ارزیابی روش تحلیل ماتریسی(سلولی) (GIS) در تعیین نواحی مستعد حرکت‌های دامنه‌ای

دکتر منیژه قهرودی تالی
استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

چکیده

بررسی ناپایداری دامنه‌ای و تعیین مناطق مستعد حرکات دامنه‌ای توسط GIS در سال‌های اخیر مورد عنایت پژوهشگران بوده است، اما به روش‌های مورد استفاده در GIS توجه کافی نشده است. این مقاله در مطالعهٔ ناپایداری دامنه‌ای در شهرستان سنندج، روش تحلیل ماتریسی (سلولی[1]) را به‌کار گرفته است و مدلی مناسب در خصوص تعیین مناطق مستعد به‌دست آورده است. روش تحلیل سلولی، ضمن آزمون مدل، توانسته است عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه‌ای را ارزیابی نماید و تغییرات اصلاحی در وزن‌ها و ضرایب ایجاد نماید.

واژگان کلیدی: سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، حرکات دامنه‌ای، مدلسازی، تحلیل سلولی.

1- Cell Analysis

مقدمه

حرکت‌های دامنه‌ای در ایران همیشه مشکل‌آفرین بوده و سالیانه خسارات سنگینی به تاسیسات، سازه‌ها و اهالی شهرها و روستاها وارد می‌سازند. لذا برای پیشگیری از تلفات جانی و خسارات مالی در مناطق مسکونی و حفاظت پروژه‌های حیاتی و همچنین سیاستگذاری اسکان جمعیت و برنامه‌ریزی بلندمدت توسعه و عمران، ارزیابی خطر حرکت‌های دامنه‌ای در مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای ضروری می‌باشد.

امروزه کاربرد GIS در پهنه‌بندی مناطق مستعد حرکت‌های دامنه‌ای مورد توجه می‌باشدکه در آن با توجه به عامل‌های معدودی از جمله نقشهٔ شیب، جهت شیب و سنگ بستر و ... عمل پهنه‌بندی پتانسیل ناپایداری دامنه انجام می‌گیرد. به‌دلیل مشکلات عدیده‌ای از جمله استفاده ناصحیح از مدلسازی در GIS، این چنین نقشه‌هایی با خطای زیادی مواجه است و ارزش سرمایه‌گذاری را ندارد.

روش تحلیل ماتریسی شاخص مستعد بودن حرکت‌های دامنه‌ای برای هر سلول، چشم‌انداز زمین را تعیین می‌نماید. هر مقیاس شاخص ارزش[۱]، منحصر به یک ناحیه است و طبق هدف مورد نظر انتخاب می‌شوند. این شاخص‌ها معنای مطلق ندارند و نمی‌توانند از یک ناحیه به ناحیه دیگر انتقال داده شوند (منبع شماره ۸ ، ص ۱۸۷).

روش تحقیق

در این روش برای هر منطقه، الگوریتم خاص آن به ترتیب ذیل نوشته می‌شود:

۱- محدوده مورد مطالعه به‌طور دقیق تعیین می‌شود. در این خصوص توجه به سیستم تصویر و مبنای آن ضروری می‌باشد. به‌عنوان مثال اگر محدودهٔ مورد نظر از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ استخراج می‌شود ،لازم است که سیستم تصویر UTM [۲] و مبنای[۳] آن، اروپایی ۵۰ [۴] باشد. شایان ذکر است که چون کرهٔ زمین کرهٔ کامل[۵] نیست، بلکه به شکل اسفروئید[۶] (بیضوی نزدیک به کره) می‌باشد، برای محاسبات اندازه‌گیری‌ها، نیاز به بیضوی‌های محاسباتی[۷] نیاز هست. نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ ایران بر مبنای بیضوی محاسباتی اروپایی ۵۰ می‌باشد. لیکن امروزه به دلیل وجود ماهواره‌های مختصات زمینی و کاربرد GPS در تهیهٔ مختصات نقاط، از بیضوی محاسباتی WGS 84 که برای جهان تعریف شده، استفاده می‌شود. نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری بر مبنای WGS 84 است (منبع شماره ۴ ، ص ۱۸۷) .

۲- شبکه‌ای که ابعاد آن به اندازهٔ محدودهٔ مورد مطالعه باشد، طراحی می‌گردد. ابعاد هر سلول[۸] در رابطه با پدیدهٔ مورد مطالعه تعیین می‌شود.

۳- عوامل مؤثر در حرکت‌های دامنه‌ای ناحیهٔ مورد مطالعه تعیین می‌شوند، سپس باید، داده‌های عوامل موجود در مقیاس مکانی را به فرمت شبکه و به اندازهٔ سلول مورد نظر تبدیل شوند.

۴- داده‌هایی کهاز مطالعات میدانی به‌دست می‌آیند با تعیین دقیق مختصات[۹] آن توسط GPS به شبکهٔ طراحی شده انتقال می‌یابند.

۵- وضعیت موجود از نظر ناپایداری دامنه‌ای نیز به‌صورت یک شبکهٔ مجزا برای آزمون مدل به ترتیب فوق نیز ثبت می‌گردد.

۶- استاندارد کردن داده‌ها به معنای همسان نمودن دامنهٔ تغییرات داده‌ها بین ۱ تا ۱۰ و به‌کارگیری مدل وزنی برای رده‌بندی کردن عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه‌ها.

1- Index Value
2-Universal Transverse Mercator
3-Datum
4- European 50
5- Sphere
6-Spheroid
7- Datum
8- Cell Size
9- Coordinate system

۷- اجرای مدل‌های متعدد بر روی داده‌های جمع‌آوری شده بـه منظـور محاسـبهٔ اسـتعداد ناپایـداری دامنه‌ای در واحد سلول و آزمون نتیجهٔ به‌دست آمده بر آساس توابع آنالیز سلولی.

این مقاله اجرای روش فوق در شهرستان سنندج می‌باشد که در مناطق دیگر نیز قابل اجرا است.

ناپایداری دامنه‌ای در شهرستان سنندج

شهرستان سنندج از لحاظ سیاسی مرکز استان کردستان می‌باشد و دارای مساحتی حدود ۲۱۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد. این منطقه بر روی نوار طویل و دگرگون زون سنندج – سیرجان واقع شده است که به مـوازات روراندگی زاگرس و در قسمت شرقی آن از سنندج تا سیرجان ادامـه دارد و یکـی از فعـالترین و ناآرامتریـن واحدهای ساختمانی ایران بوده و مراحل ماگماتیسم و دگرگونی مهمی را تحمل کرده است.

از نظر زمین‌شناسی، منطقه بسیار ساده و در مجموع شامل شیست‌های دگرگونی کرتاسـه مـی‌باشـد و به‌دلیل مقاومت کم این سنگ‌ها در مقابل نیروهای تکتونیک , ساختمان چین خـورده درهمـی بوجـود آمـده است[۱].

شهرستان سنندج دارای دو نوع آب و هوای مشخص می‌باشد. نواحی کوهستانی و دشت‌هـای مرتفـع، دارای آب و هوای سرد کوهستانی با زمستان‌های بسیار سرد و نواحی داخل دره‌ها، دارای آب و هوای معتـدل کوهستانی است. حد متوسط بارش سالیانه براساس آمار سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۶۰، ۵۰۰ میلیمـتر مـی‌باشـد کـه حداکثر آن در زمستان و بهار و حداقل آن در تابستان می‌بارد. اختلاف درجه حرارت بین شب و روز و زمستان و تابستان زیاد است. تعداد روزهای یخبندان در این منطقه ۱۲۰-۱۰۰ روز می‌باشد.

در شهرستان سنندج، حرکت‌های دامنه‌ای در اشکال مختلف به‌دلیـل شـرایط خـاص منطقـه موجـود می‌باشد. بنا به دلایلی چون شیب‌های زیاد، سنگ‌های سست و فرسایش‌پـذیر، خـاک‌هـای ضـخیم و وجـود پوشش گیاهی کم تراکم بر روی شیب های بالا، پراکنش زیاد انواع گسله‌ها، وجود تـراکم بـالای زهکـشی و وجود ارتفاعات بالا، دامنه‌های ناپایدار مساحت زیادی از منطقه را پوشانده‌اند.

