

## ”کاربرد مدل‌های رقومی ارتفاع (DEM) در کاهش بلایای طبیعی در جاده‌ها“

### مطالعه موردی: جاده چالوس از سد کرج تا تونل کندوان

دکتر منیژه قهرودی تالی

استادیار جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت معلم تهران

#### چکیده

مدل‌های ارتفاعی که تبیین رقومی از تغییرات پیوسته مربوط به پستی و بلندی‌ها می‌باشند، قادرند که جاده‌ها را در یک موقعیت واقعی نمایش دهند و امکان مدیریت روی جاده‌های کوهستانی را تسهیل بخشند. همچنین این مدل‌ها قادرند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پتانسیل خطرات طبیعی را محاسبه نمایند و از این طریق در کاهش بلایای طبیعی جاده‌ای سودمند باشند. این تحقیق جاده چالوس از کرج تا کندوان را - که حوادث بی شماری در مسیر آن رخ می‌دهد - انتخاب نموده است. چون این قسمت جاده در حوضه آبریز سد کرج (امیرکبیر) واقع شده است لذا از مدل ارتفاعی (DEM) این حوضه که از تصاویر راداری (SRTM) استخراج شده، استفاده گردیده است. از این مدل لایه‌های پستی و بلندی (Hillshade) استخراج گردیده و لایه‌های منحنی میزان، شبکه زهکشی، شیب، جهت شیب، مسیر بزرگترین شیب و ... تهیه شده است همچنین این قسمت جاده از نقشه ۱/۵۰۰۰۰ استخراج و پس از زمین مرجع کردن آن در مجموعه لایه‌های فوق قرار گرفته است و پس از تحلیل، پتانسیل خطرات طبیعی در مسیر این جاده را ارزیابی نموده است.

واژگان کلیدی: جاده، جاده چالوس، حوادث طبیعی جاده‌ای، مدل‌های ارتفاعی، بهمین.

## مقدمه

ایران کشوری، کوهستانی است و مسافت جاده‌هایی که از محورهای کوهستانی عبور می‌کنند، قابل ملاحظه است. جاده‌های کوهستانی ایران اکثر حوادث جاده‌ای اعم از حوادث رانندگی یا حوادث ناشی از مخاطرات طبیعی را به خود اختصاص می‌دهند. جاده چالوس، به‌ویژه از کرج تا تونل کندوان، نیز از جمله جاده‌هایی است که حجم زیادی از حوادث رانندگی و بلایای طبیعی از جمله ریزش کوه و سقوط بهمن را شامل می‌شود. لذا توجه به کاهش مخاطرات طبیعی این جاده ضروری می‌باشد.

در این پژوهش مسیر جاده از سد کرج تا قبل از تونل کندوان مورد بررسی قرار گرفته و در این بررسی با تأکید بر مدل‌های ارتفاعی، داده‌های اقلیمی و تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی نیز به‌کار گرفته شده است.

## منابع داده و روش تحقیق

این تحقیق به منظور تعیین پتانسیل خطر در قسمتی از جاده چالوس براساس توانمندی‌های مدل‌های ارتفاعی طی مراحل زیر انجام شده است.

مدل رقومی ارتفاع براساس تصاویر ماهواره ای SRTM تهیه شده است این ماهواره The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) که پروژه مشترک بین National Aeronautics and Space و Geospatial-Intelligence Agency(NGA) Administration(NASA) می‌باشد بین ۱۱ تا ۲۲ فوریه فعال بوده است. محصول این ماهواره داده‌های توپوگرافی از ۸۰٪ کره زمین می‌باشد. به‌عبارت دیگر بین ۶۰ درجه شمالی و ۵۶ درجه جنوبی داده‌های ارتفاعی را برداشت نموده است.

نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ که در جدول ۱ آمده است، به‌عنوان نقشه‌های پایه در نظر گرفته شد و توسط مدل ارتفاعی سه بعدی گردید. که شکل ۱ موقعیت جاده چالوس را روی آن نشان می‌دهد.

### جدول ۱- مشخصات نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ جاده مورد مطالعه

آسارا(۶۲۶۲III)	گاجره(۶۲۶۱I)
کرج ۱(۶۲۶۱IV)	تجربش(۶۲۶۲II)

برای بررسی شرایط اقلیمی مسیر این جاده از ایستگاه‌های کلیماتولوژی و سینوپتیک در سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۸۲ استفاده شده است. وضعیت بارش و ریزش برف در مسیر جاده از درون یابی به روش وزن‌دهی براساس فاصله معکوس با توان دوم به‌دست آمده است.

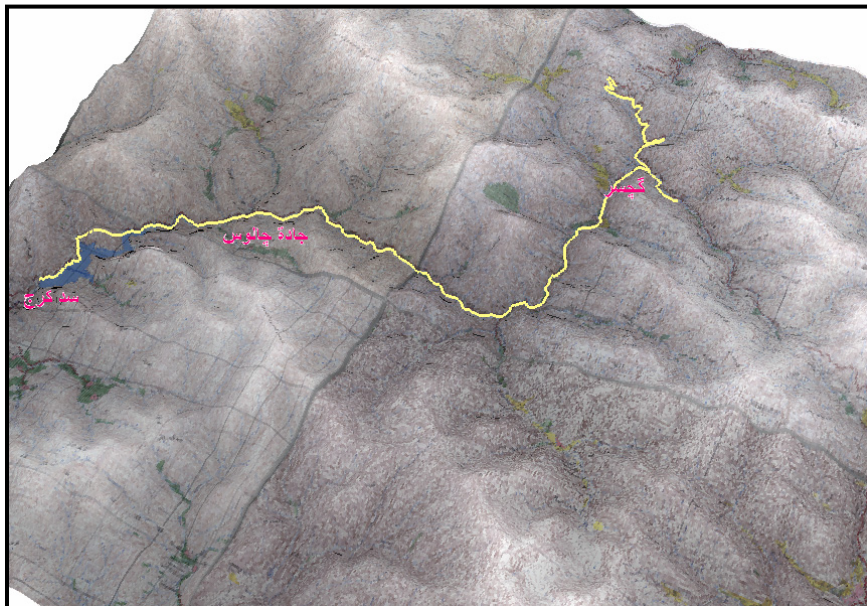
نقشه‌های توپوگرافی براساس سیستم تصویر UTM در زون ۳۹ زمین مرجع شد و مسیر جاده از آن استخراج گردید و مدل ارتفاعی SRTM در نرم افزار ArcGIS مورد بررسی قرار گرفت و لایه های TIN، ناهمواری‌ها یا سایه روشن، شیب و جهت شیب استخراج گردید و در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

برای تهیه شاخص پوشش گیاهی تصاویر IRS به کار گرفته شده است. ماهواره IRS-1D مربوط به کشور هندوستان است که در ۲۹ سپتامبر ۱۹۹۷ به فضا پرتاب شد و دارای سه سنجنده به نام های PAN، LISS-III و WIFS است. تصویر تهیه شده برای این طرح از سنجنده‌های PAN و LISS-III در تاریخ ۲۸ اگوست سال ۲۰۰۳ می‌باشد.

