مکـــان
فصلنامه جغرافیا و آمایش سرزمین
سال اول/ شماره اول/ پاییز ۱۳۹۰

ژئومورفولوژی جاده جدید سنندج– مریوان و پهنه‌بندی ناپایداری‌های دامنه‌ای

[*]مجتبی یمانی[۱]، هیوا شیرزادی[۲] و کاوه باخویشی[۳]
[۱]دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، [۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد جغرافیای طبیعی
دانشگاه تهران، [۳]دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تهران
پذیرش مقاله: ۸۹/۱۱/۲ ؛ تایید نهایی: ۹۰/۵/۲۰

چکیده

یکی از مخاطرات مهم طبیعی که راه‌های ارتباطی را در مناطق کوهستانی تهدید می‌کند، ناپایداری‌های دامنه‌ای و زمین لغزش‌هاست. این پدیده در زمان احداث جاده‌ها به واسطه برهم زدن تعادل دامنه‌ها فراوانی بیشتری را نشان می‌دهد. در این پژوهش با این هدف، پتانسیل لغزش در جاده جدید سنندج-مریوان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ارزیابی شده است. سنگ‌شناسی، شیب، جهت‌شیب، فاصله از جاده، بارندگی، فاصله از گسل، فاصله از شبکه آبراهه پارامترهای اصلی موثر در ناپایداری دامنه‌های مسلط به جاده مورد نظر انتخاب شده‌اند. پس از تهیه لایه‌های داده‌ها با استفاده از پارامترهای فوق و تطبیق هر کدام از این لایه‌ها با لایه پراکنش زمین لغزش‌ها، نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش با استفاده از دو مدل وزن‌دهی و تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شده است. نتایج به‌دست آمده از مقایسه مدل‌ها و تطبیق آن با لغزش‌های روی داده در مسیر راه ضمن معرفی برتری روش تحلیل سلسله مراتبی، بیانگر آن است که احداث جاده وقوع لغزش‌ها را تشدید نموده است. به‌طوری که ۶۷ درصد لغزش‌ها در فاصله ۲۰۰ متری جاده به وقوع پیوسته‌اند. در میان عوامل مشترک موثر بر لغزش‌ها فاصله از مسیر راه و سپس مقاومت سنگ‌های زیربنا و پیرامون راه بیشترین تأثیر را در وقوع لغزش‌ها داشته‌اند. در خصوص متغیر اول، مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل از مدل‌های اشاره شده، تطبیق ناپایداری‌های مسیر راه و فراوانی آنها را با ترانشه‌های حفر شده در یک امتداد خطی به خوبی نشان می‌دهد. نتایج همچنین با استناد به همین پارامترها توانسته است رویکردهای احتمالی لغزش را به منظور ایمن‌سازی راه برآورد نماید.

واژه‌های کلیدی: جاده سنندج- مریوان، زمین‌لغزش، ژئومورفولوژی، حرکات دامنه‌ای.

---

[*] مسئول مکاتبه: myamani@at.ac.ir

مقدمه

راه‌ها از عناصر مهم تمدن نوین به شمار می‌آیند و زمینه‌های رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی مناطق را فراهم می‌سازند (ریاضی و همکاران، ۵۴:۱۳۸۵). سرمایه‌ای که جهت احداث شبکه راه‌ها در بسترهای گوناگون جغرافیایی و سازه‌های مورد نیاز آن و نیز حفظ و نگهداری و ایمن‌سازی آنها صرف می‌شود، جزو سرمایه‌های ملی محسوب می‌گردد. حراست از این سرمایه ملی به‌منظور بهره‌برداری طولانی مدت از شبکه راه‌ها الزامی است (فلاح تبار، ۴۷:۱۳۷۹). برخورداری از راه‌های مناسب و ایمن، یکی از معیارهای توسعه به شمار می‌رود. به‌طور کلی گسترش ارتباطات و جاده در مجموعه‌ای که "توسعه پایدار" را شکل می‌دهد، جایگاه ویژه‌ای دارد. گام برداشتن در مسیر توسعه و دستیابی به‌توسعه پایدار نیازمند برخورداری از جاده مناسب و پایداراست (نظری، ۳۹:۱۳۸۶). حرکات توده‌ای، یک فرایند ژئو- اکوسیستمی مهم در طبیعت است که حیطه آنها از تپه‌های ملایم تا کوهستان‌های شیب‌دار گسترش یافته است (گروبر[1] و همکاران، ۲۰۰۹). در این بین زمین لغزش‌ها که شکل گسترده‌ای از حرکات توده‌ای بوده یکی از پدیده‌های بسیار مخرب طبیعی هستند که هر ساله خسارات زیادی وارد می‌کنند. بنابراین، شناسایی قابلیت وقوع زمین لغزش برای برنامه‌ریزی و فعالیت‌های توسعه‌ای ضروری است (کانگو و همکاران، ۲۰۰۶). براساس برآوردهای اولیه، سالانه حدود۵۰۰ میلیارد ریال خسارات مالی از طریق زمین لغزش‌ها برکشور وارد می‌شود (ایزانلو، ۷۰:۱۳۷۶). این پدیده همچنین خسارت‌ها و مشکلاتی مانند افزایش هزینه ساخت جاده، افزایش هزینه نگهداری وتعمیرات، اختلال در حمل و نقل و بالا بردن خسارات به ماشین‌های مورد استفاده و اختلال در مدیریت جنگل و... را برای راه‌ها به وجود می‌آورد. شناسایی عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش‌های موجود در یک منطقه وپهنه‌بندی خطر آن، یکی از ابزارهای اساسی جهت دستیابی به راهکارهای کنترل این پدیده و انتخاب مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین گزینه مؤثر می‌باشد (شادفر و همکاران، ۱۳۸۶ :۱۱۸). در این زمینه می‌توان به تحقیقات محققانی چون، لارسن و پارکس[2] (۱۹۷۷) اشاره نمود. ایشان طی تحقیقی در منطقه جنگلی کوهستانی به بررسی ارتباط مکانی وقوع زمین‌لغزش با جاده‌ها پرداختند. در این تحقیق یک نوار باریک به عرض ۸۵ متر از کناره جاده‌ای به طول ۱۷۰ متر در مسیر جاده بررسی شده و این منطقه با منطقه مشابهی‌که جاده‌سازی صورت نگرفته بوده مقایسه شد و میزان شدت لغزش از ۵ به ۸ مورد در آن به‌ثبت رسید. مونتگری[3] (۱۹۹۴) به بررسی زهکشی سطوح و ایجاد کانال و ناپایداری دامنه در مناطقی

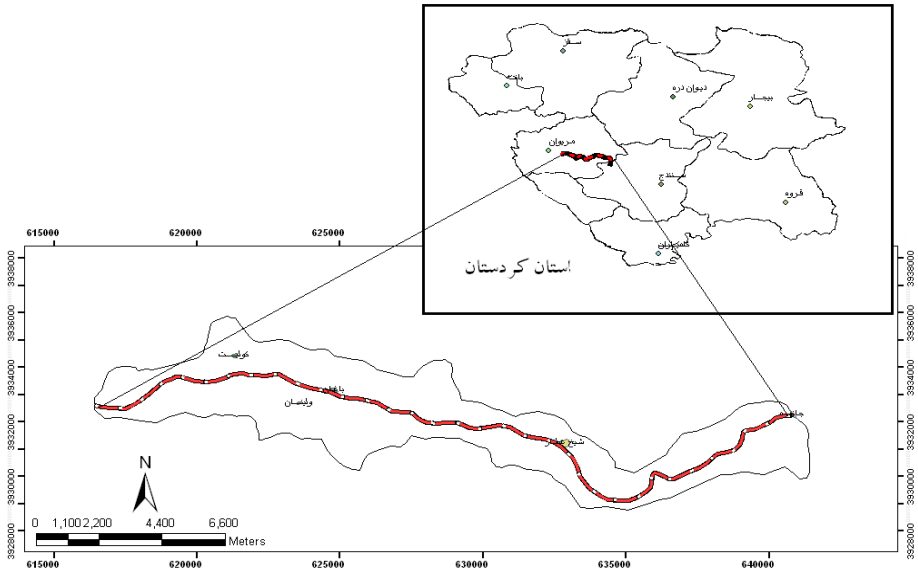
1- Gruber S. Huggel C., Pike, R.
2- Larsen. M.C., Parks, J.E.
3- Montgomery, D.R.