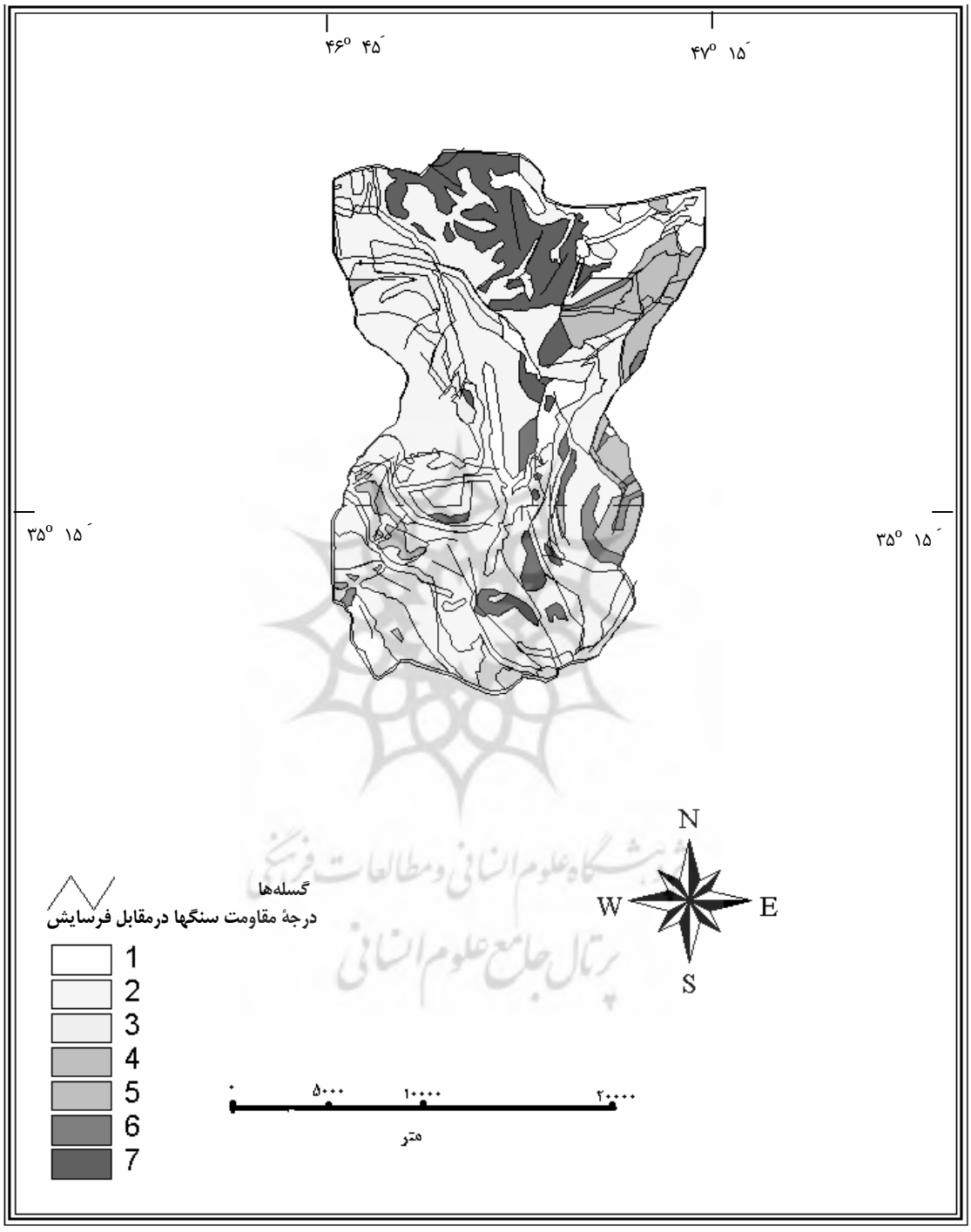
به‌طور کلی عوامل مؤثر در ایجاد ناپایداری دامنه در شهرستان سنندج به قرار ذیل می‌باشند:

۱- **فرسایش‌پذیری سنگ‌ها:** با توجه به نقشهٔ زمین شناسی، شرایط اقلیمی و مطالعات میدانی سنگ‌های این شهرستان بر حسب درجهٔ فرسایش‌پذیری رده بندی انجام شد (نقشهٔ ۱)، سست‌ترین سنگ‌های تشکیل دهندهٔ این منطقه پادگانه‌ها، آبرفت‌های رودخانه‌ای و شیل‌ها می‌باشند. شیل‌ها که حداکثر وسعت سنگ‌های منطقه را تشکیل داده‌اند، از لحاظ فرسایش‌پذیری در ردهٔ دوم قرار گرفته‌اند که این سنگ‌ها موجب تـشکیل لایـه‌هـای ضخیمی از خاک‌های ریزدانه می‌شوند که از مهمترین عوامل مؤثر در فرایندهای دامنه‌ای محسوب می‌شوند.

سنگ‌های دارای مقاومت زیاد که وسعت کمی را به خود اختصاص داده‌اند شامل سنگ‌های آتشفشانی می‌باشند خاک‌های حاصل از این سنگ‌ها کم ضخامت و دارای بافت ناهمگون ریز و درشت می‌باشند. به‌طـور کلی رتبه‌های مساوی و کمتر از ۴ با توجه به مشاهدات میدانی و مقاطع سنگ‌شناسی فرسایش‌پذیری زیـادی دارند و تشکیل توده‌های ضخیمی از خاک‌های ریزدانه را می‌دهند (نقشهٔ۱). رتبه‌هـای بـالاتر از ۴ فرسـایش پذیری کمتری دارند و بر روی زمین تشکیل لایه‌های نازکی از خاک‌هایی می‌دهند که بخش اعظم آن را قلوه سنگ‌ها پوشانده‌اند.

۲-عوامل اقلیمی: بر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهر سنندج که در ارتفاع ۱۳۷۳ مـتری از سطح دریا قرار گرفته است و با توجه به کوهستانی بودن این شهرستان و وسعت زیاد ارتفاعات بالاتر از ۳۰۰۰

۱- منبع شماره ۱ ص ۱۱۴



نقشهٔ ۱: فرسایش‌پذیری سنگها در سنندج[۱]

۱- تهیه شده از نقشهٔ زمین شناسی و نمونه‌برداری زمینی

جدول شمارهٔ ۱: داده‌های اقلیمی ماهانه شهرستان سنندج (سالهای ۱۹۹۵-۱۹۶۰)

عناصر اقلیمی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین حداکثر دمای مطلق	۲۷	۳۰	۳۶,۴	۴۰,۴	۳۹,۲	۳۸,۲	۳۱	۲۶	۱۴,۶	۱۴,۸	۱۳,۲	۲۱,۲
میانگین حداقل دمای مطلق	-۱,۶	۴	۷,۴	۹,۸	۱۵,۴	۸,۲	۱,۴	-۲,۸	-۳,۸	-۷,۶	-۱۵	-۵,۸
متوسط دمای ماهانه	۱۲,۷	۱۷,۱	۲۲	۲۷,۹	۲۸,۷	۲۳,۴	۱۶	۱۰,۲	۵,۱	۳	۱,۹	۷,۴
بارندگی ماهانه	۷۶	۲۹	۰	۰	۰	۰	۸	۳۴	۴۰	۳۸	۳۰	۲۰
ساعات آفتابی	۲۲۸	۳۰۵	۳۷۸	۳۴۴	۳۳۹	۳۴۱	۲۴۹	۱۷۷	۱۳۲	۱۷۱	۱۵۷	۲۳۳
حداکثر سرعت باد	۱۷	۱۷	۱۳	۱۱	۱۲	۱۷	۱۴	۱۷	۱۵	۱۳	۲۲	۱۷

متری، شرایط اقلیمی خشن و مناسب برای حرکت‌های دامنه‌ای بر این منطقه حاکم است. به‌طوریکه گرمترین ماه آن تیر با متوسط دمای ۲۶/۸ درجه سلسیوس و سردترین ماه آن دی با متوسط دمای ۰/۹ درجه سلسیوس می‌باشد.

براساس جدول (۱)، اگرچه میزان میانگین دمای حداقل و حداکثر در طول سال‌های آماری روندی همگون را نشان می‌دهد، اما اختلاف دمای فصلی و روزانه بسیار بالا است و باعث فعال شدن پدیدهٔ ترموکلاستی (سنگ شکافتگی) می‌شود . این پدیده موجب تخریب شدید سنگ‌ها شده است.

