

مهندسی مسیل‌ها و رودخانه‌های فصلی

گردآوری و تألیف:

دکتر کاظم اسماعیلی

(عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد)



انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، سازمان مرکزی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی
ص.پ. ۹۱۷۷۵-۱۳۷۶ دفتر نشر: ۳۱۹۹۷۳۲۱ دفتر فروش و توزیع: ۳۱۹۹۷۳۲۶
www.jdmpress.com info@jdmpress.com

مهندسی مسیل‌ها و رودخانه‌های فصلی
گردآوری و تألیف: دکتر کاظم اسماعیلی

آماده‌سازی، ویراستاری و صفحه‌آرایی: واحد فنی دفتر نشر / چاپ و صحافی: من چاپ
چاپ اول / پاییز ۱۴۰۴ / ۱۰۰ نسخه / شماره نشر ۶۲۳

ISBN: 978-964-324-576-4

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۵۷۶-۴

کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است.

قیمت: ۲/۹۵۰/۰۰۰ ریال

به نام خداوند جان و خرد

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد بر این باور است که نخستین گام در راه بهبود ساختارهای اقتصادی - اجتماعی و توسعه کشور، دستیابی به تازه‌های دانش و نشر یافته‌های پژوهشگران است. کتاب حاضر ششصد و بیست و سومین اثری است که با همین رویکرد منتشر می‌شود. رهنمودهای خوانندگان فرهیخته می‌تواند ما را در ارتقای سطح کیفی و کمی این آثار یاری نماید.

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

توضیح:

به منظور استفاده بهینه از محتوای کتاب، فایل کلیه تصاویر رنگی در صفحه اختصاصی کتاب در سایت ناشر (www.jdmppress.com) بارگذاری شده و به همراه فهرست و پیشگفتار، در دسترس است.

فهرست

پیشگفتار.....	۱۲
آبراهه زودگذر یا مسیل چیست و چگونه شکل می گیرد؟.....	۱۲
جریان زودگذر چیست؟.....	۱۲
اهمیت جریان های زودگذر.....	۱۳
تفاوت بین جریان های زودگذر و متناوب.....	۱۴
مقدمه.....	۱۶
۱. خصوصیات رودخانه های فصلی.....	۱۸
۱-۱ مقدمه.....	۱۸
۲-۱ ویژگی های مهم مورد مطالعه آبراهه های فصلی و مسیل ها.....	۱۹
۱-۲-۱ مهار سیلاب.....	۱۹
۲-۲-۱ مهار فرسایش و رسوب.....	۲۰
۳-۲-۱ ساماندهی و اصلاح مسیر رودخانه.....	۲۰
۴-۲-۱ بهره برداری از شن و ماسه.....	۲۱
۵-۲-۱ بهره برداری از منابع آب.....	۲۲
۶-۲-۱ احداث سازه های عرضی (پل، سیفون، بند انحرافی، سد و...).....	۲۲
۷-۲-۱ تعیین حریم و بستر رودخانه.....	۲۳
۸-۲-۱ هشدار سیلاب.....	۲۳
۹-۲-۱ مدیریت رسوب.....	۲۴
۲. هواشناسی و اقلیم شناسی.....	۲۵
۱-۲ ویژگی متغیرهای هوا و اقلیم (بارندگی، دما، رطوبت، بارش، اقلیم).....	۲۵
۱-۱-۲ بارش.....	۲۵
۲-۱-۲ نحوه شکل گیری رگبارهای همرفتی در نواحی خشک.....	۲۷
۳-۱-۲ تبخیر؛ تبخیر تعرق.....	۲۹
۴-۱-۲ تعیین خشکسالی ها در مطالعات هواشناسی.....	۳۰

۳۲	۲-۲ وجوه تمایز ویژگی‌های مناطق خشک با مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب
۳۶	۳-۲ اطلاعات و داده‌های موردنیاز
۳۷	۴-۲ تحلیل منطقه‌ای
۳۷	۵-۲ مشکلات مطالعاتی
۳۹	۳. هیدرولوژی
۳۹	۱-۳ کلیات
۳۹	۱-۱-۳ فرایندهای هیدرولوژیکی
۴۰	۲-۱-۳ طرح هیدرولوژیکی
۴۱	۳-۱-۳ نفوذ
۴۲	۴-۱-۳ تغییرهای تأثیرگذار حوضه آبریز
۴۶	۲-۳ ویژگی‌های نهادی و بنیادی هیدرولوژیکی مناطق خشک و نیمه‌خشک
۴۶	۱-۲-۳ فرایندهای بارش-رواناب
۴۷	۲-۲-۳ عوامل مؤثر بر روابط بارش-رواناب
۴۸	۳-۳ وجوه تمایز ویژگی‌ها جریان در مناطق مرطوب و خشک
۴۸	۴-۳ اطلاعات و داده‌های موردنیاز
۴۸	۱-۴-۳ انواع داده و منابع تهیه داده برای تحلیل فرایند بارش-رواناب
۵۰	۵-۳ نحوه تولید اطلاعات و داده‌ها
۵۰	۱-۵-۳ نیازهای هیدرولوژیکی برای مطالعات طرح
۵۱	۲-۵-۳ نیازمندی‌های عمومی مهندسی هیدرولوژی
۵۱	۳-۵-۳ تحلیل فراوانی
۵۳	۴-۵-۳ تحلیل منطقه‌ای
۵۴	۵-۵-۳ تحلیل برف
۵۵	۶-۳ توصیه‌های مطالعاتی میدانی و دفتری (شیوه و دامنه)
۵۵	۱-۶-۳ آنالیز داده‌های رواناب
۶۰	۲-۶-۳ سیلاب‌های لحظه‌ای
۶۳	۳-۶-۳ مدل‌سازی
۷۲	۴. ریخت‌شناسی
۷۲	۱-۴ نگاهی عمومی بر ریخت‌شناسی رودخانه‌های دائمی
۷۳	۲-۴ مروری بر طبقه‌بندی رودخانه‌ها از دیدگاه‌های مختلف
۷۳	۱-۲-۴ زمین‌شناسی
۷۳	۲-۲-۴ درجه آزادی فرسایش بستر

۷۳.....	۳-۲-۴ شکل ظاهری
۷۵.....	۴-۲-۴ شرایط هیدرولیکی
۷۶.....	۵-۲-۴ پایداری
۷۷.....	۳-۴ مفاهیم طبقه‌بندی رودخانه‌ها
۷۸.....	۴-۴ ریخت‌شناسی رودخانه‌های فصلی
۸۲.....	۱-۴-۴ روش مستقیم
۸۷.....	۲-۴-۴ آبراهه با بستر در آستانه حرکت
۸۹.....	۳-۴-۴ آبراهه‌های انتقالی
۹۲.....	۴-۴-۴ آبراهه‌های ناپایدار
۹۳.....	۵-۴ حل مسئله به روش معکوس
۹۳.....	۱-۵-۴ روابط اساسی
۹۴.....	۲-۵-۴ مهاجرت بستر
۹۵.....	۳-۵-۴ تغییر شکل آبراهه
۹۸.....	۶-۴ فرآیندهای انتقال رسوب و ریخت‌شناسی آبراهه
۹۸.....	۱-۶-۴ استفاده از روش‌های معکوس
۱۰۰.....	۲-۶-۴ تولید داده
۱۰۲.....	۳-۶-۴ رفتار دینامیک رودخانه‌های فصلی
۱۰۴.....	۴-۶-۴ نکات تکمیلی
۱۰۷.....	۵. هیدرولیک رودخانه
۱۰۷.....	۱-۵ هیدرولیک جریان در مجاری روباز
۱۰۷.....	۱-۱-۵ انواع جریان
۱۰۸.....	۲-۱-۵ افت انرژی جریان
۱۱۰.....	۳-۱-۵ افت انرژی موضعی
۱۱۱.....	۴-۱-۵ تحلیل جریان
۱۱۵.....	۲-۵ تمایز ویژگی‌های هیدرولیکی بین رودخانه‌های فصلی و رودخانه‌های دائمی
۱۱۶.....	۳-۵ جریان سیل در رودخانه فصلی و مسیل‌ها
۱۱۶.....	۱-۳-۵ مفاهیم و تعاریف
۱۲۱.....	۲-۳-۵ نفوذ سیلاب به بستر
۱۲۲.....	۴-۵ روندیابی تندسیل در رودخانه‌های فصلی
۱۲۳.....	۱-۴-۵ مدل‌های منابع آب
۱۲۵.....	۲-۴-۵ معرفی مدل هیدرودینامیک ICSS و روابط حاکم

- ۳-۴-۵ اطلاعات ورودی مورد نیاز برای اجرای مدل ۱۲۶
- ۴-۴-۵ مثال شبیه‌سازی جریان در یک مدل فیزیکی ۱۲۶
- ۵-۴-۵ معرفی گزینه‌های شبیه‌سازی جریان ۱۲۷
- ۶-۴-۵ نتایج ۱۲۸
- ۵-۵ اطلاعات و داده‌های مورد نیاز مطالعات هیدرولیکی ۱۳۲
- ۶-۵ نحوه تولید اطلاعات و داده‌های مورد نیاز مطالعات هیدرولیکی ۱۳۲
- ۱-۶-۵ اطلاعات هندسی ۱۳۲
- ۲-۶-۵ اطلاعات هیدرولیکی ۱۳۳
- ۳-۶-۵ اطلاعات رسوب ۱۳۵
- ۴-۶-۵ اطلاعات پوشش گیاهی ۱۳۶
- ۷-۵ توصیه‌های مطالعات و بازدیدهای میدانی ۱۳۶
۶. هیدرولیک رسوب ۱۳۸
- ۱-۶ کلیات ۱۳۸
- ۲-۶ تغییرات فصلی و سالیانه بار رسوبی ۱۳۹
- ۳-۶ اصول پایه در برآورد بار رسوب ۱۴۴
- ۱-۳-۶ بار بستر ۱۴۴
- ۲-۳-۶ بار معلق ۱۴۶
- ۳-۳-۶ دینامیک رسوبات در رودخانه‌های فصلی ۱۵۰
- ۴-۳-۶ روش‌های تخمین غلظت مواد معلق رودخانه‌ها ۱۵۴
- ۴-۶ روش پردازش تصاویر دیجیتال ۱۵۶
- ۱-۴-۶ آماده‌سازی و تصویربرداری از نمونه‌ها ۱۵۷
- ۲-۴-۶ کاربرد الگوریتم به‌منظور پردازش تصاویر ۱۵۷
- ۳-۴-۶ تعیین رابطه بین غلظت و مقادیر RGB ۱۵۸
- ۴-۴-۶ استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۱۵۹
- ۵-۴-۶ روش اندازه‌گیری امواج پس انتشار صوتی ۱۶۰
- ۶-۴-۶ رابطه بین بار رسوب و حداکثر شدت جریان در شرایط سیلابی ۱۶۱
- ۵-۶ مدل‌های برآورد رسوب (بار بستر) در رودخانه‌های فصلی ۱۶۲
- ۱-۵-۶ مدل رانکل (۲۰۰۴) ۱۶۳
- ۲-۵-۶ مدل سونگک و گراف (۱۹۹۸) ۱۶۴
- ۳-۵-۶ مدل رید و همکاران (۱۹۹۵) ۱۶۵
- ۴-۵-۶ رابطه لین (۱۹۸۲) ۱۶۵

۱۶۶	۵-۵-۶ مدل بگنولد
۱۶۶	۶-۵-۶ رابطه اسکات (۲۰۰۶)
۱۶۶	۶-۶ لایه محافظ در رودخانه‌های فصلی
۱۶۷	۱-۶-۶ مشاهدات میدانی
۱۶۸	۲-۶-۶ درجه محافظت بستر
۱۶۹	۷-۶ نحوه تولید اطلاعات
۱۷۰	۱-۷-۶ روش‌های میدانی
۱۷۱	۲-۷-۶ روش‌های آزمایشگاهی
۱۷۲	۸-۶ نقایص و کاستی‌های موجود
۱۷۳	۱-۸-۶ پیشنهادها و توصیه‌های پژوهشی
۱۷۳	۲-۸-۶ پیشنهاد تهیه فهرست خدمات
۱۷۴	۷. فرسایش و رسوب
۱۷۴	۱-۷ کلیات فرسایش و رسوب در حوضه
۱۷۵	۱-۱-۷ انواع فرسایش
۱۷۵	۲-۱-۷ رسوب
۱۷۶	۳-۱-۷ عوامل فرسایش خاک
۱۷۷	۲-۷ عوامل مؤثر بر فرسایش‌پذیری
۱۷۷	۱-۲-۷ اثر شیب
۱۷۸	۲-۲-۷ اثر پوشش گیاهی
۱۷۸	۳-۲-۷ تولید رسوب
۱۷۹	۴-۲-۷ حمل رسوب
۱۸۱	۳-۷ محاسبه میزان فرسایش
۱۸۱	۱-۳-۷ تخمین‌های عددی
۱۸۱	۲-۳-۷ بیان کیفی اصول فرسایش
۱۸۲	۴-۷ مدل‌سازی در فرسایش خاک و تولید رسوب
۱۸۲	۱-۴-۷ روش جعبه سیاه
۱۸۳	۲-۴-۷ معادله عمومی فرسایش خاک
۱۸۴	۳-۴-۷ روش F.A.O
۱۸۵	۴-۴-۷ روش موس گراو
۱۸۵	۵-۴-۷ روش پساک
۱۸۷	۵-۷ فرسایش در آبراهه

۱۸۷	۱-۵-۷ مقایسه شرایط فرسایشی در رودخانه های دائمی و فصلی
۱۹۲	۲-۵-۷ شکل و مقطع عرضی
۱۹۴	۳-۵-۷ اندازه ذرات بستر
۱۹۶	۴-۵-۷ خصوصیت خاک دیواره مسیل ها
۱۹۷	۵-۵-۷ ویژگی های قسمت های ساحلی و جریان های جانبی
۲۰۱	۶-۷ نحوه تولید اطلاعات و داده های مورد نیاز مطالعات فرسایش و رسوب
۲۰۱	۱-۶-۷ اطلاعات هندسی
۲۰۳	۷-۷ توصیه های مطالعاتی میدانی و دفتری (شیوه و دامنه)
۲۰۵	۸ محیط زیست
۲۰۵	۱-۸ کلیات
۲۰۵	۱-۱-۸ طبقه بندی محیط زیستی رودخانه
۲۰۶	۲-۱-۸ اطلاعات مورد نیاز طبقه بندی محیط زیستی رودخانه ها
۲۰۷	۲-۸ چارچوب های محیطی
۲۰۸	۱-۲-۸ کاربرد چارچوب های محیطی در مدیریت منابع
۲۰۹	۳-۸ تسلسل توابع REC
۲۱۱	۴-۸ کنترل عوامل و شبکه رودخانه
۲۱۳	۵-۸ رده بندی عوامل REC و فرآیندهای فیزیکی
۲۱۷	۶-۸ اطلاعات و داده های مورد نیاز
۲۱۸	۱-۶-۸ اقلیم
۲۱۹	۲-۶-۸ منبع جریان
۲۲۳	۳-۶-۸ زمین شناسی
۲۲۴	۴-۶-۸ پوشش زمین
۲۲۵	۵-۶-۸ موقعیت شبکه
۲۲۵	۶-۶-۸ شکل دره
۲۲۶	۷-۶-۸ ضوابط ترسیم طبقه بندی
۲۲۷	۸-۶-۸ نحوه تولید اطلاعات و داده ها
۲۲۸	۹-۶-۸ استفاده از REC در تعیین مقادیر الگوهای زیستی و منابع
۲۳۰	۱۰-۶-۸ ارزیابی کاربرد REC
۲۳۱	۱۱-۶-۸ استخراج یک گروه از واحدهای مدیریتی
۲۳۲	۷-۸ استفاده از REC در محیط GIS