که جاده به‌منظور محلی و کاربری زمین احداث می‌شود پرداخت. سرکار و کانگو[1] (۲۰۰۳) طی تحقیقی در منطقه دارجیلینگ[2] هیمالیا به بررسی اثرات احداث جاده در وقوع زمین لغزش‌ها پرداختند و به این نتیجه رسیدند که احداث جاده با وقوع زمین‌لغزش‌ها ارتباط مستقیم دارد و بیشترین تراکم وقوع زمین‌لغزش‌ها حداکثر تا فاصله ۱۵۰ متر بوده است. مطالعه کوماچ[3] (۲۰۰۶) با ارزیابی استعداد زمین‌لغزش در اسلوونی مرکزی مرتبط بود. بر مبنای نتایج آماری چندین مدل استعدادسنجی زمین‌لغزش با استفاده از روش تحلیل فرایند سلسله مراتبی (AHP)[4] توسعه یافت. این مدل‌ها نتایج متفاوتی را با بازه خطای پیش‌بینی ٪۴/۳ تا ٪۷۳ نشان دادند. محمودی (۱۳۷۸) رانش و ناپایداری دامنه‌ای را در طول مسیر سنندج – سروآباد به مسافت ۶۰ کیلومتر از لحاظ توزیع فضایی و عوامل به وجودآورنده این حرکات ارزیابی کرده است. باخویشی (۱۳۸۳) مسیر مریوان -کامیاران را با استفاده از روش وزن‌دهی، از لحاظ حرکات دامنه‌ای با تأکید بر زمین لغزش مورد مطالعه قرار داده است، وی جنس سازندها و رسوب‌های دامنه، شیب و اقلیم را به‌ترتیب عامل اصلی ایجاد حرکات دامنه‌ای در مسیر مطالعه شده می‌داند. کلارستاقی و همکاران (۱۳۸۶) طی تحقیقی در حوزه تجن، ساری به بررسی اثرات جاده سازی در وقوع زمین لغزش‌ها پرداخت و به این نتیجه رسید که بیشترین تراکم وقوع زمین‌لغزش حداکثر تا فاصله ۷۵ متر از مرکز جاده با تعداد ۲۱ زمین لغزش با ترکم ۰/۲۱۹ (تعداد در کیلومترمربع) می‌باشد. دانشمندی (۱۳۸۶) مسیر جاده هراز را به طول ۸۵ کیلومتر بررسی کرده است. وی به تجزیه و تحلیل متغیرهای ژئومورفولوژیک مؤثر بر پایداری مسیر جاده پرداخته است و نتیجه گرفت بیشتر مخاطراتی که جاده هراز را تهدید می‌کنند مخاطرات طبیعی است که ناشی از مکان‌گزینی نامناسب جاده است.

شناسایی مناطق مستعد زمین لغزش و تعیین عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها در مسیر راه جدید الاحداث سنندج- مریوان و مقایسه و کارایی دو مدل تحلیل سلسه مراتبی و وزن‌دهی[5] از اهداف این پژوهش است. لغزش‌های جدید اکثراً در ترانشه‌های حفر شده که عموماً از رسوبات ناپایدار دوران چهارم زمین‌شناسی تشکیل شده است، واقع می‌شود. از طرفی، برخورد مسیر راه با شیب‌های تند در سازندهای سخت‌تر و حفر تکیه گاه و زیر بنای این دامنه‌ها، مسیر جاده را با خطر ریزشها و لغزش های آتی مواجه ساخته است. بنابراین انجام این تحقیق با هدف شناخت درجه ناپایداری مسیر این راه ضروری بوده است.

1- Sarkar, S. Kanungo. D.
2- Darjeeling
3- Komac M.
4- Analytical Hierarchy Process
5- Weighting

مسیر مورد مطالعه بخشی از جاده جدید الاحداث سنندج- مریوان بوده که به مسیر گاران – تیژتیژ موسوم است. این جاده با طول ۲۸ کیلومتر از بخشی از ارتفاعات زاگرس با امتداد تقریبی غربی-شرقی می‌گذرد. غالباً راه به صورت بغل‌بری (ترانشه) احداث شده و در محل تلاقی خطالقعرها، راه از روی خاکریزها یا پل‌های ساخته شده عبور می‌کند. نقطه شروع جاده مطالعه شده در سه راهی پل‌گاران، ارتفاعی حدود ۱۳۲۰ متر دارد. انتهای راه نیز به شهر جانوره ختم می‌شود و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۶۰۰ متراست (شکل ۱). ناگفته نماند که در این پژوهش برای بررسی پتانسیل زمین‌لغزش، مسیر راه را نواری با پهنای مشخص در سطح دامنه‌های مسلط به جاده پوشش می‌دهد که مساحت آن بالغ بر ۶۰ کیلومتر مربع می‌باشد.

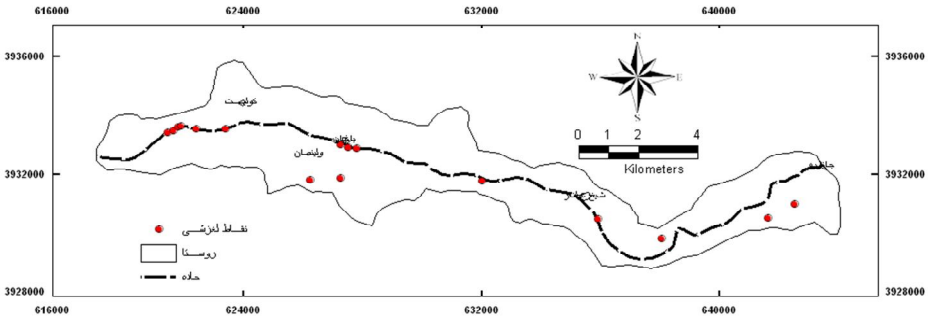


شکل ۱- موقعیت مسیر مورد مطالعه

داده‌ها و روش‌ها

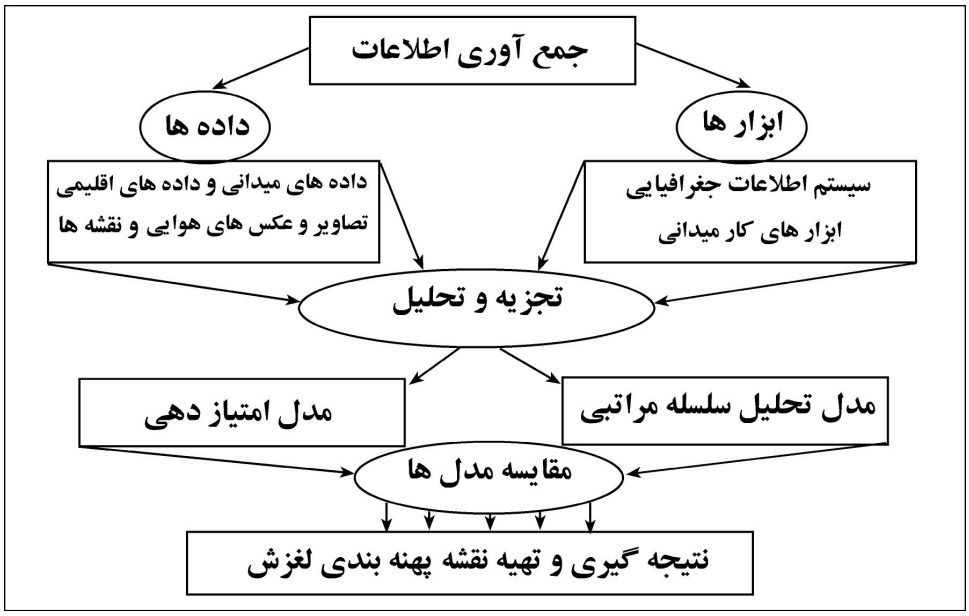
در این پژوهش، نقشه‌های پایه را نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ و۱:۱۰۰۰۰۰ تشکیل داده‌اند. همچنین عکس‌های هوایی مقیاس۱:۵۵۰۰۰ و۱:۲۰۰۰۰، تصاویر پانکروماتیک ماهواره IRS با دقت ۲/۵ متر برای شناسایی لغزش‌ها (سازمان جغرافیایی کشور، ۲۰۰۸)، و از تصاویر رادار (SRTM) با قدرت تفکیک ۹۰ متر برای تهیه نیمرخ های توپوگرافی استفاده شده است. علاوه بر این، طی کارهای میدانی با استفاده از دستگاه GPS ارتفاع و موقعیت پروفیل‌ها و

ناپایداری‌ها در روی زمین ثبت شده و با نقشه‌های توپوگرافی تطبیق داده شده است. همچنین به این منظور نیمرخ‌های توپوگرافی طولی و عرضی از مسیر جاده مطالعه شده با استفاده از نرم افزار Global Mapper ترسیم شده است، سپس با توجه به مطالعات انجام شده در مناطق مشابه در مراحل اولیه ۷ عامل سنگ‌شناسی، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، بارندگی، فاصله از گسل و فاصله از شبکه آبراهه به‌عنوان عوامل مؤثر اصلی در وقوع زمین لغزش‌ها بررسی شده و طی مشاهده مستقیم و از طریق کارهای میدانی و نیز مشاهده غیرمستقیم از طریق عکس‌های هوایی و تصاویر مورد اشاره موقعیت و ویژگی‌های آنها برداشت و انتقال داده شده است (شکل ۴). پس از واردکردن نقشه‌های پایه، عکس‌های هوایی، و جدول مختصات جغرافیایی زمین لغزش‌ها به محیط نرم‌افزاری منتقل و لایه پراکنش زمین لغزش‌های منطقه تهیه شد (شکل ۲). این لایه‌ها طبقه‌بندی شده و برای تعیین هر طبقه از نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها بین هر کدام از لایه‌ها ارتباط برقرار شده است. در نهایت با استفاده از ۷ عامل مؤثر پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با دو مدل تحلیل سلسله مراتبی و وزن‌دهی انجام شد و نتایج حاصل از هر دو مدل با هم مقایسه شد. در ادامه با استفاده از روش وزن‌دهی، متغیرها به هفت زیرگروه تقسیم شده و بر اساس درجه اهمیت به هر متغیر امتیازی از یک تا پنج تخصیص داده شده است. که به این صورت که طبقات با اهمیت امتیاز ۵ و طبقاتی که درجه اهمیت متوسط دارند امتیاز ۳ داده شده و سرانجام گروه سوم که شامل زیرگروه‌هایی است که درجه اهمیت کمی داشته یا بی‌اثر بوده‌اند امتیاز ۱ داده شد (اونق، ۱۳۸۲:۱۳۸). در مرحله بعد با استفاده از حاصل جمع این متغیرها و امتیازات آنها در محیط نرم‌افزاری، نقشه ناپایداری اولیه تهیه شده است. در این نقشه، حداقل امتیاز با توجه به ۷ متغیر مستقل موجود (۷=۷×۱)، برای پهنه‌های کم اهمیت ۷ می‌باشد و پهنه‌های بسیار ناپایدار که بالاترین امتیازات را به خود اختصاص می‌دهند معادل ۳۵ (۳۵=۷×۵) می‌باشد. پس در نهایت با توجه به حداقل و حداکثر امتیازات موجود در هر پهنه، نقشه طبقه‌بندی روان گرایی محدوده تحت بررسی، انجام شده است.



