Archive of SID

فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال سوم، شماره یازدهم، پاییز ۱۳۸۸،صفحات ۲۷-۳۷

پهنه بندی ریسک وقوع حرکات توده ای با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی : محدوده مسیر سنندج - دهگلان)

محمد مهدی حسین زاده[۱و*]، محمدرضا ثروتی[۲]، عادل منصوری[۳]، بابک میرباقری[٤]و سعید خضری[٥]

۱. استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۲. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۳. کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی
٤. مربی مرکز سنجش از دور دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۵. استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه کردستان

تاریخ دریافت:۸۷/۱۰/٤
تاریخ پذیرش:۸۸/۹/۳

چکیده

محدوده مسیر سنندج - دهگلان از نظر ساختار زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی دارای شرایط مناسب جهت رخداد حرکات توده ای می باشد. در تحقیق حاضر با توجه به ماهیت حرکات توده ای، از مدل رگرسیون لجستیک جهت پهنه بندی احتمال وقوع حرکات توده ای استفاده گردیده است. رخدادهای حرکت توده ای با استفاده از GPS و تصویر ماهواره ای +ETM و Ikonos استخراج گردیده است. لایه های مربوط به شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین شناسی، فاصله از گسل، تراکم زهکشی و فاصله از جاده، به عنوان متغیرهای مستقل در مدل فوق الذکر به کار گرفته شده است. پس از آزمون معنی دار بودن هر یک از متغیر های مستقل در مدل و همچنین ارزیابی میزان برازش مدل، نقشه پهنه بندی خطر وقوع حرکات توده ای در منطقه مورد مطالعه در پنج رده خطر بسیار پایین، پایین، متوسط، بالا و بسیار بالا با سطح اراضی به ترتیب ۳٤، ۲۲، ۱۷، ۹ و ۳ کیلومتر مربع طبقه بندی گردیده است.

واژه‌های کلیدی: حرکات توده‌ای، رگرسیون لجستیک، پهنه بندی خطر، سنندج، دهگلان، زمین لغزش.

مقدمه

بررسی حرکات توده‌ای به عنوان یکی از معضلات جهانی که همه ساله باعث تلفاتی بالغ بر چند هزار نفر و وارد آمدن خسارات سنگین مالی و اقتصادی به مناطق مسکونی می‌شود، از اهمیت خاصی برخوردار می باشد؛ خصوصاً که با افزایش جمعیت و اسکان در مناطقی با شیب زیاد که مستعد رویداد حرکات توده ای هستند، آمارهای جهانی تلفات و خسارات مالی ناشی از این پدیده، پیوسته در حال افزایش می باشد. وقوع زمین لغزش های متعدد و گسترش روزافزون آنها در بسیاری از نقاط کشور ایران در سال های اخیر و ظهور اثرات مخرب آنها موجب گشته که نظر مسئولین و به ویژه کارشناسان ذیربط به این بلای طبیعی بیش از پیش معطوف گردد (مهدیفر و منتظرالقائم ، ۱۳۸۲).

بر اساس برآوردهای اولیه در ایران ، سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد ریال خسارات مالی از طریق وقوع زمین لغزه ها وارد می شود. همچنین بررسی های انجام شده نشان می دهد که تا اوایل سال ۱۳۷۸ وقوع حدود ۲۵۹۰ زمین لغزش در کشور باعث مرگ ۱٦۲ نفر، تخریب ۱۷٦ باب خانه و ایجاد

* نویسنده مرتبط

www.SID.ir

Archive of SID

رسوب دانه ای به حجم ۹۶۳۸۰۷ متر مکعب شده است (کرم،۱۳۸۰). همچنین طبق بررسی‌های مقدماتی توسط گروه بررسی زمین لغزش های وزارت جهاد سازندگی تاکنون حدود ۱۵ هزار زمین لغزش در ایران رخ داده است (کرم،۱۳۸۵). بر اساس اطلاعات حاصل از ٤١٤٦ زمین لغزش (زمین لغزش‌هایی که خسارت های آن‌ها ثبت شده است) خسارت‌های ایجاد شده شامل ۱۸۵ کشته و بالغ بر ۱۸۹۳ میلیارد ریال می‌باشد(کاردان ، ۱۳۸۳).

شناخت نوع و فرآیند شکل‌گیری، عوامل مؤثر در ایجاد حرکات توده‌ای و شناخت گستره های دارای زمین لغزش و تعیین میزان خطر آن‌ها، مهمترین گام‌هایی است که در راستای جلوگیری از این نوع مخاطره طبیعی باید به آن توجه شود. از این رو در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای بر روی شیوه‌های تهیه نقشه‌های پهنه بندی خطر زمین لغزش صورت گرفته است. این مطالعات اغلب با استفاده از روش‌های ابداع شده در سایر کشورها (مانند روش آماری رگرسیون لجستیک) انجام و به صورت مقاله و گزارش در ژورنال‌های مختلف منتشر شده است (مهدیفر و نیک اندیش ، ١٣٨٤).

تفسیر و طبقه بندی حرکات توده ای به صورت سیستمی و اساسی توسط کرودن (Cruden,1991) و وارنز (Varnes,1978) صورت گرفته است. بنا به تعریف کرودن(۱۹۹۱) حرکات دامنه‌ای در برگیرنده کلیه فرایند هایی است، که منجر به حرکت توده ای از مواد، شامل: سنگ، خاک، یا ترکیبی از آن‌ها به سمت پایین دامنه می‌شود(Schor and Gray, 2007). پهنه‌بندی خطر نیز به مفهوم تقسیم بندی سطح زمین به بخش‌های مختلف و رده بندی این بخش‌ها براساس درجه خطر (استعداد) زمین لغزش به کار می رو(Varnes,1984).

همه ساله ده‌ها زمین لغزش در نقاط مختلف کشور رخ می دهد و مناطق مسکونی، راه‌ها و تأسیسات بسیاری را مورد تهدید قرار می‌دهند. مسیر سنندج – دهگلان در استان کردستان یکی از مناطقی است که در آن حرکات توده ای اتفاق می افتد. براساس داده های ثبت شده در بانک اطلاعاتی زمین لغزش های کشور، استان کردستان سومین استان از نظر فراوانی وقوع زمین لغزش پس از مازندران و گلستان محسوب می‌شود. وجود شیب های تند در دامنه های مسلط به جاده با ساختار توپوگرافی خشن و ارتفاع زیاد و همچنین مکان‌یابی نامناسب جاده به واسطه از بین بردن تکیه گاه دامنه ها و تغییر جهت تنش آنها از عواملی است که باعث ایجاد حرکات توده‌ای در اطراف این مسیر (در محدوده مورد مطالعه) شده است. تهیه نقشه های پهنه بندی خطر و مناطق مستعد حرکات توده‌ای گامی اساسی در جهت شناخت مناطق ناپایدار در کشور محسوب میگردد و با استفاده از آنها می توان برنامه‌ریزی های لازم جهت اعمال محدودیت‌های کاربری اراضی در مناطق مستعد انجام داد و خسارات ناشی از این پدیده را به حداقل رسانید. (میرصانعی و مهدیفر، ۱۳۸۳).

طی سه دهه اخیر، تحقیقات متعددی در مورد پهنه بندی خطر زمین لغزش انجام شده است. با توجه به تعدد روش ها در پهنه بندی خطر زمین لغزش، روش هایی نیز برای طبقه بندی آنها تدوین گردیده است. به عنوان مثال ون وستن (Van westen, 1993) کلیه روش‌های پهنه بندی را براساس نوع تجزیه و تحلیل در پنج گروه مختلف شامل تجزیه و تحلیل پراکندگی لغزش‌ها، تجزیه و تحلیل کیفی، تجزیه و تحلیل آماری ، تجزیه و تحلیل تعیینی و تجزیه و تحلیل فراوانی زمین لغزش ها تقسیم بندی نموده است.

