

دستورالعمل نگارش پایان نامه کارشناسی ارشد

نحوه نگارش پایان نامه

مقدمه :

یکی از اهداف ارائه پایان نامه ، آشنایی دانشجویان گرامی با نحوه نگارش و تنظیم مطالب یک موضوع علمی است. در اینجا تمام نکات لازم را نمی توان بیان کرد، اما برای ایجاد هماهنگی بین پایان نامه ها ، لازم است دانشجویان نکات زیر را در تهیه پایان نامه رعایت نمایند.

یک پایان نامه به ترتیب شامل بخشهای زیر می باشد:

بسم الله

- تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع (طبق نمونه فرم پیوست - * فقط برای پایان نامه‌ای که به زبان انگلیسی تدوین شده انگلیسی آن الزامی است) .

- درج آئین نامه چاپ - پایان نامه

- صفحه عنوان (طبق فرم پیوست در راهنمای پژوهشی دانشجویان)

- تقدیم (Dedication) (در یک صفحه) در صورت لزوم

- تشکر و قدردانی (Acknowledgements) (در یک صفحه)

- چکیده (Abstract) (حداکثر ۳۰۰ کلمه شامل کلمات کلیدی ، ترجیحاً در یک صفحه)

- فهرست مطالب (Table of Contents)

- فهرست نمودارها، عکسها و نقشه ها (Lists of Figures, Pictures and Maps) (در صورت نیاز)

- فهرست جداول (List of tables) (در صورت نیاز)

- فهرست علائم و نشانه ها (Abbreviations) (در صورت نیاز)

- متن اصلی پایان نامه که شامل قسمتهای زیر می باشد: (گروههای تخصصی با توجه به نیاز خود میتوانند در بند ۳ جزئیات بیشتری را اعمال کنند).

۱- مقدمه (Introduction)

۲- مروری بر مطالعات انجام شده (Literature Review)

۳- فصلهای مربوط به کار اصل تحقیق (در صورت نیاز)

۴- بحث (Discussion) نتایج (Results) ، و پیشنهادات (Suggestions)

۵ - فهرست منابع و ماخذ (References)

۶ - ضمائم (در صورت نیاز)

۷ - چکیده به انگلیسی (الزامی است) : چکیده انگلیسی باید تا حد امکان ترجمه چکیده فارسی و شامل کلمات کلیدی باشد .

۸ - صفحه عنوان انگلیسی (الزامی است - طبق فرم پیوست)

اطلاعات کلی :

۱- صفحه بسم ...

بشکل ساده و مشخصی صفحه آرائی گردد و از بکار بردن کادر و تزئینات مختلف خودداری شود. (طبق فرم پیوست)

۲- تقدیم و همچنین تشکر و قدردانی :

هر کدام بترتیب فقط در یک صفحه خلاصه شود.

۳- عنوان :

چون عناوین پایان نامه هادر بانکهای اطلاعاتی ماشینی و دستی حفظ میشود لازم است ضمن رسا بودن ، مختصر باشد. یک پایان نامه بیش از یک عنوان نمی تواند داشته باشد و عنوان تصویب شده یا عنوان درج شده در پایان نامه باید عیناً یکی باشد.

یک عنوان خوب ، مختصر ، مفید و جامع است و با کمترین تعداد کلمات، محتوای پایان نامه را معرفی میکند. عنوان خوب نامفهوم و گنگ نیست ، غلطهای املائی و دستوری ندارد و از استفاده ناپجای کلمات و یا عبارت گیج کننده پیراسته است.

۴- چکیده :

چکیده بخشی از پایان نامه است که خواننده را به مطالعه آن علاقمند می کند و یا از آن می گریزاند. چکیده مقاله باید در عین کوتاه بودن پاسخگوی دو پرسش باشد:

۱- مشکل چیست ؟

۲- راه حل کدام است ؟

چکیده باید ترجیحاً در یک صفحه باشد. (تقریباً تمامی چکیده پایان نامه ها در یک صفحه قابل نگارش است). در نگارش چکیده نکات زیر باید رعایت شود:

- در نوشتن چکیده باید سعی شود متن مزین به کلمه ها و عبارت سلیس ، آشنا ، با معنی و روشن باشد.

- چکیده جدا از پایان نامه باید به تنهایی مستقل و گویا باشد در چکیده از ذکر منابع / اشاره به جداول و نمودارها باید اجتناب شود.

- تمیز بودن مطلب ، نداشتن غلطهای املائی یا دستور زبانی و رعایت دقت و تسلسل روند نگارش چکیده از نکات مهم دیگری است که باید در نظر گرفته شود.

- در چکیده پایان نامه باید از درج مشخصات مربوط به پایان نامه خودداری شود.

- کلمات کلیدی در انتهای چکیده آورده شود.

- محتوای چکیده ها بر اساس موضوع و گرایش تحقیق طبقه بندی میشود و به همین جهت وجود کلمات شاخص و کلیدی، مراکز اطلاعاتی را در طبقه بندی دقیق و سریع اطلاعات یاری می دهد. کلمات کلیدی راهنمای نکات مهم موجود در پایان نامه هستند. بنابراین در حد امکان کلمه ها و یا عباراتی انتخاب شوند که ماهیت ، محتوا و گرایش کار را به وضوح روشن نماید.

- اهداف و موارد بررسی شده باید مورد توجه قرار گیرد.
- تاکید روی اطلاعات تازه (یافته ها) و اصطلاحات جدید یا نظریه ها ، فرضیه ها ، نتایج و پیشنهادات متمرکز شود.
- اگر در پایان نامه روشی نویسی برای اولین بار ارائه می شود و تا به حال معمول نبوده است ، با جزئیات بیشتری ذکر شود.
- شایان ذکر است چکیده باید حتماً به تائید استاد راهنما رسیده باشد.

۵- فهرستها

- بعد از چکیده پایان نامه به ترتیب فهرست مطالب ، فهرست علائم و نشانه ها ، فهرست جداول ، فهرست اسکال و سایر فهرستها قرار می گیرند. در فهرست مطالب صفحات اولیه پایان نامه (تقدیر ، تقدیم ، چکیده و ...) با شماره گذاری حرفی ذکر شود. فهرست مطالب شامل فهرستهای جداول ، اشکال ، علائم اختصاری ، عناوین فصول و بخشها و زیر بخشهای هر فصل پایان نامه با ذکر شروع شماره صفحه و عنوان مربوطه می باشد. عناوین ذکر شده در فهرست مطالب باید عیناً با عناوین خود متن مطابقت کند : (برای مثال شماره گذاری ، نقطه گذاری ، با حروف بزرگ نوشتن) . عبارت دیگر فهرست عناوین باید کاملاً همانند عناوین در داخل متن اصلی باشد.
- در فهرست ها بین دو عنوان پشت سر هم باید فاصله بیشتر باشد که دو عنوان را از یکدیگر متمایز کند ولی برای یک عنوان که بیش از یک خط است باید فاصله معمولی بکار برده شود و شماره صفحه در خط دوم ذکر شود.
- برای جلوگیری از خطای چشم بین عنوان و شماره صفحه آن در فهرست مطالب نقطه چین تایپ شود.
- فهرستهای مطالب ، علائم و نشانه ها ، جداول ، اشکال و سایر فهرستها با حروف ابجد شماره گذاری شود.
- بترتیب مراجع ، ضمائم (در صورت نیاز) و چکیده انگلیسی که بدنبال متن اصلی پایان نامه / رساله قرار میگیرند بصورت تیتري مجزا از فصول دیگر پایان نامه در فهرست مطالب تایپ میشوند.

۶- مقدمه

- اولین فصل از ساختار اصلی پایان نامه است . هدف از نوشتن مقدمه این است که زمینه اطلاعاتی لازم برای خواننده فراهم آید. در طول مقدمه باید سعی شود موضوع تحقیق با زبانی روشن ، ساده و بطور عمیق و جهت یافته به خواننده معرفی شود. مقدمه باید خواننده را مجذوب و اهمیت موضوع تحقیق را آشکار سازد. در مقدمه یا فصل ۲ با ارائه سوابق ، شواهد تحقیقی ، اطلاعات موجود و مطالعات انجام شده (با ذکر منبع) به روش منظم ، منطقی و هدف دار خواننده را جهت داد و به سوی راه حل مورد نظر هدایت کرد. بالاخره شاید اشاره به نتایج کلی در مقدمه خالی از فایده نباشد. همچنین در مقدمه میتوان به فصول اصلی مربوط به تحقیق حسب نیاز موضوع و نظر ساتاد راهنما اشاره کرد.

- مقدمه مناسبترین جا برای ارائه اختصارات و بعضی توضیحات کلی است توضیحاتی که شاید نتوان در مباحث دیگر در مورد آنها توضیح داد.

- ۷- فصول اصلی مربوط به تحقیق حسب نیاز موضوع و نظر استاد راهنما تنظیم گردد.

۸- فهرست منابع

کلیه منابعی که در متن ذکر شده اند، باید در فهرست منابع با مشخصات کامل نوشته شوند و همچنین منابعی که فقط مطالعه شده ولی مورد استفاده مستقیم در متن قرار نگرفته اند در فهرست منابع هم می‌تواند ذکر گردند. مشخصات منابعی که در طول پایان نامه به آنها استناد شده است می‌تواند به شرح زیر باشد:

۱- آدرس مقاله از مجله علمی با یک نویسنده و یا بیش از یک نویسنده :

- اسم (اسامی) نویسندگان (نام خانوادگی، نام یا نام و نام خانوادگی) سال انتشار ، موضوع ، مشخصات مجله (شامل خلاصه نام مجله (ایتالیک یا پررنگ تایپ گردد) ، شماره ، دوره ، صفحه) به ترتیب تایپ می‌گردد. در مورد خلاصه نام مجله به نوشتارهای مجله مربوطه مراجعه شود.

مثالها :

-Eaton,R.A.1972.Fungi growing on wood in water cooling towers.Int.Biodetn.Bull.,8:39- 48.

نوروزیان ، ا و مألوفی ، ف. ۱۳۷۰. ارزیابی مقایسه ای از یحسی لیدوکائین و زایلازین از طریق ایی دورال در گاو. مجله دانشکده دامپزشکی ، (۲) : ۳۶ - ۳۵ - ۳۵.

-Hugheus,P.C.R. and Tanner,J.M.1973.Radiographic study of the growth of the rat hormone.J.Anat., 114(3): 439-448.

(۲ آدرس مقاله از کتاب : الف) کتاب مجموعه مقاله نیست ب) کتاب مجموعه مقاله است و هر مقاله یک نویسنده دارد.

الف) اسم (اسامی) نویسندگان ، سال انتشار ، موضوع (ایتالیک یا پررنگ تایپ گردد) . جلد، مترجم ، چندمین چاپ ، نام ناشر ، محل نشر ، صفحه می بایست ذکر گردد.

مثالها :

حکمتی ، پ، شهراسبی،ح،حسینیون،م و انصاری ، پ ۱۳۴۸. جراحی نشخوارکنندگان.تهران، انتشارات چهره، صفحه ۲۱۰.

-Satchell,G.H. 1971.Circulation in fishes ambridge.University press,pp.273-280.

ب)اسم (اسامی) نویسندگان ، سال انتشار . عنوان مقاله . صفحه شروع - صفحه پایان . عنوان کتاب،(عنوان کتاب ایتالیک یا پررنگ تایپ گردد) ، شماره چاپ، اسم فامیل گردآورنده ، حرف اول اسم کوچک گردآورنده ، نام ناشر ، محل انتشار .

Eddy,J.M.P. 1972. The pineal complex.pp. 191 - 196. In: The Biology of Iammpreys.Eds.,Hardisty, M.W. and potter, L.C. London Academic press.

البته در نگارش مشخصات منابع ، روشهای متفاوتی وجود دارد. ممکن است ابتدا نام خانوادگی نویسنده و سپس حرف اول نام وی قید نمود و یا بالعکس . همچنین ممکن است شماره صفحات ابتدا و انتهای مقاله مورد نظر در مجلات و کتابها ذکر شود و یا صرفاً فقط شماره صفحه ابتدایی کتاب یا مقاله را درج می نمایند . سال انتشار مقاله یا کتاب آخرین قسمت مشخصات منبع در تعدادی از فهرست منابع است، ولی در بسیاری از فهرست منابع سال انتشار بلافاصله پس از نام نویسنده یا نویسندگان قرار میگیرد.

در بعضی از فهرست منابع عنوان مقاله ها جزو مشخصات منبع ذکر میگردد در حالی که در بعضی دیگر اشاره ای به عنوان مقاله ها نمی شود.

فهرست منابع میتواند به صورتهای زیر در پایان نامه یا رساله قرار گیرد:

الف - در پایان هر فصل

ب - در آخر پایان نامه

- مشخصات کتاب و مجله ای که برای اولین بار ارائه میشود بایستی بصورت کامل ذکر شود.

- اگر بلافاصله از همان منبع استفاده شود، همان (در انگلیسی *ibid*) ، شماره صفحه ذکر میشود.

- اگر همان منبع با فاصله ارائه شود نام خانوادگی نویسنده (نام و نام خانوادگی) ، پیشین (در انگلیسی *op.cit*) ، شماره صفحه ذکر شود.

- اگر همان منبع با همان جلد ، همان صفحه دوباره ارائه شود فقط می نویسیم نام خانوادگی، نام، همان (در انگلیسی *loc cit*) . بدنبال آن هرگز شماره صفحه یا جلد قرار نمی گیرد.

مثالها :

علاقتمند، علی جامعه شناسی آموزش و پرورش ، چاپ دوم ، تهران ، مؤسسه انتشارات بعثت، ۱۳۷۲، صفحه ۳۵.
اشرف ، احمد جامعه شناسی طبقات اجتماعی در آمریکا، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۴۶ ، ۱۴۰-۱۳۲ .

همان ، ص ۱۳۵

علاقتمند ، علی ، پیشین ، ص ۸۵

علاقتمند، علی ، همان

-Birkeland,P.W.Soils and geomorphology.Oxford University Press, 19984.

- Lattman, L.H. Calcium carbonate cementation of alluvial fans in southern Nevada.Geological Society of America Bulletin,vol.84,1973.pp.3013-3028

ibid. p.3020

Birkeland,P.W. *op.cit.* p.85.

Lattman.L.H. *loc. Cot*

رابطه بین فهرست منابع و متن مربوطه به سه روش زیر رایج است :

الف - بر حسب شماره مسلسل در متن و در فهرست منابع

ب - بر حسب نام نویسنده و سال در متن ، در این حالت باید بر حسب حروف الفبا نویسنده در فهرست منابع قید شوند.

ج - الفبایی و شماره مسلسل در فهرست منابع و شماره ناممسلسل در متن

هر گاه قسمتی از مطالب یک منبع مورد استفاده در بخشی از پایان نامه نقل شود باید آن منبع ذکر گردد. شروع مطالب نقل شده و اتمام آن با علامت () مشخص میگردد و بعد از اتمام مطلب مورد نظر منبع مورد استفاده در داخل کروشه [] به دو صورت مشخص میشود:

الف - شماره منبع

ب - نویسنده و سال

- در فهرست منابع ، نخست منابع فارسی و متعاقباً منابع انگلیسی قرار میگیرند.

۹- نحوه تایپ

- تایپ پایان نامه ها در محیط word2000 صورت گیرد.

- تمامی متون فارسی با فونت نازنین تایپ شود.

- تمامی متون انگلیسی با فونت Time New Roman

- اندازه فونتهای فارسی و انگلیسی در متن اصلی به ترتیب ۱۴ و ۱۲ و در زیر نویس شکلهای و جداول و ۱۲ و ۱۰ انتخاب شود.

- فاصله بین خطوط در متن اصلی ۱/۳ سانتی متر و در زیر نویسها ۱ سانتی متر باشد.

- چاپ پایان نامه باید در یک روی کاغذ و توسط چاپگری با نوار تازه و تمیز صورت گیرد.

صفحات پایان نامه باید از یک جنس و ترجیحاً کاغذ تحریر هفتاد گرمی باشد. از بکار بردن کادر و تزئینات به دور متن تایپ شده خودداری شود.

تذکر: محدوده خطوط تمام صفحات باید یکسان رعایت شود. فاصله شروع خطوط تا لبه بالایی و پایینی ۳ سانتی متر و تا لبه چپ صفحه ۲/۵ سانتی متر است و فاصله شروع خطوط از لبه راست صفحه ۴ - ۳/۵ سانتی متر است، تا علاوه بر مناسب بودن برای چهار چوب میکروفیش، برای برش صحافی نیز کافی باشد. این محدودیتها در مورد دیاگرامها، جداول، نقشه ها، عکسها، فهرستها، اشکال و غیره نیز باید رعایت شود.

شایان ذکر است توضیح جداول در بالا و توضیح اشکال و عکسها در زیر آنها قرار میگیرد.

صفحات بزرگ: حتی المقدور باید از استفاده از صفحات بزرگ در پایان نامه خودداری کرد. و آنها را از طریق فتوکپی های مخصوص کوچک و استاندارد نمود ولی در صورت اجتناب ناپذیر بودن، باید با دقت آن صفحه را به داخل پایان نامه به گونه ای تا نمود که لبه آن از دیگر صفحات بیرون نزنند.

۱۰- تهیه جداول، نمودارها و تصاویر

جداول، نمودارها و تصاویر باید خوانا، دقیق، مرتب و مستقل باشند. هر جدول / نمودار / تصویر باید بدون نیاز به مراجعه به متن بتواند اطلاعات مورد نظر را ارائه دهد و یافته های موجود در آن قابل تجزیه، تحلیل و ارزیابی باشد. در بسیاری از مواقع، محتوای جدولهای کوچک را میتوان در متن گنجانده. اگر مطالب تکراری در جدول وجود دارد میتوان آنها را نیز بطور خلاصه در متن ذکر کرد. از آنجا که نوشتن جدول دقت بیشتری میگیرد، رعایت اقتصاد در اندازه، ترتیب و سازماندهی جدول باید از نکات اصلی مورد نظر در طراحی نتایج باشد.

هر جدول دارای شماره، عنوان، ستونها و یا ردیفهای یافته ها است. پاورقی و علایم اختصاری ممکن است در بعضی جدولها ضروری باشند. شماره جدول اصولاً بطور مسلسل در وسط یا گوشه راست بالای جدول نوشته میشود. عنوان جدول باید مختصر، مفید و کامل باشد. بهتر است که مطالب در متن گنجانده شوند. بسیاری از مطالعات امروزی، بخصوص با میکروسکوپ الکترونی، نیاز به ارائه تصاویر دارند. استفاده از عکس زمانی موثر است که عکس به خوبی مطلب مورد نظر را در معرض دید خواننده قرار دهد. اگر مطلب مورد نظر را میتوان از طریق جدول یا نمودار ارائه داد، شاید نیاز به ارائه تصویر نباشد.

۱۱- شماره گذاری

الف - شماره گذاری صفحات

شماره گذاری صفحات تا قبل از فصل مقدمه با اعداد به صورت حرفی (یک ، دو ، سه و ...) انجام میشود.
شماره گذاری با اعداد از اولین صفحه « مقدمه » آغاز میشود و تا آخرین صفحه ادامه می یابد. شماره صفحات باید در وسط و چسبیده به قسمت فوقانی حاشیه پایین صفحه درج شود. کلیه صفحات متن اصلی پایان نامه باید شماره گذاری شوند.

ب - شماره گذاری موضوعات

موضوعات اصلی پایان نامه به چند فصل و هر فصل به چند « بخش » تقسیم میشود. صفحه اول هر فصل باید از خط پنجم شروع شود.

هر یک از بخشهای هر فصل یا دو شماره که با خط فاصل از یکدیگر جدا شده اند، مشخص میشود. عدد سمت راست بیانگر شماره فصل و عدد سمت چپ شماره ترتیب بخش مورد نظر است. در صورتیکه هر بخش دارای زیر بخش باشد، شماره هر زیر بخش در سمت چپ عدد فوق قرار میگیرد. به عنوان مثال اگر برنامه ریزی پویا دومین زیر بخش از بخش چهارم فصل سوم باشد، بصورت : ۳ - ۴ - ۲ برنامه ریزی پویا نوشته خواهد شد.

ج - شماره گذاری اشکال و جداول

شماره گذاری اشکال و جداول نیز از همان قانون بالا تبعیت می کند بعنوان مثال هفتمین شکل در فصل دوم به صورت (شکل ۲ - ۷ - نمودار تغییرات ...) نوشته میشود. دقت شود شماره گذاری جداول و اشکال مستقل از یکدیگر است.

د - شماره گذاری ضمائم

ضمائم پایان نامه با حروف ابجد نامگذاری میشوند. (ضمیمه الف یا ضمیمه ب) و شماره گذاری صفحات ضمائم به همان ترتیب متن اصلی پایان نامه می باشد. اشکال و جداول موجود در هر ضمیمه نیز با توجه به ضمیمه مربوطه شماره گذاری خواهد شد، به عنوان مثال دومین جدول در ضمیمه الف بصورت زیر نوشته می شود: (جدول الف - ۲)

ه - شماره گذاری روابط و فرمولها

هر رابطه که در متن باشد با دو شماره که با خط فاصله از یکدیگر جدا میشوند مشخص می شود. عدد سمت راست بیانگر شماره فصل و عدد سمت چپ شماره رابطه مورد نظر است. مثلاً دهمین رابطه در فصل هفتم به صورت (۷ - ۱۰) نوشته میشود. روابطی که در ضمائم آمده است با توجه به حروف ابجد آن ضمیمه ، شماره گذاری میشود. مانند رابطه (الف - ۲)

مثال :

فصل سوم

بهبته بایی سازه هایی مفصلی با استفاده از روش سختی

۳-۱- مقدمه ای بر روش سختی

۳-۱-۱- ماتریس سختی سازه :^(۱)

همانگونه که قبلاً نیز اشاره گردید، علاوه بر روش نرمی که در بخش دوم توضیح داده شد، از روش سختی (با روش تغییر مکان)^(۲) میتوان برای رسیدن به طرح بهینه سازه ها استفاده نمود. رابطه بین نیروهای گرهی و تغییر مکانهای گرهی اساس روش مزبور را تشکیل میدهد با استفاده از روش انرژی با سایر روشهای متداول در تحلیل سازه ها به سادگی میتوان رابطه بین نیروهای خارجی تغییر مکانهای گرهی را پیدا نمود. رابطه فوق به صورت ماتریسی به شکل زیر می باشد.

$$\{p\} = [K]. \{D\}$$

(۳-۱)

ماتریس K که به «ماتریس سختی کل سازه» موسوم است ، مربوط به تغییر مکان



دانشگاه صنعتی شاهرود
گروه علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد
زمین شناسی زیست محیطی

پهنه بندی خطر لغزش در محور ساری _ کیاسر

نگارش:

سعیده ناجی

استاد راهنما:

دکتر ناصر حافظی مقدس

مشاور:

مهندس محمدرضا مهدویفر

شهریور ۱۳۸۵

تقدیر و تشکر

اینک که به لطف و عنایت حق توفیق نگارش این پایان نامه را یافتیم، فرصت را غنیمت شمرده از زحمات پدر و مادر عزیزم که در تمام مراحل زندگی حامی من هستند تشکر می‌کنم.

از زحمات استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر ناصر حافظی مقدس کمال تشکر و قدردانی را دارم. از راهنمایی‌های بی‌دریغ آقای مهندس مهدویفر در زمینه مشاوره پایان نامه بسیار متشکرم.

از زحمات استاد گرامی جناب آقای مهندس حیدرنیا در عملیاتهای صحرایی سپاسگذارم. از آقای مهندس بنی سعید بخاطر راهنمایی و کمکهای بی‌دریغشان در نگارش یک فصل پایان نامه صمیمانه قدردانی می‌کنم. از راهنمایی‌های آقای مهندس بایرام کمکی در زمینه آشنایی با نرم افزارهای سنجش از دور بسیار سپاسگذارم.

از مساعدتهای آقای دکتر طاهری ریاست محترم دانشکده علوم زمین و تمام اساتید محترم در دانشکده زمین شناسی دانشگاه صنعتی شاهرود مخصوصاً آقای دکتر کرمی که زحمت داوری پایان نامه را نیز پذیرفتند، و آقای دکتر غلامعباس کاظمی بسیار متشکرم.

از راهنمایی‌های آقای دکتر ترابی که زحمت داوری پایان نامه را پذیرفتند بسیار متشکرم.

از زحمات جناب آقای شاه حسینی و سرکار خانم سعیدی در آموزش دانشکده علوم زمین نهایت تشکر را دارم.

از کمکهای دوستان عزیزم خانمها سمیه پاروئی و وجیهه نصرتی و آقای قاسم عسگری و آقای مشکین و سایر دوستانم در طی تحصیل تشکر می‌کنم و امیدوارم در آینده توفیق جبران زحمات تمام دوستان را بیابم.

چکیده

در این مطالعه پتانسیل خطر لغزش در جاده ساری کیاسر (حداصل روستای ایول تا تاکام) مورد بررسی قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه از دامنه‌های کوهستانی البرز و پهنه لغزشی گذشته عبور می‌کند. ۲۴ لغزش کوچک و بزرگ توسط بررسیهای صحرایی و مطالعات عکسهای هوایی مشخص شده است. داده‌های توپوگرافی و زمین شناسی و داده‌های ماهواره‌ای جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی جدید در محیط GIS مورد بررسی قرار گرفتند. شیب، جهت شیب، لیتولوژی، جهت حرکت رودخانه، فاصله از گسل، ضخامت خاک، تراکم پوشش گیاهی و رده آبراهه به عنوان عوامل ایجاد لغزشهای سطحی و عمیق مشخص شدند. نقشه پهنه‌بندی خطر با استفاده از روش ارزش اطلاعاتی و منطق فازی تهیه شد.

فهرست مطالب

فصل اول : کلیات

۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	مراحل انجام مطالعه	۲
۳-۱	معرفی منطقه	۳
۴-۱	مشخصات آب و هوایی منطقه	۴
۵-۱	زمین شناسی عمومی	۴
۶-۱	لرزه زمین ساخت منطقه	۷
۱-۶-۱	گسل شمال البرز	۷
۲-۶-۱	گسل خزر	۷
۳-۶-۱	گسل بادله	۹
۴-۶-۱	دگر ریختی های زمین در پیوند با زمین لرزه	۹
۵-۶-۱	فعالیت لرزه زایی منطقه	۹

فصل دوم : روشهای پهنه بندی خطر لغزش

۱-۲	مقدمه	۱۳
۲-۲	تعریف	۱۳
۳-۲	عوامل ایجاد کننده لغزش	۱۴
۴-۲	طبقه بندی لغزشها	۱۵
۵-۲	پهنه بندی خطر لغزش	۱۸
۶-۲	روشهای پهنه بندی لغزش	۱۹
۱-۶-۲	پهنه بندی مطلق	۱۹

۱۹.....	۲-۶-۲ پهنه بندی نسبی
۲۰.....	۱-۲-۶-۲ روشهای رایج در پهنه بندی خطر لغزش
۲۵.....	۲-۲-۶-۲ روش آماری
۲۵.....	۱-۲-۲-۶-۲ تحلیل دو متغیره
۲۶.....	۲-۲-۲-۶-۲ تحلیل چند متغیره
۲۷.....	۳-۲-۶-۲ روش وزن دهی تجربی
۲۷.....	۱-۳-۲-۶-۲ شاخص همپوشانی
۲۷.....	۲-۳-۲-۶-۲ روش تحلیل سلسله مراتبی

فصل سوم : ویژگی لغزشها در محدوده مورد مطالعه

۳۱.....	۱-۳ مقدمه
۳۱.....	۲-۳ دلایل و قوع لغزشها در حاشیه جاده
۳۱.....	۱-۱-۳ لغزشهای کم عمق
۳۵.....	۲-۱-۳ لغزشهای عمیق
۳۵.....	۳-۳ ویژگی برخی از لغزشهای بزرگ در حاشیه جاده
۴۲.....	۴-۳ بررسی نقشه پراکنش لغزش با ویژگیهای منطقه
۴۲.....	۱-۴-۳ ویژگیهای زمین شناسی
۴۲.....	۱-۱-۴-۳ لیتولوژی
۴۳.....	۲-۱-۴-۳ ضخامت خاک
۴۴.....	۲-۴-۳ ویژگی های ساختاری
۴۵.....	۳-۴-۳ توپوگرافی
۴۵.....	۱-۳-۴-۳ شیب
۴۶.....	۲-۳-۴-۳ جهت شیب
۴۶.....	۴-۴-۳ الگوی زهکشی دامنه ها
۴۶.....	۱-۴-۴-۳ تراکم رده آبراهه
۴۷.....	۲-۴-۴-۳ رودخانه
۴۷.....	۵-۴-۳ پوشش گیاهی
۴۸.....	۵-۳ نقش احداث جاده در وقوع لغزشها
۴۸.....	۱-۵-۳ خاکریزی و بارگذاری روی دامنه ها و در مناطق لغزشی قدیمی
۴۸.....	۲-۵-۳ خاکبرداری
۴۹.....	۳-۵-۳ بارندگی

فصل چهارم : روش پهنه‌بندی خطر لغزش در منطقه

۱-۴	مقدمه	۵۰
۲-۴	تهیه لایه‌های اطلاعاتی عوامل موثر پیدایش لغزشها	۵۰
۳-۴	شبکه بندی نقشه‌ها	۵۴
۴-۴	ارزش اطلاعاتی	۵۴
۵-۴	ارزیابی روش ارزش اطلاعاتی	۵۸
۶-۴	استفاده از منطق فازی در تعیین شاخص خطر	۵۸
۱-۶-۴	فازی سازی ارزشها	۶۰
۲-۶-۴	سیستم پایگاه قواعد فازی	۶۰
۳-۶-۴	استنتاج فازی	۶۲
۴-۶-۴	غیر فازی سازی ارزشهای نهایی	۶۲
۷-۴	پهنه بندی با خروجی های مطلق فازی	۶۲
۸-۴	ارزیابی نقشه پهنه بندی خطر لغزش	۶۲
۹-۴	مقایسه نتایج	۶۶

فصل پنجم : روشهای پایدارسازی دامنه

۱-۵	مقدمه	۶۷
۲-۵	زهکشی	۶۷
۳-۵	دیوارهای نگه‌دارنده	۶۹

فصل ششم : بحث و نتیجه گیری

۱-۶	بحث	۷۱
۲-۶	نتایج بدست آمده از نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش	۷۱
۳-۶	پیشنهادات	۷۲

پیوست الف : تئوری فاز

۱-الف	مقدمه	۷۳
۲-الف	ویژگی تئوری فاز	۷۳
۳-الف	مجموعه های فازی	۷۴
۴-الف	روابط ریاضی مجموعه‌های فازی	۷۶
۱-۴-الف	اجتماع و اشتراک مجموعه های فازی	۷۶
۵-الف	متغیر های زبانی	۷۷
۶-الف	انواع سیستم های فازی	۷۷

الف-۶-۱ سیستم پایگاه قواعد فازی ۷۸

الف-۶-۲ ماشین استنتاج فازی ۷۹

الف-۶-۳ سیستم غیر فازی ساز ۷۹

الف-۷ استفاده از منطق فازی در علوم زیست محیطی ۸۰

پیوست ب : برنامه استفاده شده شده در محیط مطلب

برنامه ۸۲

فهرست منابع فارسی ۸۳

فهرست منابع لاتین ۸۵

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

لغزش یکی از پدیده‌های زیست محیطی موثر در تغییر توپوگرافی زمین است. ویژگی‌های طبیعی منطقه شرایط وقوع لغزش را مهیا می‌کنند. وجود مناطق کوهستانی پرشیب، بارندگی مداوم و فعالیت های لرزه خیزی در یک منطقه از جمله عوامل مستعد کننده لغزش و ناپایداری دامنه‌ای هستند.