۲۳۴	۸-۸ توصیه‌های مطالعاتی و دستورالعمل‌ها
۲۳۴	۸-۸-۱ رودخانه‌های منفرد
۲۳۴	۸-۸-۲ بررسی پیشرفته
۲۳۵	۸-۸-۳ رسام
۲۳۵	۸-۸-۴ اضافه کردن اطلاعات به جدول REC
۲۳۵	۸-۹ طبقه‌بندی مناطق انفرادی
۲۳۶	۸-۱۰ گروه‌بندی
۲۳۶	۸-۱۱ نحوه تشکیل REC
۲۳۷	۸-۱۱-۱ اقلیم
۲۳۸	۸-۱۱-۲ منبع جریان
۲۴۰	۸-۱۱-۳ زمین‌شناسی
۲۴۱	۸-۱۱-۴ پوشش زمین
۲۴۲	۸-۱۱-۵ موقعیت شبکه
۲۴۲	۸-۱۱-۶ شکل دره
۲۴۲	۸-۱۲ توصیه‌های پژوهشی
۲۴۵	۸-۱۲-۱ مشخصات حوضه آبریز و مسیر آبراهه
۲۴۶	۸-۱۲-۲ الگوهای فضایی اجتماعات گیاهی
۲۴۶	۸-۱۲-۳ آنالیز آماری
۲۴۷	۸-۱۲-۴ روابط حوضه آبریز و جوامع گیاهی
۲۴۹	۹. تلفات آبگذری
۲۴۹	۹-۱ مقدمه
۲۵۰	۹-۲ مشخصات و مفاهیم مربوط به رودخانه‌های فصلی و خشک
۲۵۲	۹-۳ برآورد تلفات آبگذری
۲۵۵	۹-۳-۱ روش‌های برآورد میزان تلفات
۲۵۷	۹-۳-۲ روش همبستگی رگرسیونی
۲۶۰	۹-۴ کاربرد روابط برآورد تلفات آبگذری
۲۶۴	منابع

پیشگفتار

آبراهه زودگذر یا مسیل چیست و چگونه شکل می گیرد؟

همه آبراهه‌ها در تأمین آب کافی برای انسان‌ها، حیوانات و همچنین پوشش گیاهی نقش مهمی دارند. این امر حتی در مورد جریان زودگذر که به ظاهر ناچیز و کمتر شناخته شده است نیز صدق می‌کند. جریان در آبراهه زودگذر جریانی موقتی است که فقط برای مدت کوتاهی در نتیجه بارش مستقیم جاری می‌شود و عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک که بارندگی به ندرت صورت می‌گیرد رخ می‌دهد. تفاوت این آبراهه‌ها با جریان در آبراهه‌های متناوب، ناشی از فقدان یک مسیر فیزیکی یا بستر کاملاً مشخص است. در همه رودخانه‌ها و نهرها به طور مداوم در طول سال جریان وجود ندارد. برخی از آنها فصلی هستند و در برخی از آنها فقط در رخدادهای خاص جریان آب جاری می‌شود. صرف‌نظر از اندازه و تکرار آنها، همه آنها بخشی از چرخه آب را تشکیل می‌دهند که آب را در سراسر سطح زمین پخش کرده و چرخش می‌دهند. جریان موقت، جریان زودگذر نام دارد که اغلب و فقط برای مدت کوتاهی در رخدادهای خاص جریان وجود دارد. با این حال، هنوز هم به اندازه هر سیستم رودخانه دائمی گسترده، منبع آب مهمی محسوب می‌شود. در رودخانه‌های اصلی و نهرهای بزرگ در طول سال جریان آب برقرار است، به این معنی که دائمی هستند (مانند راین در اروپا، آمازون در آمریکای جنوبی و نیل در آفریقا). یک جریان زودگذر، نه تنها گذرا نیست، بلکه حتی یک اتفاق فصلی نیز نیست. برای اینکه بتوان چگونگی و چرایی شکل‌گیری این نوع جریان را توصیف کرد، ابتدا باید درک روشنی از اینکه جریان زودگذر دقیقاً چیست به دست آورد.

جریان زودگذر چیست؟

جریان زودگذر که در مسیل‌ها جاری می‌شود، جریانی موقت است که فقط برای مدت کوتاهی در نتیجه مستقیم

بارش جاری می‌شود و عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک که بارندگی به‌ندرت وقوع می‌یابد رخ می‌دهد. تفاوت آن با جریان‌های متناوب به‌دلیل نداشتن یک کانال فیزیکی یا بستر کاملاً مشخص می‌باشد. کلمه گذرا (Ephemeral) از کلمه یونانی Ephēmeros گرفته شده است که به درستی به معنای «دوام برای مدت بسیار کوتاه» است. تعیین‌کننده‌ترین ویژگی آن همین وقوع مختصر یک جریان زودگذر است. از آنجایی که این نهرها برای مدت کوتاهی دارای جریان می‌باشند، لذا همانند رودخانه‌های چندساله، زمان لازم برای ایجاد یک کانال عمیق و عریض را ندارند. از طرفی این رخداد در مناطق عمدتاً خشک صورت می‌گیرد، جایی که سطح آب زیرزمینی عمق زیادی نسبت به سطح زمین قرار دارد. در نتیجه این دو عامل، جریان‌های زودگذر در بالای سطح آب زیرزمینی در مقایسه با نهرها و رودخانه‌های دائمی‌تر که بستر رودخانه‌ها در زیر سطح آب قرار دارند، ایجاد می‌شوند.

جریان‌های زودگذر در مناطق خشک یا نیمه‌خشک که بارندگی به‌ندرت رخ می‌دهد این طور شکل می‌گیرند که وقتی بارندگی زیادی اتفاق می‌افتد، اغلب یک جریان موقت در سطح ایجاد می‌شود. جریان می‌تواند یک مسیر جدید ایجاد کند یا آبراهه موجود قبلی (که مسیر شسته‌شده خشک نامیده می‌شود) را دنبال کند. مسیرهایی که این جریان‌ها دنبال می‌کنند می‌توانند به شبکه‌های بزرگ‌تری از نهرها و رودخانه‌های متناوب یا چندساله مرتبط شوند. این جریان‌ها می‌توانند برای مدت کوتاهی قبل از تبخیر کامل و نیز بدون رسیدن به نقطه خاصی (مخزن) یا برای تشکیل آب‌های زیرزمینی جذب خاک شده و یا به حرکت خود ادامه دهند. نهرهای زودگذر برای مدت زمان محدودی جریان دارند و به سرعت خشک می‌شوند و تنها بستری خشک را پشت سر می‌گذارند. به‌طور دقیق‌تر این کانال‌های خشک‌شده گاهی به‌عنوان آروپو توصیف می‌شوند، که مترادف با مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند و در آن جریان‌های زودگذر رخ می‌دهند. توجه به این نکته مهم است که جریان زودگذر و آبراهه‌ای که در آن جریان مداوم برقرار است یکسان نیستند. جریان آب در نهر خشکیده گذرا است، در حالی که مسیری که در آن جریان برقرار است همواره به‌صورت یک آبراهه باقی می‌ماند.

اهمیت جریان‌های زودگذر

طبیعی است نتیجه بگیریم که نهرهای زودگذر در کوتاه‌مدت نقش ناچیزی در کمک به چرخه آب و هر گونه تأثیر مفید دیگری بر محیط زیست دارند و چنین نتیجه‌ای شاید دور از واقعیت نباشد. اما از طرفی این جریان‌ها در طولانی‌مدت نقش غیرقابل‌انکاری در تأمین منابع تازه و حفظ منابع موجود حداقل به سه روش مختلف دارند:

۱. تأمین آب شیرین برای شبکه‌های آب چندساله

اگرچه درنهرهای زودگذر جریان فقط در حین یا پس از یک بارش جاری می‌شود اما ترکیب و فراوانی این جریان‌ها تأثیر زیادی دارد. در واقع، بارش‌ها اکثریت قریب به اتفاق آب شیرین را به کل شبکه رودخانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک هدایت می‌کنند. به عنوان مثال، ۹۵ درصد از تمام جریان‌ها در آریزونا فصلی هستند، که مقدار قابل توجهی از آنها زودگذر است. حتی در مناطق مرطوب‌تر با بارندگی‌های مکرر، تخمین زده می‌شود که بیش از ۵۰ درصد از کل شبکه نهرها را نهرهای موقت تشکیل می‌دهند

۲. انتقال رسوبات جدید به مناطق پایین دست

در طول دوره های خشک طولانی، بسترهای جریان خشک شده لایه ای از خاک می سازد که محتوای مواد مغذی آن با رشد پوشش گیاهی کاهش نیافته است. مواد آلی ایجاد شده توسط حیوانات مرده و حشرات و همچنین بقایای گیاهان مرده نیز در آروپوها تجمع می یابند و محتوای مواد مغذی خاک را غنی تر می کنند. هنگامی که یک بارش سریع باعث جاری شدن یک جریان زودگذر می شود، این خاک غنی از مواد مغذی را به پایین دست می برد. جایی که در سواحل رودخانه ها و نواحی اطراف رسوب می کند و زمین را با رسوبات تازه مورد نیاز پر می کند.

۳. تغذیه و محافظت از سفره آب زیرزمینی

از آنجایی که مناطق خشک و نیمه خشک که در آن جریان های زودگذر رخ می دهد، حاوی رطوبت زیادی نیستند، سفره آب های زیرزمینی در عمق بیشتری نسبت به مناطق مرطوب در زیر سطح قرار دارند. هنگامی که مقدار قابل توجهی باران می بارد، به این آبراهه ها اجازه می دهد تا حجم زیادی از آب را در خود جای داده و موجب بازیابی سطح آب زیرزمینی شوند. همچنین به دلیل حجم زیاد امکان تداوم آنها تا رسیدن به رودخانه های دائمی امکان پذیر است.

تفاوت بین جریان های زودگذر و متناوب

برخی سردرگمی ها در مورد تفاوت بین جریان های زودگذر و جریان های متناوب در میان محققان وجود دارد زیرا هر دو به عنوان جریان های موقت در نظر گرفته می شوند. نهرهای زودگذر قبلاً به عنوان نهرهای موقتی تعریف شده اند که فقط در نتیجه مستقیم بارش جریان دارند. عمق سفره آب زیرزمینی آنها همچنین به این معنی است که آنها به هیچ وجه نمی توانند به این منبع آب برای حفظ جریان خود دسترسی داشته باشند.

با این حال، جریان های متناوب و زودگذر تفاوت های دیگری نیز دارند. جریان های متناوب اغلب فصلی هستند، به این معنی که اگرچه در طول سال جریان ندارند، اما در طول فصل بارندگی منبع ثابتی از آب دریافت می کنند که به آنها اجازه می دهد برای دوره های طولانی جریان داشته باشند. آنها همچنین دارای بسترهای عمیق تر و مشخص تری هستند. بنابراین در دسترس بودن آب بیشتر شرایط را به گونه ای فراهم نموده که به سادگی سفره آب زیرزمینی خود را که در عمق کمی است تغذیه کنند. در مطالعه دیگری (گالو^۱ و همکاران ۲۰۲۰) یک تقسیم بندی در مورد ناحیه آریزونا ارائه نمودند، (۱) خشک - زودگذر، (۲) مرطوب - زودگذر، (۳) خشک - متناوب، (۴) مرطوب - متناوب، و (۵) فصلی - متناوب.

در یک جمع بندی می توان بیان نمود که چگونه یک اتفاق به ظاهر ناچیز می تواند نقش مهمی در یک شبکه بسیار گسترده تر داشته باشد. یک جریان زودگذر نه تنها موقتی است، بلکه فقط برای مدت کوتاهی در طول یک باران جریان دارد. با این حال، در بسیاری از مناطق، اکثریت قریب به اتفاق آب شبکه های اصلی رودخانه را به خود

اختصاص می‌دهد و آنها را قادر می‌سازد تا در طول سال جریان داشته باشند. درک اینکه یک جریان زودگذر و نهر زودگذر (مسیل) چیست، چگونه شکل می‌گیرد و برای شبکه‌های بزرگتر و دائمی‌تر آب چه اهمیتی دارد، بسیار مهم است.

با توجه به اینکه در کشور ما مسیل‌های زیادی وجود دارند، مطالعات اولیه نشان می‌دهد استفاده از پتانسیل آنها از جنبه‌های مختلف امکان‌پذیر است. از این رو آشنایی با خصوصیات هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، مورفولوژیکی، محیط‌زیستی، اجتماعی و ... ما را در ارائه راهکارهای مناسب برای بهره‌گیری هرچه بهتر از چنین منابعی یاری می‌رساند. بنابراین ترسیم روش‌های اجرایی مناسب در این زمینه نیاز به مطالعه کامل آنها از جنبه‌های مختلف دارد. هرچند پتانسیل‌های بهره‌گیری از چنین آبراهه‌هایی متنوع است، اما روند مطالعات ممکن است به زمینه‌های مشابهی از بررسی‌ها وارد شود که این امر به دلیل اثر متقابل خصوصیات آبراهه‌ها بر یکدیگر، آن را اجتناب‌ناپذیر می‌گرداند. محتوای حاضر با بهره‌گیری از تجربیات به‌دست آمده از منابع مختلف و پژوهش‌های میدانی، سعی در ترسیم سیمای آبراهه‌های فصلی و مسیل‌ها را نموده و امیدوار است مورد استفاده دانش‌پژوهان این عرصه علمی قرار گیرد.

مقدمه

مطالعات و پژوهش‌های انجام‌شده در مورد رودخانه‌ها عمدتاً رودخانه‌های دائمی را شامل می‌شود. در واقع عدم توجه به مسیل‌ها بیشتر ناشی از آن بوده که این رودخانه‌ها به دلیل بی‌آبی در اغلب طول سال، از اهمیت اقتصادی قابل توجهی برخوردار نیستند. تغییرات جمعیتی و نیازهای روزافزون جوامع انسانی به منابع آبی جدید، رویکرد دیگری را در قبال این آبراهه‌ها نشان می‌دهد. این موضوع نه تنها در کشور ما بلکه در بسیاری از مناطق جهان که شرایطی همچون کشور ما داشته و با مسئله کم‌آبی مواجه هستند مشاهده می‌شود. بر اساس اطلاعات منابع، محققان علم رودخانه علاقه‌مندند تا با دانسته‌های خود از رودخانه‌های دائمی به مسائل رودخانه‌های فصلی و مسیل‌ها پرداخته و ویژگی‌های مشاهده‌شده در این آبراهه‌ها را با یکدیگر مورد مقایسه قرار دهند.

در کتاب حاضر به نمونه‌های مطالعاتی فراوانی در زمینه مسیل‌ها اشاره شده و این مطالب در چندین فصل تدوین گردیده است.

در فصل ۱ اهداف مطالعه مسیل‌ها و رودخانه‌های فصلی از دیدگاه‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است و نتایج حاصل از بررسی انجام‌شده در این فصل ضرورت مطالعه چنین آبراهه‌هایی را - که مبنای تهیه این کتاب است - به طور واضح نشان می‌دهد.

در فصل ۲ تأثیر شرایط هواشناسی منطقه بر مسیل‌ها بررسی شده و ویژگی‌های مؤثر در شکل‌گیری رگبارهای سریع که موجب به وجود آمدن سیلاب‌های سریع در این رودخانه‌ها است مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. فصل ۳ به دیدگاه مطالعاتی مسیل‌ها از جنبه هیدرولوژی توجه نموده است. معیارهای بررسی و مطالعات پایه و روش‌های مناسب در این خصوص، استفاده از انواع مدل‌های نرم‌افزاری برای شبیه‌سازی شرایط هیدرولوژیکی، مانند سیلاب و دوره برگشت در این رودخانه‌ها از اهم مطالب این فصل است.

فصل ۴ رودخانه‌های فصلی و مسیل‌ها را از دیدگاه ریخت‌شناسی مورد ارزیابی قرار می‌دهد؛ از آنجا که در مطالعه رودخانه‌ها، ریخت‌شناسی رودخانه جزو مطالعات بسیار مهم می‌باشد و نظر به اینکه ریخت‌شناسی رودخانه‌های فصلی تفاوتی اساسی با رودخانه‌های دائمی دارد، لذا در این فصل سعی شده است ابتدا توضیحات مختصری در رابطه با رودخانه‌های دائمی ارائه شود و سپس تفاوت‌ها و ویژگی‌ها و معیارهای رودخانه‌های فصلی، به صورت چندین رابطه و جدول ارائه شود. سیستم‌های طبقه‌بندی نیز همچون روش روزگن در این فصل ذکر شده است.