روش‌های آماری با هدف غیر ذهنی نمودن روش‌های پهنه بندی و ایجاد امکان تهیه مجدد نقشه ها ابداع شده‌اند. دو نوع روش آماری دو متغیره و چند متغیره در این ارتباط به کار گرفته می شود . در روش آماری چند متغیره، اهمیت نسبی هر یک از عوامل در وقوع زمین لغزش را با استفاده از قطع مجموعه عوامل با زمین لغزش تعیین می سازند. متداول ترین روش آماری چند متغیره، روش رگرسیون چندگانه است. در این تحقیق پهنه بندی ریسک وقوع حرکات توده‌ای بر اساس روش داده مبنا[1] انجام گردیده است. بر اساس این روش، پهنه بندی بر مبنای استفاده از داده های وقوع حرکات توده‌ای انجام می‌شود. در این تحقیق با توجه به ماهیت حرکات توده ای از مدل آماری رگرسیون لجستیک[2] برای پهنه بندی خطر وقوع حرکات توده‌ای استفاده گردید.

مواد و روش ها

موقعیت جغرافیایی محدوده مسیر مورد مطالعه: محدوده و مسیر مورد مطالعه در استان کردستان و در طول جغرافیایی ´ ٢ °٤٧ درجه تا° ٤٧ درجه و´ ١٠ دقیقه شرقی و عرض °٣٥ درجه و´ ١٥دقیقه تا° ٣٥ و´ ٢١ شمالی واقع گردیده است. این مسیر تقریباً ۵۰ کیلومتر طول دارد و حدود ۲۵ کیلومتر آن که در منطقه کوهستانی واقع گردیده‌است، با مشکل وقوع حرکات توده‌ای مواجه می‌باشد. بقیه مسیر در منطقهٔ دامنه‌ای و دشتی واقع گردیده است (شکل ۱). به همین علت محدوده کوهستانی در مطالعه حاضر مورد تأکید قرار گرفته است.

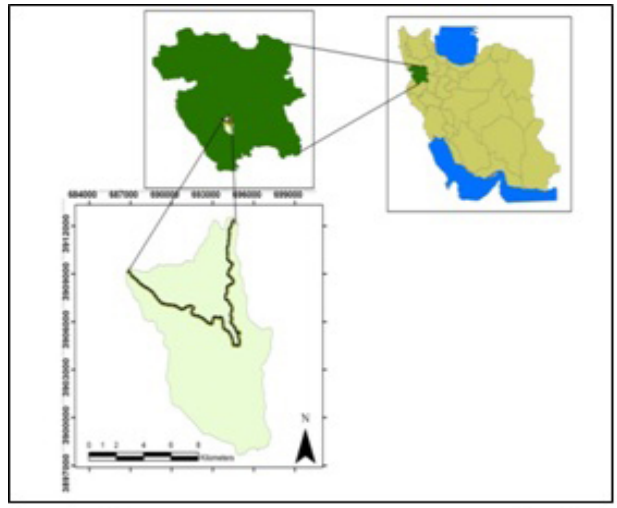
منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات ساختمانی، در زون سنندج – سیرجان که یکی از ناآرام‌ترین زون های ساختمانی ایران می‌باشد، واقع گردیده است. از نظر سنگ شناسی، بیشتر منطقه مورد مطالعه را سازندهای دوره کرتاسه به ویژه آهک و شیل تشکیل می‌دهند. همچنین وجود توده‌های نفوذی به

1- Data Driven

2- Logistic Regression

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- موقعیت محدوده مسیر سنندج – دهگلان در استان و کشور

ویژه آندزیت ها با میان لایه های شیل کنگلومرا و ماسه سنگ و همچنین وجود رسوبات دوره کوارترنر و عهد حاضر در اطراف رودخانه ها و آبراهه های اصلی به ویژه رودخانه صلوآت آباد، از ویژگی‌های زمین شناسی آن می باشد(نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ، سازمان زمین شناسی کشور).

داده ها: مهمترین مرحله در پهنه بندی خطر زمین لغزش، شناسایی عوامل موثر در وقوع آن می‌باشد. با شناخت صحیح عوامل لغزش و اطلاع از وجود یا نبود در یک منطقه، می توان به احتمال وقوع آن پدیده پی برد. شناسایی عوامل لغزش می تواند به دو روش صورت گیرد:

۱) تجربه یا قضاوت مهندسی: در این روش، فرد ، با تجربه خود در منطقه مبادرت به تعیین عوامل می کند و از روش تعریف شده‌ای که دیگران نیز بتوانند طبق آن عمل کنند پیروی نمی‌نماید. چنان‌چه در این روش از افراد مجرب استفاده شود، می‌تواند روش خوبی محسوب گردد.

۲) روش بینا: در این روش با استفاده از نقشه پراکنش زمین لغزش و مقایسه آن با نقشه عواملی که گمان می رود در ایجاد زمین لغزش سهیم بوده‌اند ، نقش آنها تعیین می گردد. در این مطالعه از روش دوم به منظور تعیین عوامل موثر در مدل پهنه بندی خطر زمین لغزش استفاده شده است. جهت پهنه بندی خطر در منطقه ، عواملی که در سطح منطقه یکنواخت نبوده و دارای ویژگی های متفاوتی بوده اند، به عنوان عوامل مؤثر در این پهنه‌بندی در نظر گرفته شده اند که عبارتند از زمین شناسی(لیتولوژی)، عوامل ژئومورفولوژیکی (ارتفاع، شیب و جهت شیب)، فاصله از جاده، فاصله از گسل و تراکم شبکه زه کشی. در منطقه مورد مطالعه نقش بارش، خاک و پوشش گیاهی به دلیل همگنی و عدم نوسان شدید در منطقه از پهنه بندی حذف گردیده‌است. در ادامه به معرفی هر یک از لایه های اطلاعاتی، منابع تهیه داده و نحوه تهیه آن در نرم افزار GIS پرداخته می شود.

پارامترهای مؤثر در حرکات توده ای

– **حرکات توده ای**: لایه حرکات توده‌ای به عنوان متغیر وابسته در مدل، مهم‌ترین لایه مورد استفاده در این تحقیق می باشد. این لایه ابتدا به صورت نقطه‌ای به کمک GPS[1] برداشت گردیده‌است. سپس با کمک این نقاط و استفاده از تصویر ماهواره ای ETM+ و ایکونوس، پهنه های لغزشی استخراج شده‌است. در نهایت لایه حرکات توده‌ای به صورت لایه رستری صفر و یک استخراج گردیده‌است. در شکل۲ ، پراکندگی حرکات توده‌ای در منطقه مورد مطالعه نمایش داده شده است.

زمین شناسی: عامل زمین شناسی به عنوان یکی از پارامترها (متغیر مستقل) در ایجاد حرکات توده‌ای به شمار می رود. زیرا زمین‌شناسی و ساختار متنوع آن اغلب باعث اختلاف در پایداری و مقاومت سنگ‌ها و همچنین تنوع جنس خاک می‌شود (Ayalew and Yamagishi, 2005). برای استخراج این لایه، از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور استفاده گردیده‌است. این لایه پس از رقومی‌سازی و کلاس بندی، در مدل مورد استفاده قرار گرفته‌است (شکل ۳). ذکر این نکته لازم است که منطقه مورد مطالعه فاقد یکپارچگی سنگ شناسی است و ناخالصی و درهم ریختگی شدیدی در میان واحدهای آن وجود دارد که نشان دهنده عملکرد نیروهای تکتونیکی در منطقه است.