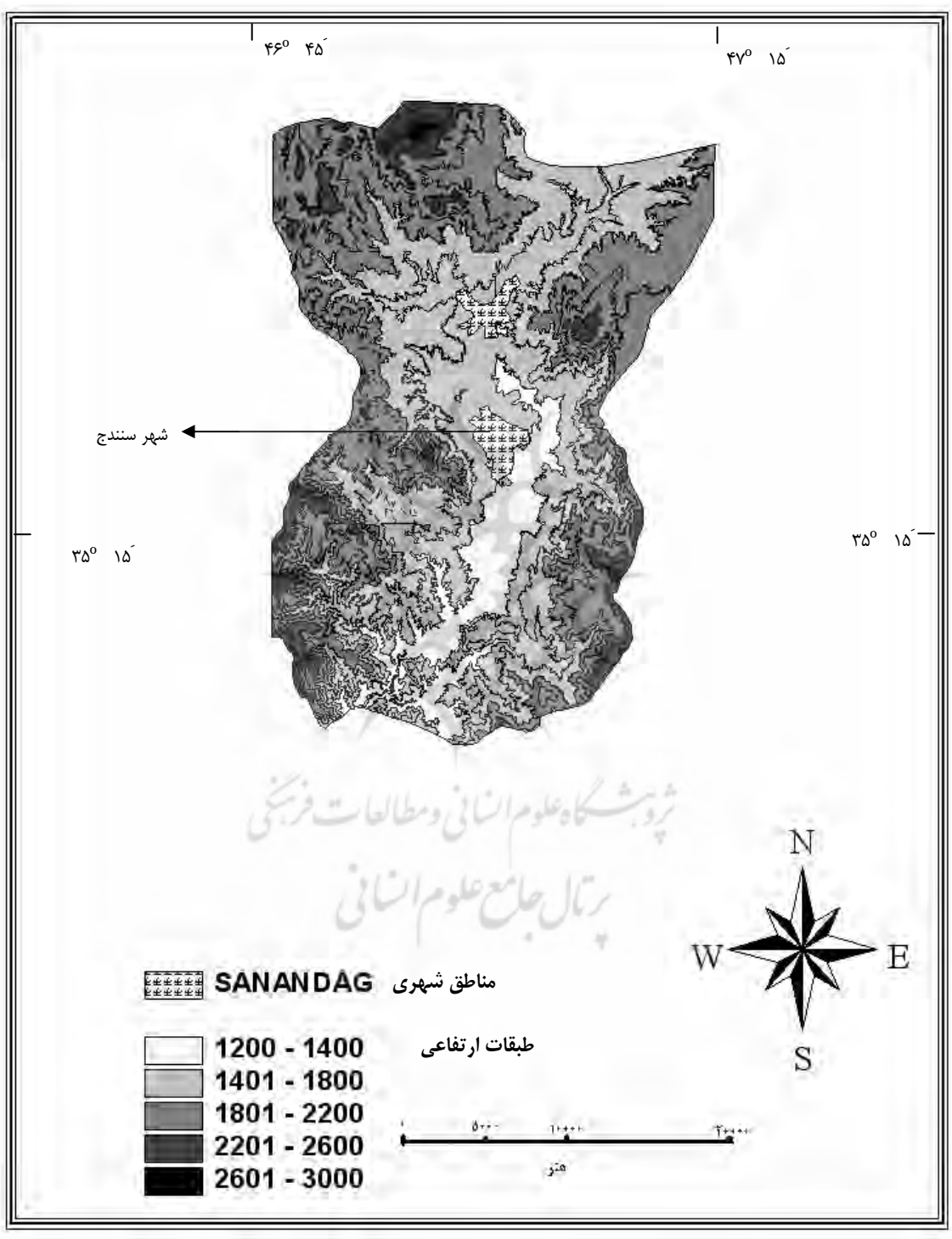
با توجه به کوهستانی بودن سنندج و تأثیر کوهستان‌ها بر نوسانات رطوبت نسبی و مساعدت شرایط تراکم رطوبت در ارتفاعات ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متری بویژه در شب با سرد شدن هوا، رطوبت به صورت شبنم تراکم یافته و یا یخ می‌بندد و در روز با گرم شدن هوا تبخیر می‌شود. در نتیجه پدیده هیدروکلاستی فعال شده و باعث متلاشی شدن سریع سنگ‌ها می‌شود و در بعضی موارد از انباشت برف در دامنه‌های با شیب مناسب و باد پناه بهمن تشکیل می‌شود.

به‌طورکلی در این پژوهش تاثیر عناصر اقلیمی مانند بارش، دما، رطوبت، فشار، ساعات آفتابی و باد در تخریب سنگ‌ها، اشکال فعلی دامنه‌ها و ناپایدار نمودن دامنه‌ها بررسی شده است.

۳- سطوح ارتفاعی: کوهستان‌ها به‌عنوان بستری برای فعالیت‌های دامنه‌ای محسوب می‌شود و ویژگی‌های خاص آن‌ها موجب ایجاد انواع خاصی از فرایندهای دامنه‌ای می‌شود[۱]. شهرستان سنندج کاملاً کوهستانی است که در آن به جز در داخل دره‌ها و در اطراف رودهای اصلی، بقیه سطح منطقه را کوه‌ها پوشانده‌اند.

منطقه مورد مطالعه از لحاظ سطوح ارتفاعی طبقه بندی شده است که از کمترین ارتفاع در اطراف رودهای اصلی (۱۲۰۰ متر) تا بالاترین ارتفاع (۳۰۰۰ متر) در کوه‌های مرتفع را شامل است(نقشهٔ۲). هر کدام از این سطوح ارتفاعی با توجه به شرایط محیطی که بر آن‌ها حاکم است موجب ایجاد انواع به‌خصوصی از

۱- منبع شماره ۹ ص ۲۹۶– ۲۴۱



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نقشهٔ ۲: نقشهٔ سطوح ارتفاعی در شهرستان سنندج

فرایندهای دامنه‌ای می‌شود که به جنس رسوب‌های دامنه، فرایندهای فرسایشی، درجهٔ فرسایش یافتگی، اقلیم و پوشش گیاهی بستگی دارد.

فرسایش اختلافی میان سطوح ارتفاعی بالا و پایین در سنندج بوضوح قابل مشاهده است، به‌طوریکه در ارتفاعات بالا فرسایش و تخریب از نوع فیزیکی قالب است، حال آنکه در ارتفاعات پایین بیشتر از نوع شیمیایی است و لایه‌های ضخیمی از خاک سطح دامنه‌ها را پوشانده است.

۴- شکل دامنه‌ها: شکل دامنه‌ها بیانگر تاثیر و عملکرد نیروهای درونی و بیرونی می‌باشد که در طول زمان شکل گرفته‌اند و نیمرخ دامنه‌ها شاهدی بر فرایندهای فعال می‌باشند.

نقشهٔ ۳ که شکل دامنه‌ها را در شهرستان سنندج نشان می‌دهد، از عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی به‌دست آمده است. به طور کلی دامنه‌های این ناحیه را می‌توان در دو ردهٔ ذیل قرار داد:

الف: دامنه‌های منظم یا ساده: که تغییرات شیب در آن‌ها تدریجی یا ثابت می‌باشد. حتی در مواردی که اختلاف مقاومت در سنگ‌ها ی دامنه دیده شود.در این نوع از دامنه‌ها میل شیب دامنه نسبت به افق یکنواخت است و با توجه به نیروهای فرسایشی از نظر شیب در سه دسته کم , متوسط و زیاد تقسیم شده‌اند . دامنه‌های منظم دراین ناحیه دارای خاک خوب و پوشش گیاهی مناسب هستند. شیب های تند اغلب منطبق بر نقاط ارتفاعی بلند با سنگ‌هایی که در آن‌ها عملکرد فرسایش به گونه‌ای یکسان است، تشکیل شده است. قسمت بالای دامنه‌های منظم و پر شیب، ضخامت خاک کم و قسمت پایین شامل واریزه‌هایی است که با پوشش گیاهی کم تثبیت شده‌اند.

ب: دامنه‌های نامنظم: تغییرات شیب در دامنه‌های نامنظم، یکنواختی آن‌ها را بر هم زده است که محل این تغییرات بر تغییر نوع سنگ یا تشدید عوامل فرسایشی منطبق می‌باشد. دامنه های نامنظم شهرستان سنندج، سه ردهٔ دامنه‌های مقعر، محدب و مرکب را شامل می‌شوند.

دامنه‌های مقعر با جنس سخت در بالا و جنس سست در پایین، بیشترین استعداد را از لحاظ عملکرد فعالیت‌های ریزشی دارد. در دامنه‌های محدب سنندج عملکرد فرسایش بسیار ضعیف است. دامنه‌های مرکب که ترکیبی از شیب‌های منظم و نامنظم می‌باشند، بیشترین تاثیر را در فعال نمودن فرایندهای دامنه‌ای ایفا می‌نماید، زیرا تغییرات شیب زیاد نیمرخ این دامنه‌ها را از تعادل دور می‌سازد[۱].