شکل۲- پراکنش زمین لغزش‌ها جاده اصلی سنندج-مریوان

شکل۳- نمونه‌ای از لغزش ایجاد شده در بالادست ترانشه راه (راست)
و ایجاد ترانشه‌های پلکانی (چپ) برای پایدارسازی دامنه مسلط به جاده



شکل ۴ - داده‌ها و مراحل انجام پژوهش

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نیز یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله‌کردن مسأله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظرگرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد (قدسی‌پور، ۶:۱۳۸۷). در فرایند تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌گردد. این وزن‌ها نسبی بوده و با تلفیق آنها وزن

نهایی هر گزینه مشخص و وزن مطلق به‌دست می‌آید. کلیه مقایسه‌ها در فرایند سلسله مراتبی به‌صورت زوجی انجام می‌گیرد. برای محاسبه وزن باید آنها را دو به دو با یکدیگر مقایسه نمود (عمادالدین،۱۳۸۶:۱۰۸). مبنای قضاوت در این امر مقایسه‌ای، جدول ۹ کمیتی است که از ترجیح یکسان تا بی‌اندازه مرجح طراحی شده، به‌گونه‌ای که اگر عنصر A با عنصر B مقایسه شود تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت هر یک از حالات به شرح (جدول ۱) است. لازم به ذکر است عوامل کیفی با استفاده از بررسی‌های انجام شده و نتایج تحقیقات مشابه و عوامل کمی از روش رسم منحنی‌های تجمعی در مقابل پیکسل‌های مربوط در محیط نرم‌افزاری طبقه‌بندی گردیده‌اند. با مشخص‌شدن طبقه مربوط به هر یک از عوامل، ارزش یا مقدار کمی وزن هر یک از طبقات مربوط به هر یک از عوامل با استفاده از تعیین سطح تحت پوشش زمین‌لغزش‌های رخ داده در هر طبقه به‌صورت درصد مساحت دارای لغزش به مساحت کل منطقه مورد مطالعه بین ۱۰۰-۰ مشخص و تعیین شده است. برای طبقات هر یک از عوامل که دارای بیشترین سطح زمین لغزش است امتیاز ۱۰۰ و برای طبقات فاقد زمین لغزش امتیاز صفر داده شده است و به این ترتیب چنانچه امتیاز در یک پهنه به سمت صفر میل کند، پتانسیل کمتر و هر چه به سمت ۱۰۰ میل کند منطقه نسبت به زمین‌لغزش ناپایدارتر خواهد بود (شادفر، ۱۳۸۶:۱۲۳).

جدول ۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	Extremely prefered	مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملا مهم تر یا کاملاً مطلوبتر	Very Strongly Prefered	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	Strongly Prefered	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	Moderately preferred	۵
کمی مرجّح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوبتر	Equally Prefered	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	Extremely prefered	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	Very Strongly Prefered	۸و۶و۴و۲

یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از مقایسه دو به دو یا زوجی عوامل ۹ گانه موثر در وقوع زمین لغزش‌ها با در نظر گرفتن لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده در محیط GIS در جدول ۲ ارائه شده است. پس از تعیین عوامل کمی ۷ گانه از طریق میانگین حسابی وزن عوامل مختلف برای جاده سنندج- مریوان به شرح زیر به‌دست آمد.

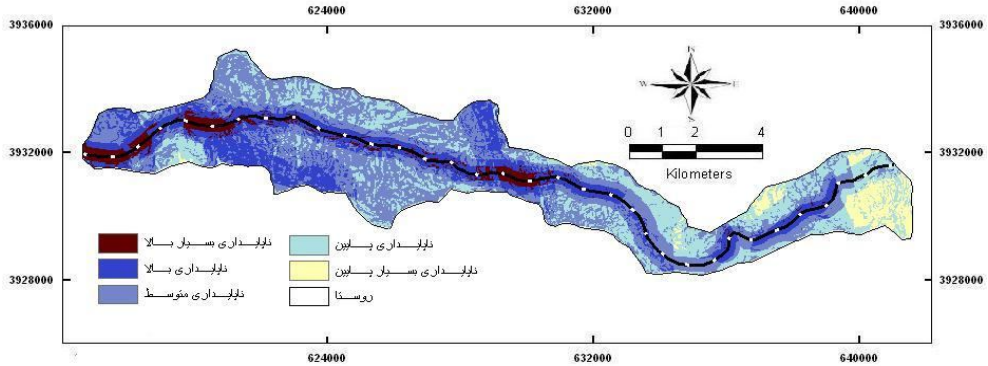
جدول ۲- مقایسه زوجی عوامل مؤثر بر زمین لغزش‌ها در جاده اصلی سنندج- مریوان

	جاده	زمین‌شناسی	شیب	بارندگی	آبراهه	گسل	جهت دامنه
جاده	۱	۲	۴	۵	۶	۶	۸
زمین شناسی	۲/۱	۱	۳	۴	۵	۶	۷
شیب	۴/۱	۳/۱	۱	۳	۵	۵	۷
بارندگی	۵/۱	۴/۱	۳/۱	۱	۴	۴	۵
آبراهه	۶/۱	۵/۱	۵/۱	۴/۱	۱	۲	۳
گسل	۷/۱	۶/۱	۵/۱	۴/۱	۲/۱	۱	۲
جهت دامنه	۸/۱	۷/۱	۷/۱	۵/۱	۳/۱	۲/۱	۱

۱- فاصله از جاده ۰/۲۴۷، ۲- زمین شناسی ۰/۲۲۲، ۳- شیب ۰/۱۷۱، ۴- بارندگی ۰/۱۱۴، ۵- فاصله از شبکه آبراهه ۰/۰۵۴، ۶- فاصله از گسل ۰/۱۷۰، ۷- جهت دامنه ۰/۰۲۱ با توجه به وزن‌های به‌دست آمده برای هر یک از طبقات عوامل، نقشه‌وزنی هر عامل ساخته و این نقشه را در ضریب وزنی‌های به دست آمده (X_1 .... X_9) ضرب کرده، با هم جمع می‌کنیم که نقشه نهایی با ۵ طبقه به‌دست می‌آید (شکل ۵).

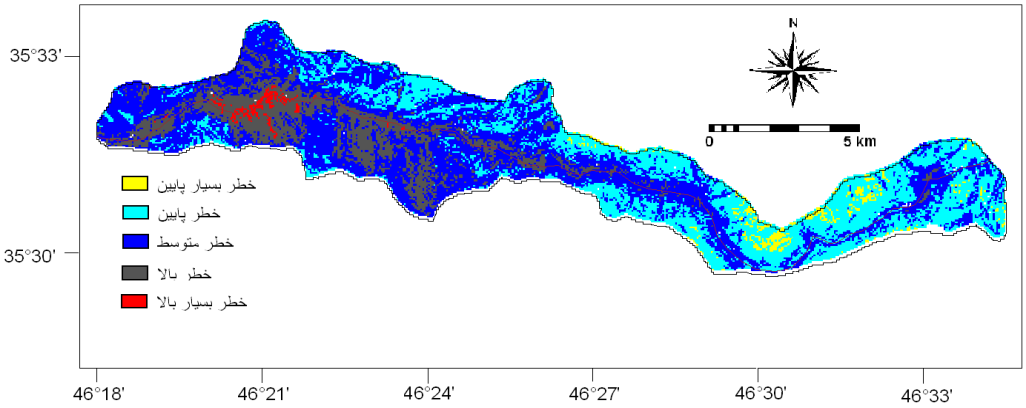
$$Y= ۰/۲۴۷\ x_۱ +۰/۲۲۲\ x_۲ +۰/۱۷۱\ x_۳ +۰/۱۱۴\ x_۴ +۰/۰۵۴\ x_۵ +۰/۱۷۰\ x_۶ +۰/۰۲۱\ x_۷$$

که درآن y میزان خطای رخداد زمین‌لغزش، $x_۷$ .... $x_۲$، $x_۱$ عوامل موثر در زمین‌لغزش می‌باشند. با توجه به وزن کلاس‌ها هر چه به سمت صفر میل کند دارای پتانسیل کمتر زمین لغزش بوده و هر چه به سمت ۱۰۰ میل کند حوضه نسبت به خطر زمین لغزش پر خطر خواهد بود.