فاصله از گسل: وجود گسل ها و خطواره ها به عنوان عامل ثانویه و یک متغیر مستقل در ایجاد حرکات توده ای بسیار قابل توجه است. وجود گسل های فراوان در مسیر، نقش مهمی در افزایش زاویه شیب دامنه ها در مسیر سنندج– دهگلان به ویژه در گردنه صلوات آباد داشته است. گسل اصلی منطقه یعنی گسل صلوات آباد در این میان نقش اصلی را در میان گسل های دیگر بر عهده دارد زیرا این گسل باعث ایجاد پرتگاه پله گسلی و بریدگی شیب در دامنه‌های طول مسیر گشته است. پس از رقومی سازی خطوط گسل‌ها، لایه رستری فاصله از گسل تولید گردید (شکل ٤).

ارتفاع: تغییرات ارتفاعی هر منطقه به عنوان عامل مؤثر در ایجاد حرکات توده ای محسوب می شوند. این عامل، جهت رواناب ها و میزان تراکم شبکه زهکشی را کنترل می کند و در میزان رطوبت خاک (به عنوان عامل مؤثر در حرکات توده ای) و میزان شیب دامنه ها تأثیر به سزایی دارد. با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور و درون‌یابی آن، لایه رستری مدل رقومی ارتفاع[2] تهیه گردیده‌است (شکل ۵).

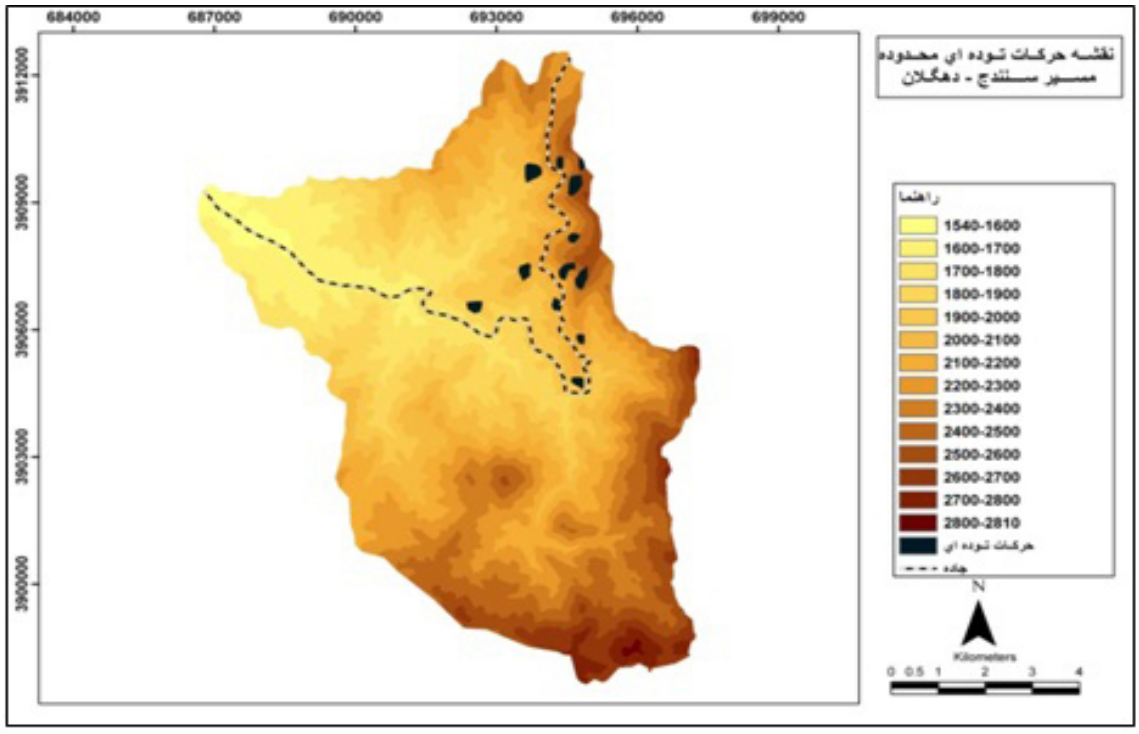
شیب: وجود شیب در دامنه ها به عنوان اساس حرکات توده ای مطرح می باشد. وجود این عامل به صورت بحرانی نقش تأثیرگذار عوامل دیگر در حرکات توده ای را تشدید

