تابستان ۱۳۸۵
سال دوازدهم - شماره پیاپی ۲۲
تبریز - ایران

نشریه دانشکدهٔ

علوم انسانی و اجتماعی

جغرافیا

نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی (جغرافیا)

دانشگاه تبریز

تابستان ۱۳۸۵
سال دوازدهم – شماره ۲۲
تبریز– ایران

(تاریخ انتشار: بهار ۱۳۸۷)

33. Rosen, S. (1974), **Hedonic Prices and Implicit Market Product Differentiation in Pure Competition**, Journal of Political Economy: No. (2): 34-55.

34. Sanghi, A. (1997), **The Climate Sensitivity of Brazilian Agriculture: Estimates from the Ricardian? The Impacts of Climate Change on Indian and Brazilian Agriculture**, World Bank, Washington.

تاریخ دریافت : ۸۴/۹/۹
تاریخ پذیرش نهایی: ۸۵/۴/۳

پهنه‌بندی و تحلیل سلولی ناپایداری دامنه‌ای در بخش مرکزی حوضه آبریز رودخانه زاب

سعید خضری*
دکتر شهرام روستایی**
دکتر عبدالحمید رجایی***

چکیده

روش‌های متعددی برای مطالعه و پهنه‌بندی خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ارائه شده که روش تحلیل سلولی از جمله آنهاست. بررسی ناپایداری‌های دامنه‌ای و پهنه‌بندی خطر حرکات دامنه‌ای در بخش مرکزی حوضه زاب با بهره‌گیری از روش تحلیل سلولی و مقایسه نتایج آن با نتایج حاصل از روش‌های کمی و ناپایداری‌های کنونی موجود، موضوع این مقاله است. در این تحقیق علاوه بر روش تحلیل سلولی از روش‌برداری نیز در تعیین ناپایداری منطقه استفاده شده و مدلی مناسب جهت تعیین مناطق مستعد ناپایداری ارائه شده است. در این روش، ضمن آزمون مدل، عوامل دخیل در ناپایداری‌های دامنه‌ای ارزیابی شده و امکان تغییرات اصلاحی در وزن‌ها و ضرایب فاکتورها نیز فراهم آمده است. از روش برداری برای تهیه نقشه‌های عامل استفاده

---

* دانش آموخته دکتری جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی) از دانشگاه تبریز.
** دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.
*** استاد بازنشسته گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

شده است. آنچه از پهنه‌بندی پتانسیل‌حرکات دامنه‌ای در این منطقه می‌توان استنتاج کرد، اینکه مناطق ناپایدار علاوه بر شیب‌های تند و دامنه‌های باشکل مقعر بر روی آلوویال و فیلیت نامقاوم در جوار گسل اصلی پیرانشهر بیشتر در کوهستان غربی و دامنه‌های پشت به آفتاب با پوشش غیر جنگلی گسترش دارند. مناطق پایدار بر اساس نقشه خطر ناپایداری در شیب‌های کم و سرزمین‌های هموار با پوشش جنگلی و بیشه‌زار در دامنه‌های منظم کم شیب با جنس مقاوم (ازجمله آهک کریستالی و مرمر) واقع هستند.

واژگان کلیدی

ناپایداری دامنه‌ای، تحلیل سلولی، حوضه زاب، تحلیل‌برداری، سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه عامل.

مقدمه

نظارت بر تغییرات مورفولوژیک، اساس و پایه‌ی حل مشکلات و مسائل ژئومورفولوژی کاربردی می‌باشد و طراحی و نقشه‌کشی لندفرم‌ها، مواد سطحی و فرایندهای آنها ضروی است. ژئومورفولوژگ ها معمولاً به عنوان یک اصل ضروری به تشریح گذشته وحال پرداخته و آینده پروسه ها را پیش بینی می کنند تا ماهیت و سرعت تغییرات را درک نمایند (کوک و ورنکمپ[1] ۱۹۹۰:۱۰۲). نظارت بر تغییرات دامنه‌ها و شناسایی مناطق پایدار و ناپایدار جزو اولویت‌های مطالعات ژئومورفولوژی است.

حرکات دامنه‌ای و ناپایداری‌ها در این منطقه مشکلات عدیده‌ای ایجاد نموده و خسارت‌های ناشی از آنها چشم‌گیر است. لذا ارزیابی خطرات ناشی از آنها در جهت حفاظت از پروژه‌های مربوط به آمایش زمین و برنامه‌ریزی‌های بلند مدت توسعه و عمران محیطی ضروری است. در پهنه‌بندی مناطق مستعد حرکات دامنه‌ای، امروزه به عواملی چون: طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب، لیتولوژی و غیره توجه می‌شود (روستایی۱۳۷۹). گاه نقشه‌های عوامل فوق با خطای زیاد تهیه شده و نتایج حاصل از آنها شک برانگیز است.

یکی از روش‌های جدید مطالعه و بررسی ناپایداری دامنه‌ها، روش تحلیل سلولی است. این روش شاخص مستعد بودن حرکات دامنه‌ای را برای هر سلول مشخص می‌نماید. هر مقیاس‌شاخص ارزش، به یک ناحیه منحصر اختصاص دارد که براساس هدفی خاص گزینش می‌شود و معنای مطلق نداشته و قابلیت انتقال از مکانی به مکان دیگر را ندارد (قهرودی ب ۱۳۸۳).

انتخاب روش تحلیل ماتریسی در ارائه نتایج از بین روش‌های مختلف پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای بیشتر قابل اعتماد است و نتایج آن را می‌توان در انجام مطالعات بنیادی آمایش سرزمین و پروژه‌های عمران آب و محیط به کار بست. با بهره‌گیری از روش تحلیل برداری می‌توان بر صحت بیشتر مطالب افزود و نتایج قابل اعتماد به دست آورد. بدین منظور برخی نقشه‌های ارائه شده در این مقاله حالت وکتوری دارند. برنامه آنالیز فضایی[2]،

1. Cook & Doornkamp
2. Spatial analyst

فرایند مدل‌سازی، مشاهده و تفسیر نتایج، قدرت واقعی یک سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] است (مطیعی۱۳۸۲: ۱۳) که در این مقاله از آن بهره جسته‌ایم.