در ایران نیز نرخ بالای وقوع لغزش مربوط به دامنه‌های البرز و زاگرس می‌باشد که جزء مناطق کوهستانی با فعالیت بالای لرزه خیزی و بارندگی مداوم هستند. خسارات مستقیم ناشی از وقوع لغزشها در ایران شامل؛ کاهش کیفیت آبهای سطحی، تخریب جنگل ها، پر شدن مخازن سدها، تخریب جاده‌های احداث شده در دامنه‌های کوهستانی و سایر پروژه‌های عمرانی بیش از ۵۰۰ میلیارد ریال در سال برآورد می شود (کمک پناه ۱۳۷۳). برآورد خسارات ایجاد شده توسط لغزش ها با در نظر گرفتن تمام خسارات زیست محیطی ایجاد شده مشکل است.

از جمله دلایلی که در بالا بودن خسارات ناشی از لغزش در ایران نقش دارد احداث پروژه های عمرانی در محدوده لغزشهای گذشته یا دامنه های دارای پتانسیل بالای لغزش است.

در مناطق کوهستانی لغزشها تحت تاثیر عوامل تحریک کننده مثل سیل و زلزله به دلیل وقوع ناگهانی و وسعت تخریب بالا با تحمیل خسارات جانی و مالی بیشتری همراه می‌باشد که کشته شدن ۱۲۰ نفر در اثر لغزش و مدفون شدن روستای فتلک در زلزله ۱۳۶۹ منجیل (حافظی مقدس ۱۳۷۲) و زلزله بلده در خرداد ۱۳۸۳ که منجر به وقوع لغزشهای سنگی در جاده چالوس و کشته شدن ۲۰ نفر شد دو

نمونه از لغزشهای فعال شده در اثر زلزله در مناطق کوهستانی است. شناسایی دامنه‌های دارای پتانسیل ناپایداری در مناطقی که در محدوده تردد و تمرکز جمعیت قرار دارند همراه با اجرای روشهای پایدارسازی در کاهش خسارات می‌تواند موثر باشد.

روشهای بسیاری برای تعیین پایداری دامنه به طور نسبی و نشان دادن میزان خطر لغزش وجود دارد. بهترین روشهای پهنه بندی روشهای هستند که با توجه به شرایط خاص منطقه و مبتنی بر بررسی عوامل ایجاد لغزش در همان منطقه انجام می‌شوند.

مطالعه حاضر جهت ارزیابی خطر لغزش در بخشی از محور ارتباطی کیاسر - ساری با تمرکز بالای وقوع لغزش در حاشیه جاده در ۶ فصل تنظیم شده است. فصل اول کلیات، فصل دوم روشهای پهنه بندی خطر لغزش، فصل سوم ویژگی لغزشها در محدوده مورد مطالعه، فصل چهارم روش پهنه بندی خطر لغزش در منطقه، فصل پنجم روشهای ارائه شده جهت پایدارسازی دامنه‌های لغزشی و فصل ششم بحث و جمع بندی نتایج ارائه شده است.

۲-۱-۲ مراحل انجام مطالعه

۱- مطالعات کتابخانه‌ای: ارزیابی روشهای پایداری شیب و دریافت اطلاعات در خصوص مسیر مطالعه در ادارات مرتبط از جمله اداره راه ساری و بابلسر و آب منطقه‌ای استان مازندران

۲- تهیه نقشه و داده‌های موجود منطقه: نقشه زمین شناسی چهار گوش ساری ۱/۲۵۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰، عکسهای هوایی ۱/۲۰۰۰۰ و ۱/۵۵۰۰۰ و داده‌های ماهواره TM (۱۹۹۴)

۳- رقومی کردن نقشه‌های توپوگرافی جهت تهیه مدل ارتفاع رقومی منطقه (DEM)

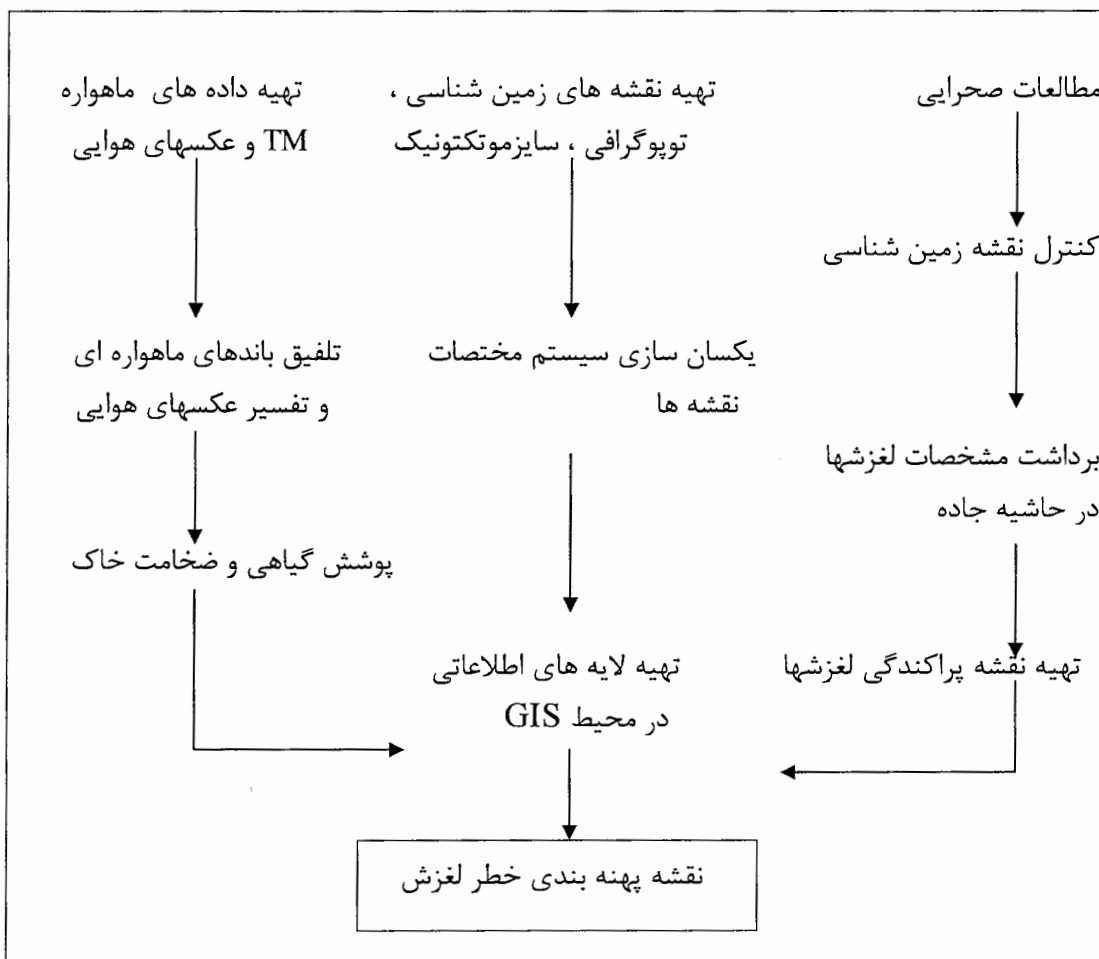
۴- بررسی و مطالعات صحرایی جهت برداشت ویژگی و موقعیت لغزشها

۵- تلفیق داده‌های بدست آمده از مطالعات صحرایی و داده‌های ماهواره‌ای جهت تهیه نقشه پراکنندگی لغزش و تهیه نقش تراکم پوشش گیاهی و ضخامت خاک

۶- تحقیق در مورد روش آماری ارزش اطلاعاتی

۷- تهیه نقشه پهنه بندی با استفاده از نرم افزار ایلویس ۳ و منطق فازی

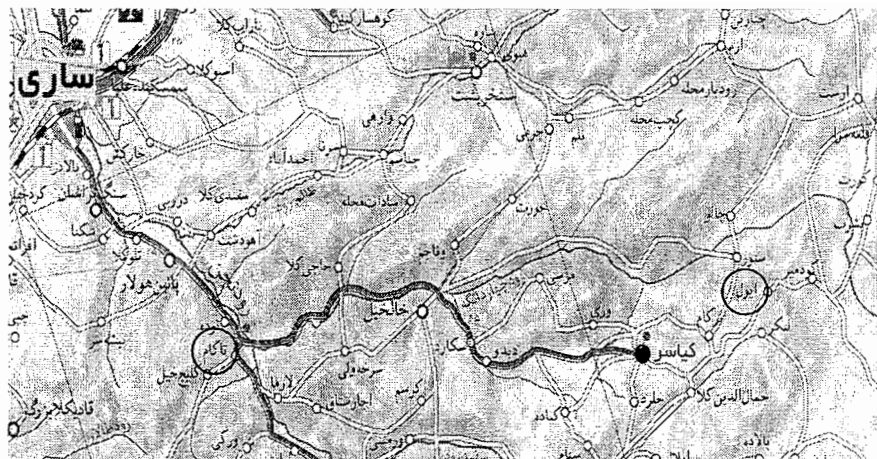
مراحل انجام مطالعه در شکل ۱-۱ به طور خلاصه آورده شده است.



شکل ۱-۱: مراحل انجام مطالعه

۱-۳ معرفی محدوده مورد مطالعه

جاده کیاسر - ساری محور ارتباطی شهرهای شمالی استان سمنان به استان مازندران می باشد (شکل ۱-۱). بخش قابل توجهی از این جاده روی دامنه‌های شمالی البرز و پهنه لغزشهای قدیمی احداث شده است. ۱۰۰ کیلومتر از این مسیر حد فاصل روستای ایول در ۱۰۹ کیلومتری تا روستای تاکام در ۳۰ کیلومتری ساری جهت پهنه بندی خطر لغزش در مطالعه حاضر مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۱-۱: محدوده مورد مطالعه در مسیر کیاسر - ساری (نقشه راههای شمال ایران ۱۳۸۰)

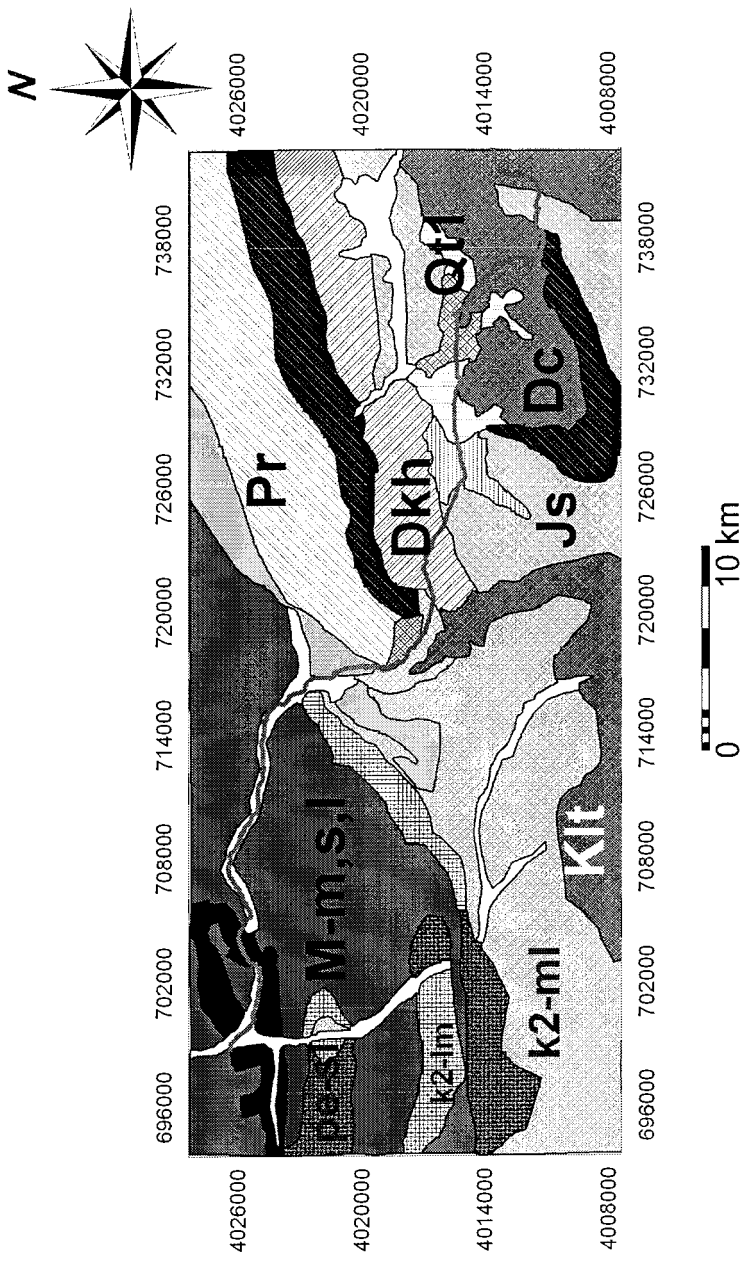
۴-۱ مشخصات آب و هوایی منطقه

محدوده مورد مطالعه از نظر تقسیمات آب و هوایی در ناحیه مرطوب و معتدل خزری قرار گرفته است که دارای تابستانهای گرم و خشک و زمستانهای سرد و مرطوب می باشد. متوسط سالانه بارش ۸۰۰ میلیمتر در سال با متوسط ۹۹ میلیمتر بارش و ۲۲ روز بارندگی در فصل بهار، ۱۳۰ میلیمتر و ۱۹/۸ روز بارندگی در فصل تابستان، ۳۰۷/۶ میلیمتر و ۲۶/۶ روز بارندگی در فصل پاییز، ۲۱۳/۷ میلیمتر و ۳۲/۶ روز در فصل زمستان می باشد.

متوسط تعداد روزهای یخبندان در سال ۱۲/۸۵ و تعداد روزهای بارش بیشتر از ۵ و ۱۰ میلیمتر به ترتیب ۴۱/۴ و ۲۴/۲ در سال می باشد. اختلاف درجه حرارت سالیانه ۲۸/۳ و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۷/۳ درجه سانتیگراد می باشد.

۵-۱ زمین شناسی عمومی

محدوده مورد مطالعه از نظر زمین شناسی در بخش شمالی زون البرز مرکزی با روند شرقی - غربی قرار گرفته است و شامل رسوبات کم عمق پرکامبرین بالایی تا کرتاسه بالایی به همراه دوره های کوتاه ولکانیکی و تغییر شکل ساختمانی در دوران سنوزوئیک می باشد (شکل ۱-۲). این زون توسط گسل اصلی شمال البرز که از دوران سیلورین فعال بوده به البرز جنوبی و شمالی تقسیم شده است. اختلاف سنگ شناسی و چینه شناسی شدید در این دو بخش مرتبط با فعالیت گسل البرز به نظر می رسد.



- Q-al آبرفت سست کواترنر
- Qt2 مخروطه افکنه و تراسهای جوان
- Qt1 آبرفت و تراسهای قدیمی
- Qpl-c کنگلومرا سیلتی، پلیوسن
- Pl-cm کنگلومرا مارن، پلیوسن، پلیوسن
- M-m,s,l مارن میوسن
- E-m آهک و مارن انوسن میانی
- Ez-l سازند زیارت
- Pe-sl ماسه سنگ آهکی پالیوسن
- k2-11 آهک مارنی کرتاسه بالایی
- K2-lm آهک و مارن کرتاسه
- K2-ml مارن سیلتی کرتاسه بالایی
- Klt سازند تیزکوه
- Js سازند شمشک
- Pr سازند رونه
- Pd سازند درود
- Dkh سازند خوش بیلاق
- DC آهک و شیل تفکیک نشده

شکل ۱-۲ : نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

در پهنه البرز مرکزی رسوبگذاری پرکامبرین و کامبرین به صورت تدریجی است و تا اردوئیسین پیشین ادامه می‌یابد ولی اردوئیسین میانی و بالایی تا دونین زیرین در این زون وجود ندارد و دارای ناپیوستگی در این دوران است. در زون البرز مرکزی تشکیلات دونین بالایی و کربنیفر غنی از فسیل می‌باشد. پرمین در البرز مرکزی با رسوبات تخریبی درود شروع و به آهکهای سازند نسن ختم می‌شود. نهشته‌های پالئوزوئیک در محدوده مورد مطالعه از قدیم به جدید شامل: تشکیلات دونین و کربنیفر تفکیک نشده شامل ماسه سنگ، آهک و شیل، رسوبات سازند خوش بیلاق شامل شیل - سنگ آهک شیلی، رسوبات تخریبی سازند درود و روتنه شامل ماسه سنگ دولومیتی با سن پرمین می‌باشد. در تریاس پیشین تا میانی در البرز دریای کم عمق فلات قاره‌ای وجود داشته که توسط بلندیهای رسوبات تریاس بالایی در البرز تشکیل نشده یا بر اثر فرسایش ناشی از تاثیرات فاز سیمبرین پیشین از بین رفته است. بعد از تاثیر این فاز در البرز چرخه کوهزایی تریاس بالایی- ژوراسیک زیرین شروع می‌شود. در این مرحله در اثر فعالیت گسلها، بلندیها و گودیها تشکیل شده است که در این گودیها رسوبات تریاس بالایی تا ژوراسیک تا ۳۰۰۰ متر انباشته می‌شوند و سازند شمشک را تشکیل می‌دهند. نواحی مرکزی البرز شمالی در اثر فاز سیمبرین میانی مدت طولانی از آب خارج شده و بعد از یک دوره فرسایشی طولانی در ژوراسیک بالایی توسط دریا پوشیده شده است. در کرتاسه فاز سیمبرین پسین در دامنه‌های شمالی البرز تاثیر نداشته است و رسوبات ژوراسیک بالایی دارای مرز تدریجی با تشکیلات کرتاسه زیرین می‌باشند. تشکیلات مزوزوئیک در این منطقه شامل شیل و ماسه سنگ همراه با میان لایه‌های مارن زغال دار مربوط به سازند شمشک (ژوراسیک) و رسوبات مارن و آهک مارنی کرتاسه بالایی می‌باشد. در سنوزوئیک حرکات لارامید موجب خروج البرز شمالی از آب شده است و تا اوائل نئوژن البرز شمالی به صورت یک بلندی بوده که هیچ رسوبی در آن تشکیل نشده است. در نئوژن البرز شمالی شروع به فرونشست کرده و در آن رسوبات دریایی پاراتتیس تشکیل شده است. تشکیلات دوران سنوزوئیک در این منطقه شامل سازند زیارت (ائوسن میانی و بالایی) دارای آهک نومولیت دار و آهک مارنی، تشکیلات ائوسن پایینی و میانی شامل مارن، سنگ آهک و شیل آهکی است. با شروع میوسن البرز شمالی شروع به فرونشست کرده و رسوبات تبخیری شامل تشکیلات مارنی در آن تشکیل می‌شود. نهشته‌های دوره پلیوسن شامل کنگلومرا، مارن سیلتی و رسوبات آبرفتی عهد حاضر بر روی این تشکیلات واقع می‌شوند.

۱-۶ لرزه زمین ساخت منطقه

لرزه خیزی منطقه مرتبط با فعالیت گسل‌های اصلی است. گسل‌های فعال منطقه شامل گسل شمال البرز، گسل خزر و گسل بادله در ادامه معرفی شده‌اند و در شکل ۱-۳ موقعیت گسل‌های منطقه مشخص شده است.

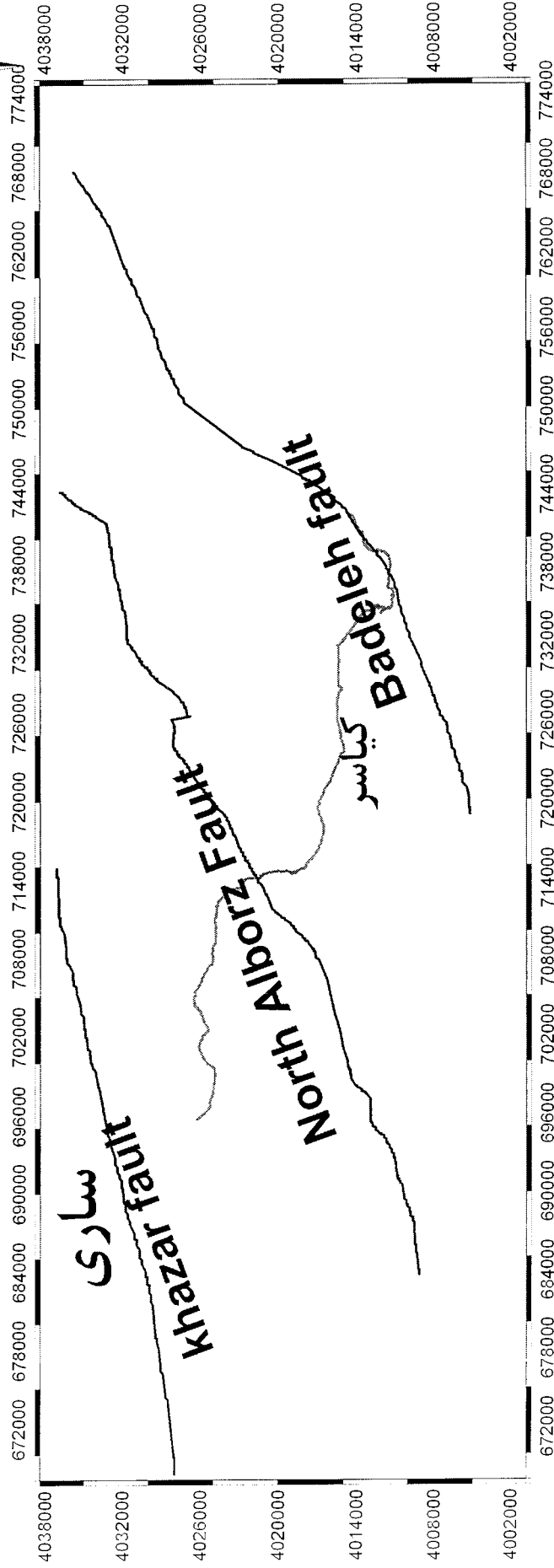
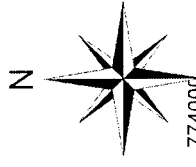
۱-۶-۱ گسل شمال البرز

این گسل مرز کوه‌های البرز را تشکیل می‌دهد و روند نامنظمی دارد. طول آن دست کم ۳۵۰ کیلومتر با سازوکار معکوس می‌باشد. جابجایی زمین در طول آن بیش از ۲ کیلومتر می‌باشد. وجود میلونیت در برخی مناطق در حاشیه این گسل نشان دهنده آغاز فعالیت گسل در پلیوسن یا زمانهای جلوتر از آن می‌باشد و در فاصله زمانی پلیوسن تا پلیستوسن فعالیت آن خاتمه یافته است (اشتوکلین ۱۹۷۴)^۱. فعالیت لرزه خیزی منطقه از جمله زمینلرزه با بزرگی کم و شدت زیاد را مرتبط با فعالیت این گسل دانسته‌اند که به رویداد ۱۶ و ۲۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه روز ۲۴ اوت ۱۹۵۳ با بزرگی $(M_s) 4/8$ و شدت ۸ تا ۴ (MSK) که ۱۸۰۰ خانه در تروود را ویران کرد و ۹۳۰ با نفر کشته، می‌توان اشاره کرد. این زمینلرزه، پس‌لرزه بسیار کم ژرفای زمینلرزه ۱۲ فوریه تروود بود. بربریان زمینلرزه ۱۱۲۷ میلادی چهار دانگه و زمینلرزه یازدهم آوریل ۱۹۳۵ کسوت را مرتبط با گسل شمال البرز می‌داند، در حالیکه زمینلرزه دوم ژوئیه ۱۹۵۷ سنگچال که یکی از مهمترین رویدادهای منطقه است با تردید مرتبط با گسل شمال البرز دانسته می‌شود.

۱-۶-۲ گسل خزر

گسل خزر ۶۰۰ کیلومتر طول و دارای سازوکار معکوس می‌باشد. بالا آمدگی دامنه‌های شمالی کوه‌های البرز در امتداد این گسل شیستهای پرکامبرین گرگان را روی نهشته‌های کواترنر در جنوب دشت ساحلی دریای خزر قرار داده است که نشان دهنده میزان بالا آمدگی بسیار زیاد در امتداد این گسل می‌باشد. دیواره بلند و تغییر ناگهانی ارتفاع در جنوب خزر بین سطح دریای خزر (۲۶ متر زیر سطح دریای آزاد) و دامنه شمالی کوه‌های البرز (حدود ۲۰۰۰ متر) تغییر توپوگرافی بسیار چشمگیری

^۱ - Eshtookline ۱۹۷۴



شکل ۳-۱ : موقعیت گسلهای منطقه

است که ممکن است بدلیل تفاوت در ساختار پوسته‌ای و جنبش‌های معکوس در درازای این گسل به وجود آمده باشد. زمینلرزه‌های پراکنده تاریخی و دستگاهی ثبت شده نشان می‌دهند که فعالیت لرزه-ای ناحیه جنوب خزر بیشتر در امتداد کمربند چین خورده - رانده البرز قرار دارند و بخش‌های میانی فرونشست خزر فعالیت لرزه خیزی بسیار کمی را نشان می‌دهد. چند زمینلرزه ویرانگر در طول ۱۱۰۰ سال گذشته مرتبط با فعالیت گسل خزر می‌باشد. به نظر بربریان زمینلرزه های ۱۸۰۹ و نهم اوت ۱۹۷۱ با بزرگی (M_s) ۵/۵ بابل کنار احتمالاً در ارتباط با گسل خزر ایجاد شده‌اند.

۱-۶-۳ گسل بادله

این گسل ۷۵ کیلومتر طول با راستای شمال شرقی- جنوب غربی تقریباً در ۱۰ کیلومتری جنوب منطقه قرار گرفته است. شواهد و داده سنی دقیق از فعالیت لرزه خیزی راندگی بادله در دست نیست (دفتر مشاورین لار ۱۳۶۸).

۱-۶-۴ دگر ریختی های زمین در پیوند با زمین لرزه

از میان زمین لرزه‌های روی داده و ثبت شده در این منطقه که گسلش سطحی به‌مراه زمینلرزه گزارش شده است می‌توان به زمینلرزه ۲۲ دسامبر ۸۵۶ قوس که بزرگی آن حدود $M_s=7/9$ که دگر ریختی گسترده و حدود ۱۰۰ کیلومتر گسلش سطحی (آمبرسایز و ملویل ۱۹۸۲)^۲ اشاره کرد. همراه بسیاری از زمینلرزه‌های ناحیه از جمله زمینلرزه ۱۱۲۷ فریم - چهاردانگه، زمینلرزه ۱۸۲۵ هراز، زمینلرزه ۵ مارس ۱۹۳۵ تالار رود، زمینلرزه ۱۱ آوریل ۱۹۳۵ کسوت و زمین لرزه ۲ ژوئیه ۱۹۵۷ سنگچال، سنگریزش ها و زمین لغزه های گسترده‌ای روی داده و آسیب‌های سنگینی وارد آورده است.

۱-۶-۵ فعالیت لرزه زایی منطقه

طبق نظر شاردن ۱۸۱۱ زمینلرزه در گیلان و مازندران اگر چه به ندرت تلفات ببار می آورد اما فراوان روی می‌دهد. مهمترین زمین لرزه هایی که از منابع تاریخی گرد آوری شده به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

۱- زمین لرزه ۱۱۲۷ فریم - چهاردانگه: زمین لرزه بزرگی در ناحیه هزار جریب، مازندران جنوبی باعث ویرانی گسترده ای در روستاهای ناحیه فریم شد. روستاهای زارم و قونم کاملاً ویران شد و روستای

^۲ - ۱۹۸۲ Ambersize & Melville

دولت بوسیله زمین لغزه‌ای به سوی دیگر رودخانه ای که در کرانه اش جا داشت رانده شد. سراسر ناحیه در حدود هزار جریب آسیب دیده است.

۲- زمین لرزه ۱۳۰۱ فریم: در سال ۷۰۰ قمری زمین لرزه‌ای روستاهای بسیاری را در مازندران جنوبی ویران کرد که موجب از بین رفتن اهمیت منطقه فریم شده است.

۳ - زمینلرزه ۱۸۲۵ هراز: زمینلرزه ویرانگری در دره هراز روستاهای بسیاری را ویران کرد و باعث کشته شدن مردم بسیاری شد و آسیبهای زمینلرزه تا جاجرود، دماوند، آمل و ساری گسترده بود. در ناحیه مرکزی زمینلرزه بویژه بین کوه‌رود و بولقلم، تقریباً همه پلها و تونلهای جاده هراز ویران شد و بدینسان بمدت حدود ۲ سال این جاده بصورت غیر قابل استفاده در آمد. شواهدی در این منطقه در دست است که نشان می‌دهد این زمینلرزه با دگرریختی زمین که احتمالاً منشا تکتونیکی داشته همراه بوده است.

۴- زمینلرزه ۵ مارس ۱۹۳۵ تالار رود: در اوایل بعد ازظهر زمینلرزه‌ای در خاور تالار رود در مازندران روی داد و در منطقه کم جمعیت بنافت و دودانگه هشت روستا ویران کرد و به ۱۹ روستا آسیب رساند و حدود ۶۰ نفر کشته شدند. آسیب های زمینلرزه عمدتاً در دهستان خانقاه متمرکز بود ولی از آنجا که بسیاری از خانه‌ها از تیرهای چوبی ساخته شده بود شمار تلفات نسبتاً کم بود و در تالار رود، بین دو آب و سرخ آباد خطوط راه آهن که در آن زمان در حال احداث بود آسیب زیادی دید و زمینلرزه آسیب های گسترده‌ای در سراسر دودانگه و در طول جاده فیروزکوه تا شاهی وارد آورد. این زمین لرزه در فواصل دورتر در شهبسوار و در گرگان و در سراسر ساحل جنوبی خزر احساس شد.

