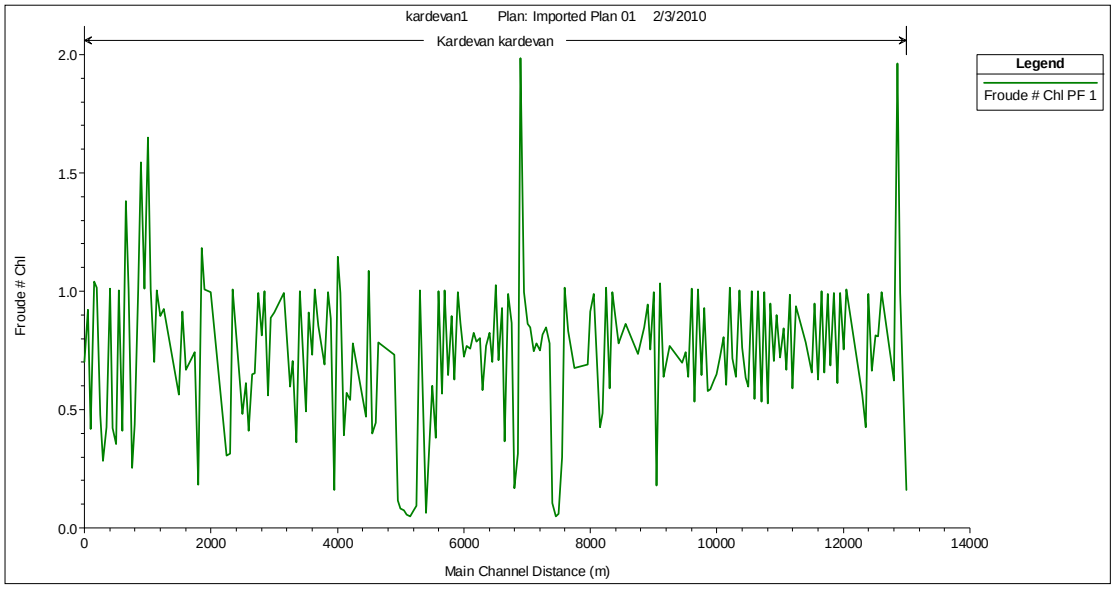


نمودار ۷-۲- تغییرات عمق جریان در طول مسیر شاخه کردوان



نمودار ۷-۳- تغییرات شیب خط انرژی در طول مسیر شاخه کردوان

omoorepeyman.ir

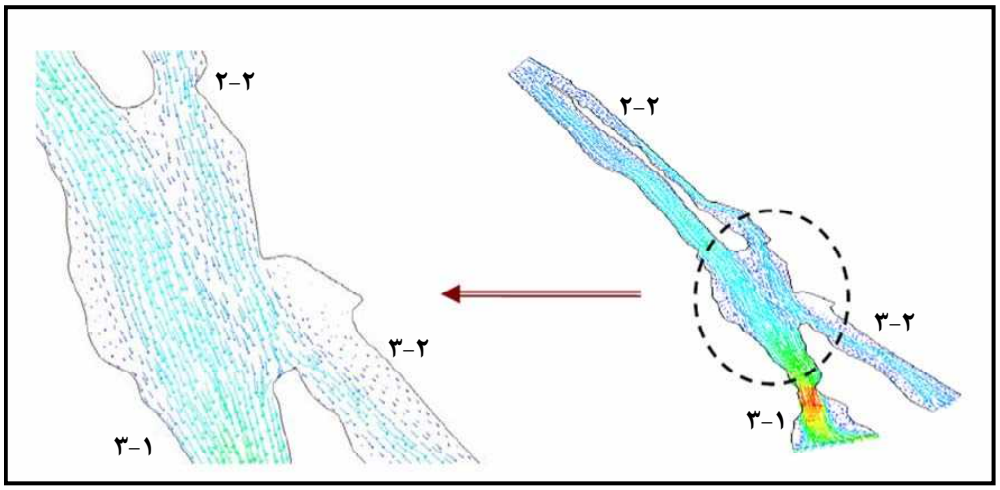


نمودار ۷-٤- تغییرات عدد فرود در طول مسیر شاخه کردوان

۷-۷-۲-۲- تحلیل جریان دو بعدی

تنها در بالادست شاخه‌های (۱-۳) و (۲-۳)، مدل دو بعدی رودخانه حبله رود در محدوده انشعاب این دو شاخه از شاخه (۲-۲) تهیه گردید. در این قسمت با توجه به عدم طراحی اصولی سازه حفاظتی کناره رودخانه، بدون در نظر گرفتن شرایط حاکم بر رودخانه توزیع جریان بین شاخه‌ها دستخوش تغییر می‌شود و علاوه بر تغییرات پارامترهای جریان نظیر سرعت، بده و عمق جریان در طول جریان، در عرض جریان (مقاطع عرضی) نیز تغییرات پارامترهای جریان ملاحظه می‌گردد. جهت تحلیل دو بعدی جریان از نرم‌افزار FLUENT استفاده شده است. در بالادست محل انشعاب دو شاخه (۱-۳) و (۲-۳) و در ساحل چپ رودخانه، بخشی از اراضی کشاورزی روستای ده سراب واقع شده است. برای حفاظت از اراضی کشاورزی در مقابل سیلاب، سازه طولی که بخشی از آن از جنس سنگ و ملات و بخش دیگر از نوع خاکریز با مصالح رودخانه‌ای است احداث شده است. عدم طراحی اصولی این سازه از نظر جهت قرارگیری نسبت به جهت جریان باعث تغییر الگوی جریان بین شاخه‌های (۱-۳) و (۲-۳) گردیده است. به منظور بررسی بیش‌تر اثر سازه طولی حفاظتی احداث شده در بالادست شاخه‌های (۱-۳) و (۲-۳) مدل دو بعدی رودخانه حبله رود در محدوده انشعاب این دو شاخه از شاخه (۲-۲) تهیه