موضوع مهم دیگری که در فصل ۵ بدان پرداخته شده است هیدرولیک جریان در آبراهه‌ها است. جریان در این رودخانه‌ها موردی بوده و عدم تماس آب با بستر در فاصله زمانی طولانی موجب خشک شدن لایه‌های بالایی بستر می‌شود که با شروع حرکت جریان‌های سیلابی در آنها بخش قابل توجهی از جریان سیلاب در شرایط خاص می‌تواند به خاک نفوذ نماید. از آنجا که خصوصیت سیلاب‌های جاری شده در این آبراهه‌ها از نوع سیلاب سریع با شدت زیاد و زمان دوام کم است، لذا تغییرات نفوذپذیری بستر به طور چشمگیری بر هیدرولیک جریان مؤثر خواهد بود.

فصل ۶ به مفاهیم هیدرولیک رسوب اختصاص دارد. اگرچه زمان دوام سیلاب‌های سریع کوتاه است اما قابلیت جابه‌جایی رسوبات را به مقدار زیاد دارند و این شرایط حاکی از آن است که دبی رسوب در این رودخانه‌ها بیشتر از رودخانه‌های دائمی می‌باشد. از طرف دیگر قدرت جریان‌های ایجاد شده توانایی حرکت سنگ‌های بزرگ را نیز دارند. خصوصیت غیرماندگار جریان در این رودخانه‌ها امکان ارائه روابطی جهت برآورد جریان و میزان رسوب را مشکل نموده است.

فصل ۷ به موضوع فرسایش و رسوب می‌پردازد. چنانکه قبلاً اشاره شد تفکیک مسائل مربوط به فرسایش، رسوب و جریان به سادگی امکان‌پذیر نیست.

جنبه‌های محیط زیستی مسیل‌ها و رودخانه‌های فصلی در فصل ۸ مطرح شده است و در فصل ۹ به تحلیل تلفات آبگذری در این رودخانه‌ها اختصاص یافته است.

لازم به یادآوری است که در کتاب حاضر به دلیل ارتباط تنگاتنگ موضوعات مطرح شده، همپوشانی‌هایی در بین فصل‌ها به چشم می‌خورد. همچنین در تدوین مطالب مرتبط با مسیل‌ها و رودخانه‌های فصلی الزام استفاده مختصر از مفاهیم رودخانه‌های دائمی نیز وجود دارد که ناگزیر در این کتاب به آن مطالب هم اشاره شده است. شناخت خصوصیات یک آبراهه، کلید اصلی انتخاب روش مناسب مطالعه و تحقیق در آن زمینه است. اگر سابقه در جزئیات مطالعاتی آن موضوع وجود نداشته باشد و یا این که ناچیز باشد تلاشی گران باید تا بتوان تصویر مناسبی از چنین رودخانه‌هایی ارائه کرد و به مقصود نهایی دست یافت. تهیه کتاب مهندسی مسیل‌ها و رودخانه‌های فصلی از جمله چنین مواردی است.

بعضی شرایط گسترش پشته‌ها و تثبیت گیاهی آنها باعث ایجاد جزایر مقاومی می‌گردد که حتی در مواقع سیلابی نیز جریان آب را به چند رشته تقسیم نموده و سبب انحراف و هدایت خطوط جریان به سمت کناره‌ها و تخریب دیواره‌ها و تعریض رودخانه خواهد شد. شکل‌های ۲-۴، ۳-۴ و ۴-۴ انواع رودخانه‌ها را نشان می‌دهد.

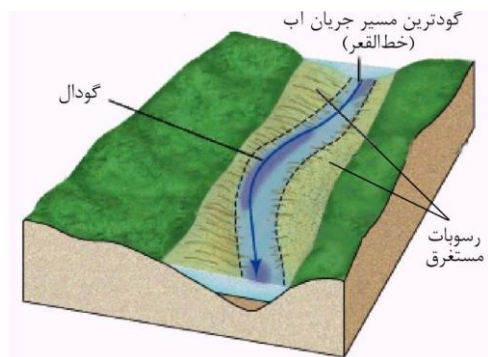
۴-۲-۴ شرایط هیدرولیکی

رودخانه‌ها بر حسب خصوصیات هیدرولیکی به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند: رودخانه‌های مناطق کوهستانی و رودخانه‌های جاری در دشت. برتس^۱ (۱۹۷۸ و ۱۹۸۶)، هی^۲ (۱۹۷۹) با تأکید بر تفاوت مکانیزم مقاومت جریان و با معرفی فاکتور «زبری نسبی» (نسبت ارتفاع زبری بستر به عمق متوسط آب) مشخصات این رودخانه‌ها را به شرح زیر ارائه داده‌اند.

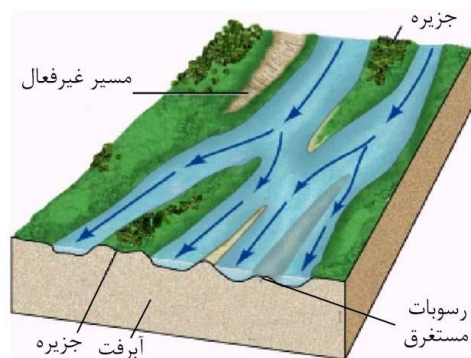
فاکتور زبری نسبی در رودخانه‌های کوهستانی نسبتاً زیاد است. به‌طوری که سنگ‌های بستر کاملاً حالت بیرون‌زدگی داشته و اغلب از سطح آزاد آب نیز بالاتر می‌زند. به همین دلیل نسبت فوق برای رودخانه‌های کوهستانی نزدیک به یک بوده و مواد بستری آن متشکل از شن درشت و قلوه‌سنگ و تخته‌سنگ است. در حالی که در رودخانه‌های دشتی، زبری نسبی در حدود ۰/۱ است و مواد بستری آنها شنی و ماسه‌ای و ریزدانه می‌باشد.

شیب رودخانه‌های کوهستانی زیاد و در محدوده ۰/۴ تا ۵ درصد است لذا در مقایسه، سرعت جریان و دبی ویژه سیلاب (در واحد سطح حوضه) آنها زیاد ولی مدت دوام سیل آن کم می‌باشد.

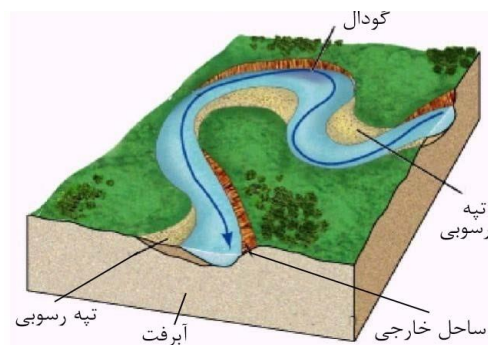
بر اساس گزارش هی (۱۹۸۲) رودخانه‌های بستر شنی با زبری نسبی ۳ تا ۸۰ عموماً شریانی بوده و پشته‌ها و جزایر رسوبی آن نسبتاً پایدار هستند در حالی که رودخانه‌های بستر ماسه‌ای و ریزدانه‌ای در سیلاب‌دشت‌ها و عموماً به‌صورت پیچ و خم، پشته‌های رسوبی در آنها ناپایدار، متحرک و تابع شرایط جریان می‌باشد. از این رو مقاومت جریان و خصوصیات هندسه هیدرولیکی آنها با یکدیگر متفاوت خواهد بود.



شکل ۲-۴ رودخانه مستقیم.



شکل ۳-۴ رودخانه شریانی.



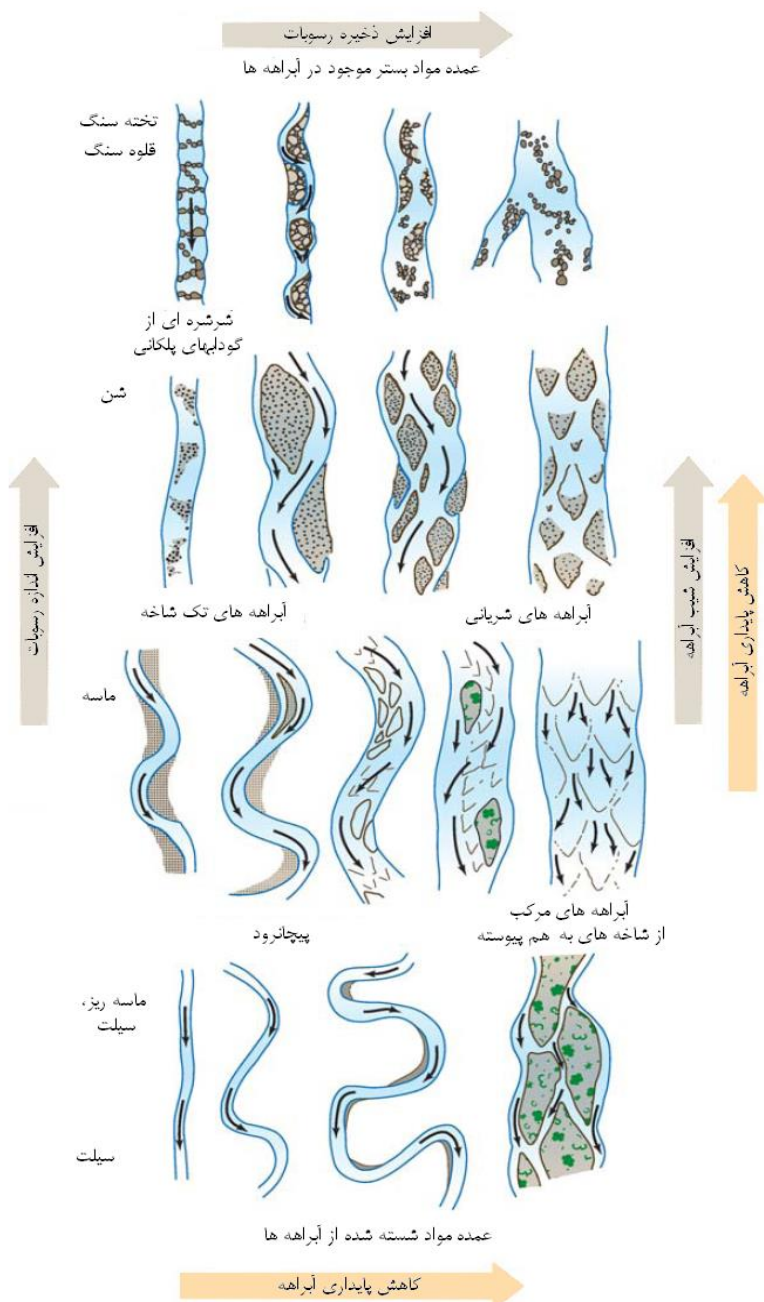
شکل ۴-۴ پیچان رود.

۴-۲-۵ پایداری

رودخانه، پدیده‌ای دینامیک است زیرا علاوه بر خصوصیات جریان (دبی، رسوب و...) ابعاد، راستا و مسیر آن به‌طور پیوسته در تغییر است. اما پایداری بر حسب شدت تغییرات و نیز دوره زمانی مورد نظر نسبی بوده و محققان مختلف تعاریف متفاوتی از آن دارند.

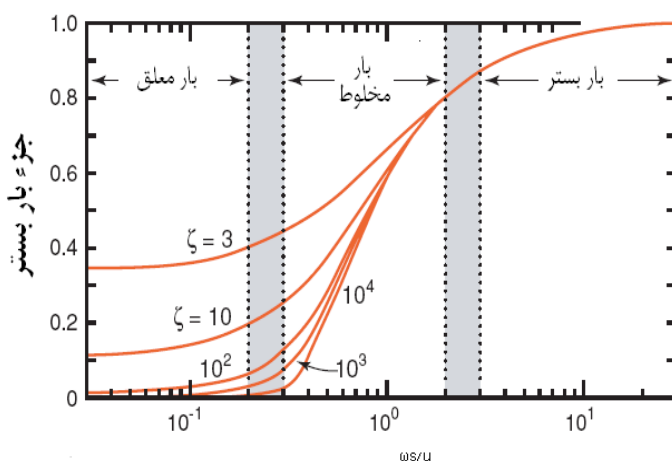
در برخی منابع رودخانه‌ها را بر اساس بیلان رسوبی آن در یک بازه معین به گروه‌های پایدار، فرسایشی و ته‌نشینی تقسیم می‌کنند. استیون^۱ و همکاران (۱۹۷۵) نیز رودخانه‌ها را به دو گروه «در حالت رژیم» و «ناپایدار» تفکیک می‌کند به‌طوری که معنی رژیم این نیست که تغییر در خصوصیات رودخانه رخ ندهد بلکه این تغییرات قابل ملاحظه نبوده و متوسط خصوصیات آن در طی دوره زمانی کوتاه (مثلاً ۱۰ سال گذشته) تغییرپذیری کمی داشته باشد. شاخص دیگر تغییرات رژیم هیدرولوژیک است به‌طوری که اگر نسبت مجموعه سیلاب‌های بیشینه به سیلاب متوسط سالیانه در دوره مشاهده‌ای گذشته کم باشد، رودخانه در حالت رژیم و در غیراین صورت ناپایدار خواهد بود.

1. Steven



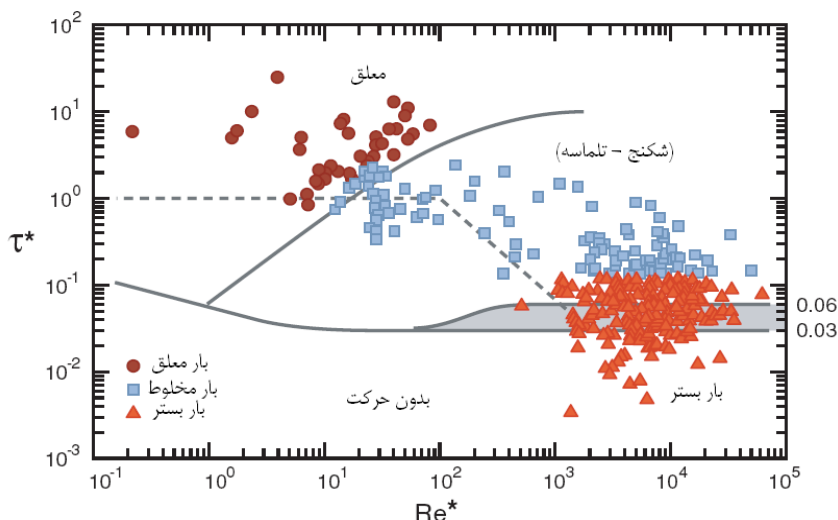
شکل ۴-۶ نمودار رابطه بین شکل آبراه رودخانه‌های فصلی و عوامل اصلی حاکم (اصلاح‌شده توسط چرچ، ۱۹۹۲، بر اساس مفاهیم ارائه‌شده توسط مولارد، ۱۹۷۳ و شام، ۱۹۸۵). نام نوع کانال‌های نمونه در موقعیت مناسبی داخل نمودار قرار گرفته است. قسمت‌های سایه خورده نشان‌دهنده رسوبات است.

دید و فرند^۱ (۱۹۹۸) رفتار مشخصه τ^* را برای ذرات رسوبی متفاوتی به‌دست آوردند. با استفاده از معادله راس^۲ (برای توزیع رسوبات معلق در عمق و در جریان برشی)، و با فرض اینکه غلظت رسوبات لازم در کف مقطع عرضی برابر غلظت بار بستر است، روابط مشخصه بین نسبت سرعت ته‌نشینی به سرعت برشی جریان (ω_s/u^*) ، و بخشی از بار جریان که به‌صورت بار بستر است به‌دست می‌آید (شکل ۴-۷). این نسبت با عمق نسبی $\zeta = d/z_b$ تغییر می‌کند که در آن d عمق جریان و z_b ضخامت لایه بار بستر است. برای ذرات شن، ζ تقریباً عکس زبری نسبی است (d_s/d) در رابطه لین) چرا که $d_s \approx z_b$. در حالت بار انتقالی، محدوده $0.3 \leq \omega_s/u^* \leq 3$ برای اکثر رسوبات معلق و $\omega_s/u^* \geq 3$ برای اکثر رسوبات بار بستر تعریف می‌شود.



شکل ۴-۷ بخش‌های تشکیل‌دهنده کل بار رسوب که به‌صورت بار بستر منتقل می‌شوند و به‌صورت تابعی از نسبت سرعت نشست ω_s/u^* و عمق نسبی، $\zeta = d/z_b$ نشان داده شده است.