مواد و روش‌ها

بخشی از مواد اساسی مورد نیاز در این پژوهش اسناد هستند که شامل کتب و مقالات مرتبط با فلسفه موضوع، نقشه‌های توپوگرافی، زمین شناسی، خاک شناسی، پوشش گیاهی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای می‌باشند. گیرنده ماهواره‌ای جی پی اس، کامپیوتر و نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی نیز در انجام این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در روش تحلیل و پهنه بندی حرکات دامنه‌ای الگوی زیر ملاک عمل بوده است:

۱ـ تعیین دقیق منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه‌های مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ توپوگرافی و ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی منطقه و رقومی‌کردن آنها،

۲ـ طراحی شبکه‌ای با ابعادی مساوی با محدوده پژوهش و انتخاب ابعاد هر سلول در رابطه با پدیده مورد مطالعه،

۳ـ تعیین عوامل مؤثر در حرکات دامنه‌ای و تبدیل برخی از داده‌های عوامل موجود در مقیاس مکانی به فرمت گرید[2] یا شبکه‌ای به اندازه سلول مورد نظر،

٤ـ مشاهده و بازدید میدانی و برداشت داده‌ها با گیرنده ماهواره‌ای جی پی اس،[3]

۵ـ انتقال داده‌های مربوط به حرکات دامنه‌ای برداشت شده توسط جی پی اس به شبکه طراحی شده از منطقه،

٦ـ ثبت وضعیت موجود از لحاظ ناپایداری دامنه‌ای به صورت یک شبکه مجزا برای آزمون مدل به ترتیب فوق،

۷ـ استاندارد کردن داده‌ها بین ۱ تا ۱۰ و وزن دهی برای رده‌بندی عوامل مؤثر در حرکات دامنه‌ای منطقه،

1. GIS-Geographical Information System
2. Grid
3.GPS-Global Position System

۸ ـ اجرای مدل‌های متعدد بر روی داده‌های جمع‌آوری شده به منظور محاسبه استعداد ناپایداری دامنه‌ای در واحدسلول و پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای ومقایسه و تطبیق با داده های میدانی جمع آوری شده،

۹ـ آزمون نتایج حاصله بر اساس‌آنالیز سلولی یا ماتریسی و همپوشانی نقشه پهنه‌بندی حاصله با نقشه‌های عامل و نقشه پهنه‌بندی ناپایداری تهیه شده به روش کمی و نقشه ناپایداری های کنونی موجود منطقه به منظور درک نقش هر عامل و آزمون روش مورد استفاده،

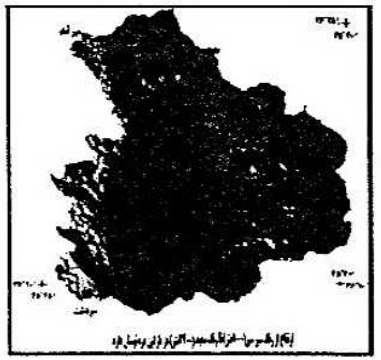
۱۰- نتیجه گیری نهایی.

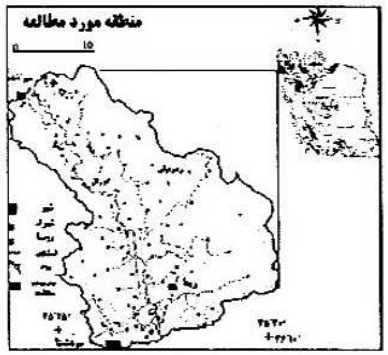
منطقه مورد مطالعه

دره زاب با جهت شمالی ـ جنوبی در شمال غرب ایران به موازات مرز ایران و عراق کشیده شده و رودخانه زاب در آن جاری است که بخش مرکزی آن از میرآباد تا سردشت با وسعت ۵۲۰ کیلومتر مربع محدوده این مطالعه است. در محدوده پژوهش حداکثر گسترش شرقی ـ غربی ۳۰ کیلومتر و حداکثر کشیدگی شمالی ـ جنوبی ۳۳ کیلومتر است. یک شهر، سه شهرک و بیش از ۸۰ روستا را در برگرفته و جمعیتی بالغ بر ۷۰ هزار نفر را در خود جای داده است (شکل ۱).

از لحاظ توپوگرافی واحد عمده کوهستان است. توده کوهستانی طرفین رودخانه به دو بخش شرقی و غربی تقسیم می‌شود. ۷۰ درصد کوهستان در بخش شرقی و ۳۰ درصد در بخش غربی قرار دارد. ارتفاع متوسط کوهستان ۱٤٤٦ متر بوده و رود زاب زهکش اصلی است که اختلاف ارتفاع آن در منطقه پژوهش ۱۹۰ متر است.

بخش دامنه سکو مانند نسبت به کوهستان وسعت کمی دارد و می‌توان آنها را به دو قسمت تقسیم کرد: بخش پست‌تر هموار است و در جوار رود زاب در جنوب و جنوب شرق گسترش دارد. بخش مرتفع تر که نسبتا هموار بوده، دورتر از رودخانه مزبور قرار دارد (شکل ۱).





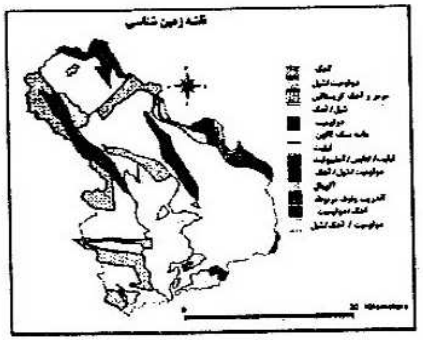
شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه پژوهش و مدل ارتفاعی رقومی‌آن

منطقه مورد مطالعه بر روی نوار دگرگونی زون سنندج ـ سیرجان واقع است. این زون یکی از فعال‌ترین و ناآرام‌ترین واحدهای‌ساختمانی ایران می‌باشد و مراحل مهم دگرگونی را تحمل کرده است (درویش زاده ومحمدی ۱۳۷٦: ۱۱٤). از نظر لیتولوژی منطقه از تنوع خاصی برخوردار است و در نگاه کلی سری سنگ‌های فیلیتی، آهک متامورف (مرمر)، آهک و آندزیت برونزد دارند و غلبه با فیلیت هوموژن است (شکل ۲). از لحاظ زمین ساخت، منطقه تنوع و پیچیدگی خاصی دارد. دامنه‌ها شیب تندی داشته و به دلیل‌گسل‌های فراوان و عملکرد متفاوت آنها شیب و امتداد طبقات متفاوت است. از لحاظ آب و هوایی منطقه دارای رژیم بارندگی مدیترانه‌ای و آب و هوای کوهستانی معتدل در مناطق پست

وکوهستانی سرد در ارتفاعات است. متوسط بارندگی سالانه براساس آمار ۲۵ ساله ۹۳۲ میلی‌متر می‌باشد (خضری ۱۳۸٤).

متوسط دما در ایستگاه سینپتیک سردشت ۱۱/۷ و در ایستگاه کلیماتولوژی بریسوه ۱۳/۳ درجه‌سانتی‌گراد می‌باشد. دماهای حداکثر مطلق ٤۵ درجه و حداقل مطلق ۱۹/۵- درجه سانتی‌گراد در منطقه ثبت شده‌اند. تعداد روزهای یخبندان در طول سال ۹۵ روز بوده و ماه‌های خشک از خرداد تا مهر ادامه دارند. یخبندان و نوسانات دما جزو عناصر مهم اقلیمی مؤثر در مورفولوژی منطقه هستند (خضری ۱۳۷۹).

به دلیل وجود شرایط خاص، حرکات دامنه‌ای منطقه اشکال مختلفی دارند. وجود شیب‌های تند، سنگ‌های سست و فرسایش‌پذیر، خاک‌های ضخیم و نهشته‌های منفصل، پوشش گیاهی کم تراکم در شیب‌های‌تند، گسترش‌انواع گسله‌ها (از جمله گسل اصلی پیرانشهر)، وجود تراکم بالای زهکشی و وجود زمین های مرتفع و غیره هر کدام به نحوی در گسترش ناپایداری دامنه‌ای نقش داشته و مساحت زیادی را در معرض خطر قرار داده‌اند.