گردید. یک شبکه محاسباتی مثلثی برای پلان مورد مطالعه تولید گردید. پس از شبکه‌بندی، شرایط مرزی شامل متوسط سرعت جریان در ورودی و خروجی‌های محدوده مورد مطالعه به همراه شرط مرزی دیواره بر میدان اعمال گردید. جهت حل معادلات جریان و سپس پردازش از نرم‌افزار حل میدان جریان FLUENT استفاده شده است. برای مقطع‌سازی داده‌ها از بخش انتقالی معادلات حاکم از روش بالادست مرتبه دوم استفاده شده و جهت کوپل کردن ترم‌های سرعت و فشار از الگوریتم تکراری SIMPLE استفاده شده است. نتایج مدل در شکل (۷-۳۳) ارائه شده است [۲۲].

omoorepeyman.ir



شکل ۷-۳۳- تعیین الگوی توزیع جریان در محل انشعاب شاخه‌های ۱-۳ و ۲-۳ از شاخه ۲-۲ با استفاده از FLUENT [۲۲]

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد عمده جهت جریان در محدوده انشعاب به سمت شاخه (۱-۳) متمایل می‌باشد. همین مساله موجب افزایش سرعت جریان بر روی دهانه ورودی این انشعاب شده که شکست و تخریب سازه سرریز از آثار آن بوده است. در محدوده بین سرریز شاخه (۲-۳) و دیواره حفاظتی یک جریان چرخشی شکل گرفته است که موجب رسوب‌گذاری و افزایش تراز بستر در ورودی شاخه (۲-۳) شده است.

۷-۸- مدیریت سیلابدشت

در این بخش ابتدا وضع موجود سیلابدشت رودخانه حبله رود در محدوده مخروط‌افکنه گرمسار و مشکلات ناشی از آن مورد بررسی قرار گرفته و سپس راهکارهای پیشنهادی جهت مدیریت سیلابدشت ارائه می‌گردد.

۷-۸-۱- وضعیت موجود سیلابدشت و مشکلات آن

موارد عمده‌ای که در سیلابدشت گرمسار تاثیر گذار بوده‌اند را می‌توان به شرح زیر ارائه نمود.