۵- زمینلرزه ۱۱ آوریل ۱۹۳۵ کسوت - مازندران: چند ساعت پس از نیمه شب ۲۳ فروردین ۱۳۱۴ زمینلرزه ویرانگری با رشته ای از پس‌لرزه های آسیب رسان در منطقه گوليجان و چهاردانگه روی داد که ۲۶ روستا را ویران کرد و آسیب فراوان ببار آورد. در اثر پس‌لرزه‌های نیرومند این زمینلرزه زمینلرزه هایی در گردشی، قاضی‌کلا و چورات روی داد. در سراسر منطقه ی بیشترین شدت زمینلرزه و نیز در فواصل دورتر جاده‌ها، گذرها و رودخانه‌ها بوسیله زمینلرزه‌ها بسته شدند. رودخانه تجن در نزدیکی دوسله بوسیله زمینلرزه‌ای بطول نیم کیلومتر که در کرانه های شمالی آن روی داد بسته شد و بین ورنند، علمدارده و کسوت دامنه‌های کوهپایه‌ها در هر دو سوی رودخانه (چهار دانگه) لغزید و فرونشست. دیواره زمینلرزه‌هایی را که در نتیجه زمینلرزه روی داده که هنوز میتوان در کرانه‌های

شمالی رودخانه تجن تا جنگل‌های قاضی‌کلا مشاهده کرد. همچنین بین جیناسم و شیست دراز می‌توان درختان کجشده ای را دید که برخی از آنها دست کم ۸۰ سال سن دارند و نشان دهنده توپوگرافی ناپایدار هستند. حتی در زمینهای نسبتاً هموار، زمینلرزه و پس‌لرزه‌ها باعث لغزش‌ها و فرونشست‌های گسترده‌ای شد که برای نمونه دیواره‌های لغزش بین تلوکلا و شمال قونم و نیز در باختر آموری و بین آریام و سنگور قابل مشاهده است. با زمین لغزه‌های بسیار و بارانهایی که بدنبال آن آمد این ناحیه بصورت غیر قابل عبور در آمد. در بیرون از منطقه آسیبها گسترده ولی اندک بود. این زمین لرزه در گستره نسبتاً بزرگی و عمدتاً در جهت خاوری - باختری از شیروان تا رشت و از قازان قلی در شوروی تا سمنان احساس شد. به دنبال این زمینلرزه به مدت ۲۴ ساعت رشته ای از پس‌لرزه‌های نیرومند روی می‌داد و پس‌لرزه‌های ضعیف تر حدود شش ماه ادامه داشت. درجدول ۱-۱ زمین لرزه‌های با بزرگی بیشتر از ۵/۵ در محدوده مورد مطالعه آورده شده است^۲.

^۲- توصیف علائم جدول :

مرجع AM (آمبرسیز و ملویل ۱۹۸۲) ، مرجع GN (گنس و نلسون ۱۹۸۲) ، مرجع SK (کاتولوگ ۱۹۷۷ شوروی) .

M: بزرگی محاسبه شده از امواج سطحی که از رابطه زیر محاسبه شده است

$$M = -0.74 + 1.98 \log R + 0.28(I.)$$

m: بزرگی محاسبه شده از امواج حجمی

I: شدت در مرکز زمینلرزه در یک مقیاس توصیفی ۵ درجه ای به صورت زیر :

I=۱ ویرانی کامل همه ساختمانها از جمله کاروانسراها و کشته شدن تعداد زیادی از ساکنان

I=۲ ویرانی تمام مکانهای مسکونی و بسیاری از ساختمانهای عمومی با شمار زیادی کشته و تلفات دام

I=۳ ویرانی بسیاری از خانه‌ها با شماری کشته

r: شعاع منطقه با بیشترین شدت بر حسب کیلومتر

r: شعاع احساس شدن زمینلرزه بر حسب کیلومتر که به صورت میانگین فاصله مرکز زمینلرزه از نقاطی که در آن زمینلرزه با شدت ۴ (MM) حس شده بود .

I: ژرفای کانونی

q: واحد تعیین محل مرکز مهلززه‌ها (با ۵درجه) که a خوب b دقت متوسط و c تعیین شده بر پایه زمینلرزه شدیدی که از یک آبادی یا شهر گزارش شده بر پایه خطوط هم‌لرزه شدت کم یا بر پایه شعاع احساس شدن زمینلرزه

جدول ۱-۱ : زمین لرزه‌های بیشتر از Ms ۵/۵ در منطقه

مرجع	k	r (Km)	r0 (Km)	I.	بزرگی		ژرفای کانونی Km	مرکز دستگاہی			مرکز مهلرزه			تاریخ رویداد روز ماه سال	
					mb	Ms		q	E	N	q	E	N		
AM	-	-	-	۳	-	۵,۳	-	-	-	-	e	۵۴,۳	۳۶,۲	۳۶,۲	۸۵۹
AM	-	۴۰۰	۱۹	۲	-	۶,۸	-	-	-	b	۵۳,۶	۳۶,۳	۳۶,۳	۱۱۳۷	
AM	-	-	۱۸	۲	-	۶,۷	-	-	-	c	۵۳,۲	۳۶,۱	۳۶,۱	۱۳۰۱	
AM	-	۱۹۰	-	۲	-	۶,۵	-	-	-	e	۵۲,۶	۳۶,۳	۳۶,۳	۱۶۸۷	
AM	۱	۲۲۰	۱۰	۳	-	۵,۸	۱B	۵۳,۲	۳۵,۹	a	۵۳,۰۶	۳۵,۹۴	۳۵,۹۴	۱۹۳۵ ۰۳ ۵	
AM	-	-	۱۵	۲	۷	۶,۳	۱A	۳۶,۶	۳۶,۵	a	۵۳,۳۲	۳۶,۳۶	۳۶,۳۶	۱۹۳۵ ۰۴ ۱۱	
GN	-	۳۲۰	۲۰	۲	-	۶,۸	-	۵۳,۰	۳۶,۱	-	۵۲,۴۷	۳۶,۰۷	۳۶,۰۷	۱۹۵۷ ۰۷ ۲	
GN	-	-	-	-	-	-	-	۲۷	۳۶,۵	-	-	-	-	۱۹۵۸ ۰۱ ۱۶	
SK	-	-	-	-	-	۵,۳	-	۲۵	۳۶,۳	-	-	-	-	۱۹۷۱ ۰۸ ۰۹	
	-	-	-	-	-	۵,۹	-	۲۵ +۰,۲	۳۶,۲	-	-	-	-	۱۹۷۱ ۰۸	

فصل دوم

روشهای پهنه بندی خطر لغزش

۱-۲ مقدمه

احداث پروژه‌های عمرانی و تغییر کاربری زمین در برخی مناطق از جمله دامنه‌های کوهستانی و مناطق پرشیب نیاز به شناسایی برخی پدیده‌های زمین شناسی فعال از جمله لغزش دارد. در این فصل تعریف و طبقه بندی لغزشها و روشهای پهنه بندی خطر لغزش آورده شده است.

۲-۲ تعریف

در منابع مختلف تعاریف و اصطلاحات متعددی برای لغزش وارد شده است. از جمله اصطلاحاتی که برای نشان دادن ناپایداری دامنه بکار می رود، حرکت توده ای^۱ حرکت شیب^۲ و زمین لغزش^۳ است. حرکت دامنه ای عبارت از جابجایی و حرکت تشکیلات روی دامنه به سمت پایین تحت تاثیر نیروی ثقل است.

ترزاقی (۱۹۵۰)^۴ [شریعت جعفری، ۱۳۷۵] لغزش را به صورت زیر تعریف می کند:

^۱ Mass Movement
^۲ Slope Movement
^۳ Landslide
^۴ Terzaghi ۱۹۵۰

” همانطور که تنش تحمیل شده به توده به مقاومت برشی متوسط نزدیک می شود میزان خزش افزایش می یابد تا جایی که عاقبت شکستگی سریع بطور نسبی ظاهر می شود که برای این حالت اصطلاح زمین لغزش بکار برده می شود ”

طبق نظر کانس (۱۹۷۷)^۵ [شریعت جعفری ، ۱۳۷۵] لغزش دارای خصوصیات زیر می باشد:

- ۱- پدیده‌ای که بطور کلی تحت عنوان حرکت توده‌ای مطرح می‌باشد.
- ۲- وزن ، به عنوان عامل اصلی در ناپایداری شیب مطرح است.
- ۳- حرکت توده گسیخته شده معمولاً سریع می‌باشد.
- ۴- حرکت توده‌ای می‌تواند شامل افتان ، لغزش ، و سیلان باشد.
- ۵- صفحه لغزش با صفحه گسل یکی نیست.
- ۶- حرکت توده‌ای روبه پایین به سمت خارج است.
- ۷- مواد جابجا شده دارای مرز تعریف شده هستند.
- ۸- مواد جابجا شده ممکن است بخشی از سنگ بستر را در بر بگیرند.
- ۹- پدیده ذوب و حرکت سریع زمین یخ زده جزء حرکت توده ای نمی باشند.

۲-۳ عوامل ایجاد کننده لغزش

عوامل ایجاد لغزشها به دو گروه عوامل مستعد لغزش و عوامل محرک لغزش تقسیم می‌شود. عوامل مستعد لغزش یا عوامل درونی شامل ویژگیهای طبیعی یک منطقه مثل ویژگی مورفولوژی، لیتولوژی، شرایط آب و هوایی، وضعیت ساختاری (جهت و شیب لایه بندی و دامنه) وجود گسل می‌باشد. عوامل محرک یا عوامل خارجی در اثر تغییر شرایط محیط منجر به افزایش نیروی برشی روی دامنه ها می‌شوند مثل نیروی ناشی از بروز زلزله، فرسایش پای شیب، تغییر کاربری اراضی، احداث ترانشه یا خاکریزی در دامنه ها.

بورد (۱۹۷۸)^۶، عوامل ایجاد کننده لغزش را در دو گروه زیر در نظر گرفته است:

- ۱- عوامل موثر در افزایش نیروی برشی روی دامنه

Coates ۱۹۷۷^۵
Board ۱۹۷۸ -^۶

۱- سقوط

سقوط توده‌ای خاک یا سنگ به سمت پایین که سطح لغزش در این نوع حرکت وجود ندارد. زمانیکه یک لایه حساس به فرسایش در زیر تشکیلات مقاوم در برابر فرسایش قرار بگیرد اتفاق می افتد مثل زمانیکه یک لایه رس فوق تحکیم یافته در زیر لایه ماسه قرار بگیرد. سقوط سنگ یا سنگ افتها در اثر گسترش درزه‌ها در بخشهای بالایی دامنه در اثر نفوذ آب و یخ زدگی و افزایش فشار آب منفذی ایجاد می‌شوند. بنابراین مناطق سنگی پرشیب و با سطوح ضعف فراوان و مناطق دارای پهنه خردشدگی گسلی مستعد اینگونه لغزشها هستند.

۲- لغزشهای چرخشی

حرکت تشکیلات روی دامنه به سمت پایین روی یک سطح جدایش با یک زاویه دوران نسبت به امتداد سطح اولیه صورت می‌گیرد. انواع لغزشهای چرخشی وجود دارد:

۱- لغزشهای چرخشی کم عمق^{۱۱} در عمق کم و در رسوبات همگن خاکی مثل رس و شیل و در طول سطح گسیختگی ضعیف حرکت می‌کند.

۲- لغزشهای چرخشی مرکب توسط یک لغزش اولیه فعال می‌شوند. اغلب دو طرف یک لغزش چرخشی جریان سریع خاک به سمت پایین صورت می‌گیرد.

۳- لغزشهای چرخشی متوالی شامل یک لغزش چرخشی اولیه فعال است که لغزشهای بعدی با عمق کم و با دوران به سمت مرکز دامنه را در بر می‌گیرد.

۳- لغزشهای انتقالی

دارای سطح گسیختگی موازی با سطح زمین هستند که لغزش از آنجا شروع و به سمت پایین دامنه حرکت می‌کند. انواع لغزشهای انتقالی عبارتند از:

۱- لغزشهای بلوکی^{۱۲} در تشکیلات مقاوم و دارای درزه های شیبدار و در امتداد زونهای گسلی موجب انتقال بلوک یکپارچه به سمت پایین می‌شوند.

^{۱۱} Slump
^{۱۲} Block Slide

۲- لغزشهای تخته ای^{۱۳} در تشکیلات هوازده که روی سنگ بستر واقع شده‌اند یک سطح گسیختگی موازی با شیب دامنه ایجاد می‌شود که حرکت تشکیلات هوازده روی آن تسهیل می‌شود.

۳- لغزشهای انتقالی مرکب^{۱۴} توسط یک لغزش اولیه تخته ای فعال می‌شوند و بتدریج به سمت عقب گسترش پیدا می‌کنند.

۴- روانه ها

حرکت تشکیلات خرد شده از بالای شیب به سمت پایین مانند یک مایع ویسکوز که به سمت پایین جریان می‌یابد و به صورت اشکال زیر است:

۱- خاک روانه‌ها^{۱۵} شامل جریان خاکهای سیلتی و رسی طی یا بعد از بارندگی است. نرخ حرکت برای جریانهای خاکی بسیار سریع تا آهسته است. و به میزان شیب دامنه و آب محتوی خاک بستگی دارد.

۲- روانه واریزه‌ای^{۱۶} در دامنه‌های دارای تشکیلات دانه درشت و فاقد پوشش گیاهی ایجاد می‌شود.

لغزشها بر اساس عمق به دو گروه لغزشهای کم عمق و عمیق تقسیم می‌شوند. عمق لغزشی گروه اول کمتر از ۳ متر و گروه دوم بیشتر از ۳ متر می‌باشد. تقسیم بندی لغزشها بر اساس عملیات اجرای پروژه:

۱- لغزشهای مصنوعی: این لغزشها در اثر بارگذاری یا باربرداری از دامنه جهت احداث سازه به وجود می‌آیند.

۲- لغزشهای ایجاد شده در دامنه‌های طبیعی: دامنه‌هایی که تحت تاثیر ویژگیهای طبیعی یک منطقه از جمله وضعیت آب و هوایی، لیتولوژی، عوامل زمین ساخت به طور طبیعی ناپایدارند و در احداث پروژه‌های عمرانی از قبیل جاده باید شناسایی شوند در این صورت از فعال شدن آنها جلوگیری می‌شود.

Slab^{۱۳}
multiple Translational Slides^{۱۴}
Erath Flow^{۱۵}
Debries Flow^{۱۶}

۳- لغزشهای قدیمی: لغزشهایی که در گذشته در شیبهای طبیعی به وجود آمده اند و امروزه به طور نسبی پایدار شده اند شناسایی لغزشهای قدیمی در زمان مسیر یابی احداث جاده و سایر پروژه های عمرانی لازم است در غیر اینصورت فعال شدن مجدد این لغزشها پتانسیل ایجاد تلفات جانی خواهد داشت و هزینه پایدار سازی بالایی را تحمیل می کنند.

۲-۵ پهنه بندی خطر لغزش

پهنه بندی عبارت از تقسیم بندی محدوده مورد نظر به مناطق با درجه خطر متفاوت است. تعیین محدوده با درجه خطر لغزش به شناسایی سریع مناطق دارای پتانسیل بالا قبل از بروز لغزش کمک می کند. تعریف خطر و تعیین آسیب وارده در زمان وقوع حادثه در منطقه خطر بر اساس موقعیت منطقه و تعریف اشخاص متفاوت است. سازمان ملل و یونسکو^{۱۷} ۱۹۸۴ جهت هماهنگی امداد رسانی در زمان وقوع بلایای طبیعی تعاریف زیر را پیشنهاد کردند.

خطر طبیعی^{۱۸} (H): احتمال وقوع یک پدیده مخرب در یک زمان و منطقه معین

آسیب پذیری^{۱۹} (V): میزان خسارت ایجاد شده از یک پدیده مخرب با در نظر گرفتن احتمال وقوع^{۲۰} (R) آن پدیده و میزان پتانسیل تخریب می باشد. میزان آسیب پذیری با درجه صفر (بدون خطر) تا یک (خسارت کامل) تعریف می شود.

احتمال وقوع ویژه^{۲۱} (RS): میزان آسیب و خسارت مورد انتظار از وقوع یک پدیده مخرب که بصورت (R*V) تعریف می شود.

احتمال وقوع مطلق^{۲۲}: خسارات جانی و تلفات انسانی در نتیجه وقوع یک پدیده مخرب که حاصل ضرب احتمال وقوع ویژه در پارامترهای موثر در احتمال وقوع می باشد.

$$R_t = E * R_s = E * H * V \quad (1-2)$$

^{۲۳}E عناصر در معرض خطر هستند که با میزان جمعیت و کاربری اقتصادی اراضی در ارتباط است.

ITC ۱۹۸۴^{۱۷}
Natural hazard^{۱۸}
Vulnerability^{۱۹}
Risk^{۲۰}
Specific risk^{۲۱}
Total Risk^{۲۲}
Element at risk^{۲۳}

در نظر گرفتن موقعیت اقتصادی و میزان جمعیتی که در مسیر یک جاده تردد می کند، اهمیت تامین ایمنی مسیر در مناطق کوهستانی و پرشیب را مشخص می کند.

۲-۶ روشهای پهنه بندی لغزش

پهنه بندی خطر لغزش و تعیین میزان پایداری دامنه‌ها به صورت پهنه بندی مطلق و یا پهنه بندی نسبی صورت می گیرد.

۲-۶-۱ پهنه بندی مطلق

پهنه بندی مطلق با تعیین ضریب اطمینان دامنه‌ها بر اساس محاسبات تحلیل پایداری صورت می‌گیرد. در این روش تعیین پایداری دامنه با اندازه گیری پارامترهای مقاومت مصالح دامنه و در آزمایشگاه بدست می‌آید.

۲-۶-۲ پهنه بندی نسبی

پهنه بندی نسبی از طریق بررسی فاکتورهای ایجاد کننده لغزش و مقایسه دامنه‌ها با هم و به صورت نسبی صورت می‌گیرد. در این روش تمام عوامل ایجاد کننده لغزش تعیین و با در نظر گرفتن میزان تاثیر هر عامل در ایجاد لغزش یک نقشه با درجات مختلف خطر لغزش تهیه می‌شود. در این روش میزان تاثیر بیشتر هر عامل در ایجاد لغزش با درجه اهمیت بیشتر در تهیه نقشه نهایی وارد می‌شود. بنابراین درجات متفاوتی از اهمیت یا وزن برای فاکتورها با توجه به میزان تاثیر در ایجاد لغزش وارد می‌شود. در این روش وزن عوامل ایجاد لغزش به سه روش زیر صورت می‌گیرد.

- ۱- وزن دهی عوامل ایجاد لغزش در یک منطقه مشخص که به مناطق دارای شرایط مشابه تعمیم داده می‌شود.

- ۲- پهنه بندی بر اساس امتیاز دهی فاکتورهای موثر از طریق مقایسه فاکتورهای موثر و نقشه پراکنش لغزش (روش آماری).

- ۳- پهنه بندی بر اساس وزن دهی تجربی که وزن عوامل ایجاد لغزش از طریق مقایسه عوامل نسبت بهم به دست می‌آید.

۲-۶-۱-۲ روشهای رایج در پهنه بندی خطر لغزش

شامل روشهای پهنه بندی است که فاکتورهای ایجاد لغزش و وزن عوامل بر اساس ویژگیهای یک منطقه با دقت بالا بدست آمده است. برخی از این روشها که مورد استفاده سایر محققین در مناطق مختلف صورت می گیرد در ادامه معرفی شده است.

۱- روش کاناگاوا (۱۹۸۱)^{۲۴}: این روش جهت ارزیابی پایداری دامنه در مناطق لرزه خیز با استفاده از اطلاعات سه زلزله بزرگ در ژاپن در ایالت کاناگاوا ژاپن مورد استفاده قرار گرفت. در این روش شبکه بندی نقشه های ۱/۲۵۰۰۰ با واحد سطح ۵۰۰×۵۰۰ متر صورت می گیرد و پتانسیل ناپایداری در هر شبکه از مجموع وزن فاکتورها بدست می آید. در این روش هفت عامل ماکزیمم شتاب زلزله، طول خطوط منحنی های میزان، ماکزیمم اختلاف ارتفاع، سختی سنگ، طول گسل، طول ترانشه ها و شیب خاکریزها، توپوگرافی دامنه به عنوان عوامل موثر در بروز لغزش در نظر گرفته می شود.

۲- روش آن بالاگان (۱۹۹۲)^{۲۵}: این روش توسط آن بالاگان و همکاران در یک منطقه کوهستانی در هند با در نظر گرفتن ۶ عامل و تعیین درجه امتیاز برای رده های هر عامل در واحدهای همگن لیتولوژی با حداکثر امتیاز ۲، شیب با حداکثر امتیاز ۲، ناهمواری سطح با حداکثر امتیاز ۱، کاربری زمین با حداکثر امتیاز ۲، پوشش زمین با حداکثر امتیاز ۲، ویژگی آب زیرزمینی، با حداکثر امتیاز ۱، ابداع گردیده است.

۳- روش نیلسن (۱۹۷۹)^{۲۶} [شریعت جعفری، ۱۳۷۵]: از این روش جهت ارزیابی سریع پایداری دامنه ها در ایالات متحده برای اولین بار استفاده شده است. در این روش شیب به عنوان فاکتور اصلی در نظر گرفته می شود. از تلفیق نقشه زمین شناسی و نقشه پراکنش لغزش نقشه نهشته های لغزشی تهیه می شود. در روش نیلسن شیب به ۳ زیر رده کمتر از ۵٪، ۵-۱۵٪ و بیشتر از ۱۵٪ تقسیم می شود. در نقشه شبکه بندی شده شیب با استفاده از رابطه ۲-۲ در هر مربع بدست می آید.

$$(۲-۲) \quad \text{شیب مربع} = ۸ / (\text{مجموع شیب نقاط چهار گوش} + \text{شیب نقطه وسط} \times ۴)$$

Kanagava ۱۹۸۶^{۲۴}
Anbalagan ۱۹۹۲^{۲۵}
Nilsen ۱۹۷۹^{۲۶}

از مجموع سه نقشه شیب، لیتولوژی نهشته های لغزشی و مناطق لغزش، نقشه های با سه واحد مشخص، لغزش کم یا بدون لغزش، واحدهای لغزشی و واحدهای مستعد روانگرایی در محدوده شیبهای تعریف شده طبق جدول ۱-۲ بدست می آید.

جدول ۱-۲ : طبقه بندی عوامل موثر در روش نیلسن

			کلاس شیب واحدها
>۱۵%	۵-۱۵%	<۵%	واحدهای لغزشی کم یا بدون لغزش
بطور متوسط پایدار	عموما پایدار	پایدار	واحدهای لغزشی
بطور متوسط ناپایدار	بطور متوسط ناپایدار	بطور متوسط ناپایدار	
مناطق مستعد روانگرایی			

۴- روش نیلسن اصلاح شده : روش نیلسن اصلاح شده بر اساس ایجاد تغییرات در روش نیلسن بکار می رود.

۱- در این روش با عبور نقشه شیب از نقشه پراکنش لغزش واحدهای لغزشی دارای شیب کمتر از ۵٪ نیز پایدار در نظر گرفته می شود. در روش نیلسن برای کلیه واحدهای لغزشی و لغزش کم یا غیر لغزشی با شیب بیشتر از ۵ درصد بصورت پهنه عموما پایدار، بطور متوسط پایدار و بطور متوسط ناپایدار در نظر گرفته شده در صورتیکه در روش اصلاح شده بر اساس پراکنش سطحی زمین لغزش بصورت سه کلاس شیب ۵-۲۰ درصد و ۲۰-۳۰ درصد و بیشتر از ۳۰ درصد در پهنه های عموما پایدار، بطور متوسط پایدار، بطور متوسط ناپایدار تفکیک شده اند که برای شیبهای بیشتر از ۳۰ درصد افتانها نیز مطرح می باشد.

۲- روش اصلاح شده نیلسن دارای سه واحد مشخص لیتولوژی لغزشی کم یا بدون لغزش، واحدهای لغزشی و واحدهای مستعد روانگرایی و نقشه شیب در چهار کلاس کمتر از ۵٪، ۵-۲۰٪، ۲۰-۳۰٪ و بیشتر از ۳۰ درصد که در قالب جدول ۲-۲ ویژگی واحدها در استعداد ناپایداری آمده است.

جدول ۲-۲: تقسیم بندی گروههای ناپایدار در روش نیلسن اصلاح شده

کلاس شیب واحدها	</۵	۲۰-۵٪	۳۰-۲۰٪	>/۳۰
واحدهای لغزشی کم یا بدون لغزش	مناطق پایدار	مناطق عموماً پایدار	مناطق بطور متوسط پایدار	مناطق پایدار از لحاظ سقوط سنگی
واحدهای لغزشی	مناطق پایدار	مناطق بطور متوسط پایدار		مناطق بطور متوسط ناپایدار از لحاظ سقوط سنگی
مناطق مستعد روانگرایی				

۵- روش مورا و وارسون (۱۹۹۳)^{۲۷}: مورا و وارسون با مطالعه روی گسیختگیهای به وقوع پیوسته در نتیجه زلزله های تاریخی و بارندگی های سنگین در کاستاریکا عوامل ایجاد لغزش را به دو گروه عوامل مستعد کننده شامل پستی و بلندی نسبی Sr با ۶ رده و حداکثر امتیاز ۵، لیتولوژی Si با ۵ رده و حداکثر امتیاز ۵، رطوبت خاک Sh با ۵ رده و حداکثر امتیاز ۵ و عوامل محرک در بروز لغزش شامل شدت زلزله Ts در مقیاس مرکالی با ۱۰ رده و حداکثر امتیاز ۱۰ و شدت بارندگی Tp با ۵ رده و حداکثر امتیاز ۵ تقسیم کردند. این منطقه دارای بارندگی بسیار بالا است و به همین دلیل این روش برای مناطق خشک مناسب نیست زیرا میزان بارش کم میزان شاخص خطر لغزش را کاهش می دهد. شاخص خطر زمین لغزش در شبکه های منظم به مساحت ۱ کیلومتر مربع از رابطه ۲-۳ محاسبه می شود.

$$HI = (Sr * Si * Sh) (Ts + Tp) \quad (۳-۲)$$

HI = شاخص خطر لغزش Sr = شاخص پستی و بلندی نسبی Si = لیتولوژی

Sh = رطوبت خاک Ts = شدت لرزه ای Tp = تاثیر شدت بارندگی

با محاسبه شاخص خطر لغزش تقسیم بندی گروههای خطر بر اساس ارزش عددی شاخص خطر بدست آمده در هر شبکه به ۶ گروه خطر لغزش طبق جدول ۲-۳ بدست می آید.

^{۲۷} Mora, Wahrson ۱۹۶۲

جدول ۲-۳: گروه‌های خطر لغزش در روش مورا و وارسون

HL	۰-۶	۷-۳۲	۳۳-۱۶۲	۱۶۳-۵۱۲	۵۱۳-۱۲۵۰	>۱۲۵۰
استعداد بروز خطر	ناچیز	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد

۶ - روش حائری-سمیعی (۱۳۷۶): این روش توسط حائری و سمیعی با انجام اصلاحاتی روی روش مورا و وارسون برای پهنه بندی خطر لغزش در استان مازندران با شبکه های منظم ۲/۵ کیلومتر استفاده شد. در این روش، بجای اختلاف در پستی و بلندی ها شیب دامنه (P_I) با ۵ رده و حداکثر امتیاز ۵ در نظر گرفته شده است و لیتولوژی (P_L) با ۱۰ رده و حداکثر امتیاز ۱۰، میزان بارندگی ماهانه (P_H) با ۵ رده و حداکثر امتیاز ۵، طول گسل (P_F) با ۵ رده و حداکثر امتیاز ۵، طول راه و رودخانه (P_R) برحسب Km/Km^2 با ۵ رده و حداکثر امتیاز ۹، به عوامل ایجاد کننده لغزش در روش مورا و وارسون اضافه شدند و شدت بارندگی (T_P) با ۵ رده و حداکثر امتیاز ۵ و شدت زلزله (T_E) با ۶ رده و حداکثر امتیاز ۵ به عنوان عوامل محرک و تشدید کننده در نظر گرفته شدند و برای هر فاکتور یک درجه اهمیت به عنوان ضریب C بین یک تا دو طبق رابطه ۲-۴ در نظر گرفته می‌شود.

$$C_E=2, C_I=1, C_P=1, C_H=0.75, C_R=0.33, C_F=1, C_L=0.75 \quad (4-2)$$

میزان خطر در هر شبکه از رابطه ۲-۵ محاسبه می‌شود.

$$H_{LS} = (C_L P_L)(C_I P_I)(C_F P_F)(C_R P_R)(C_H P_H)(C_P T_P + C_E T_E) \quad (5-2)$$

طبقه بندی ارزش خطر نسبی بدست آمده در شبکه ها طبق جدول ۲-۴ به ۷ رده خطر لغزش تقسیم می‌شود.

