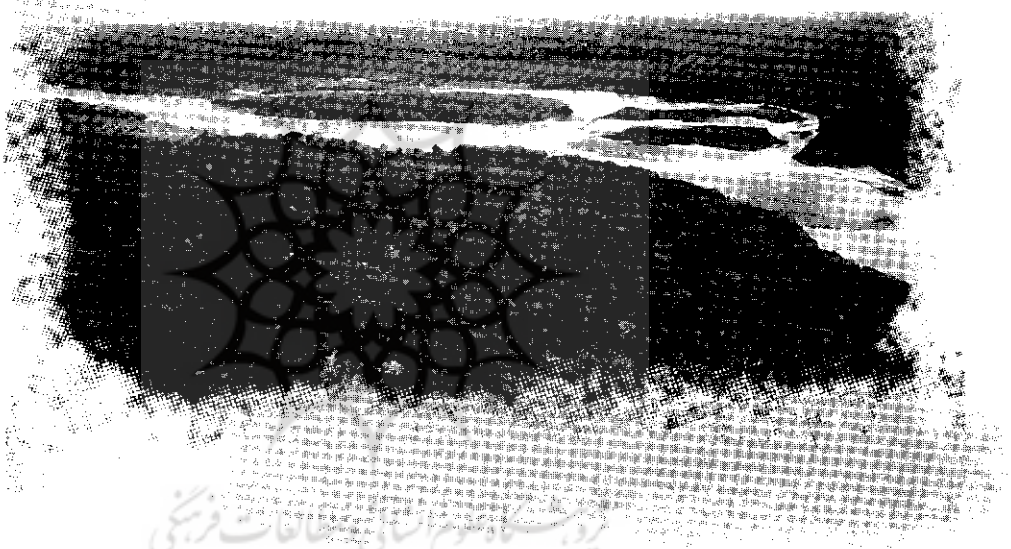
انواع تعادل در شبکه‌های رودخانه‌ای

نحوه‌ی تشکیل تراس‌های مرکب

مریم بیاتی خطیبی

استادیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشگاه تبریز



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

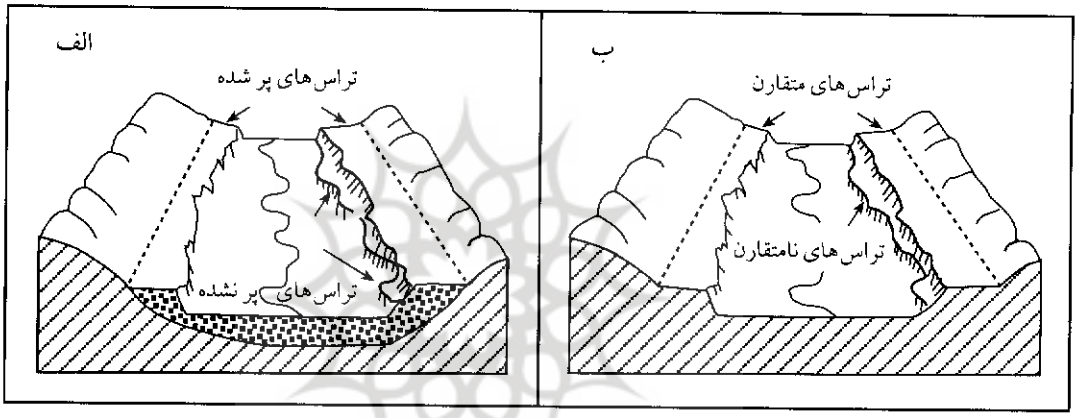
شبکه‌های رودخانه‌ای معمولاً به صورت سیستم هایی در نظر گرفته می‌شوند که چه به طور مستقیم چه به طور غیرمستقیم، از تغییرات رخ داده در شرایط محیطی متأثر می‌شوند. هر سیستمی دارای چند زیر سیستم است که تغییر در هر زیر سیستم، می‌تواند به کل سیستم، به صورت بطئی (در درازمدت) و یا سریع (در کوتاه مدت)، منعکس شود (و برعکس از کل سیستم به زیر سیستم ها). به عبارت دیگر، رودخانه‌ها در پاسخ به تغییرات رخ داده، نیمرخ طولی خود را در طول زمان تنظیم می کنند که نحوه‌ی این تنظیم، در رابطه با داده‌ها و ستاده‌های مربوط به مکان و زمان ویژه، بسیار متفاوت صورت می‌گیرد و با شکل‌های ویژه ای نیز همراه است. تشکیل انواع تراس‌ها[1] با ویژگی‌های متفاوت، معرف انجام چنین تنظیمات و تغییراتی در بستر رودخانه‌ها در رابطه با تغییرات در شرایط محیطی، و همچنین انطباق سطح بستر رودخانه‌ها، با شرایط جدید است.