1- Global Positioning System1

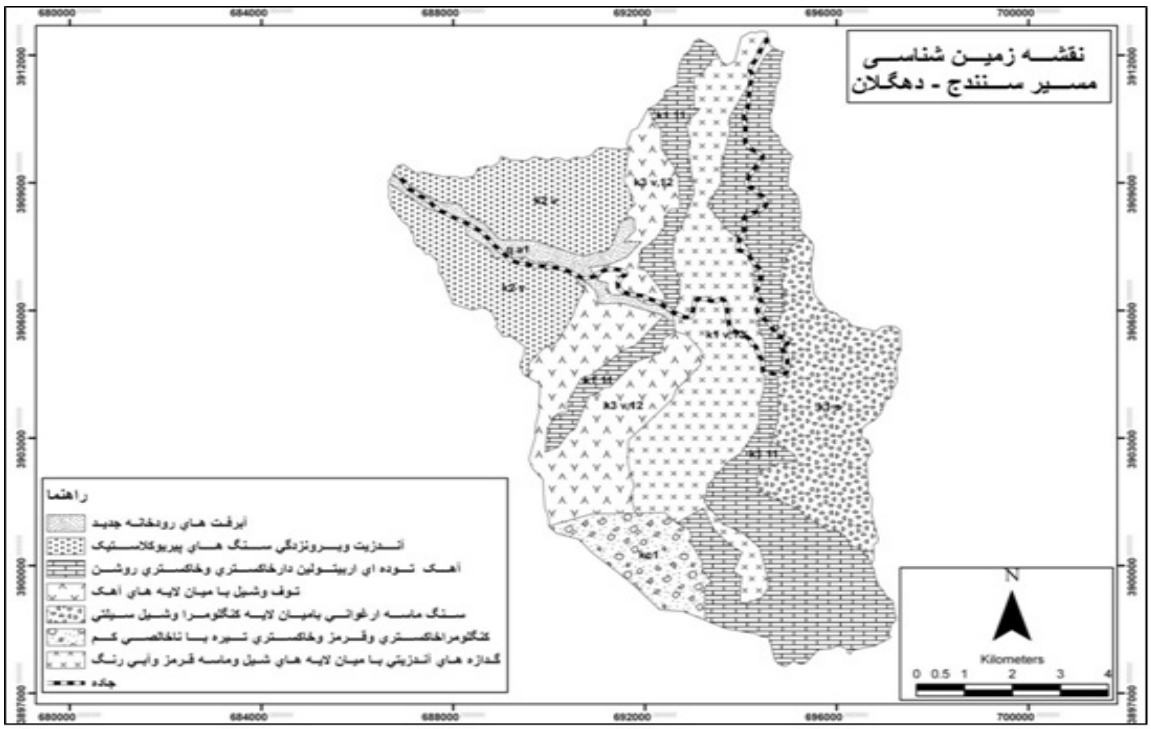
2- Digital Elevation Model

www.SID.ir

Archive of SID



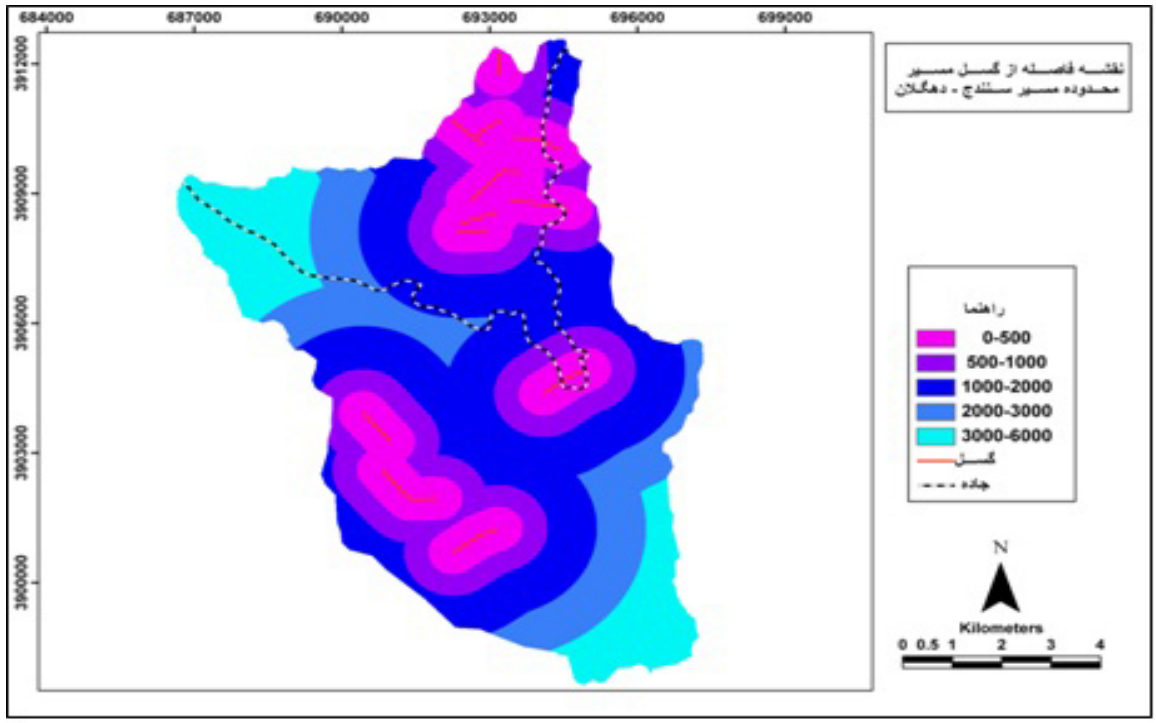
شکل۲- پراکندگی حرکات توده ای در محدوده مسیر سنندج - دهگلان



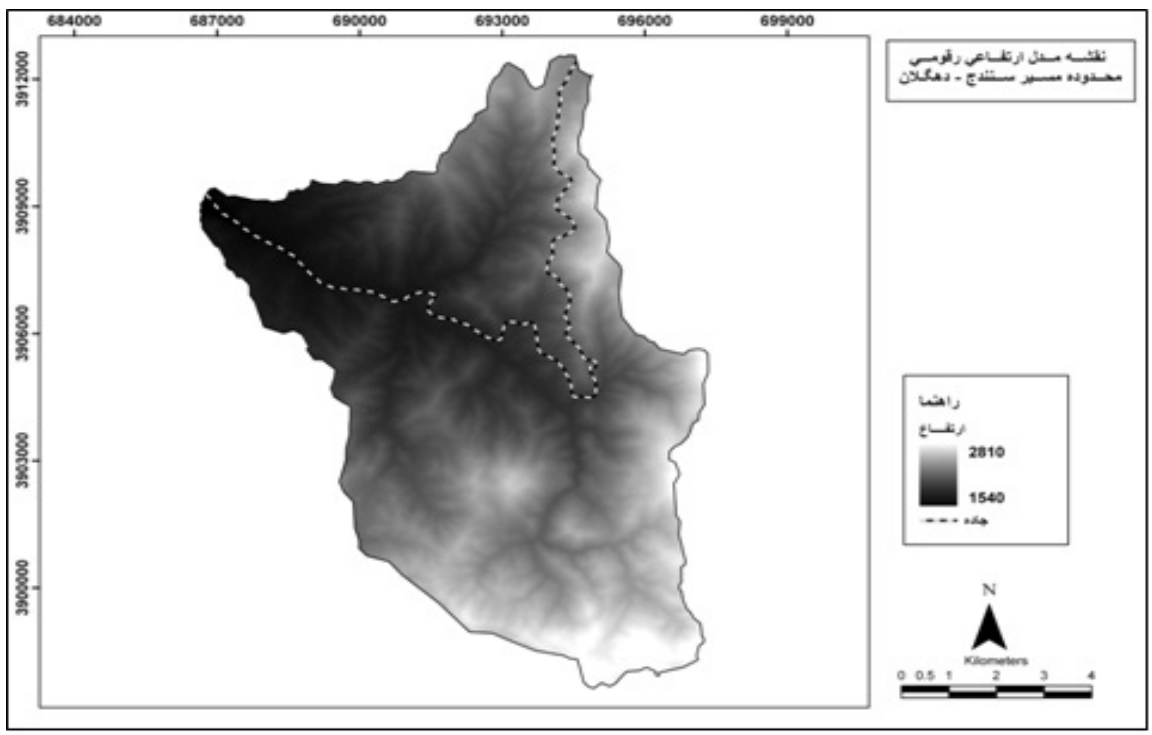
شکل۳- نقشه واحدهای زمین‌شناسی محدوده مسیر سنندج دهگلان (نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل٤- نقشه فاصله از گسل محدوده مسیر سنندج – دهگلان



شکل۵ – مدل رقومی ارتفاعی محدوده مسیر سنندج – دهگلان

www.SID.ir

Archive of SID

می نماید. در یک دامنه یک شکل، با خواص مواد برابر، افزایش شیب دامنه، بیشترین ضریب تاثیر را در وقوع حرکات توده‌ای دارد (Dai and Lee, 2002). برای این منظور نقشه شیب منطقه مورد مطالعه در فرمت رستری تهیه و در مدل مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ٦).

جهت شیب دامنه: جهت شیب دامنه نیز به عنوان یکی دیگر از عوامل مؤثر (متغیر مستقل) در ایجاد حرکات توده‌ای مد نظر قرار گرفته است. البته این عامل نسبت به درجه شیب دامنه از اهمیت کمتری برخوردار است. در حالت کلی دامنه های شمالی به دلیل ماندگاری برف و رطوبت (به ویژه در اوایل فصل بهار) نقش مؤثری در ایجاد حرکات توده ای ایفا می کنند.

فاصله از جاده: نوع کاربری اراضی و فعالیت های انسانی همیشه نقش تعیین کننده‌ای در تغییرات محیطی ایفا می کند. در بسیاری از موارد، مکان گزینی این کاربری ها به اندازه‌ای نامناسب بوده که باعث ایجاد نابسامانی‌ها و اختلال در اکوسیستم های طبیعی می گردد. یکی از این مکان گزینی‌ها، کاربری مواصلاتی است که کوچک‌ترین سهل انگاری در مطالعات و بررسی دورنمای آن، باعث به خطر افتادن جان انسان‌ها می‌گردد (کلارستاقی و همکاران ،١٣٨٦).

در مسیر مورد مطالعه، جاده نقش تعیین کننده ای در ایجاد حرکات توده‌ای داشته است. به طوری که هر چه فاصله از جاده بیشتر می شود، میزان تراکم حرکات توده ای در مسیر کاهش می یابد (شکل ٧). این عامل به دلیل زیربری دامنه ها و تغییرات شیب آن‌ها ناپایداری دامنه‌ها را تشدید کرده است.