شکل ۵ - پهنه‌بندی خطر زمین لغزش جاده اصلی سنندج - مریوان به روش تحلیل سلسله مراتبی

نتایج حاصل از اعمال هر وزن به کلاس‌های مختلف در شکل ۶ نشان داده شده است. اعمال این وزن‌ها به صورت کارشناسی بوده و بیشتر به شناخت محقق از منطقه مطالعه شده بستگی دارد. در این پژوهش با توجه به بررسی‌های انجام شده و نیز استفاده از نظر کارشناسان متخصصان منطقه، این وزن‌ها برای کلاس‌های مختلف بین ۵-۰ تعیین شد. بدین صورت که به‌طبقات با درجه اهمیت و اثر بالا امتیاز ۵، متوسط ۳ و درجه اهمیت‌کم یا بی‌اثر امتیاز ۱ داده شد. سپس با استفاده از حاصل جمع این متغیرها و امتیازات آنها نقشه خطر اولیه ترسیم شد و در نهایت نقشه به‌دست آمده به کلاس‌های خطر تقسیم‌بندی شد.



شکل ۶ - پهنه‌بندی خطر زمین لغزش جاده اصلی سنندج- مریوان به روش وزن‌دهی

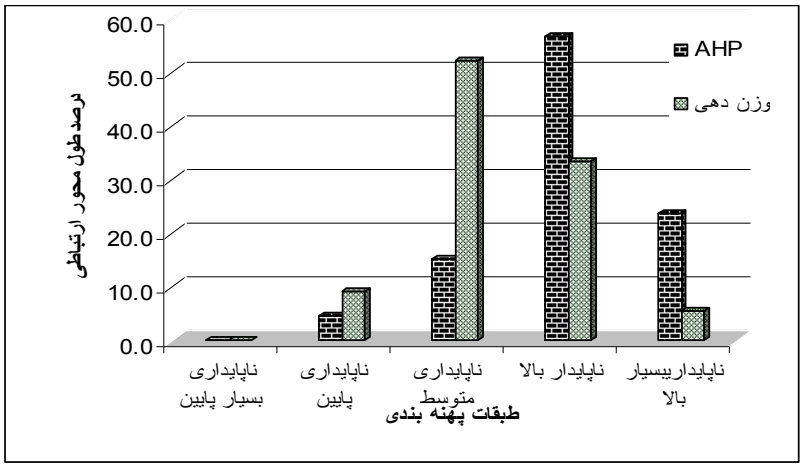
در این پژوهش دو مدل برای بررسی خطر زمین لغزش در دامنه‌های مسلط به جاده سنندج- مریوان استفاده شد. در نقشه پهنه‌بندی خطر با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی طبقه ناپایداری خیلی بالا با مساحت ۳/۱۲۹ کیلومتر مربع (۵/۲ درصد) به صورت دو پهنه در نیمه غربی مسیر جاده و پهنه دیگری در بخش میانی مسیر راه قرار دارد، اما در مدل وزن‌دهی این طبقه با مساحت کمتری ۰/۵۶۰کیلومتر مربع (۰/۰۹درصد) به صورت پهنه‌ای در نیمه غربی جاده قراردارد (جدول۳). طبقه ناپایداری بالا در مدل AHP با ۱۴/۳۷۸کیلومتر مربع(۲۴درصد) به صورت پهنه‌ای در نیمه جنوب غربی و به صورت نواری از غرب جاده تا بخش میانی راه نمودار می‌شود. همین طبقه در مدل وزن‌دهی ۹/۹۶۹ کیلومتر مربع (۱۶/۶درصد) در شروع غربی راه به صورت پهنه‌های پراکنده دیده می‌شود. طبقه با ناپایداری متوسط در مدل AHP با ۲۵/۴۷۰ کیلومتر مربع (۴۲/۵درصد) و در مدل وزن‌دهی ۲۷/۸۹۴ کیلومتر مربع (۴۶/۵درصد) در سرتا سر مسیر به صورت نواری در دو طرف جاده بعد از طبقه ناپایداری بالا قرار دارد و بیشترین مساحت آن در قسمت غربی راه قرار دارد. طبقه ناپایداری پایین در

مدلAHP با ۱۴/۰۹۹ کیلومتر مربع (۲۳/۵ درصد) و در مدل وزن‌دهی۲۰/۰۷۷ کیلومتر مربع (۳۳/۵ درصد) در مشرق جاده دیده می‌شود. طبقه ناپایداری بسیار پایین در مدل AHP با ۲/۷۸ کیلومتر مربع (۴/۸ درصد) به صورت پهنه‌های پراکنده‌ای در شمال شرق جاده و در مدل وزن دهی ۱/۴۵۵کیلومتر مربع (۴/۳درصد) در انتهای شرقی جاده قرار دارد.

جدول۳- مساحت و درصد طبقات نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده ازمدل (AHP)، وزن دهی

مدل / طبقات	تحلیل سسله مراتبی (AHP)		وزن‌دهی	
طبقات پهنه‌بندی	مساحت km^2	درصد طبقات	مساحت (km^2)	درصد طبقات
ناپایداری خیلی پایین	۲/۷۸	۴/۸	۱/۴۵۵	۴/۳
ناپایداری پایین	۱۴/۰۹۹	۲۳/۵	۲۰/۰۷۷	۳۳/۵
ناپایداری متوسط	۲۵/۴۷۰	۴۲/۵	۲۷/۸۹۴	۴۶/۵
ناپایداری بالا	۱۴/۳۷۸	۲۴	۹/۹۶۹	۱۶/۶
ناپایداری خیلی بالا	۳/۱۲۹	۵/۲	۰/۵۶۰	۰/۰۹

همچنین مسافت طبقات پهنه‌هایی که جاده از آن عبور می‌کند در هر دو مدل ارزیابی شده است (جدول ۴). که بر اساس آن از ۲۸ کیلومتر طول جاده مطالعه شده در مدل AHP و وزن‌دهی به‌ترتیب ۲۳/۷ و ۵/۶ درصد از طول محور ارتباطی مورد نظر از نقاط با ناپایداری بسیار بالا، ۵۶/۵ و ۳۳/۲ درصد از نقاط ناپایداری بالا ۱۵/۳ و ۵۲/۱ درصد با ناپایداری متوسط ۴/۶ و۹ درصد از نقاط با ناپایداری پایین عبور می‌کند (شکل ۷).



شکل ۷- درصد مسافت ناپایداری طبقات پهنه‌بندی جاده اصلی سنندج- مریوان.

مهمترین اثر و تأثیرگذارترین شاخصه یک جاده کوهستانی ترانشه‌هایی است که به‌منظور عبور جاده در دامنه‌ها حفر می‌شود. ایجاد ترانشه یکی از عوامل مهم حذف ناپایداری دامنه‌هاست و عموماً عدم توجه به ویژگی‌های دامنه‌ای که ترانشه در آن حفر می‌شود از جمله ویژگی‌های زمین‌شناسی، موجب بروز مشکلات و احتمالاً ریزش‌ها و لغزش‌های بعدی می‌شود (دانشمندی، ۲۷۷:۱۳۸۶). بر اساس اطلاعات زمین‌شناسی، بخش سنگی منطقه مورد مطالعه، شامل توده‌های شیل، مارن، ماسه سنگ، آهک، گل سنگ، کنگلومرا، آبرفت و سنگ‌های آتشفشانی می‌باشد (جدول ۴). کنگلومرا و ماسه سنگ دارای سیمانی سیلسی بوده و سنگ یکپارچه آن مقاومت برشی نسبتاً بالایی دارد، اما توده سنگ شیلی، کانی اصلی تشکیل‌دهنده آن رس است و به‌طور کلی مقاومت برشی پایینی دارد (به‌ویژه در امتداد سطوح لایه‌بندی) و از سنگ‌های ضعیف محسوب می‌شود و مشخصات ژئوتکتونیکی آنها به این شرح می‌باشد که این سنگ‌ها از کانی‌های رسی با پلاستسیته بالا تشکیل شده‌اند و موادآلی به مقدار زیاد در آنها وجود دارد به لحاظ وضعیت کانی شناسی حالتی فیمابین سنگ ضعیف و رس بسیار تحکیم یافته دارند. شیلها به لحاظ نحوه تشکیل رسوبی، لایه‌لایه و متورق و دارای خاصیت تورم‌پذیری هستند همانند کانی‌های رسی در مقابل آب از خود واکنش نشان می‌دهند و باند بین دانه‌ها سست شده و مقاومت برشی آنها کاهش می‌یابد در صورتی که از اطراف محصور نشده باشند، در مقابل آب دچار وارفتگی می‌شوند و به لحاظ وجود کانی‌های رسی در آنها، در حالتی که با جذب آب دچار تورم شده باشند، با از دست دادن آب دچار انقباض و نشست می‌گردند (حائری و همکاران، ۶۴:۱۳۷۵). حدود ۱۷ کیلومتر از مسیر جاده از این سازند عبور می‌کند وجود لایه‌های شیلی در ترانشه‌های مسیر جاده، باعث لغزش و ریزش‌های زیادی شده است.