تراس‌های رودخانه‌ای که به صورت نیمکت های طویل با سطوح تقریباً موازی با کانال های رودخانه‌ای، در کناره‌های بستر رودخانه‌ها مشاهده می‌شوند، معمولاً معرف سطوح قبلی دشت‌های سیلابی و یا کف دره‌ها در گذشته هستند ۲۸۵ : [Sepby,1985]. شکل‌های مذکور توسط بخش بالا آمده، دیواره‌ی پرشیب و سطح تقریباً مسطح از همدیگر جدا می‌شوند که معمولاً هر طبقه‌ی زیرین جوان تر از طبقه ی بالایی خود است(شکل ۱).

تراس‌ها از نظر شکل، محل و عامل تشکیل، بسیار متنوع

هستند که این تنوع، مدیون تنوع در فرایندهای فعال، تعداد عوامل تأثیرگذار و تغییر ویژگی های آن‌ها در سیر زمان است. در واقع، بین فرایندهای فعال (چه در زمان حال و گذشته) و انواع تراس ها، رابطه ی تنگاتنگی وجود دارد.

پدیده‌های یاد شده ممکن است روی بستر سنگی و یا روی آبرفت‌های ضخیم تشکیل شوند (شکل ۱) و توالی آن‌ها کامل و یا ناقص و شکل های مشخصی نیز در سطوح خود همراه باشد. چنین شکل هایی ماندگار نیستند و شکل اولیه ی آن‌ها ممکن است در اثر فرسایش تغییر یابد و یا بخشی از آن‌ها به علل گوناگون، مدفون شود. بنابراین، با توجه به تغییر ویژگی های پدیده‌های مذکور در طول زمان، کرونولوژی آن‌ها همیشه آسان نیست. بروز چنین تغییراتی در تراس ها برای ژئومورفولوژیست ها و زمین شناسانی که به کمک تراس ها و توالی موجود در آن‌ها، در پی تفسیر حوادث



شکل ۱. تراس‌های رودخانه‌ای در اطراف بستر رودخانه

a) تشکیل تراس ها روی آبرفت‌های زیرین b) تشکیل تراس ها روی بستر سنگی

فرسایشی و یا نهشته گذاری هستند، همواره مشکل آفرین است. با این حال، همواره بررسی تراس ها از سوی محققان، یافته های بسیار ارزنده‌ای را در مورد تاریخ و نحوه‌ی تغییرات محیطی، و همچنین نحوه‌ی تحول شبکه‌های رودخانه‌ای در طول زمان در پی داشته است. (شکل ۱)

انواع تعادل و مشخصه های آن در نیمرخ طولی رودخانه ها

عمل برش در بستر رودخانه ها، در واقع حاصل تلاش آب های جاری برای رسیدن به سطح پایه‌ی[۲] مشخص و ویژه ای است (سطح پایه‌ی محلی، منطقه‌ای و...) مفهوم سطح پایه‌ی فرسایش[۳] که تا حدی متفاوت از مفهوم سطح پایه است، در واقع تکمیل کننده ی مفهوم تعادل سیستمی در رودخانه هاست. سطح نیل به تعادل در نیمرخ طولی رودخانه ها، در واقع سطحی است که آب های جاری قادر به عمیق تر کردن بستر جریان خود به پائین تر از آن نیستند. درحالت تعادل نهایی، رودخانه نه عمل فرسایش و نه عمل بارگذاری را انجام می دهد، بلکه در جهت نیل به شرایط و حالت تعادل، شیب طولی خود را در طی این روند به حدی می رساند که در رابطه با ویژگی های حاکم، صرفاً قادر به حمل بار بستری خود شود (شکل ۲).

شبکه های رودخانه‌ای، برای رسیدن به تعادل نهایی، معمولاً روند طبیعی خود را ادامه می دهند؛ مگر این که یکی از متغیرهای دخیل، به عللی تغییر یابد. با تغییر در هر یک از متغیرها، نظیر تغییر در نیروهای رودخانه ای (مانند افزایش و یا کاهش دبی) و یا نیروهای مقاومتی در بستر، شیب نیمرخ طولی و حتی ارتفاع شاخاب های فرعی متصل به رودخانه اصلی نیز تغییر خواهد یافت. این تغییرات موجب خواهند شد که شاخاب های هم جوار، عمل تنظیم را هم زمان با یکدیگر انجام دهند. قبل از تنظیم و ایجاد تعادل مجدد، ممکن است سطح پایه‌ی فرسایش در دو شاخاب مجزا، متفاوت باشد و برای به حداقل رساندن این تفاوت، شاخاب ها و گاه خود رودخانه‌ی اصلی، بستر خود را برش دهند و یا بار اضافی خود را به جا گذارند. بنابراین، می توان گفت که شاخاب ها و رودخانه‌ی اصلی، تغییرات بسیار مشخصی را طی فازهای گوناگون تعادل، متحمل می شوند. به‌عبارت دیگر، رودخانه و شاخاب های آن برای نیل به تعادل نهایی مراحل متفاوتی از تعادل را طی می کنند که طی این مراحل، با بروز ویژگی های مشخص در بستر رودخانه ها همراه است.