شکل۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه پژوهش

پایداری دامنه‌ها می تواند بر اساس رابطه بین دو نیروی تنش برشی و مقاومت برشی تعیین شود. زمانی جابجایی صورت می‌گیرد که نیروهای برشی بر نیروهای مقاومتی غالب شوند که این هم به فاکتور ایمنی دامنه وابسته است (سامرفیلد[1] ۱۹۹٤:۱٦۷).

1. Summerfield

عوامل گوناگونی در جابه‌جایی مواد دخالت دارند که عبارتند از: نیروی ثقل، انتقال مواد توسط آنها، انتقال مواد توسط جریانات سطحی پراکنده، سولیفلوکسیون، خرش، ریزش، جهش، لغزش و غیره (رجایی ۱۳۷۳: ۱۹). با عنایت به موارد فوق ابتدا عوامل درونی و بیرونی بررسی می‌شوند؛ سپس به پهنه‌بندی خطر ناپایداری‌ها می‌پردازیم.

عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه‌های منطقه

عوامل مؤثر و دخیل در ارزیابی و تحلیل سلولی ناپایداری دامنه‌ای در بخش مرکزی حوضه زاب عبارتند از:

الف) فرسایش پذیری سنگ‌ها

با توجه به نقشه مقاومت لیتولوژی، شرایط اقلیمی و مطالعات میدانی، می‌توان برحسب درجه فرسایش‌پذیری، رده‌بندی مقاومت سنگ‌ها را ملاحظه کرد (شکل۳). سنگ‌های حساس منطقه شامل فیلیت و سازند میلا (دولومیت، آهک دولومیتی، آهک ماسه سنگی، شیل و شیل‌سلیتی) در منطقه بوده که فیلیت گسترش زیادی دارد. سازندهای بسیار حساس شامل نهشته‌های کواترنری قدیمی و جوان‌تر و آبرفت‌های جوان و نهشته‌های واریزه‌ای، آب شست‌های دامنه‌ای، خاک‌های برجا و تراورتن‌های چشمه‌های آهک‌ساز است. وسعت سنگ‌های مقاوم که شامل آهک متبلور (کریستالی) و مرمر متبلوراست نسبت به سنگ‌های حساس و خیلی حساس کمتر بوده و با ارتفاعات منطقه منطبق‌اند. سنگ‌های مقاوم نیز آندزیت، آهک، دولومیت، ماسه سنگ، آهک دولومیتی، آهک ماسه سنگی و کنگومرا است و سنگ‌های با مقاومت متوسط اسلیت، شیست، شیل رسی، شیل سیلتی و ماسه‌ای، آهک رسی و بیوژنیک را در برگرفته است. در کل سنگ‌های مقاوم وسعت کمی دارند. بدین جهت در نگاه کلی می‌توان غلبه سنگ‌های حساس و خیلی حساس را ملاحظه کرد که معمولاً توده‌های ضخیمی از خاک برجای گذاشته‌اند (شکل ۳).

ب) عوامل آب و هوایی

برحسب سطوح ارتفاعی و شرایط محیطی حاکم، انواع بخصوصی از فرایندهای دامنه‌ای ایجاد می‌شوند که جنس‌دامنه‌ها، فرایندهای فرسایشی، درجه فرسایش‌پذیری، اقلیم و پوشش گیاهی در خلق ناپایداری‌های دامنه‌ای دخیل هستند (قهرودی ب۱۳۸۳).

براساس داده‌های اقلیمی دوره ۲۵ ساله (ایستگاه سینوپتیک سردشت و ایستگاه کلیماتولوژی بریسوه)، کوهستانی بودن منطقه و گسترش ارتفاعات، شرایط اقلیمی خشن حاکم است. چنین شرایطی باعث تحریک کنندگی حرکات دامنه‌ای در منطقه می‌شوند. در دوره آماری ۲۵ ساله متوسط دمای تیرماه در ایستگاه بریسوه ۲۶/٤ و در ایستگاه سردشت ۲۵/۱ درجه سانتی‌گراد است و دمای متوسط حداقل‌های دی ماه در ایستگاه سردشت ۱۲- و در بریسوه ۱۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

ماه‌های اردیبهشت تا شهریور فاقد یخبندان بوده و طول دوره گرما در بیشتر نقاط حدود ۵ ماه و در بالای ارتفاعات ٤ ماه برآورد شده است. نوسان دما ٦٥ درجه سانتیگراد (حاصل از اختلاف حداکثر مطلق دمای ٤٥ درجه شهریور و مرداد و حداقل مطلق دمای ۲۰- بهمن) حاکی ازبالا بودن ضریب درجه بری بودن منطقه و فراهم بودن شرایط تحریک‌کنندگی حرکات دامنه‌ای است.

متوسط بارندگی بالا، منطقه را به یک سلول پر باران کشور تبدیل نموده که زمستان با ٤۲ درصد، بهار ۳۱ درصد، پاییز ۲٦ درصد و تابستان با یک درصد بارندگی (با فراهم بودن سایر شرایط مکانی) در ارتفاعات پائین‌تر، بر فرسایش شیمیایی دامن زده و لایه‌های ضخیمی از خاک آفریده‌اند. برای نمونه در جنوب منطقه (پایین دست گلوگاه گرژال) در کلوه چنین موردی مصداق خوبی دارد. آب و رطوبت موجود در هوا در فعل و انفعالات شیمیایی و فیزیکی اثر فراوان دارند.

شدت بارش و زمان آن نیز به عنوان عامل مهم در تحریک حرکات دامنه‌ای محسوب می‌شوند. حداکثر بارندگی در فروردین با ۱٦/۷، اسفند با ۱۵/٦۷ درصد و اردیبهشت با ۱٤/۹٦ درصد کل بارش سالانه از نظر زمانی مهم‌ترین زمان وقوع ناپایداری‌ها و بروز حرکات زمین لغزش می‌باشند.

ی) شکل دامنه‌ها

در مطالعات ژئومورفولوژی، دامنه‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از: منه‌های پوشیده از خاک و دامنه‌های عریان (سنگی). دامنه‌های پوشیده از خاک نیمرخ- ای منظم، مقعر و محدب دارند. در ایجاد نیمرخ وشکل دامنه‌های سنگی غلبه با اثر ولوژی (درجه مقاومت سنگ‌ها) بوده و نقش فعالیت های فرسایشی چشمگیر نیست سلبی[1] ۱۹۸۹:۲۳٤).

از آنجا که دامنه های منطقه بیشتر پوشیده از خاک می‌باشند، لذا نیمرخ آنها شاهدی بر عالیت فرایندهای دامنه‌ای بوده و شکل آنها بیانگر تأثیر و عملکرد نیروهای درونی و رونی می‌باشد. نیمرخ‌های توپوگرافی منطقه تنوع دامنه‌ها را نشان می‌دهند. دامنه‌های منظم ساده و دامنه‌های نامنظم در محدوده پژوهش وجود دارند. با توجه به عکس‌های هوایی نقشه‌های توپوگرافی می‌توان دامنه‌های منطقه را در دو رده دامنه‌های منظم و دامنه‌های امنظم تقسیم‌بندی و تحلیل‌نمود (شکل ٤).