- احداث سد انحرافی که باعث گردیده است عمده رسوبات واریزه‌ای درشت دانه و بزرگ در پشت سد جمع گردیده و به پایین‌دست منتقل نشود. این رسوبات علاوه بر شن و ماسه و قلوه سنگ شامل تنه درختان و تخته سنگ‌های بزرگ می‌باشد. از مشخصات این سد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.
  - نوع سرریز: اوجی
  - طول سرریز: ۱۲۷ متر
  - طول مفید سرریز: ۱۲۰ متر
  - حداکثر حجم تخلیه: ۶۵۰ مترمکعب در ثانیه
  - رقوم بستر رودخانه: ۹۷۵/۴ متر
  - رقوم تاج سد: ۹۸۰/۴ متر
  - عرض تاج: ۴ متر

omoorepeyman.ir

- احداث شبکه مدرن آبیاری و زهکشی دشت گرمسار که شامل کانال‌های درجه ۱، ۲، ۳ و ۴ و زهکش‌های متعددی می‌باشد. این شبکه باعث گردیده است که اکثر اراضی مخروط‌افکنه گرمسار در بخش پایین دست به‌صورت اراضی توسعه یافته باشد. از مشخصات این شبکه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
  - طول شبکه: ۳۴۵ کیلومتر
  - طول کانال درجه ۱ و ۲: ۱۲۰ کیلومتر
  - طول کانال درجه ۳ و ۴: ۲۲۵ کیلومتر
  - طول زهکش‌ها: ۷۹ کیلومتر
  - ظرفیت کانال گرمسار: ۸ مترمکعب در ثانیه
  - ظرفیت کانال آرادان: ۱۲ مترمکعب در ثانیه
  - ظرفیت تغذیه: ۴-۳ مترمکعب در ثانیه
- برداشت شن و ماسه در محدوده مخروط‌افکنه گرمسار باعث ایجاد شن چال شده است. در مواردی از این شن چال‌ها به عنوان حوضچه‌های تغذیه مصنوعی استفاده شده است. اداره آب شهرستان گرمسار در این مورد نظارت دقیقی بر برداشت‌ها دارد. یکی از راهکارهای مدیریتی که اداره آب گرمسار در برداشت شن و ماسه به‌کار برده است، برداشت شن و ماسه از مکان‌هایی است که رسوبات باعث تغییر در مقطع عرضی جریان شده است و با برداشت شن و ماسه از این مقاطع، مقطع اصلاح می‌گردد.
- یکی از راهکارهای مدیریتی اداره آب گرمسار جهت توزیع مناسب جریان بین شاخه‌ها بستن دریچه‌های تخلیه رسوب می‌باشد تا آب از روی دهانه‌های سرریز عبور کرده و بین شاخه‌ها با توجه به ظرفیت آنها توزیع شود.
- با توجه به این‌که زمین‌های زراعی زیادی در مخروط‌افکنه گرمسار و در پایین‌دست سد انحرافی قرار دارند، تعیین حریم و بستر رودخانه حبله رود و شاخه‌های منشعب از آن امری بسیار حیاتی است که این مطالعات از سال ۱۳۸۶ آغاز و در سال ۱۳۸۸ به پایان رسیده است. هم اکنون عملیات رپرگزاری شاخه هشت آباد توسط اداره آب شهرستان گرمسار در حال اجراست [۳۴].
- عدم طراحی اصولی سازه حفاظتی در بالادست شاخه‌های (۱-۳) و (۲-۳) باعث شده است که الگوی توزیع جریان مختل گردیده و مقاطع جریان در پایین‌دست این دو شاخه را دستخوش تغییرات محسوسی نماید [۲۲].

۷-۸-۲- ارائه پیشنهادها و راهکارهای مدیریت سیلابدشت

جهت مدیریت سیلابدشت راهکارهای زیر پیشنهاد می‌گردد.