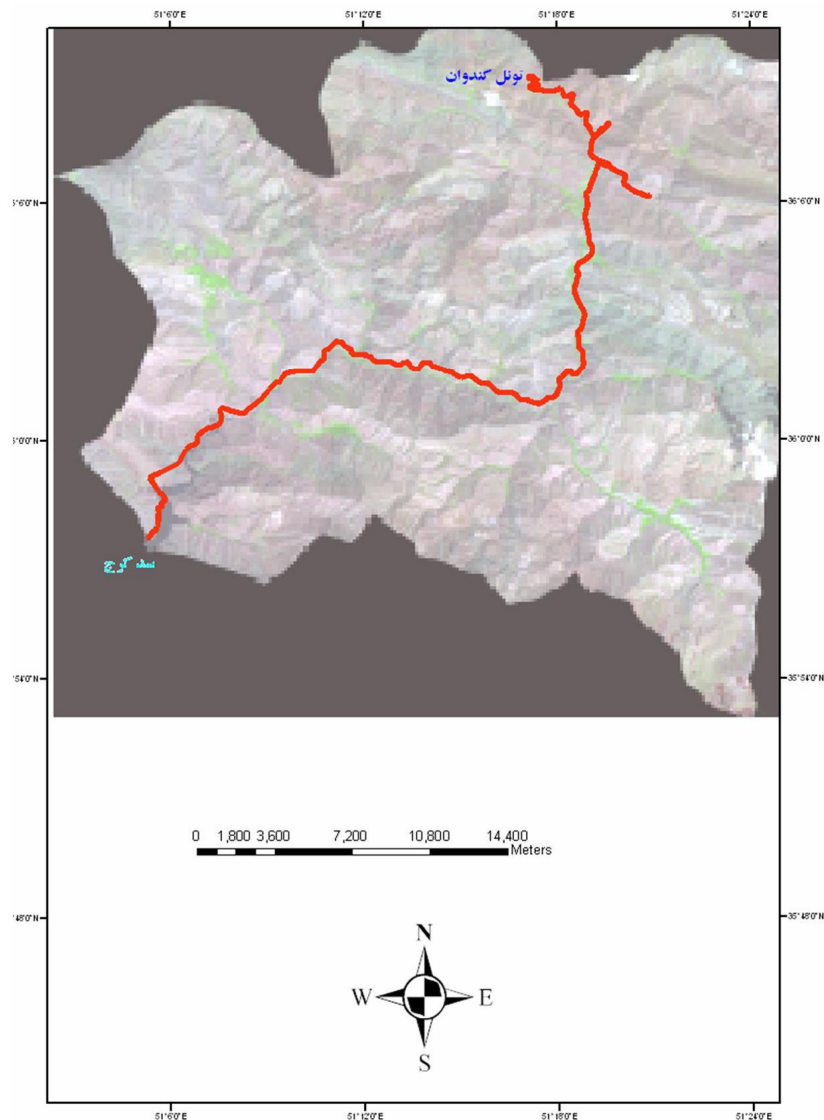
با توجه به عوامل طبیعی موثر در حوادث جاده‌ای از مدل وزنی برای تحلیل استفاده شده است.

### ۳- بررسی و تحلیل نتایج

همان‌طور که نقشه توپوگرافی که توسط مدل ارتفاعی سه بعدی شده است (شکل ۱) نشان می‌دهد، این جاده از داخل دره، نزدیک به خط‌القعر عبور نموده و تونل‌های احداثی در مسیر این جاده از قسمت انتهایی ناهمواری یا به عبارت دیگر از قسمت فرود محوری عبور می‌نماید. شرایط طبیعی این جاده بیانگر موقعیت حساس آن می‌باشد، زیرا این جاده در شرایط طبیعی بستر رود قرار گرفته است ولی چون دامنه‌های رود کرج، مشرف به بستر آن و همچنین جاده می‌باشد، این جاده دچار مشکلاتی طبیعی است که توسط محیط به آن تحمیل شده است. از جمله پدیده‌های موجود در این جاده به‌ویژه از سد کرج تا تونل کندوان، حرکات دامنه‌ای می‌باشد. دامنه‌های مشرف به این جاده دارای شیب تند، سنگ‌های شکسته که دارای درز و ترک بی‌شماری هستند. برف گیر بودن دامنه‌ها در زمستان و جریان‌های ناشی از ذوب برف در بهار و تابستان و در نتیجه افزایش فشار دامنه از یک طرف و کاهش مقاومت دامنه به فشار وارده به دلیل زیر بری دامنه توسط جاده باعث افزایش تنش برشی در دامنه شده و دامنه را مجبور به سقوط مواد روی آن می‌کند و جاده دچار حوادث ناشی از ریزش و لغزش مواد می‌شود.