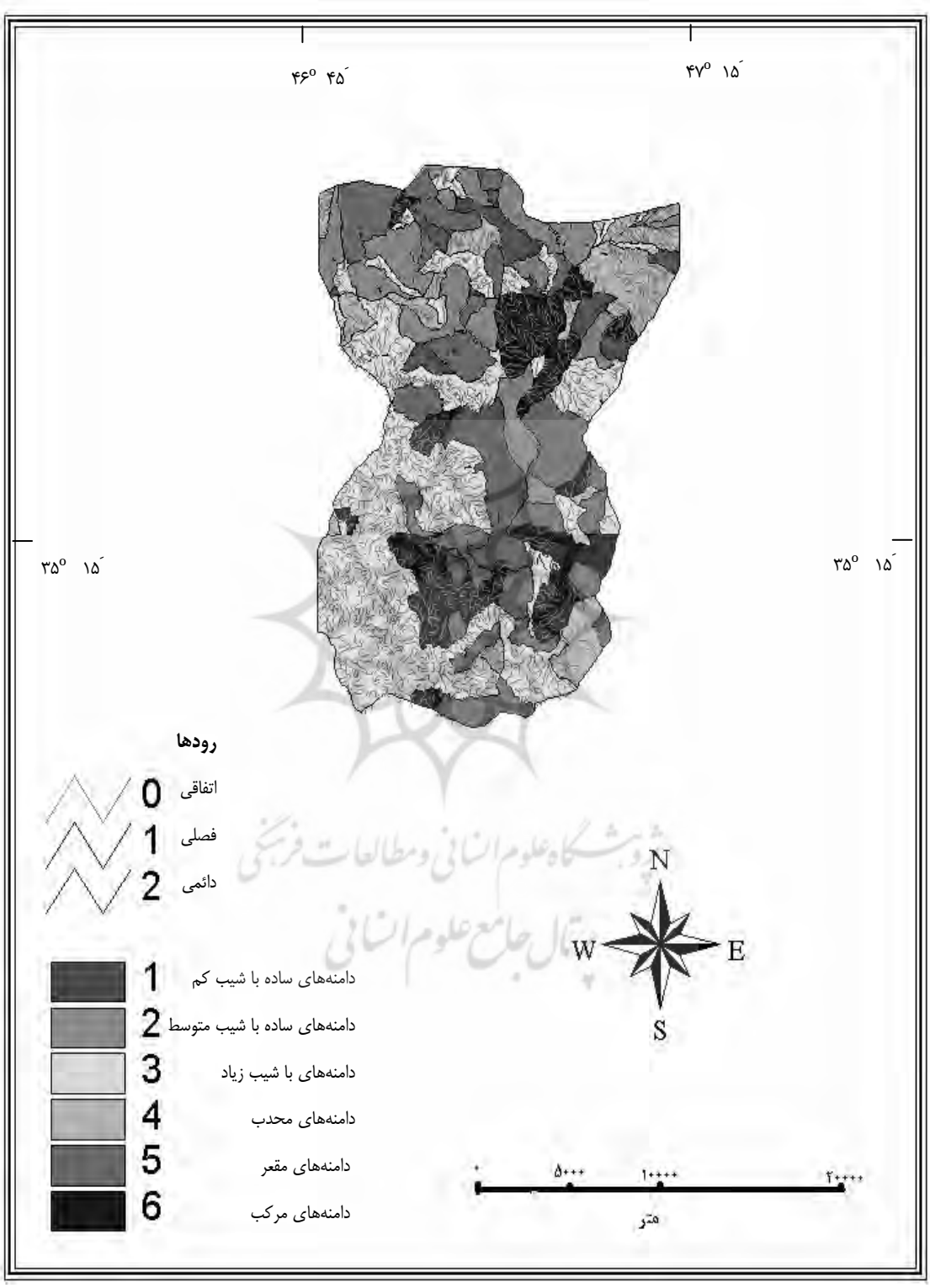
دامنه‌هایی که نیمرخ آن در قسمت بالا محدب و در پایین مقعر می‌باشد، در حالت تعادل قرار دارند و عمل فرسایش و تخریب در آن‌ها شدید نیست. زیرا میان سرعت تخریب سنگ و تشکیل مواد ریز یا سرعت تخلیه یا حمل مواد تعادل برقرار است. دامنه‌هایی که در آن‌ها عمل حمل سریعتر از تخریب باشد، لخت و عاری از مواد تخریبی خواهند شد و سنگ بستر بر روی دامنه ظاهر می‌شود. هنگامی که سرعت تخلیه یا حمل مواد کمتر از سرعت تخریب باشد، دامنه را پوشش خرده سنگ و مواد ریز فرا می‌گیرد.

۵- شیب و جهت آن: مدل رقومی ارتفاع(DEM)[۲] برای تشکیل ماتریس‌های زاویه و جهت مورد استفاده قرار گرفت و نقشه‌های شیب، جهت شیب و سایه روشن بر مبنای آن تهیه شدند (نقشهٔ ۴).

عامل شیب و جهت آن از مهمترین عوامل در حرکات دامنه‌ای به‌شمار می‌رود. شیب‌های بالا در شهرستان سنندج بر سطوح ارتفاعی بالا منطبق است. در اطراف رودهای اصلی، ارتفاعات با شیب‌های کم و به صورت تپه ماهوری قرار دارد و با دور شدن از مرکز هندسی شهرستان و افزایش ارتفاع، میزان شیب افزایش می‌یابد. اگر شیب‌های بیش از ۴۰ درجه را مناسب برای حرکات دامنه‌ای بدانیم، محدودهٔ وسیعی از این