جدول۴- ارتباط جنس سنگ‌ها و درصد و مساحت لغزش‌ها

جنس زمین	جنس زمین	مساحت کل	مساحت لغزش	درصد لغزش
شیل (ارژیلی) رسی سیاه تا خاکستری	KFSH	۴۰/۵۷۱۷	۰/۱۶	۰/۴۹
ماسه سنگ-شیل-آهک و سنگ‌های آتشفشانی	PeEF	۰/۹۱۰۰	۰	۰
نهشته‌های رودها و دشت‌های آبرفتی	Qal	۱/۳۷۷۸	۰	۰
مارن-آهک(ارژیلی)رسی- مزائیک‌های ماسه سنگ قرمز و رس گچی	klm	۲/۴۳۳۷	۰/۰۵	۱۵/۷
ماسه سنگ و شیل با سنگ لای - سنگ گل- آهک و کنگلومرا	KPef	۱۴/۰۵۹۱	۰/۰۱۲	۳۲/۲
نهشته های سطوح پایین پای کوه‌ها و تراس‌های آبرفتی‌رودخانه‌ها	QFT2	۰/۴۴۹۴	۰	۰
آهک پلاژیک با گلوبوتروکانا	KUPL	۰/۱۴۹۹	۰	۰
جمع کل		۵۹/۹۵۵	۰/۳۲۷۵	۱۰۰

مارن‌ها و رس‌ها معمولاً استعداد بالایی در ایجاد زمین‌لغزش دارند و معمولاً لغزش‌های عمیق در آنها رخ می‌دهد. در صورتی که آب به درون آنها نفوذ کند. مقاومت برشی آنها کاهش یافته، باعث گسیختگی می‌شوند. این نوع سازندها در غرب جاده قرار دارند. سطوح لغزش غالباً در گل سنگ در سازندهای ترشیر و کواترنر ایجاد می‌شود. عمق لغزش در گل سنگ ۲۰-۵ متر است (همان منبع). و سطح لغزش در لایه‌های رسی توسعه می‌یابد (مناطق هوازده گل سنگ) در سازندهایی که به‌طور متناوب از طبقات ماسه سنگ و گل سنگ تشکیل شده‌اند، بیشتر از سازندهایی است که از گل سنگ تشکیل شده‌اند. این نوع سنگ‌ها در شرق منطقه مورد مطالعه قرار دارند و حدود ۱۱کیلومتر مسیر جاده را در بر می‌گیرند و همراه با ماسه سنگ، سیلت، شیل و آهک هستند. هر جا که سنگ‌های آهکی در حاشیه جاده رخنمون یافته باشند به صورت صخره‌های مقاوم ظاهر می شوند. سنگ‌های آهکی به لحاظ انحلال آنها در تخریب پی جاده در آینده مخاطره آمیز خواهند بود.

بحث و نتایج

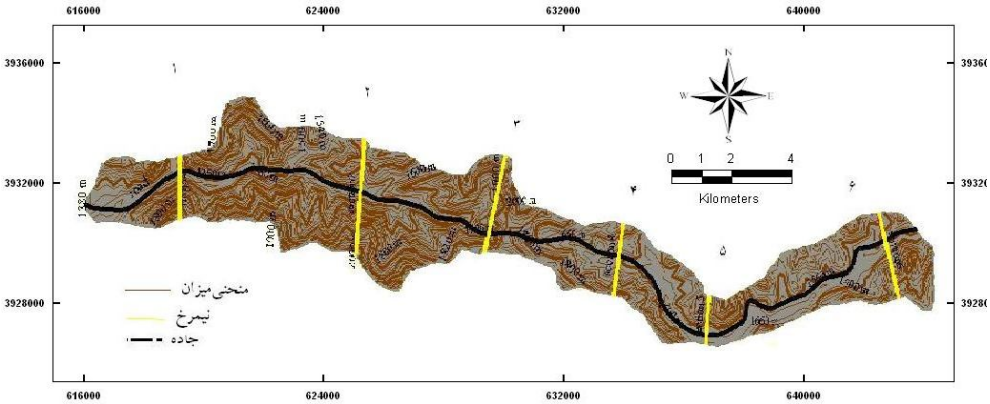
ارتباط زمین‌لغزش با فاکتورهای بررسی شده موثر در وقوع آن

با استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های عوامل شیب، جهت‌شیب، فاصله از جاده، بارندگی، فاصله از گسل، فاصله از شبکه آبراهه، با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها قطع داده شده، مقدار و درصد لغزش در هر طبقه به دست آمده است (جدول۵).

جدول ۵- مساحت و درصد لغزش‌های رخداده در طبقات عامل‌ها

درصد لغزش	مساحت لغزش	مساحت کل	طبقات	عامل	درصد لغزش	مساحت لغزش	مساحت کل	طبقات	عامل
۲۸/۳	۰/۰۹۲۵	۱۴/۸۸۵	۰-۱۰۰	آبراهه	۴۴/۳	۰/۱۴۵	۲۷/۴۸۲۵	۰-۲۰	شیب
۴۳/۵	۰/۱۴۲۵	۳۳/۹۸	۱۰۰-۵۰۰		۳۲/۸	۰/۱۰۷۵	۲۰/۲۷۷۵	۲۰-۳۰	
۲۸/۲	۰/۰۹۲۵	۱۱/۰۹	>۵۰۰		۲۲/۹	۰/۰۷۵	۱۲/۹۵	>۳۰	
۳۲/۸	۰/۱۰۷۵	۱۷/۲۰۵	۶۵۰-۷۰۰	بارش	۲۶/۷	۰/۰۸۷۵	۵/۴۵۵۵	شمال	جهت دامنه
۶۴/۹	۰/۲۱۲۵	۳۰/۱۴۷۵	۷۰۰-۷۵۰		۲۳	۰/۰۷۵۴	۷/۹۷۲۵	شمال شرقی	
۲/۳	۰/۰۰۷۵	۱۲/۶۰۲۵	۷۵۰-۸۰۰		۲/۳	۰/۰۰۷۵	۶/۶۸۲۵	شرق	
۵۶/۵	۰/۱۸۵	۱۱/۱۳۲۵	۰-۵۰۰	گسل	۲/۳	۰/۰۰۷۵	۶/۴۳۵	جنوب شرقی	
۲۱/۴	۰/۰۷	۱۰/۱۳	۵۰۰-۱۰۰۰		۰/۸	۰/۰۰۲۵	۷/۴۹۷۵	جنوب	
۲۲/۱	۰/۰۷۲۵	۳۸/۶۹۲۵	>۱۰۰۰		۹/۲	۰/۰۳	۷/۰۵۹	جنوب غربی	
۶۷	۰/۲۱۹۴	۱۱/۸۳۵	۰-۲۰۰	جاده	۱۳	۰/۰۴۲۵	۷/۰۲۲۵	غرب	
۰/۸	۰/۰۰۲۶	۱۰/۶۸۷۵	۲۰۰-۴۰۰		۱۲/۲	۰/۰۴	۸/۶۵۹	شمال غربی	
۳۲/۲	۰/۱۰۵۵	۳۷/۴۳۲۵	>۴۰۰		۱۰/۶	۰/۰۳۴۶	۳/۱۷۱۵	هموار	

وجود تقارن یا عدم تقارن در عوارض زمینی موضوعی است که از چند دیدگاه قابل طرح است. از زاویه ساختمانی و لیتولوژی و از منظر فرآیندها می‌توان به آن نگاه کرد. ساختمان چین خورده منظم معمولاً دارای دامنه‌های متقارن بوده و در حالی که لایه‌ها و دامنه‌های نامتقارن در ساختمان روانده و با گسل‌های معکوس مشاهده می‌شود (احمدی، ۳۲:۱۳۸۵). بررسی شکل ظاهری و ترسیم نیمرخ توپوگرافی عوارض، ابزاری برای شناسایی این ویژگی‌ها است. به این منظور نیمرخ‌های توپوگرافی طولی و عرضی مسیر جاده ترسیم شده است. شکل ۸ محل رسم نیمرخ‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به عوارض توپوگرافی، شیب دامنه‌ها و وضعیت ترانشه‌ها، محل رسم نیمرخها انتخاب شده‌اند. نیمرخ‌های فوق از غرب جاده به سمت شرق شماره‌گذاری شده‌اند. شکل۹ نیمرخ‌های طولی و عرضی تهیه شده را نشان می‌دهد.