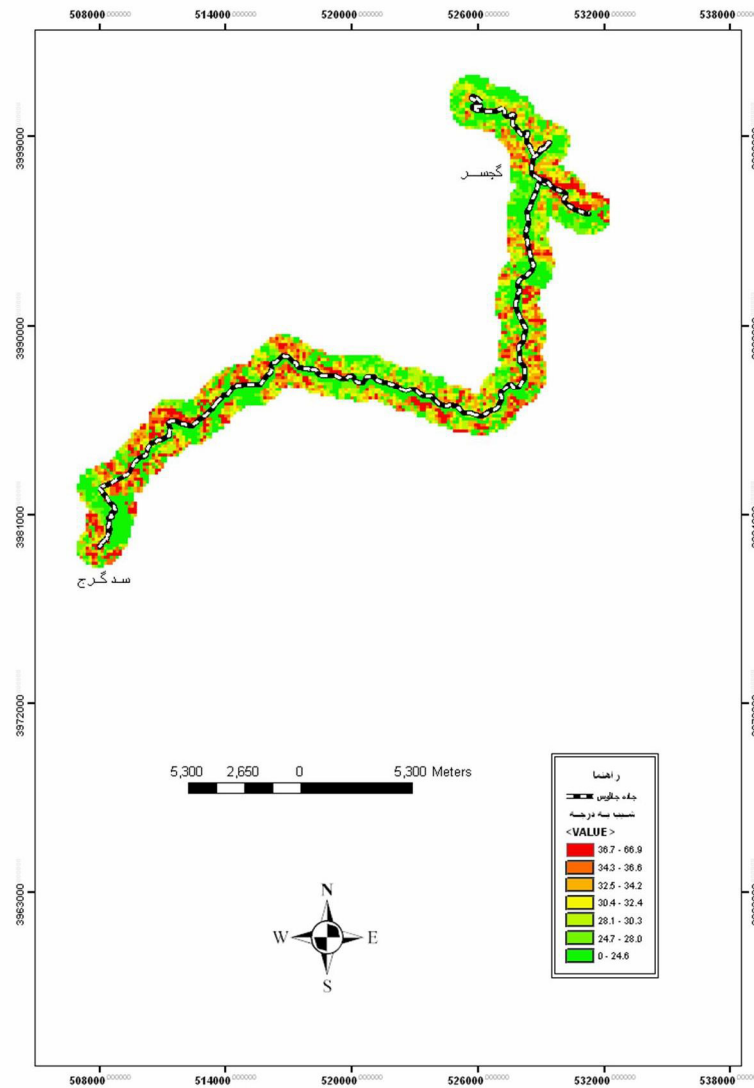


شکل ۱- موقعیت جاده در مدل ارتفاعی SRTM

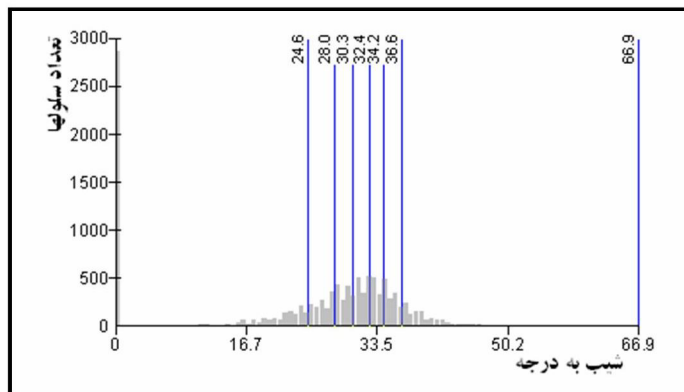


شکل ۲- موقعیت جاده چالوس در تصویر IRS

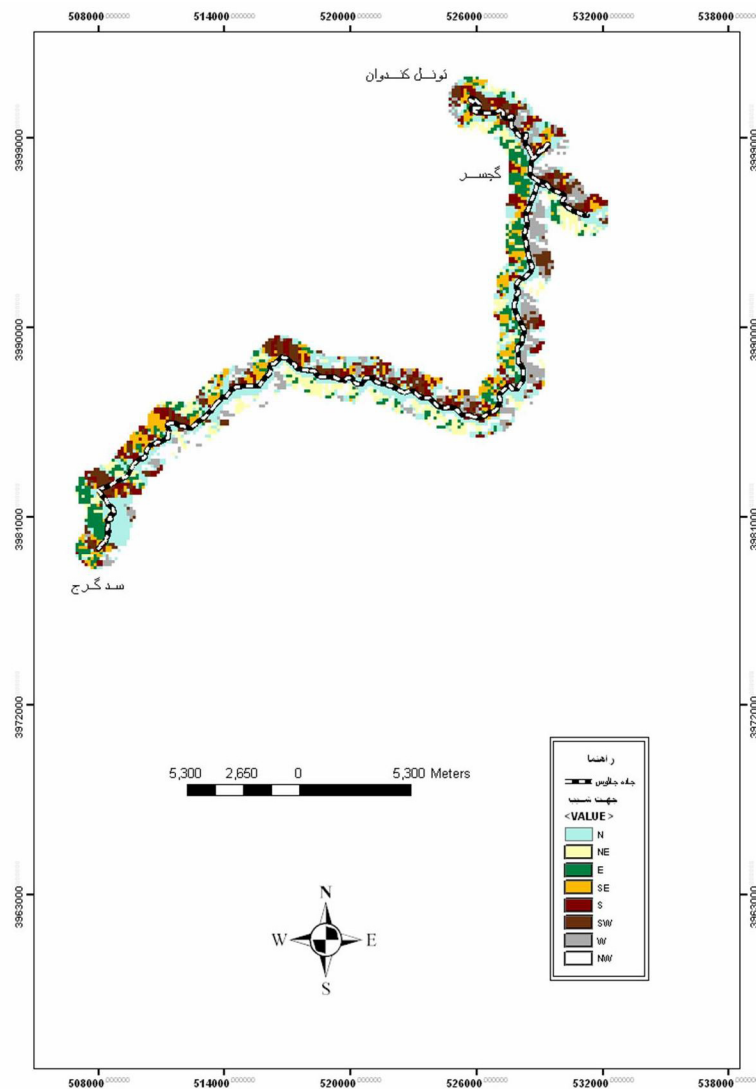
سقوط بهمن از جمله پدیده‌های فعال در مسیر این جاده می‌باشد، زیرا کوه‌های مشرف بر جاده براساس آمار برف سنجی از اواخر آبان تا اواسط اردیبهشت ماه بارش خود را به صورت برف دریافت می‌کند و براساس مطالعات انجام شده (قهرودی، ۱۳۸۴، ۳۳) دمای ۳ درجه سلسیوس دمای ذوب برف می‌باشد که از ماه آذر تا فروردین دامنه‌های مشرف به جاده وارد قلمرو ذوب نمی‌شود، لذا خطر سقوط بهمن طی ماه‌های فوق افزایش می‌یابد و هنگامی که ذوب برف‌ها فرا می‌رسد و احتمال سقوط بهمن کاهش می‌یابد به دلیل افزایش فشار آب منافذ و شکاف سنگ‌ها، احتمال وقوع زمین لغزش فزونی می‌یابد، هنگامی که ذوب برف‌ها به اتمام می‌رسد و دامنه‌ها خشک می‌شود، دما شکافتگی فعال شده و زمینه را برای ریزش فراهم می‌سازد و اغلب اوقات همه فرایندها با شیب تند دامنه و جهت آن به سوی جاده سبب تشدید حوادث طبیعی و افزایش تصادف‌ها می‌شود.



شکل ۳- لایه شیب در قسمتی از جاده چالوس

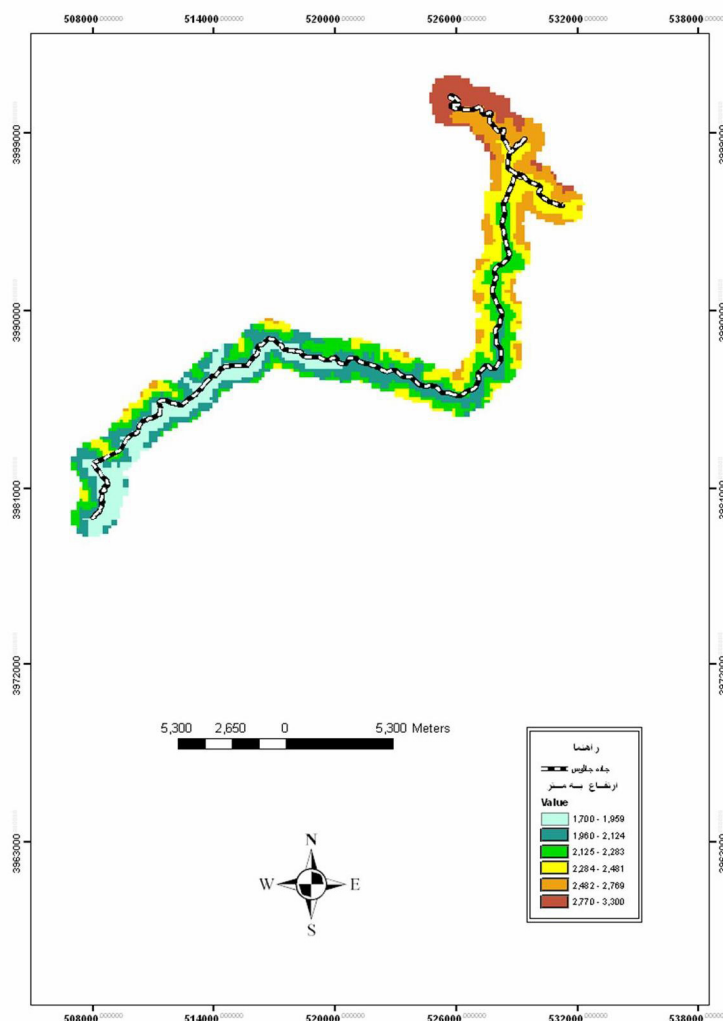


شکل ۴- نمودار توزیع و طبقه بندی شیب



شکل ۵ - لایه جهت شیب قسمتی از جاده چالوس

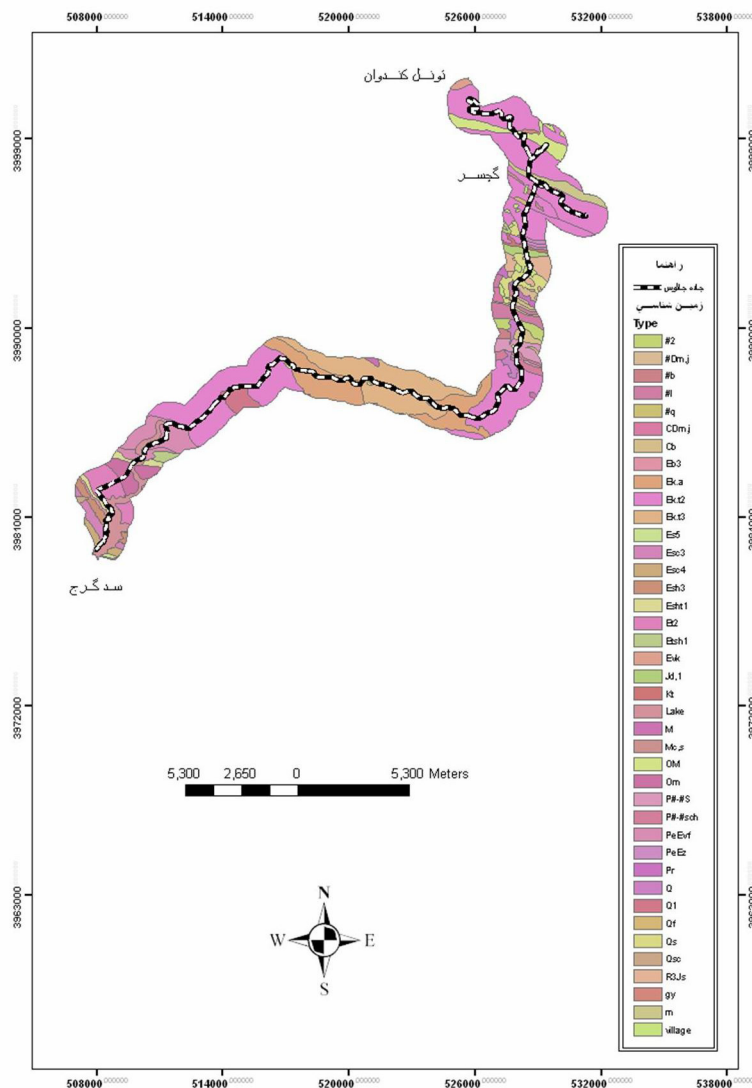
به منظور بررسی پتانسیل خطر در اطراف جاده مورد مطالعه بافری به عرض ۱۰۰۰ متر ایجاد شد تا اطراف جاده به این عرض از هر طرف بررسی گردد. براساس لایه بافر مدل ارتفاعی برش زده شد و در محدوده این بافر مساحت مورد بررسی ۱۰۰۱۳،۸۳ هکتار است که شامل ۱۱۳۳۳ سلول به ابعاد ۹۴ متری می‌باشد. شیب زمین در بافر اطراف جاده محاسبه گردید (شکل ۳) و توزیع آن مورد بررسی قرار گرفت. (شکل ۴) از این لایه استنباط می‌شود که شیب توپوگرافی زمین در اطراف این جاده بیش از ۶۰٪ می‌باشد به طوری که میانگین شیب ۲۳ درجه می‌باشد. به عبارت دیگر میزان شیب اکثر دامنه‌ها بین ۲۰-۴۰ می‌باشد که بیانگر دامنه‌هایی است که دارای پتانسیل تولید شیب رفت می‌باشد و فاکتور ایمنی در دامنه‌های مشرف به این جاده پایین است. براساس بافر مذکور جهت شیب نیز در عرض ۱۰۰۰ متری تعیین گردید. (شکل ۵) با توجه به این لایه