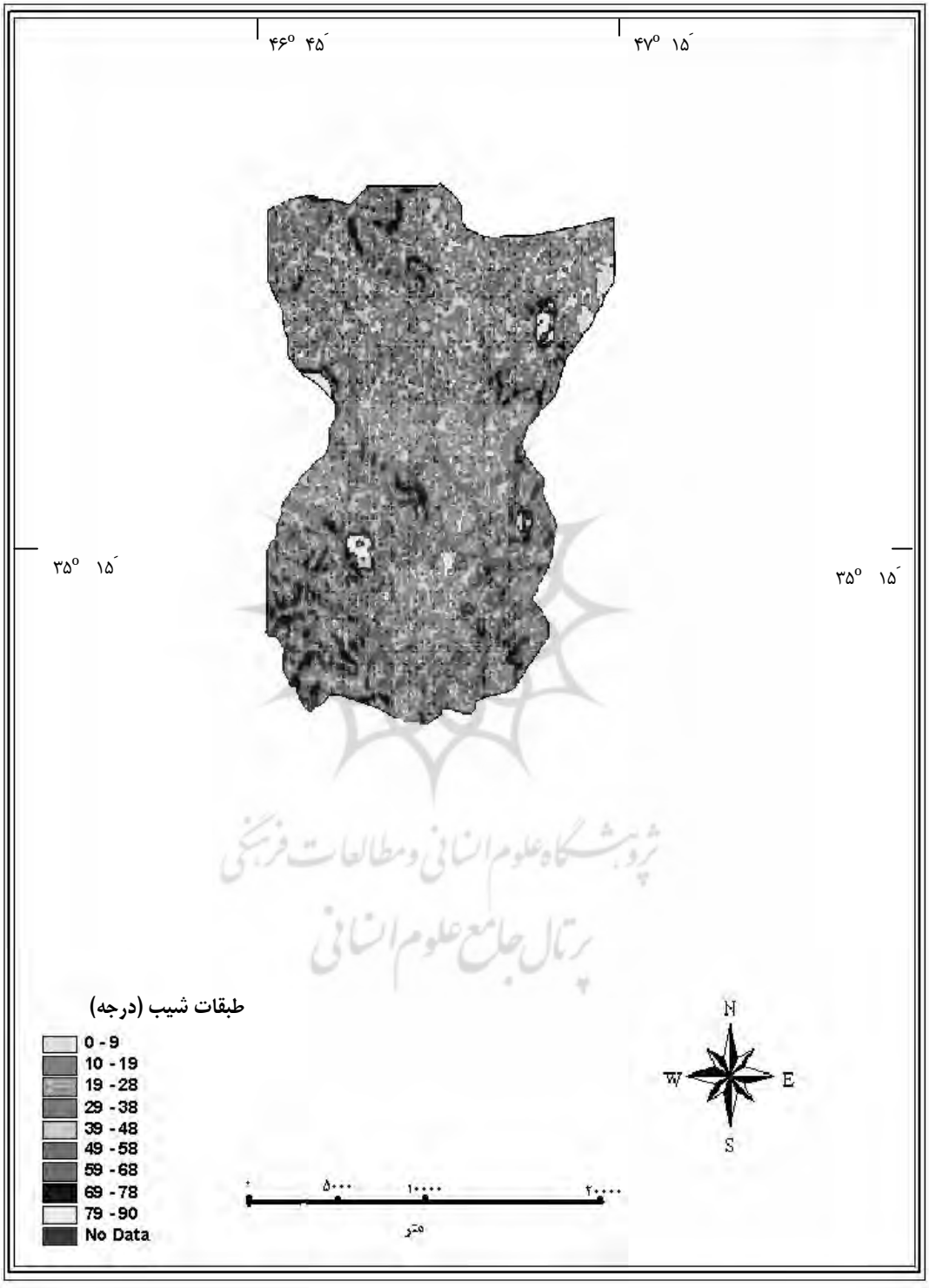
۱- منبع شماره ۶ ص ۱۱۸– ۱۱۴

2-Digital Elevation Model

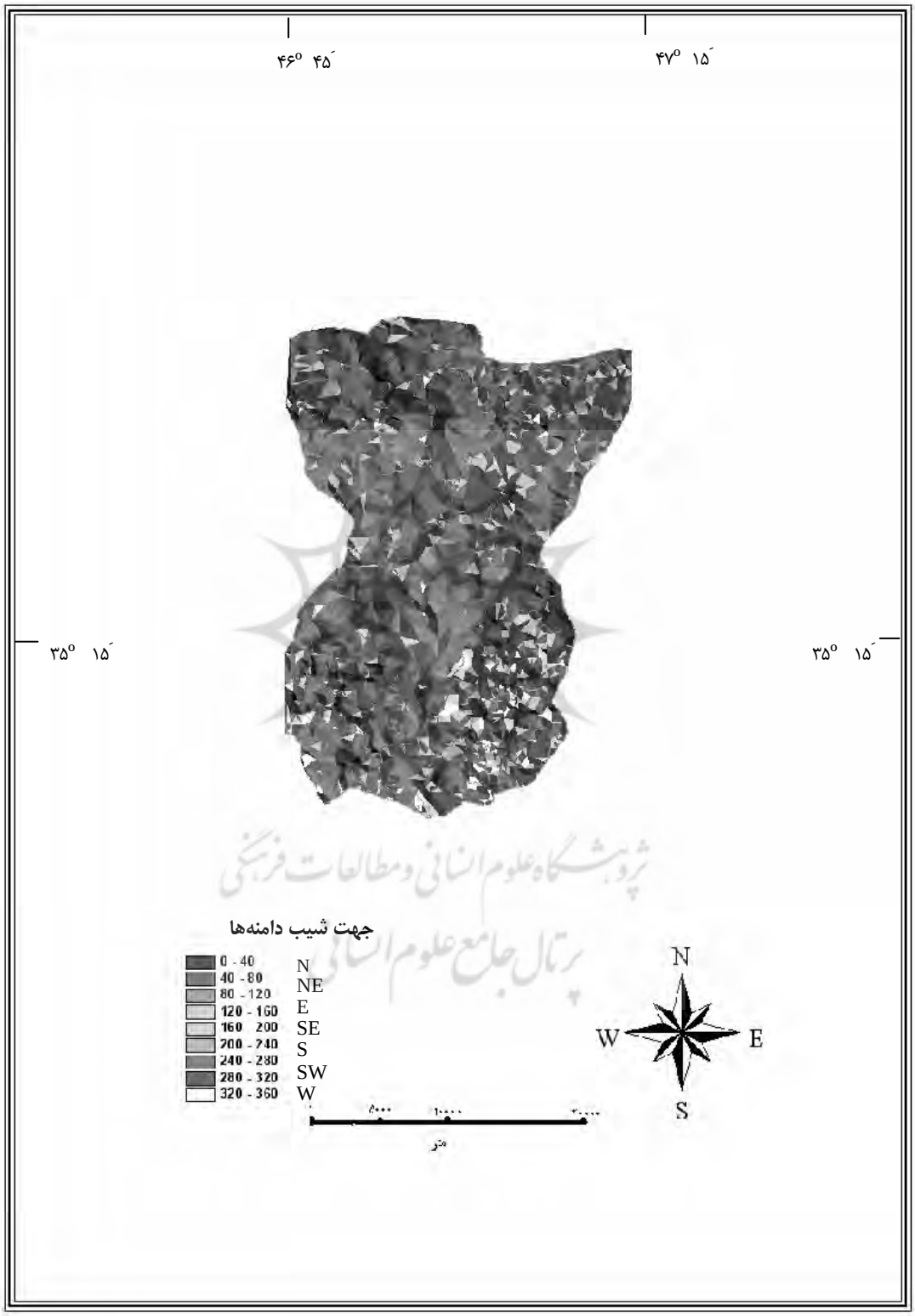


نقشهٔ ۳ : شکل دامنه ها در شهرستان سنندج[۱]

۱- تهیه شده از نقشهٔ توپوگرافی ۵۰۰۰ : ۱ و عکس‌های هوایی ۵۵۰۰۰ : ۱



نقشهٔ شمارهٔ ۴ : طبقات شیب در شهرستان سنندج



نقشهٔ ۵ : جهت شیب در شهرستان سنندج

شهرستان را در بر می‌گیرد(نقشهٔ ۴).

جهت شیب[۱] به واسطهٔ ارتباطی که با سرعت زمان جذب و از دست دادن رطوبت دارد، نقش مهمی در فرآیندهای دامنه‌ای دارد . دامنه‌های شمالی این شهرستان به علت دریافت کم تابش خورشیدی، از دامنه‌های جنوبی مرطوبتر است و با توجه به جهت ناهمواری‌ها دامنه‌های ناپایدار، شمالی و غربی می‌باشند(نقشهٔ ۵) .

برای به‌دست آوردن مناطق در سایه بین ساعات ۹ تا۱۴ نقشهٔ سایه روشن[۲]، با بلندی آفتاب[۳] به میزان ۴۵ درجه و جهت تابش خورشید[۴] به اندازهٔ ۷۰ درجه تهیه گردید. از این لایه در تعیین دامنه‌های ناپایدار استفاده گردید.

۶- شبکهٔ زهکشی: نقش شبکهٔ زهکشی در ناپایدار نمودن دامنه‌ها به ویژگی‌های فیزیکی جریان آب و موقعیت قرارگیری رودها وابسته است. تأثیر شبکه‌های روی دامنه با شبکه‌های قرار گرفته در کنار دامنه در این فرایند یکسان نیست. بر روی دامنه‌های با شیب زیاد و درجهٔ بالای فرسایش پذیری سنگ‌ها نقش شبکهٔ زهکشی در ناپایداری دامنه‌ها هویدا است[۵].

شبکهٔ زهکشی این منطقه به شکل شاخه‌ای یا دندریتیک است و تراکم زیاد شبکهٔ آبرفتی در منطقه بیانگر وجود سنگ‌های دانه ریز، نفوذپذیری کمتر و عدم انطباق شیب دامنه با شیب لایه‌های زمین شناسی می‌باشد. بر روی سنگ‌های دگرگونی در نواحی که هیچ نیرویی از طرف گسله‌ها دیده نشده، این نوع زهکشی وجود دارد. تراکم زهکشی بر روی سنگ‌های آهکی زیاد است که بیانگر فرسایش شدید سنگ‌های آهکی و تشکیل لایه‌های ضخیم خاک می‌باشد(نقشهٔ ۶) .

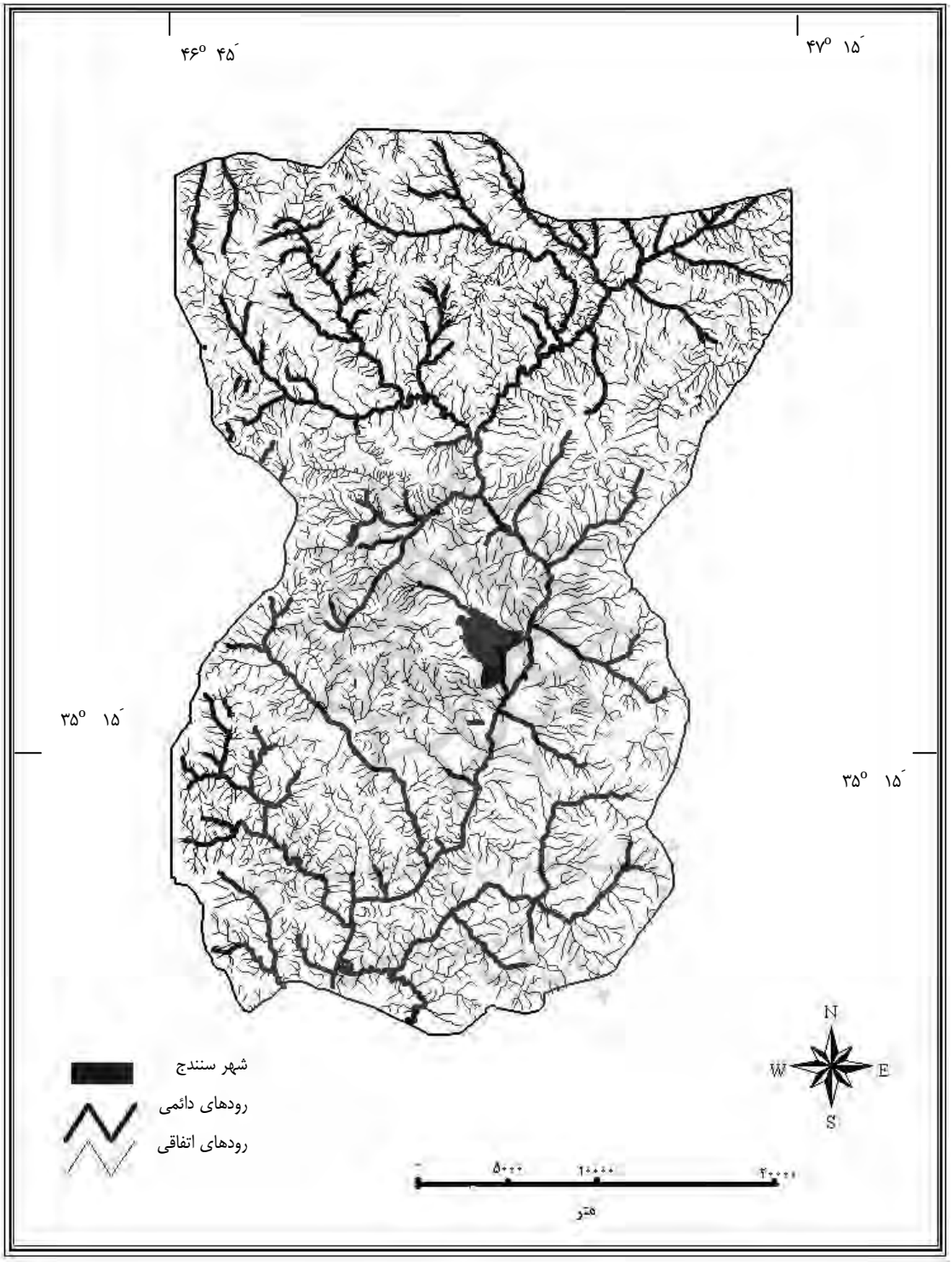
در این پژوهش شبکهٔ زهکشی به عنوان تشدید کنندهٔ ناپایداری در آنالیز به‌کار رفته است.