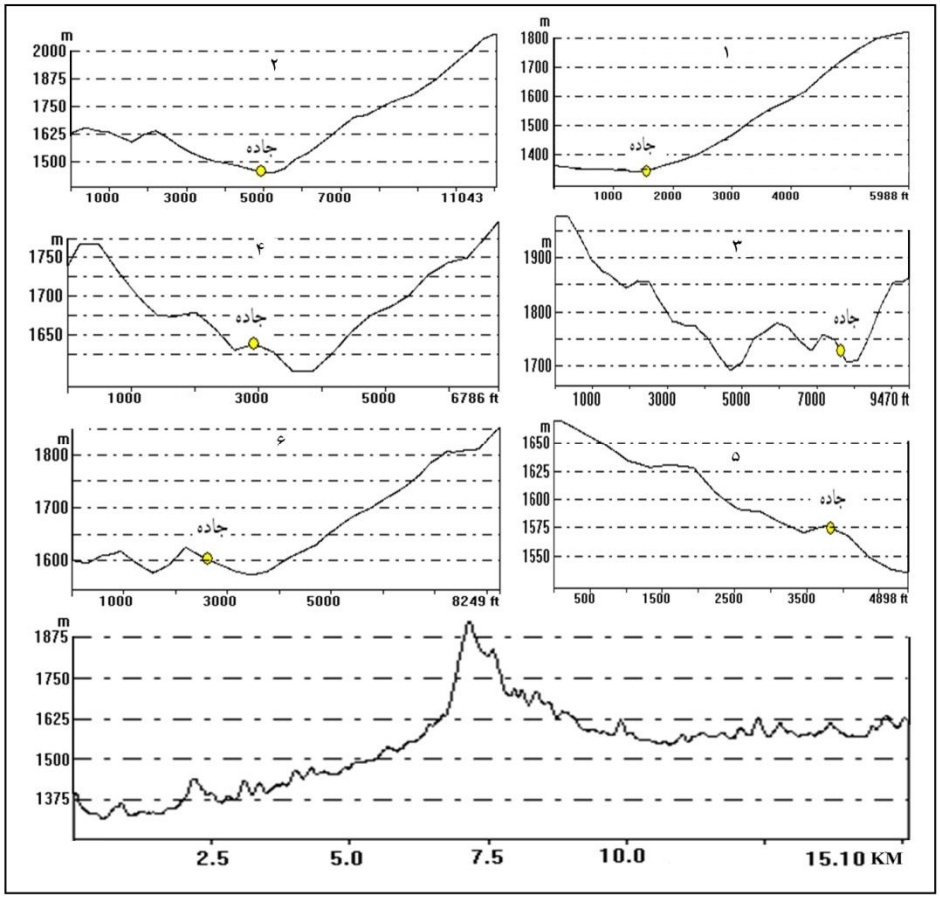


شکل ۸- موقعیت برداشت نیمرخ های عرضی در مسیر جاده مطالعه شده

وجود شیب تند و پیوسته در دامنه‌های جنوبی و سطوح صاف در بخش کم ارتفاع، از جمله ویژگی‌های بارز نیمرخ شماره ۱ می‌باشد. در نیمرخ شماره ۲ اختلاف ارتفاع دامنه جنوبی با دامنه شمالی حدود ۴۰۰ متر می‌باشد و شیب دامنه‌های جنوبی بیشتر از دامنه‌های شمالی است، اما در نیمرخ شماره ۳ که محل ورودی تونل گاران است، دامنه شمالی حدود ۱۲۰۰ متر از دامنه جنوبی مرتفع‌تر است و شیب آن نیز بیشتر است. وجود سطوح پلکانی در روی دامنه‌های رو به شمال قابل توجه می‌باشد که علت آن وجود دره‌های فرعی روی این بخش به موازات دره اصلی است. جاده در این نیمرخ در ارتفاع ۱۷۵۰متری قرار دارد. در نیمرخ شماره ۴ دامنه‌های شمالی و جنوبی از نظر ارتفاع حالت تقارن دارند. سطوح موج‌دار و پلکانی در روی دامنه‌های جنوبی حالت منظم‌تری نسبت به دامنه‌های شمالی دارند و جاده از سمت چپ خط القعر عبور می‌کند و ۱۶۳۵ متر ارتفاع دارد. در نیمرخ

شماره ۵ جاده در کف دره قرار دارد و ۱۵۷۵ متر ارتفاع دارد. کاهش نسبی ارتفاع و شیب (در نقطه آغاز نیمرخ شماره ۵) و عدم تقارن دامنه‌های شمالی و جنوبی آن احتمالاً به سبب عبور یک گسل به موازات اصلی آن دره است. ظهور توپوگرافی فرعی در مسیر دامنه شمالی در نیمرخ شماره ۶ قابل توجه است که ناشی از تپه‌ماهورهایی است که در این بخش از جاده قرار دارند. جاده کمی از خط‌القعر فاصله گرفته و۱۶۰۰ متر ارتفاع دارد. در تفسیر نیمرخ‌های ترسیم شده توجه به این نکته ضروری است اختلاف ارتفاع و حجم ناهمواری در دامنه‌های جنوبی در نیمرخ‌های شماره ۱، ۲ و ۶ بیشتر از دامنه‌های شمالی است و همچنین شیب دامنه‌های شمالی در نیمرخ‌های ۳، ۴ و ۵ به مراتب بیشتر از دامنه‌های جنوبی است.

در نیمرخ طولی مسیر که از سمت غرب به شرق می‌باشد جاده به موازات خط‌القعر عبور می‌کند. جاده از نقطه آغاز نیمرخ ۱۳۴۰متر ارتفاع دارد و پیوسته ارتفاع آن افزایش یافته، تا گردنه گاران به ۱۹۰۰ متر می‌رسد. از آن به بعد مجدداً از ارتفاع آن کاسته شده و در مسیر مستقیم قرار می‌گیرد وجود شکستگی‌ها و سطوح موجدار روی نیمرخ طولی جاده احتمالاً ناشی از عملکرد گسل‌های عمود برسطح جاده است. موقعیت جاده در طول مسیر بارها به سمت چپ و راست خط القعر اصلی جابه جا شده است.



شکل ۹- نیمرخ های طولی و عرضی مسیرجاده منطبق با شکل ۸

نتیجه‌گیری

در انجام این پژوهش از ۷ متغیر سنگ‌شناسی، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، بارندگی، فاصله از گسل، فاصله از شبکه آبراهه استفاده شده است. بعد از تجزیه و تحلیل آماری و پردازش این نقشه‌ها با سیستم اطلاعات جغرافیایی مشخص شد که متغیر فاصله از جاده بیشترین تأثیر را در وقوع زمین لغزش‌ها داشته است، به‌طوری‌که ۶۷ درصد حرکات زمین لغزش‌ها در فاصله ۲۰۰-۰ متری جاده به‌وقوع پیوسته‌اند. نتیجه حاضر با تحقیقات گرایی (۱۳۸۵) در حوضه لاجیم رود ساری و کلارستاقی و همکاران (۱۳۸۶) در حوضه آبخیز سد تجن، ساری در خصوص اثر جاده سازی در وقوع زمین لغزش‌ها مطابقت دارد.

مهم‌ترین اثر و تأثیرگذارترین شاخصه یک جاده کوهستانی ترانشه‌هائی است که به منظور عبور جاده در دامنه‌ها حفر می‌شود. بررسی ارتفاع ترانشه‌ها در محدوده بررسی شده نشان داد که بیشتر ترانشه‌های مرتفع در ابتدای جاده تا گردنه گاران واقع شده‌اند. به‌طوری که ترانشه‌های روستای باغان حدود ۱۰۰ متر ارتفاع دارند. هر چه ارتفاع ترانشه‌ها بیشتر باشد احتمال ریزش از سطح ترانشه و روانگرایی آن بالا می‌رود. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی، خطر زمین لغزش در جاده مطالعه شده، طبقه ناپایداری متوسط در هر دو مدل بیشترین وسعت را دارد، اما بیشترین و کمترین لغزش‌ها در طبقات ناپایداری بالا و ناپایداری بسیار پایین رخ داده است و این، تناسب لغزش‌های مشاهده شده با پهنه‌های خطر را نشان می‌دهد. مقایسه دو مدل در جدول۳ نشان می‌دهد که مساحت طبقات با ناپایداری خیلی پایین به هم نزدیک و طبقات با ناپایداری بالا و ناپایداری پایین از هم فاصله بیشتری دارند. همچنین بیشترین طول جاده مورد مطالعه شده (در هر دو مدل)، از نقاط با ناپایداری بسیار بالا و ناپایداری بالا عبور می‌کند و هیچ مسافتی از جاده از نقاط ناپایداری بسیار پایین عبور نمی‌کند و طبقه ناپایداری پایین کمترین مسافت جاده را در هر دو مدل دارد.

نتایج فوق و نیز یافته‌های سایر پژوهشگران، دقت ارزیابی مدل‌ها را نشان می‌دهد. با وجود این از آنجا که در مدل تحلیل سلسله مراتبی، ۷۳ درصد لغزش‌ها در طبقات با ناپایداری بالا و خیلی بالا قرار دارند، اما در مدل وزن‌دهی در همین طبقات حدود ۴۶ درصد لغزش‌ها رخ داده‌اند، پس نتیجه این که مدل تحلیل سلسله مراتبی مناسب تر از مدل وزن‌دهی برای پهنه بندی خطر زمین‌لغزش در مسیر مطالعه شده است. مزایای تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان یک روش نیمه کمی (ناصر بای،۴:۱۳۸۶) این است که در آن عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش‌ها در ابتدای کار به طرز منطقی‌تری وزن دهی شده و عوامل مختلف به ترتیب اهمیت‌شان اولویت‌بندی می‌شوند. از طرفی امتیازدهی طبقات هر عامل ساده‌تر بوده، مراحل کار را چندین بار می‌توان تکرار نمود تا به نتایج بهتر دست یافت. در نهایت مدلی که به دست می‌آید در آن دخالت عوامل متعددی در نظر گرفته شده است که از این طریق نیز دقت بیشتری در کار پهنه‌بندی وجود خواهد داشت. از دیگر مزایای این روش، انجام ساده‌تر آن با استفاده از ابزارهای GIS می‌باشد. از طرفی اعمال مدل نهایی در واحدهای همگن به‌طرز ساده‌تری انجام می‌گیرد (احمدی و همکاران، ۳۳۴:۱۳۸۲).