در دامنه‌های منظم یا ساده شیب تدریجی یا ثابت بوده و زاویه شیب دامنه نسبت به فق یکنواخت است (رجایی اصل ۱۳۷۲). با توجه به‌عملکرد نیروهای فرسایشی، دامنه‌های حدوده پژوهش به سه دسته (کم شیب، متوسط شیب و شیب زیاد) تقسیم شده‌اند. معمولاً امنه‌های منظم منطقه دارای خاک توسعه یافته و پوشش گیاهی و جنگلی مناسب هستند. شیب‌های زیاد اغلب بر نقاط ارتفاعی بلند (در سنگ‌هایی که در آنها عملکرد فرسایش به گونه‌ای یکسان است) منطبق هستند (شکل ٤). لازم به ذکر است که شکل دامنه‌های منطقه ر اساس نقشه توپوگرافی و رقومی کردن آن در محیط نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شده است.

یکنواختی دامنه‌های منظم گاه به علت تغییر در نوع سنگ‌ها یا تشدید عوامل فرسایش درمنطقه به هم خورده و دامنه‌های نامنظم ایجاد شده‌اند که در این مجموعه دامنه‌های نامنظم به سه دسته دامنه‌های مقعر، محدب ومرکب تقسیم می‌شوند (شکل ٤).

1. Selby

دامنه‌های مرکب ترکیبی از شیب‌های منظم و نامنظم می باشند که بیشترین نقش را در فعال نمودن فرایندهای دامنه‌ای دارند، زیرا تغییرات شیب نیمرخ این دامنه‌ها را از تعادل دور می‌سازد (معتمد۱۳۷۹).

دامنه‌های مقعرمنطقه اغلب در بالادست جنس سخت و در پایین‌دست جنس سست داشته و بیشترین استعداد را برای فعالیت‌های ریزشی دارا هستند. دامنه‌های محدب عکس دامنه‌های مقعرند. در این منطقه عمل فرسایش در دامنه‌های محدب ضعیف است.

ت) سطوح ارتفاعی

ارتفاع از سطح دریا معرف تغییر نوسانات اقلیمی است. به دلیل اختلاف ارتفاع، میزان انرژی که هر نقطه زمین از خورشید دریافت می‌کند، متفاوت است. تغییرات ارتفاع می‌تواند تأثیر بسیار زیادی بر سه عامل دما، بارش و رطوبت بگذارد (شیخ حسنی ۱۳۸۰).

منطقه پژوهش کوهستانی است و به غیر از چند بخش محدود، بقیه منطقه را کوه‌ها در برگرفته‌اند. پست‌ترین ارتفاع (۹۹۵ متر) در کنار پل بریسوه در جنوب قرار دارد و بلندترین ارتفاع (۲٤۰٤ متر) در شمال شرق منطقه واقع است (شکل‌های ۵ و٦).

بدین ترتیب نقشه سطوح ارتفاعی منطقه ۱٤ کلاس۱۰۰ متری را در بر می‌گیرد که هر کدام از سطوح ارتفاعی با توجه به شرایط محیطی حاکم موجب ایجاد انواع بخصوصی از فرایندهای دامنه‌ای می‌شوند. عملکرد فرایندهای مذکور بسته به جنس مواد، لیتولوژی دامنه، نوع فرسایش، درجه فرسایش پذیری، اقلیم و پوشش گیاهی متفاوت است. بر اساس سطوح ارتفاعی فرسایش و تخریب فیزیکی را در کلاس‌های ارتفاعی بالا و تخریب و فرسایش‌شیمیایی را در کلاس‌های پایین ارتفاعی شاهد هستیم (شکل‌های۵ و٦).

ث) شیب و جهت آن

روش مدل‌های رقومی ارتفاعی[1] به علت پیوسته بودن اطلاعات توپوگرافی در آن برای تشکیل ماتریس‌های زاویه و جهت شیب مورد استفاده قرار گرفته و نقشه‌های شیب، جهت

1. DEM

شیب و سایه ارتفاعات بر مبنای آن تهیه شده‌اند تا بتوان نقش آنها را در ایجاد و تحریک حرکات دامنه‌ای شناسایی نمود (شکل های ۷، ۸ و ۹).

شیب وجهت آن از جمله عوامل مهم مؤثر در حرکات دامنه‌ای می‌باشند. شیب‌های تند بیشتر بر سطوح ارتفاعی بالای منطقه منطبق هستند و در بخش جنوبی اطراف رودخانه زاب شیب‌های کم با کلاس‌های ارتفاعی پایین مطابقت دارند. البته با دقت در نقشه‌های فوق پراکندگی شیب و جهت شیب را به وضوح می‌توان دید. اگر شیب‌های بیش از ۳۰ درجه را برای حرکات دامنه‌ای مناسب بدانیم محدوده وسیعی از منطقه دارای چنین شیبی است (شکل۷).

جهت شیب به علت ارتباط آن با سرعت زمان جذب و از دست دادن رطوبت نقش مهمی در فرایندهای دامنه‌ای دارد. دامنه‌های با جهت شمالی، به علت دریافت تابش کم نور خورشید، نسبت به دامنه‌های رو به جنوب مرطوب‌ترند و بر این اساس با توجه به جهت ناهمواری‌ها دامنه‌های ناپایدار بیشتر در کوهستان غربی قرار دارند (شکل۸). همچنین سایه ارتفاعات نیز در میزان دریافت نور در تحریک‌پذیری تخریب موضعی و به دنبال آن تشدید حرکات‌دامنه‌ای مؤثر است.

برای به دست آوردن مناطق در سایه بین ساعات ۹ تا ۱۴ نقشه سایه ارتفاعات با بلندی آفتاب به میزان ۴۵ درجه وجهت تابش خورشید (آزیموت) به اندازه (۳۱۵) درجه تهیه شده است. چنین لایه‌ای در تعیین و شناسایی دامنه‌های ناپایدار کاربرد دارد (شکل۹).

بر اساس نقشه سایه ارتفاعات، دامنه‌های غربی و شمالی بیشتر از دامنه‌های شرقی و جنوبی در سایه قرار دارند و رطوبت موجود در خاک آنها دیرتر تبخیر می‌شود و تحریک‌کنندگی بیشتری برای ناپایداری‌های دامنه‌ای فراهم می‌آورند.

ج) شبکه زهکشی

در مباحث مربوط به حوضه‌های آبریز متخصصان ژئومورفولوژی معمولاً به بررسی دو مجموعه خصوصیت ویژه رودخانه‌ها می‌پردازند ویژگی اول مربوط به چرخه آب رودخانه

ها در طول زمان و کیفیت آن مربوط است و خصوصیت دوم به بررسی روابط جریانات رودخانه‌ای و ساختار حوضه‌ها اختصاص دارد (اسپارکس[1] ۱۹۸۶:۱۳۳).

نقش شبکه زهکشی در ناپایدار نمودن دامنه‌ها به ویژگی‌های فیزیکی جریان آب و موقعیت قرارگیری آبراهه‌ها و عوامل زمین‌شناسی وابسته است. تأثیر شبکه‌های روی دامنه‌ها و شبکه‌های قرار گرفته در پای آنها در این فرایند یکسان نیست. بر روی دامنه‌های با شیب تند و درجه بالای فرسایش‌پذیری سنگ‌ها، نقش شبکه زهکشی در ناپایداری دامنه‌ها آشکار است. شبکه زهکشی به عنوان عامل تشدید کننده ناپایداری در منطقه محسوب می‌شود.