شکل ۶- لایه تغییرات ارتفاع در قسمتی از جاده چالوس

بخش عظیمی از اطراف این جاده به‌ویژه صبح‌ها در سایه است. دامنه‌های راست جاده بیشتر از دامنه‌های چپ جاده دارای جهت‌های شرقی می‌باشد و در نتیجه ضمن بالا بودن دمای ویژه، اختلاف دما نیز در دامنه‌های راست بیشتر می‌باشد. لذا چنین شرایطی اگر بر سنگ‌های یکپارچه منطبق گردد زمینه را برای تولید شیب رفت فراهم می‌کند. به عبارت دیگر در این مناطق امکان ریزش کوه وجود دارد. برعکس درجهت‌های غربی اگر شیب لایه‌های زمین بر شیب توپوگرافی منطبق گردد، به دلیل حضور بیشتر رطوبت، پتانسیل خطر زمین لغزش افزایش می‌یابد. از طرفی ذوب ناگهانی برف‌ها در دامنه‌های شرقی بیشتر از دامنه‌های غربی می‌باشد، در نتیجه خطر سقوط بهمن در صورت فراهم بودن شیب مناسب به‌ویژه در اواخر زمستان یا اوایل بهار که تردد در این جاده بیشتر می‌شود، از طرف دامنه‌های غربی بیشتر است.

مسیر این جاده اگر چه از داخل دره‌ها عبور می‌کند اما از ۱۷۰۰ متر تا حدود ۳۳۰۰ متر ارتفاع دارد. لذا بالا بودن ارتفاع یا به عبارت دیگر کوهستانی بودن این جاده مشکلاتی را ایجاد می‌کند. میزان ارتفاع در کاهش دما

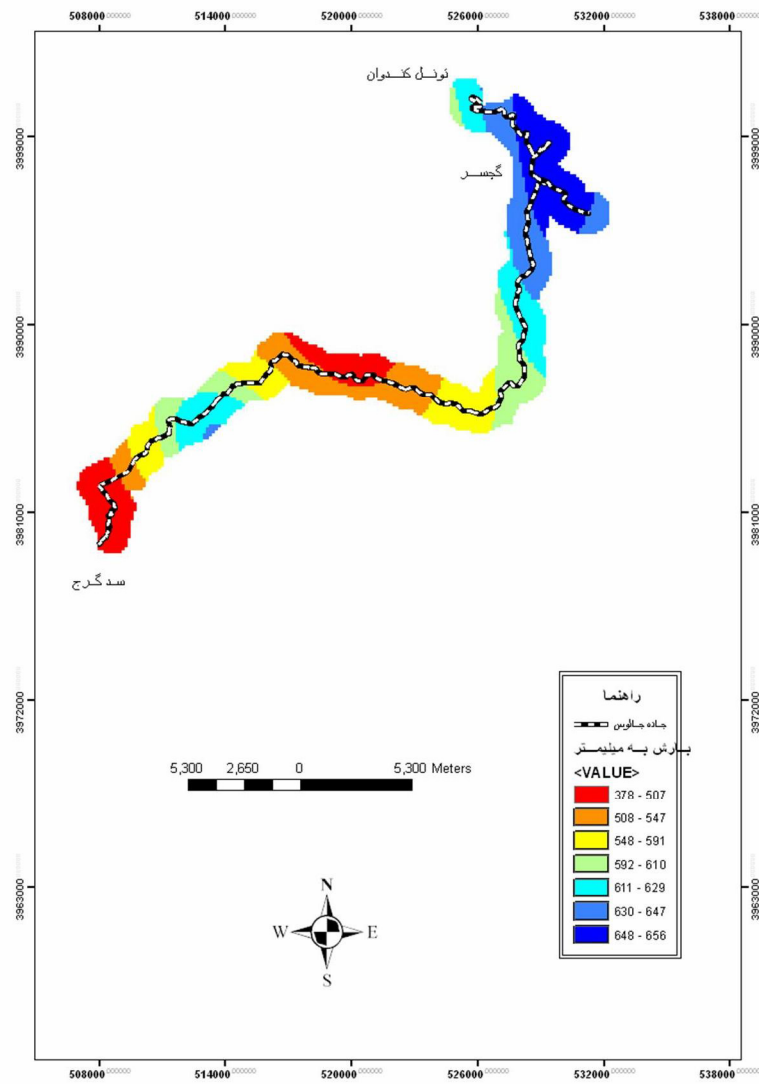


شکل ۷ - لایه زمین شناسی در قسمتی از جاده چالوس

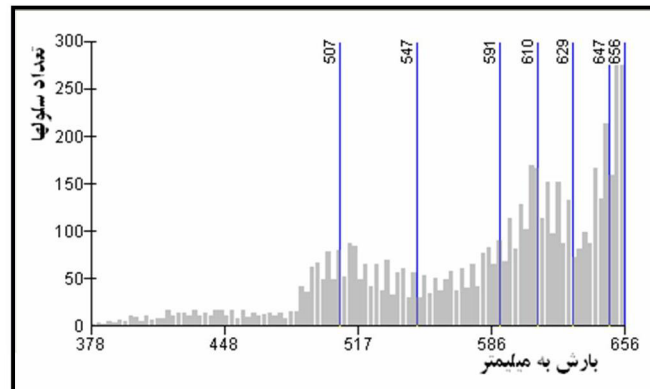
موثر است و تغییر شکل بارش از باران به برف را سبب می‌شود. همچنین در این قلمرو پدیده یخ شکافتگی فعال است که باعث متلاشی شدن سنگ‌های یکپارچه می‌شود که به صورت تکه سنگ‌ها و خرده سنگ‌ها در دامنه‌های کوهستان در ارتفاعات بالا حضور دارند. شکل ۶ تغییرات ارتفاع در محدوده ۱۰۰۰ متری از اطراف جاده را نشان می‌دهد.

برای بررسی تکتونیک و زمین‌شناسی مسیر این جاده از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰، بلده و مرزن آباد استفاده شده است و محدوده ۱۰۰۰ متری اطراف جاده از آن استخراج گردیده است. (شکل ۷) گسله‌های متعددی به طور عرضی از این جاده عبور کرده‌اند و به طور طولی از نزدیکی آن گذشته‌اند. سنگ‌های تشکیل دهنده مسیر جاده از سازند کرج می‌باشند و شامل توف، برش و خاکسترهای توف سبز رنگ، شیل‌های آهکی و