در میان عوامل مشترک مؤثر بر زمین لغزش بعد از عامل فاصله از جاده، عامل سنگ شناسی بیشترین تأثیر را دارد. به‌طوری‌که ۶۴/۷ درصد زمین لغزش‌ها در واحد شیل، مارن و رس رخ داده است. این واحدها (در ترانشه‌های مشرف به جاده به‌دلیل خاکبرداری) از دو بخش بالایی و زیرین تشکیل شده است. بخش زیرین از سنگ‌های سخت و نفوذ ناپذیر و بخش بالایی از این واحدهای سست ریزدانه و نفوذپذیر می‌باشد. سنگ‌های سخت باعث کاهش نفوذ آب حاصل از ذوب برف و بارش باران می‌شود و

آب حاصل پس از عبور از لایه‌های نه چندان ضخیم به این سنگ های نفوذناپذیر رسیده، باعث آغشته شدن رسوبات سست و ناپیوسته فوقانی می‌شود. در نتیجه نیروی ثقل بر روی دامنه‌ها، به صورت زمین لغزش در می‌آید. شیب، عامل مهمی در وقوع زمین‌لغزش در جاده سنندج-مریوان می‌باشد. شیب ۲۰-۰ درصد بیشترین سطوح واحدهای لغزشی (۴۴/۳درصد) را در محدوده مطالعه شده دارد. به نظر می‌رسد درشیب‌های بیشتر از این مقدار به‌دلیل تضعیف فرایند تولید رسوب ریزدانه و استحکام رسوبات منفصل، احتمال وقوع زمین لغزش کاهش می‌یابد. بیشترین اثر زمین لغزش در متغیر جهت دامنه، مربوط به جهات شمال، شمال غربی و غرب (۵۲ درصد) وکم اثرترین جهات مربوط به جنوب و جنوب شرقی (۳/۱ درصد) می‌باشد و این نشان می‌دهد که جهات شمالی و غربی به‌دلیل برخورداری از رطوبت بیشتر دارای استعداد بیشتر و دامنه‌های رو به جنوب به دلیل حداکثر جذب انرژی و حداقل آب باقیمانده در خاک استعداد کمتری در وقوع زمین لغزش دارند. بارش ۷۰۰ میلی‌متر به بالا مقدار بارشی است که رویکرد زمین لغزش‌ها را تسریع می‌کند. و این مقدار بارش (۶۷/۲ درصد) در مناطقی باریده است که با مناطق وقوع لغزش‌ها انطباق کامل نشان می‌دهد. در متغیر فاصله از شبکه آبراهه ۲۸/۳، درصد زمین لغزش‌ها در فاصله صفر تا ۱۰۰ متری به وقوع پیوسته‌اند. همچنین ۵۶/۵ درصد زمین لغزش‌ها در فاصله صفر تا ۵۰۰ متری گسل ها رخ داده‌اند. این دو متغیر تأثیر چندانی در وقوع لغزش نداشته و وابسته به دیگر متغیرها می‌باشد.

منابع

احمدی، محمد. ۱۳۸۵. پژوهشی در عوامل موثر در ناپایداری دامنه‌ای با استفاده از فناوری GIS، رساله دکتری، دانشگاه تبریز.

احمدی، حسن، اباذر اسمعیلی، سادات فیض‌نیا و محسن شریعت جعفری. ۱۳۸۲. پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره و تحلیل سلسله‌مراتبی: مطالعه موردی حوضه آبخیز گرمی چای، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۶، شماره ۴.

اونق، محمد. ۱۳۸۳. مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه نرماب، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران.

ایزانلو، اسماعیل . ۱۳۸۶. بررسی داده‌های سنجش از دور و GIS برای پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای در حوضه آبریز رودخانه بیدواز، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

باخویشی، کاوه. ۱۳۸۳. مطالعات حرکات دامنه‌ای (با تاکید بر زمین لغزش) در جاده مریوان - کامیاران از سه راه دگاگاتا تا کامیاران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

بای، ناصر، میررحیمی، سیدمحمود. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از AHP، مجله آمایش، شماره ۳.

حائری، سیدمحسن و محمدحسین ستاری. ۱۳۷۵. زمین‌لغزش در مناطق زلزله‌خیز با تاکید بر زمین لغزش‌های گیاش وییلاق‌برەسر، ناشر بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، چاپ اول.

دانشمندی، اسماعیل. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل متغییرهای ژئومورفولوژیک موثر در مدیریت جاده‌ای، پایان‌نامه دکتری دانشگاه تهران.

ریاضی، برهان، نعمت‌اله کرمی، محمود کرمی، بنفشه هوشیاردل. ۱۳۸۵. بررسی اثرات حمل و نقل جاده‌ای و ریلی بر حیات‌وحش جانوری و ارائه رهنمودهای لازم، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره۳.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ منطقه کردستان.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۲۰۰۸. تصاویر ماهواره‌ای پانکروماتیک سنجنده IRS.

سازمان زمین‌شناسی کشور، کتابچه نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ سنندج و کرمانشاه.

سازمان نقشه‌برداری کشور، عکس‌های هوایی منطقه ۱:۵۰۰۰۰ کردستان.

شادفر، صمد، مجتبی یمانی، جمال قدوسی. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چالکرود تنکابن) مجله پژوهش سازندگی در منابع‌طبیعی، شماره ۵۷.

عمادالدین، سمیه. ۱۳۸۶. ژئومورفولوژی حوضه گرمابدشت با تاکید بر حرکات دامنه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران.

فلاح تبار، نصراله ۱۳۷۹. تاثیر برخی عوامل جغرافیایی بر راه‌های کشور، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸.

قدسی پور، سیدحسن. ۱۳۸۷. فرآیند تحلیل سلسله مراتبیAHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ ششم.

کلارستاقی، عطاله، محمودحبیب‌نژاد و حسن احمدی. ۱۳۸۶. مطالعه وقوع زمین لغزش‌ها در ارتباط با تغییر کاربری اراضی و جاده ساری، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره۶۲.

گرایی، پرویز. ۱۳۷۵. بررسی حرکت‌های توده‌ای به منظور ارائه مدل پهنه‌بندی خطر در حوزه لاجیم رود تجن، پایان کارشناسی‌ارشد، دانشگاه مازندران.

محمودی، فرج ا... ۱۳۷۸. مطالعه و بررسی رانش و ناپایداری دامنه‌ای مسیر سنندج- مریوان (نگل تا قلعه‌جی) قسمت ژئومورفولوژی، انتشارات اداره راه وترابری .

نظری، داریوش. ۱۳۸۶. نقش حمل و نقل در توسعه پایدار، راه ابریشم سال دوازدهم، شماره ۸۵.

Gruber, S., Huggel, C., and Pike, R. 2009. *Developments in Soil Science*. V 33, ISSN: 0166-2481.

Gil, David. *SRTM30 Download Site by David Gil. DG ADVANCED*. Web. 25 June 2011. <http://www.dgadv.com/srtm30/>.

Kanungo, D.P, Arora, M.K., Sarkar, S., and Gupta, R.P. 2006. *A Comparative Study of Conventional, ANN, Black Box, Fuzzy and Combined Neural and Fuzzy Weighting Procedures for Landslide Susceptibility Zonation in Darjeeling Himalayas*. Engineering Geology, 85, 347-366.

Komac, M., 2006. *A Landslide Susceptibility Model Using the Analytical Hierarchy Process Method and Multivariate Statistics in Perialpine Slovenia*. Geomorphology, 74: 17–28.

Larsen .M.C., and Parks. J.E. 1997. *How Wide is a Road? The Association of Roads and Mass Wasting in a Forested Montana Environment*. Earth Surface Processes and Landforms Vol, 22, pp: 835-848.

Montgomery, D.R. 1994. *Road Surface Drainage, Channel Initiation, and Slope Instability. Water Resource*. RES., 30: 1925-1932.

Sarkar, S., and Kanungo, D. 2003. *Landslides in Relation to Terrain Parameters*. A Remote Sensing and GIS approach, www.gisdevelopement.net.

راهنمای تهیه مقاله برای مجله مکان

مکان مجله تخصصی جغرافیا و آمایش سرزمین مقالات تحقیقی، مروری و نقد و بررسی مقاله و کتاب در زمینه‌های جغرافیا و آمایش سرزمین و علوم وابسته به آن را می‌پذیرید. مقاله‌ای برای چاپ پذیرفته خواهد شد که متن کامل آن قبلاً در هیچ مجله یا نشریه‌ای منتشر و نیز برای چاپ به سایر مجلات ارائه نگردیده باشد. مقالات ارسالی می‌تواند به زبان فارسی و یا انگلیسی (با شرایط خاص) باشد ولی چکیده باید به هر دو زبان تهیه شود. در مقالاتی که دارای چند مولف هستند ترتیب اسامی و حقوق نویسندگان بر عهده ارسال‌کننده مقاله خواهد بود. مسئولیت هر مقاله از نظر علمی بر عهده نویسنده(گان) خواهد بود و در هیات تحریریه و داوران مجله در رد یا قبول و حک و اصلاح مقالات آزاد می‌باشند.

مقاله تحقیقی، مقاله‌ای است حاصل تحقیق و مستند به نتایج پژوهش‌های انفرادی یا جمعی، مقاله مروری شامل ارزیابی و نقد نوشته‌هایی می‌باشد که در مجلات و کتب مختلف علمی در همان زمینه به چاپ رسیده است. در این نوع مقالات، نویسنده کارهای پژوهشی گذشته را جهت روشن شدن وضعیت فعلی مسئله، طرح و مورد بررسی قرار می‌دهد و سپس ارتباطات، تناقض‌ها و محدودیت‌های موجود را بیان نموده و سرانجام پیشنهادهای خود را ارائه می‌کند. نقد و بررسی مقالات قبلی چاپ شده در مجله و مردر و بررسی کتاب‌های چاپ شده نیز پذیرفته می‌شود.