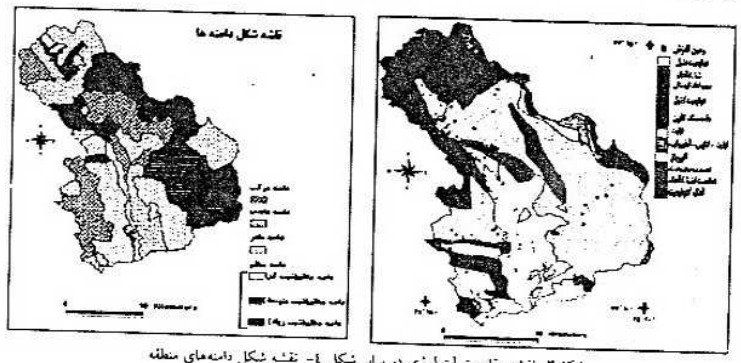
شبکه زهکشی منطقه از نوع شاخه درختی و دندریتیک است و تراکم زهکشی زیاد می‌باشد. البته بسته به شرایط مکانی و ساختار زمین‌شناسی در مکان‌های مختلف شکل شبکه زهکشی متفاوت است (شکل۱۰).

ج) کاربری اراضی

در بررسی حرکات دامنه‌ای کاربری زمین در مواردی نقش کنترل کننده و در مواردی دیگر نقش تشدیدکنندگی دارد (عکس۱و۲). بر اساس پوشش زمین فرایندهای دامنه‌ای کنترل یا تشدید می‌شوند. کاربری‌های زمین در منطقه شامل: اراضی برهنه و سنگلاخی، مراتع درجه یک، مراتع درجه دو، اراضی دیمی، پوشش جنگلی، بیشه‌زار و کشت آبی می‌باشد (شکل۱۱).

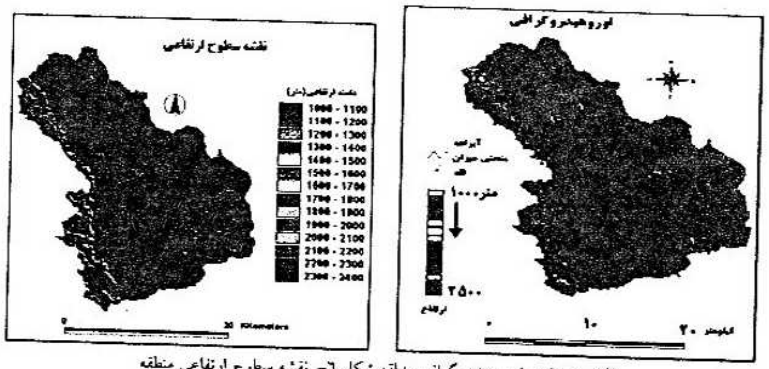
از لحاظ کاربری اراضی در این منطقه احداث و تعریض راه‌های ارتباطی و تغییر کاربری از جنگل به مرتع، تاکستان و زمین کشاورزی را می‌توان عامل بسیار مهم در ناپایداری دامنه ها محسوب کرد.

1. Sparks



شکل۳- نقشه مقاومت لیتولوژی در برابر شکل ٤- نقشه شکل دامنه‌های منطقه

فرسایش و پراکندگی ناپایداری‌های کنونی بر روی آن



شکل ٥- نقشه اوروهیدروگرافی منطقه شکل ٦- نقشه سطوح ارتفاعی منطقه

ح) فاصله از گسله‌ها

خطوط گسله را می‌توان عامل مهم و اساسی در ایجاد زلزله‌ها و تکان‌های شدید زمین به حساب آورد و نقش آنها در تشدید و تحریک حرکات دامنه‌ای چشم‌گیر است. واقع بودن دامنه‌ها در حریم گسله‌ها باعث تحریک‌پذیری بیشتر آنها می‌شود. مهم‌ترین گسل منطقه گسل پیرانشهر است که با روند شمال غرب ـ جنوب شرق منطقه را به دو بخش کوهستان غربی و شرقی تقسیم کرده و رودخانه زاب در امتدادآن جاری است. آثار گسله‌های فرعی متعددی را که گاه جهت گسل فوق را دارند، می‌توان در منطقه دید. بدین

جهت بافر (حریم) بندی گسل‌ها در ٤ بخش انجام شده و به تفکیک بر اساس فاصله با خطوط گسل حریم‌های با خطر نسبی خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم مشخص شده‌اند. از آنجا که منطقه مورد مطالعه وسعت زیادی ندارد و مبنای روش تحلیل سلولی نیز فاصله با گسل‌های اصلی است، لذا در حریم‌بندی مربوطه عملکرد گسل‌های فرعی یکسان در نظر گرفته شده و بیشتر فاصله با گسل فعال و اصلی منطقه (گسل پیرانشهر) ملاک عمل بوده است (شکل ۱۲).

تحلیل و مدل‌سازی

در روش سلولی (ماتریسی) لایه‌های داده‌ها به فرمت وکتور تهیه می‌شوند، یعنی هر لایه از داده‌های برداری ماتریسی تشکیل می‌شود که در داخل سلول‌های آن ارزش‌های مربوط به آن لایه قرار دارد و ابعاد تمام ماتریس‌ها یکسان است. سپس بر اساس نیاز و هدف، یکسان‌سازی داده‌ها صورت می‌گیرد (توتی و آتکینسون[1] ۲۰۰۲:۱۲۵).

در تهیه لایه‌ها یکسان سازی به عمل آمده و ارزش سلول‌ها از یک تا ده متغیر است. وزن‌دهی بر اساس مطالعه میدانی و کتابخانه‌ای انجام شده و ماتریس لایه‌ها تهیه شده‌اند. هر یک از ماتریس‌های فوق در ارتباط با تاثیر آن عامل در ناپایداری دامنه‌ها تهیه شده است. اندازه سلول‌ها و ابعاد ماتریس‌ها در تمام ماتریس‌ها یکسان است. چون ارتباط شیب و ناپایداری مستقیم وخطی فرض شده است، در ماتریس شیب تمام سلول‌ها ارزش‌های از ۱ تا ۱۰ داشته که عدد ده بیشترین تاثیر در ناپایداری دارد و عدد یک کمترین نقش را داراست. در خصوص مواردی همچون کاربری اراضی که ارتباط غیر خطی است، ارزش‌گذاری متفاوت است و ارزش ۹ برای زمین‌های برهنه در سنگ‌های فرسایش‌پذیر و ارزش یک برای مناطق مسکونی در شیب‌های کمتر از ۱۰ درجه می‌باشد. در ماتریس‌هایی چون ماتریس فاصله از گسله‌ها (که از توابع فاصله تبعیت می‌کند)، ارزش‌گذاری و وزن‌دهی براساس نقش فاصله از گسله‌ها در ناپایداری دامنه‌ها انجام گرفته، به طوری که سلول‌های دارای ارزش ۹ با گسله‌های اصلی کوتاه‌ترین فاصله را دارند و ارزش ۳ دورترین فاصله را داراست (جدول ۱).