دو نوع بسیار مشخص از مراحل تعادل، در طول مسیر رودخانه ها عبارتند از تعادل استاتیکی و انواع تعادل دینامیکی. عبارت تعادل دینامیکی، برای اولین بار توسط **هاک**) [(به نقل از: Hack.1966 (Bull.]، برای بررسی تراس های نواحی کوهستانی مطرح و به کار گرفته شد. مفهوم عبارت یاد شده، معرف تمایل شاخاب های روخانه، برای نیل به سطح پایه‌ی فرسایش جدید است. تعادل دینامیکی، خود به مراحل متفاوت دیگری نیز تقسیم‌بندی می شود که مرحله‌ی تعادل دینامیکی نوع ۱ و ۲، از عمده‌ترین آن‌هاست. تعادل دینامیکی نوع ۱، به شرایطی اطلاق

می‌شود که میزان عمل برش در بستر رودخانه‌ها در اثر عوامل تکتونیکی، با میزان بالا آمدگی و ارتفاع اختلاف سطح ایجاد شده، تقریباً برابر باشد. در چنین شرایطی، برای شاخاب‌های فعال از نظر تکتونیک، در طول پروفیل طولی رودخانه‌ها، امکان تغییر (فعال شدن عمل برش در بخشی از رودخانه و عمل بارگذاری در بخشی دیگر از آن) فراهم می‌آید.

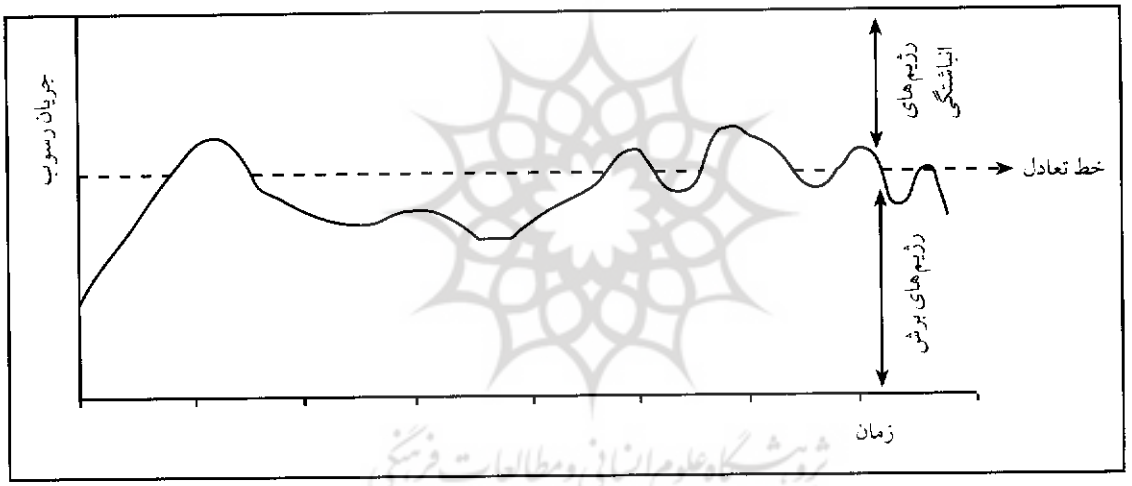
نوع دوم از تعادل دینامیکی، شرایطی است که رودخانه تمایل زیادی برای نیل به سطح پایه‌ی فرسایش دارد، اما به علت وجود موانع متفاوت، هرگز نمی‌تواند به آن سطح نائل آید. در این مرحله از تعادل، به نظر برخی از محققان (نظیر بال، ۱۹۹۹)، می‌توان ارتفاع بستر شاخاب‌های رده‌ی ۲ را به عنوان سطوح نزدیک به سطح پایه‌ی فرسایش در نظر گرفت.

به طور کلی، نبود تعادل از ویژگی‌های رودخانه‌هایی است که بالا دست آن‌ها به عللی، تحت عمل فرسایش قرار گرفته اند و یا در شاخاب‌های آن‌ها گسل های فعال وجود دارد. در چنین رودخانه‌هایی، زمان نیل به تعادل نهایی، به ویژه روی بسترهای سنگی، بسیار طویل المدت است. در دره‌های با کناره های محدب (با شکل اولیه‌ی V)، ممکن است شرایطی پیش آید که دره‌ها، از نیل به حالت تعادل باز بمانند و یا به تدریج از نیل به حالت تعادل نهایی فاصله بگیرند. پروفیل طولی چنین دره‌هایی، معمولاً به صورت خطوط محدب روی گراف های معمولی و نیمه لگاریتمی ظاهر می شود. (شکل ۲)