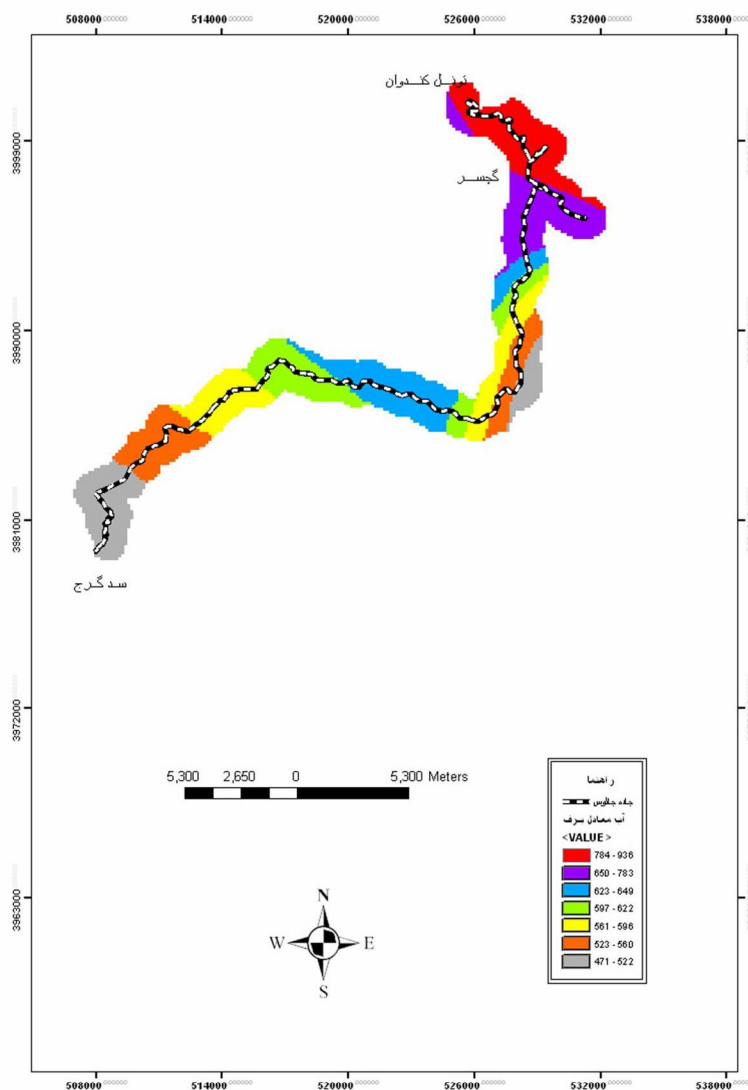




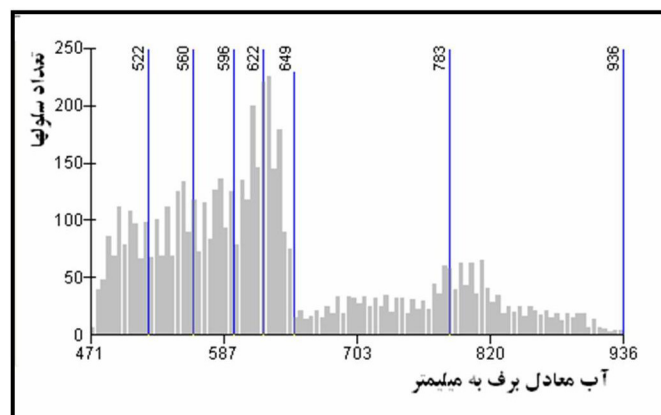
شکل ۸ - میزان بارش در قسمتی از جاده چالوس

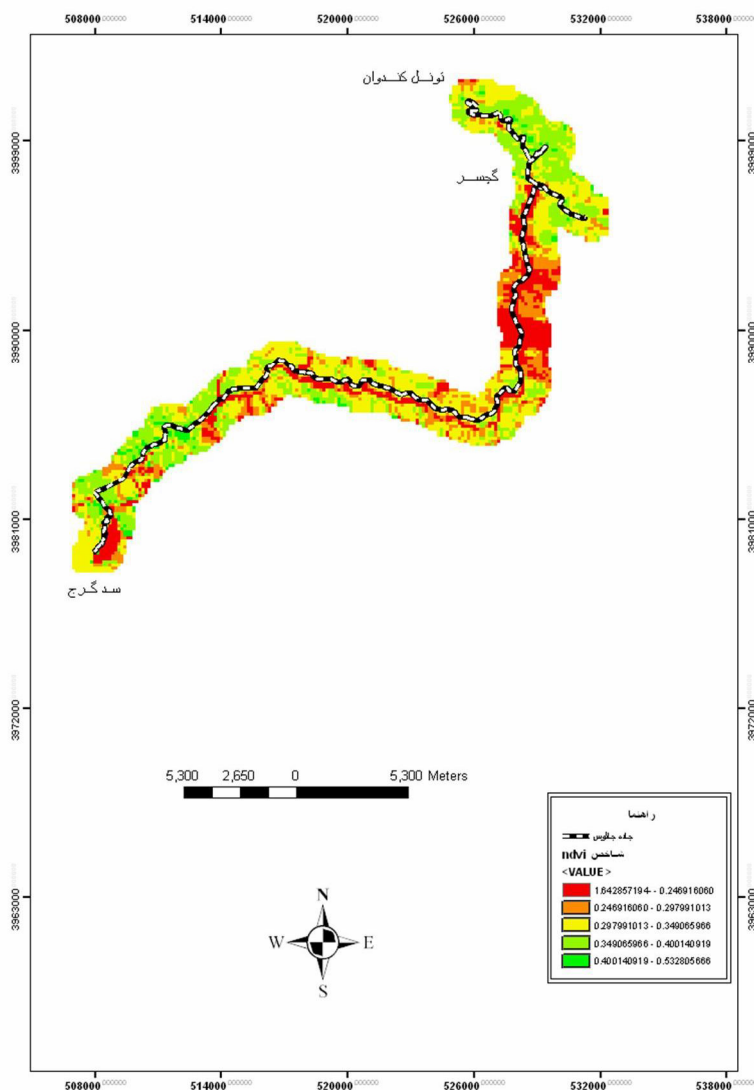


شکل ۹ - نمودار توزیع و طبقه بندی بارش



شکل ۱۰ - میزان برف در قسمتی از جاده چالوس

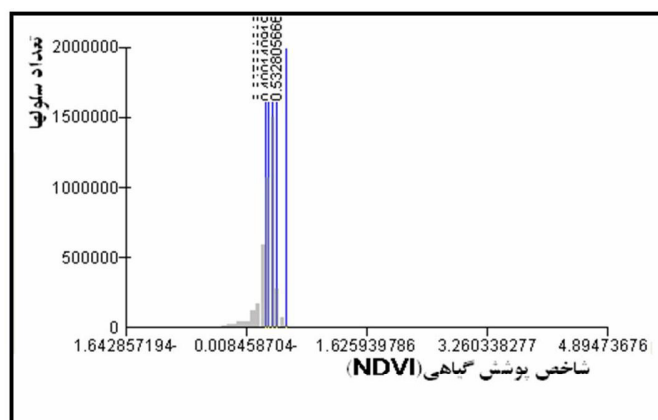




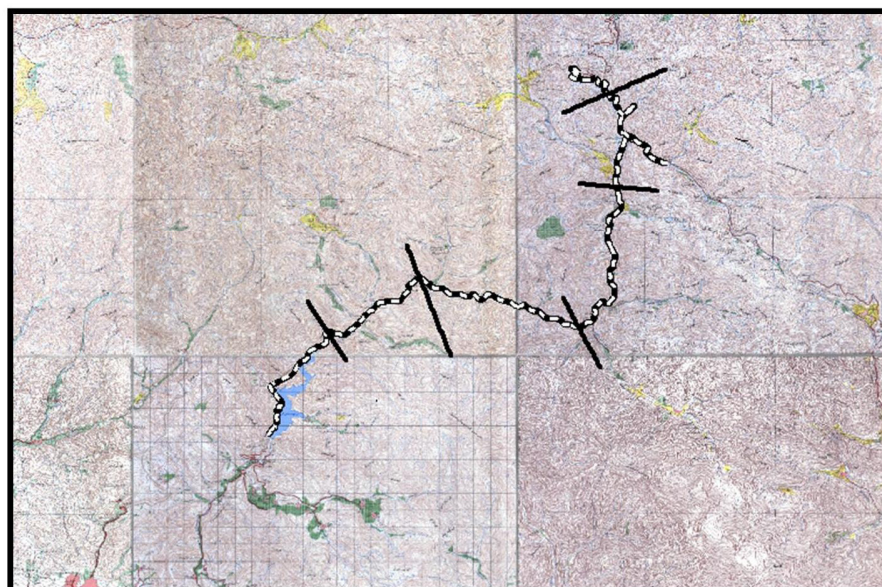
شکل ۱۲- شاخص IDVI در قسمتی از جاده چالوس

سیلیسی، گدازه‌های آندزیتی، کنگلومرا، ماسه سنگ و در بعضی نقاط سنگ آهک می‌باشد. به دلیل تنوع سنگ شناسی در مسیر جاده، هم‌چنان که شکل ۸ نشان می‌دهد، انتظار تنوع در سیستم‌های شکل‌زایی می‌رود لذا در دامنه‌های مشرف به این جاده ناپایداری با علل گوناگون دیده می‌شود که برنامه ریزی دقیق و هماهنگ را می‌طلبد.

برای بررسی شرایط اقلیمی در مسیر جاده با توجه به داده‌های بارش و برف و با به کارگیری روش درون‌یابی وزن دهی براساس توان دوم فاصله معکوس لایه‌های میزان بارش و برف تهیه شد و محدوده ۱۰۰۰ متری مسیر جاده از آن جدا گشت. (شکل‌های ۸ و ۱۰) بیشتر بارش این منطقه به شکل برف است و شرایط سختی را به ویژه در فصول سرد به این جاده تحمیل می‌کند. هم‌چنان که شکل ۷ نشان می‌دهد جاده چالوس با