1. Tote & Atkinson

در روش آنالیز سلولی هشت ماتریس ساخته شده با ابعاد و سلول‌های یکسان به تعداد ۲۸/۵ سلول انتخاب شده‌اند که بر سلول‌های تصاویر ماهواره‌ای لندست تاریخ ۱۹۸۹/۶/۳۰ منطقه منطبق بوده و به صورت مفهومی روی هم قرار داده شده و همپوشی شده‌اند. ماتریس عامل‌های دخیل در ناپایداری دامنه‌ای فوق در عین استفاده از توابعی که به طور مستقل بر روی یک لایه عمل می‌کنند، از توابع جمعی نیز می‌توانند بهره بگیرند.از جمله قابلیت‌های آنالیز سلولی دید سیستمی در بررسی مسائل ژئومورفولوژی حرکات دامنه‌ای است.

بر اساس جدول (۱) به عوامل هشتگانه امتیاز داده شده و با در نظر گرفتن وزن هر کدام ارزش مربوطه اختصاص یافته است. چون در همپوشانی نقشه‌های عامل (به علت تعداد آنها) چندین مرحله انجام شده و هرکدام از نقشه‌های تولیدی دارای بانک اطلاعات خود هستند، لذا نتایج نهایی به صورت نقشه (۱۳) ارایه شده که قابلیت استخراج مساحت اجزاء پهنه‌ها با میزان خطرات مربوطه از آن وجود دارد. از تابع جمع می‌توان در تهیه نقشه پتانسیل ناپایداری بهره گرفت. بالاترین عدد ۷٤ است که ناپایدارترین سلول‌ها را در بر می‌گیرد که حاصل جمع بالاترین ارزش سلول‌هاست. سیر نزولی اعداد از ۷٤ به ۱۲ بر کاهش ناپایداری دلالت دارد. پس به پایدارترین نواحی کمترین عدد (۱۲) تعلق می‌گیرد (جدول ۲).

در پهنه‌بندی و تهیه نقشه پتانسیل ناپایداری منطقه از ٤ کلاس (۱- ناپایداری زیاد تا خیلی زیاد ۲- ناپایداری متوسط ۳- ناپایداری کم ٤- ناپایداری خیلی کم) استفاده شده است. دامنه ارزش سلول‌ها بر اساس جدول (۳) و با عنایت به جدول (۲) استخراج شده و نتایج به صورت نقشه پهنه‌بندی ناپایداری با چهار دامنه خطرات ارایه شده است (شکل ۱۳).

جدول۱- امتیاز و ارزش سلول‌ها در تحلیل سلولی ناپایداری دامنه‌ای (قهرودی ب ۱۳۸۳)

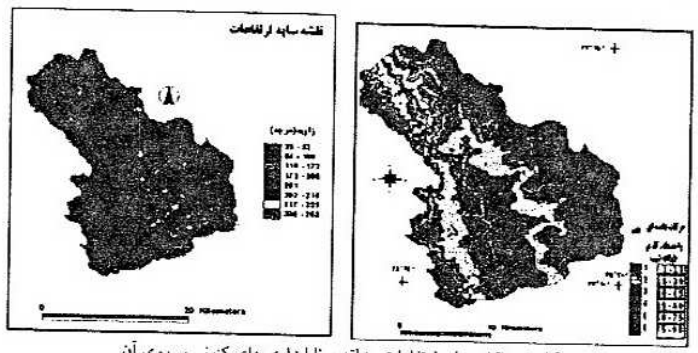
انواع ماتریس	ارزش سلسول ها									
فرسایش پذیری	۱۰	۹	۸	۷	٦	٥	٤	۳	۲	۱
سطوح ارتفاعی	۱۰	۹	۸	۷	٦	٥	٤	۳	۲	۱
شکل دامنه	۷				٥			۳		
شیب	۱۰	۹	۸	۷	٦	٥	٤	۳	۲	۱
جهت شیب	۹			۷		٥		۳		۱
شبکه زهکشی	۱۰	۹	۸	۷	٦	٥	٤	۳	۲	۱
کاربری زمین	۱		۳		٥		۷			۹
فاصله از گسله‌ها	۹			٥			۳			

جدول۲- دامنه ارزش پایدارترین و ناپایدارترین دامنه ها براساس انواع ماتریس ها

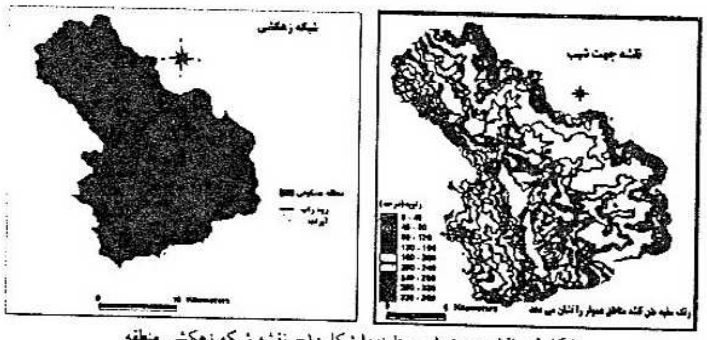
انواع ماتریس	ارزش حداکثر ناپایداری	ارزش حداقل ناپایداری
فرسایش پذیری	۱۰	۱
سطوح ارتفاعی	۱۰	۱
شکل دامنه	۷	۳
شیب	۱۰	۱
جهت شیب	۹	۱
شبکه زهکشی	۱۰	۱
کاربری زمین	۹	۱
فاصله از گسله ها	۹	۳
جمع	۷٤	۱۲

جدول۳- کلاس های ناپایداری و دامنه ارزش سلول آنها

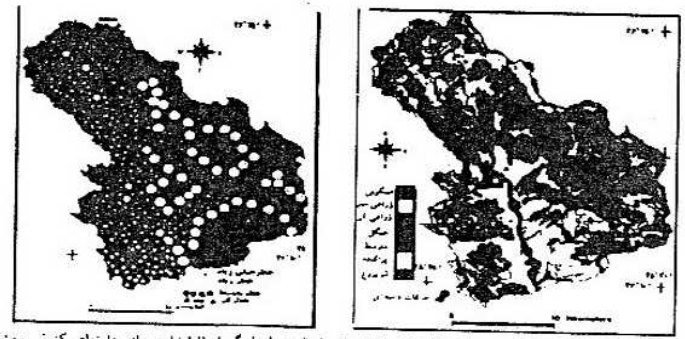
کلاس ناپایداری	دامنه ارزش سلول‌ها
زیاد تا خیلی زیاد	۷٤-۵۱
متوسط	۵۰-۳۸
کم	۳۷-۲۵
خیلی کم	۲٤-۱۲



شکل ۷- نقشه شیب منطقه شکل ۸- نقشه سایه ارتفاعات منطقه و ناپایداری های کنونی بر روی آن



شکل۹- نقشه جهت شیب دامنه‌ها شکل۱۰- نقشه شبکه زهکشی منطقه



شکل۱۱- نقشه کاربری اراضی و شکل۱۲- نقشه فاصله از خطوط گسل ناپایداری‌های دامنه‌ای کنونی روی آن