جدول ۲-۴: تقسیم بندی شاخص خطر لغزش در روش حائری-سمیعی

شاخص خطر لغزش	۰	۱-۳۰	۳۱-۱۲۰	۱۲۱-۴۸۰	۴۸۱-۱۷۵۰	۱۷۵۱-۷۵۰۰	>۷۵۰۰
میزان خطر	بدون خطر	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد	فوق العاده زیاد

۷- روش پاچوری و مانوچ پنت (۱۹۹۲)^{۲۸}: این روش توسط محققین نامبرده جهت پهنه بندی منطقه مستعد لغزش در منطقه به وسعت ۳۱۷ کیلومتر مربع در طول رودخانه آلاگار در هند استفاده شد. در این روش نقشه زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی به عنوان عوامل موثر در لغزش به واحدهای فیزیوگرافی دارای ویژگیهای یکسان تقسیم شدند و امتیاز دهی عوامل موثر در بروز لغزش بر اساس رابطه لغزشها و عوامل شیب، فاصله از گسل، ارتفاع بر اساس فراوانی لغزش صورت می گیرد و برای هر فاکتور یک وزن با توجه به میزان تاثیر در ایجاد لغزش در نظر گرفته می شود. این فاکتورها شامل جهت شیب لایه بندی با ۲ کلاس و وزن ۱، فاصله از گسل (Km) ۵ کلاس و وزن ۱۰، زاویه شیب (درجه) با ۵ کلاس و وزن ۹، اختلاف نسبی پستی و بلندیها (m) با ۵ کلاس و وزن ۸، لیتولوژی با ۴ کلاس و وزن ۷، اختلاف ارتفاع (m) با ۳ کلاس و وزن ۵، طول جاده (Km) با ۳ کلاس و وزن ۳ می باشد. شاخص خطر زمین لغزش از طریق رابطه ۲-۶ در هر واحد فیزیوگرافی بدست می آید.

$$LHI = \sum (W_i * R_{ij}) \quad (۶-۲)$$

LHI = شاخص خطر لغزش = W_i = وزن متغیر i

R_{ij} = امتیاز زیر رده از متغیر i

۸- روش استیونسن (۱۹۷۷)^{۲۹}: استیونسن برای تهیه نقشه پهنه بندی خطر در شیبهای رسی تاسمانیا در ۱۹۷۷ از این روش استفاده کرد و ۵ عامل درصد پلاستیسیته رس (p)، آب (w)، زاویه شیب (S)، سطوح گسیختگی در دامنه (C) و کاربری زمین (U) را به عنوان پارامترهای ایجاد لغزش در منطقه معرفی کرد. احتمال وقوع نهایی لغزش در هر واحد در این روش از رابطه ۲-۷ بدست می آید.

$$Risk = (P + 2W)(S + 2C)(U) \quad (۷-۲)$$

برای اعداد R بیشتر یا حدود ۶۰ گسیختگی در دامنه اتفاق می افتد و در حدود ۵۰ به عنوان اخطار در امکان ناپایداری تلقی می گردد.

۲-۶-۲-۲ روش آماری

این روش بر مبنای روی هم قرار دادن فاکتورهای موثر در ایجاد لغزش و تجزیه و تحلیل رابطه نقشه پراکندگی لغزش با فاکتورهای ایجاد کننده، امکان تهیه نقشه پهنه بندی خطر لغزش ایجاد می شود. تحلیل آماری به دو روش عمده تحلیل دو متغیره و تحلیل چند متغیره صورت می گیرد.

۲-۶-۲-۱ تحلیل دو متغیره: این روش توسط براب و همکاران (۱۹۷۲)^{۲۰} ابداع شد و سریعترین راه تهیه نقشه خطر لغزش می باشد. از ترکیب جداگانه نقشه پراکندگی لغزش با نقشه فاکتورهای موثر (شیب، لیتولوژی، گسل، و...) بر اساس تراکم زمین لغزش میزان امتیاز زیر رده های هر عامل مشخص می شود. تحلیل دو متغیره برای بدست آوردن ارزشها شامل دو روش آنالیز سطحی و ارزش اطلاعاتی است.

الف - روش آنالیز سطحی: با عبور دو نقشه پراکندگی لغزش و عوامل ایجاد کننده لغزش، تراکم زمین لغزش برای هر زیر رده با دو روش تراکم مساحت یا تراکم تعداد بدست می آید.

۱- تراکم مساحت: نسبت درصدی از سطح زیر رده یک متغیر که دارای لغزش است به کل مساحتی که متغیر در نقشه وجود دارد طبق رابطه ۲-۸ محاسبه می شود.

$$D_{area} = 100 * ASX_i / AX_i \quad (۸-۲)$$

$$ASX_i = \text{سطح دارای لغزش زیر رده متغیر } x_i$$

$$AX_i = \text{کل سطح متغیر } x \text{ در نقشه}$$

تراکم مساحت برابر است با نسبت تراکم زیر رده متغیر به تراکم کل (رابطه ۲-۹)

$$W_{area} = D_{area} - 100 * \sum ASX_i / \sum AX_i \quad (۹-۲)$$

۲- تراکم تعداد: تعداد زمین لغزشها در هر کیلومتر مربع نسبت به مساحت زیر رده متغیر با استفاده از رابطه ۲-۱۰ بدست می آید.

$$D_{number} = (\text{Area}(x_i) / 10^6) * \text{Number}(S_{x_i}) \quad (۱۰-۲)$$

$$D_{number} = \text{تعداد تراکم (تعداد در کیلومتر مربع)}$$

$$\text{Area}(x_i) = \text{مساحت زیر رده متغیر } x_i \text{ در متر مربع}$$

Number(S_{xi}) = تعداد لغزشها در زیر رده متغیر x_i

تراکم بر اساس تعداد در کیلومتر مربع از طریق رابطه ۲-۱۱ بدست می‌آید.

$$W_{number} = D_{number} - (\sum \text{Area}(x_i) / 1 * 10^6) * \sum \text{Number}(S_{xi}) \quad (11-2)$$

شاخص خطر با جمع کردن مقادیر وزن ها برای پارامترهای مختلف در یک نقشه محاسبه می‌شود.

ب - روش ارزش اطلاعاتی: این روش توسط یان و یان (۱۹۸۸)^{۳۱} ابداع شده است. فاکتورهای موثر در لغزش به عنوان یک متغیر به چند زیر گروه تقسیم می‌شوند و با عبور هر نقشه عامل به صورت مجزا از نقشه پراکندگی لغزش، هر متغیر امتیازی بر حسب تراکم وجود لغزش بدست می‌آورد (۲-۱۲).

$$I_i = S_i / N_i / S / N \quad (12-2)$$

S = تعداد پیکسلهای دارای لغزش در نقشه

N = تعداد کل پیکسلها در نقشه

S_i = تعداد شبکه های دارای لغزش در زیر رده i ام

N_i = تعداد کل شبکه های دارای زیر رده i ام از یک متغیر

I_i = ارزش اطلاعاتی متغیر i ام در ایجاد لغزش

شاخص خطر لغزش در هر واحد از مجموع ارزشها بدست می‌آید.

۲-۶-۲-۲ تحلیل چند متغیره

در این روش نقشه پراکنش لغزش با تمام فاکتورهای ایجاد کننده لغزش ترکیب می‌شود و لغزش به عنوان متغیر وابسته و عوامل موثر در بروز لغزش به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته می‌شود. وجود یا عدم وجود لغزش در هر واحد و تحلیل شبکه ها با روش ضریب رگرسیون چند گانه انجام می‌گیرد.

ضریب رگرسیون چند گانه: در این روش متغیر مستقل پارامترهای ایجاد لغزش و متغیر وابسته وقوع یا عدم وقوع لغزش است و در دو حالت، صفر و یک بررسی می‌شود. شکل کلی رگرسیون به صورت رابطه ۲-۱۳ است:

^{۳۱} Yin & Yan ۱۹۸۸

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_nx_n \quad (\text{معادله } 2-13)$$

Y = وجود یا عدم وجود متغیر وابسته x = متغیر غیر وابسته b_0 = ثابت رگرسیون
 b_1 تا b_n = ضرایب رگرسیون که میزان مشارکت هر متغیر غیر وابسته را در ایجاد متغیر وابسته نشان می‌دهد.

۲-۶-۲-۳ روش وزن دهی تجربی

در این روش وزن دهی با در نظر گرفتن تاثیر عوامل ایجاد کننده لغزش در مقابل یکدیگر صورت می‌گیرد. تعیین میزان تاثیر یک عامل در ایجاد لغزش مبتنی بر روش تجربی است که دقت نقشه حاصله بستگی به دقت انتخاب درجات اهمیت در نظر گرفته دارد. تعیین وزن عوامل ایجاد کننده از روش شاخص همپوشانی و روش تحلیل سلسله مراتبی^{۳۲} صورت می‌گیرد.

۲-۶-۲-۳-۱ شاخص همپوشانی

در این روش نرخ مربوط به کلاسهای مختلف بین ۰ تا ۱۰ در نظر گرفته می‌شود (محمد خان ۱۳۸۰) با توجه به هیستوگرام بدست آمده از همپوشانی نقشه پراکنش زمین لغزش با عوامل ایجاد کننده هر زیر رده در یک کلاس که تراکم لغزش بیشتری داشته باشد نرخ ۱۰ و نرخ بقیه زیر رده‌ها با توجه به مقدار تراکم زمین لغزش به صورت واحدی از ۱۰ در نظر گرفته می‌شود. وزن یا درجه اهمیت برای هر عامل با توجه به شناخت از منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته می‌شود. بعد از تعیین درجه اهمیت هر فاکتور و امتیاز هر زیر رده متغیرها، میزان شاخص خطر از رابطه ۲-۱۴ بدست می‌آید.

$$Final = \frac{n_1(\text{فاکتور } 1) + \dots + n_n(\text{فاکتور } n)}{\sum W} \quad (\text{۲-۱۴})$$

$\sum W$ = مجموع وزن عوامل

۲-۶-۲-۳-۲ روش تحلیل سلسله مراتبی

ارزش مربوط به زیر رده عوامل مختلف در این روش بین ۰-۱۰۰ در نظر گرفته می‌شود (محمد خان ۱۳۸۰). ارزش هر متغیر همانند روش شاخص همپوشانی از روی هیستوگرام به دست آمده از قطع دادن نقشه پراکنش زمین لغزش با عوامل مختلف به دست می‌آید. وزن مربوط به هر عامل از طریق قضاوت شفاهی در نظر گرفته می‌شود و نتیجه مقایسه‌ها به صورت ماتریس در می‌آید (جدول ۲-۵).

جدول ۲-۵: قضاوت شفاهی در مورد ارزش تعیین شده در هر کلاس

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	
۹	Extremely Preferred	کاملاً مطلوب
۷	Very strongly preferred	مطلوب خیلی قوی
۵	Strongly preferred	مطلوبیت قوی
۳	Moderately preferred	کمی مطلوب تر
۱	Equally preferred low	مطلوبیت کمتر
۲ و ۴ و ۶ و ۸	-	ترجیحات بین فواصل فوق

شاخص خطر با توجه به رابطه ۲-۱۵ از ضرب وزن تعیین شده برای هر فاکتور در امتیاز زیر رده‌ها بدست می‌آید.

$$(۲-۱۵) \quad \text{Final} = n_1(\text{نقشه زمین شناسی}) + n_2(\text{نقشه کاربری اراضی}) + n_3(\text{نقشه فاصله از گسل}) + ۰۰۰$$

فیض نیا و همکاران ۱۳۸۱ از دو روش وزن دهی تجربی شاخص همپوشانی و روش تحلیل سلسله مراتبی جهت پهنه بندی خطر لغزش در حوضه آبریز شیرین رود سد تجن استفاده کردند. در این مطالعه ۶ عامل زمین شناسی با تعیین وزن ۱۰، کاربری زمین وزن ۸، بارندگی وزن ۷، فاصله از جاده وزن ۶، شیب وزن ۴، ارتفاع وزن ۴ و فاصله از گسل وزن ۲ بررسی شدند. از دو روش دیگر ارزش اطلاعاتی و تراکم در سطح برای پهنه بندی خطر لغزش در این حوضه استفاده کردند که بهترین نتیجه با روش ارزش اطلاعاتی بدست آمده است.

حق شناس (۱۳۷۴) سه روش پهنه بندی آنالیز دو متغیره به روش ارزش اطلاعاتی و چند متغیره به روش ضرایب رگرسیون چند گانه و تحلیل مبین را در حوضه آبخیز طالقان با فاکتورهای زمین شناسی، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل اصلی، در نظر گرفته و نتیجه گیری نموده است که استفاده از روش دو متغیره با تحلیل تابع مبین در تفکیک گروههای خطر لغزش مناسب تر است.

کهی میانجی (۱۳۷۷) روش پهنه بندی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و آنالیز آماری دومتغیره با روش آنالیز سطحی و روش چند متغیره آماری با ضریب رگرسیون چندگانه برای ۶ نوع لغزش به ترتیب مساحت در منطقه لغزش مرکب، جریان واریزه ای، جریان، دورانی، سنگریزه ای، انتقالی با ۶ متغیر، وجه شیب با ۴ کلاس، شیب ۶ کلاس، پوشش گیاهی ۷ کلاس، شدت بارندگی ۲۴ ساعته با ۱۰ کلاس، هم‌لرز ۳ کلاس، هم باران ۱۱ و زمین شناسی با ۷ کلاس را مورد بررسی قرار داده است. در تحلیل چند متغیره آماری ابتدا کلیه متغیرها محاسبه شدند ولی به دلیل ایجاد خطای زیاد، فقط متغیر زمین شناسی، شیب و شدت بارندگی ۲۴ ساعته مورد استفاده قرار گرفت که نتایج مطلوبتری بدست آمده است. در رگرسیون چند گانه رابطه خطی بین لغزشها متشکل از ۶ نوع بعنوان متغیر وابسته و متغیر های مستقل زمین شناسی با ۷ کلاس، شیب ۶ کلاس و شدت بارندگی در ۲۴ ساعت در ۱۰ کلاس، مجموعاً ۳ متغیر در ۲۳ کلاس بررسی شده است که ۲۳ متغیر مستقل و لغزش به عنوان متغیر وابسته در مجموع ۲۴ متغیر در ۱۲۰ واحد کاری ایجاد شده و ماتریس 120×24 جهت تحلیل چند متغیره خطی بدست آمده است. با اعمال ضرائب رگسیون بدست آمده روی متغیر مستقل بر اساس وضعیت پراکندگی لغزشها، تفکیک گروههای خطر پیش بینی گردیده است.

صیادی و هنر دوست (۱۳۸۳) پهنه بندی خطر لغزش به روش حائری - سمیعی را در حوزه آبخیز خلین دره در استان گلستان در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و با در نظر گرفتن عامل لیتولوژی، زاویه شیب، عوامل ساختاری و طول گسل، عامل راه و رودخانه، بارندگی به عنوان عوامل مستعد و شدت بارندگی و زمین لرزه به عنوان عوامل محرک انجام دادند که در نتیجه عنوان شده که استفاده از روش حائری - سمیعی جهت پهنه بندی در این حوضه برای تهیه نقشه های بزرگ مقیاس کارایی لازم را ندارد و معیارهای ارزیابی برای پهنه بندی خطر لغزش و شاخص های پهنه بندی زمین لغزش بصورت بخشی و محلی و تعیین کلاس خطر لغزش با توجه به ویژگی حوضه در این موارد نتیجه بهتری دارد. بنابراین استفاده از این روش در مناطق کوچک باید با توجه به ویژگیهای آبخیز منطقه تغییر داده شود تا مطالعات با دقت بیشتری انجام گردد.

تنگستانی (۱۳۸۲)^{۳۳} نقشه پهنه بندی خطر لغزش را با استفاده از عملگر گاما فازی و سیستم GIS در حوضه خاخان در استان فارس بکار برده است. در این تحقیق فاکتور شاخص خطر لغزش با روش وزن دهی آنبالاگان برای عوامل لیتولوژی، ضخامت خاک، میزان هوازدگی، ارتفاع، شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، فاصله تا جاده ها تعیین شده و با استفاده از عملگر گامای فازی، ارزش شاخص خطر تعیین شده است. در مطالعه بهتر شدن نتیجه با استفاده از منطق فازی نشان داده شده است. غیومیان و همکاران (۱۳۸۱) با استفاده از روش تصمیم گیری چند مشخصه فازی (منطقه رود بار گیلان) را با در نظر گرفتن رده های لیتولوژی، فاصله از گسل، بارندگی، شیب، شتاب زلزله، پوشش گیاهی و کاربری اراضی به عنوان فاکتورهای موثر در بروز لغزشهای منطقه نقشه پهنه بندی خطر لغزش منطقه را تهیه کردند. در این روش تراکم زمین لغزش ها در واحد سطح برای همه زیر رده ها بدست آورده و بر این اساس با مقایسه دو روش وزن دهی بر اساس نرخ قطعی و پهنه بندی با فازی سازی وزن ها، استفاده از روش اخیر را بدست آمدن نتایج مناسبتر دانسته اند.

فصل سوم

ویژگی لغزشها در محدوده مورد مطالعه

۱-۳ مقدمه

با مطالعه عکس های هوایی و بررسی های صحرایی در ۱۰۰ کیلومتر از مسیر ارتباطی ساری-کیاسر حد فاصل روستای ایول تا روستای تاکام ۲۴ لغزش شناسایی شدند. مکانیسم اکثر لغزشها، انتقالی و چرخشی و ۳ مورد لغزشهای جریانیه است. در جدول ۱-۳ ویژگی لغزشها شامل ابعاد و مکانیسم و در شکل ۱-۳ موقعیت جغرافیایی لغزشها روی نقشه توپوگرافی مشخص شده است.

۲-۳ دلایل و وقوع لغزشها در حاشیه جاده

عوامل ایجاد لغزشها روی عمق ناپایداری تاثیر می گذارند از این نظر می توان لغزشها و عوامل موثر در ایجاد آنها را در دو گروه بررسی کرد. گروه اول لغزشهای کم عمق که از نظر سنی لغزشهای ایجاد شده در زمان احداث جاده در نتیجه تغییرات دامنه ای ایجاد شده به تبع آن هستند. گروه دوم لغزشهای عمیق و قدیمی با ابعاد بزرگ هستند که در اثر احداث جاده فعال شده یا فعالیت آنها تشدید شده است.

۱-۱-۳ لغزشهای کم عمق

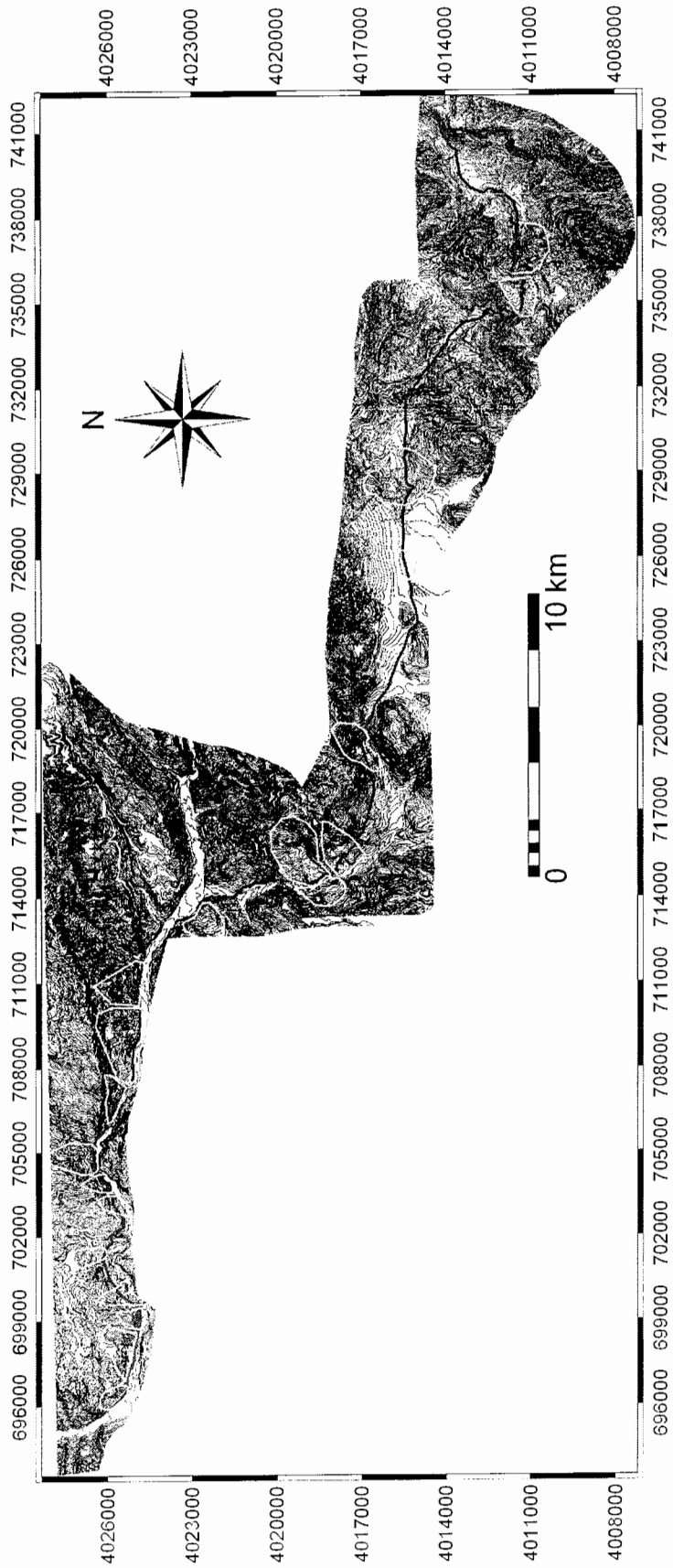
لغزشهای گروه اول، لغزشهای ایجاد شده در عمق کمتر از ۳ متر هستند. این گروه از لغزشها در محلهایی که ترانشه جاده دامنه ها را با ارتفاع و شیب بالا قطع کرده، در اطراف دره ها و مناطق کم

جدول ۱-۳: ویژگی لغزشهای حاشیه جاده

ردیف	مکانیسم	موقعیت جغرافیایی	جهت و شیب لغزش	مورفولوژی لغزش (m)			جنس دامنه	تغییر دامنه	شکل دامنه	ارتفاع خاک (m)	پوشش گیاهی	
				ارتفاع	عرض	طول					ارتفاع (m)	عمق ریشه (m)
۱	دورانی عمیق	۷۳۴۰۵۶/۵۹ ۴۰۱۱۳۷۰/۶۹	N55W 32	180	30	400	دامنه خاکی مارن با لایه زغال دار	خاکبرداری	مقعر	۶<	۱/5	۰/۶ تنک
۲	جریانی کم عمق	۷۳۶۹۵۱/۳۴ ۴۰۱۱۱۷۶/۵۳	-	۱۰	۱۰	-	خاکی شیل و مارن	خاکبرداری	مقعر	۲	۱	۸ متوسط
۳	انتقالی عمیق	۷۲۸۹۵۸/۲۳ ۴۰۱۴۲۲۶/۸	N40W 25	۸	۲۰	۱۰۰	شیلی ریز دانه هوزده	خاکریزی	مقعر	۸	۱/۸	۸ تنک
۴	دورانی کم عمق	۷۲۵۷۳۲/۹۳ ۴۰۱۵۲۵۲/۸۲	N50W N25E	۱۲	۳۰	۱۲۰	خاکی	ترانسه کم عمق	مستقیم	8<	-	- بدون پوشش متوسط
۵	دورانی عمیق	۷۱۸۸۸۲/۷۹ ۴۰۱۶۴۹۶/۳۵	N45W 30	۲۴	۱۰۰	۶۳۰	خاکی شیلی	خاکبرداری و خاکریزی	محدب	۶	۲	۱۲ متوسط
۶	انتقالی کم عمق	۷۱۶۰۵۲/۱۶ ۴۰۱۶۸۸۸/۱۱	N55E 32	۵۰	۱۱۵	۱۹۰	آهک و شیل	خاکبرداری خاکریزی	مستقیم	-	۱/۵	۴ متوسط
۷	انتقالی	۷۱۴۵۷۹/۶۳ ۴۰۱۷۸۶۹/۲۹	N70E ۲۷	۲۴	۳۰۰	۵۷۶	سنگ کف مارنی با خاک سیلت رس دار	خاکبرداری خاکریزی	مستقیم	۲	-	- بدون پوشش متوسط
۸	انتقالی عمیق	۷۱۴۷۹۵/۸۲ ۴۰۱۸۲۱۳/۸۵	235 S30E	۲۸	۱۲۰	۳۰۰	تشکلات آهکی	خاکبرداری خاکریزی	مستقیم	۵	۰/۵	۶ متوسط
۹	دورانی انتقالی	۷۱۳۴۰۷/۳۷ ۴۰۲۲۸۹۷/۸۲	-	۱۴	۲۰۰	۴۷۰	آهک نازک لایه با ماسه سیلت رس دار	خاکبرداری	مستقیم	۸	-	- بدون پوشش تنک
۱۰	انتقالی	۷۱۲۷۶۲/۰۰ ۴۰۲۳۷۷۶/۲۷	۳۵۵	۳۰	۳۷۰	۶۰۰	شیل اسلستی	خاکبرداری خاکریزی	مستقیم	۸	۱/۵	۵ تنک

ادامه جدول ۱-۳

انبوه	۱۰	۸	۵ >	مستقیم	خاکبرداری	آهکی ضخیم لایه با سیلت رسی	۵۰	۷۰۰	۱۰۰۰	N10W N40E	۷۰۸۴۹۵/۶۰ ۴۰۲۴۸۱۳/۶۳	انتقالی عمیق	۱۱
انبوه	۱۰	۲	-	مستقیم	خاکریزی خاکبرداری	آهکی ضخیم لایه سیلت رس دار	۱۰	۲۵	۷۰	N40W YANE	۷۰۸۹۷۹/۷۸ ۴۰۲۵۴۳۳/۶۵	انتقالی عمیق	۱۲
انبوه	۱۲	۵	8 <	مقعر	خاکریزی و خاکبرداری	تآوب شیل و ماسه سنگ	۵۰	۱۲۰	۴۰۰	۱۵۵ ۴۵	36/21/32.8 53/16/46.2	دورانی انتقالی عمیق	۱۳
انبوه	۱۲	۵	8 <	مستقیم	خاکریزی	خاکی - کلویوم	۳۶ متر	۷۰	۲۰۰	۲۳۵ 40	۷۰۴۵۲۶/۶۴ ۴۰۲۶۱۹۵/۵۶	دورانی انتقالی عمیق	۱۴
انبوه	۱۲	۱/۵	۶	مستقیم	خاکریزی	خاکی - کلویوم ، سنگ کف ماری	-	-	-	۱۶۰ ۴۵	۷۰۲۹۶۹/۸۲ ۴۰۲۵۳۶۰/۹۰	دورانی انتقالی عمیق	۱۵
نیمه انبوه	۱۰	۲	۱۲	مستقیم	خاکبرداری	خاکی	۴۰	۳۰	۱۷۰	N50W N20E	۷۰۱۴۱۱/۳۰ ۴۰۲۵۸۷۹/۵۹	انتقالی عمیق	۱۶
انبوه	۱۲	۲	۲	مستقیم	خاکبرداری	رسی هوازده سنگی	۱۶	۲۰	۵۰۰	S25E 55	۶۹۹۷۳۸/۹۳ ۴۰۲۴۸۵۴/۱۸	انتقالی عمیق	۱۷
مترکم	۴	۱/۵	8 <	مستقیم	خاکبرداری	سنگ کف ماری	۱۵	۸	۱۰۰	۸۵ ۳۳	۶۹۹۰۹۵/۶۹ ۴۰۲۴۶۲۳/۵۴	انتقالی عمیق	۱۸
نیمه انبوه	۱۲	۲	۱۲	مستقیم	خاکبرداری	تآوب شیل و ماسه سنگ	۲۸	-	۱۴۰	۲۱۰ S30W	۶۹۸۴۲/۲۹ ۴۰۲۴۴۴۳/۴۹	انتقالی ریزش سنگ	۱۹
انبوه	۷	۳	۵	مستقیم	خاکبرداری	تآوب شیل و ماسه سنگ هوازده	۱۵	۴۰	۱۰۰	۲۵۵ ۲۵	۶۹۶۳۸۷/۷۷ ۴۰۲۵۲۴۰/۱۳	انتقالی عمیق	۲۰



شکل ۳-۱: موقعیت لغزشها روی نقشه توپوگرافی

ارتفاع و در محل خاکریزی شده در سطح جاده دیده می‌شوند. تغییر الگوی زهکشی منطقه در جاده مهمترین دلیل وقوع این لغزشها است.

۳-۱-۲ لغزشهای عمیق

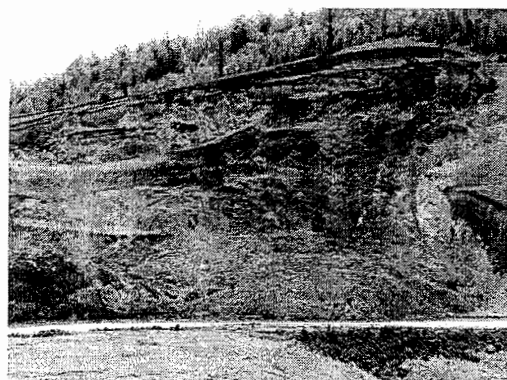
این گروه از لغزشها عمق بیشتر از ۳ متر دارند و اکثرا لغزشهایی قدیمی هستند که به دلیل شرایط خاص زمین شناسی و فعالیت گسلها به وقوع پیوسته‌اند.

۳-۳ ویژگی برخی از لغزشهای بزرگ در محدوده مورد بررسی

۱ - لغزش قدیمی با موقعیت ۷۳۴۰۵۶/۵۹، ۴۰۱۱۳۷۰/۶۹ در واحد مارن زغال دار سازند شمشک به وقوع پیوسته است. مکانیسم این لغزش دورانی با زاویه دوران ۳۲ درجه، دارای ۱۸۰ متر ارتفاع و بیش از ۴۰۰ متر طول است (شکل ۳-۲). در اطراف اسکارپ اصلی لغزش چندین لغزش فرعی به سمت مرکز دیده می‌شود که فعال شدن لغزش را در چند دوره نشان می‌دهد. در دو طرف دامنه ضخامت خاک به طور ناگهانی تا ۸ متر افزایش می‌یابد که نتیجه تاثیر عبور گسل اصلی شمال البرز و جابجایی واحدهای لیتولوژی می‌باشد. جنس خاک دامنه رس سیلتی و ماسه‌ای با نفوذپذیری بالا است. در اسکارپ لغزش بیرون زدگی سنگ بستر مارنی طی لغزش های مکرر دیده می‌شود. وجود این سنگ بستر با نفوذ پذیری بسیار کم موجب جریان آب در زیر توده خاک شده و سطح لغزشی را در عمق برای حرکت بخشهای بالایی به سمت پایین فراهم می‌کند (شکل ۳-۳). عملیات تعریض جاده در این بخش با برداشت پای توده تشکیلات لغزشی سبب ناپایدار شدن مجدد دامنه و ایجاد لغزش جریان در



شکل ۳-۳: لایه مارن خیس که سطح لغزش را ایجاد کرده است



شکل ۳-۲: لغزش دورانی در سازند شمشک

حاشیه لغزش اصلی شده است (شکل ۳-۴). نتیجه خاکبرداری دامنه جهت احداث جاده، پایین افتادن سطح آب زیرزمینی و خشک شدن درختان در بالادست دامنه می باشد. در زمان حرکت توده لغزشی به سمت پایین بالا بودن عمق لغزش موجب جدا شدن درختان به همراه حجم خاکی در اطراف دارند شده است.