حالت بار معلق زمانی رخ می‌دهد که بار بستر کمتر از ۱۰٪ کل بار را تشکیل دهد. در هر حال این‌ها اشکالی قراردادی هستند که بایستی با حالت‌های تجربی مقایسه شوند (جدول ۴-۴ را ببینید). هرچند مقایسه کار دشواری است چرا که معمولاً تقسیم‌بندی بار معلق و بار بستر به‌صورت بار رسوب کلی ارائه می‌شود لذا بار شسته که بعضاً فراوان‌تر است اساساً بخش معلق را تشکیل می‌دهد. در مقایسه دیده می‌شود که در قسمت‌های تعریف شده توسط دید و فرند که حتماً بایستی در مورد مواد بستر به کار گرفته شوند، بخش بار بستر از اهمیت بیشتری برخوردار است. دید و فرند برای دستیابی به معادله‌ای مفهومی در مورد انتقال رسوب همانند معادله بگنولد (۱۹۹۶) اقدام کردند. آنان رژیم تشی سیال را به‌دست آورده و با کمک آن حالت حاکم توسط یک جزء از بار یا چیزهای دیگر را مشخص کرده و تلاش‌های خود را ادامه دادند. در شکل ۴-۷ بخش‌های تشکیل‌دهنده کل بار رسوب که به‌صورت



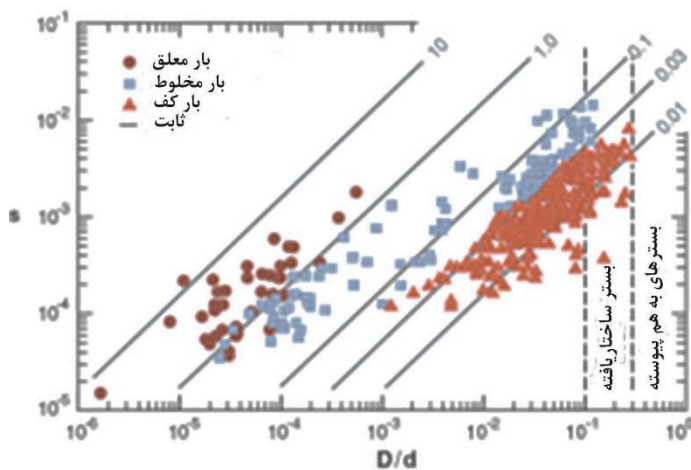
شکل ۴-۸ نمودار شیلدز و داده های مربوط به بار بستر (آبراهه آستانه)، بار مخلوط (آبراهه انتقالی)، و بار معلق (آبراهه ناپایدار).

لذا می توان دسته ای از آبراهه ها را براساس (شکل های ۴-۸ و ۴-۹ و جدول ۴-۱) معرفی کرد که در آن انتقال مواد بستر به شرایط نزدیک به آستانه محدود شود ($0.01 \leq \tau^* \leq 0.1$). چنین آبراهه هایی مشابه آبراهه های نوع بار بستری هستند که توسط دید و فرند و شرایط جابه جایی جزئی که توسط ویل کوک و مک آردل معرفی شده است، باشند چنین آبراهه هایی را می توان با عنوان آبراهه های آستانه که در مورد مواد درشت دانه و شنی شکل می گیرند طبقه بندی نمود.

طبقه بندی مشهور دیگر بر اساس آبراهه هایی است که در آن مواد بستر همانند نوع بار معلق دید و فرند ($\tau^* > 0$) به صورت معلق حرکت می کنند؛ این آبراهه ها حالت کاملاً متحرک را تجربه کرده و در طبقه کانال های ناپایدار قرار می گیرند چراکه بستر به واسطه فرآیند انتقال رسوب، مستعد تغییر شکل مداوم است. چنین آبراهه هایی در رسوبات ماسه ای و ریزتر شکل می گیرند. بین این دو طبقه کاملاً مشخص یک گروه از آبراهه های انتقالی وجود دارد که معمولاً از شن های ریز یا شن های ماسه ای تشکیل شده اند و یا آبراهه های با بستر ماسه ای با شیب کم هستند که حرکت کلی مواد بستر در آن رخ داده اما بخش عمده ای از بار رسوبی به صورت کشتی باقی می ماند.

به طور آشکار سه رژیم انتقالی معرفی شده در بالا با طبقه بندی سه گانه شام هم ارز است اما تمرکز آن بر بازه اعداد شیلدز رژیم آبراهه ای را دقیق تر معرفی می کند (جدول ۴-۱). مدل حاکم بر انتقال رسوبات، افزایش حجم رسوبات موجود در طبیعت و در نتیجه شکل های اصلی ریخت شناسی آبراهه را کنترل می کند. در قسمت هایی که جریان در آبراهه وجود دارد، بار بستر بایستی لزوماً به صورت رسوبات تجمعی درون آبراهه ای ته نشین شود و به صورت برآمدگی هایی در مناطق نسبتاً عریض و کم عمق آبراهه و ناپایداری های جانبی که مشخصه آبراهه های آستانه و

انتقالی است ایجاد شود. برعکس، رسوبات معلق موجود در ستون آب، بر سطح برآمدگی‌های رسوبی ته‌نشین می‌شوند. رسوبات ریزدانه‌تر و چسبنده‌تر باعث افزایش مقاومت ساحل رودخانه و رسوبات ریزدانه باعث افزایش و گسترش سریع پوشش گیاهی می‌شوند، لذا آبراهه‌های ناپایدار به‌طور معمول نسبتاً عمیق و باریک با توپوگرافی مرتفع و به شکل نواری هستند. یک طبقه آبراهه میانی و گسترده نیز هر دو نوع رسوب‌گذاری اخیر را تجربه می‌کند.

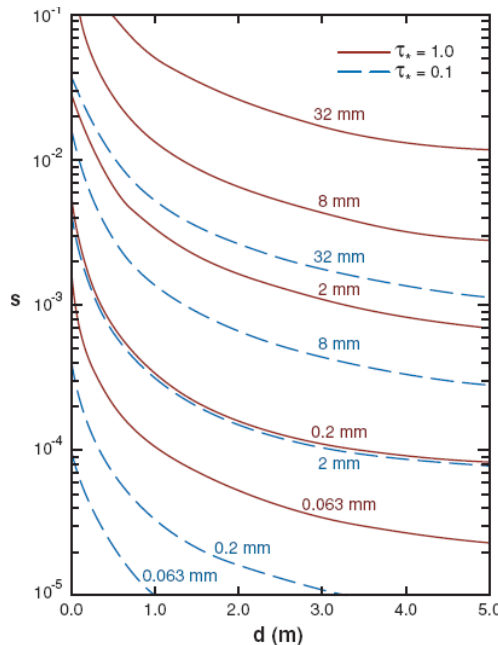


شکل ۴-۹ داده‌های رودخانه‌ای، شیب آبراهه (S) در برابر زبری نسبی (D/d).

در این شکل D اندازه ذرات و d عمق جریان را نشان می‌دهد و خطوط مربوط به مقادیر با τ^* ثابت در این نمودار به‌صورت خط راست نشان داده شده‌اند. داده‌های مربوط به بار بستر (آستانه) و نزدیک به بار مخلوط (انتقالی) مرتبط با τ^* از حالت معمول پایین‌تر رسم شده‌اند چراکه اندازه واقعی ذرات منتقل شده در این آبراهه‌ها معمولاً کوچک‌تر از ذراتی هستند که در سطح بستر قرار می‌گیرند. زبری نسبی نیز بر اساس حالت اخیر برآورد شده است چراکه داده‌های مربوط به انتقال برای تعداد اندکی از آبراهه‌ها موجود است.

۴-۴-۲ آبراهه با بستر در آستانه حرکت

به نظر می‌رسد در آبراهه‌هایی که بار بستر تعیین‌کننده است، نیروی محرک برای انتقال رسوب هیچ‌گاه به مقداری بیشتر از آستانه حرکت نمی‌رسد (ویل کوک و مک آردل، ۱۹۹۷). بر اساس رابطه ۴-۳، برای هر مقدار زبری نسبی (یعنی مقیاس نسبی از جریان و رسوب) و به‌منظور تأمین پایداری ذرات که توسط عدد شیلدز آستانه تعیین می‌شود، یک مقدار شیب حدی (S_c) وجود دارد. برای حالتی که $D/d \approx 1$ و $\tau_c^* = 0.045$ است، شیب حدی $S_c \approx 0.07$ (4°) است. در آبراهه‌های با شیب زیاد، رسوبات با زبری نسبی ۱ ناپستی دیده شود اما به‌طور یقین وجود دارند. آبراهه‌هایی با شیب (11°) 0.2، قادرند توده‌های سنگ‌دانه‌ای را حفظ کنند. در حالتی که $D/d < 1$ (عمق جریان و D ارتفاع زبری)، S_c محاسباتی کمتر نیز خواهد بود. در شیب‌های زیاد، توده‌های رسوب شکل خاصی به خود



شکل ۴-۱۰ دانه بندی بستر در ترکیب های مختلف عمق - شیب در آبراهه های انتقالی.

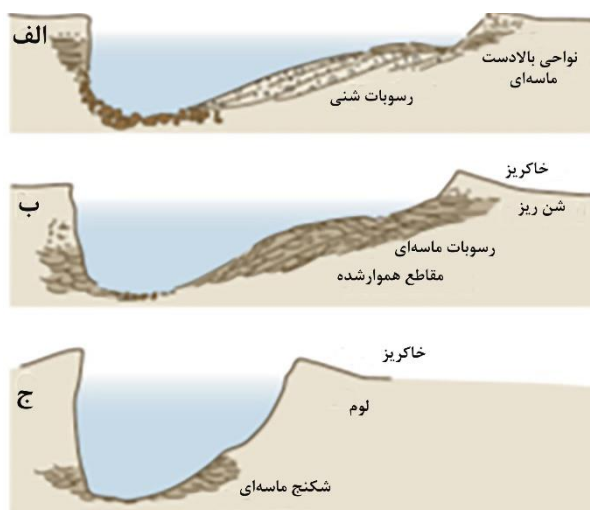
نوع ریخت شناسی و دگرذیسی آبراهه های انتقالی شدیداً تحت تأثیر بار بستر است، اما ته نشینی مواد معلق نیز در شکل گیری ریخت شناسی آبراهه نیز سهیم است. برآورد ویل کوک و مک آردل (۱۹۹۷) نشان می دهد هنگامی که $\tau \approx 4\tau_c$ و در واقع $0.12 \leq \tau^* \leq 0.18$ باشد، جابه جایی کلی رخ می دهد (شکل ۴-۱۰). مواد بستر به صورت صفحات شن، ماسه و ماسه ای به حالت معلق حرکت می کنند اما در آبراهه هایی با شرایط سیلابی که $\tau^* \approx 0.2$ ، جابه جایی کلی احتمالاً به خاطر 0.001 زمان، نسبتاً نادر است. آبراهه های ماسه ای ($\tau^* = 0$)، بیشتر مستعد جابه جایی کلی هستند چرا که ماسه در لایه های عمقی حرکت کرده و در محل تماس آب و بستر، بستر ناپایدار شکل می گیرد. بستر عموماً به صورت ریل (موج دار) یا دون (تپه ای) است. آبراهه هایی از این دست در شیب های متوسط و در دره های بزرگ که جای کافی برای ذخیره رسوبات جابه جا شده وجود دارد، یافت می شوند.

مقادیر بزرگ τ^* اصولاً با مقادیر کوچک زبری نسبی در ارتباط هستند. وقتی که D/d به مقداری کمتر از 0.1 کاهش می یابد، بخش مهمی از رسوبات به صورت عمودی انباشته شده و لذا رسوبات با توده عمودی^۱ به صورت ریزدانه تا بالا گسترده می شوند. شن ها به صورت موانع کوه مانند یا شیب دار که از صفحات ساکن^۲ بسط یافته اند، در بستر آبراهه ته نشین می شوند. شن های ریزدانه تر به صورت توده ای و با پیشانی های بهمنی شکل^۳ همانند ماسه های درشت دانه مقطع عرضی بستر را تشکیل می دهند. جریان آب بایستی بتواند راهش را از میان چنین توده هایی پیدا

1. Vertically Stacked Sediment
2. Stalled Sheets

3. Avalanche Fronts

کند لذا ناپایداری جانبی شکل گرفته و توده‌های نواری به وسیله فرسایش ساحلی، با رسوبات غیرچسبنده‌ای که قبلاً ته‌نشین شده‌اند تلفیق می‌شوند (شکل ۴-۱۱ الف). ماسه‌ها یا به سمت قله پشته‌ها حرکت داده می‌شوند یا به صورت معلق در آنجا ته‌نشین شده و به عمق توده رسوبی می‌افزایند. در مناطق ماسه‌ای (تاد^۱، ۱۹۹۶) کل توده رسوبی به صورت ماسه‌های ریزدانه هستند که به سمت بالا حرکت داده شده‌اند (شکل ۴-۱۱ ب). شکل رسوب‌گذاری جانبی بار بستر به صورت کپه‌ای حالتی است که سیلاب‌دشت‌های جانبی با چینه‌های ماسه‌ای کم و بیش بزرگ که در طی سیلاب‌های عظیم رسوبات معلق در آنجا ته‌نشین شده‌اند، به طرفین گسترده شوند. در آبراهه‌های کوچک با سواحل سیلتی نسبتاً محکم، آبستگي جانبی و پرشدگی عمودی می‌تواند بیانگر مکانیزم فرسایش - ته‌نشینی مربوط به رشد پشته و آرایش به وسیله امواج ماسه‌ای منتشره باشد (شکل ۴-۱۱ ج). مقاومت ساحل به خصوصیات رسوب بستگی دارد و نه به مقیاس دبی جریان، در آبراهه‌های کوچک نیروهای فرسایشی سیال که ممکن است بر ساحل نیرو اعمال کند کوچک‌اند و لذا سواحل به راحتی فرسایش نمی‌یابند. نحوه رسوب‌گذاری در آبراهه‌های انتقالی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند (بریج، ۲۰۰۳).



شکل ۴-۱۱ تصاویر نحوه رسوب‌گذاری در رودخانه‌های انتقالی.