- محل‌های برداشت شن و ماسه طوری تعیین گردد که بتوان از شن چال‌های آن به عنوان حوضچه‌های تغذیه مصنوعی استفاده کرد. در ضمن ضروری است موارد مذکور در بند ۶-۷ این راهنما در برداشت شن و ماسه رعایت گردد.
- با توجه به این‌که در مخروط‌افکنه گرمسار اراضی زراعی بسیاری در کنار رودخانه واقع شده است پیشنهاد می‌گردد، نقشه کاداستر اراضی به روز تهیه گردد تا مشکلات ناشی از تجاوز به بستر و حریم رودخانه توسط زارعین به حداقل برسد.

omoorepeyman.ir

- در طراحی سازه‌های کنترل و حفاظت تمامی شرایط محیطی بالادست و پایین‌دست لحاظ گردد تا در آینده اختلالی در توزیع و رژیم جریان رخ ندهد.
- با توجه این‌که مطالعات تعیین حریم و بستر رودخانه حبله رود انجام شده است عملیات رپرگزاری رودخانه حبله رود گرمسار و شاخه‌های منشعب از آن تسریع گردد.
- با توجه به این‌که مطالعات مرحله اول ساماندهی رودخانه حبله رود گرمسار انجام شده است پیشنهاد می‌گردد مطالعات مرحله دوم نیز هرچه سریع‌تر صورت گیرد.

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع

۱- احمدی، ح، «ژئومورفولوژی کاربردی»، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۶۷).

۲- بنی‌حبیب، م. ا.، اصغری، ا، «بررسی شرایط مناسب رخداد سیلاب‌های واریزه‌ای در کشور»، طرح تحقیقات کاربردی شرکت مدیریت منابع آب ایران، (۱۳۸۱).

۳- بنی‌حبیب، م. ا.، «زبری هیدرولیکی جریان‌های با غلظت بالای رسوب»، دومین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران،(۱۳۷۲).

۴- بنی‌حبیب، م. ا.، «سیلاب‌های با غلظت بالای رسوب»، ارائه شده به کمیته مهندسی رودخانه انجمن هیدرولیک ایران،(۱۳۷۵).

۵- بنی‌حبیب، م. ا.، «علل طغیان رودخانه‌ای با جریان غلیظ»، مجموعه مقالات چهارمین سمینار مهندسی رودخانه، اهواز.(۱۳۷۵).

۶- بنی‌حبیب، م. ا.، «سیلاب‌های گلی و واریزه‌ای»، کنفرانس اقدامات کاهش و پیشگیری از سیلاب‌های برق آسا، گرگان،(۱۳۸۲).

۷- بنی‌حبیب، محمدابراهیم، معصومی، ابوالفضل،« اثر غلظت بالای رسوب بر طغیان رودخانه‌ها». مطالعه موردی رودخانه ماسوله. مجموعه مقالات دومین کنفرانس هیدرولیک ایران.(۱۳۸۷).

۸- بنی‌حبیب، محمد ابراهیم، «زبری هیدرولیکی جریان با غلظت بالای رسوب»، مجموعه مقالات دومین کنفرانس هیدرولیک، تهران.(۱۳۷۸)

۹- بنی‌حبیب، م. ا.، «بررسی اثر نرخ انتقال رسوب بر فرسایش و رسوب‌گذاری در مصب رودخانه‌های استان گیلان»، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، (۱۳۸۳).

۱۰- بهادری خسروشاهی، فیروز، «اصول و مبانی برداشت شن و ماسه از رودخانه‌ها»، دفتر مهندسی رودخانه و سواحل، شرکت مدیریت منابع آب ایران، (۱۳۷۹).

۱۱- بیاتی خطیبی، مریم، «تحلیل و بررسی نقش عوامل توپوگرافی و دینامیک رودخانه‌ای بر اندازه مخروط‌های واریزه‌ای»، مطالعه موردی: دامنه‌های شمال غربی سبلان (شمال غرب ایران)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰(۱۳۸۶).

۱۲- تلوری، عبدالرسول، «اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه»، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری (وزارت جهاد کشاورزی).(۱۳۸۳).

۱۳- چورلی، ریچارد جی.، شوم، استانلی ای.، سودن، دیوید ای.، ترجمه دکتر احمد معتمد با همکاری دکتر ابراهیم مقیمی، ژئومورفولوژی جلد سوم (فرآیندهای دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی)، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، (۱۳۷۹).

۱۴- حسینی، م. ابریشمی، ج. هیدرولیک کانال‌های باز. انتشارات آستان قدس دانشگاه امام رضا.(۱۳۸۰).