علاوه بر نقشه فوق می‌توان نقشه حداکثر عوامل تولید کننده ناپایداری را از تابع حداکثر (MAX) بر روی ماتریس‌ها اجرا نمود. همچنین نقشه عامل غالب در ایجاد ناپایداری دامنه‌ای را با اجرای تابع (Majority) می‌توان استخراج کرد. همچنین توابعی دیگر چون (minority, Min, Mean) نیز بر روی ماتریس‌ها قابل اجرا بوده و در استنتاج نهایی مفیدند. نقشه پتانسیل ناپایداری قابل ارزیابی است. قهرودی (۱۳۸۲الف) مدل زیر را برای محاسبه و ناپایداری دامنه‌ای پیشنهاد نموده و معتقد است که می‌تواند در مناطقی با وضعیت و شرایط مشابه با ستندج به کار رود:

عامل ناپایداری= (لایه شیب > ۳۰ درجه) + (لایه درجه مقاومت لیتولوژی = < ٤) + (لایه کاربری اراضی < ٤) + (لایه تراکم زهکشی< ۱/۷) + (لایه فاصله از گسل> ۱۰۰۰ متر) + (لایه‌ی سطوح ارتفاعی> ۷۰۰ متر) + (لایه‌جهت شیب = شمال + شمال شرق + شرق + شمال غرب) + (شکل دامنه = ۲).

Unstability Factor = (Slope > 30) + (Litology = < 4) + (Landuse < 4)+ (Drainge Density > 1/7) + (Distance from Fault < 1000) + (Hieght> 1700) + (Aspect= N + NE + NW + E) + (Form of Slope = 2)

بحث و نتیجه‌گیری

بحث و بررسی و ارزیابی پدیده های ژئومورفولوژیک علاوه بر کارهای دفتری حتما بایستی توام با کارهای میدانی و مشاهده باشد تا بتوان نتایج حاصله را مورد آزمون قرار داد و صحت و سقم آنها را سنجید. از آنجا که همخوانی نتایج با واقعیات مشاهده شده بر اهمیت موضوع می‌افزاید، و نیز قابلیت بالای تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی، بهره‌گیری از آن در تعیین نواحی مستعد حرکات دامنه‌ای روبه افزایش است و بررسی و مطالعه در این زمینه اگر تحلیل وکتوری و رستری را تواماً مورد استفاده قرار دهد استنتاج منطقی‌خواهد داشت. در این راستا تحلیل سلولی از جمله روش‌هایی است که ضمن ایجاد دید سیستمی و امکان محاسبه و پهنه‌بندی ناپایداری دامنه‌ها قابلیت مدل‌سازی و اصلاح مدل را داراست و امکان وزن‌دهی نیز در این شیوه فراهم است. در این راستا در متن روابط ناپایداری دامنه‌ها و عوامل دخیل در ایجاد آنها به طور مجزا مورد بحث واقع شده است. با تطبیق نقشه پهنه‌بندی و نقشه‌های عامل و مطابقت دادن نقشه حرکات دامنه‌ای کنونی بر روی نقشه‌های عامل می‌توان تطابق یا عدم انطباق آنها را مورد آزمون قرار داد. لذا در این رابطه موارد زیر قابل طرح است:

با انطباق نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری‌ها با نقشه پراکندگی حرکات دامنه‌ای کنونی متوجه مطابقت زمین لغزش‌های حادث شده اخیر بر روی پهنه‌های خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد می‌شویم. پس در کل امتیازدهی به عامل‌ها و شیوه امتیازدهی همخوانی روش گزینش شده را نشان می‌دهد. همچنین با انطباق نقشه مقاومت لیتولوژی (شکل۳) و نقشه ناپایداری دامنه‌ای کنونی ملاحظه می‌شود که عمده زمین لغزش‌ها در واحدهای سنگی فیلیت، آبرفت‌های کواترنری و محل تلاقی آندزیت با فیلیت به وقوع می‌پیوندد. این مسأله نقش عامل لیتولوژی را به عنوان عاملی تعیین کننده بویژه در بخش جنوبی منطقه نشان می‌دهد. لیتولوژی برای حرکات دامنه‌ای بخش مرکزی منطقه با سنگ آندزیت مقاوم، عامل تعیین کننده نمی باشد.

با مطابقت دادن نقشه طبقات شیب (شکل۷) و نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای (شکل۱۳) و نقشه ناپایداری‌های کنونی، اثر شیب بخصوص در گلوگاه گرزال (بخش میانی منطقه) و خط الراس‌های شرقی چشمگیر است. شیب دامنه‌ها در مناطق مذکور کلاس‌های

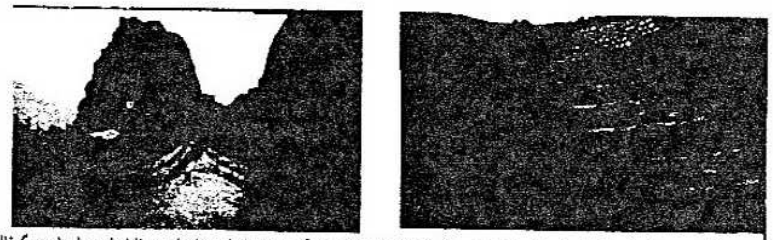
متوسط تا زیاد را در بر می‌گیرد که بیشتر حرکات آنها به صورت ریزش‌های سنگی بوده و توجیه علمی دارد. البته در بخش جنوبی با وجود کم شیب بودن زمین‌ها (شیب کمتر از۱۵ درجه)، شرایط خطر نسبی زیاد تا خیلی زیاد حاکم است. در واقع عامل تعیین کننده در بخش جنوبی (کلوه) نوع لیتولوژی و تغییر کاربری زمین از طریق تبدیل جنگل به مرتع یا زمین زراعی بوده و نقش شیب در این بخش عامل تعین کننده نیست، لذا اثر آن چشمگیر نمی‌باشد. البته احداث جاده اصلی و فرسایش کناری رود زاب از طریق باربرداری پای دامنه‌ها باعث تحریک‌پذیری حرکات دامنه‌ای شده است.