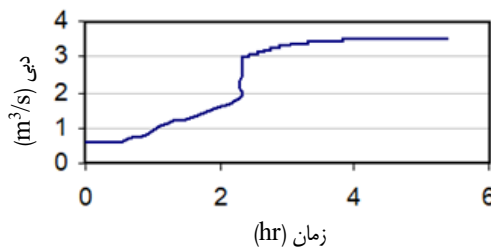
شکل پلان آبراهه‌های انتقالی و ناپایدار به طور تجربی بسیار مورد مطالعه قرار گرفته است. اما تلاش اصلی باید برای درک تفاوت‌های اساسی بین آبراهه‌های پیچانی (تک‌شیاری) و آبراهه‌های شریانی (چندشیاری) صورت گیرد. بریج (۲۰۰۳) در این زمینه مروری انجام داده و اخیراً هم از میلر^۲ (۲۰۰۰) و لوین و بروئر^۳ (۲۰۰۱) پژوهش‌هایی منتشر شده است. شکل پلان متأثر از اثر متقابل شرایط حاکم بر دبی جریان (Q) و بار بستر (Q_b) (یا غلظت رسوبات)،

1. Todd
2. Miller

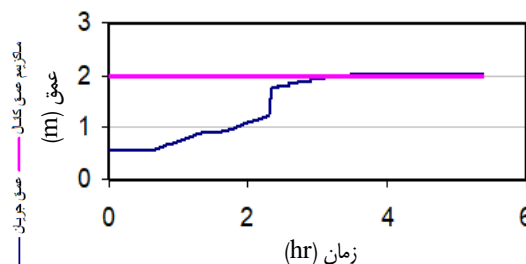
3. Lewin + Brewer

۵-۴-۶ نتایج

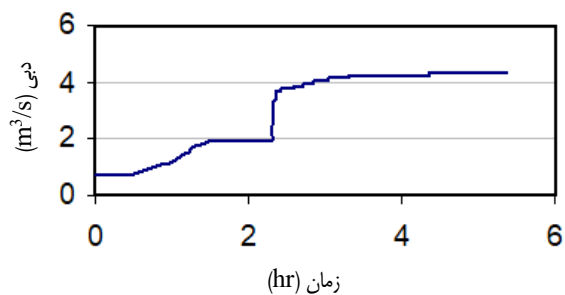
پس از شبیه‌سازی گزینه‌ها با استفاده از مدل هیدرودینامیک ICSS4 و تعیین خروجی‌های مدل، تغییرات عمق و دبی جریان در طول زمان در نقاط کنترل تعیین می‌شود. لازم به ذکر است که مدت زمان شبیه‌سازی جریانات غیرمادگار تشکیل شده در اثر افزایش دبی، تا رسیدن شرایط جریان به حالت پایدار انجام می‌گیرد. شکل‌های ۵-۸ و ۵-۹ به ترتیب تغییرات دبی و عمق گزینه ۱ را در نقطه کنترل A نشان می‌دهند. با توجه به این اشکال مشاهده می‌گردد که زمان رسیدن حداکثر جریان به این نقطه از زمان افزایش دبی‌ها ۰/۳۵ ساعت می‌باشد. در این نقطه ماکزیمم عمق جریان برابر حداکثر عمق کانال می‌باشد و مسیل در آستانه لبریز شدن قرار دارد. شکل‌های ۵-۱۰ و ۵-۱۱ نیز به ترتیب تغییرات دبی و عمق گزینه ۱ را در نقطه کنترل B نشان می‌دهند. با توجه به این اشکال نیز مشاهده می‌گردد که زمان رسیدن حداکثر جریان به نقطه کنترل B از زمان افزایش دبی‌ها برابر ۰/۴۶ ساعت می‌باشد. در این نقطه با وجود اینکه دبی جریان نسبت به نقطه کنترل A بیشتر می‌باشد عمق جریان کمتر از حداکثر عمق کانال شده است که این امر ناشی از افزایش عرض کف کانال در این نقطه نسبت به نقطه کنترل B می‌باشد. شکل‌های ۵-۱۲ و ۵-۱۳ نیز به ترتیب تغییرات دبی و عمق گزینه ۱ را در نقطه کنترل C نشان می‌دهند. با توجه به این شکل‌ها نیز مشاهده می‌شود که زمان رسیدن حداکثر جریان به نقطه کنترل C از زمان افزایش دبی‌ها برابر ۰/۶۲ ساعت می‌باشد. با وجود این که مجموع کل دبی‌های ورودی به مسیل از این نقطه کنترل می‌گذرد، عمق جریان از لبه مسیل لبریز نشده است.



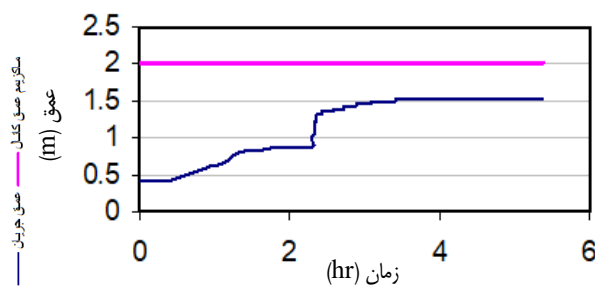
شکل ۵-۸ نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان در نقطه کنترل A (گزینه ۱).



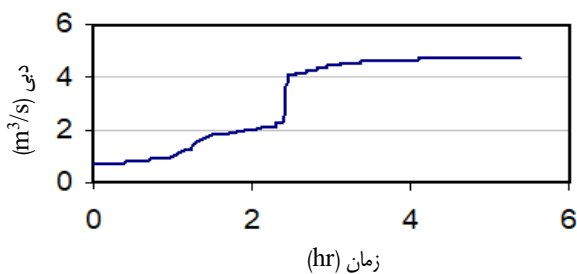
شکل ۵-۹ نمودار تغییرات عمق جریان نسبت به زمان در نقطه کنترل A (گزینه ۱).



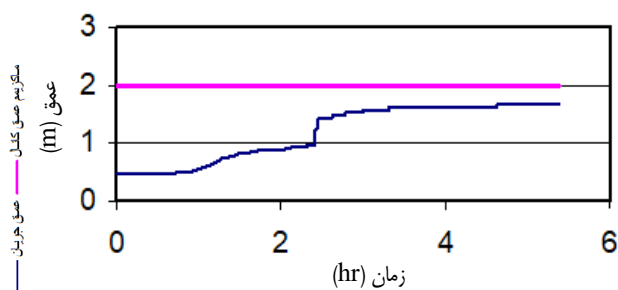
شکل ۵-۱۰ نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان در نقطه کنترل B (گزینه ۱).



شکل ۵-۱۱ نمودار تغییرات عمق جریان نسبت به زمان در نقطه کنترل B (گزینه ۱).

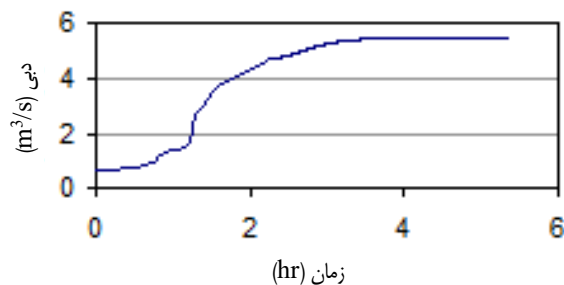


شکل ۵-۱۲ نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان در نقطه کنترل C (گزینه ۱).

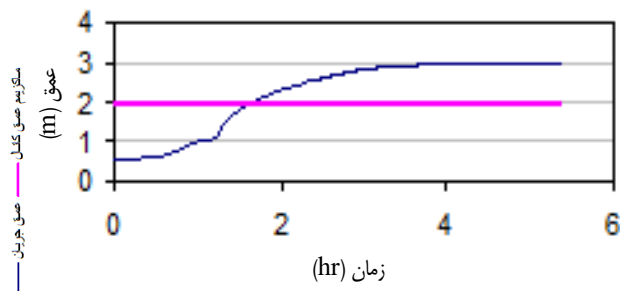


شکل ۵-۱۳ نمودار تغییرات عمق جریان نسبت به زمان در نقطه کنترل C (گزینه ۱).

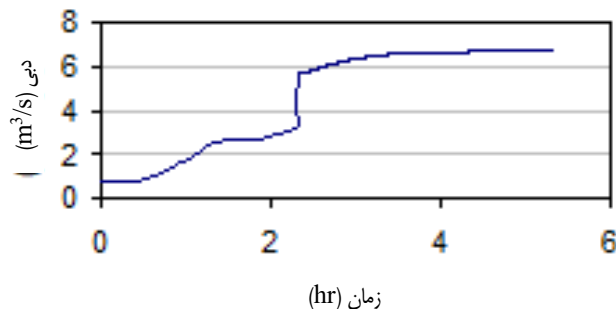
شکل‌های ۵-۱۴ تا ۵-۱۹ نیز به ترتیب تغییرات دبی و عمق گزینه ۲ نسبت به زمان را در نقاط کنترل نشان می‌دهند. با توجه به این شکل‌ها مشاهده می‌گردد که زمان رسیدن حداکثر جریان به نقاط کنترل A، B و C از زمان افزایش دبی‌ها به ترتیب برابر $۳/۴۳$ ، $۳/۹۳$ و $۴/۳۱$ ساعت می‌باشند. همچنین با توجه به تغییرات عمق جریان نسبت به زمان در این گزینه مشاهده می‌گردد که در هر سه نقطه کنترل عمق جریان از حداکثر عمق کانال بیشتر می‌باشد و جریان از مسیل لبریز می‌شود.



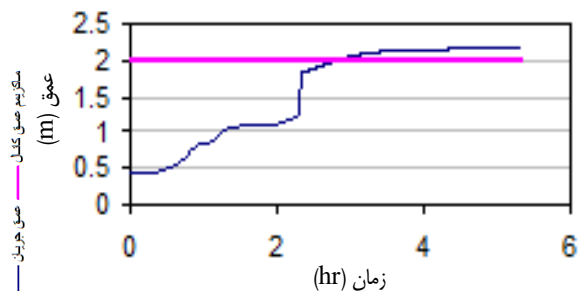
شکل ۵-۱۴ نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان در نقطه کنترل A (گزینه ۲).



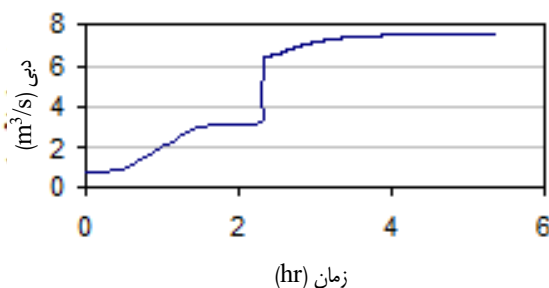
شکل ۵-۱۵ نمودار تغییرات عمق جریان نسبت به زمان در نقطه کنترل A (گزینه ۲).



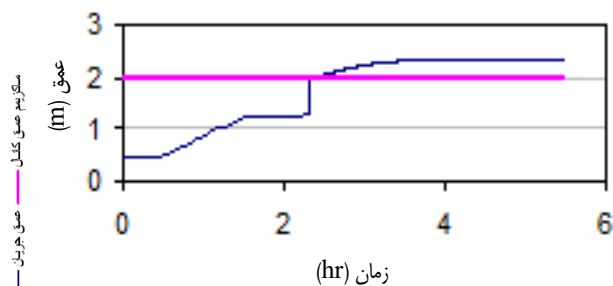
شکل ۵-۱۶ نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان در نقطه کنترل B (گزینه ۲).



شکل ۵-۱۷ نمودار تغییرات عمق جریان نسبت به زمان در نقطه کنترل B (گزینه ۲).



شکل ۵-۱۸ نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان در نقطه کنترل C (گزینه ۲).



شکل ۵-۱۹ نمودار تغییرات عمق جریان نسبت به زمان در نقطه کنترل C (گزینه ۲).

گزینه‌های در نظر گرفته شده در این مثال صرفاً به منظور نشان دادن قابلیت مدل هیدرودینامیک ICSS4 در شبیه سازی و تحلیل جریان های غیر ماندگار ایجاد شده در اثر ورود سیلاب به مسیل ها می باشد. لذا مشخص شدن عمق در نقاط مختلف مسیل می تواند به مدیریت سازه های سیلاب مانند افزایش ارتفاع دیواره های مسیل در مناطق مورد نیاز کمک نماید.

همچنین با مشخص شدن زمان رسیدن پیک سیلاب به نقاط مختلف می توان تمهیداتی جهت کاهش خسارت های ناشی از لبریز شدن جریان از مسیل و ورود آن به مناطق شهری انجام داد.



شکل ۶-۱ نحوه رسوب‌گذاری در یک مخروط افکنه در آبراهه فصلی (خراسان شمالی؛ دره قوچ؛ نویسنده).



شکل ۶-۲ نمونه‌ای از برش عمقی لایه‌های رسوبی در یک آبراهه فصلی (خراسان شمالی؛ دره قوچ؛ نویسنده).

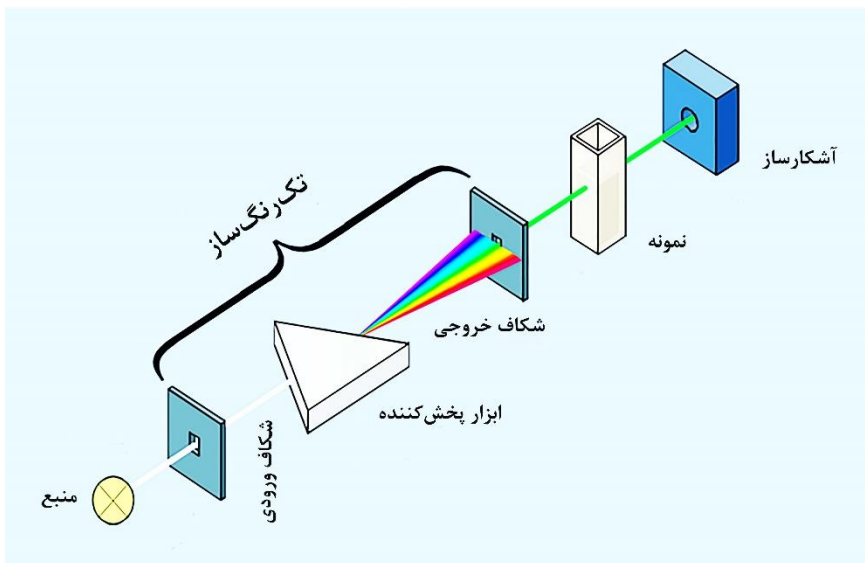
پس یک اسپکتروفتومتر به‌طور کلی دارای اجزای زیر است:

چشمه نوری

انتخاب‌گر طول موج

نگهدارنده نمونه (کووت)

آشکارساز



شکل ۶-۱۲ اساس کار اسپکتروفتومتر.

۳-۴-۳-۶ استفاده از روش‌های سنجش از راه دور

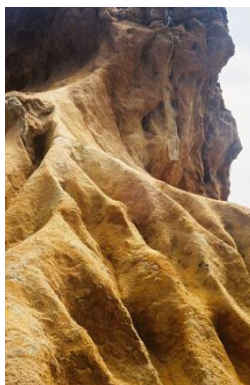
با توجه به آنچه گفته شد، در حال حاضر اندازه‌گیری بار رسوب بروش دستی و با صرف وقت و هزینه زیادی انجام می‌پذیرد. در مواقع سیلابی بخش عمده از رسوبات توسط رودخانه حمل می‌گردد. از طرفی وجود شرایط آب‌وهوایی نامناسب موجب بروز مشکل برای نمونه‌برداری از روی قایق و یا از روی پل تلفریک در شرایط گرما و یا سرمای شدید شده فقدان سرپناه، ایمن نبودن وسایل و ابزار فنی، علاوه بر این‌ها وقت‌گیر و پرهزینه‌بودن روش‌های سنتی از جمله دلایلی است که ضرورت تحقیقات بیشتر جهت یافتن و به‌کارگیری روش‌های نوین اندازه‌گیری را نشان می‌دهد که از جمله این روش‌ها می‌توان به استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و پردازش تصاویر دیجیتال اشاره کرد.

۴-۶ روش پردازش تصاویر دیجیتال

در خصوص روش پردازش تصاویر دیجیتال تحقیقات اندکی صورت گرفته است که از جمله می‌توان به تحقیق



شکل ۷-۲ اثر فرسایشی باران در دشت.



شکل ۷-۱ اثر فرسایشی باران در ارتفاعات.

درصد سیلت باشند فرسایش پذیرترین خاک‌ها هستند. کوشش‌های زیادی به عمل آمده تا بر اساس خصوصیات خاک که در آزمایشگاه یا صحرا اندازه‌گیری می‌شود و یا عکس‌العمل خاک در قبال بارندگی و باد شاخص ساده‌ای را برای قابلیت فرسایش به دست آید. برایان^۱ (۱۹۶۸) بر اساس مطالعاتی که روی شاخص‌های فرسایش‌پذیری خاک نسبت به آب عمل آورد مشاهده کرد که بهترین شاخص را می‌توان پایداری خاکدانه‌ها به شمار آورد. وی درصد خاکدانه‌هایی را که قطر آنها کمتر از ۰/۵ میلی‌متر بوده و در مقابل آب پایدار باشند به‌عنوان شاخص فرسایش‌پذیری در نظر گرفت. شاخص معمول دیگر K است که بیانگر تلفات خاک به ازای هر واحد EL 30 در یک شرایط استاندارد است. این شرایط عبارت است از قطعه‌ای از زمین به طول ۲۲ متر پوشش گیاهی لخت و شیب ۵ درجه. اگر توزیع اندازه ذرات درصد مواد آلی، ساختمان خاک و نفوذپذیری آن در اختیار باشد مقدار K را می‌توان تخمین زد.

۷-۲ عوامل مؤثر بر فرسایش‌پذیری

۷-۲-۱ اثر شیب

معمولاً فرسایش در شیب‌های تند و جاهایی که طول شیب زیاد است افزایش پیدا می‌کند. دلیل این امر در حالت اول افزایش سرعت و در حالت دوم زیاد شدن رواناب سطحی است. ارتباط بین فرسایش و شیب را می‌توان به‌صورت رابطه ۷-۱ توصیف کرد.

$$Q_s \propto \tan^m \theta L^n \quad (۷-۱)$$

که در آن θ زاویه شیب، L طول شیب و Q_s بده رسوب است.