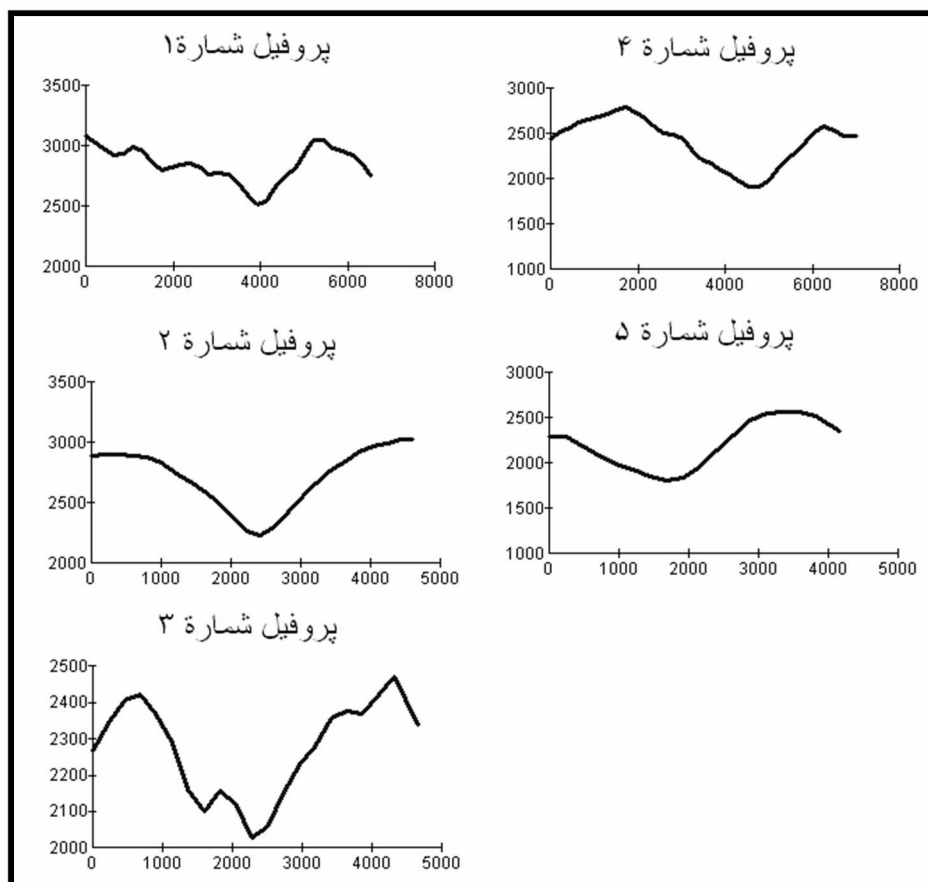
شکل ۱۳- نمودار توزیع و طبقه بندی شاخص پوشش گیاهی



شکل ۱۴ - موقعیت پروفیل‌ها در نقشه

نزدیک شدن به گچسر و دیزین میزان بارش آن افزایش می‌یابد و توزیع آن شمالی - جنوبی می‌شود. در حالیکه میزان برف چنین حالتی را ندارد و توزیع آن شرقی - غربی می‌باشد. طبقه بندی و وزن دهی میزان بارش براساس نمودار توزیع آن انجام شد ( شکل ۹) با این که میانگین بارش ۵۸۲ میلی متر است اما بیشترین فراوانی را از ۵۰۰ میلی‌متر تا ۶۵۶ میلی متر دارد. در حالی که آب معادل برف با میانگین ۶۳۱ میلی متر بیشترین فراوانی را در دامنه ۴۷۱ تا ۶۴۹ دارد و از ۶۵۰ تا ۹۳۶ میلی متر فراوانی آن کاهش می‌یابد و در این میان در رنج حدود ۷۸۳ میلی متر افزایش کمی را در فراوانی نشان می‌دهد.

برای بررسی شرایط پوشش گیاهی در مسیر این جاده با استفاده از تصویر ماهواره‌ای IRS ، سنجنده LissIII، شاخص NDVI محاسبه شده است.(شکل ۱۲)هم‌چنان که این شکل نشان می‌دهد میانگین شاخص



شکل ۱۵- پروفیل‌های تهیه شده از مسیر جاده چالوس

NDVI، ۰٫۲۸۷ می‌باشد و نمودار توزیع آن نشان می‌دهد (شکل ۱۳) که دامنه تغییرات شاخص پوشش گیاهی کم است و بیشتر محدوده مسیر این جاده فاقد پوشش گیاهی و یا با تراکم کم است. برای بررسی شکل دامنه‌های مشرف به این جاده ۵ پروفیل عرضی براساس نقشه‌های توپوگرافی و مدل ارتفاعی تهیه شد که نقشه ۱۴ محل رسم پروفیل‌ها را نشان می‌دهد. نیمرخ‌های فوق از شمال جاده به سمت جنوب شماره گذاری شده است. شکل ۱۵ نیمرخ عرضی از پروفیل‌های تهیه شده را نشان می‌دهد. در نیمرخ ۱ ارتفاع جاده ۲۶۳۸٫۱۶ متر می‌باشد و جاده از سمت چپ خط‌القعر عبور نموده است. در نیمرخ ۲، ارتفاع جاده ۲۲۳۱٫۰۲ متر است و در کف دره قرار دارد. جاده در نیمرخ ۳ از ارتفاع ۲۰۵۰٫۵۸ متری از امتداد یک دره فرعی عبور می‌کند، در نیمرخ ۴ ارتفاع جاده ۱۹۶۴٫۶۹ متر و کمی از خط‌القعر فاصله گرفته است و جاده در نیمرخ ۵ به دریاچه سد کرج نزدیک شده و ارتفاع آن ۱۸۳۶٫۱۳ متر می‌باشد و از کناره دره عبور می‌کند. هر ۵ پروفیل حاکی از شرایط ناپایداری در مسیر جاده است. عدم تعادل در نیمرخ عرضی دامنه‌های مشرف به جاده می‌تواند خطرات متعددی را در برداشته باشد.

## نتیجه گیری

با توجه به فاکتورهای موثر در حوادث طبیعی در مسیر این جاده، تمام لایه‌های تهیه شده به فرمت رستری تبدیل گردیدند و ارزش‌های سلول‌های لایه‌ها بین اعداد ۱ تا ۹ قرار گرفت به عبارت دیگر چون متغیرها واحدهای نابرابر داشتند به طوری که متغیر شیب به درجه، بارش به میلی متر، ارتفاع به متر و ... نیاز به یکسان‌سازی داده‌ها بود لذا با توجه به مدل وزنی یکسان سازی داده‌ها اعمال شد و نقش فاکتورهای غالب به صورت ضریب در نظر گرفته شد و مدل پتانسیل خطر ریزش، سقوط بهمن و ترکیب دو مدل به عنوان افزایش دهنده تصادف در جاده چالوس به شرح زیر اجرا شد.

جدول ۲- وزن دهی متغیرها

ارزش و وزن متغیرها							متغیرها
	۲۴ <	-۲۶ ۲۴	-۲۶ ۲۸	-۳۰ ۲۸	-۳۲ ۳۰	۳۳ >	شیب S
	۱	۲	۳	۵	۷	۹	وزن W
		-۲۱۲۴ ۱۹۶۰	-۲۲۸۳ ۲۱۲۵	-۲۴۸۱ ۲۲۸۴	-۲۷۶۹ ۲۴۸۲	۲۷۷۰-۳۳۰۰	سطوح ارتفاعی H
		۱	۳	۵	۷	۹	وزن W
گدازه‌های آندزیتی و سنگ‌های آهکی	توف و خاکسترهای آتشفشانی		کنگلومرا و شیل‌های آهکی		رسوبات کواترنر		سنگ‌شناسی L
	۳	۵	۷	۹			وزن W
			S	SE_S W	NE_E	N-NW	جهت شیب A
			۳	۵	۷	۹	وزن W
-۵۲۲ ۴۷۱	-۵۶۰ ۵۲۳	-۵۹۶ ۵۶۱	-۶۲۲ ۵۹۷	-۶۴۹ ۶۲۳	-۷۸۳ ۶۵۰	-۹۳۶ ۷۸۴	میزان آب معادل برف WS
۱	۱	۲	۳	۵	۷	۹	وزن W
		-۵۰۷ ۳۷۸	-۶۱۰ ۵۹۲	-۶۲۹ ۶۱۱	-۶۴۷ ۶۳۰	-۶۵۶ ۶۴۸	میزان باران P
		۱	۳	۵	۷	۹	وزن W
		- -۰,۴۰۰ ۰,۵۳۲	+۰,۳۴۹ -۰,۴۰۰	+۰,۲۹۷ -۰,۳۴۹	+۰,۲۴۸ -۰,۲۹۷	-۱,۶۴ ۰,۲۴۸	شاخص پوشش گیاهی V
		۱	۳	۵	۷	۹	وزن W

$$\text{Rockfall} = \{ (Sw1+Sw2+Sw3+ Sw4+ Sw5+ Sw6) + (Hw1+Hw2+Hw3+ Hw4+ Hw5+ Hw6) + [Lw1+Lw2+Lw3+1.5(Lw4)] + [1/2 ( Aw1+Aw2+Aw3+ Aw4)] + [1/ ( WSw1+WSw2+WSw3+ WSw4+ WSw5+ WSw6)] + [1/2 ( Pw1+Pw2+Pw3+ Pw4+ Pw5)] + [1/ ( Vw1+Vw2+Vw3+ Vw4+ Vw5)] \}$$