۷- کاربری زمین: کاربری زمین در برابر حرکات دامنه‌ای در بعضی موارد نقش کنترل‌کننده و در مواردی دیگر نقش تشدیدکنندگی را ایفا نموده است که بیشتر با نوع پوشش زمین در ارتباط است. برای تهیهٔ نقشهٔ کاربری‌های فعلی از ویژگی طیفی پدیده‌های مختلف استفاده شده است و با به‌کارگیری الگوریتم‌های طبقه‌بندی، پدیده‌هایی که دارای ارزش طیفی نزدیکی بوده‌اند در یک گروه قرار گرفته‌اند سپس نمونه‌های آموزشی از طریق مطالعات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای رنگی (ترکیب باندهای ۱،۲،۴) تهیه شدند و با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده (مدل حداکثر احتمال[۶]) نقشهٔ کاربری اراضی تهیه گردید (نقشهٔ ۷).

برای ارزیابی دقت نقشهٔ فوق، از نمونه‌هایی که نوع کاربری آن‌ها از طریق مشاهدهٔ زمینی و سایر منابع اطلاعاتی تعیین شده، استفاده گردیده است. بدین منظور ماتریس خطا[۷] تهیه شد. خطاهای موجود در طبقه بندی غالباً به تشابه طیفی پدیده‌ها، شرایط مکانی و زمانی ، شکل توزیع پدیده‌ها و دقت روش‌های طبقه بندی بستگی دارد . حاصل عملکرد خطا در طبقه بندی ایجاد خطا های کمیشن[۸] و امیشن[۹] است. خطای کمیشن شامل طبقه‌بندی نادرست پیکسل‌های یک کلاس در کلاس‌هایی که به آن تعلق ندارند و خطای امیشن شامل کلیهٔ پیکسل‌هایی است که به کلاس معینی تعلق دارند ولی جزء آن طبقه‌بندی نشده‌اند. میزان دقت کلی از تقسیم پیکسل‌های واقع بر قطر اصلی ماتریس خطا بر کل پیکسل‌های نمونه برداری شده، به‌دست می‌آید که میزان آن برای این منطقه ۸۳/۵ می‌باشد .

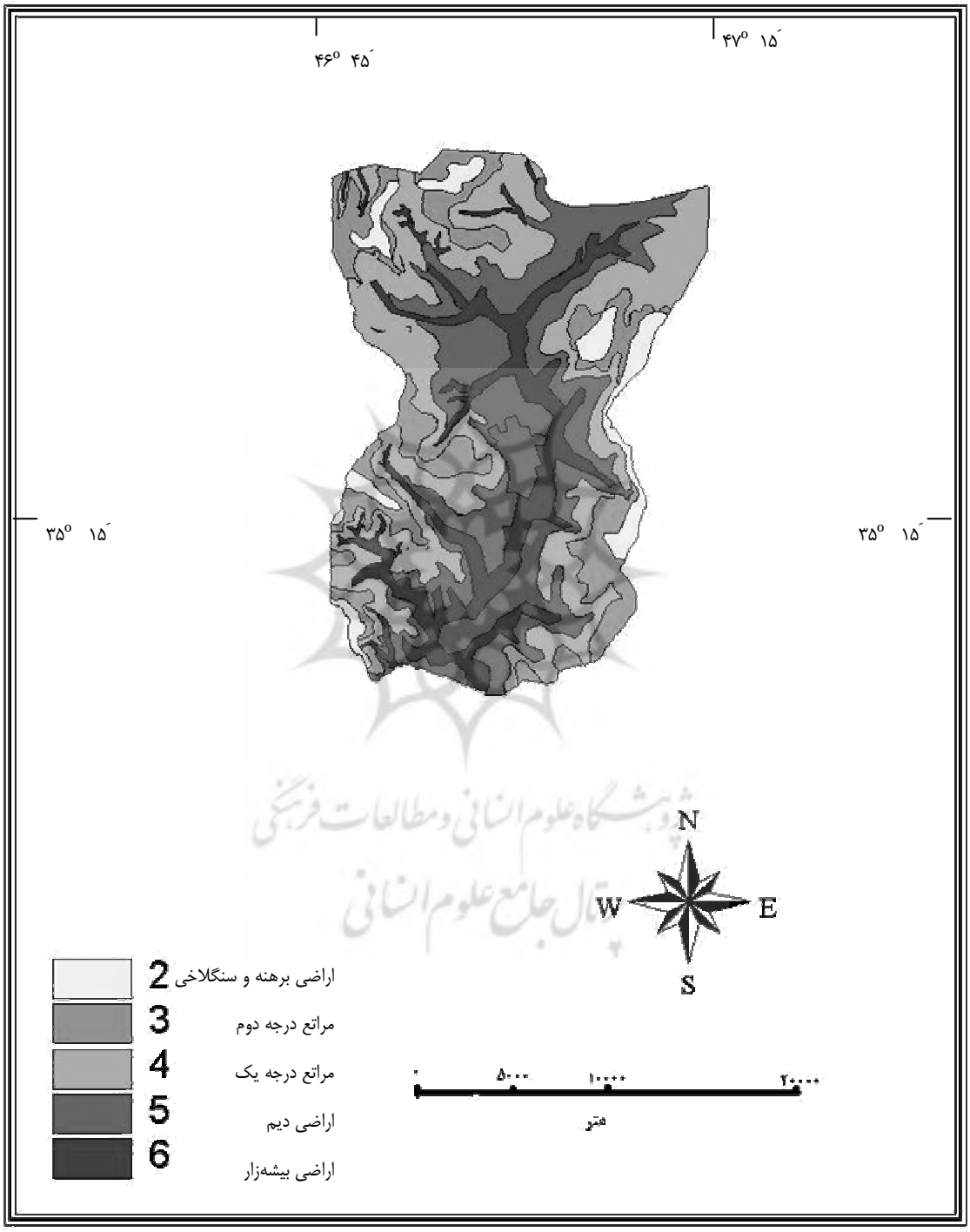
جهت محاسبهٔ دقیق نتایج طبقه‌بندی و کاهش نقش شانس در طبقه‌بندی از شاخص توافق کاپا[۱۰] استفاده شد که میزان ۷۹/۸ به‌دست آمد[۱۱].

1- Aspect
2- Hillshade
3-Altitude
4- Azimuth
۵- منبع شماره ۷ ص ۱۳۲
6- Maximum Likelyhood
7-Confusion Matrix
8- Commission
9- Ommission
10- Kappa Index
۱۱- عملیات مربوط به نقشهٔ کاربری زمین در نرم افزار Geomatica انجام شده است.