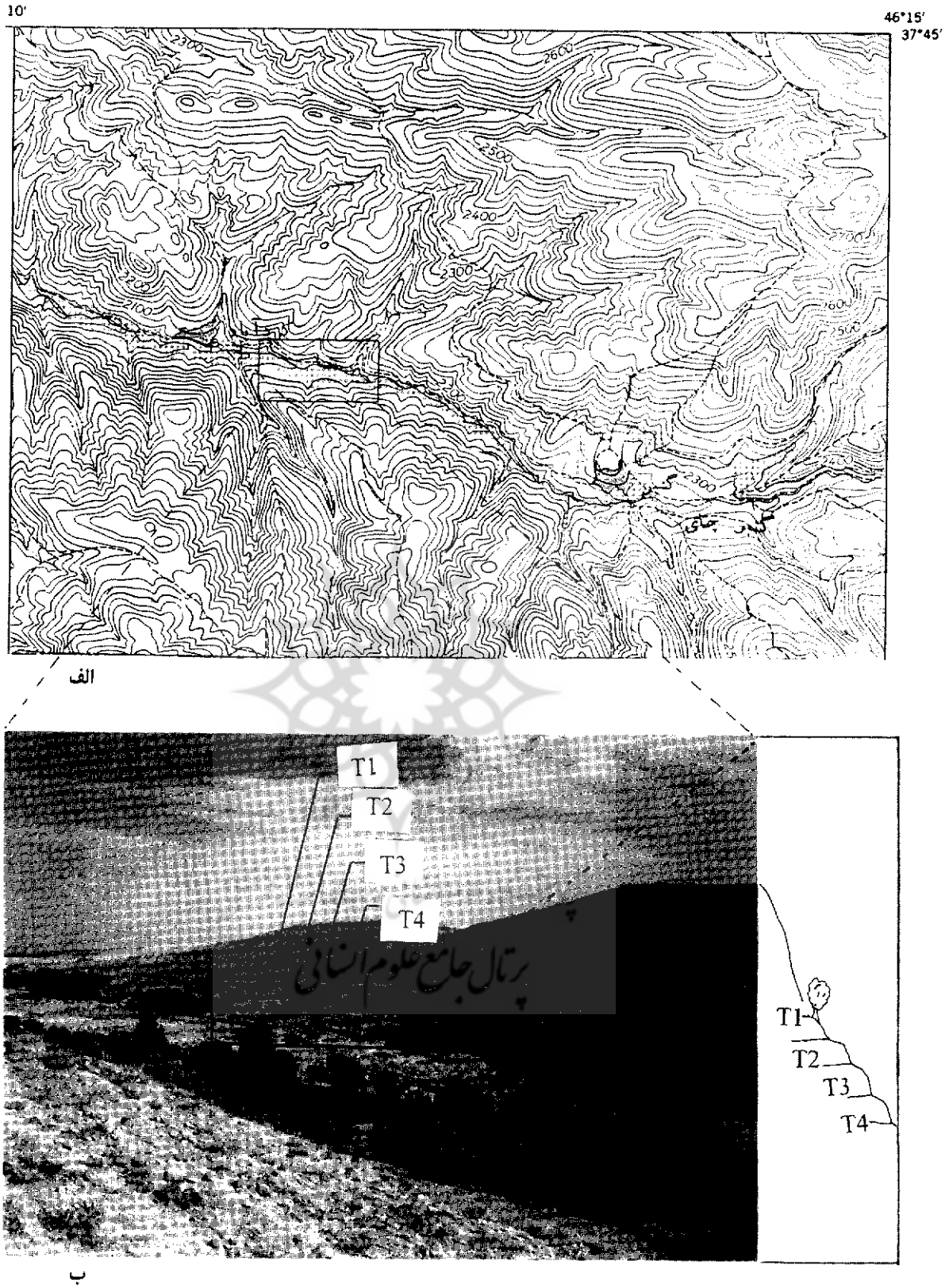
تعادل استاتیکی باعدم فعالیت فرایند انباشتگی[۴] و نهشته گذاری، و همچین عمل فرایند کندوکاو[۵] در نیمرخ طولی رودخانه‌ها مشخص می‌شود. در چنین حالتی، رودخانه به تدریج به جای عمل برش بستر، به صورت کاملاً بطئی، شروع به عمل بارگذاری می کند.

دو نوع از تعادل یاد شده (تعادل دینامیکی و استاتیکی)، با شکل های ویژه ای در اطراف و داخل بستر رودخانه‌ها قابل تشخیص هستند. برای مثال، تعادل استاتیکی در طول رودخانه، با توقف عمل کندوکاو در بستر اصلی رودخانه و در دره‌های پر شده، با تشکیل سطوح سنگ ریزه ای روی تراس‌های قبلی و همچنین، تشکیل تراس‌های بریده شده ـ پر شده[۶] در اثر فرسایش جانبی رودخانه‌ها[۷] روی آبرفت‌های ضخیم (درکوتاه مدت)، مشخص می‌شود که تأثیر فرسایش جانبی در تشکیل آن‌ها را نباید فراموش کرد. اما ممکن است در این مرحله در اثر فعالیت مجدد عمل برش بستری، تراس‌های طبقه‌ای مجزایی در طول کانال رودخانه‌ها تشکیل شود. تراس‌های بریده شده ـ پر شده، معمولاً از نظر ابعاد بسیار کوچک و دارای شیبی بسیار ملایم هستند (شکل ۱). اما این ویژگی‌ها تنها مختص به چنین تراس‌هایی نیستند و آن‌ها را می‌توان در تراس‌های سنگی و همچنین تراس‌هایی که روی آبرفت‌های قدیمی تشکیل شده اند نیز مشاهده کرد.