#### رابطه شماره ۱

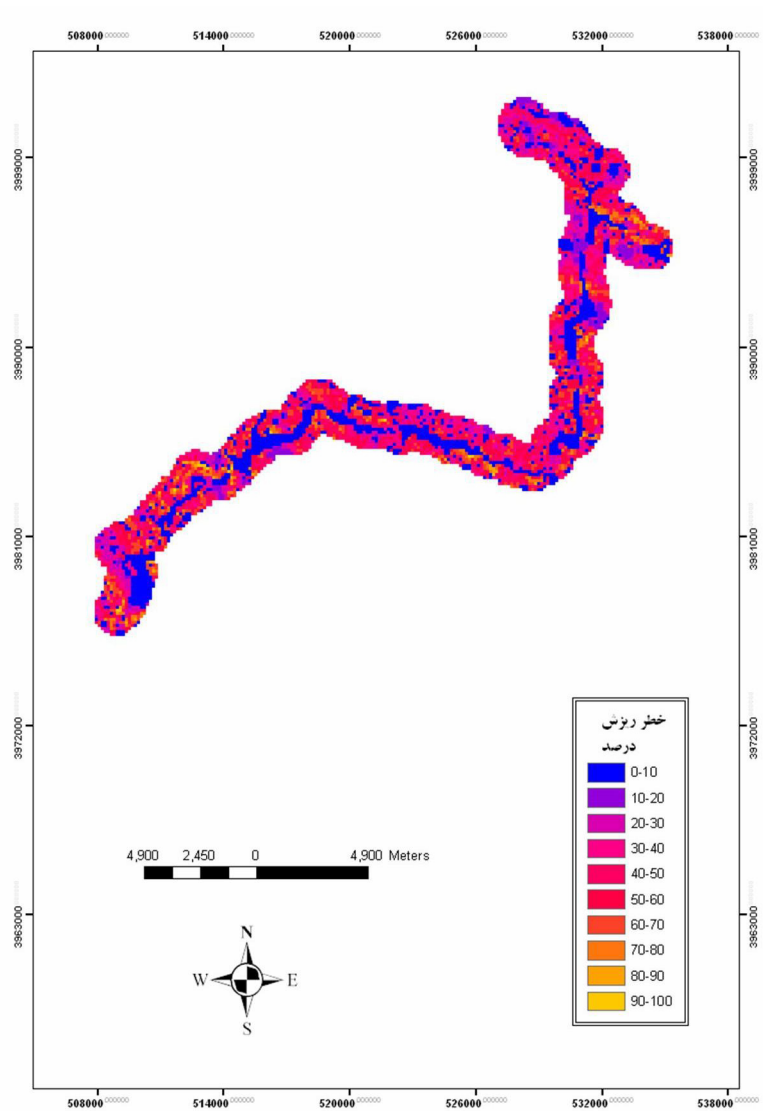
$$\text{Avalanche} = \{ [2*(Sw3+Sw4)+(Hw1+Hw2+Hw3+Hw4+Hw5+Hw6)+[0*(Lw1+Lw2+Lw3+Lw4 )]+[1/2 ((2*Aw1)+Aw2+Aw3+Aw4)]+[2*( WSw1+WSw2+WSw3+ WSw4+ WSw5+ WSw6)]+[1/ ( Pw1+Pw2+Pw3+ Pw4+ Pw5)]+[ ( Vw1+Vw2+Vw3+ Vw4+ Vw5)] \}$$

#### رابطه شماره ۲

پتانسیل پهنه‌بندی ریزش سنگ براساس رابطه ۱ انجام شده است، هم‌چنان‌که این فرمول نشان می‌دهد ارتباط شیب و ارتفاع با افزایش پتانسیل ریزش مستقیم است و فرمول دارای وزن‌های ارائه شده در جدول ۲ می‌باشد. سنگ‌شناسی با توجه به مقاومت سنگ‌ها در برابر تخریب رده بندی شده و سنگ‌های آهکی غیر از وزن جدول نامبرده دارای ضریب ۱,۵ شده اند، زیرا به دلیل دارا بودن درزها و ترک‌ها، در برابر دما شکافتگی و یخ شکافتگی از مقاومت کمتری برخوردارند. چون ایستگاه‌های برف سنجی به جای ارتفاع برف، آب معادل برف را ثبت می‌کنند، لذا آب معادل برف می‌تواند بیانگر ارتفاع برف باشد که برای پهنه‌بندی پتانسیل ریزش سنگ از معکوس لایه برف، بارش و پوشش گیاهی استفاده شده است. براساس بررسی‌های میدانی بیشتر دامنه‌های خشک و بدون پوشش گیاهی با تخریب سنگ مواجه هستند. ارزش لایه جهت شیب در مقابل لایه‌های دیگر به صورت ۲/۱ در نظر گرفته شد زیرا اگر چه جهت‌گیری دامنه‌ها در مقابل خورشید در این مدل ارزشمند است اما دره رود چالوس بسیار تنگ است به طوری که جاده که عمدتاً در کف دره واقع است، در سایه است. شکل ۱۶ خطر ریزش سنگ را در جاده چالوس نشان می‌دهد. این نقشه گویای ناپایداری دامنه‌های مشرف به این جاده به‌ویژه دامنه‌های غربی می‌باشد.

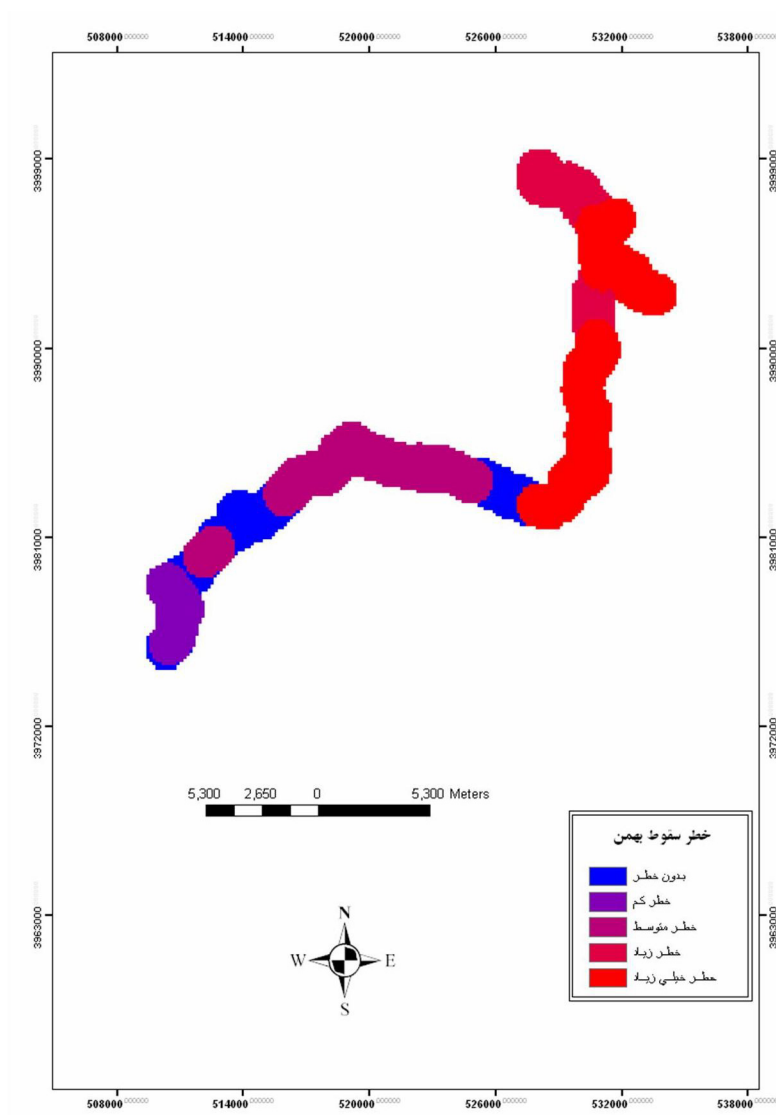
پتانسیل سقوط بهمن براساس رابطه شماره ۲ محاسبه شده است. چون برای سقوط بهمن آستانه شیب بسیار اهمیت دارد و بهمن در شیب‌های زیاد تشکیل نمی‌شود و در شیب‌های کم خطر سقوط از بین می‌رود لذا در این منطقه شیب ۲۵ تا ۳۰ درجه به‌عنوان آستانه شیب در نظر گرفته شد و به دلیل افزایش اهمیت آن در مدل با ضریب ۲ اعمال گردید.