هر مقاله تحقیقی باید دارای عنوان، چکیده فارسی، واژه‌های کلیدی به فارسی، مقدمه و طرح مسئله، چهارچوب نظری و روش تحقیق، متن مقاله و نتیجه، منابع، چکیده انگلیسی واژه‌های کلیدی به انگلیسی باشد و اصول زیر در آن رعایت شود:

۱) عنوان مقاله کوتاه و گویا باشد و از ۱۵ واژه تجاوز نکند.

۲) هر مقاله باید دارای یک برگ مشخصات مقاله شامل نام و نام‌خانوادگی نویسنده (گان)، مرتبه علمی و نشانی به هر دو زبان فارسی و انگلیسی، شماره تلفن و فاکس و پست‌الکترونیکی باشد.

۳) چکیده باید محتوای مقاله را بازگو نماید و بیان روش‌ها، در بردارنده نتایج و اهمیت کاربرد نتایج بوده و تمام آن در یک پارگراف و حداکثر در ۱۵ سطر (حدود ۲۵۰ واژه) نوشته شود، چکیده انگلیسی باید ترجمه کامل چکیده فارسی باشد.

۴) واژه‌های کلیدی در ۳ تا ۵ واژه بلافاصله بعد از چکیده‌های فارسی و انگلیسی آورد شود.

۵) مقدمه باید شامل طرح مسئله، سوابق کار و توجیه اهمیت تحقیق باشد. اهداف مطالعه بطور شفاف در انتهای مقدمه ذکر گردد.

۶) مواد و روش‌ها شامل وسایل کار، طرح آماری، نحوه داده‌سازی و شیوه اجرای پژوهش باید مشخص و روشن بیان شود.

۷) نتایج و بحث شامل درج یافته‌های تحقیق، بحث مستدل (با مرجع) و نتیجه‌گیری خواهد بود. نتایج و بحث را می‌توان با هم یا جداگانه تدوین کرد. شکل‌ها و جداول در نتایج و بحث نباید دارای اطلاعات مشابه یا تکراری باشند، داده‌های جدول نباید به‌صورت منحنی یا نمودار (به استثنای نقشه) تکرار شوند.

۸) در صورت ضرورت، تشکر و قدرانی از موسسات و افراد با عنوان "سپاسگزاری" قبل از منابع آورده شود.

۹) منابع فارسی و به‌دنبال آن منابع خارجی به‌ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی نویسندگان و نام سازمان‌ها است. از ارجاع منابع با عنوان "بی نام" خوداری شود.

۱۰) منبع مورد استفاده ممکن است کتاب، مقاله و یا نشریه باشد. در مورد کتاب باید نام نویسنده (گان)، نام کوچک (کامل)، سال انتشار، عنوان کتاب، ناشر و محل انتشار و نوبت چاپ آورده شود.

الف) کتاب

۱. اسدیان، خدیجه. ۱۳۶۵. جغرافیای دیرینه، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، چاپ دوم.

ب: کتاب به لاتین (رجوع به کل صفحه)

1. Dunbar Carl, O. 1963. Histological Geography. 2nd. Edition. John Wiley and Son, NewYork.

ج: کتاب به لاتین (صفحه‌های مورد استفاده)

1. Dunbar Carl, O. 1963. Histological Geography. 2nd. Edition. John Wiley and Son, NewYork. Pp: 323-235

۱۱) برای مقالاتی که فصلی از یک کتاب با نویسنده(گان) مجزاست، مانند مجموعه مقالات، همایش‌ها، به این ترتیب عمل شود: نام نویسنده(گان)، سال انتشار، عنوان مقاله، شماره صفحات، نام نویسنده(گان) (ادیتورها) کتاب، نام کتاب، ناشر و محل انتشار.

۱۲) منبع مقاله باید شامل نام نویسنده(گان) سال انتشار، عنوان مقاله، نام مجله کامل یا به اختصار، جلد (شماره) مجله و شماره صفحات مقاله باشد.

مقاله لاتین:

2. Archer ,T.L, and Bynm, Jr. E.D. 1992. Economic injury level for Russian wheat farms. J. of Econ. Entomology: 987-992.

۱۳) اگر منبع نشریه چاپ شده با نام یک موسسه است، نام موسسه، سال انتشار، عنوان نشریه و محل انتشار باید ذکر شود.

۱۴) برای ارجاع به منابع در متن تنها نام خانوادگی نویسنده و سال انتشار منبع فارسی و شماره صفحه نوشته شود. اگر تعداد نویسندگان بیش از دو نفر باشد، فقط به ذکر نام نویسنده اول و سپس "همکاران" و یا بصورت لاتین (, et al) اکتفا شود.

۱۵) کتاب ترجمه‌ای: نام خانوادگی، حرف اول نام نویسنده، سال انتشار، عنوان‌کتاب، نام مترجم، محل نشر

۱۶) پایان‌نامه: نام خانوادگی، نام نویسنده، سال انتشار، عنوان پایان‌نامه، مقطع تحصیلی پایان‌نامه، نام دانشکده و دانشگاه.
۱۷) از بکار بردن کلمات خارجی غیر از اسامی علمی در متن خودداری و در صورت نبودن معادل فارسی فراگیر، آنها را به فارسی نوشته و اصل کلمه با ذکر شماره‌های بدون پرانتز در قسمت بالای سمت چپ کلمه، به زیرنویس در همان صفحه ارجاع داده شود.
۱۸) اسامی لاتین در تمام مقاله با حروف ایتالیک یا مورب تایپ شوند.
۱۹) عناوین جدول‌ها در بالا و عناوین شکل‌ها در زیر آنها نوشته شود. مواردی مثل نمودار، عکس و نقشه، تنها با عنوان شکل درج شود. همه اعداد، واحدها و مقیاس‌ها در جدول‌ها و شکل‌ها و سایر قسمت‌های مقاله باید به فارسی باشند. واحدهای استفاده شده در مقاله باید در سیستم متریک باشد.
۲۰) مقاله باید در نرم‌افزار word ۲۰۰۷ و حداکثر در ۲۰ صفحه با مشخصات ذیل تایپ شود:
.B Nazanin، حاشیه ۲/۵ سانتی‌متر از لبه‌ها و فاصله خطوط ۱/۵ و فونت سایز ۱۲ A4سایز صفحه
۲۱) نسخه اصل شکل‌ها پس از داوری اولیه به همراه مقاله اصلاح شده ارسال گردد. ممکن است برای چاپ شکل‌ها کوچکتر شوند. بنابراین نوشته‌ها و اعداد روی شکل‌ها باید درشت و کاملاً خوانا باشد.
۲۲) عکس‌ها باید دارای مقیاس باشند و در صورت اقتباس از منبع دیگر ذکر گردد.
۲۳) به نویسندگان توصیه می‌شود برای تسریع چاپ مقاله خود و بهبود کیفی مقاله چاپ شده (به‌علت جلوگیری از اشتباهات احتمالی به هنگام تایپ و تصحیح مجدد مقاله در مجله را به همراه مقاله اصلاح شده CDآن را نیز ارسال کنند.
۲۴) مسئول مکاتبه هر مقاله لازم است توسط نویسنده(گان) مقاله قبل از ارسال به این دفتر مشخص گردد و هرگونه مسئولیتی در رابطه با مقاله با شخص مکاتبه‌کننده است.
۲۵) دانشجویان دوره کارشناسی‌ارشد و دکترا لازم است قبل از ارسال مقاله با استاد راهنما هماهنگی و مشاوره لازم را به عمل آورند.
۲۶) مقالات دریافت شده برگردانده نمی‌شود و هیات تحریریه در رد، تلخیص و ویرایش مطالب آزاد است.
۲۷) مسؤولیت صحت و سقم مقاله به عهده نویسنده است.
۲۸) لازم است نشانی کامل نویسنده مقاله، سمت و مرتبه علمی، Email و شماره تماس قید شود.
۲۹) نویسندگان محترم درنقل قول مستقیم از مراجع دیگر اصل مطلب نقل شده را داخل گیومه (" ") قرار دهند.

نویسندگان محترم می‌توانند مقالات خود را به آدرس ذیل ارسال نمایند:
گرگان، خیابان شهید بهشتی، دانشگاه گلستان، دانشکده علوم انسانی
صندوق پستی: ۱۵۵، کدپستی: ۴۹۱۳۸-۱۵۷۴۹ و یا
پست الکترونیک: mag.makan@gu.ac.ir

فهرست داوران مقالات مجله مکان

جلد اول / شماره اول / پاییز ۱۳۹۰

دکتر نادر بیرودیان، دکتر صدیقه لطفی، دکترجعفر میرکتولی، دکتر اسدا... دیوسالار، دکترعلی‌اکبر نجفی‌کانی، دکتر علیرضا خواجه شاهکوهی، دکتر مصطفی‌قدمی، دکتر شعبان شتایی، دکتر واحد بررى شیخ، دکتر عبدالعظیم قانقرمه، دکتر نصرا.. مولایی هشتجین، دکتر علیرضا کشوردوست، دکتر شهرام روستایی، دکتر اسماعیل شاهکوئی، دکتر موسی اکبرلو، دکتر رحیم بردی آنا مرادنژاد، مهندس اسماعیل مهاجر، دکترحسین جهان تیغ