۱۵- حق آبی، امیر حمزه، «بررسی هیدرولیکی – هندسی آبراهه رودخانه‌ها (مطالعه موردی رودخانه قزل اوزن)» پایان نامه کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران.(۱۳۷۶).

omoorepeyman.ir

۱۶- خاموشی، محمدرضا، «بررسی رسوب شناسی- ژئومورفولوژی و محیط رسوبی نهشته‌های کواترنری دشت گرمسار»، پایان نامه کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، دانشگاه تربیت معلم تهران، (۱۳۷۵).

۱۷- خیام، مقصود، مختاری کشکی، داوود، «ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی بر اساس مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها» (مورد نمونه: مخروط افکنه‌های دامنه شمالی می‌شود)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره۴۴،(۱۳۸۲).

۱۸- خیام، مقصود، «جزوه مدون ژئومورفولوژی ایران»، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز،(۱۳۷۶).

۱۹- « راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها» نشریه شماره ۳۳۱-الف طرح ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو (۱۳۸۷).

۲۰- «راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها» نشریه شماره ۳۰۷، معانت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، (۱۳۸۴).

۲۱- « راهنمای برداشت مصالح رودخانه‌ای»، نشریه شماره ۳۳۶ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، (۱۳۸۵).

۲۲- « راهنمای مطالعات ریخت شناسی رودخانه‌ها»، نشریه شماره ۳۱۴-الف طرح ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو (۱۳۸۶).

۲۳- «راهنمای کاربرد مدل‌های ریاضی و فیزیکی در مطالعات مهندسی و ساماندهی رودخانه». نشریه شماره ۵۸۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، (۱۳۹۱).

۲۴- « فرهنگ مهندسی رودخانه»، از انتشارات طرح ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو (۱۳۷۷).

۲۵- رستمی، محمد، دل‌افروز، هادی، کاکاوند، الهه، «تاثیر عدم طراحی اصولی سازه حفاظتی بر تغییر الگوی توزیع جریان رودخانه حبله رود مخروط افکنه گرمسار»، هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، (۱۳۸۸).

۲۶- روستایی، شهرام، «نقش فعالیت‌های تکتونیکی در شکل‌گیری و گسترش مخروط‌افکنه‌های دامنه‌های جنوبی آلاداغ»، نشریه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، (۱۳۸۸).

۲۷- شکیبا، پویا، غواصیه، احمدرضا، «بررسی راه‌حل‌های مناسب جهت استفاده از منابع موجود در رودخانه‌های شریانی»، مطالعه موردی رودخانه جاجرود (پایین‌دست سد لتیان)، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران.(۱۳۸۷).

۲۸- عباس نژاد، احمد، «پژوهش‌های ژئومورفولوژی در دشت رفسنجان»، پایان نامه دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز،(۱۳۷۵).

۲۹- عزیزیان،ا. قلی زاده، م. امیری تکدلانی، ا، «شبیه‌سازی فرآیند مهاجرت پیچانرودها (رودخانه‌های مئاندری) با استفاده از مدل عددی CCHE2D». هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.(۱۳۸۸).

۳۰- غواصیه، احمدرضا، نوروزی، امیر،« بررسی شرایط موثر بر چند شاخه‌ای شدن رودخانه‌ها» (مطالعه موردی: مخروط‌افکنه چنداب ورامین)، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران.(۱۳۸۷).

۳۱- کی‌نژاد، آناهیتا، «بررسی حرکات بلوک ساختاری دشت ورامین به کمک شواهد زمین‌ساختی و نوزمین‌ساختی»، تهران، بیست و دومین گردهمایی علوم زمین،(۱۳۸۲).

omoorepeyman.ir

۳۲- مقصودی، مهران، «بررسی عوامل موثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها»، مطالعه موردی: مخروط افکنه جاجرود، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره۶۵(۱۳۸۷).

۳۳- موسوی حرمی، ر.، «رسوب‌شناسی»، انتشارات آستان قدس رضوی، (۱۳۶۷).