شکل ۳-۴: لغزش جریانی در حاشیه لغزش اصلی

۲- لغزش انتقالی قدیمی در موقعیت $۷۲۸۹۶۰/۶۵$ ، $۴۰۱۴۲۲۹/۹۵$ با ابعاد ۱۰۰ متر طول و ۸ متر ارتفاع در تشکیلات شیلی با جهت $N۴۰W$ و شیب ۲۵ درجه در خط القعر دامنه شده است (شکل ۳-۵). لیتولوژی دامنه لغزش یافته توده شیلی با جهت لایه بندی $N۳۵W$ و شیب $N۴۰E$ است. یکسان بودن جهت لایه بندی و شیب دامنه و وجود تشکیلات شیلی بین رخنمون آهکی سبب وقوع لغزش انتقالی به موازات جهت لایه بندی در خط القعر دامنه موجب شده است. احداث پل و تجمع جریان روان آب در پای رسوبات شیلی شدیداً هوازده دلیل لغزش مجدد دامنه به سمت پایین دست جاده است. تخریب دیواره پل و خروج جریان آب از آن نشانگر بالا بودن فشار برشی ناشی از این ناپایداری است (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶: تخریب پل درینجه دامنه لغزشی



شکل ۳-۵: لغزش قدیمی در بالادست جاده

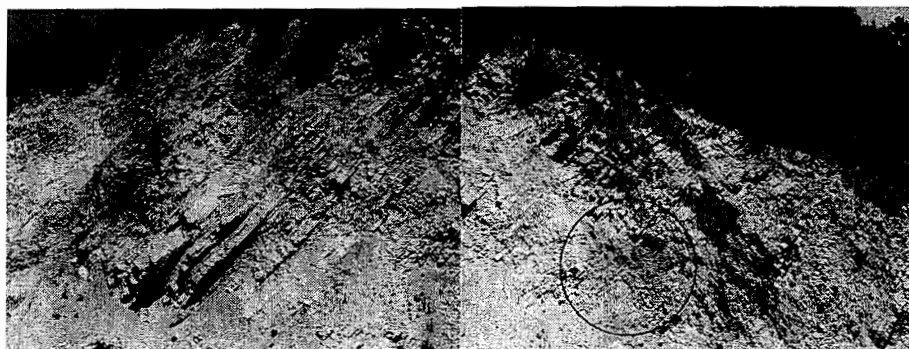
۳- لغزش دورانی در موقعیت ۷۲۵۷۲۵/۴۹ ، ۴۰۱۵۵۶۱/۰۲ دارای ۱۲ متر ارتفاع و عرض ۳۰ متر در تاج لغزش و عمق لغزشی کمتر از ۳ متر می باشد (شکل ۳-۷). این لغزش نزدیک روستای وری با عمق کم در مصالح خاکی در اثر احداث ترانشه جاده ایجاد شده است. خاکبرداری از دامنه دارای عمق بالای هوازدگی و برداشت سطح اتکا تشکیلات سست دلیل اصلی ایجاد لغزش است.



شکل ۳-۷: لغزش دورانی نزدیک روستای وری در اثر احداث ترانشه

۴- لغزش انتقالی شویلاشت

لغزش انتقالی در موقعیت ۴۰۱۸۲۱۴/۷۱۴۸۱۰،۲۲/۷۹ دارای ۱۲۰ متر عرض در تاج لغزش و ۳۰۰ متر طول در تشکیلات آهکی با میان لایه های سیلت رسی واقع شده است. جهت حرکت لغزش ۲۳۵ درجه و شیب S ۳۰E می باشد (شکل ۳-۸). جاده سازی در این بخش با احداث ترانشه و برداشت پای شیب دامنه لغزشی همراه بوده است. وجود زون مرطوب در لایه های رسی بیانگر بالا بودن سطح آب روی دامنه است.

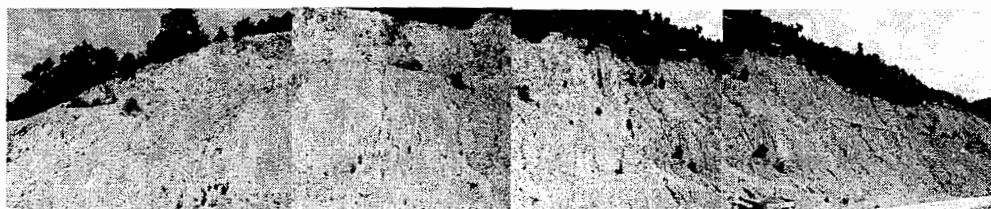


شکل ۳-۸: وجود زون مرطوب در تشکیلات رسی

۵- لغزش انتقالی بزرگ نزدیک روستای کسوت در موقعیت $40^{\circ}24'83.5''/74^{\circ}$ و $70^{\circ}85'17.5''/52^{\circ}$ ایجاد شده است (شکل ۳-۹). جهت حرکت دامنه 160° درجه و عمود بر جهت حرکت رودخانه می‌باشد. لیتولوژی دامنه مارن است. بر اساس منابع موجود فعالیت لرزه‌زایی گسل شمال البرز فعال شدن لغزش عظیم کسوت در حاشیه رودخانه چهار دانگه را موجب شده است. وجود درختان تنومند و کج شده نشانه بالا بودن عمق این لغزش است. در حاشیه لغزش اصلی چند لغزش انتقالی و دورانی دیگر در اثر احداث جاده ایجاد شده‌اند اما نشانه‌ای از فعال بودن لغزش کسوت در حاشیه جاده دیده نمی‌شود.

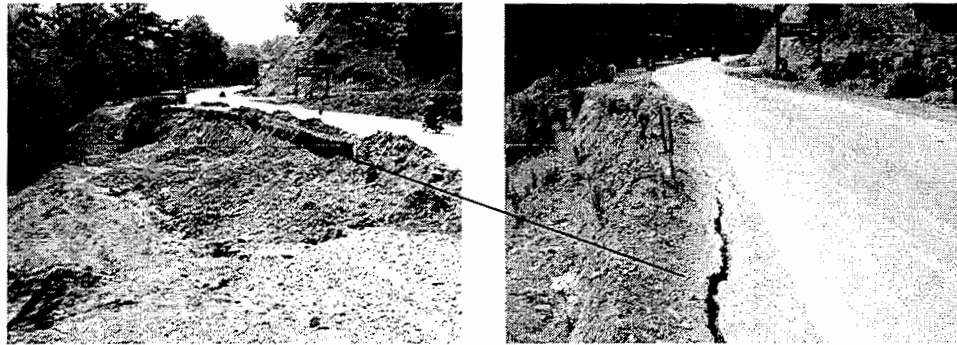
۶- از لغزشهای ایجاد شده در اثر احداث جاده نزدیک لغزش کسوت می‌توان به لغزش دورانی در موقعیت $40^{\circ}26'45.9''/65^{\circ}$ و $70^{\circ}89'79.7''/78^{\circ}$ با عمق بیش از ۲ متر اشاره کرد که جنس دامنه از خاک رس و مارن با لایه بندی $N37^{\circ}W$ و شیب $28^{\circ}NE$ با حجم لغزشی 5400 متر مکعب و مساحت 2600 متر مربع که تغییر کاربری اراضی شامل ترانشه زنی و قطع درختان علت پیدایش این لغزش می‌باشد. برای متوقف کردن حرکت لغزشی از دیوار حائل در محل ترانشه استفاده شده است.

۷- لغزش انتقالی مرتبط با لغزش کسوت با موقعیت $40^{\circ}25'20.8''/9^{\circ}$ و $71^{\circ}07'81.1''/09^{\circ}$ دارای $2/5$ متر عمق دارای مصالح خاک رس و سنگ آهک مارنی با امتداد $N90^{\circ}W$ و شیب $25^{\circ}NE$ است که تغییر کاربری اراضی و احداث جاده در ایجاد آن موثر بوده است.



شکل ۳-۹: لغزش کسوت

۸- لغزش دورانی ابتدای جاده نقیبده با موقعیت $40^{\circ}26'19.3''/06^{\circ}$ و $70^{\circ}45'26.6''/62^{\circ}$ فعال می‌باشد. جهت حرکت لغزش 235° درجه و عمود بر جهت حرکت رودخانه است (شکل ۳-۱۰). عبور جاده از این محدوده همراه با خاکریزی روی تاج لغزش از دلایل فعال شدن مجدد لغزش و تخریب خاکریزی جاده



شکل ۳-۱۰: لغزش دورانی فعال در حاشیه جاده

می‌باشد. تخریب سطح جاده در محل خاکریزی شده به سمت پایین دست دائما صورت می‌گیرد. در واقع تخریب جاده با گسترش ترکهای کششی در عمق اتفاق می‌افتد (شکل ۳-۱۱). به نظر می‌رسد عدم انتقال آب از خاکریز به لایه های زیرین و جمع شدن آب در این بخشها موجب بالا رفتن فشار آب منفذی شده و ترکهای کششی در حاشیه جاده را ایجاد می‌کنند. وجود این ترکها نشان دهنده بالا بودن نیروی برشی در لایه خاکریز می‌باشد (شکل ۳-۱۲). بعد از هر تخریب تشکیلات خاکریز روی دامنه لغزشی انباشته می‌شوند (شکل ۳-۱۳). تحمیل شدن وزن تشکیلات لغزشی موجب تحکیم لایه های زیرین شده و سرعت نفوذ جریان آب در زمان بارندگی را کاهش می‌دهند. عدم انتقال جریان روان آب به سمت پایین و جمع شدن آب در توده ادامه حرکت توده به سمت پایین دست را به دنبال دارد.



شکل ۳-۱۲: بالا بودن سطح آب در خاکریز

شکل ۳-۱۱: شروع رانش جاده با گسترش ترکهای کششی



شکل ۳-۱۳ : وقوع لغزش در اثر انباشته شدن خاکریزهای قبلی

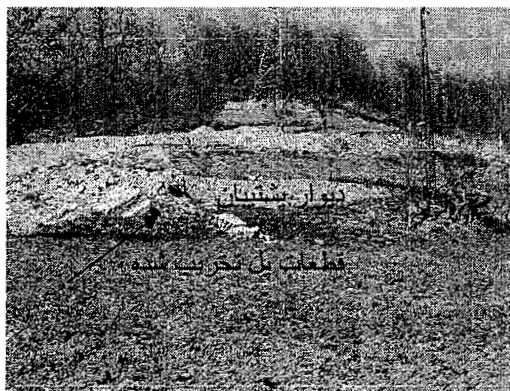
۹- لغزش فعال شده نزدیک روستای علمدارده با موقعیت جغرافیای ۴۰۲۵۳۷۶/۵۵ و ۷۰۲۹۷۹/۴۳ با مکانیسم دورانی و جهت حرکت ۱۵۵ و شیب ۴۵ درجه در خط القعر دامنه ایجاد شده است و در (شکل ۳-۱۴). جاده سازی در این محل با احداث پل و خاکریزی در روی تاج لغزش قدیمی همراه بوده است . بارگذاری ناشی از تحمیل وزن پل و تمرکز جریان سطحی آب در نهشته‌های لغزشی منجر به حرکت مجدد دامنه به همراه تخریب کامل پل و رانش جاده به سمت پایین دست شده است (شکل ۳-۱۵). احداث دیواره پشتیبان در بخش میانی دامنه جهت متوقف کردن حرکت لغزش صورت



شکل ۳-۱۴ : لغزش دورانی نزدیک روستای علمدارده

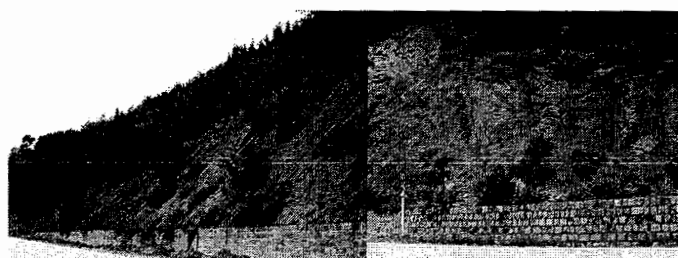


شکل ۳-۱۶: حرکت رودخانه به موازات شیب دامنه



شکل ۳-۱۵: نمای پایین دست لغزش دورانی

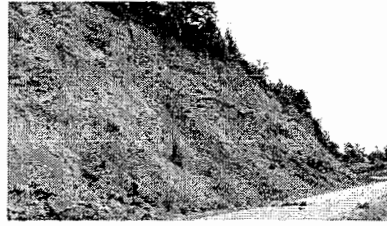
۱۰- لغزش انتقالی در موقعیت $40.24863/82$ و $69.9756/17$ با طول بیش از ۵۰۰ متر و ۱۶ متر ارتفاع می باشد. لیتولوژی دامنه شامل تناوب شیل و ماسه سنگ است. وجود پوشش جوان و انبوه در این دامنه بیانگر قدیمی بودن سن لغزش است. احداث ترانشه در پای لغزش فعال شدن مجدد لغزش را ایجاد کرده است. احداث دیواره نگه دارنده جهت متوقف کردن حرکت لغزش صورت گرفته است. ادامه حرکت لغزش به سمت پایین و پیشروی روی دیواره نشان دهنده فعال بودن لغزش است.



شکل ۴-۱۶: سه لغزش انتقالی فعال در بالا دست جاده

۱۱- ریزش و سقوط سنگ :

لغزش انتقالی با مختصات $69.8440/81$ و $40.24662/44$ ، دارای ۱۴۰ متر طول و ۲۸ متر ارتفاع است. جهت حرکت لغزش ۲۱۰ با شیب ۳۰ درجه است. لیتولوژی دامنه تناوب شیل و ماسه سنگ است. وجود ماسه سنگ با میان لایه های شیل شدیداً هوازده، موجب ریزش قطعات سنگی به سمت پایین دامنه شده است.



شکل ۴-۱۷: لغزش انتقالی با ریزش سنگ

۳-۴ بررسی نقشه پراکنش لغزش با ویژگیهای منطقه

ویژگی زمین شناسی، توپوگرافی، آب و هوا، الگوی زهکشی منطقه کنترل کننده میزان پایداری دامنه‌ها است. چگونگی تغییرات این عوامل در محل وقوع لغزشها، میزان تاثیر و کنترل آنها در بروز ناپایداری دامنه نشان می دهد.

۳-۴-۱ ویژگیهای زمین شناسی

بررسی ویژگیهای زمین شناسی در محل لغزشها شامل تعیین تاثیر تغییر لیتولوژی و تغییر ضخامت خاک روی دامنه‌ها در ایجاد ناپایداری می‌باشد.

۳-۴-۱-۱ لیتولوژی

بررسی لیتولوژی در محل لغزشها نشان می‌دهد مرز گسیختگی روی دامنه‌ها منطبق با مرز تغییر لیتولوژی نسبتا مقاوم به لیتولوژی سست شیل و مارن است. بیشترین نرخ وقوع لغزش مربوط به تشکیلات آهکی دارای میان لایه های مارن و شیل و تشکیلات مارنی دوره سنوزوئیک می‌باشد. محدوده لغزش در این دامنه‌ها توسط لایه های سست مارنی و شیلی کنترل می شود. بالا بودن نرخ وقوع لغزش در دامنه های دارای لیتولوژی شیل و مارن مربوط به پایین بودن مقاومت این تشکیلات در برابر نیروهای برشی روی دامنه می‌باشد. جهت بررسی رابطه پراکندگی لغزشها با لیتولوژی، تشکیلات دامنه از نظر میزان مقاومت به ۴ گروه زیر تقسیم شدند:

۱- آبرفتها و مخروط افکنه های دوره کواترنر با ۲۱٪ گسترش سطحی

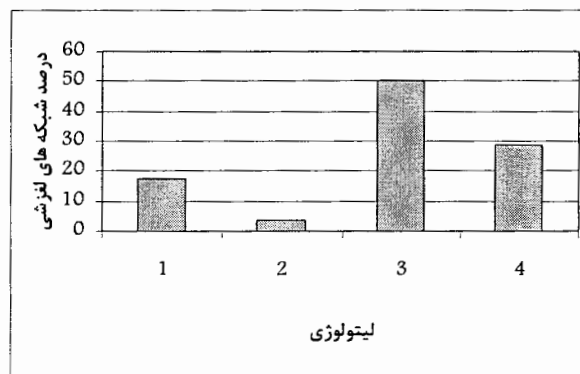
۲- تشکیلات سست شامل لیتولوژی مارن دوره سنوزوئیک با ۲۸/۴٪ گسترش سطحی

۳- تناوب لیتولوژی نسبتاً مقاوم و ضعیف، شامل تناوب شیل و آهک، شیل و مارن ذغال دار، آهک مارنی و شیل های آهکی، کنگلومرا با میان لایه های مارن سیلتی با ۴۶٪ گسترش

سطحی

۴- تشکیلات مقاوم، شامل آهک توده ای و دولومیت آهکی با ۴۱٪ گسترش سطحی

شکل ۳-۱۸ نرخ وقوع لغزش را بر اساس نوع تشکیلات دامنه نشان می دهد.



شکل ۳-۱۸: فراوانی وقوع لغزش در مقایسه با میزان مقاومت تشکیلات

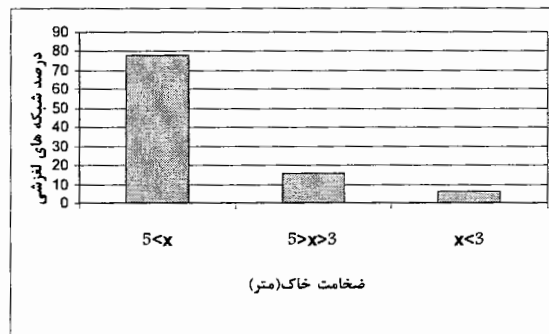
۳-۴-۱-۲ ضخامت خاک

ضخامت خاک در دامنه ها تابع میزان رطوبت، بارندگی و میزان مقاومت تشکیلات روی دامنه در مقابل فرسایش است. بالا بودن ضخامت خاک روی دامنه های منطقه تحت تاثیر دو عامل زیر می باشد.

۱- وجود لیتولوژی سست در شرایط آب و هوای گرم و مرطوب منطقه شرایط تشکیل زون ضخیم خاک را مهیا کرده است.

۲- افزایش ضخامت خاک نزدیک پهنه گسلی

زون ضخیم خاک روی سنگ بستر دارای مقاومت برشی پایین و نفوذپذیری بالا است. در زمان بارندگی عدم نفوذ سریع آب به لایه زیرین خاک شرایط ریزش های سطحی در توده خاک ایجاد می شود. بررسی تغییر ضخامت خاک با نقشه پراکندگی لغزش نیز نشان می دهد، بیشترین نرخ وقوع لغزش مربوط به دامنه های با ضخامت خاک بیشتر از ۵ متر می باشد (شکل ۳-۱۹).



شکل ۳-۱۹: فراوانی وقوع لغزش با تغییر ضخامت خاک

۳-۴-۲ ویژگی های ساختاری

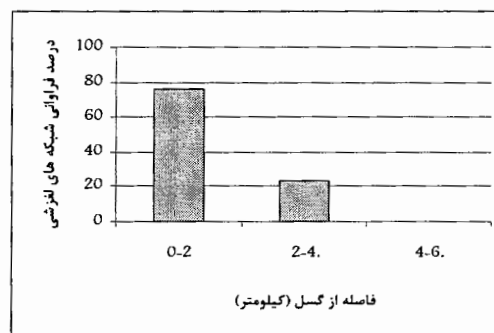
مقایسه روند پراکندگی لغزشها و فاصله از گسل های فعال نشان می دهد که با فاصله از گسل میزان تاثیر آن در پیدایش لغزش نیز کاهش می یابد. شکل ۳-۲۰ درصد شبکه های لغزشی را با فاصله از گسل های منطقه نشان می دهد. ۶۰٪ از لغزشها در فاصله کمتر از ۲ کیلومتری گسلها قرار دارند و ۰/۲٪ لغزشها در فاصله ۴-۶ کیلومتری واقع شدند.

انتقال دینامیکی حاصل از آزاد شدن انرژی از یک گسل در زمان فعال شدن منجر به افزایش نیروی برشی در دامنه از طریق کم کردن حجم منافذ بین ذرات و بالا رفتن فشار آب منفذی در شکافها و منافذ موجود در تشکیلات می شود. فاکتورهای تاثیر گذار در میزان افزایش فشار برشی شامل: بزرگی و شتاب زلزله، مدت زلزله، مقاومت دینامیکی ذرات، و جهت شیب می باشد که با فاصله از گسل تاثیرات ناشی از آن نیز کاهش می یابد.

در زمان زلزله نیروهای برشی به دلیل بالا رفتن نیروی فشار آب منفذی و روانگرایی تشکیلات موجب پیشروی شکستهای موجود در دامنه و ایجاد حرکت های دامنه ای سریع می شود. در دامنه های نزدیک گسل های اصلی منطقه ریسک بالای خطر لغزش در زمان فعال شدن وجود دارد. بررسی لغزشها نشان می دهد که تعداد زیادی از لغزشهای بزرگ در حاشیه گسل البرز اتفاق افتاده اند. تاثیر فعالیت گسل شمال البرز در ایجاد لغزشها شامل موارد زیر است:

- ۱- بالا رفتن فشار دینامیکی حاصل از حرکت گسل، موجب خرد شدگی شدید در تشکیلات آهکی نزدیک به پهنه گسلی شده است.

۲- افزایش ضخامت خاک در نتیجه جابجایی زمین و قرار گرفتن تشکیلات مقاوم در کنار تشکیلات ضعیف تر نزدیک گسل اصلی دیده می‌شود.
 بالا آمدن فشار آب منفذی ناشی از نفوذ آب در شکستگیها و درزه های ایجاد شده متاثر از فعالیت گسل احتمال وقوع لغزش در این تشکیلات را ایجاد کرده است.



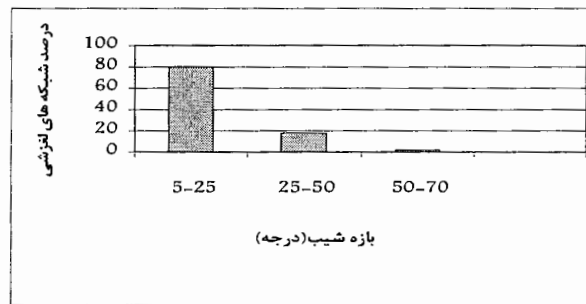
شکل ۳-۲۰: رابطه پراکندگی لغزش و فاصله از گسل

۳-۴-۳ توپوگرافی

نقش توپوگرافی در بروز لغزش در میزان شیب و جهت شیب دامنه بررسی می‌شود.

۳-۴-۳-۱ شیب

شیب دامنه‌ها یکی از پارامترهای موثر در وقوع لغزش می‌باشد بررسی روند تغییر شیب در ارتباط با تعداد لغزشها شیب موثر در وقوع لغزش مشخص می‌شود. جهت بررسی رابطه لغزش با تغییر شیب، بازه شیب از ۵ تا ۷۰ درجه به ۳ گروه واحدهای دارای شیب بین ۵-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۰ تا ۷۰ درجه تقسیم شد. در دامنه های مشرف به جاده حداکثر شیب کمتر از ۷۰ درجه است و حداقل شیب موثر جهت وقوع لغزش بیشتر از ۵ درجه می‌باشد. بنابراین تغییرات شیب در این بازه بررسی شد. بیشترین نرخ وقوع لغزش مربوط به دامنه‌های دارای شیب ۵-۲۵ درجه می‌باشد (شکل ۳-۲۱) این دامنه‌ها دارای لیتولوژی سست و مشرف به جاده هستند و تحت تاثیر تغییرات شیب جهت احداث جاده ناپایدار شده‌اند. درصد وقوع لغزش در شیبهای ۵۰-۷۰ درجه پایین می‌باشد. در واقع این دامنه ها دارای لیتولوژی مقاوم و بدون دستکاری جهت احداث جاده می‌باشند.



نمودار ۳-۲۱: رابطه درصد وقوع لغزش با تغییر شیب

۳-۴-۲ جهت شیب

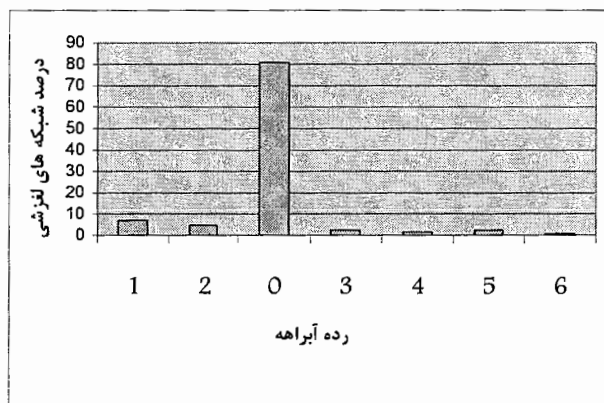
بررسی جهت شیب دامنه ها با نقشه پراکندگی لغزش نشان می دهد که ۵۱ درصد شبکه های لغزشی در دامنه های با جهت شیب جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی و ۲۱٪ از شبکه های لغزشی دارای جهت شیب شمال، شمال غربی و شمال شرقی می باشند. دامنه ها نزدیک به رودخانه نیز دارای شیب جنوب شرقی و جنوب غربی می باشند. به نظر می رسد جهت شیب دامنه مخالف با جهت حرکت رودخانه و فرسایش شدید پای شیب در این دامنه ها نقش مهمی در ایجاد ناپایداری داشته است.

۳-۴-۴ الگوی زهکشی دامنه ها

تغییر الگوی زهکشی طبیعی دامنه ها یکی دیگر از تأثیرات احداث جاده در دامنه های دارای ناپایداری می باشد. کاهش نفوذ پذیری سطح جاده موجب تجمع و حرکت روان آب در حاشیه ترانشه ها و تشدید فرسایش پای شیب دامنه ای می گردد.

۳-۴-۴-۱ تراکم رده آبراهه

تراکم آبراهه های سطحی بیانگر نفوذ پذیری کم تشکیلات دامنه می باشند که منجر به ایجاد جریان روان آب روی دامنه ها می شود. تراکم زیاد آبراهه در دامنه های دارای لیتولوژی سست مارنی دیده می شود که نفوذ پذیری کم این دامنه ها حرکت روان آب در دامنه را ایجاد می کند. فرسایش پای شیب نقش موثری در فعال شدن لغزشها از بالا دست جاده دارد. بررسی تراکم آبراهه در مناطق دارای لغزش نشان می دهد که دامنه های بدون جریان سطحی وقوع لغزش بالاتری را نشان می دهد (شکل ۳-۲۲) که بیانگر بالا بودن میزان نفوذ پذیری دامنه ها است. با افزایش تجمع آب در تشکیلات افزایش فشار آب منفذی روی دامنه به بالا رفتن نیروی برشی کمک می کند.



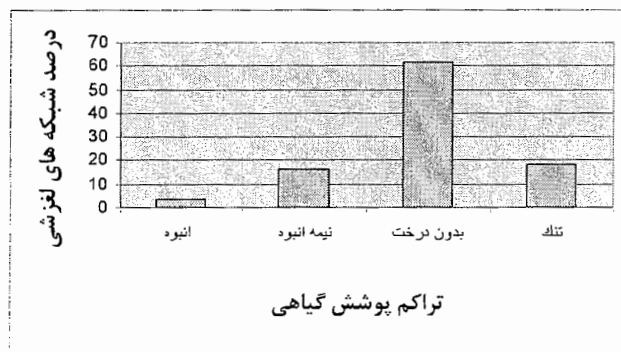
شکل ۳-۲۲: رابطه پراکندگی لغزش با رده آبراهه

۳-۴-۲ رودخانه

عبور رودخانه چهار دانگه در پای شیب دامنه های دارای لیتولوژی سست (قادی کلا تا انتها) با فرسایش مداوم پنجه شیب دامنه مارنی موجب افزایش شیب دامنه شده که به طور طبیعی توپوگرافی ناپایداری را در پایین دست جاده ایجاد می کند. فرسایش پای شیب قابل توجه در این بخش متأثر از لیتولوژی سست دامنه با جهت شیب مخالف با جهت حرکت رودخانه است. افزایش شیب امکان بالا رفتن نیروهای برشی را در این دامنه ها فراهم می کند. روند اصلی حرکت رودخانه در این محدوده شرقی - غربی است که با تغییر جهت به سمت شمال شرقی و شمال غربی فرسایش شدید در پای شیب این دامنه ها ایجاد کرده است.

۳-۴-۵ پوشش گیاهی

بررسی تراکم پوشش گیاهی در محل لغزشها نشان می دهد در مناطق بدون پوشش و پوشش تنک وقوع لغزشها سطحی بیشتر دیده می شود (شکل ۳-۲۳).



شکل ۳-۲۳: درصد لغزشهای سطحی در مقایسه با تراکم پوشش دامنه

۳-۵ نقش احداث جاده در وقوع لغزشها

تغییر مورفولوژی دامنه در اثر احداث جاده نقش اساسی را در فعال شدن لغزشهای قدیمی و وقوع لغزشهای جدید در حاشیه جاده داشته است. ویژگی لغزشها در حاشیه جاده مطابق با تغییر دامنه برای احداث جاده را در ۳ گروه زیر می‌توان بررسی کرد:

۱. وقوع لغزش در مناطق خاکبرداری از دامنه های لغزشی قدیمی
۲. لغزشهای ایجاد شده به دلیل خاکریزی جاده روی نهشته‌های لغزشی قدیمی
۳. دامنه های ناپایدار شده در اثر ترانشه زنی یا بارگذاری پلها در تشکیلات سست و بدون مقاومت کافی

۳-۵-۱ خاکریزی و بارگذاری روی دامنه ها و در مناطق لغزشی قدیمی

۱- لغزشهای سطحی در دامنه های خاکریزی شده لغزشی گذشته در طول مسیری است که نیروی برشی حاصل از عدم زهکشی در اثر تغییرات ایجاد شده به واسطه تغییرات هیدرولیکی وارد می‌شود. ریزش مقدماتی در خاکریز و انباشته شدن در بخشهای پایین تر روی دامنه منجر به کمتر شدن میزان زهکشی دامنه در این بخش شده و لغزشهای جریانی با حرکت سریع در زمان بارندگی را ایجاد می‌کند.

۲- احداث پلها روی دامنه‌های دارای لیتولوژی سست که منجر به تجمع جریان آب در این دامنه‌ها شده است. بسیاری از ریزشهای دامنه در این بخشها نتیجه عدم توجه به جریان زهکشها و جمع کردن آب در تشکیلات سست دامنه می‌باشد. نیروهای وارد شده در این بخش از دامنه تابع وزن پل و عمق آب زهکش شده است. بالا رفتن فشار برشی در اثر تحمیل وزن بارگذاریهای انجام شده و نیروی حاصل از تراوش آب به نیروی ثقل اضافه شده و ناپایداری دامنه را ایجاد می‌کند.