در طول رودخانه‌ی اصلی، پهن شدگی کف دره‌ها روی سنگ بستر، از مشخصه‌های عمده‌ی تعادل استاتیک و یا مرحله‌ی نیل به تعادل دینامیک نوع ۱، محسوب می‌شود. در این مرحله، در چنین دره‌هایی، زمانی که در شاخاب‌ها (شاخاب‌های فعال از نظر تکتونیک)، میزان کندوکاو از میزان بالا آمدگی طولانی مدت تجاوز می کند، تراس‌هایی در بستر بزرگ سیلابی تشکیل می‌شوند که به تراس‌های محدب موسوم هستند. به عقیده‌ی برخی از محققان [Bull. ۱۹۹۹]، تشکیل این نوع تراس‌ها در اطراف بستر رودخانه‌ها، حاکی از این نکته‌ی مهم است که چنین رودخانه‌هایی، هنوز به مرحله‌ی تعادل دینامیکی نوع ۱ نائل نشده اند. نمونه هایی از چنین تراس‌هایی در بعضی از دره‌های سهند، از جمله در دره ی گنبر (یکی از دره‌های شمال غربی سهند) نیز قابل مشاهده هستند. اما این که آیا چنین تراس‌های در اثر بالاآمدگی تکتونیکی در منطقه پدید آمده‌اند و یا



جای شکل ۲. خط تعادل و رژیم‌های کندوکاو و انباشتگی (فورمنتو و همکاران، ۲۰۰۲، ص ۱۳۴)



الف

ب

شکل ۳. پهن شدگی دره و تشکیل تراس‌ها در اطراف بستر اصلی

الف) نقشه توپوگرافی از محل

ب) پهن شدگی دره ی گنبر و تشکیل تراس‌های نامتقارن (T تا **T۴** تراس‌های کناری).

علت تشکیل آن‌ها عامل دیگری است، هنوز اطلاع دقیقی در دست نیست و باید بررسی‌های بیش تری در این زمینه صورت گیرد (شکل ۳).

تراس‌های بریده شده ـ پر شده که از مشخصه‌های مرحله‌ی تعادل استاتیکی محسوب می‌شوند، از تراس‌های پر شده که با پوشش لایه‌ی بسیار نازکی از سنگ ریزه‌ها، روی سطوح آبرفت‌های زیرین مشخص می‌شوند، کاملاً تفاوت دارند. این لایه سنگ ریزه‌ای کم ضخامت، ممکن است به صورت نهشته‌های به تأخیر افتاده جلوه کنند و یا در بستر رودخانه‌ها، به صورت ابزار برش در دست آب‌های جاری عمل کنند. سیلاب‌های بعدی، این سنگ ریزه‌ها را می‌توانند در بستر و در مسیر جریان خود تا مسافت زیادی بکشند. در بعضی از بسترهای رودخانه‌ای،

شکل ۴. تفاوت در آرایش تراس‌ها در بالادست و پایین دست رودخانه (بنیتو و همکاران، ۲۰۰۰، ص ۲۱۹)

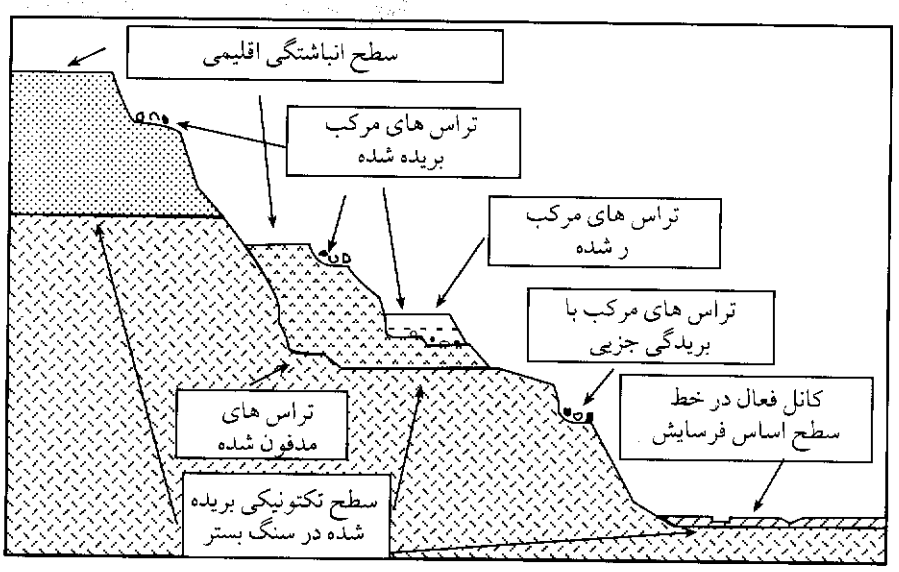
می‌توان روی تراس‌های قبلی، پوشش ضخیمی از آبرفت‌ها را نیز مشاهده کرد که حاصل تغییرات اقلیمی مهم در منطقه محسوب می‌شوند. حضور این آبرفت‌ها روی تراس‌های یاد شده، معرف این است که رودخانه هنوز در مرحله‌ی عادل دینامیکی نوع ۱ باقی مانده است.