در رابطه بالا Q_s در واحد سطح بیان شده است. اگر بخواهیم Q_s متناسب با طول شیب در جهت پایین باشد لازم است مقدار n را تا یک افزایش دهیم. مقدار m به شیب بستگی دارد در برخی منابع آمده است شیب‌های بین

یکی از نکاتی که در ارتباط با حرکت بار بستر در رودخانه‌های فصلی باید به آن اشاره شود این که با شکل‌گیری سیلاب قوی و حرکت سریع آن نیروی دینامیکی جریان که توان جابه‌جایی ذرات را داشته باشد زیاد است. حرکت چنین جریانی را با حرکت یک موج حاصل از شکست یک سد مقایسه می‌نمایند. از این رو استنباط می‌شود سرعت شکل‌گیری موج جریان سیلاب در رودخانه‌های فصلی بسیار کوتاه است.

۷-۵-۲ پوشش گیاهی

در این بسترها وجود پوشش گیاهی در حال رشد در سطح بسیار مهم و نشانه دهنده فعالیت ناچیز در سطح زمین است. (لندلوچ^۱، ۲۰۰۳). پوشش گیاهی انبوه با عمر چندساله حاکی از سطح پایین انرژی در محیط‌زیست و رسوب‌گذاری کم که احتمالاً در یک دوره طولانی مدت اتفاق می‌افتد، می‌باشد. پوشش گیاهی سالانه همچنین ممکن است نشان‌دهنده سطح انرژی پایین محیط‌زیست باشد اما این نوع پوشش پایداری اش کوتاه‌تر است. فقدان پوشش گیاهی یا مدفون شدن پوشش گیاهی متمایزکننده یک محیط بسیار فعال خواهد بود (هوک و مانت^۲، ۲۰۰۲).

رتبه‌بندی پوشش گیاهی در جدول ۷-۵ بدون تمایز پوشش طبیعی و پوشش ایجادشده، بیان شده است.

جدول ۷-۵ رتبه‌بندی پوشش گیاهی در کف مسیل (هوک و مانت)

رتبه	توصیف
۱	پوشش گیاهی کم یا وجود ندارد در کف
۲	هیچ پوشش گیاهی در سطح وجود ندارد یا اینکه توسط وقایع رخ داده در ریز رسوبات مدفون شده‌اند.
۳	پوشش متراکم دائمی مشابه پوشش در دیواره مسیل‌های زه‌کشی: مشخصه‌ای ترکیب گونه از تالاب که هیچ گیاهی به‌دلیل رسوب‌گذاری قابل مشاهده نیست



شکل ۷-۵ تصویر مربوط به رتبه ۱ در جدول ۷-۵.



شکل ۶-۷ تصویر مربوط به رتبه ۲ در جدول ۵-۷.



شکل ۷-۷ تصویر مربوط به رتبه ۳ در جدول ۵-۷.

جدول ۶-۷ رتبه‌بندی پوشش گیاهی در دیواره‌ها

رتبه	توصیف
۱	پوشش گیاهی کم یا وجود ندارد در دیواره
۲	پوشش متراکم دائمی مشابه پوشش در دیواره مسیل‌های زه‌کشی: مشخصه‌ای ترکیب گونه از تالاب که هیچ گیاهی به‌دلیل رسوب‌گذاری قابل مشاهده نیست
۳	پوشش متراکم دائمی مشابه پوشش در دیواره مسیل‌های زه‌کشی: مشخصه‌ای ترکیب گونه از سیلاب‌دشت که هیچ گیاهی به‌دلیل رسوب‌گذاری قابل مشاهده نیست



شکل ۸-۷ تصویر مربوط به رتبه ۱ در جدول ۶-۷.



شکل ۹-۷ تصویر مربوط به رتبه ۲ در جدول ۶-۷.



شکل ۱۰-۷ تصویر مربوط به رتبه ۳ در جدول ۶-۷.

۷-۵-۲ شکل و مقطع عرضی

در مدت جریان سیلاب زمانی که بستر به صورت حفره‌های فرسایشی درمی‌آید و یا این نواحی گسترش می‌یابند، شکل مقطع عرضی تقریباً مستطیلی با دیوارهای شیب‌دار تند یا قائم می‌گردد (توری و بورسلی^۱، ۲۰۰۳). کراش^۲ (۱۹۸۷) نشان داد که از نظر فرسایشی بین دیواره‌ها تفاوت وجود دارد. چنانکه بیشترین رسوب از ناحیه گودال‌های ایجاد شده در قسمت دیواره‌های عمودی به وجود می‌آید. وی همچنین نشان داد در شرایطی که زاویه شیب دیواره‌ها کمتر از ۶۵ درجه گردد، پایداری دیواره‌ها آغاز خواهد شد. چنین تفاوت‌هایی در طول مسیر مسیل به‌خوبی بیانگر میزان فرسایش است. این امر بدین مفهوم است سطحی از آبراهه که شرایط لازم برای فرسایش و تولید رسوب را دارد نسبت به ناحیه‌ای که چنین ویژگی‌ای را ندارد بسیار بیشتر است.

جدول ۷-۷ توصیف شرایط فرسایشی در یک آبراهه فصلی (توری و بورسلی ۲۰۰۳)

ردیف	توصیف
۱	بستر با قابلیت فرسایشی زیاد: حفره‌ای شدن، تلفات ذرات بستر و ایجاد شرایط تونلی: عمق بسیار بیشتر از عرض (نسبت ابعاد بالا)
۲	بستر با قابلیت فرسایشی: فرسایش خفیف نزدیک دیواره‌های قائم و نواحی رسوبی و فرسایشی: عمق = عرض
۳	مرحله پایداری: کناره دیواره‌ها به حالت انحنای درآمد و نواحی آبرفتی در نزدیکی دیواره‌ها پوسته شده‌اند. عرض بزرگ‌تر از عمق
۴	پایداری نسبی: زاویه شیب دیواره‌ها کمتر از ۶۵ درجه شده است و نواحی نزدیک به دیواره‌ها غیرفعال شده است. عرض بزرگ‌تر از عمق
۵	پایدار: دیواره‌ها با شیب ملایم و عموماً کم و شکل کلی مقطع مانند شرایط قبل به‌صورت عرض بزرگ‌تر از عمق تداوم می‌یابد (نسبت ابعاد بسیار پایین).



شکل ۷-۱۱ تصویر مربوط به رتبه ۱ در جدول ۷-۷.



شکل ۷-۱۲ تصویر مربوط به رتبه ۲ در جدول ۷-۷.



شکل ۷-۱۳ تصویر مربوط به رتبه ۳ در جدول ۷-۷.



شکل ۷-۱۴ تصویر مربوط به رتبه ۴ در جدول ۷-۷.



شکل ۷-۱۵ تصویر مربوط به رتبه ۵ در جدول ۷-۷.

۷-۵-۳ اندازه ذرات بستر

اندازه ذرات بستر در مسیر یک مسیل نشان‌دهنده شرایط فرسایش‌پذیری سطح است (هوک و مانت^۱، ۲۰۰۲). سنگ‌های بزرگتر و قطعات فشرده با قرارگیری بر روی سطح مسیل لایه مقاوم و محافظی را به وجود می‌آورند (لندلوچ^۲، ۲۰۰۳) چنانکه جریان‌های با انرژی بالاتری لازم است تا بتواند چنین موادی را به حرکت درآورد. ذراتی که دارای اندازه کوچکتری هستند با انرژی کمتر یا با جریان‌های کوچک‌تر به حرکت درمی‌آیند (بریللی و فریرس^۳، ۲۰۰۵)؛ این مسئله نشان می‌دهد که بستر مسیل‌ها از فرسایش‌پذیری بیشتری برخوردار می‌باشد.

جدول ۷-۸ رتبه‌بندی مسیل‌ها بر اساس اندازه ذرات

رتبه	توصیف
۱	اندازه ذرات موجود در بستر مشابه و یا کوچکتر از اندازه ذرات قرار گرفته در دیواره‌ها است
۲	اندازه ذرات نسبتاً مشابه با اندازه ذرات قرار گرفته در قسمت دیواره‌ها است و یا از نظر فشردگی تقریباً مشابه یکدیگر هستند.
۳	اندازه ذرات روی بستر، بزرگ‌تر از اندازه مواد دیواره‌ها است و به‌صورت یک لایه محافظ عمل می‌کند.

1. Hooke and Mant
2. Landloch

3. Brierley and Fryirs



شکل ۷-۱۶ تصویر مربوط به رتبه ۱ در جدول ۷-۸.



شکل ۷-۱۷ تصویر مربوط به رتبه ۲ در جدول ۷-۸.



شکل ۷-۱۸ تصویر مربوط به رتبه ۳ در جدول ۷-۸.

۷-۵-۴ خصوصیت خاک دیواره سیل‌ها

مطالعات فیلد^۱ و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که خاک دیواره‌های سیل‌ها در استرالیا وقتی مرطوب می‌گردند فرو می‌ریزند که این مسئله از نظر مدیریت اراضی بسیار مهم است. این مسئله از این نظر مهم است که خاک‌ها به‌عنوان در نواحی فرسایش‌پذیر قرار دارند.

پایداری خاک‌ها در آزمایشگاه و شرایط طبیعی به‌سادگی قابل بررسی است. آزمایش ساده از شرایط استغراق توده‌ای از خاک متراکم در شرایط طبیعی می‌تواند اطمینان‌بخشی را در مورد خصوصیت ذرات دیواره‌ها و به‌خصوص استحکام آنها به اثبات برساند روش‌های آزمایشگاهی پرهزینه و وقت‌گیر هستند، اما در شرایطی که نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های صحرایی مطلوب نباشد باید انجام گیرد. وجود وضعیت شیاری، حفره‌ای یا ریزشی و نیز از بین رفت خاک نشانه‌های خوبی از وجود خاک ضعیف و غیرمتراکم است و در صورت امکان به مطالعات آزمایشگاهی نیز نیازمند خواهد بود.

جدول ۷-۹ طبیعت مواد دیواره سیل‌ها (فیلد و همکاران، ۱۹۹۹)

رتبه	توصیف
۱	دیواره بیش از یک متر دارای مواد ریزشی هستند
۲	موادی که از دیواره‌ها ریزش می‌کنند از ارتفاع بیشتر از ۰/۳ متر و کمتر از یک متر می‌باشند.
۳	مواد ریزشی دیواره‌ها از ارتفاع کمتر از ۰/۳ متر می‌باشند
۴	موادی در معرض ریزش در دیواره‌ها وجود ندارد.



شکل ۷-۱۹ تصویر مربوط به رتبه ۱ در جدول ۷-۹.



شکل ۷-۲۰ تصویر مربوط به رتبه ۲ در جدول ۷-۹.



شکل ۷-۲۱ تصویر مربوط به رتبه ۳ در جدول ۷-۹.

۷-۵-۵ ویژگی‌های قسمت‌های ساحلی و جریان‌های جانبی

این دو مشخصه تعیین کننده این هستند که آیا جریان‌های زیادی از حوضه وارد مسیل می‌شود یا خیر. بررسی و مقایسه شکل آبراهه به ما کمک می‌کند که تشخیص دهیم آیا فرسایش به دلیل جریان‌های آمده از بالادست است و یا به دلیل ورود جریان‌های جانبی از حوضه می‌باشد. مشخص نمودن ماهیت اصلی این جریان‌ها به ما در نوع اقدامات لازم در مطالعات کمک می‌نماید.

جدول ۷-۱۰ ویژگی‌های قسمت‌های ساحلی و جریان‌های جانبی

رتبه	توصیف
۱	با شیب بیش از ۳۰ درجه که جریان‌های با سرعت بالا تولید می‌کند.
۲	سواحل شیب‌دار بین ۷-۳۰ درجه که سرعت‌های نسبتاً بالا تولید می‌کند.
۳	با شیب نسبتاً زیاد بین ۵-۷ درجه
۴	سواحل شیب‌دار که به‌سختی بیشتر از ۵ درجه می‌شود.
۵	سواحل تقریباً تخت و بدون شیب (شیب خیلی کم)



شکل ۷-۲۲ تصویر مربوط به رتبه ۴ در جدول ۷-۱۰.



شکل ۷-۲۳ تصویر مربوط به رتبه ۵ در جدول ۷-۱۰.

جدول ۷-۱۱ ویژگی جریان‌های جانبی به مسیل‌ها

رتبه	توصیف
۱	ورودی از بازوی کناری کانال است. مقدار جریان ورودی زیاد می‌باشد.
۲	سواحل فاقد پوشش گیاهی و جریان‌های جانبی قوی هستند
۳	پوشش گیاهی در سواحل بیشتر است جریان‌های جانبی کمتری به مسیل وارد می‌شوند
۴	پوشش گیاهی خیلی فشرده است. جریان‌های جانبی دارای بده پایین و مرتباً تغییر می‌کنند
۵	سواحل دارای پوشش گیاهی همراه از نوع تنه درختان. جریان‌های جانبی بسیار کم می‌باشد.



شکل ۷-۲۴ تصویر مربوط به رتبه ۱ در جدول ۷-۱۱.



شکل ۷-۲۵ تصویر مربوط به رتبه ۲ در جدول ۷-۱۱.



شکل ۷-۲۶ تصویر مربوط به رتبه ۳ در جدول ۷-۱۱.



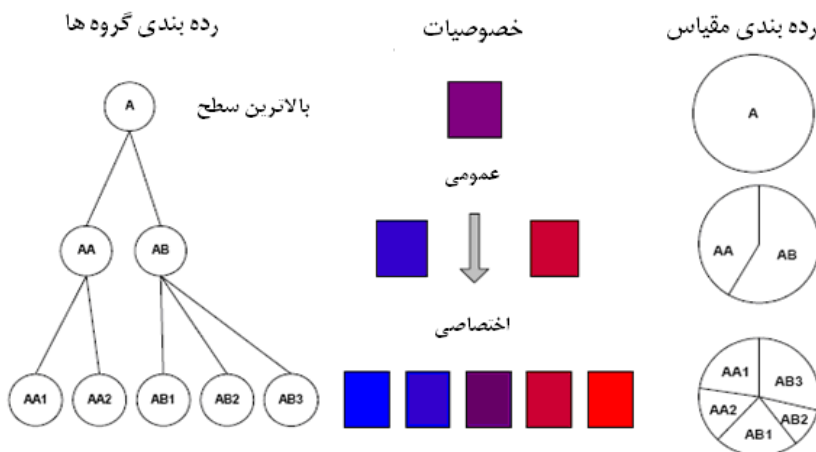
شکل ۷-۲۷ تصویر مربوط به رتبه ۴ در جدول ۷-۱۱.



شکل ۷-۲۸ تصویر مربوط به رتبه ۵ در جدول ۷-۱۱.

پوشش زمین) را تحت تأثیر قرار می‌دهند گروه‌بندی می‌کند که بدین معناست که اگرچه رودخانه‌ها از لحاظ جغرافیایی در مناطق مختلفی قرار گرفته‌اند اما از لحاظ شباهت‌هایی که به‌واسطه این عوامل کسب می‌کنند در یک کلاس قرار داشته و لذا واحد مدیریتی یکسانی نیز خواهند داشت.