تراکم شبکه زهکشی: تراکم شبکه زهکشی یکی از عواملی است که می تواند نقش مؤثری در حرکات توده‌ای داشته باشد. در ، دامنه هایی از منطقه مورد مطالعه که دارای شیب کمتری می باشند، تراکم آبراهه ها بیشتر بوده و همچنین تراکم لغزش ها نیز افزایش داشته است. این امر نقش مهم تراکم آبراهه‌ها را در ایجاد لغزش ها نشان می دهد. اما در جایی که شیب دامنه افزایش یافته، جنس سازند ها سخت تر شده و مواد هوازده کاهش یافته‌است، میزان تراکم آبراهه پایین آمده است. در ضمن، تراکم حرکات توده‌ای نیز کمتر شده است . این مسئله نقش تاثیرگذار آبراهه ها در ایجاد زیر بری ها و ایجاد بهمن های واریزه‌ای و ریزش ها بر روی دامنه ها را نشان می دهد. در مناطق هموار مانند دشت‌ها که دارای رسوبات با عمق زیاد می باشند، به دلیل نفوذ پذیری رسوبات، تراکم شبکه زهکشی پایین می باشد.

برای اندازه گیری میزان تراکم شبکه زهکشی از تابع تراکم[1] در نرم افزار ArcGIS استفاده گردیده‌است. این تابع بر اساس شعاع مشخص در هر نقطه، مجموع طول آبراهه ها را بر مساحت تقسیم می‌کند. شکل‌های ٨ و ٩، نحوه محاسبه تراکم و نقشه تراکم زهکشی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این تحقیق شعاع برای محاسبه تراکم شبکه زه‌کشی ١٠٠ متر در نظر گرفته شده است.

مدل رگرسیون لجستیک

در این تحقیق، پهنه بندی ریسک وقوع حرکات توده ای بر اساس روش داده مبنا[2] انجام گردیده‌است. اساس این روش، پهنه‌بندی بر مبنای استفاده از داده‌های وقوع حرکات توده‌ای است. یکی از مدل‌های آماری مناسب جهت اجرای پهنه بندی بر اساس داده‌های موجود، استفاده از مدل رگرسیون می‌باشد(Lee, 2004). در مدل رگرسیون بر اساس داده های موجود، معادله ای جهت پیش بینی مقادیر متغیر وابسته (Y) براساس یک یا چند متغیر پیش گوی مستقل X_i بدست خواهد آمد.

اما چنانچه مقادیر متغیر وابسته (Y) کیفی بوده و همواره دارای دو حالت باشند (وقوع [١] و عدم وقوع[٠]) در آن صورت بدیهی است که الگوی رگرسیون عادی جواب‌گو نخواهد بود. در چنین حالتی احتمال وقوع پدیده (P) برآورد می گردد و مدل اصطلاحا رگرسیون لجستیک نامیده می‌شود که معادله آن مطابق رابطه ١ خواهد بود.

رابطه(١)

$$Y = \mathrm{Logit}(p) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_n X_n$$

$$P = \mathrm{Logit}(p) = \mathrm{Ln}\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

که در آن احتمال وقوع β_0عدد ثابت، X_1 تا X_n متغیرهای مستقل و β_1 تا β_n نیز به ترتیب ضرایب این متغیرها می باشند. در واقع در رابطه ١ مقادیر $\mathrm{Logit}(p)$ برآورد شده و سپس بر اساس آن مقدار P استخراج می‌گردد. برای حل معادله فوق از روش کم‌ترین توان‌های دوم وزنی می توان استفاده کرد ولی این روش مشکلاتی از قبیل نامشخص بودن مقادیر P دارد (نیرومند، ١٣٨٤). به جای آن از روش حداکثر شباهت[3] استفاده می‌شود. در این روش برای استخراج ضرایب مقدار تابع حداکثر شباهت، از رابطه ٢ استفاده می شود.

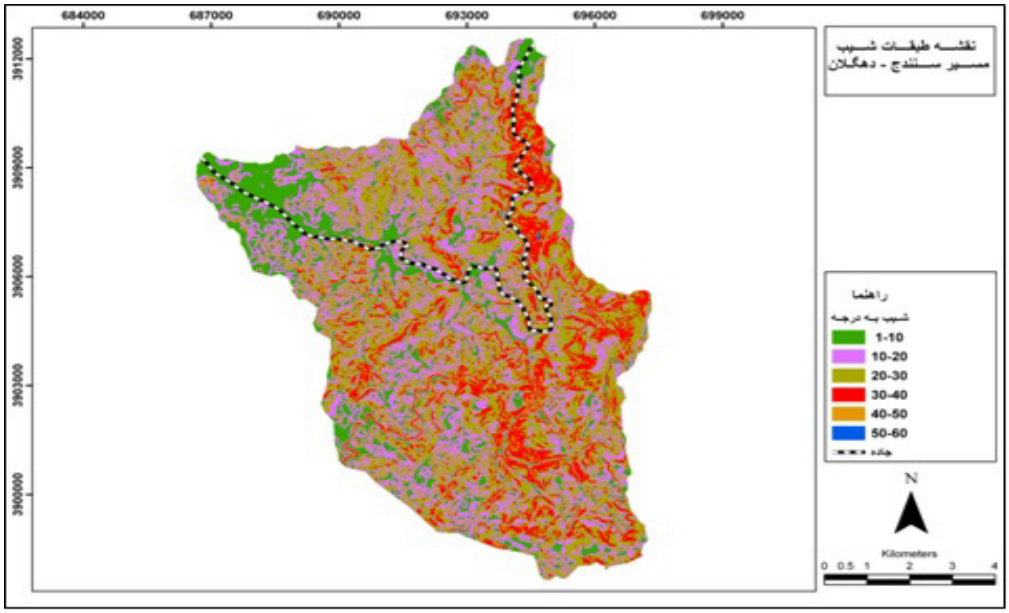
$$L = \prod_{i=1}^{N} p_i^{y_i} \times (1-p_i)^{(1-y_i)} \qquad \text{رابطه (٢)}$$

که در آن، P_i احتمال وقوع لغزش می باشد و بر اساس رابطه ١ برآورد می‌گردد، y_i مقادیر مشاهده شده حرکت توده‌ای است که بنابر تعریف، مقادیر صفر یا یک خواهد بود. مدل خطی که رگرسیون لجستیک آن را ارائه می‌دهد، بسته به لغزش‌های روی داده در رابطه با متغیرهای مستقل یا