در مقیاس کلی از طریق انطباق و همپوشانی نقشه رقومی پراکندگی ناپایداری‌های کنونی و نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای سلولی (شکل۱۳) نقشه شکل ۱۶ به دست می‌آید که بر اساس آن لغزش‌های حادث شده اخیر و لغزش‌های قدیمی شناسایی شده منطقه بر روی پهنه‌های خطر نسبی زیاد تا خیلی زیاد مطابقت دارند. نتیجه اینکه از همپوشانی نقشه‌های عامل پارامترهای مختلف، بر روی نقشه پهنه‌بندی خطر تهیه شده، نقش عمده لیتولوژی، شیب، کاربری زمین و فاصله با خطوط گسل مشخص می‌گردد که نسبت به اثر عوامل دیگر (سطوح ارتفاعی، شکل دامنه‌ها، جهت شیب و شبکه زهکشی) در ایجاد ناپایداری‌های دامنه‌ای، تفوق دارند. از همپوشانی نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری تهیه شده به روش سلولی (شکل۱۳) و نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای تهیه شده به روش کمی آنبالاگان[1] (شکل۱٤) نتیجه‌گیری می‌شود که شیوه سلولی برای منطقه مناسب است، زیرا نتایج نسبتا یکسان دو شیوه پهنه‌بندی فوق و مطابقت ناپایداری‌های کنونی (شکل۱۵) بر روی پهنه‌های زیاد تا خیلی زیاد قابل استناد بودن آن را تایید می‌کند. لازم به ذکر است که روش پهنه‌بندی آنبالاگان و تحلیل سلولی دارای چند نقشه عامل یکسان می‌باشند، لذا تطابق بیشتر آنها به دلیل مشابهت نقشه‌های عامل صحت نتایج را نشان می‌دهد. لازم به ذکر اینکه روش آنبالاگان روشی است که بر اساس طرح امتیازدهی به عوامل ارزیابی خطر ناپایداری پایه‌گذاری شده وبه طراحان و مهندسان در انتخاب موقعیت‌های مناسب برای اجرای طرح‌های توسعه در مناطق کوهستانی کمک بزرگ و موثری می‌نماید. بدین جهت مقایسه نقشه پهنه‌بندی خطرات ناپایداری تهیه شده به این روش و مطابقت آن

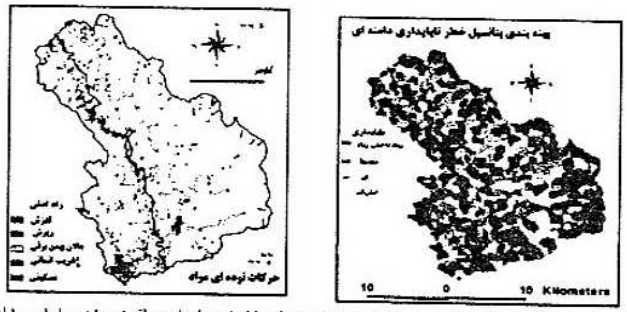
1. Anbalagan

با نقشه پهنه‌بندی خطرات ناپایداری تهیه شده به روش سلولی ضمن مشخص نمودن نتایج مهم‌ترین وسیله آزمون روش به کار رفته در این مقاله نیز محسوب می شود.

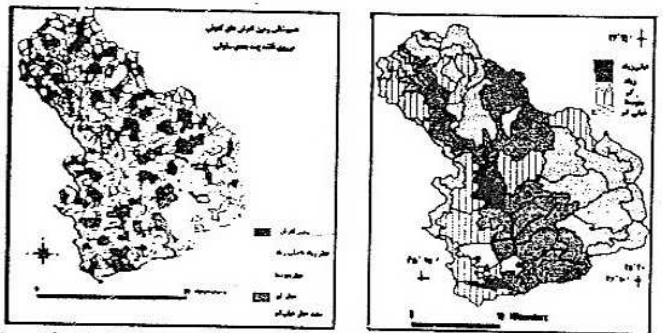
سرانجام آنچه از نقشه پهنه‌بندی پتانسیل حرکات دامنه‌ای در این منطقه می‌توان استنتاج کرد، اینکه مناطق ناپایدار علاوه بر شیب‌های تند و دامنه‌های با شکل مقعر بر روی آلوویال و فیلیت نامقاوم در جوار گسل اصلی پیرانشهر و بیشتر در کوهستان غربی در دامنه‌های پشت به آفتاب با پوشش غیر جنگلی گسترش دارند. همچنین مناطق پایدار در شیب‌های کم وسرزمین‌های هموار با پوشش جنگلی و بیشه‌زار در دامنه‌های منظم کم شیب با جنس مقاوم واقع هستند.



عکس۱- فعالیت تثبیت‌کنندگی انسان عکس۲- فعالیت تحریک کنندگی انسان در جلوگیری از ناپایداری دامنه‌ای در ناپایداری دامنه‌ای درگرژال



شکل ۱۳- نقشه پهنه‌بندی خطر شکل ۱۵- نقشه زمین لغزش های کنونی منطقه ناپایداری دامنه‌ای منطقه تهیه شده براساس مشاهدات میدانی و برداشت باGPS



شکل ۱٤- نقشه پهنه‌بندی خطر

شکل ۱٦- نقشه انطباق و همپوشانی زمین زمین لغزش منطقه به روش آنبالاگان

لغزش های کنونی بر روی نقشه پهنه بندی سلولی منطقه

منابع

۱ـ خضری، سعید (۱۳۸٤)، **جغرافیای طبیعی کردستان موکریان**، چاپ دوم، انتشارات ناقوس، تهران.

۲ـ درویش زاده، علی و محمدی، مهین (۱۳۷٦)، **زمین‌شناسی ایران**، چاپ سوم، انتشارات پیام نور، تهران.

۳ـ رجایی اصل، عبدالحمید (۱۳۷۳)، **کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط**، نشر قومس، تهران.

٤ـ رجایی، عبدالحمید (۱۳۷۲)، **اسناد و مدارک برای تفسیر نقشه‌ها**، تالیف (آرشامبول، لناف، وانی)، ج اول، انتشارات دانشگاه تبریز.

۵ـ روستایی، شهرام (۱۳۷۹)، **پژوهشی در دینامیک لغزش‌های زمین و علل وقوع آنها با استفاده از روش‌های مورفومتری در حوضه اهر چای**، پایان‌نامه دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز

٦ـ سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۸۰)، **نقشه‌های زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ مهاباد و ۱/۱۰۰۰۰۰ سردشت و آلوت**، انتشارات سازمان زمین شناسی، تهران.

۷ـ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۷۰-۱۳۷٦)، **نقشه‌های توپوگرافی منطقه (سردشت، میرآباد، شهرک ربط، سرتکه**، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران.

۸ـ شیخ حسنی، حسین (۱۳۸۰)، **مدل‌سازی برنامه‌ریزی محیطی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، مطالعه موردی: منطقه طالقان**، پایان‌نامه دکتری، گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس‌تهران.

۹ـ قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۳ الف)، **ارزیابی روش تحلیل ماتریسی (سلولی)GIS در تعیین نواحی مستعد حرکات دامنه‌ای**، فصل‌نامه سرزمین، سال اول، شماره دوم، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی تهران.

۱۰ـ قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۳ ب)، **کاربردArcView در ژئومورفولوژی**، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۱۱ـ مطیعی، همایون (۱۳۸۲)، **آشنایی با Arc View -GIS**، انتشارات دانشکده صنعت آب و برق (شهید عباسپور)، تهران.

12- Cooke, R.U. & Doornkamp, J. C. (1990), **Geomorphology in Environmental Management**, Second Edition, Clarendon Press, Oxford, p. 102.

13- Selby, M.J. (1989), **Earth's Changing Surface: An Introduction to Geomorphology**, Third Edition. Clarendon Press, Oxford, p.234.

14- Sparks, B.W. (1986), **Geomorphology**, Third Edition, Longman Inc, New York, p.133.

15- Summerfield, A. Michael. (1994), **Global Geomorphology, An Introduction to the Study of LandForms**, Fourth Edition, Longman, New York, p.167.

16- Tote, Nicholas, J. Peter & M.Atkinson (2002), **Modeling Scale in Geographical Information System**, Published by John Wiley & Sons.