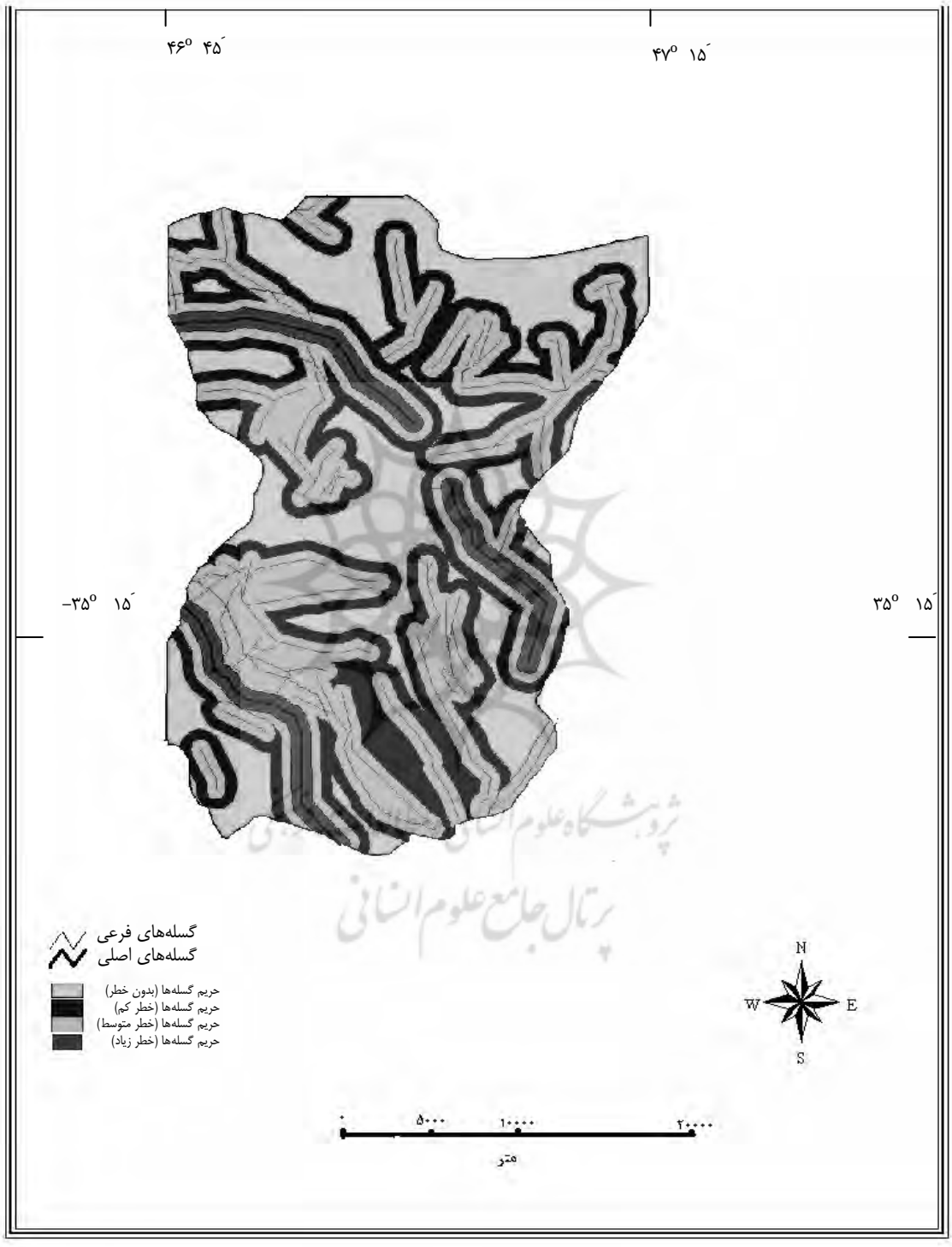


نقشهٔ ۶: شبکهٔ زهکشی در شهرستان سنندج[۱]

۱- استخراج از نقشهٔ توپوگرافی مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱



نقشهٔ ۷ : کاربری زمین در شهرستان سنندج



نقشهٔ ۸ : فاصله از گسله‌ها در شهرستان سنندج

۸- فاصله از گسله‌ها: گسله‌ها به‌عنوان عامل اصلی در ایجاد زلزله‌ها و تکان‌های زمین، نقش مهمی در تشدید ناپایداری دامنه‌ها ایفا می‌کنند. نقشه گسله‌های شهرستان سنندج از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج گردیده که گسله‌های این شهرستان به قرار ذیل هستند:

الف- گسله‌های اصلی شامل ابر گسلهٔ زاگرس، گسلهٔ شمال سنندج و گسلهٔ کوچک سر می‌باشد.

ب- گسله‌های فرعی که تعداد آن‌ها بیشتر است و به شکل پراکنده در داخل شهرستان قرار گرفته‌اند. و بیشتر آن‌ها دارای جهت شمال غربی- جنوب شرقی هستند (نقشهٔ ۸).

نقشهٔ فاصله از گسله‌ها بر اساس مطالعات میدانی در رابطه با میزان تأثیر آن‌ها بر ناپایداری دامنه‌ها تهیه شد و در آنالیز مورد استفاده قرار گرفت.

تحلیل و مدلسازی به روش سلولی

در روش سلولی، لایه‌های داده‌هایی که به فرمت برداری[1] تهیه و سیستم تصویر و مبنای آن نیز به‌طور دقیق تعریف شده است به شبکه‌ای با ابعاد یکسان تبدیل می‌شوند. به‌عبارت دیگر هر لایه از داده‌های برداری ماتریسی تشکیل می‌دهد که در داخل سلول‌های آن، ارزش‌های مربوط به آن لایه قرار دارد و همچنین ابعاد تمام ماتریس‌ها تشکیل شده، یکسان می‌باشد. در مرحلهٔ بعد با توجه به مدل مورد نظر یکسان‌سازی داده‌ها انجام می‌شود[2]. برای مثال داده‌های مدل‌های منطقی در دامنهٔ صفر و یک قرار می‌گیرند. در این مرحله ضمن یکسان‌سازی دامنهٔ داده‌ها، می‌توان نقش سطوح خاصی از متغیرها را به صورت، وزن‌دهی[3] و یا نقش متغیرها را بدون توجه به سطح خاصی، به صورت ضریب[4] تغییر داد و نتایج را ارزیابی نمود.

در این پژوهش به منظور همسان نمودن داده‌ها ، تمام لایه‌های تهیه شده به فرمت سلولی[5] با تعداد سطر و ستون مساوی و همچنین اندازهٔ یکسان[6] تبدیل گردیدند و ارزش‌های سلول‌های لایه‌ها بین اعداد ۱ تا ۱۰ قرار

جدول ۲ : ماتریس‌های به‌کار رفته در تحلیل سلولی

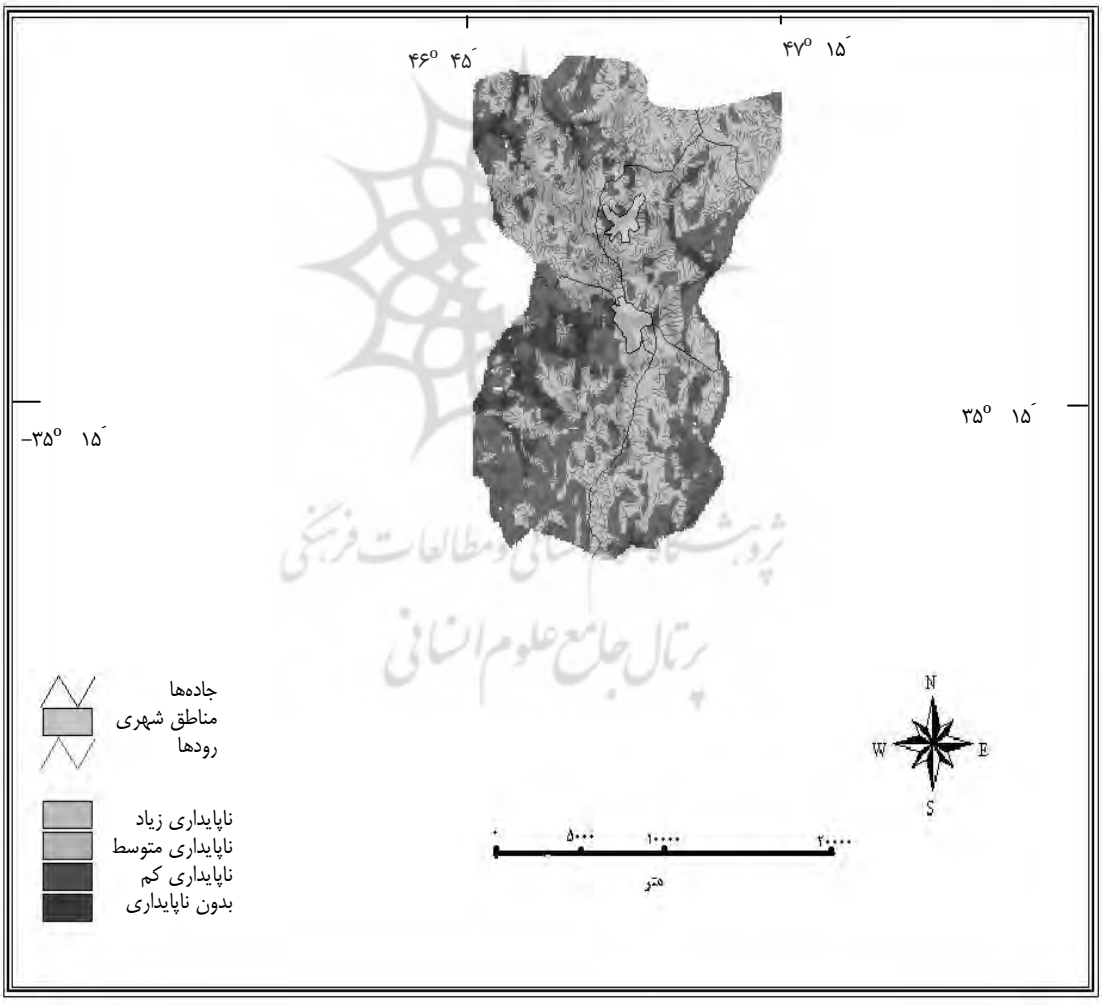
انواع ماتریس‌ها	ارزش سلول‌ها									
فرسایش‌پذیری	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
سطوح ارتفاعی	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
شکل دامنه	۷				۵			۳		
شیب	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
جهت شیب	۹			۷		۵		۳		۱
شبکهٔ زهکشی	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
کاربری زمین	۱		۳		۵		۷		۹	
فاصله از گسله‌ها	۹				۵			۳		

1- Vector
3-Weighted
5- Raster (Grid)

۲- منبع شماره ۱۰ ص ۱۲۷– ۱۲۶
4-Coefficient
6-Cell Size

گرفت. وزن دهی بر اساس مطالعات میدانی در لایه‌ها انجام شد و ماتریس لایه‌ها به ترتیب ذیل تهیه شد.