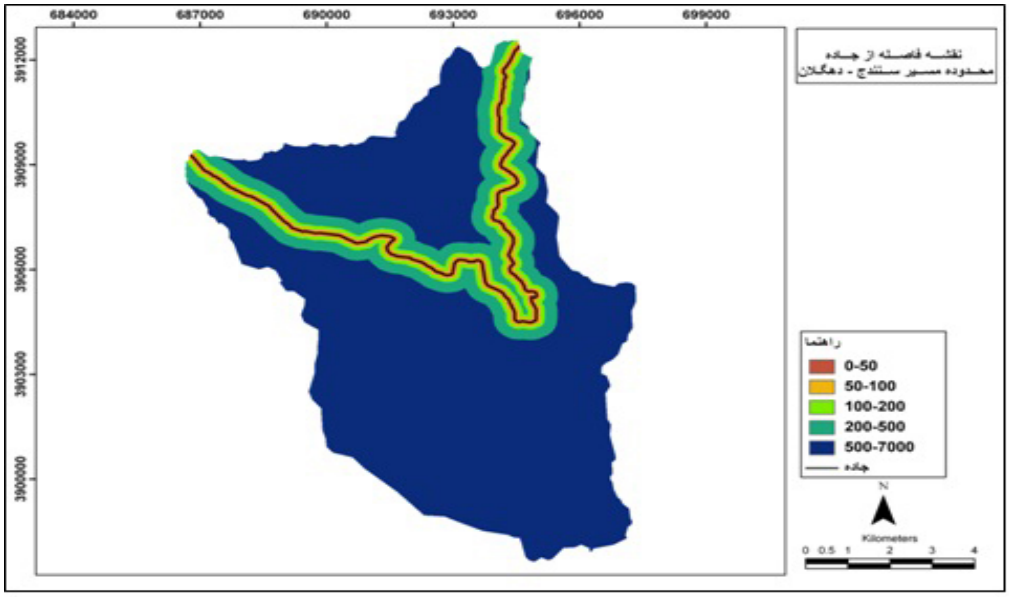
1- Density
2- Data Driven
3- Maximum Likelihood

www.SID.ir

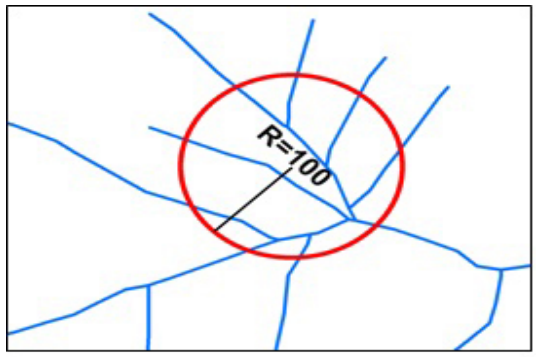
Archive of SID



شکل٦- نقشه شیب محدوده مسیر سنندج – دهگلان



شکل۷ – نقشه فاصله از جاده محدوده مسیر سنندج – دهگلان



شکل۸) محاسبه تراکم در شعاع ۱۰۰ متر

www.SID.ir

Archive of SID

شرایطی که قبلاً باعث حرکات توده ای شده است می باشد (Lee, 2004).

برای رسیدن به ضرایب بهینه رگرسیون در این تحقیق، لایه حرکات توده ای به عنوان متغیر پاسخ (Y) انتخاب گردیده است. به طوری‌که به رویداد وقوع حرکت توده‌ای عدد یک و به رویداد عدم وقوع آن عدد صفر اختصاص داده شده است و سایر لایه های استخراج شده (فاصله از جاده، شیب، ارتفاع، جهت شیب، فاصله از گسل، زمین شناسی، تراکم زه‌کشی) به عنوان متغیرهای پیش‌گو (X) در نظر گرفته شده‌اند. دو لایه کیفی زمین شناسی و جهت شیب پس از وزن دهی بر اساس نظر کارشناسی به لایه های کمی تبدیل گردیده‌اند. جدول های ۱و۲ وزن‌های تخصیص داده شده به هر کلاس را در این دو لایه نشان می دهند.

استاندارد سازی بر روی هر یک از لایه ها مطابق رابطه ۳ انجام گردیده است.

رابطه(۳)

$$X_{Standardized} = \frac{X - Min(x)}{Max(x) - Min(x)}$$

چنانچه X به عنوان متغیر ورودی در نظر گرفته شود مقادیر استاندارد شده بر اساس رابطه فوق به دست خواهد آمد. نتیجه اجرای رابطه ۳، یکسان سازی لایه ها و قرارگیری دامنه مقادیر بین صفر و یک خواهد بود. در نهایت این لایه ها به عنوان متغیرهای پیش‌گو وارد مدل رگرسیون لجستیک خواهند گردید.

برای ارزیابی بهترین برازش مدل[1]، از دو آماره Pseudo R Square و Chi Square استفاده گردیده‌است(رابطه ٤).

رابطه (٤)

$$Pseudo\ R\ Square = 1 - \left(\frac{Log(L)}{Log(L_0)} \right)$$

به این ترتیب، چنان‌چه مقدار Pseudo R Square برابر با یک باشد، نشان دهنده برازش کامل مدل خواهد بود و در صورتی‌که این مقدار برابر با صفر باشد، نشان دهنده عدم رابطه عوامل انتخابی با عامل وابسته را نشان می دهد.

چنان‌چه مقدار Pseudo R Square بزرگتر از ۰/۲ باشد نشان دهنده برازش نسبتا خوب مدل می باشد .

مقدار آماره Chi Square نیز مطابق رابطه ۵ محاسبه می گردد:

رابطه (۵)

$$ChiSquare(K) = -2(\log(Likelihood) - Log(L_0))$$

آماره فوق فرض خنثی (H_0) صفر بودن تمام ضرایب رگرسیون) را بر اساس تابع توزیع مربع کای با درجه آزادی K را آزمون می کند (K برابر تعداد متغیرهای مدل می‌باشد). چنان‌چه این آماره در سطح ۹۵ درصد معنی دار باشد (Chi Square >14.1) H_0 رد می‌شود.

ROC آخرین و مهمترین شاخصی است که در نرم افزار IDRISI برای آزمون مدل استفاده می گردد. چنان‌چه مقدار این شاخص برابر با ۱ باشد، نشان دهنده برازش کامل مدل و چنان‌چه مقدار آن برابر ۰/۵ باشد نشان دهنده عدم برازش مدل (تصادفی بودن مقادیر احتمال بدست آمده از تابع لجستیک) خواهد بود. این شاخص از آنجایی اهمیت دارد که مبنای آن مقادیر حقیقی احتمال نیست بلکه در نظر گرفتن مقادیر احتمال به صورت رتبه‌ای است. یعنی خروجی رگرسیون لجستیک که به صورت مقادیر احتمال

جدول۱- کلاس بندی واحد های زمین شناسی

وزن	زمین شناسی	واحد
۱	گدازه های آندزیتی با میان لایه های شیل وماسه قرمز وآبی رنگ	$K_1^{V.3}$
۱	آندزیت و برونزدگی سنگ های پیروکلاستیک	K_2^{v}
۲	آهک توده ای اربیتولین دارخاکستری وخاکستری روشن	K_1^{1}
۳	کنگلومرای خاکستری وقرمز وخاکستری تیره با ناخالصی کم	K_1^{C}
۳	سنگ ماسه ارغوانی با میان لایه کنگلومرا وشیل سیلتی	K_1^{S}
۳	توف وشیل با میان لایه های آهک	$K_1^{V.2}$
٤	آبرفت های رودخانه‌ایی جدید	q^{a1}