۳-۵-۲ خاکبرداری

خاکبرداری دامنه شامل ترانشه زنی پای شیب و قطع درختان در مسیر می‌باشد. تغییر مورفولوژی دامنه در محل ترانشه‌ها و قرار دادن خاک سطحی در معرض فرسایش بدون استفاده از سازه نگه دارنده تاثیر قابل توجهی در ایجاد لغزشهای انتقالی داشته است. قطع دامنه ها با افزایش شیب موجب بالا رفتن نیروی برشی در دامنه می‌شود. احداث ترانشه موجب حرکت آب در پای دامنه می‌شود. به

مرور زمان حرکت آب در پنجه شیب به ویژه دامنه های لغزشی گذشته دارای پروفیل هوازدگی شدید ناپایداری دامنه را در نبود سیستم جمع آوری روانآب ایجاد می کند.

تاثیر دیگر ترانشه زنی پایین افتادن سطح آب زیرزمینی است که موجب خشک شدن ریشه درختان در بخش های بالایی دامنه می شود و نقش ریشه در نگهداشت خاک سطحی را از بین می برد.

۳-۵-۳ بارندگی

بررسی تاثیر مستقیم بارندگی در ایجاد لغزشهای سطحی در حاشیه جاده نیاز به اطلاع از تاریخ وقوع لغزشها است تا آستانه بارندگی برای فعال شدن لغزشها بدست آورده شود. وقوع بارندگی های مداوم (خاص ویژگی منطقه) به طور تدریجی موجب بالا رفتن فشار آب منفذی در دامنه ها می شود. اگر شدت بارندگی بیشتر از میزان نفوذ باشد یا بارندگی قبلی به اندازه کافی جهت اشباع کردن دامنه تا عمق زیاد و بالا بردن فشار آب منفذی طولانی بوده باشد حالت اشباع کامل در خاک پیش می آید. بنابراین بالا رفتن فشار آب منفذی به موازات اشباع کامل خاک در جهت کمک به افزایش نیروی برشی پیش می رود. دامنه های خاکریزی و خاکبرداری شده در ناحیه لغزشی گذشته پتانسیل بیشتری برای لغزش دارند. در این دامنه ها میزان نفوذ آب در عمق کم و به سرعت کاهش می یابد. پتانسیل ریزش در زمان بارندگی در خاکهای گراولی تا ماسه ای کمتر از خاکهای سیلتی و رسی است. زیرا مرطوب شدن این نوع خاکها موجب چسبندگی بین ذرات می شود. نفوذ باران به درزه ها و شکاف دامنه های سنگی با کاهش دما و عمل ذوب و انجماد آب ، باز شدن شکاف سنگها را ایجاد و ریزشهای سنگی با شتاب بالا را موجب می شود.

فصل چهارم

روش پهنه بندی خطر لغزش در منطقه

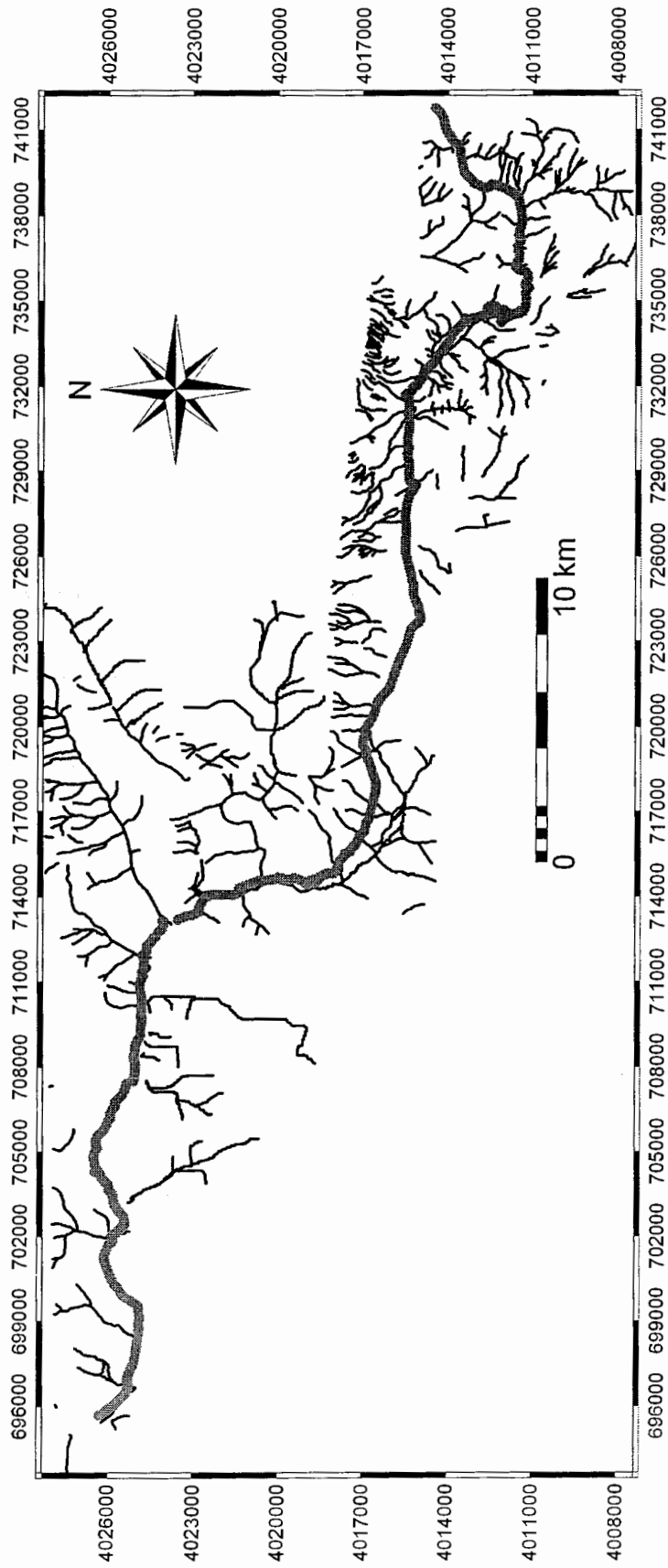
۱-۴ مقدمه

در این فصل با توجه به نتایج به دست آمده در فصل سوم و ویژگی دامنه‌های لغزشی که در عملیات صحرایی بدست آمدند عوامل موثر در ایجاد لغزش‌ها به صورت نقشه‌های دارای مقیاس یکسان تهیه شده و با استفاده از همپوشانی فاکتورهای موثر در لغزشها و روش ارزش اطلاعاتی نقشه پهنه‌بندی مسیر مورد مطالعه تهیه شده است.

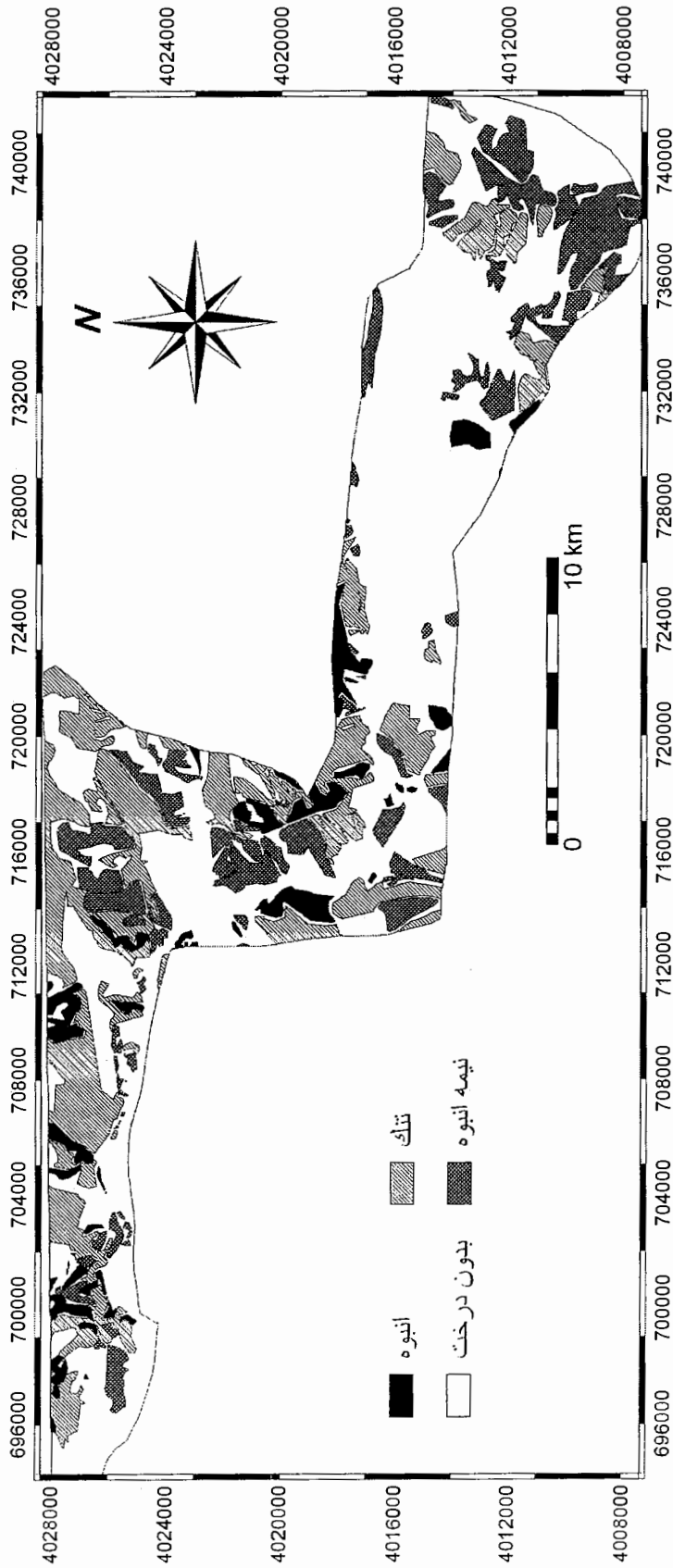
۲-۴ تهیه لایه‌های اطلاعاتی عوامل موثر پیدایش لغزشها

وضعیت پراکندگی لغزشهای عمیق در حاشیه جاده تابعی از تغییرات عوامل مختلف مثل فاصله از رودخانه و گسل اصلی، لیتولوژی، شیب و لغزشهای سطحی عمدتاً متأثر از تغییر وضعیت زهکشی (شکل ۱-۴)، ضخامت خاک، تراکم پوشش گیاهی (شکل ۲-۴) می‌باشد.

با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه و داده‌های ماهواره‌ای لایه‌های جدید اطلاعاتی با استفاده از نرم افزارهای GIS از عوامل موثر در بروز لغزش تهیه شدند. لایه‌های شیب و جهت شیب از مدل ارتفاع رقومی DEM نقشه‌های توپوگرافی استخراج شدند. نقشه موقعیت لغزشهای فعال در حاشیه جاده با استفاده از GPS و بررسیهای صحرایی تهیه گردید. با استفاده از ترکیب باندهای ماهواره‌ای dvi (باند ۴ و باند ۳) و ترکیب رنگی ۴،۳،۲ (علوی پناه، ۱۳۸۲) به ترتیب لایه‌های تراکم پوشش گیاهی و ضخامت خاک بدست آمد و فاصله از گسلهای اصلی منطقه، رده‌های آبراهه، لیتولوژی، جهت حرکت رودخانه چهاردانگه در مقطعی که به موازات دامنه‌های پایین دست سطح جاده وجود داشت با استفاده از نرم افزار ILWIS تهیه شدند.



شکل ۴-۱ : الگوی زهکشی منطقه



شکل ۴-۲ : نقشه تراکم پوشش گیاهی

تغییر کیفی هر کدام از متغیرها در نقشه تعیین کننده تاثیر زیر رده متغیر در ایجاد لغزش می باشد. به این ترتیب ۲۴ متغیر برای لغزشهای عمیق (جدول ۴-۱) و ۱۳ متغیر برای لغزشهای سطحی (جدول ۴-۲) جهت تحلیل رابطه لغزش و متغیرها ایجاد شد. داده های ارتفاع و منحنی تراز بارندگی به علت عدم تغییر در طول منطقه حذف شدند.

جدول ۴-۱: عوامل موثر در وقوع لغزشهای عمیق

نام متغیر	زیر گروه	منبع	متغیر
A S SH H	۱- رسوبات واریزه ای و آبرفت دوره کواترنر ۲- تشکیلات مارن میوسن (تشکیلات سست) ۳- تناوب شیل و آهک، سنگ آهک شیل دار، لایه های مارن زغال دار، آهک مارنی و شیل آهکی، مارن سیلت دار ۴- آهک توده ای و دولومیت آهکی	نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ چهار گوش ساری سازمان زمین شناسی. عکسهای هوایی ۱/۲۰۰۰۰ و ۱/۵۵۰۰۰ منطقه. برداشتهای صحرایی	لیتولوژی
SE Sw NE E N	جنوب شرقی جنوب غربی شمال شرقی شرق شمال	نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰	جهت حرکت رودخانه چهار دانگه
۱ ۲ ۳	۰-۲ کیلومتر ۲-۴ کیلومتر ۴-۶ کیلومتر	نقشه گسلهای فعال شمال ایران ۱/۵۰۰۰۰۰ (حافظی مقدس، همکاران. ۱۳۸۴)	گسل های منطقه
۱ ۲ ۳ ۴	۵-۰ ۲۵-۵ ۵۰-۲۵ ۷۰-۵۰	استخراج از مدل DEM نقشه های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰	شیب
N NE E SE S SW W NW	۲۲/۵-۰ ۶۷/۵-۲۲/۵ ۱۱۲/۵-۶۷/۵ ۲۰۲/۵-۱۵۷/۵ ۲۴۷/۵-۲۰۲/۵ ۲۹۲/۵-۲۴۷/۵ ۳۳۷/۵-۲۹۲/۵	استخراج از مدل DEM نقشه های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰	جهت شیب

جدول ۲-۴: عوامل موثر در وقوع لغزشهای سطحی

نام متغیر	زیر گروه	منبع	متغیر
۱ ۲ ۳	۰-۵ ۵-۳۵ ۳۵-۶۰	استخراج از مدل DEM نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰	شیب (درجه)
۱ ۲ ۳ ۴	انبوه نیمه انبوه تنک بدون پوشش	ترکیب باندی TM (dvi) و برداشتهای صحرائی	تراکم پوشش گیاهی
۱ ۲ ۳	۳-۰ متر ۵-۳ متر ۵ < متر	ترکیب باندی ۲-۳-۴ TM و برداشتهای صحرائی	ضخامت خاک
۱ ۲ ۳	رده ۱ رده ۲ و ۳ و ۴ و ۵ بدون آبراهه	نقشه توپوگرافی	رده آبراهه

۳-۴ شبکه بندی نقشه ها

جهت تهیه واحد کاری منظم نقشه‌های تهیه شده به پیکسل‌های ۵۰×۵۰ متر تقسیم شده و ۴۲۳ سطر و ۹۷۶ ستون پیکسلی در همه نقشه‌ها ایجاد شد.

۴-۴ ارزش اطلاعاتی

جهت تعیین میزان تاثیر هر کدام از متغیرها در ایجاد لغزش، از روش آماری ارزش اطلاعاتی استفاده شد. در این روش ارزش هر زیر رده متغیر با میزان تراکم لغزش در محل تعیین می‌شود. تعیین شاخص خطر لغزش در این روش شامل دو مرحله است.

۱- تحلیل یک متغیره: هر کدام از لایه ها به طور جداگانه برای تعیین میزان تاثیر یک متغیر و زیر رده آن در بروز لغزش از نقشه پراکندگی لغزش ها عبور داده شدند. بر این اساس تعداد پیکسل‌های دارای لغزش در گروه‌های یک متغیر تعیین کننده میزان تاثیر رده متغیر در ناپایداری است (۱-۴).

$$I_i = (S_i / N_i) / (S / N) \quad (1-4)$$

S = تعداد پیکسل‌های دارای لغزش در نقشه

N = تعداد کل پیکسل‌های نقشه

S_i = تعداد شبکه های دارای لغزش در زیر رده i ام

N_i = تعداد کل شبکه های دارای زیر رده i ام یک متغیر

I_i = ارزش اطلاعاتی متغیر i ام در ایجاد لغزش

در جداول ۳-۴ و ۴-۴ ارزشهای بدست آمده از متغیرهای در نظر گرفته شده به ترتیب برای لغزشهای عمیق و سطحی آورده شده است.

جدول ۳-۴: ارزش متغیرها در نظر گرفته شده برای لغزشهای عمیق

ارزش	نام متغیر	
۰/۸۴	A	لیتولوژی
۱/۰۱	S	
۱/۰۸۶	SH	
۰/۱۸	H	
۰/۹۷	SE	جهت حرکت رودخانه
۸/۹۵	Sw	
۳/۱۷	NE	
۳/۴۹	N	
۲/۸۳	E	
۱/۲	۲-۰	فاصله از گسل
۰/۶۷	۴-۲	
۰/۱۸	۶-۴	
۰	۰-۵	شیب (درجه)
۱/۱۹	۵-۲۵	
۰/۹۳	۲۵-۵۰	
۰/۱۴	۵۰-۷۰	
۰/۶۸	N	جهت شیب
۰/۵۸	NE	
۰/۱۵	E	
۱/۳۶	SE	
۱/۰۷	S	
۱/۴۲	SW	
۱/۰۳	W	
۰/۹۴	NW	

جدول ۴-۴: ارزش متغیرها در نظر گرفته شده برای در لغزشهای سطحی

ارزش	نام متغیر	
۰	۵-۰	شیب (درجه)
۱/۱۷۹	۳۵-۵	
۰/۳۴	۶۰-۳۵	
۰/۶۸	انبوه	تراکم پوشش گیاهی
۰/۸۷	نیمه انبوه	
۱/۱۱	تنک	
۱/۰۵	بدون درخت	
۰/۱	۳-۰	ضخامت خاک
۰/۳	۵-۳	
۳/۴	۵<	
۰/۸۳	۱	رده آبراهه
۰/۳۳	۵و۳و۲	
۱/۰۱۵	بدون آبراهه	

ارزش‌های کمتر از یک تأثیر کم‌تر از رده در ایجاد لغزش و ارزش‌های بیشتر از یک تأثیر بیشتر از رده را در ایجاد لغزش نشان می‌دهند. از ارزش‌های بدست آمده برای هر متغیر یک نقشه وزنی تهیه می‌شود.

۲- تحلیل چند متغیره: در مرحله تحلیل چند متغیره تمام نقشه‌های وزنی بدست آمده از مرحله قبل برای تهیه یک نقشه با واحدهای همگن از یکدیگر عبور داده شدند. ارزش اطلاعاتی کل از مجموع ارزشها در هر واحد تعیین می‌گردد. ارزش اطلاعاتی کل در هر واحد نشان دهنده شاخص خطر لغزش است که طبق رابطه (۲-۴) از مجموع ارزشها در هر واحد کاری بدست می‌آید.

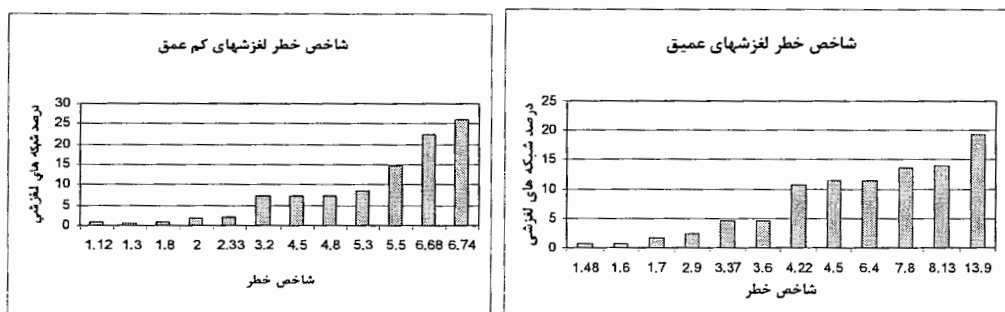
$$LHZ = \sum r_{ij} \quad (۲-۴)$$

$LHZ =$ شاخص خطر لغزش

$r_{ij} =$ امتیاز i امین رده در j امین متغیر

در این مرحله جمع امتیازها با در نظر گرفتن تأثیر یکسان همه متغیرها در ایجاد ناپایداری صورت می‌گیرد و فرض می‌شود که مرز تمام واحدها در نقشه دارای عرض صفر و قطعی هستند.

شاخص خطر بیانگر درصد وقوع لغزش است. بنابراین بالاتر بودن میزان عددی شاخص خطر بیانگر بالاتر بودن پتانسیل وقوع لغزش است. برای تعیین درجه پایداری واحدها با توجه به مقادیر عددی شاخص خطر بدست آمده لازم است که رنج عددی شاخص خطر به چند گروه تقسیم شود. واحدهای دارای خطر لغزش بسیار بالا، بالا، متوسط، کم و بسیار کم که مقادیر مرزی این تفکیک از نمودار درصد شبکه‌های دارای لغزش در مقابل شاخص خطر به دست آمده تعیین شده است. طبق نمودار شکل ۳-۴ برای بعضی از ارزشها فراوانی شبکه‌های لغزشی تغییری نمی‌کند بنابراین می‌توان این رنج عددی را در یک گروه خطر لغزش قرار داد و ارزشهای عددی که درصد شبکه لغزش بعد از آن تغییر می‌کند مرز بین گروه در نظر گرفت. در جدول ۴-۵ اطلاعات مربوط به ویژگی شبکه‌های لغزشی در هر گروه خطر آورده شده است.



شکل ۳-۴: نمودار فراوانی شبکه‌های لغزشی در روش ارزش اطلاعاتی

جدول ۴-۵: داده‌های تفکیک مرز شاخص خطر در روش ارزش اطلاعاتی

لغزشهای کم عمق			لغزشهای عمیق		
شاخص خطر	تعداد شبکه‌های لغزشی	درجه خطر لغزش	شاخص خطر	مجموع شبکه‌های لغزشی	درجه خطر لغزش
۳/۲	۴۳۶۹	بسیار کم	<۳/۳۷	۵۶۳۵	بسیار کم
۳/۲-۵/۳	۵۰۸۶	کم	۴/۲۲-۳/۳۷	۱۲۹۰۵	کم
۵/۵-۵/۳	۸۶۹۹	متوسط	۴/۵-۴/۲۲	۱۳۸۵۲	متوسط
۶/۸-۵/۵	۱۵۲۰۲	زیاد	۷/۸-۴/۵	۱۶۶۰۰	زیاد
-	-	-	۱۳/۹-۷/۸	۲۳۴۲۷	بسیار زیاد

۴-۵ ارزیابی روش ارزش اطلاعاتی

با استفاده از اطلاعات جدول (۴-۵) نقشه شاخص خطر بدست آمده از روش ارزش اطلاعاتی به ۵ گروه خطر تفکیک گردید. اطلاعات مربوط به تعداد واحدهای پایدار و ناپایدار در هر گروه خطر در جدول (۵-۵) برای لغزشهای سطحی و عمیق مشخص شده است. با افزایش درجه خطر لغزش در همه گروهها درصد شبکه‌های لغزشی نیز افزایش می‌یابد تنها در ستون لغزشهای عمیق درصد شبکه‌های ناپایدار با میزان خطر متوسط کمتر از درصد شبکه‌های ناپایدار در گروه خطر لغزش کم می‌باشد.

جدول ۵-۵: اطلاعات توصیف شبکه‌های خطر لغزش با روش ارزش اطلاعاتی

توصیف خطر	تعداد شبکه‌های پایدار	تعداد شبکه‌های لغزشی	درصد شبکه		شاخص خطر
			ناپایدار	پایدار	
بسیار کم	۷۵۵۶	۴۴۹	۵/۶۱	<۲/۳۶	لغزش سطحی
کم	۵۰۷۹۹	۳۴۲۰	۶/۳۱	۲/۳۶-۳/۳۵	
متوسط	۲۰۵۲۶	۲۴۶۱	۱۰/۷۱	۶/۸-۳/۶	
زیاد	۱۹۶۲۵	۱۰۱۱۴	۳۴	۳/۶-۶/۸	
بسیار کم	۱۵۹۶۳	۱۰۸۹	۶/۳۹	<۳/۶۱	لغزش عمیق
کم	۲۴۱۳۴	۲۱۹۶	۸/۳۴	۴-۳/۶۱	
متوسط	۲۹۹۹۹	۶۹۱۴	۱۸/۷۳	۴-۴/۴۳	
زیاد	۲۵۳۵۵	۵۵۴۱	۱۷/۹۳	۴/۴۳-۸	
بسیار زیاد	۴۳۷	۷۱۵	۶۲/۱	۸-۱۳/۸	

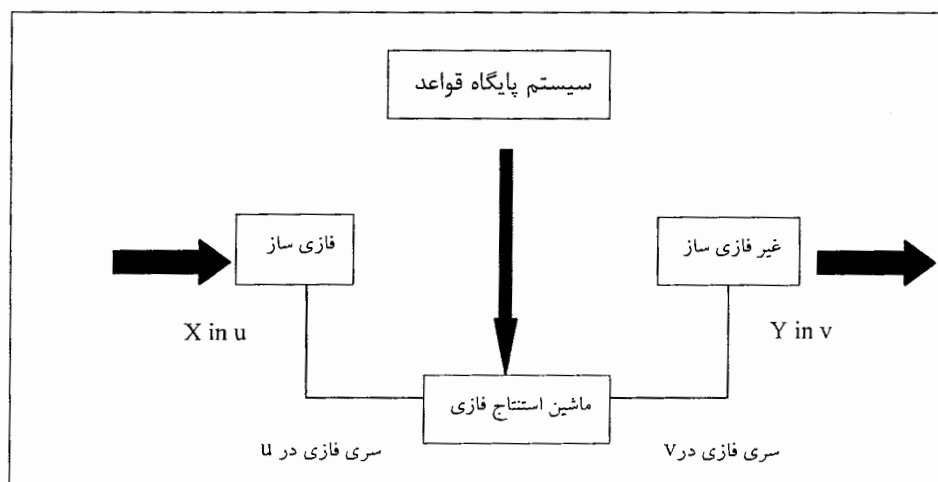
۴-۶ استفاده از منطق فازی در تعیین شاخص خطر

استفاده از منطق فازی در مورد پدیده‌های غیر قطعی جهت رفع خطاهایی که به واسطه عدم شناخت در نتیجه ایجاد می‌شود کمک زیادی در بدست آوردن نتایج صحیح دارد. در روش ارزش اطلاعاتی با در نظر گرفتن تاثیر یکسان عوامل ایجاد لغزش، نقشه پهنه‌بندی خطر تهیه می‌شود. این احتمال وجود دارد که تمام عوامل موثر در وقوع لغزش در نظر گرفته نشوند و یا تاثیر یک عامل در ایجاد لغزش

نسبت به سایر متغیرهای موثر بیشتر باشد. عدم شناخت نسبت به تمام عوامل ایجاد کننده و تعیین میزان تاثیر هر عامل در پیدایش لغزش عدم قطعیت در نتیجه را وارد می‌کند.

از طرفی دانش بدست آمده در مطالعات صحرایی به صورت استدلالهای نسبی و زبانی است و منطق فازی امکان تبدیل آنها را به صورت اعداد و روابط ریاضی فراهم می‌کند. منطق فازی (عدم قطعیت) با تعریف یک سیستم قواعد بر اساس دانش بدست آمده از روابط بین متغیرها و تعریف دانش نسبی موجود با روابط ریاضی بین متغیرها توانایی رفع خطاهای ایجاد شده به واسطه عدم شناخت قطعی را دارد.

در این مطالعه جهت تعیین شاخص خطر با منطق فازی (ضمیمه الف) از سیستم فازی با فازی ساز و غیر فازی ساز استفاده شده است تمام مراحل این سیستم شامل مراحل ترسیم شده در شکل ۴-۴ در نرم افزار مطلب انجام شده است. (و در ضمیمه ب برنامه استفاده شده در نرم افزار مطلب آمده است). سیستم فازی ساز با غیر فازی ساز کاملترین سیستم فازی است که توسط نفیس لیکلو و همکاران (۲۰۰۵)^۱، کاتچاهین (۲۰۰۵)^۲، پارک و همکاران (۲۰۰۳)^۳ جهت تعیین شاخص خطر لغزش استفاده شده است. ورودی سیستم فازی امتیاز رده‌های متغیر و خروجی این سیستم ارزش شاخص خطر لغزش در هر واحد است.



شکل ۴-۴ مراحل سیستم فازی

Nefeslioglu & et.al ۲۰۰۵^۱
 Katja Hine ۲۰۰۵^۲
 Park & et.al ۲۰۰۳^۳

۴-۶-۱- فازی سازی ارزشها

این مرحله شامل تعریف زوجهای ورودی و خروجی در سیستم فازی است. امتیازات بدست آمده برای متغیرها از تحلیل یک متغیره به عنوان ورودی سیستم فازی از حالت مطلق خارج شده و با استفاده از نمودار مثلثی مطابق شکل ۴-۵ به سربهای فازی تبدیل شدند. ۴ مجموعه فازی ورودی شامل شیب، تراکم رده آبراهه، ضخامت خاک و تراکم پوشش گیاهی برای لغزشهای سطحی لیتولوژی، جهت حرکت رودخانه، شیب و جهت شیب دامنهها جهت بررسی لغزشهای عمیق در نظر گرفته شدند. مجموعه فازی خروجی از سیستم فازی اعداد تقریبی شاخص خطر بدست آمده از مجموع ارزشها است که با متغیرهای نسبی تعریف شده است (رابطه ۴-۴).

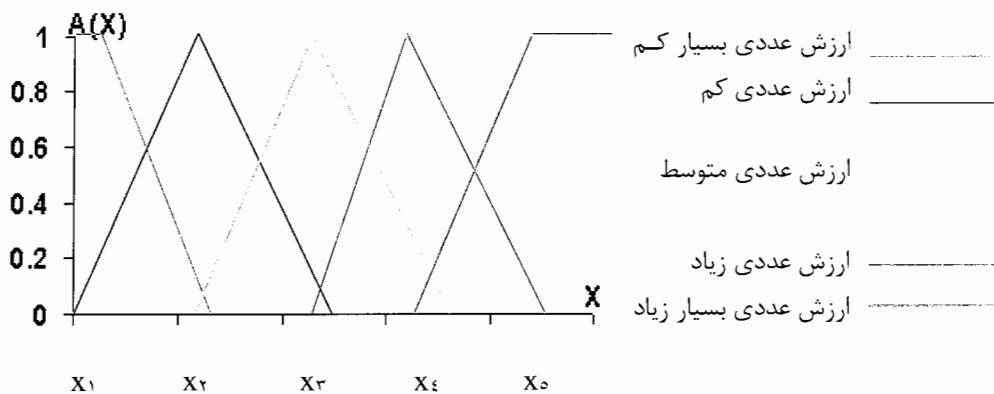
$$\mu_{AJ}(x_i) \neq 0 \quad (4-4)$$

$$i=1,2,3,\dots,n \quad [\alpha_i, \beta_i]$$

μ_x = مجموعههای فازی ورودی

μ_y = مجموعههای فازی خروجی

α و β بازه تعریف شده برای مجموعه فازی می باشند که محدوده این بازه در نتیجه تاثیری ندارد.