هر یک از ماتریس‌های فوق در ارتباط با تأثیر آن عامل در ناپایدارسازی دامنه‌ها تهیه شده است. اندازهٔ سلول‌ها و ابعاد ماتریس‌ها در تمام ماتریس‌ها یکسان است. برای مثال ماتریس شیب حدود ۳۸۰ هـزار سـلول دارد که داخل این سلول‌ها ارزش‌های ۱ تا ۱۰ قرار دارد و عدد ۱۰ بیانگر بیشترین تاثیر در ناپایداری و عـدد ۱ بالعکس می‌باشد. این در حالی است که ارتباط شیب و ناپایداری مستقیم و خطی فرض شده است. در مـواردی که این ارتباط غیر خطی می‌باشد. مثل کاربری زمین، ارزش‌گذاری متفاوت می‌شود. در ماتریس کاربری زمین، ارزش ۹ برای اراضی برهنه در سنگ‌های فرسایش‌پذیر و ارزش ۱ برای مناطق مسکونی در شیب‌های کمتر از ۱۰ درجه می‌باشد. در ماتریس‌هایی مانند ماتریس فاصله از گسله‌ها که با استفاده از توابع فاصـله تهیـه شـده است، همانند فاصله از گسله‌ها، ارزشگذاری‌ها بر اساس نقش فاصله از گسله‌ها در ناپایداری دامنه‌ها انجام شده،



نقشه ۹- پهنه‌بندی پتانسیل خطر ناپایداری دامنه‌ای در شهرستان سنندج

به‌طوریکه سلول‌های دارای ارزش ۹ به گسله‌های اصلی نزدیکترند.

در روش آنالیز سلولی[1] هشت ماتریس ساخته شده که ابعاد و سلول‌های مساوی البته نه به‌طور فیریکی بلکه به صورت مفهومی روی هم قرار می‌گیرند. به‌عبارت دیگر هشت ماتریس در عین استفاده از توابعی که به‌طور مستقل بر روی یک لایه عمل می‌کنند، از توابع جمعی نیز می‌توانند استفاده نمایند. از جمله قابلیت‌های آنالیز سلولی شامل موارد ذیل است:

الف– برای به‌دست آوردن نقشهٔ پتانسیل ناپایداری می‌توان تابع جمع (SUM) را بر روی ماتریس‌ها اجرا نمود. بالاترین عدد به‌دست آمده (۷۴=۱۰+۱۰+۱۰+۱۰+۹+۹+۹+۷) ۷۴ است که ناپایدارترین سلول‌ها می‌باشند. به عبارت دیگر اولویت اول خواهد بود و اولویت های بعدی به ترتیب ۷۳ ،۷۲ ، ۷۱، ۷۰ و ... است که می‌توان سلول‌ها را طبقه‌بندی نمود. چون در این روش مدل وزنی به همراه آنالیز سلولی به‌کار رفته است، لذا نتایج روشن و قابل کنترل به‌دست است.

ب– برای به‌دست آوردن نقشهٔ حداکثر عوامل تولید کنندهٔ ناپایداری دامنه‌ای می‌توان تابع حداکثر (max) را بر روی ماتریس‌ها اجرا نمود، که در نهایت ماتریسی با حداکثر ارزش‌های ماتریس‌های اولیه به‌دست می‌آید. که توسط آن قابلیت ناپایداری دامنه‌ای قابل بررسی است.

پ– برای تهیهٔ نقشهٔ عامل غالب در ایجاد ناپایداری دامنه‌ای، اجرای تابع (Majority) به‌کار می‌رود و همچنین توابع دیگر از جمله Mean,.. variety, MIN, Minority, بر روی ماتریس‌ها قابل اجراست و نتایج مفیدی را در بر دارد.

ت– قابلیت مهم دیگر روش آنالیز سلولی، مدلسازی ناپایداری دامنه‌ای می‌باشد. به این ترتیب که پس از تهیهٔ نقشهٔ پتانسیل ناپایداری دامنه‌ها، ماتریس مربوط به آن را بر حسب عوامل مؤثر (۸ ماتریس) خلاصه‌سازی[2] می‌کنند (از توابع MAX, Mean استفاده می‌شود) و در نتیجه نقش سطوح مختلف عوامل شناسایی می‌شود. برای مثال حداکثر ناپایداری دامنه‌ها در سنندج در طبقهٔ با ارزش ۵ قرار دارد و از آنجا که این، طبقه دامنه‌های نامنظم می‌باشد، بازنگری در مدل وزنی و افزایش وزن دامنه‌های نامنظم نسبت به سایر دامنه‌ها امکان‌پذیر می‌شود. هم‌چنین با این روش می‌توان بخش‌های یک متغیر را از مدل حذف نمود یا نقش سطوح خاصی از متغیر دیگری را افزایش داد.

نقشهٔ پتانسیل ناپایداری دامنه‌ای در شهرستان سنندج تهیه شد و به روش فوق مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل ذیل برای محاسبهٔ ناپایداری دامنه‌ای در این منطقه پیشنهاد می‌گردد که برای شرایط مشابه قابل تعمیم است (نقشهٔ شمارهٔ ۹).

Factor Unstability = (slope >30) + (litology = <4) +(landuse <4) +(Drainage Density >1.7) +(Distance of Fault < 1000) + (Hieght > 1800) +(Aspect = N + NE + E + NW) + (Form = 2)

عامل ناپایداری = (لایهٔ شیب > ۳۰درجه) + (لایهٔ درجهٔ مقاومت سنگ =<۴) + (لایهٔ کاربری زمین < ۴) + (لایهٔ تراکم زهکشی < ۱,۷) + (لایهٔ فاصله از گسل > ۱۰۰۰ متر) + (لایهٔ سطوح ارتفاعی > ۱۸۰۰ متر) + (لایهٔ جهت شیب = شمال + شمالشرق + شرق + شمالغرب) + (شکل دامنه =۲)

نتیجه‌گیری

امروزه به‌کارگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تعیین نواحی مستعد حرکات دامنه‌ای اغلب به‌طور غیر اصولی و غیر تخصصی به‌کار می‌رود، بنابراین مطالعه و بررسی روش‌های آنالیز در GIS

1- Cell Analysis 2- Summerize

ضروری می‌باشد.

تحلیل سلولی از جمله روش‌هایی است که در مطالعهٔ ناپایداری دامنه‌ای کاربرد دارد و ضمن محاسبه و پهنه بندی ناپایداری دامنه‌ها، امکان مدلسازی و اصلاح مدل را فراهم می‌کند. همچنین استفاده از مـدل‌هـای وزنی، منطقی و فازی در این روش ممکن است. این مقاله تحلیل سلولی را در ناپایداری دامنه‌ای در شهرستان سنندج را مورد استفاده قرار داده و به نتایج ذیل رسیده است.

الف- تمام مدل‌های مفهومی و مدل‌های ریاضی مربوط به ناپایداری دامنه‌هـا در تحلیـل سـلولی اجـرا می‌شود.

ب- امکان اصلاح مدل‌های ریاضی در این روش عملی است.

پ- توابع ریاضی، آماری و مثلثاتی در این روش قابل اجرا است.

ت- امکان ارزیابی فرایندها و پدیده‌های ناپایدارکنندهٔ دامنه‌ها وجود دارد.

لازم به ذکر است که دستورات مربوط به تحلیل سلولی در نرم‌افزارهای مربوط به GIS از جملـه ,Arcview ArcGIS در شاخهٔ آنالیز فضایی[1] وجود دارد.

منابع:

۱- درویش زاده، علی، مهین محمدی، ۱۳۷۶، زمین شناسی ایران، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۲- سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۴، مطالعات جامع توسعه اجتماعی- اقتصادی (زمین‌شناسی) استان کردستان.

۳- سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۶۹، شرح نقشهٔ زمین‌شناسی چهار گوش سنندج، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، چاپ اول، ۱۳۶۹.

۴- قهرودی تالی، منیژه، ۱۳۸۳، کاربرد ArcView در ژئومرفولوژی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه تربیت معلم.

۵- محمدی ، شهرام، ۱۳۸۱، پهنه‌بندی دامنه‌های ناپایدار با تاکیدی بر عوامل درونی و بیرونی در شهرستان سنندج با استفاده از GIS، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد.

۶- معتمد، احمد، ۱۳۷۹، ژئومرفولوژی جلد سوم (فرایندهای دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی)، مؤلفین: ریچارد جی . چورلی، استانلی ای. شوم، دیوید ای. سودن، انتشارات سمت.

7- Bull, L.J, and M.J.Kirkby, Dryland Rivers, Published John Wiley & Sons, 2002

8- Burrough, Peter and Rachael A. McDonnell, Principles of Geographical Information Systems, Oxford University Press, 1998.

9- Gregory, K.J, Fluvial Geomorphology of Great Britain, Published Chapman & Hall, 1997

10- Tate, Nicholas J., Peter M. Atkinson, Modeling Scale in Geographical Information Science, Published John Wiley & Sons , 2002

پرتال جامع علوم انسانی

1- Spatial Analysis