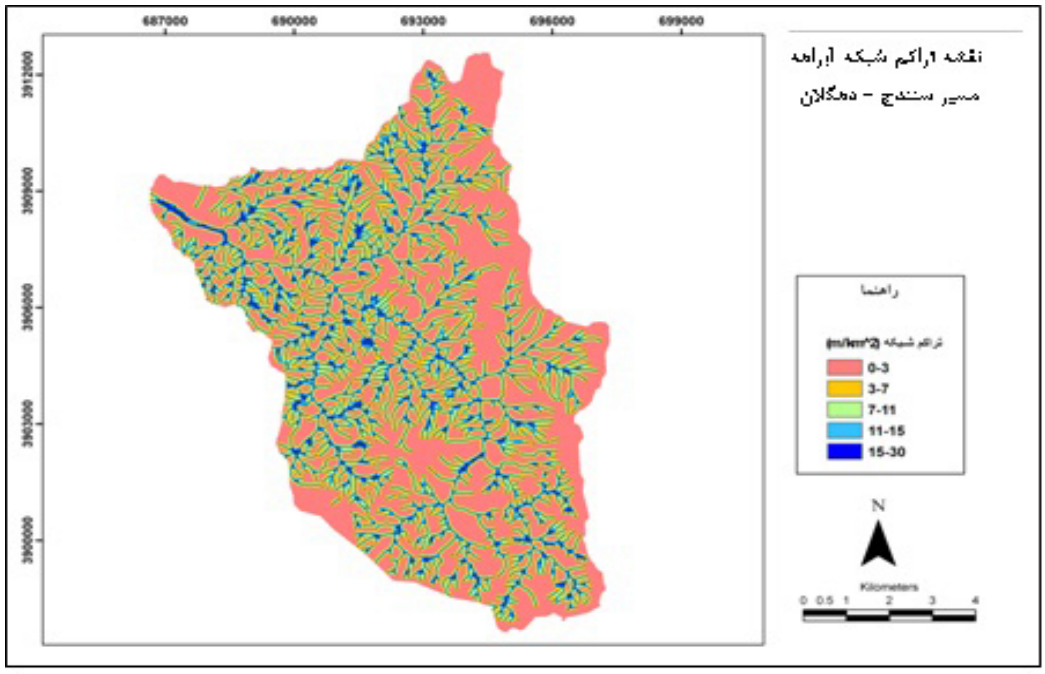
جدول۲) وزن کلاسهای جهات شیب

وزن	جهت شیب
۵	N
٤	NE
۳	E
۲	SE
۱	S
۲	SW
۳	W
٤	NW

1- Goodness of Fit

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۹ – نقشه تراکم شبکه آبراهه محدوده مسیر سنندج– دهگلان

جدول ۳– ضرایب حاصل از رابطه رگسیون لجستیک

ضرایب	متغییر های مستقل
٤/٥٩٦١١٩٣١	ارتفاع
– ١/٣٥٢٩١٨٠٨	تراکم رودخانه
–٠/٠١٩٥٨٢٠٧	فاصله از گسل
– ١٦/١٤٦٢٧١٣٧	فاصله از جاده
–٠/٦١٥١٤٠٣٩	لیتولوژی
–٠/٧٠٤٢٧٦٤٠	جهت دامنه
٤/٠٨١٩١٠٠٩	شیب
–٥/٩٥٤٠٨٢٨٧	عدد ثابت

جدول ٤ – شاخص های آماری حاصله برای ارزیابی مدل

شاخص	مقدار
Pseudo R_square	٠/٣١١٥
(٦) ChiSquare	٢٤٥٩٣
ROC	٠/٩٤٣١

وقوع می‌باشد به صورت نسبی بررسی می گردد. این مساله در تحقیق حاضر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به اینکه مساحت حرکات توده‌ای نسبت به مساحت کل منطقه مورد مطالعه ناچیز می باشد، لذا تعداد صفرها (عدم وقوع) در نمونه گیری بسیار بیشتر از تعداد یک ها (وقوع) خواهد بود و در نتیجه مقادیر احتمال بدست آمده به سمت اعداد پایین‌تر سوق پیدا می کند. در صورتی‌که در شرایط برابر چنین روندی صادق نمی باشد. در شاخص ROC، ماکزیمم احتمال به صورت نسبی بررسی می گردد لذا از این جهت شاخص بسیار مناسبی است.

نتایج: جدول ۳ ضرایب حاصل از اجرای مدل رگرسیون لجستیک با ۷ متغیر پیش‌گوی اشاره شده را نشان می دهد.

در خاتمه، معادله رگرسیون حاصله مطابق رابطه ٦ ارائه می گردد:

رابطه (٦)

$$\text{logit}(p)=-٥/٩٥٤٠٨٢٨٧+٤/٥٩٦١١٩٣١\times X_1-١/٣٥٢٩١٨٠٨\times X_2-١/٠١٩٥٨٢٠٧\times X_3-١٦/١٤٦٢٧١٣٧\times X_4-٠/٦١٥١٤٠٣٩\times X_5-٠/٧٠٤٢٧٦٤٠\times X_6+٤/٠٨١٩١٠٠٩ X_7$$

سایر شاخص‌ها نیز مطابق جدول ٤ به دست آمده‌است.

www.SID.ir

Archive of SID

نقشه پهنه بندی

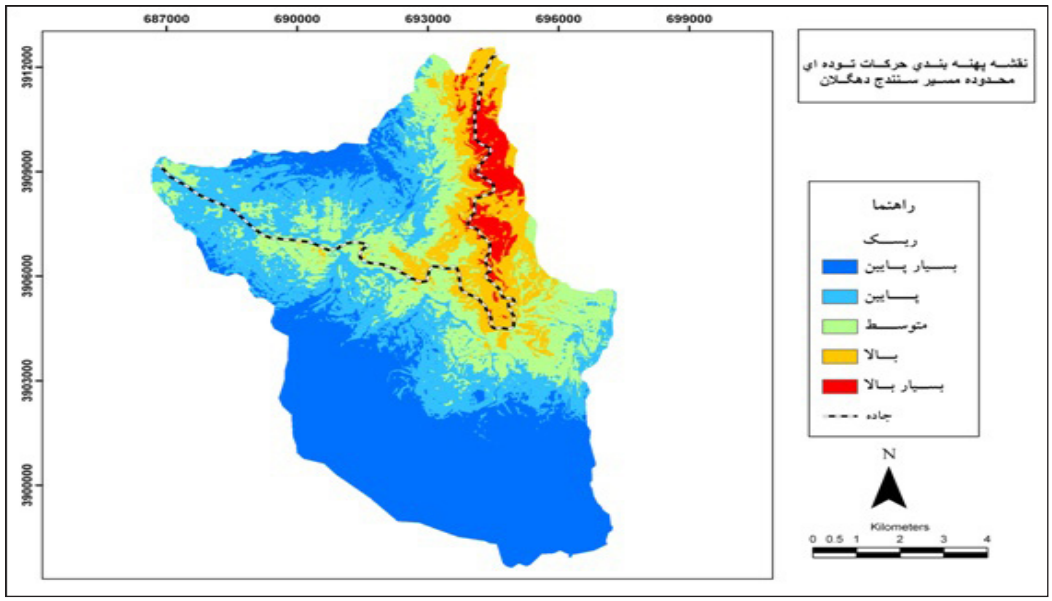
بر اساس نقشه حاصل از اجرای مدل رگرسیون لجستیک، مقادیر احتمال وقوع به‌دست آمده از ۰ تا ۰/٤۱ متغیر می باشد. جهت پهنه بندی لایه احتمال وقوع حرکات توده ای از ترکیبی از نظر کارشناسی و روش‌های معمول طبقه بندی استفاده گردیده‌است. جهت پهنه بندی این لایه ها، روش‌های مختلفی از جمله شکست طبیعی[1]، فاصله برابر[2]، مقادیر صفت[3]، انحراف استاندارد[4] و فاصله ژئومتریک[5] مورد آزمون قرار گرفته و در نهایت روش طبقه بندی فاصله ژئومتریک به دلیل تطابق بیشتر آن با واقعیت منطقه انتخاب گردیده است و به پنج رده بسیار بالا (۳ کیلومتر مربع) ، بالا(۹ کیلومتر مربع) ، متوسط (۱۷ کیلومتر مربع) ، پایین (۲۲ کیلومتر مربع) و بسیار پایین (۳٤ کیلومتر مربع) تقسیم گردیده‌است (جدول ۵ و شکل۱۰).