عامل سنگ‌شناسی با گرفتن ضریب ۰ در مدل بی اثر گردید و ضریب جهت شیب به دلیل نقش کمتر ۲/۱ شد. عامل برف ضمن وزن‌های داخل سطوح با ضریب ۲ در مدل حضور یافت، اما میزان بارش معکوس گردید. شاخص پوشش گیاهی هم براساس وزن خود، بدون ضریب در مدل قرار گرفت. شکل ۱۷ پتانسیل سقوط بهمن را در جاده چالوس نشان می‌دهد. براساس این نقشه، هنگامی که جاده جهت شمالی و جنوبی می‌گیرد پتانسیل سقوط بهمن افزایش می‌یابد و بیشترین پتانسیل سقوط در محدوده دهکده دیزین و اطراف آن می‌باشد.

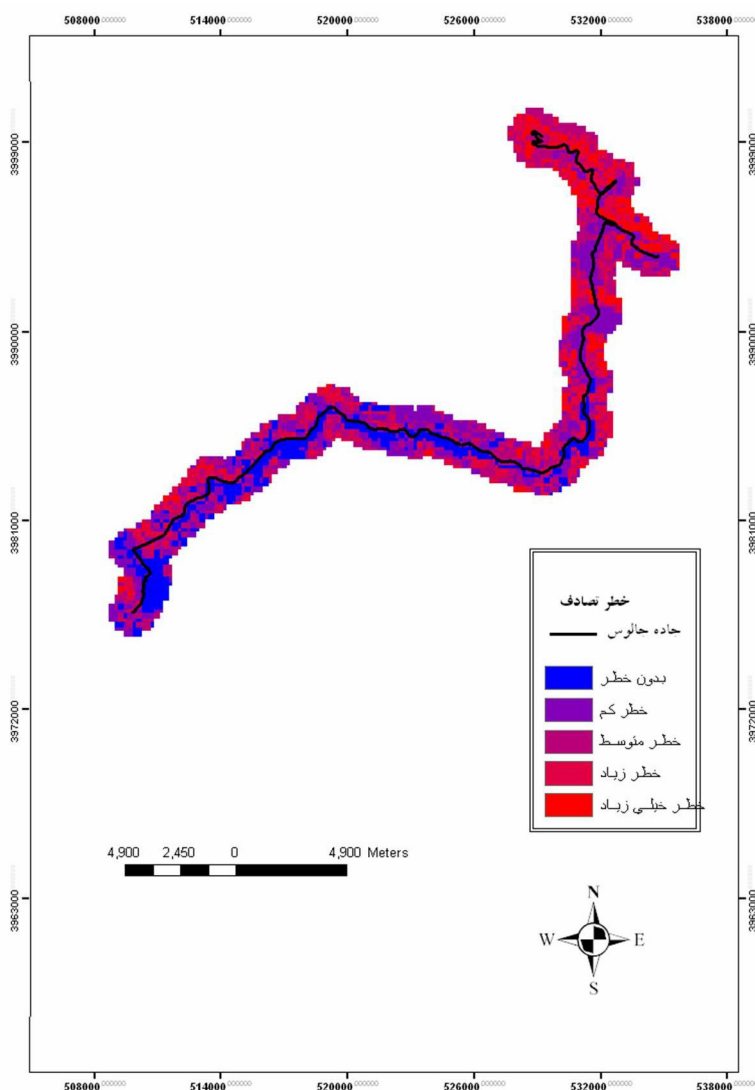


شکل ۱۶- پتانسیل خطر ریزش در قسمتی از جاده چالوس





شکل ۱۷- پتانسیل خطر سقوط بهمن در قسمتی از جاده چالوس



شکل ۱۸ - پتانسیل خطر تصادف در قسمتی از جاده چالوس

از ترکیب این دو مدل شکل ۱۸ به دست آمده که پتانسیل خطر ات طبیعی را در این جاده نشان می دهد. این خطرات می تواند زمینه ساز حوادثی گردد که به ظاهر ریشه های فرهنگی دارد. برای مقابله با رخداد حوادث در این جاده لازم است که باتوجه به شرایط طبیعی و رعایت استانداردها، فاکتورهای ایمنی در جاده را افزایش داد.

## منابع

- ۱- چورلی، ریچارد جی. شوم، استانیلی ایبه سودن، دیوید ای. مترجم: احمد معتمد، ۱۳۷۹). ژئومورفولوژی جلد سوم، فرآیندهای دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی، انتشارات سمت. صفحات ۲۱۷-۱۸۰
- ۲- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، “تصاویر ماهواره ای Liss و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰”
- ۳- کک، روزه، ترجمه: فرج‌الله محمودی، ۱۳۸۲. ژئومورفولوژی ساختمانی و دینامیک بیرونی. انتشارات دانشگاه تهران. صفحات ۲۰۰-۱۹۴
- ۴- کوک، آر. یو. دور کمپ، جی. سی. ۱۳۷۷، ژئومورفولوژی و مدیریت محیط. مترجم، شاپور گودرزی نژاد. انتشارات سمت. صفحات ۳۴۰-۲۷۰.
- ۵- قهرودی تالی، منیژه، ۱۳۸۳، “ارزیابی روش تحلیل ماتریسی (سلولی) (GIS) در تعیین نواحی مستعد حرکت‌های دامنه‌ای”، فصل‌نامه جغرافیایی سرزمین، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۲
- ۶- قهرودی تالی، منیژه، ۱۳۸۴، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی، GIS سه بعدی در محیط ArcGIS، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- ۷- قهرودی تالی، منیژه، ۱۳۸۴، “کاربرد روش‌های تحلیل واریانس در ارزیابی مدل‌های پهنه‌بندی بلایای طبیعی”، کنفرانس مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راه کارهای مقابله با آن‌ها، تبریز.
- 8- Bates, A.J., Sadler, J.P., Fowles, A.P., Butcher, C.R. (2005). Spatial dynamics of beetles on exposed riverine sediments in the upper River Severn: method development and preliminary results. *Journal of Aquatic Conservation*. Inter Science. p: 161-170
- 9- Bull, L.K., Kirkby, M.J., (2002), *Dryland Rivers, Hydrology and Geomorphology of Semi-arid channels*. Wiley. p: 100-160
- 10- Carbonneau, P.E., Bergeron, N.E., Lane, S.N. (2005). Texture-based image segmentation applied to the quantification of superficial sand in Salmonid River Gravel. *Earth Surface Processes Landform*. InterScience. p: 121-128
- 11- Escabias, M., Aguilera, A.M., Valderrama, M.G. (2005) Modeling environmental data by functional principal component logistic regression. *The official journal of the International Environmetrics Society*. p: 99-107
- 12- Gregory, K.J., Benito, G. (2005), Developing a protocol for relating environmental change to global change, *Sixth International Conference on Geomorphology*. p: 81
- 13- Kershaw, J.A., Clague, J.J., Evans, S.G., (2005). Geomorphic and sedimentology signature of a two-phase outburst flood from Moraine-dammed Queen Bess Lake, British Columbia, Canada, *Earth Surface Processes Landform*. InterScience. p: 1-25
- 14- Knighton, David, (1989). *Fluvial forms and processes*, Edward Arnold.
- 15- Krzysztofowicz, Roman, (2001). The case for probabilistic forecasting in hydrology. *Journal of Hydrology*. Elsevier
- 16- Medhna, J.L., Camacho, E., Reca, J., Lopez, R. and Roldan, J. (1998). Determination and analysis of regional evapotranspiration in southern Spain based on remote sensing and GIS. Pergamon.
- 17- Simon, A. (2005), Meander Bend: Goodwin creek, Mississippi, USA. *International Conference on Geomorphology*. p: 86
- 18- Ghohroudi Tali, (2005), "Assessment of Variance Analysis (Scheffe's Method), In the Modification of GIS Sediment Models (A Case Study: Lar River Basin)", *Human Impacts on Soil Quality Attribute*, September 12-16, 2005, Isfahan, Iran
- 19- Ghohroudi Tali, (2005), "Assessment of Cell Analysis (GIS) Method in Determining Areas Prone to Slope Movements", *Sixth International Conference on Geomorphology, The combination of GIS, RS and ANN in the modelling of sediment prediction*, Sixth International Conference on Geomorphology, Zaragoza, Spain
- 20- Taschner, S., Ludwing, R. and Mauser, W. (2001). Multi-scenario flood modeling in a mountain watershed using data from a NWP model, rain radar and rain gauges, Pergamon.