شکل ۴-۵: فازی سازی امتیازات ردههای یک متغیر

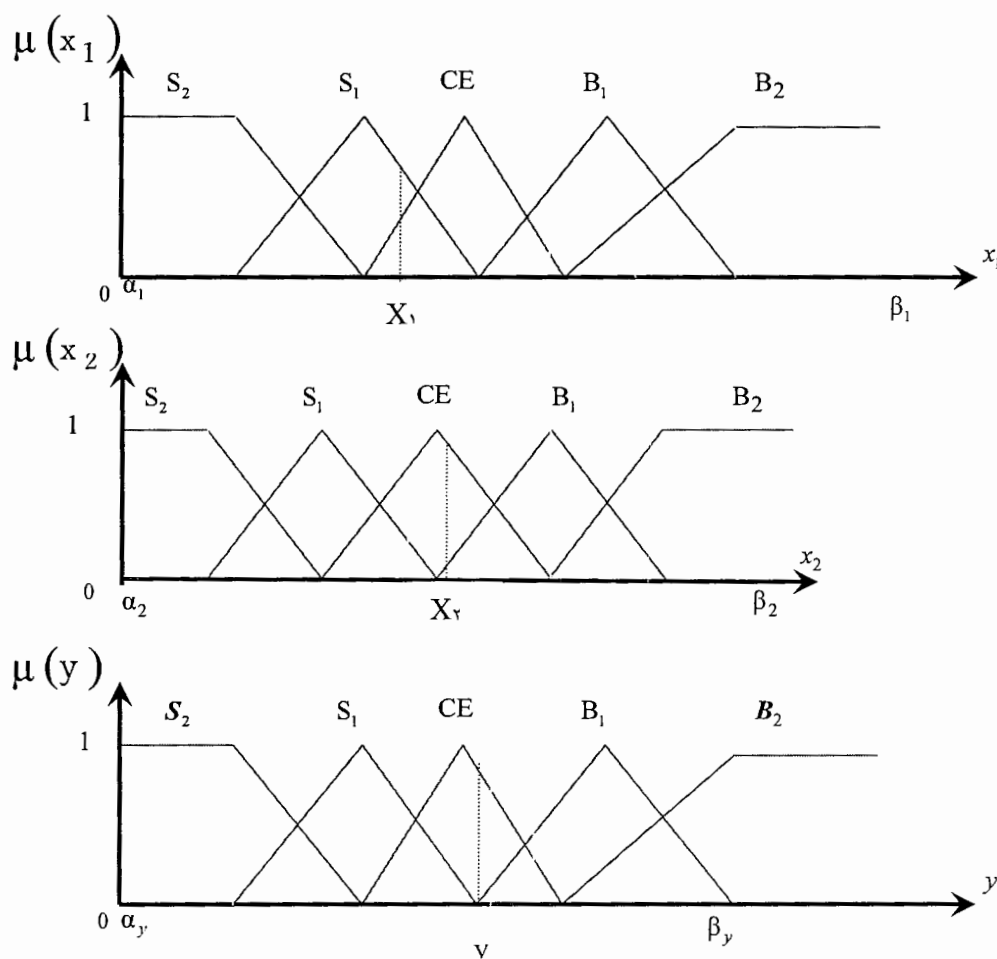
۴-۶-۲- سیستم پایگاه قواعد فازی

ارتباط بین ورودی و خروجی سیستم بر اساس سیستم قواعد تعریف شده صورت می گیرد. مبنای تعریف قوانین سیستم پایگاه قواعد، روابط بین ویژگیهای مورفولوژی، ساختاری و لیتولوژی در دامنه های لغزشی است. تعریف رابطه بین فاکتورهای موثر در ایجاد لغزش به صورت تعریف گزاره های اگر- آنگاه می باشد.

در ترکیب گزاره های مستقل از معادله اشتراک گزاره های ورودی در یک قاعده طبق رابطه (۵-۴) استفاده شده است.

$$\mu(x,y)=\max[\mu(x), \mu(y)] \quad (۵-۴)$$

شکل ۶-۴ دو مجموعه فازی ورودی و خروجی در سیستم فازی با استفاده از رابطه ۴-۴ و قاعده اشتراک در یک گزاره را نمایش می دهد.



شکل ۶-۴: مدل خروجی از ترکیب دو مجموعه ورودی

S_1 = ارزش عددی کم

S_2 = ارزش عددی بسیار کم

CE = ارزش عددی متوسط

B_1 = ارزش عددی زیاد

B_2 = ارزش عددی بسیار زیاد

۴-۶-۳ استنتاج فازی

با تعریف حالت‌های ممکن در ایجاد رابطه بین مجموعه‌های ورودی و خروجی، مجموعه ای از قواعد به دست می‌آید که در مرحله استنتاج فازی، نتیجه‌گیری با استفاده از ترکیب تمام قواعد و در نظر داشتن هر قاعده به شکل عبارت مستقل انجام می‌گیرد. رابطه بین قواعد به صورت اشتراک مجموعه قواعد در نظر گرفته می‌شود.

۴-۶-۴ غیر فازی سازی ارزشهای نهایی

خروجی سیستم از مجموعه‌های ورودی به شکل سری فازی است که توسط عملگر غیر فازی ساز میانگین مراکز (ضمیمه الف) اعداد قطعی از سریهای فازی بدست می‌آید. خروجی‌های بدست آمده شاخص‌های خطر لغزش هستند که با توجه به تعریف آنها در خروجی سیستم فازی به صورت متغیرهای زبانی بدون خطر، خطر کم، متوسط، بالا و بسیار بالا تفکیک مرزهای خطر لغزش بدست می‌آید.

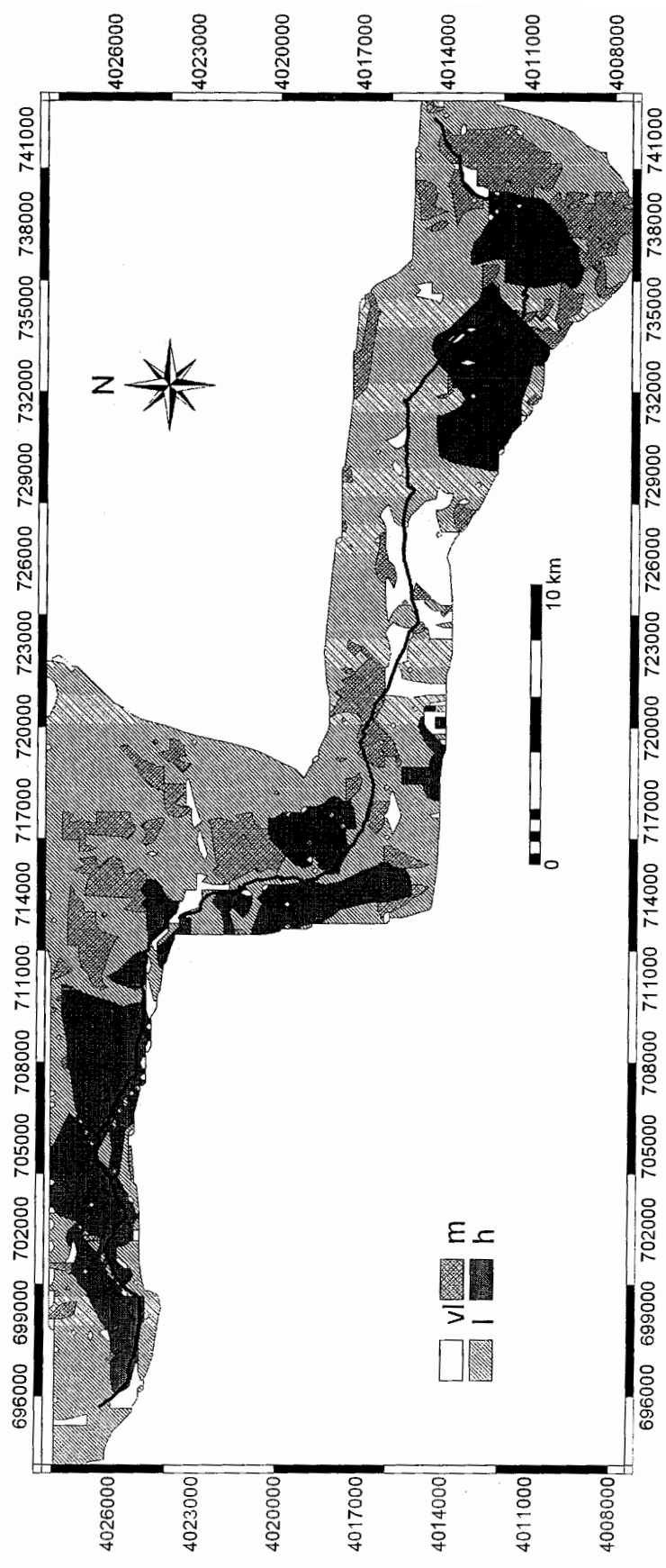
۴-۷ پهنه بندی با خروجی های مطلق فازی

خروجی بدست آمده از سیستم فازی، مقادیر شاخص خطر لغزش هستند که به صورت جدول به محیط GIS وارد شدند. نقشه حاصل از این مقادیر (شاخص خطر) با استفاده از تفکیک گروههای خطر توصیف شده در سیستم فازی مقادیر مرز گروههای خطر تعیین شده و نقشه پهنه بندی خطر با ۵ پهنه خطر بسیار بالا، بالا، متوسط، کم و بسیار کم ایجاد شدند.

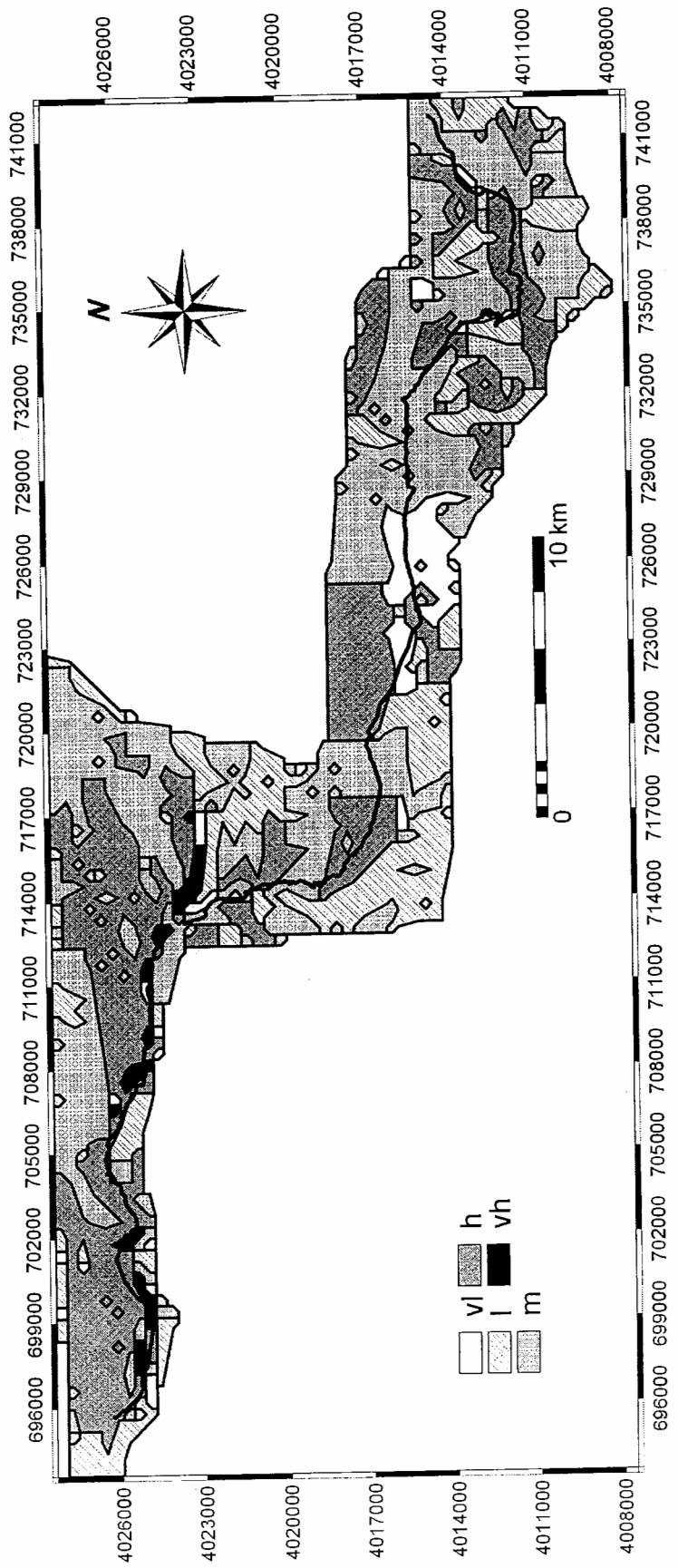
متغیرهای در نظر گرفته شده در سیستم فازی مشابه با روش ارزش اطلاعاتی است. در لغزشهای عمیق حذف متغیر فاصله از گسل به دلیل عدم تغییر در نقشه و نرمال کردن امتیازات به دلیل پراکنش عددی زیاد نتیجه بهتری را در نتیجه بدست آورد. مقایسه شبکه‌های لغزشی در گروههای خطر لغزش با استفاده از ارزشهای عددی فازی در تعیین شاخص خطر در جدول ۴-۶ آورده شده است.

۴-۸ ارزیابی نقشه پهنه بندی خطر لغزش

نقشه نهایی خطر لغزش سطحی (شکل ۴-۷) و لغزش عمیق (شکل ۴-۸) در حاشیه جاده مورد مطالعه با استفاده از منطق فازی و در نظر گرفتن ارزشها به صورت فازی تهیه شده است. در نقشه



شکل ۴-۷ : نقشه پهنه بندی خطر لغزشهای کم عمق



شکل ۴-۸: نقشه پهنه بندی خطر لغزشهای عمیق

پهنه بندی خطر لغزشهای سطحی ۲۵ درصد منطقه در گروه خطر بالای لغزش سطحی قرار دارند. با توجه به در نظر نگرفتن نقاط لغزشی عمیق در تعیین شاخص خطر لغزش سطحی مشاهده می‌شود که این مناطق جزء گروه خطر بالای لغزش قرار می‌گیرند. ۷ درصد از منطقه دارای خطر بسیار کم لغزش هستند. این مناطق دارای شیب کمتر از ۵ درجه می‌باشند و احتمال وقوع لغزش در آنها بسیار کم است.

در نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش های عمیق ۲ درصد از مناطق در گروه خطر بسیار بالا لغزش واقع شدند. این دامنه‌ها نزدیک رودخانه قرار دارند و حرکت لغزشها در این مسیر موجب تغییر مسیر رودخانه شده است. ۳۰ درصد منطقه در گروه خطر لغزش بالا قرار گرفته است این دامنه‌ها دارای شیب ۲۵ تا ۱۵ درجه و در فاصله کمتر از ۲ کیلومتری گسلهای اصلی دیده می‌شوند. خطر بسیار پایین لغزش مربوط به دامنه‌های با شیب کمتر از ۵ درجه با ۵/۵ درصد گسترش سطحی می‌باشد.

جدول ۴-۶: اطلاعات گروههای خطر توصیف شده

توصیف خطر	تعداد شبکه‌های پایدار	تعداد شبکه‌های لغزشی	درصد شبکه		شاخص خطر
			ناپایدار	پایدار	
بسیار کم	۷۴۱۳	۶۱۹	۷/۷۱	<۰/۴۹	لغزش سطحی
کم	۵۶۵۷۵	۳۷۹۳	۶/۲۸	۰/۴۹-۶/۱۵	
متوسط	۱۵۴۱۷	۲۱۰۲	۱۲	۰/۶۵-۰/۷	
بالا	۱۹۱۰۱	۹۹۳۴	۳۴/۲	۰/۷-۱	
بسیار کم	۱۵۹۶۳	۱۰۸۹	۶	<۰/۵۱	لغزش عمیق
کم	۲۴۱۳۴	۲۱۹۶	۹	۰/۵۱-۰/۷۴	
متوسط	۲۹۹۹۹	۶۹۱۴	۱۳/۵	۰/۷۴-۰/۸۳۵	
بالا	۲۵۳۵۵	۵۵۴۱	۱۷	۰/۸۳۵-۰/۸۶	
بسیار بالا	۴۳۷	۷۱۵	۴۲/۵	۰/۸۶-۱	

۴-۹ مقایسه نتایج

با توجه به نتایج بدست آمده در گروههای خطر با استفاده از اعداد قطعی و سریهای فازی استفاده شده نشان می‌دهد که برای لغزشهای سطحی میزان شبکه‌های ناپایدار انطباق بسیار زیادی در هر دو صورت وجود دارد. اما برای لغزش های عمیق نتیجه بهتر با استفاده از فازی سازی ارزشها دیده می‌شود. زیرا در نظر گرفتن اعدادقطعی جهت تعیین شاخص خطر در بین متغیرهای در نظر گرفته برای لغزشهای عمیق تغییرات امتیاز در زیر رده متغیر فاصله از گسل و لیتولوژی و جهت شیب کم است. به همین دلیل رنج اعداد به دست آمده از مجموع امتیازات در واحدهای کاری بسیار نزدیک به یکدیگر هستند. با در نظر گرفتن تقریب اعشار ارزش عددی مساوی در واحدها ایجاد می‌شود که امتیاز متغیرها در آنها کاملا یکسان نیست و دارای شرایط یکسان در ایجاد لغزش نیستند. تفکیک مرز گروههای خطر مشکل است به طوریکه تغییر شاخص خطر در مرز بین دو گروه خطر متوسط و بالا در حدود ۰/۲۵ تغییر زیادی را در نقشه خطر ایجاد می‌کند. فازی سازی ارزشها و با طرح ریزی پایگاه قواعد واحدهای دارای شرایط یکسان در یک گروه خطر قرار می‌گیرند. در واقع این انتظار از ارزیابی شاخص خطر با منطق فازی است که ارزشهای شاخص خطر به گونه‌ای بدست بیایند که اگر تغییرات کمی در تعیین مقادیر مرزی ایجاد شد، تغییرات بسیار زیادی در نتیجه ایجاد نشود.

فصل پنجم

روشهای پایدارسازی دامنه

۵-۱ مقدمه

نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش در مسیر مورد مطالعه بالا بودن پتانسیل لغزش در حاشیه جاده را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه در احداث مسیر فوق چاره‌ای جزء عبور از مناطق پرشیب کوهستانی و دامنه‌های لغزشی گذشته نبوده است و از سوی دیگر تردد بالای وسایل نقلیه اجرای روشهای پایدار سازی دامنه‌های ناپایدار جهت کم کردن خسارتهای ناشی از وقوع لغزش لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

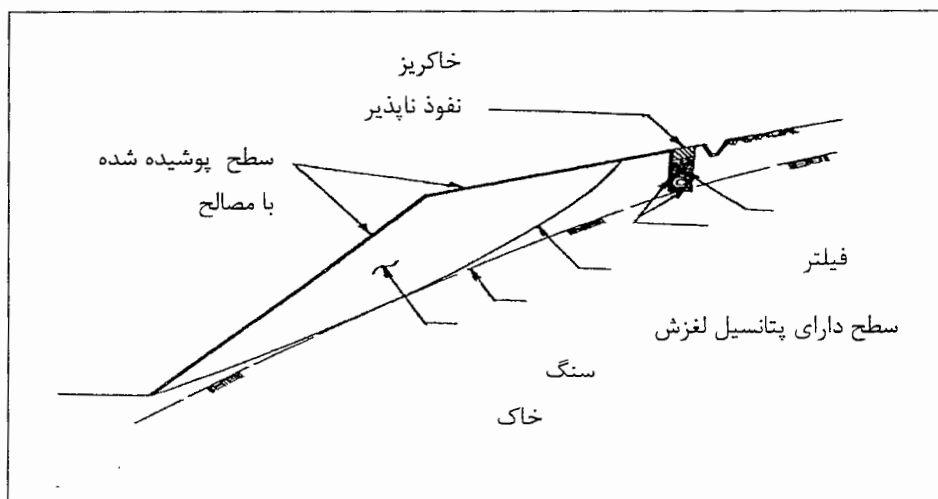
تعیین روش پایدارسازی مناسب با توجه به هزینه پایدارکردن در ارتباط با موقعیت دامنه نسبت به پروژه عمرانی و امکانات دسترسی در محل صورت می‌گیرد. با توجه به بالا بودن ضخامت هوازدگی و بالا بودن سطح آب زیرزمینی در دامنه‌ها، به نظر می‌رسد اجرای روشهای زهکشی مناسب جهت جمع آوری روان آب و جلوگیری از ورود روان آب سطحی به دامنه‌های دارای پتانسیل لغزش نتایج موثری در کم کردن پتانسیل ناپایداری دامنه ایجاد می‌کند. زیرا بالا بودن عمق هوازدگی امکان استفاده از روشهای میخکوبی و خاکریزهای مکانیکی که مستلزم حفاری تا رسیدن به عمق بدون هوازدگی و مقاومت لازم در برابر ارتعاش لرزه‌ای حین احداث را ندارد. در ادامه چند روش پایدارسازی در مسیر مورد مطالعه پیشنهاد شده است.

۵-۲ زهکشی

جمع آوری روان آب سطحی و کانالیزه کردن آب در حاشیه جاده نقش موثری در کاهش فرسایش پای شیب دامنه‌ها در بخش ترانشه‌ها و کم کردن فشار آب منفذی در خاکریزها را دارد. استفاده از کانالهای فلزی و هدایت آب برای جلوگیری از ورود به توده ناپایدار در طول خاکریزها جهت کنترل لغزشهای حاشیه جاده موثر می‌باشد.

استفاده از روشهای زهکشی زیر سطحی در مناطقی که نیروی نشت آب روی دامنه به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی موجب ناپایداری شده است مناسب ترین روش برای جلوگیری از ادامه ناپایداری است. پایداری زون ریزشی و سطح دارای پتانسیل لغزش با اعمال روشهای زهکشی زیر سطحی افزایش می‌یابد.

در دامنه هایی که آب زیرزمینی در عمق کم وجود دارد استفاده از زهکشیهای قطع کننده جریان جهت متوقف کردن جریان آب زیرزمینی پیشنهاد می‌شود (شکل ۵-۱). این نوع زهکش در زون نفوذناپذیر یا سطح زمین با قطع کردن پایین دست دامنه جایی که زهکشی طبیعی تمام می‌شود استفاده می‌شود و بخش بالایی گودال با تشکیلات نفوذناپذیر پر می‌شود. روان آب از بخشهای بالاتر شیب با کانالهای زهکش جمع آوری می‌شود.



شکل ۵-۱: مقطع عرضی از زهکش قطع کننده جریان

نصب زهکشیهای افقی در جایی که عمق آب زیرزمینی بسیار بیشتر از ظرفیت استفاده از یک زهکش کانالی است جهت پایین آوردن فشار نشت در دامنه و جلوگیری از لغزش لازم می‌باشد. در واقع زهکش افقی یک گودال بسیار کوچک دارای ۳-۴ اینچ قطر است که با شیب ۱۰ تا ۵٪ حفر می‌شود و لوله های دارای منافذ جهت فیلتر در آن قرار می‌گیرند آب جمع شده توسط زهکش به bench

روی شیب دامنه تخلیه می شود. زهکشی که روی پنجه شیب قرار می گیرد باید دارای تشکیلات نفوذ پذیر باشد. ۵ فوت اول لوله زهکش نزدیک به محل خروج نباید دارای منفذ باشد که توسط گیاهان و لجن مسدود شود. طول زهکشهای افقی بزرگ به ویژگی های ژئومتری پهنه‌ای که باید زهکش در آن نصب شود بستگی دارد. نصب زهکشهای افقی در ماسه های سیلتی دانه ریز و خاکهای دارای خرده های سنگی دارای ترکهای کششی باز سخت می‌باشد زیرا موجب فروریزی ماسه سیلتی و تشکیل گودال حین حفاری می‌شود که در این صورت صرفه اقتصادی ندارد.

در دامنه‌های ترانشه زده شده که نشت آب در عمق زیاد به علت وجود لایه نفوذ ناپذیر دیده می‌شود استفاده از زهکشهای گودالی موثرترین روش زهکشی است.

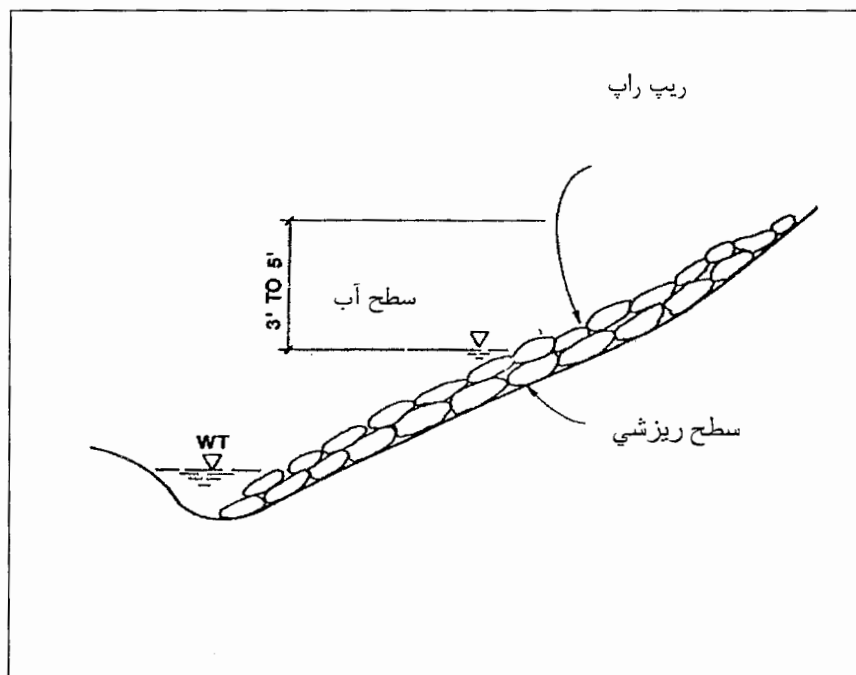
۳-۵ دیواره‌های نگه‌دارنده

استفاده از روش‌های تقویت مقاومت پنجه دامنه مثل دیواره های نگه دارنده برای ممانعت از ادامه حرکت مهمترین راه برای جلوگیری از حرکت دامنه ناپایدار است. دیوار باید به اندازه کافی عمیق باشد تا از زون دارای بحران لغزش عبور کند. به اضافه اینکه این دیوار باید توانایی مقاومت در برابر حرکت در اثر نیروهای برشی داخلی و فشار های وارده را دارا باشد. برای عبور دادن جریان آب لازم است که سیستم زهکشی مناسب در پشت دیوار تعبیه شود. در دامنه‌های دارای عمق لغزشی کم استفاده از میله‌های فلزی در جلوی دامنه می‌تواند از ادامه حرکت لغزشهای کم عمق جلوگیری کند. اما برای دامنه‌های دارای عمق ناپایداری بالا استفاده از دیواره‌های پشت بندار نقش موثری جهت پایداری دامنه‌های لغزشی گذشته در حاشیه جاده دارا می‌باشد. در این روش میله ها با عبور از بخش ناپایدار به پنجه دامنه وارد می‌شوند. این دیواره ها با نگه داری از فشار جانبی که از دیوار به زمین تحمیل می‌شود و با اتصال یافتن به پشت دیوار بارگذاری ایجاد شده را به پشت زون دارای پتانسیل لغزش که دارای مقاومت کافی است انتقال می‌دهند. در طراحی دیواره های پشت بندار باید موارد زیر در نظر گرفته شود.

(۱) طول مهاربند به شمع هایی که در دو طرف سطح دارای پتانسیل لغزش استفاده می شود بستگی دارد. کل طول مهاربند باید پایدار باشد برای اینکه احتمال ریزش سطحی در پشت مهاربند دارای ضریب اطمینان مساوی یا کمتر از سطح دارای ریزش است.

همه اجزای مهاربند باید از پوسیدگی حفظ شوند. برای این هدف بیشتر آنها توسط روکش سیمانی پوشیده می‌شوند.

در دامنه‌های حاشیه رودخانه فرسایش پاشنه شیب در اثر حرکت رودخانه موجب بروز لغزش و ناپایداری می‌شود. یک راه حل عمومی برای این مشکل حمایت از پنجه شیب با کار گذاشتن لایه حفاظ^۱ یا سنگ چینی است (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵: ریپ راپ کار گذاشته شده در دامنه

Rip Rap^۱

فصل ششم

بحث و نتیجه گیری

۱-۶ بحث

در این مطالعه پهنه بندی خطر لغزش در مسیر ارتباطی ساری - کیاسر صورت گرفت. مسیر فوق از جمله راههای ارتباطی احداث شده در دامنه‌های شمالی البرز و پهنه لغزشهای قدیمی است. وجود لیتولوژی سست و شدیداً هوازده، بارندگی‌های مداوم و عبور گسل فعال شمال البرز و ایجاد پهنه گسلی خرد شده در کنار تغییرات دامنه‌ای در اثر احداث جاده به فعال شدن لغزشهای قدیمی و ایجاد چندین لغزش جدید کمک کرده است. وجود ۲۴ لغزش فعال در حاشیه جاده و تردد بالای وسایل نقلیه اهمیت بررسی بیشتر جهت اعمال روشهای پهنه بندی مناسب را نشان می‌دهد.