۳۴- مهندسین مشاور آب (مهاب)، ۱۳۵۱، «گزارش پیش طرح میانی شماره ۱۰، طرح آبیاری ورامین- گرمسار»، انتشارات شرکت آب منطقه‌ای تهران،(۱۳۵۱).

۳۵- مهندسین مشاور نتپا، نواندیشان توسعه پایدار آسیا، «مطالعات مهندسی رودخانه شهرستان گرمسار، جلد سوم، مطالعات تخصصی ریخت شناسی و بررسی شرایط زیست محیطی»، (۱۳۸۷).

۳۶- مهندسین مشاور نتپا، نواندیشان توسعه پایدار آسیا، «مطالعات مهندسی رودخانه شهرستان گرمسار، جلد چهارم، مطالعات تخصصی هیدرولیک و تلفیق مطالعات»، (۱۳۸۸).

۳۷- نبوی، م. ح.، «دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران»، سازمان زمین‌شناسی کشور، (۱۳۵۵).

38- Abrahams, A. D., and Parsons, A. J., 1994, “Geomorphology of Desert Environment” Chapman & Hall, London

39- American Geological Institute, 1962, “Dictionary of Geological Terms”. New York, Dolphin Books.

40- American Society of Civil Engineers., 1996, Hydrology handbook, Issue 28 of ASCE manuals and reports on engineering practice Volume 28 of Time Life Complete Gardener. ASCE Publications. P:784.

41- Arai, M. (1991) , Fandamental study on transport and deposition of mud flow , Ph D thesis , kyoto univ , Kyoto , Japan.

42- Army Corps of Engineers,1993, Engineering and Design RIVER HYDRAULICS, Manual No. 1110-2-1416, multi dimensional flow analysis, chapter 4. PP: 4-1 to 4-7.

43- Arizona Department of Transportation,1988, Analysis of flow on alluvial fans, Report number: FHWA-AZ88-802. P: 53.

44- Ballantyne, C. K., 2002, “Paraglacial geomorphology”, Quaternary science review, Vol.21, pp.1935-2017

45- Berberian, M. and King, G.C.P., 1981, “Towards paleogeography and tectonic evolution of Iran”, Canadian journal of Earth Sci., vol. 18, no. 2.

46- Blatt, H., Berry, w. and Brand, S., 1991, “Principles of stratigraphic analysis”, Blackwell pub., P. 198-206

47- Blissenbach, E., 1952, “Relation of surface angle distribution to particle size distribution on alluvial fans”, J. S. P., vol 22, no. 1, P. 25-28

48- Bruce L. Rhoads and colin E. Thorn, (1996), “The Scientific nature of geomorphology”, 481 pp.

49- Bull W. B. and L. D. Mcfadden, 1977, “Tectonic geomorphology of north fault, California in: Doehring, geomorphology of arid regions”, Allen and Unwin, London.

50- Bull, W.B., 1991, “Geomorphic responses to climatic change”, Oxford University Press, Oxford, 326 pp

51- Bunte K., and Abt S.R., 2001, "Sampling surface and subsurface particle- size Distributions in Wadable gravel- and cobble- Bed streams for Analyses in sediment transport, Hydraulics, and stream bed monitoring", National System Technology Center, pp 428