در پایان این مبحث باید اضافه کرد، حتی در بخش‌های گوناگون نیمرخ طولی رودخانه‌ها، شکل تراس‌ها متأثر از ویژگی‌های مکانی (مانند نوع مواد بستری، نحوه‌ی سایش و...) متفاوت خواهد بود. چنین ویژگی‌هایی، در واقع نحوه‌ی آرایش تراس‌ها را در بخش‌های بالادست و پائین دست، به طور متفاوت تعیین خواهند کرد (شکل ۴).

تشکیل تراس‌های مرکب در روند تحول رودخانه‌ها

تراس‌های اقلیمی، در واقع از نتایج اولیه‌ی تغییر در ویژگی‌های سیستم‌های رودخانه‌ای و عکس العمل آن‌ها نسبت به تغییرات محسوسی است که در شرایط محیطی صورت گرفته اند. اما در کناره‌ی رودخانه‌ها، تراس‌هایی نیز وجود دارند که تشکیل آن‌ها، حاکی از پاسخ و عکس العمل کاملاً متفاوت رودخانه‌ها نسبت به تغییرات رخ داده در محیط‌های طبیعی است. این تراس‌ها که به نام تراس‌های مرکب با عکس العمل پیچیده موسوم هستند، می‌توانند جوان، پیر، مرتفع، محدود و یا گسترده باشند. حضور آن‌ها در هر منطقه‌ای، بیانگر این است که کل سیستم‌های رودخانه‌ای از توان خود تنظیمی در برابر تغییرات رخ داده برخوردارند. اما در مواردی ممکن است، بخشی از رودخانه به علل گوناگون قادر نباشد، سطح پایه‌ی خود را در پاسخ به تغییرات رخ داده به طور هماهنگ و یکسان با دیگر بخش‌ها، تغییر دهد و یا تغییرات رخ داده در طول رودخانه‌ها، صرفاً در اثر دخالت یک عامل ویژه صورت نگیرد. برای مثال، در طول رودخانه‌ی ویژه‌ای، تراس‌ها ممکن است در بخشی، به علل تغییرات اقلیمی و در اثر فعالیت فرایند انباشتگی، و در بخش دیگر، در اثر ایجاد اختلاف سطح تکتونیکی، تشکیل شوند. وقوع چنین تغییراتی با منشأ متفاوت در طول یک رودخانه‌ی مشخص، در نهایت می‌تواند موجب تشکیل تراس‌های مرکب شود.

گاه در اثر فرایندهای گوناگون، سطح پایه‌ی محلی تغییر می یابد و فقط یکی از کناره‌های دره و یا بستر رودخانه در پاسخ به این تغییرات، مورد کندوکاو قرار می‌گیرد. بدین ترتیب، در بستر پهن سیلابی، تراس‌های مرکب با ویژگی‌های تراس‌های بریده شده ـ



شکل ۵. نمایش تشکیل تراس‌های مرکب با عکس‌العمل پیچیده در کناره‌ی رودخانه‌ها (بال، ۱۹۹۹)

پر شده تشکیل می‌شوند. اما باید در نظر داشت که همواره عوامل تکتونیکی و اقلیمی، تنها در تشکیل تراس‌های مرکب نقش بازی نمی کنند، بلکه افتادن تخته سنگ ها در بستر سیلابی، می‌تواند چنین نقشی را به عهده گیرد. حضور این تخته سنگ ها می‌تواند در عمل کندوکاو رودخانه‌ها وقفه ایجاد کند و موجب شروع عمل فرسایش جانبی در بستر رودخانه‌ها شود. در این شرایط، رودخانه فقط یک کناره از دیواره‌ی بستر آبرفتی خود و یا دیواره‌ی دره را مورد هجوم قرار می دهد. وقوع چنین حالتی در بستر رودخانه، در واقع ایجاد یک وقفه ی اساسی در روند تعادل استاتیکی محسوب می‌شود.