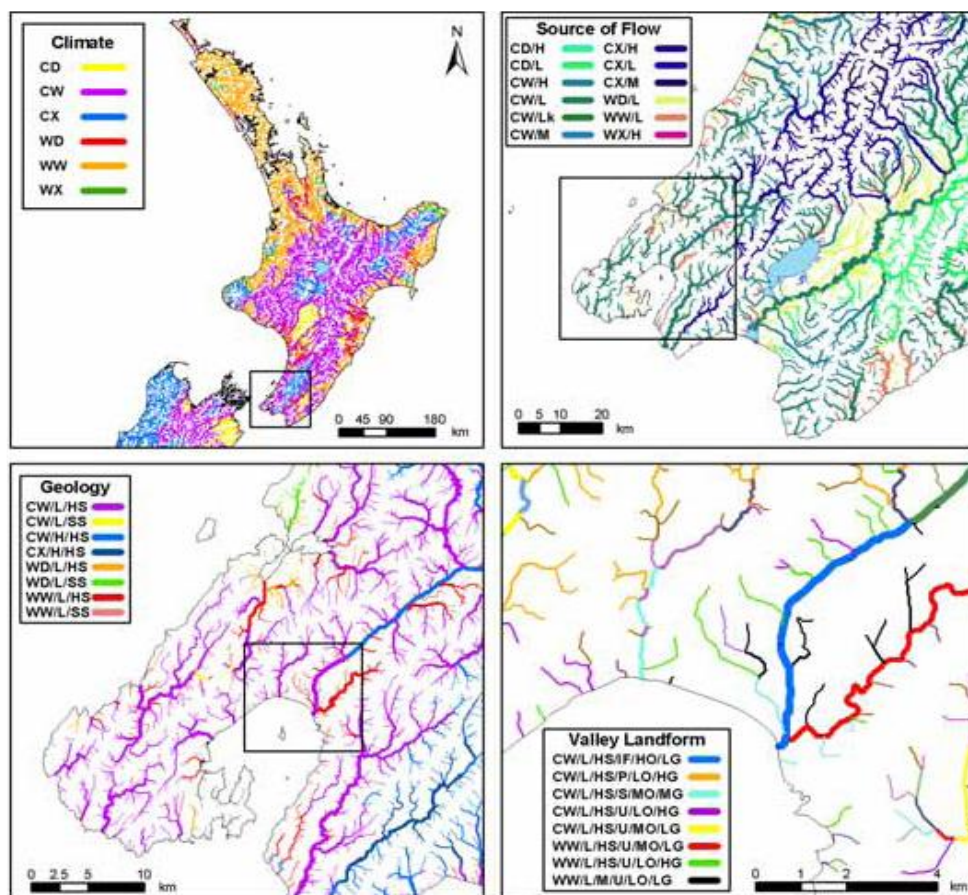
طبقه‌بندی محیط‌زیستی رودخانه شامل یک رتبه‌بندی شش مرحله‌ای است. بنیان رتبه‌بندی این کلاس‌ها در یک تسلسل منطقی، رودخانه‌ها را از تعداد کم گروه‌های طبقه بالا تا تعداد زیاد گروه‌های طبقه پایین قرار می‌دهد (شکل ۸-۱). کلاس‌های طبقه بالا با یکدیگر گروهی از رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهند که خصوصیات عمومی مشابهی دارند (به‌عنوان مثال رژیم جریان فصلی مشابه، تعداد سیلاب و دبی کم جریان). به دنبال آن کلاس‌های طبقات پایین‌تر با یکدیگر گروهی از رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهند که خصوصیات اختصاصی بیشتری دارند (مانند مواد شیمیایی و بیولوژیکی آب). در شکل ۸-۱ برای نمایش خصوصیات هر کلاس از یک رنگ مشخص استفاده شده است. بالاترین طبقه گروه شامل ترکیب مساوی از رنگ‌های قرمز و آبی است. کلاس‌های پایین‌ترین طبقه بخش بیشتری از یک رنگ را دارا هستند. علاوه بر این در هنگام ترسیم، طبقات بالای طبقه‌بندی الگوهای با مقیاس بزرگ را ترسیم می‌کنند و طبقاتی که به دنبال آن ترسیم می‌شوند، الگوهای با مقیاس کوچکتر را نمایش می‌دهند. بنابراین طبقه‌بندی محیط‌زیستی رودخانه سلسله‌مراتب مقیاس محیطی را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۱ نمودار تصویری تسلسل کلاس‌ها، خصوصیات و مقیاس محیطی.

۸-۱-۲ اطلاعات مورد نیاز طبقه‌بندی محیط زیستی رودخانه‌ها

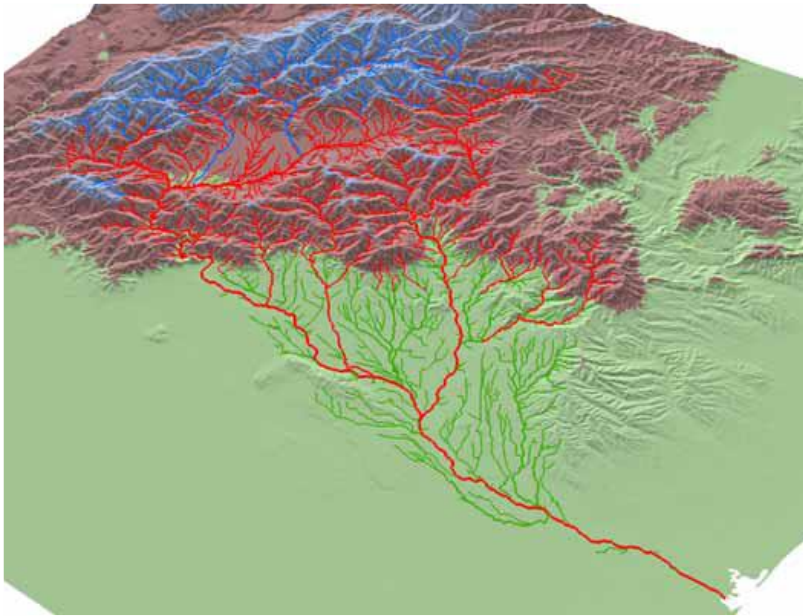
هدف کلیه طبقه‌بندی‌ها، قراردادن موارد مشابه در یک گروه است که دارای برخی خصوصیات مشابه می‌باشند. در مورد طبقه‌بندی محیط‌زیستی، رودخانه‌ها بر اساس سطح مقیاس و جزئیات ارائه‌شده در کلاس‌های مختلف قرار



شکل ۳-۸ نقشه REC در سطوح متوالی طبقه بندی که هر سطح عوامل با مقیاس کوچکتر را در خود جای می دهد.

شبکه رودخانه می تواند در یک منطقه تغییرات قابل توجهی داشته باشد. شکل ۸-۴ نمای سه بعدی توپوگرافی رودخانه اشلی در کانتربری^۱ را نشان می دهد. هر بخش از شبکه بر اساس توپوگرافی حوضه مشخص شده است. سرآب این رودخانه از ارتفاعات کوهستانی سرچشمه می گیرد. بخش سرآب شبکه رودخانه در طبقه کوهستانی قرار گرفته و با رنگ آبی نمایش داده شده است. به سمت پایین دست حوضه ارتفاعات کمتر شده و توپوگرافی تپه ای تشکیل می شود (قرمز رنگ). در انتهای پایین شبکه، انشعابات محدود به حوضه های کم ارتفاع می شوند (سبز رنگ). بنابراین کلاس های REC به سمت پایین دست شبکه از حالت کوهستانی تا تپه ای و تا کم ارتفاع تغییر می کنند. این مطلب با این ایده سازگار است که خصوصیات فیزیکی و زیستی رودخانه متأثر از شبکه بوده و در هر منطقه ای تحت تأثیر صفاتی که بالادست آن نقطه را تشکیل می دهد قرار می گیرد.

1. Ashley River in Canterbury

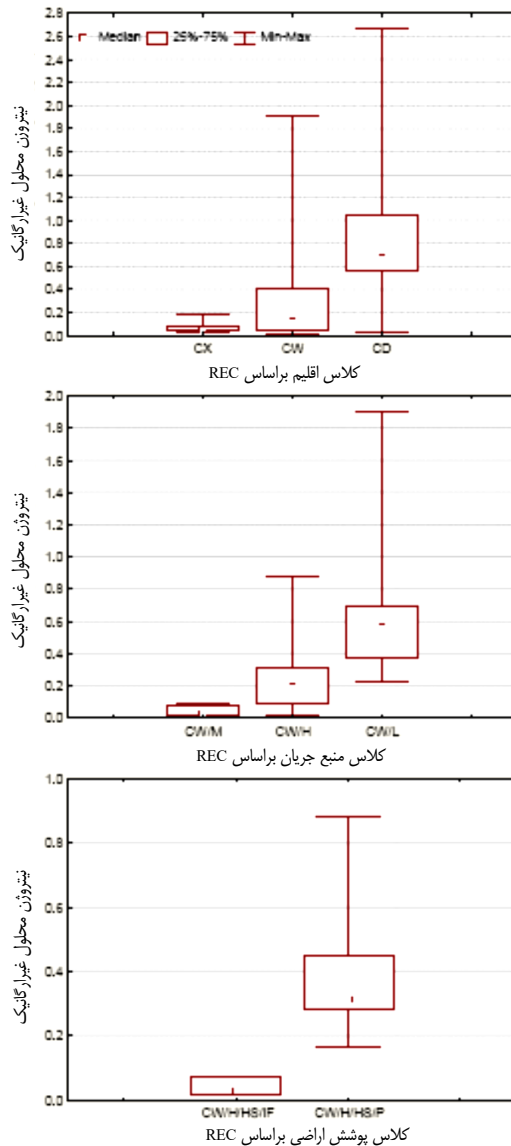


شکل ۸-۴. نمای سه بعدی از توپوگرافی یک حوضه واحد.

۸-۵ رده بندی عوامل REC و فرایندهای فیزیکی

مشخصات رودخانه ها حاصل تفاوت در فرایندهای فیزیکی است. درک علمی این فرایندهای متغیر مبنای انتخاب عوامل REC است. کلید استفاده از REC درک رابطه بین عوامل و فرایندهای فیزیکی و مشخصات مقیاس های محیطی است که در آن فرایندهای گوناگون، الگوی زیست بوم رودخانه را مشخص می کنند.

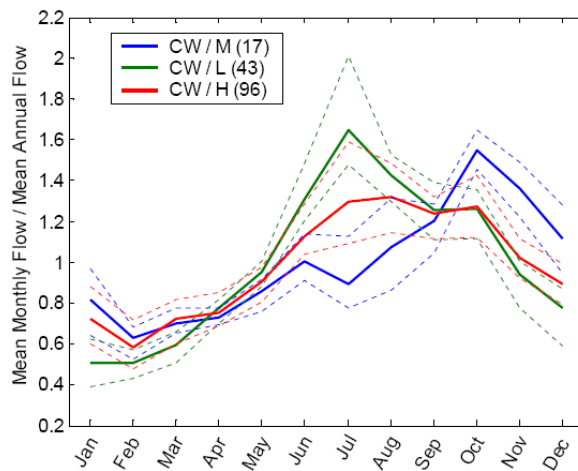
بسیاری از مشخصات فیزیکی و شیمیایی رودخانه ها حاصل تعدادی از فرایندهای متقابل است. این فرایندها به شکل وسیعی توسط عوامل REC تعیین یا کنترل می شوند (جدول ۸-۲). از آنجایی که این عوامل در مقیاس های محیطی معمولی متغیرند، فرایندها و الگوهای مشخصه تولیدی آنها نیز در مقیاس های محیطی معمولی تغییر می کنند. چهار عامل نخست سلسله REC، فرایندهای حوضه را مشخص می کنند (شکل ۸-۲). فرایندهای حوضه به فرایندهایی اشاره دارد که آب، رسوب و دیگر اجزاء جریان در یک منطقه را تغذیه و رونمایی می کند. عوامل پنجم و ششم، فرایندهای محلی را که به عنوان خروجی های فرایندهای حوضه شناخته شده (مانند ذخایر هیدرولوژی و رسوب) و با عوامل توپوگرافیک در مقیاس شبکه آبراهه محلی تقابل دارد، مشخص می کنند. به عنوان مثال شرایط هیدرولیکی رودخانه ها (عمق و سرعت) که توسط دبی حوضه کنترل می شوند، با شرایط محلی آبراهه مانند شیب یا عرض در تقابل اند. در نتیجه همانند تعریف رده بندی محیطی، سازمان رده بندی عوامل نیز منعکس کننده رده فرایند است. مفهوم رده بندی فرایند در ادامه تشریح شده است.



شکل ۵-۸ غلظت نیتروژن محلول در زیرمجموعه کلاس‌های REC.

در کلاس CW/H و در گروه‌های زمین‌شناسی رسوبی سخت (HS) و دشت (P) و جنگل طبیعی (IF) نشان داده شده است. سطح پنجم طبقه‌بندی با عامل موقعیت شبکه تعریف می‌شود. گراف‌های رودخانه (در واقع گروه‌های مختلف از برش‌های رودخانه) که اقلیم، منبع جریان، زمین‌شناسی و پوشش زمین یکسانی دارند، در سطح پنجم REC به گروه‌های موقعیت شبکه تقسیم می‌شوند. موقعیت شبکه محلی از رودخانه در شبکه حوضه است (مثلاً

تعدد سیلاب‌ها و ذخیره رسوبات فرآیندهایی هستند که عوامل اصلی شکل عمومی و خصوصیات آبراهه رودخانه‌ها را در مقیاس‌های چندین متری تا چندین کیلومتری تشکیل می‌دهد. این مقیاسی است که به کمک آن آبراهه رودخانه به شکل یک نما در صفحه دیده می‌شود. بنابراین، کلاس‌های مختلف در سطح منبع جریان عموماً بسیار مشخص جلوه می‌کنند. شکل‌های ۸-۷ تا ۸-۱۰، شکل عمومی آبراهه رودخانه‌ها را در کلاس‌های کوهستان یخی، تپه کوهستانی و کم‌ارتفاع نشان می‌دهند.



شکل ۸-۶ الگوی فصلی جریان در سه کلاس منبع جریان. این شکل بر اساس جریان متوسط ماهانه در ۱۵۶ منطقه به دست آمده است. تعداد مناطق مربوط به هر کلاس منبع جریان در داخل براکت نشان داده شده است. خطوط ضخیم نشان‌دهنده کلاس متوسط جریان است (که به صورت نسبت متوسط جریان سالانه بیان می‌شود) و خطوط نقطه‌چین درصدی ۲۵ و ۷۵ هریک را نشان می‌دهد.

چارچوب مفهومی و اصولی REC سه گروه دیگر منبع جریان شامل؛ چشمه، تالاب و جریان تنظیم شده (خروجی سد) را نیز به صورت عوامل مهم رژیم جریان و رسوب تشخیص می‌دهد. این گروه‌ها با سامانه اطلاعاتی GIS قابل شناسایی نبوده و بایستی به صورت دستی و نوشتن طبقات پیش فرض در REC برای بخش‌های منفرد شبکه تعیین شوند.

رودخانه‌های تنظیم شده رودخانه‌هایی هستند که رژیم جریان در آنها به وسیله سد و عوامل مصنوعی کنترل جریان مانند دبی ایستگاه‌های تولید نیرو تعیین می‌شود. حوضه‌هایی که تحت تأثیر جریان چشمه‌سارها و تالاب‌ها هستند خصوصیات مشابه کلاس دریاچه در طبقه‌بندی منبع جریان داشته به نحوی که رژیم جریان نسبتاً پایدار و ذخیره رسوبات کمی دارند. این طبقات منبع جریان ممکن است تأثیر بسزایی بر خصوصیات شیمیایی آب نیز داشته باشند. به عنوان مثال، منبع جریانی تالاب مواد ارگانیکی بالایی دارند که همواره به صورت لکه‌های جوهری و تیره در سطح آب هویدا می‌شوند. چشمه‌سارها دمای نسبتاً کمتری داشته و رژیم‌های دمایی تغییرات فصلی کمتری را نشان می‌دهند.



شکل ۷-۸ نمونه‌ای از آبراهه‌های مناطق کوهستانی یخی.



شکل ۸-۸ نمونه‌ای از آبراهه‌های مناطق کوهستانی.



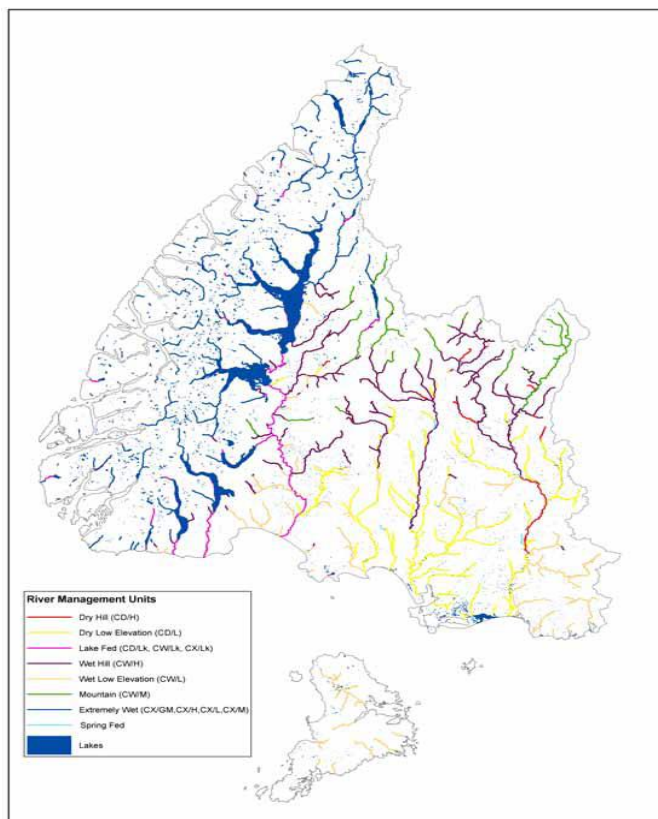
شکل ۹-۸ نمونه‌ای از آبراهه‌های مناطق تپه‌ای.