omoorepeyman.ir

52- Chang, Howard H., 1998, “Fluvial processes in River engineering”, John Willy & Sons. Inc.
53- Chiarle M. & Luino F., 1998 “debris flows triggered by torrential downpour on 8 July 1996 on M. Mottarone (VB-California) International Conference: “Prevention of hydrogeological disasters: the contribution of scientific research ‘, Alba (CN), 5-7 November 1996. Volume II, p. Volume II, p. 231-245.
54- Clark county regional flood control district, 1999,Hydrologic criteria and drainage design manual, section 1400: development of alluvial fans. (pp:1408-1409)
55- Colorada FloodPlain and Storm Water Criteria Manual, 2006, Alluvial Fan Hazards
56- Committee on Alluvial Fan Flooding, National Research Council, 1996, “Alluvial Fan Flooding”, 182 pp.
57- Cruden D.M., VARNES D. J., 1996, Landslide types and processes. In: Turner A.K.; Shuster R.L. (eds) Landslides: Investigation and Mitigation. Transp Res Board, Spec Rep 247, p. 36–75
58- Cunge,F.M. Holly, Jr., and A.Verwey. 1980. Practical aspect of computational river hydraulics.
59- David S. Biedenharn, Charles M. Elliott, and Chester C. Watson October ،1997،The WES Stream Investigation And Streamabank Stabilization Hancbook
60- Da Silva, A.M.F., Yalin, M.S. (2002): "Stream morphology in the light of the second law and turbulence". Invited Paper, Special Symposium on River Sedimentation and Morphodynamic Processes", Proceedings of the International Conference on Hydro-Science and Engineering, ICHE-2002, Warsaw, Poland, Sept.PP: 18-21.
61- Federal Emergency Management Agency (FEMA), 1990, An alluvial fan flooding computer program,P:131.
62- French, R.H, Miller, J.J., Curtis, S., 2001, “Estimating the depth of deposition (erosion) at slope transitions on Alluvial fans”, Journal of Hydraulic Engineering, vol 127, No. 9
63- Federal Emergency Management Agency (FEMA). 2002. Flood Insurance Study Guidelines and Specifications for Study Contractors.
64- Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2000, “Guidelines for determining flood hazard on alluvial fans”, 23 pp
65- Federal Emergency Management Agency (FEMA), 1990,Guidelines and specifications for flodd hazard mapping parameters- Appendix G: Guidance for alluvial fan flooding analysis and mapping
66- Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2003, Guidelines and specifications for flood hazard mapping partners, Appendix A: Guidance for Aerial mapping and surveying.
67- Federal Emergency Management Agency (FEMA), 1987, Reducing losses in high risk flood hazard areas: A guidebook for local officials, P:229
68- Federal Emergency Management Agency, 1999, Riverin Erosion Hazard Areas Mapping Feasibility
69- Flood Control District of Maricopa County ,۲۰۰۴ , Sand and Gravel Mining Floodplain Use Permit Application Guidelines
70- Flood Hazerd Area Land Use Management Guidlines, 2004, Ministry of Water, Land and Air Protection, Province of British Columbia
71- French,1987 , Hydrolic processes on alluvial fan. Series development in water Science by Elsivier science publisher. ISBN. 0-444-42781-3.
72- Harvey. A.M., 2002, “The role of base level change in the dissection of alluvial fans: case studies from southeast Spain and Nevada”, Geomorphology, No45, PP. 67-87