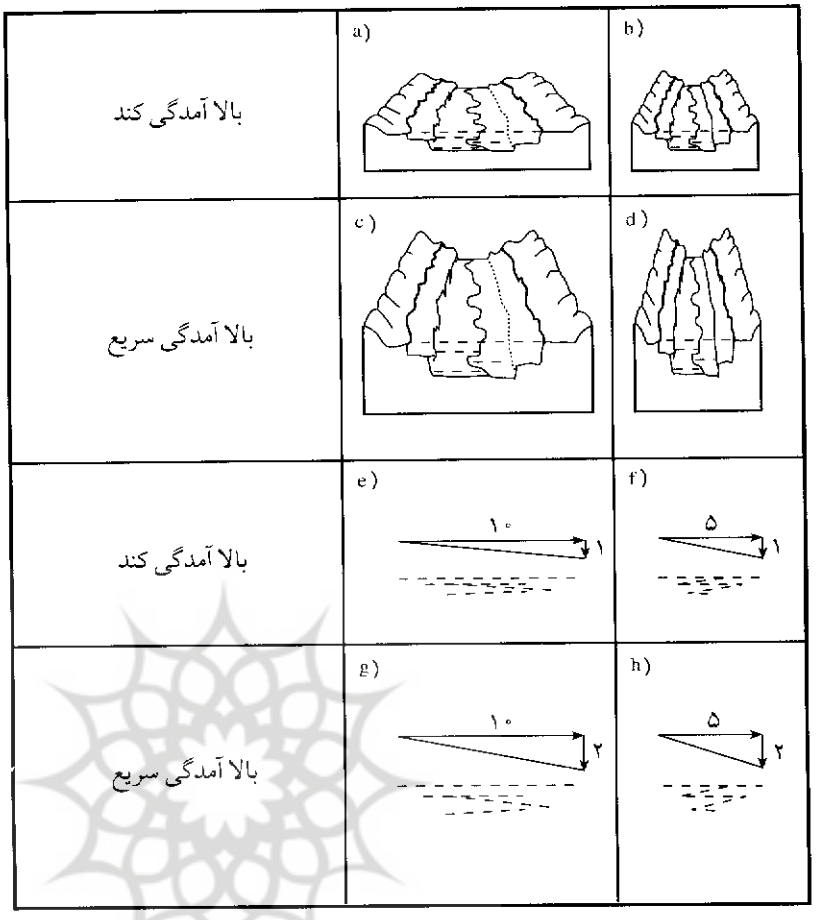
البته چنین شرایطی کاملاً موقتی است و امکان دارد با وقوع یک آشفتگی و یا یک تغییر اساسی در مسیر رودخانه خاتمه یابد؛ بدین صورت که وقوع یک سیلاب بزرگ می‌تواند، تمامی موانع (قلوه سنگ ها و تخته سنگ ها) موجود در بستر را به حرکت درآورد و بدین ترتیب، ناهمواری های هیدرولیکی و فشار مقاومت برشی که در اثر وجود موانع سنگی افزایش یافته بود، ناگهان کاهش یابد. در این صورت، شرایط جدیدی در بستر رودخانه پدید می‌آید. در شرایط جدید پیش آمده، فرایند کندوکاو در ارتفاعی پایین تر از حالت قبل، دوباره فعالیت خود را شروع می کند و بقایای بستر قبلی، به صورت تراس در کناره ها باقی می ماند. بنابراین، با توجه به موارد ذکر شده می‌توان گفت که بدون وقوع تغییرات اقلیمی و یا تکتونیکی، تنها وجود یک مانع در بستر رودخانه، می‌تواند به عنوان یک «بازخورد»[۸] عمل کند و موجب تشکیل تراس های پر شده ی نامتقارن با عکس العمل پیچیده شود (شکل ۵).

باید یادآور شد که همواره چنین بازخورد هایی طبیعی نیستند. در دهه های اخیر، انسان نیز با دست اندازی در بسترهای طبیعی رودخانه‌ها، چنین نقشی را به عهده داشته است. انسان با ایجاد سد و بندهای گوناگون درمسیر رودخانه ـ که این امر منجر به وقوع لغزش و ریزش در دامنه ها و از جای کنده شدن درختان منجر می‌شود ـ تغییرات بسیار اساسی در نیمرخ طولی رودخانه‌ها پدید آورده است. نمونه های بسیار بارزی از چنین دستکاری هایی را می‌توان در شاخاب های رودخانه ی «اهر چای» (بین اهر و مشکین شهر) مشاهده کرد که بخشی از علل وقوع لغزش ها در این محدوده، به انحراف رودخانه به کناره ی دامنه ها ـ که از آبرفت‌های قدیمی تشکیل شده اند ـ برمی گردد.

گاهی ممکن است تراس‌های مرکب با عکس‌العمل پیچیده، در اثر ایجاد اختلاف سطح تکتونیکی در بعضی از شاخاب‌ها، پدید آیند و چنین تغییراتی به برش کف بستر در بخش سرآب‌ها (یعنی بالاتر از جایی که اختلاف سطح در اثر وقوع گسل ایجاد شده است) بینجامد و در نتیجه، موجب افزایش تولید بار رسوب در شاخاب‌های مورد کندوکاو در بالادست، و افزایش بارگذاری مواد در پایین دست و در بخش فرو افتاده‌ی دره‌ها شود.