جدول ۵ – مساحت پهنه ها به درصد در هرده

رده	مساحت به درصد
بسیار پایین	۳۴
پایین	۲۲
متوسط	۱۷
زیاد	۹
بسیار زیاد	۳

نتیجه گیری و بحث

با توجه به ضرایب به دست آمده بر اساس جدول ۳ مشخص می گردد که وقوع حرکات توده‌ای با عوامل شیب و ارتفاع رابطه مثبت و با جهت دامنه، فاصله از جاده، تراکم زهکشی و زمین شناسی رابطه منفی دارد و نشان می دهد که احتمال وقوع حرکات توده‌ای با افزایش ارتفاع و شیب افزایش و با فاصله از جاده و کاهش تراکم زهکشی کاهش می یابد. همان طور که مشاهده می شود، رابطه وقوع حرکات توده‌ای و لایه های اطلاعاتی اشاره شده فوق مطابق آنچه مورد انتظار است (از نظر کارشناسی) می باشد. تنها در مورد جهت دامنه و زمین شناسی، رابطه عکس نظر کارشناسی مشاهده می شود که نشان می دهد وقوع حرکات توده ای با آنچه مورد انتظار است و انعکاس آن در وزنهای تخصیص داده شده در جدول ۱ و ۲ مشاهده می شود، یعنی وقوع بیشتر حرکات توده ای در دامنه های شمالی و در زمین‌های سست تر رابطه معکوس دارد، که علت آن این است که در لایه زمین شناسی، سازند های سست تر در ارتفاعات پایین تر و شیب کمتری قرار داشته و به همین جهت سازندها با لغزش ها رابطه‌ای مستقیم نداشته وبه بیان دیگر، عوامل دیگر در بالا بردن اهمیت لایه های سخت تر دخیل بوده اند. در لایه جهت شیب نیز به احتمال زیاد به دلیل اینکه جهات شیب غربی با جهات راندگی لایه ها هم جهت بوده به بیان دیگر جهت شیب لایه ها نیز غربی بوده است این هم سازی نقش جهات غربی را در مقابل جهات شمالی بیشتر کرده است. در مجموع با توجه به مقدار ضرایب می توان گفت



شکل۱۰– نقشه پهنه بندی حرکات توده ای محدوده مسیر سنندج – دهگلان

1- Natural Breaks
2- Equal Interval
3- Quantile
4- Standard Deviation
5- Geometric Interval

www.SID.ir

Archive of SID

که لایه فاصله از جاده، مهمترین عامل در وقوع زمین لغزش می باشد و پس از آن به ترتیب لایه های ارتفاع، شیب، تراکم شبکه زهکشی، جهت شیب، زمین شناسی و فاصله از گسل در درجه بعدی اهمیت قرار می گیرند. لازم به تذکر است که اهمیت لایه های فوق تنها در رابطه ۸ صادق بوده و به علت وجود هم خطی احتمالی، میزان اهمیت هر یک از لایه ها در خارج از رابطه فوق احتمالا دستخوش تغییراتی خواهد شد. در مورد شاخص‌های آماری مرتبط با مدل رگرسیون لجستیک نیز می توان گفت که با توجه به اینکه در این تحقیق مقدار شاخص Pseudo R_Square برابر ۰/۳۱۱۵ انتخاب گردیده است و همچنین با توجه به اینکه این مقدار بزرگتر از آستانه ۰/۲ می‌باشد، این مدل برازش قابل قبولی را نشان می دهد. مقدار شاخصChi Square نیز برابر ۲٤٦۷۲ انتخاب گردیده است که با توجه به این‌که مقدار آن بسیار بیشتر از مقدار آستانه تعیین شده است در نتیجه فرض صفر بودن تمام ضرایب نیز رد می گردد. مقدار شاخص ROC نیز برابر ۰/۹٤۳۱ انتخاب گردیده است که مقدار بسیار بالایی را نشان می دهد (نزدیک به عدد یک) و حاکی از آن است که حرکات توده‌ای مشاهده شده، رابطه‌ای قوی با مقادیر احتمال حاصل از مدل رگرسیون لجستیک دارد. در نهایت می توان گفت که در صورت وجود داده های وقوع حرکات توده‌ای، پهنه بندی خطر وقوع آنها با استفاده از روش‌های داده مبنا امکان پذیرخواهد بود و با توجه به ماهیت حرکات توده‌ای مدل آماری رگرسیون لجستیک مدلی مناسب جهت پهنه بندی احتمال وقوع آنها به شمار می رود.

منابع

– سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سنندج.

– سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، شیت‌های سنندج و دهگلان.

– کاردان، ر ، ۱۳۸۲. ارزیابی چهار روش طبقه بندی اقلیمی در ایران، مدل سازی رایانه ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، بهلول علیجانی، دانشگاه آزاد اسلامی – تهران مرکز، گروه جغرافیا

– کاردان، ر ، ۱۳۸۳ . گزارش فهرست زمین لغزش های کشور، گروه مطالعات امور زمین لغزش های سازمان جنگل ها و مراتع کشور

– کرم، ع ، ۱۳۸۰. مدل سازی کمی وپهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده مطالعه موردی حوضه آبخیز سرخون– استان چهار محال و بختیاری ، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

– کلارستاقی، ع.، حبیب نژاد، م.، احمدی، ح. ۱۳۸٦. مطالعه وقوع زمین لغزش ها در ارتباط با تغییر کاربری اراضی و جاده سازی مطالعه موردی حوزه آبخیز تجن، ساری، پژوهش های جغرافیایی، ٦۲ ، ۷–۹.

– مهدیفر، م.ر و نیک اندیش، ن.، ۱۳۸٤. مطالعات مورد نیاز جهت جلوگیری از وقوع یا کاهش خسارات ناشی از زمین لغزش در کشور، جلد سوم، کلیات مطالعات و اقدامات مورد نیاز جهت بررسی زمین لغزش ها در کشور، کارگروه زلزله و لغزش لایه های زمین.

– مهدیفر، م.ر و منتظرالقائم، س، ۱۳۸۲. مطالعات پیشاهنگ پهنه بندی خطر زمین لغزش در جنوب البرز مرکزی، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، گزارش طرح تحقیقاتی برای کمیته فرعی– تخصصی مقابله با خطرات ناشی از زلزله و لغزش لایه های زمین.

– میر صانعی، ح و مهدویفر، م.ر، گروه مطالعاتی زمین لغزش ها،۳۸۳۱. ارزیابی کارایی نقشه های پهنه بندی زمین لغزش با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ در محیط ,GIS مطالعه موردی استان تهران ۰۳–۲۳.

– نیرومند، ح. ۱۳۸٤. تحلیل رگرسیون با مثال، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

- Ayalew, L & yamagishi, H , 2005,The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the kakuda-yahiko Mountains, central Japan, Geomorphology. 65, 15-31.

- Cruden, D.M, 1991, A simple definition of landslide, Bulletin of the International Association of Engineering Geology. 43, 27-29.

- Dai, F.C & Lee, C.F, 2002, Landslide characteristics and slop instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong, Geomorphology. 31,181-216.

- http://ngdir.ir/

- Lee, S.A., 2004, Verification of spatial logistic regression for landslide susceptibility analysis: A casestudy of Korea, Geomorphology, 44,15-18

- Schor H. J & Gray, D. H, . (2007), Landforming ,1-41

- Van westen, C.J, 1993, Application of Geographic Information System to landslide hazard zonation, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Publication No. 15

- Varners, D.J, 1978, Slope movment and types and processes, In landslides analysis and control, Transportion Res, Board Nat. Ac. Sci Washington Spec. Rep. 176, 11-33.

- Varners, D.J, 1984, Landslide hazard zonation : A review of priciples and practice, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), France.

www.SID.ir