omoorepeyman.ir

73- Harvey. A. M., 2005, “Differential effects of base-level, tectonic setting and climatic change on Quaternary alluvial fans in the northern Great Basin”, Nevada, USA, Geological Society, London, Special Publications, vol. 251, pp. 117-131
74- Hashimoto, H., & Hirano, M., 1995, “Sediment transport rate and resistance on a steep channel”, Proc. Of the 50th Annual Conference of JSCE
75- Herve Pigay, Gorden Grant, Futoshi Nakamura and Noel Trudtrum, Braided river management: from assessment of river behavior to improved sustainable development
76- Howard, A., D., and Dietrich W., E., and Seidl, M., A., 1994, “Modeling fluvial erosion on regional to continental scales”, Journal of geophysical research, vol. 99, no. B7., pp. 13971-13986
77- Hylland, M.D. andW.E. Mulvey, 2003, Geologic hazard of Moab-SpanishValley, Grand County.UTAH
78- Leddy J.O. and ashworth, P.J. and Best, J.L, 1993, “Mechanisms of anabranch avulsion within gravel- bed braided rivers: observations from a scaled physical model”, Braided rivers, geological Society special Publication, No. 75, PP. 119-127
79- LeHook, Ruger B, Rohrer and William L., 1977, “Geometry of alluvial fans: Effect of discharge and sediment size”, John Willy 8 sons. Inc.
80- Michael J. Roell، Sand and Gravel Mining in Missouri Stream Systems: Aquatic Resource Effects and Management Alternatives, 1999, Missouri Department of Conservation, Conservation Research Center,1110 South College Avenue Columbia, Missouri 65201
81- Morisawa, M., 1985, “Rivers”, Longman Group Limited, New York, 222 pp
82- National Research Council, 1996, Alluvial Fan Flooding Committee on Alluvial Fan Flooding, National Academy Press
83- Nevada Division of Water Planning, Floodplain Management in Nevada
84- Pidwirny, M., 2006, “Periglacial processes and landforms”, Fundamentals of physical geography, 2nd Edition
85- Prothero D.R., Schwab F., 1996, “Sedimentary Geology”, W. H. Freeman and Company, New York, 575 pp
86- Reading, H. G., 1986, “Sedimentary Environments and Facieses”, Blackwell Scientific Publications, 615 pp.
87- Ridder, N. A., 1968, “Hydrogeological investigation of the Garmsar groundwater basin”, Iran, FAO pub., 39 p.
88- Scottidh Environmental Protection Agency,2008,Engineering in the Water Environment Good Practice Guide, 2008, Bank Protection: Rivers and Lochs(Document reference: WAT-SG-23)
89- Scottidh Environmental Protection Agency,2008, Engineering in the Water Environment Good Practice Guide ,Construction of River Crossings (Document reference:WAT-SG-25)
90- Sharma, V. K., 1986, Geomorphology; Earth surface processes and forms,McGraw-Hill pub., 244p.
91- Simons, li. & Associates, Inc, 1988, “Analysis of flows on alluvial fans”, Arizona department of transportation.
92- Takahashi, T., 1991, “Debris Flow”, Monograph Series of IAHR, A. A., Balkema, Rotterdam, the Netherland, 165pp
93- Takahashi , T., (1981) , "Debris flow ." , Fluid Mech. Vol.13.

omoorepeyman.ir

94- Terracosta consulting group. 2006. Flood hazard evaluation and foundation recommendation. Borrego springs subdivision. Project No. 2418.
95- Transportation association of Canada, 2004, “Guide to bridge hydraulics”, 181 pp
96- United State Soil Conservation Service (1963). Guide for selecting roughoss coefficient ‘n’ values for channels , US Department of Agricaltures, Washington DC.
97- US Army Corp of Engineers, 1993, Assessment of structural flood control meatures on alluvial fan
98- US Army Corp of Engineers, 1994, EM 1110-2-1601 080 CECW-EH-D Hydraulic Design of Flood Control Channels Change 1 ENG 4794-R
99- US Army Corp of Engineers, 1994, EM 1110-2-1418 114 CECW-EH-D Channel Stability Assessment for Flood Control Projects
100- US Army Corps of Engineers, 2008, HEC-RAS river analysis system hydraulic refrence manual.
101- U.S. Geological Survey Fact Sheet,Landslide Types and Processes, 2004, Ver 1.0
102- Yalin, M.S., da Silva, A.M.F.,2001, “Fluvial Processes”, IAHR Monograph, Delft, The Netherlands, 83 pages

omoorepeyman.ir

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.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Guidelines for the Study of Rivers on Alluvial Fans

No. 593

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

omoorepeyman.ir

این نشریه

با عنوان «راهنمای مطالعات رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای» برای مطالعه رودخانه‌های جاری بر روی مخروط‌افکنه‌ها تدوین گردیده است. رفتار رودخانه در مخروط‌افکنه‌ها متاثر از تغییرات شیب و ظرفیت انتقال رسوب رودخانه بوده و تغییر این عوامل از بازه‌های پرشیب کوهستانی به بازه‌های کم شیب‌تر مخروط‌افکنه‌ای در رفتار رودخانه اثر تعیین‌کننده‌ای دارد. لذا در این راهنما، علاوه بر ریخت‌شناسی رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای و هیدرولیک جریان آنها، به فرآیندهای رسوبی نیز پرداخته شده است. همچنین رفتار رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای در تعیین حدود بستر و حریم و سایر طرح‌های مهندسی رودخانه و مهار سیلاب نیز حایز اهمیت بوده از این رو در این راهنما، ملاحظات ویژه‌ای برای تعیین حدود بستر و حریم، مطالعات مهار سیلاب و فرسایش رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای، در نظر گرفته شده است.

omoorepeyman.ir