میزان جابه‌جایی عمودی و ایجاد اختلاف سطح در طول بیش‌تر گسل های رخ داده، آن قدر سریع است که زمینه را برای شروع فعالیت فرایند کندوکاو و تشکیل مخروط افکنه ها در محل خروجی رودخانه‌ها (از دره به دشت) فراهم سازد. در چنین شرایطی، میزان پیچیدگی در تراس‌های مرکب، با افزایش بار رسوبی، تفاوت در اجتماع مواد در مخروط افکنه‌ها، و همچنین ابعاد و محدوده‌ی گسترش چنین پدیده‌هایی مشخص می‌شود. به طور کلی، در اغلب موارد و در مناطق فعال از نظر تکتونیک، میزان و سرعت بالا آمادگی‌های تکتونیکی، نحوه‌ی آرایش تراس‌ها و ارتفاع آن‌ها از تعیین

رودخانه‌ی کوچک (رودخانه‌ای با توان پایین) رودخانه‌ی بزرگ (رودخانه‌ای با توان بالا)



شکل ۶. تاثیر میزان جابه جایی عمودی و توان رودخانه‌ها در نحوه‌ی تشکیل تراس‌ها (مرینتس و همکاران، ۱۹۹۳، ص ۱۸)

می‌کند. در این مورد نباید قدرت و توان خود رودخانه‌ها را فراموش کرد (شکل ۶).

البته لازم است این نکته نیز اضافه شود که میزان تغییرات و آشفتگی‌های تکتونیکی در طول بستر اصلی و در جهت بالادست رودخانه‌ها، به تدریج کاهش می یابد. همچنین باید یادآور شد، تحلیل نحوه‌ی عمل کندوکاو، به ویژه نحوه و میزان نهشته گذاری در بخش‌های گوناگون رودخانه، همواره ساده نیست؛ چرا که نحوه و میزان برش، غیر از عوامل تکتونیکی، با مؤلفه های بی شمار دیگری نیز در ارتباط است که این امر، موضوع بررسی تراس‌های مرکب را بیش از پیش پیچیده‌تر می سازد.

باتوجه به نقش عمده ی تکتونیک در تشکیل تراس های مرکب، تراس‌های یاد شده از بسیاری جهات به تراس های تکتونیکی شبیه هستند. در هر دو تراس مذکور، بررسی ارتفاع و نحوه‌ی آرایش و قرارگیری طبقات روی یکدیگر، برای مشخص کردن نحوه‌ی تغییرات در ویژگی های رودخانه و شاخاب های آن، از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

زیرنویس

1. Terraces
2. Base level
3. Base-level-of-erosion
4. Aggradation
5. Degradation
6. Cut-Fill
7. Lateral erosion
8. Feed back

منابع

۱. رامشت، محمدحسین و سیف، عبدالله. تعیین سن مطلق پادگانه‌های آبرفتی رودخانه ای. مجله ی دانشگاه سیستان و بلوچستان. شماره‌ی ۱، بهار و تابستان ۱۳۷۵.

۲. کرمی، فریبا. بررسی مسایل ژئومورفولوژی دامنه‌ی شمالی رشته‌ی بزقوش و دشت انباشتی سراب. پایان نامه‌ی دکترا. دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی. دانشگاه تبریز. ۱۳۸۱.

3. Benito,G.,F,Gutierrez., A.P,Gonzalez and M.J,Machado (2003). Geomorphological and sedimentological features in Quaternary fluvial systems affected by solutioninduced. NE,Spain. Geomorphology .33,209-224.

4. Bull, W,B (1999) Stream terrace genesis:implication for soil development.Geomorphology.3,31-367

5. Krzyskowsk, D.,B,Przybylski.,J,Badura (2000). Terrace formation along the Nysa Kłodzka river in the Sudeten mountain (southwestern Poland. Geomorphology.33,147-166.

6. Li,Y.,J,Yang.,L,Tan.,F,Duan (1999). Impact of tectonics on alluvial landforms in the Hexi Corridor, Northwest China. Geomorphology .28,299_38.

7. Merritts,D.J.K.R,Vincent and E.E,Wohl.(1993). Long river profiles,tectonism and eustasy:A guide to interpreting fluvial terraces. American Geophysical Union.

8. Pets,G.(1988). River and landscape. Chapman and Hall.

9. Schumm,S.A.,M.D,Mosley.,W.E.Weaver(1986). Experimental fluvial geomorphology. John Wiley and Sons.

10. Selby,M.J.(1985). Earth,s changing surface:an introduction to geomorphology. Oxford.

11.Ttigilio, M.L.,D,W.Burbank.,A,Nicol.,J.Shulmeister and U,Rieser (2002). River response to an active fold and thrust belt in a convergent margin setting, North Island, New Zealand. Geomorphogy, 49,125-152