شکل ۸-۱۰ نمونه‌ای از آبراهه‌های مناطق کم‌ارتفاع.

جدول ۸-۴ خصوصیات و علائم اختصاری هشت گروه توپوگرافی معرف سطح منبع جریان در REC

طبقه منبع جریان	علامت اختصاری	مشخصات طبقه
کوهستانی یخی	GM	مشابه طبقه کوهستانی. جریان کم در زمستان، جریان‌های وسیع و گسترده در تابستان. آشفتنگی زیاد به واسطه رسوبات ریزدانه یخی
کوهستانی	M	بسیار تحت تأثیر الگوی جریان‌های فصلی: جریان‌های کم در زمستان، جریان‌های زیاد در تابستان. حجم زیاد بار رسوبی و مواد جامد معلق. سیلاب‌های عظیم و مکرر که منجر به عدم ثبات زیر لایه و آبراهه‌های عریض با بستر شنی می‌شود.
تپه‌ای	H	بسیار تحت تأثیر الگوی جریان‌های فصلی: جریان‌های کم در اواخر تابستان، جریان‌های زیاد در بهار به واسطه بارندگی و ذوب برف. بسته به نوع زمین‌شناسی و کاربری اراضی حوضه، بار رسوب زیاد تا متوسط. جایی که دره وسیع و آبراهه رودخانه متمرکز نیست، مورفولوژی آبراهه توسط زیر لایه‌های ناپایدار، کانال‌های عریض با سیلاب‌دشت‌های شنی فعال مشخص می‌شود.
کم‌ارتفاع	L	الگوی جریان‌های فصلی بسیار واضح: در زمستان زیاد و در تابستان کم. ذخیره کم رسوب. آبراهه‌های پایدار، کم شیب، محکم با جریان‌های کم سرعت و زیر لایه‌های ماسه سیلتی. سرعت کم سیلاب‌ها به خاطر شیب کم آبراهه.
دریاچه	Lk	رژیم جریان پایدار. بار رسوب معلق کم. آبراهه و زیر لایه‌های پایدار که ممکن است آرم‌تر نیز باشند (یعنی هویدا شدن سنگ‌های درشت به واسطه شسته شدن رسوبات ریزدانه و کمبود ذخیره رسوبات)
چشمه	Sp	رژیم جریان پایدار. بار رسوب معلق کم. حجم زیاد مواد به واسطه زهکشی از مناطق دشتی، از طرف دیگر حجم کم مواد در مناطق تپه‌ای و کوهستانی. رژیم جریان پایدار با جریان‌های سیلابی ناچیز یا بدون سیلاب
تالاب	W	رژیم جریان نسبتاً پایدار. بار رسوبی کم. لکه‌های مواد ارگانیک (به رنگ زد یا قهوه‌ای تیره) به واسطه حجم زیاد کربن‌های ارگانیک غیرمحلول. آبراهه و زیر لایه‌های پایدار
تنظیم‌شده	R	رژیم جریان تحت تأثیر شرایط موجود بسیار متغیر است. سامانه‌های برق‌آبی می‌تواند باعث تغییرات کوتاه‌مدت در جریان و تغییرات بلندمدت فصلی شود. انشعابات ممکن است جریان پایه را به شدت کاهش یا افزایش دهند. ذخیره رسوبات عموماً به واسطه وجود سد و سازه‌های انحراف آب کاهش می‌یابد.

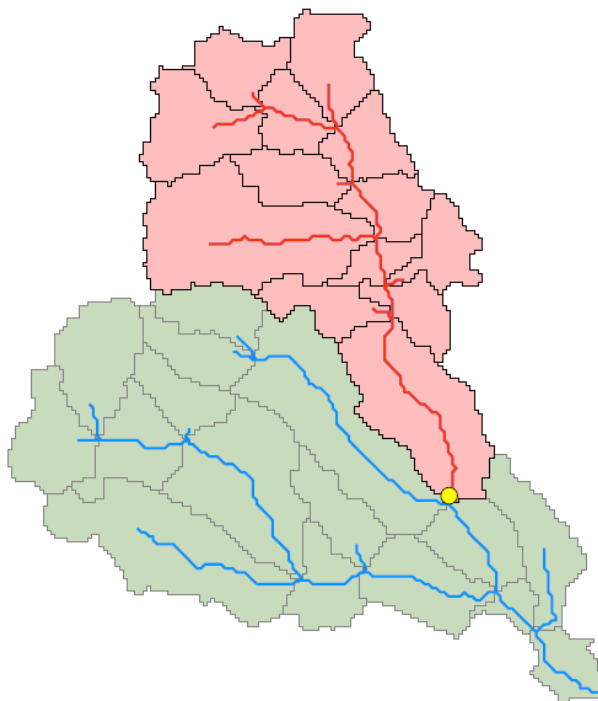


شکل ۸-۱۳ گروه‌بندی کلاس‌ها برای توصیف هشت واحد مدیریتی در یک منطقه مطالعاتی.

در فایل REC هر بخش از رودخانه برای هر سطح طبقه‌بندی کلاسی خاص و برای هر عامل طبقه منحصره‌فردی دارد. جزئیات این مبحث در جدول ۸-۱۰ آورده شده است. جدول مربوطه را می‌توان از منوی Open-Them-Table انتخاب کرد.

جدول ۸-۱۰ فیلدهای اصلی مربوط به جدول REC

فیلد	توضیحات
NZReach	مشخصه واحد ملیت (در اینجا NZ اشاره به کشور نیوزلند دارد)
ReachID	مشخصه واحد منطقه‌ای
Tnode	TO node - برای جهت شبکه استفاده می‌شود
Fnode	From node - برای جهت شبکه استفاده می‌شود
Length	طول بخش رودخانه (m)
Climate	کلاس سطح اقلیم
CSoF	کلاس سطح منبع جریان
CSoFG	کلاس سطح زمین‌شناسی



شکل ۸-۱۶ مثال تلفیقی. داده‌های در مقیاس حوضه (یعنی اقلیم، منبع جریان، زمین‌شناسی و پوشش زمین). برای تمامی بخش‌های شبکه، رودخانه با تلفیق اطلاعات حوضه‌های وابسته به آن بخش روندیابی می‌شود. در این مثال رودخانه منتهی به دایره زرد رنگ با تمامی حوضه‌های منتهی به آن نقطه مشخص شده‌اند (با رنگ صورتی).

۸-۱۱-۱ اقلیم

روند طبقه‌بندی اقلیم بر اساس دو سری اطلاعات شامل متوسط دمای سالانه و بارندگی مؤثر که حاصل کل بارش منهای تبخیر پتانسیل است می‌باشد. لایه‌های GIS استفاده شده حاصل تحقیقات میدانی بوده و با سامانه طبقه‌بندی محیط‌زیستی منطقه هماهنگی دارد. سطوح مبتنی بر متوسط داده‌های اقلیمی دراز مدت می‌باشد.

از آنجایی که عامل اقلیم در مقیاس حوضه عمل می‌کند، مقادیر متوسط مکانی متغیرهای اقلیمی برای کل حوضه بالادست هر بخش رودخانه به دست آمد. قانون مورد استفاده برای طبقه‌بندی اقلیمی بخش‌های رودخانه ساده است: بخش‌هایی از رودخانه با دمای تجمعی حوضه بیشتر یا برابر با ۱۲ درجه سانتی‌گراد به عنوان منطقه گرم شناخته می‌شود، در حالی که مناطقی با دمای کمتر از ۱۲ درجه سانتی‌گراد به عنوان منطقه سرد طبقه‌بندی می‌شوند؛ رودخانه‌های با بارش مؤثر کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر در سال به عنوان مناطق خشک، بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌متر در سال مناطق مرطوب و رودخانه‌های بیشتر از ۱۵۰۰ میلی‌متر در سال به عنوان بسیار مرطوب طبقه‌بندی می‌شوند. این دو سری طبقه‌بندی مجموعاً با یکدیگر شش کلاس اقلیمی به صورت جدول ۸-۱۱ تولید می‌کنند.

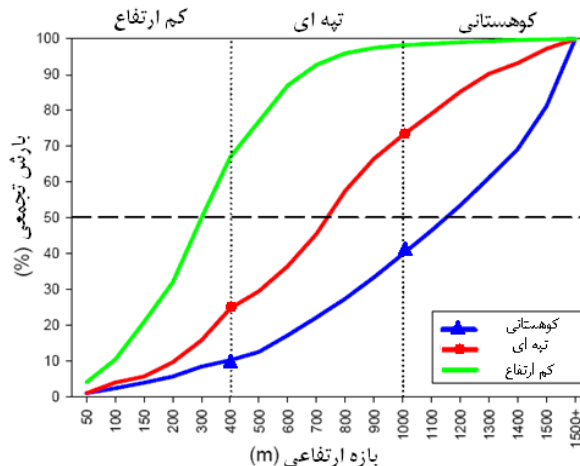
جدول ۸-۱۱ شش طبقه اقلیمی REC به همراه علائم و قواعد طبقه‌بندی

گروه اقلیمی	علامت	دما	بارش مؤثر
گرم و بسیار مرطوب	WX	$\geq 12^{\circ}\text{C}$	$> 1500 \text{ mm}$
گرم و مرطوب	WW	$\geq 12^{\circ}\text{C}$	$1500 - 500 \text{ mm}$
گرم و خشک	WD	$\geq 12^{\circ}\text{C}$	$< 500 \text{ mm}$
سرد و بسیار مرطوب	CX	$< 12^{\circ}\text{C}$	$> 1500 \text{ mm}$
سرد و مرطوب	CW	$< 12^{\circ}\text{C}$	$1500 - 500 \text{ mm}$
سرد و خشک	CD	$< 12^{\circ}\text{C}$	$< 500 \text{ mm}$

۸-۱۱-۲ منبع جریان

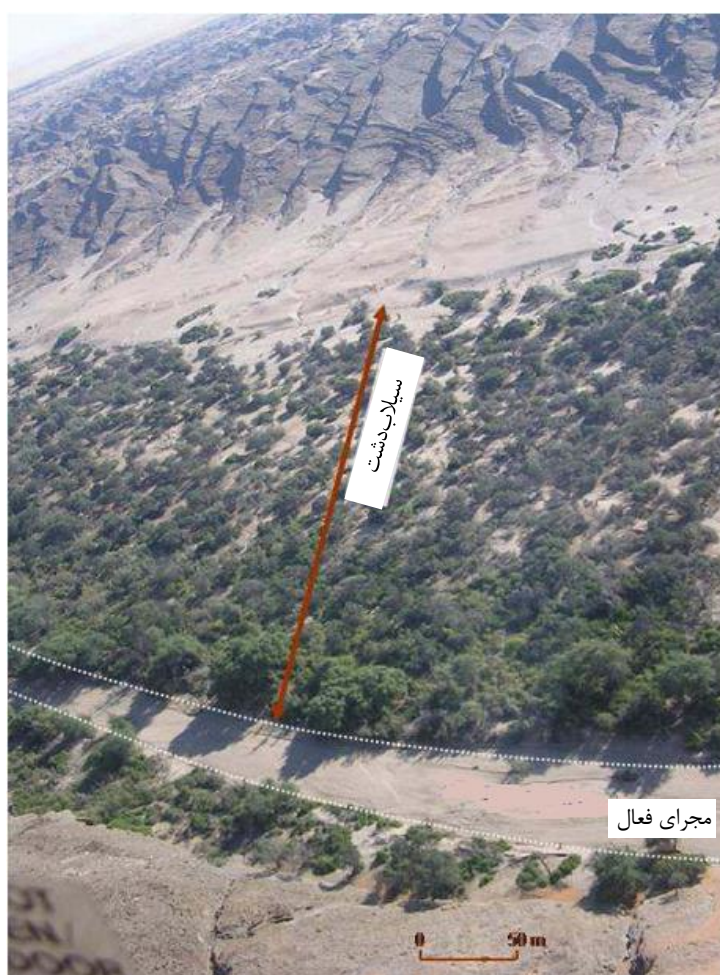
طبقه‌بندی عامل منبع جریان هر بخش از رودخانه مبتنی بر دو سری اطلاعات است: تخمین توزیع بارش بالادست حوضه و تخمین تأثیر بر دریاچه. بارش سطحی که برای منبع جریان استفاده می‌شود با مقداری که برای اقلیم استفاده می‌شود متفاوت است چراکه محاسبات منبع جریان زودتر از اجرای پروژه REC انجام شده است. اما هر دو سطح مبتنی بر داده‌های ایستگاه‌های اقلیمی یکسانی هستند. تفاوت اصلی بین محاسبات مربوط به منبع جریان و اقلیم در آن است که برای منبع جریان، تبخیر پتانسیل به حساب نمی‌آید.

سطح بارندگی به دسته‌هایی با ترازهای مختلف تقسیم شده و برای هر بخش از رودخانه درصد کل حجم بارش مربوط به هر دسته محاسبه می‌شود. سپس بخش‌های رودخانه با امتحان تراز ۵۰٪ بارش تجمعی طبقه‌بندی می‌شود. اگر ۵۰٪ در ارتفاع ۴۰۰ متر یا کمتر رخ داده باشد، رودخانه با عنوان کم‌ارتفاع طبقه‌بندی می‌شود، اگر تراز بین ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ متر باشد با عنوان تپه و اگر بیشتر از ۱۰۰۰ متر باشد با عنوان کوهستانی طبقه‌بندی می‌شود.



شکل ۸-۱۷ منحنی بارش تجمعی برای سه رودخانه نمونه. اگر ۵۰٪ بارش پایین‌تر از ارتفاع ۴۰۰ متری باشد، رودخانه در طبقه کم‌ارتفاع قرار می‌گیرد (رنگ سبز). اگر ۵۰٪ بارش بین ارتفاعات ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ متر قرار گیرد رودخانه در طبقه تپه (قرمز) و اگر ۵۰٪ بارش در ارتفاعاتی بیش از ۱۰۰۰ متر قرار گیرند رودخانه در منطقه کوهستانی قرار خواهد گرفت (آبی).

زمین‌شناختی مناسب هستند، می‌باشند. این رودخانه‌ها اغلب بین جریان دائمی که در نواحی با سنگ بستر کم‌عمق یا هدایت هیدرولیکی بالا با آبخوان‌های منطقه‌ای و جریان‌های فصلی یا متناوب که در نواحی با حوضه‌های آبرفتی عمیق‌تر یا با فاصله بیشتر از تراز سطح آب قرار دارند تغییر می‌کنند. علاوه بر این، رودخانه‌های دگرجازاد مناطق خشک به دلیل تراز سطح آب مرطوب‌تر دارای سیلاب‌های بزرگتر و مداوم‌تر نسبت به هم‌تایان درون‌زاد خود هستند. در بسیاری از مناطق خشک، سیلاب‌دشت‌های رودخانه‌های خشک پایا، سطح آب کم‌عمقی دارند و این منبع پایدار آب موجب رشد درختان ترکیبی بلند سازگار با کم‌آبی می‌شود.



شکل ۹-۲ نمونه‌ای از مقطع رودخانه شریانی شنی با مجرای آبرفتی و کانال فعال ۵۰ متر و سیلاب‌دشت‌های گسترده ۲۰۰-۳۰۰ متری. پوشش گیاهی نسبتاً انبوه روی سیلاب‌دشت‌ها به دلیل سطح بالای تراز تغذیه آب زیرزمینی توسط سیلاب‌های رودخانه‌ای.