۲-۶ نتایج بدست آمده از نقشه پهنه بندی خطر لغزش

نتایج بدست آمده از نقشه پهنه بندی خطر لغزش بالا بودن خطر وقوع لغزش را در حاشیه جاده نشان می‌دهد. با توجه به عبور جاده از منطقه کوهستانی و مناطق لغزشی قدیمی به نظر می‌رسد عدم توجه به لغزشهای قدیمی و تغییر در این دامنه‌ها در زمان احداث جاده دلیل ناپایداری حاشیه جاده می‌باشد. مناطق دارای پتانسیل بالای لغزش در منطقه شامل:

- ۱- زون لغزشی گذشته: با توجه به عدم استفاده از سیستمهای زهکشی در حاشیه جاده در زمان وقوع بارندگی‌های سنگین و تجمع حجم زیاد آب در حاشیه ترانشه‌ها و در بخشهای خاکریزی شده در محل لغزشهای قدیمی احتمال حرکت‌های جریانی سریع در بخشهای با شیب زیاد وجود دارد.
- ۲- محل احداث پلها در آبرفت و تشکیلات سست: جمع آوری و هدایت حجم وسیع آب در دامنه‌های دارای مقاومت برشی پایین لغزشهای وسیع همراه با تخریب کامل پل در بخشهای خاکریزی شده را ایجاد کرده است.

۳- دامنه‌های سنگی دارای خردشدگی شدید در مجاورت زون گسلی: این دامنه‌ها مستعد ریزش و سقوط سنگ با شتاب زیاد در اثر وارد شدن بار دینامیکی حاصل از تردد وسایل نقلیه هستند.

۳-۶ پیشنهادات

نقشه پهنه‌بندی خطر بدست آمده بالا بودن پتانسیل لغزش در حاشیه جاده را نشان می‌دهد، اولین پیشنهاد جهت کم کردن خسارت دور شدن از محدوده‌های دارای خطر بالای لغزش است.

با توجه به اینکه احداث مسیر فوق چاره‌ای جزء عبور از مناطق پرشیب کوهستانی و دامنه‌های لغزشی گذشته نبوده و تردد بالای وسایل نقلیه اجرای روشهای پایدار سازی دامنه‌های ناپایدار جهت کم کردن خسارتهای ناشی از وقوع لغزش لازم و ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به بالا بودن ضخامت هوازدگی و بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این دامنه، اجرای روشهای زهکشی مناسب جهت جمع آوری روان آب و جلوگیری از ورود روان آب سطحی به دامنه‌های دارای پتانسیل لغزش نتایج موثری در کم کردن پتانسیل ناپایداری دامنه ایجاد می‌کند. زیرا بالا بودن عمق هوازدگی امکان استفاده از روشهای میخکوبی و خاکریزهای مکانیکی که مستلزم حفاری تا رسیدن به عمق بدون هوازدگی و مقاومت لازم در برابر ارتعاش لرزه‌ای حین احداث را ندارد.

استفاده از زهکشهای کانالی در حاشیه جاده جهت جمع آوری روان آب سطحی لازم است و نقش موثری در کاهش فرسایش پای شیب دامنه‌ها در بخش ترانشه‌ها و کم کردن فشار آب منفذی در خاکریزها را دارد.

استفاده از زهکش گودالی در دامنه‌های ترانشه زده شده که نشأت آب در عمق زیاد به علت وجود لایه نفوذ ناپذیر و دارای مقاومت کم صورت می‌گیرد موثر است.

استفاده از زهکش افقی جهت از بین بردن نیروی نشأت در خاکریزها به دلیل سد شدن آب در لایه خاکریز و عدم انتقال به لایه زیرین موثر است.

نصب توریهای فلزی در دامنه‌های سنگی خرد شده جهت کاهش شتاب ریزشهای سنگی و ممانعت از ورود به سطح جاده از جمله اقدامات پایدار سازی ضروری است.

البته انتخاب روش مناسب و اجرای صحیح نیاز به بررسی دقیق شرایط و ویژگی دامنه و تعیین هزینه روش تعیین شده دارد.

پیوست الف

تئوری فازی

الف - ۱ مقدمه

روش فازی یک ابزار شناخته شده برای ایجاد مدل در بسیاری از علوم امروزی است. عدم قطعیت (Uncertainty) و سوالاتی که در مورد پارامترهای غیر قطعی وجود دارد توسط روشهای آماری به درستی رفع نمی شوند. مدل فازی در مورد مواردی که با عدم قطعیت در اطلاعات روبه رو هستیم امکان مدلسازی بر اساس عدم قطعیت (فازی) را مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

عدم قطعیت در مسائل امروزی به دو بخش مربوط می شود:

۱- غیر ادراکی (Ambiguity): عدم داشتن اطلاعات کافی از یک سیستم و وجوه تصادفی

پیشامدها احتمال اینکه یک عامل در ایجاد یک پدیده تاثیر داشته باشد.

۲- ادراکی (Vagueness) : به واسطه تصورات ذهنی از واقعیتها و عدم دانش و یا فهم و ادراک

کافی از مقادیر و پارامترهای سیستم (در صورتیکه مرز دقیق بین عوامل ترسیم نشود)

پیدا کردن یک عامل که در ایجاد یک پدیده بیشترین تاثیر را دارد.

الف - ۲ ویژگی تئوری فازی

تئوری فازی، زبان ریاضی ابهامات و عدم قطعیتها است، این تئوری نشان می دهد که چگونه با قوانین

و کمیتهای نادقیق استدلال شود و نتایج مفید و عملی بدست بیاید.

تئوری فازی توسط پرفوسور لطفی زاده (۱۹۶۵) در مقاله ای تحت عنوان "مجموعه های فازی" جهت داده های غیر قطعی معرفی گردید. "ما اساساً به نوع جدیدی ریاضیات نیازمندیم، ریاضیات مقادیر مبهم یا فازی که توسط توزیع های احتمالات قابل توصیف نیستند."

الف-۳ مجموعه های فازی

تعریف مجموعه: مجموعه، گردایه ای معین از اشیاء است که مجموعه را با حروف بزرگ لاتین و اعضاء آن را با حروف کوچک لاتین نشان می دهند.

مجموعه مرجع: شامل همه عناصر مورد بحث را مجموعه مرجع نامیده و با علامت X یا U نشان داده می شوند.

$$A = \{5, 6, 7, 8\} \quad \text{نمایش مجموعه اعداد طبیعی بین (۴ تا ۹)}$$

در مجموعه های معمولی ویژگی اعضا در یک مجموعه کاملاً مشخص است. اما در مواردی که یک ویژگی نامشخص را برای اعضاء در نظر می گیریم که یک مفهوم و ویژگی دقیق و معین ندارد مثلاً سنگهای نامقاوم یک ویژگی ذهنی است و تشخیص اینکه یک سنگ دارای این ویژگی هست یا نه و یا تا چه اندازه ای دارای مقاوم هست و تا چه اندازه ای نامقاوم به نظر افراد بستگی دارد.

تابع نشانگر:

اگر مجموعه A یک زیر مجموعه دلخواه از مرجع X باشد تابع نشانگر A به صورت زیر تعریف و نشان داده می شود.

$$X_A(x) = \begin{cases} 1 & , \quad x \in A \quad \text{اگر} \\ 0 & , \quad x \notin A \quad \text{اگر} \end{cases}$$

در این مجموعه به جای در نظر گرفتن عضوهای یک مجموعه با اعداد صفر و یک سروکار داریم و هر مجموعه یک تابع نشانگر دارد و رابطه متناظر یک به یک بین تابع نشانگر و مجموعه وجود دارد.

مثال:

$$A = \{2, 5, 7\} \quad X_A(x) = \begin{cases} 1 & x=2, 5, 7 \\ 0 & x=1, 3, 6, 8, 9, 10 \end{cases}$$

مجموعه بالا دارای تعریف مشخص است اعداد بین ۹۰۴ این یک تعریف دقیق دارد. اعضای مجموعه شامل اعداد حقیقی هستند که کاملاً ویژگیهای آن مجموعه را دارند و عضو این مجموعه می باشند و اگر ویژگی مجموعه را نداشته باشند عضو آن مجموعه نیستند.

در زندگی روزمره با مفاهیم زبانی روبرو هستیم که دارای مرزبندی مشخص نیستند مثلاً هوای سرد، راه دور یا افراد مسن که به صورت یک مجموعه نمی توان نمایش داد زیرا رابطه ریاضی برای تجزیه و تحلیل آنها وجود ندارد و کاملاً ذهنی هستند اما آنها را به صورت یک مجموعه با تعیین یک درجه عضویت می توان تعریف کرد.

مجموعه جوان بودن افراد را با تعیین درجه عضویت به سالهای مختلف می توان به این مجموعه

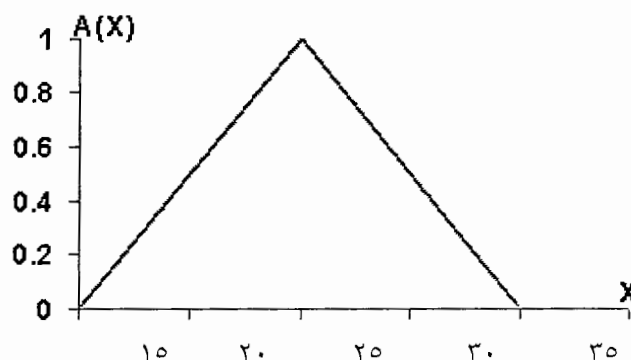
نسبت داد به صورت زیر

$$A = \left\{ 0.5/20, 1/25, 0.5/30, 0/35 \right\}$$

در مجموعه های معمولی یک عضو یا کاملاً عضو یک مجموعه است و ویژگی های مجموعه را به طور کامل دارد یا کاملاً عضو مجموعه نیست چون ویژگی آن مجموعه را ندارد بنابراین مجموعه فازی A مجموعه ای است که درجات عضویت اعضای آن می تواند پیوسته از ۰ تا ۱ اختیار شود.

$$X_A(x) \longrightarrow \mu_A(x)$$

نزدیک بودن مقدار $\mu_A(x)$ به عدد ۱ تعلق بیشتر X به مجموعه فازی A است و نزدیک بودن این مقدار به عدد ۰ تعلق کمتر به مجموعه فازی را نشان می دهد.



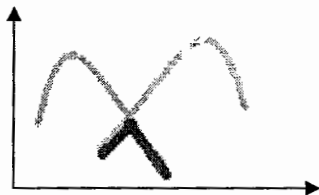
شکل الف - ۱: نمایش مجموعه فازی سن جوان بودن افراد

الف - روابط ریاضی مجموعه‌های فازی

الف - ۴ - اجتماع و اشتراک مجموعه های فازی

$$\mu(A \cup B) = \max[\mu(x), \mu(y)]$$

$$\mu(AB) = \min[\mu(x), \mu(y)]$$



شکل الف ۳ اشتراک دو مجموعه فازی



شکل الف ۲ اجتماع دو مجموعه فازی

اجتماع و اشتراک دو مجموعه فازی و کاربرد آن در مثال روزمره دیده می شود .

برای احداث یک ساختمان با در نظر گرفتن منابع آلوده کننده مثل کارخانه های مختلف در یک منطقه و فاصله تا ساختمان مورد نظر برای مشخص کردن بهترین مکان برای احداث را می توان با

استفاده از سریهای فازی حل کرد .

مجموعه تعداد منابع آلوده کننده
 $x = \{1, 2, 3, 4, 5\}$
 و مجموع دوم فاصله کارخانه ها تا محل احداث ساختمان مورد نظر

مجموعه فازی منابع آلوده کننده

$$A = \{0.2/5, 0.4/4, 0.6/3, 0.8/2, 1/1\}$$

مجموعه فازی فاصله محل کارخانه ها با ساختمان مورد نظر

$$B = \{0.1/5, 0.3/4, 0.6/3, 0.7/2, 0.8/1\}$$

بر اساس عملگر مینیم

$$AB = \{0.2/5, 0.3/4, 0.6/3, 0.7/2\}$$

فاصله مناسب و تعداد آلاینده ها

بر اساس عملگر ماکزیمم

$$A \cup B = \{0.2/5, 0.4/4, 0.8/3, 1/2, 1/1\}$$

فاصله مناسب یا تعداد آلاینده ها

الف - ۵ متغیرهای زبانی

در استدلالهای انسانی از متغیرهایی معمولی که مقادیر آنها مبهم است بیشتر استفاده می‌کنیم تا متغیرهایی که مقادیر آنها دقیقاً مشخص است مثلاً سنگهای دارای مقاومت بالا در برابر فرسایش عموماً پایدارتر هستند. با استفاده از منطق فازی این متغیرهای زبانی به صورت سریهای فازی و تابع تعلق عضویت بیان می‌شوند. سیستم فازی مبتنی بر دانش یا قواعدی تحت عنوان سیستم پایگاه قواعد که به شکل قوانین اگر- آنگاه روی توابع پیوسته تعریف می‌شود. بنابراین فرایند بررسی به دو مدل متفاوت تقسیم می‌شود: بررسی‌های تجربی و تئوری. روش تجربی اجازه می‌دهد که یک توصیف برای متغیرهای ورودی موثر در ایجاد یک متغیر وابسته ایجاد شود. داده ورودی و خروجی و اصلاح کردن این ضرایب معادل مدل تعیینی است که می‌توان مدل خروجی و ورودی نامید. بنابراین پیدا کردن قوانین فازی مرتبط با خصوصیات داده‌های ورودی و خروجی براساس تجربه عینی شخص اغلب نتیجه بهتری نسبت به معادلات ریاضی می‌تواند داشته باشد. این مزیت فازی بهترین نتیجه را برای یک زمین شناس برای استفاده از بررسی‌های میدانی در مدل فازی دارد. زیرا در عمل تعیین قوانین برای ایجاد یک مدل شناخته شده وجود دارد اما توصیف آنها توسط فرمول ریاضی به اضافه اینکه مدل‌سازی بر اساس پارامترهای تقریبی صورت می‌گیرد مشکل است که روش فازی برای تغییر دادن مدل کلاسه بندی نیز مناسب است. روش تئوری در سیستم فازی، شامل روابط فازی هستند که روی داده‌های بدست آمده از روابط ریاضی اجرا می‌شود.

الف - ۶ انواع سیستم‌های فازی

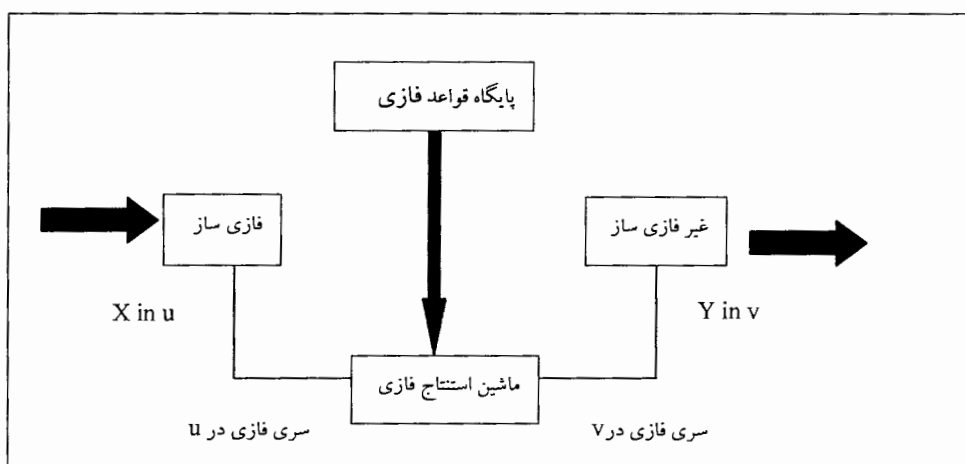
۳ سیستم فازی وجود دارد: سیستم‌های فازی خالص، سیستم فازی تاکاگی - سوگنو و کانگ،

سیستم‌های با فازی ساز و غیر فازی ساز

(۱) سیستم‌های فازی خالص: ورودی و خروجی مجموعه‌های فازی می‌باشد (واژه‌های زبان طبیعی) در حالیکه در مدل سازی ورودی و خروجی مقادیر حقیقی هستند.

(۲) سیستم فازی تاکاگی: بخش آنگاه قاعده یک فرمول ریاضی بوده و بنابراین چهار چوبی برای نمایش دانش بشری فراهم نمی‌کند. و انعطاف پذیری در این سیستم وجود ندارد.

۳) سیستم های با فازی ساز و غیر فازی ساز: استفاده از یک فازی ساز در ورودی که متغیرهای با مقادیر حقیقی را به یک مجموعه فازی تبدیل کرده و یک غیر فازی ساز که یک مجموعه فازی را به یک متغیر با مقدار حقیقی در خروجی تبدیل می کند. نتیجه یک سیستم فازی با فازی ساز و غیر فازی ساز می باشد. سیستم های با فازی ساز و غیر فازی ساز که این سیستم کاملتر بوده و معایب دو سیستم دیگر را رفع می کند که توسط دیاگرام زیر تعریف می شود.



شکل الف - ۴ : سیستم فازی ساز و غیر فازی ساز

الف - ۶-۱ سیستم پایگاه قواعد فازی

بعد از مرحله ورود داده ها و فازی سازی آنها، برای تعیین چگونگی رابطه بین ورودیها به قواعدی نیاز است که سیستم پایگاه قواعد فازی تعریف می شود. در سیستم های فازی دانش فرد به شکل قواعد اگر - آنگاه فازی نشان داده می شود. که یک قاعده ترکیبی از چند گزاره مستقل است که با استفاده از اتصال دهنده های "و"، "یا"، "نه" که به ترتیب نشان دهنده اشتراک فازی، اجتماع فازی و مکمل فازی است که تعیین کننده روابط بین گزاره ها است. تفسیر این سیستم قواعد با توجه به منطقی که بین گزاره ها از طریق اتصال دهنده ها و نوع استلزام مطابق با آن به وجود می آید صورت می گیرد. مثلا اگر از اتصال دهنده "و" در ترکیب گزاره ها استفاده شود، مثال: اگر $A_1=x$ و $B_1=y$ آنگاه C که اشتراک فازی در رابطه بین گزاره ها وارد می شود که به شکل رابطه فازی \min زیر تعریف می گردد.

اتصال دهنده "و" $\mu(x,y)=\min[\mu(x), \mu(y)]$

اتصال دهنده "یا" $\mu(x,y)=\max[\mu(x), \mu(y)]$

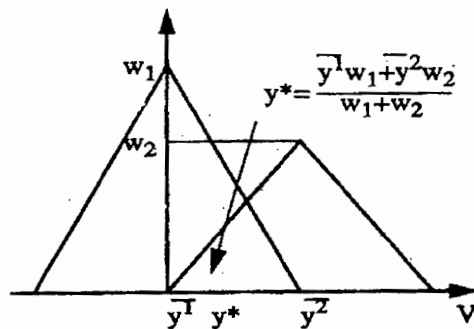
الف - ۶- ۲ ماشین استنتاج فازی

در سیستم پایگاه قواعد مجموعه ای از قواعد فازی وجود دارد که حاصل ترکیب گزاره های مستقل است که توسط یک سیستم استلزام فازی رابطه بین گزاره ها در یک قاعده تعیین می شود. در عمل پایگاه سیستم قواعد دارای چندین قاعده است. که نتیجه گیری از قاعده ها توسط روش استنتاج تعریف شده صورت می گیرد. اگر هدف استنتاج مبتنی بر ترکیب قواعد باشد، در این صورت تمامی قواعد موجود در پایگاه باید با هم در نظر گرفته شوند و از عملگر اشتراک یا اجتماع برای ترکیب آنها استفاده می شود. اگر قواعد را به صورت عبارتهای شرطی مستقل در نظر گرفته شوند ترکیب قواعد اجتماع می باشد ولی اگر ترکیبهای شرطی را بهم وابسته در نظر گرفته شوند در این صورت از عملگر اشتراک برای ترکیب قواعد استفاده می شود. در روش استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه هر قاعده در پایگاه قواعد فازی یک خروجی فازی را معین کرده و خروجی نهایی ترکیب M خروجی جداگانه مجموعه های فازی خواهد بود.

یک حالت ترکیب مجموعه قواعد را هم به صورت قواعد اشتراک و هم به صورت قواعد اجتماع می توان ترکیب کرد. در یک حالت دیگر قواعد به صورت گزاره های شرطی وابسته بهم در نظر گرفته که باید به صورت اشتراک ترکیب شوند.

الف - ۶- ۳ سیستم غیر فازی ساز

خروجی مراحل قبل یک سری اعداد فازی هستند که توسط غیر فازی سازها تبدیل به اعداد حقیقی می شوند. غیر فازی سازهای زیادی وجود دارد. غیر فازی ساز میانگین مراکز (center Average Defuzzifier) (شکل الف- ۵) متداولترین غیر فازی ساز مورد استفاده در سیستم های فازی می باشد و از لحاظ محاسباتی ساده تر می باشد.



شکل الف ۵- نمایش غیر فازی ساز میانگین مراکز

در پایان خروجی سربهای فازی ورودی اعداد حقیقی بدست آمده در سیستم فازی و مراحل بالا هستند.

الف - ۷ استفاده از منطق فازی در علوم زیست محیطی

در سالهای اخیر استفاده از سربهای فازی در مسائل زیست محیطی که با داده های غیر قطعی به عنوان فاکتورهای موثر در ایجاد پدیده های زیست محیطی روبه روست و در بر گرفته شدن این مسائل توسط مفهوم فازی مورد کاربرد قرار گرفته است. ایجاد مدل برای پدیده های زیست محیطی با استفاده از چند لایه اطلاعاتی شامل فاکتورهای ایجاد کننده که کاملاً قطعی نیستند، در نظر گرفتن تاثیر متقابل عوامل زیست محیطی، عدم شناخت کافی در فاکتورهای موثر با روشهای آماری روبرو شدن با عدم قطعیت را ایجاد می کند. روشهایی برای رفع و تصحیح خطاهای تصادفی که به طور نرمال، مثلاً در ضرب کردن لایه ها پیش می آید وجود دارد. معمولاً تاثیر خطاهای سیستماتیک توسط روش مناسب ردیف کردن یا تصحیح مناسب فرض می شود که حذف می شود. اگر چه خطاهای بسیار کوچک در روش آماری چشم پوشی می شوند. اساساً وجود خطاهای بزرگ تصادفی مربوط به محدودیتهای آماری است که در روش فازی کم شده و به حداقل می رسد.

از طرفی فرمولهای ریاضی ساده جهت ارزش گذاری روی زبان انسان که برای بیان درجه اهمیت یک متغیر به عنوان میزان تاثیر آن در محیط پیرامون وجود ندارد و یا مواردی که دانش ما جهت مدلسازی به علت کافی نبودن داده ها کامل نیستند و برخی پدیده ها درجهان واقعی نمی توانند مشاهده یا اندازه گیری شوند یا بدست آوردن ارزش واقعی در ایجاد پدیده نیاز به زمان زیاد و

آزمایشات گوناگون دارد تا فرد به تجربه و شناخت در این زمینه برسد. بنابراین وارد شدن عدم قطعیت به دلایل زیادی وجود دارد که روشهای طبقه بندی داده‌ها در ایجاد مدل با محدودیت مواجه می‌شود و ارزش واقعی نمی‌تواند تنها توسط یادگیری معادلات ریاضی انجام شود. تجربیات شخص که به صورت زبانی بیان می‌شود با معادلات ریاضی بسیار سخت می‌باشد اما قوانین فازی بسیار زیاد شبیه به توصیف زبانی هستند. زیرا بر اساس دانش و تجربه شخص در این زمینه بنا می‌شوند. بیان کردن برخی ارزشها به صورت یک ارزش عددی مشخص گاهی اوقات نمی‌تواند در برگیرنده تمام شرایط باشد مثالی که برای احداث بنا آورده شده است مجموع سری های فازی برای موارد زیر مناسب است.

- استفاده در مواردی که تمام عوامل موثر در ایجاد یک پدیده به طور کامل شناخته نشده اند.
- عوامل شناخته شده اند اما توصیف آنها توسط طبقه بندی کردن با فرمول ریاضی مشکل است.

- عوامل که شناخته شدند و این امکان وجود دارد که آنها را توسط فرمول ریاضی توصیف کرد اما پارامترهای مدل کردن قطعی نیستند.

جهت پهنه بندی لغزش با توجه به عدم شناخت کامل فاکتورهای موثر در لغزش و استفاده از چند لایه اطلاعاتی و در نظر گرفتن تاثیر یکسان برای تمام فاکتورهای ایجاد کننده، مدلی را معرفی می‌کند که بر پایه عدم قطعیت است که استفاده از سریهای غیر قطعی (فازی) به جایی اعداد حقیقی و استفاده از روابط تجربی که بررسی های صحرایی بر پایه مفاهیم زبانی بدست می‌آید در قالب پایگاه قواعد فازی و ایجاد مدل نهایی از ترکیب بررسی تئوری و تجربی این مشکلات را رفع می‌کند.

پیوست ب

برنامه استفاده شده در محیط مطلب

```
function [m,n]=myoo(z,k,p)
if k==\
.
.
k==i
if z<n m=0;
elseif z>n^2 m=0;
elseif z<n^2
else m=z/(n^2-n^1)-n^1/(n^2-n^1);
m=-z/(n^2-n^2)+n^2/(n^2-n^2);
end
function [f]=out(k)
for i=\:j
if i==\
.
i==j
rulecode=[rule base]
for k=\:sample
for i=1; w(i)=1;
for j=1;
w(i)=w(i)*myoo(x(j,k),rulecode(j,i));
end
end
sum1=0;
sum2=0;
sum3=0;
for i=1
sum1=sum1+w(i);
[f1,f2]=out(rulecode(j,i));
sum2=sum2+f1*w(i);
sum3=sum3+f2*w(i);
end
g(1,k)=sum2/sum1;
g(2,k)=sum3/sum1;
end
clc
clear all
x=[sample]
samples=x;
myfis=readfis('K');
for i=\:samples
y(i)=evalfis(x(:,i),myfis);
percentage(:,i)=out(y(i))*100;
end
```


منابع

- ۱- آمبرسیز و ملویل، ۱۹۸۲، نقشه لرزه خیزی و گسله‌های ایران ۱۹۸۲، سازمان انرژی اتمی کشور.
- ۲- شریعت جعفری، محسن، ۱۳۷۵، زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی)، نشر سازه.
- ۳- حافظی مقدس، ناصر، ۱۳۷۲، پهنه بندی خطر لغزش در مناطق لرزه خیز مطالعه موردی زلزله ۱۳۶۹ منجیل، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- حافظی مقدس، ناصر و همکاران، ۱۳۸۴، نقشه گسله‌های فعال شمال ایران، مقیاس ۱/۵۰۰۰۰۰.
- ۵- حق شناس، الف، ۱۳۷۴، پهنه بندی خطر لغزش و ارتباط آن با تولید رسوب در حوضه آبخیز طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- حائری، س، م، سمیعی، الف، ۱۳۷۶، روش جدید پهنه بندی مناطق شیبدار در برابر لغزش بر اساس پهنه بندی لغزش در استان مازندران، فصل نامه علمی و پژوهشی علوم زمین، سال ششم شماره ۲۴ سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی.
- ۷- داده‌های ماهواره‌ای TM، ۱۹۹۴، سازمان سنجش از دور ایران.
- ۸- دفتر مشاورین لار، ۱۳۶۸، گزارش آغازی بررسی‌های لرزه زمینساختی در ساختگاه سد آستانه‌ی دامغان.
- ۹- لطفی زاده، ۱۹۶۵، وانگ لی، ۱۳۷۸، سیستم های فازی و کنترل فازی، ترجمه تشنه لب، م، صفارپور، ن، اقیونی، د، انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- ۱۰- شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس، ۱۳۶۹، گزارش زمین شناسی مهندسی (گزارش توجیهی لرزه خیزی و خطر زمین لرزه بخش ۵، مطالعات پایه).
- ۱۱- صیادی، م، هنر دوست، ف، ۱۳۸۴، پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش حائری - سمیعی (مطالعه موردی: حوزه آخیز خلین دره استان گلستان)، همایش ملی فرسایش و رسوب ایران.
- ۱۲- علوی پناه، س، ک، ۱۳۸۲، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۳- عکسهای هوایی ۱/۲۰۰۰۰، ۱۳۴۵، سازمان نقشه برداری کشور.
- ۱۴- عکسهای هوایی ۱/۵۵۰۰۰، ۱۳۵۵، سازمان نقشه برداری و جغرافیای نیروهای مسلح.

- ۱۵- غیومیان، جعفر، فاطمی عقدا، م، اشقلی فراهانی، ع، تشنه لب، م، ۱۳۸۱، پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از روش تصمیم گیری چند مشخصه فازی (مطالعه موردی منطقه رودبار گیلان)، پژوهش و سازندگی، شماره ۵۶ و ۵۷.
- ۱۶- فیض نیا، س، کلارستاقی، ع، احمدی، ح، صفایی، م، ۱۳۸۱، بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزشها و پهنه بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیرین رود - سد تجن) مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۱.
- ۱۷- کمک پناه، علی، حافظی مقدس، ناصر، ۱۳۷۳، روشهای پهنه بندی خطر لغزش، مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی بررسی راهبردهای کاهش خسارات زمین لغزه در ایران، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- ۱۸- کهی میانجی، یعقوب، ۱۳۷۷، تحلیل چند متغییره آماری احتمال وقوع زمین لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۹- محمد خان، ش، احمدی، ح، ۱۳۸۰، بررسی اثرات شیب و جهت بر روی حرکات توده ای از طریق GIS ارایه شده در اولین کنفرانس کاربردهای RS , GIS در بیابان.
- ۲۰- نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، وزارت جهاد کشاورزی سازمان جنگلها و مراتع کشور.
- ۲۱- نقشه راههای شمال ایران، ۱۳۸۰، سازمان نقشه برداری کشور.
- ۲۲- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، ۱۳۶۹، چهار گوش ساری، وزارت معادن و فلزات سازمان زمین شناسی کشور.

Reference

- 1- Anbalagan,R, 1992, Landslide Hazard Evaluation and Zonation Mapping in Mountainous Terrain. *Engineering Geology*, 32: 269-278.
- 27 – Beles. A. A, Stanculescu. I.I, 1985, Thermal Treatment as a Means of Improving the Stability of Earth Masses, *Geotechnique*, vol.8, No 4, pp 158-165.
- 2- Board, 1978, *Landslide and Engineering Practice*, Committee on Landslide Investigation, Special Report No. 29, E. B. Eckel, Ed, Washington Dc.
- 3- Brabb, E.E. et al. 1972. *Landslide Susceptibility in San Mateo County, California*, US Geological Survey Miscellaneous field studies map. MF360, scale 1:62500 .
- 4- Gorsevski, P.V, Gessler. P.E, Jankowski. P, 2003, Integrating a fuzzy k-means classification and a Bayesian approach for spatial prediction of landslide hazard, *J geograph Syst* (2003) 5: 223-251.
- 5-ITC Annual Report, 1984, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
- 6- Kanagawa Prefectural Government. 1986, Prediction of Seismic Damage in Kanagawa Prefecture, In: TC4, 1993, *Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards*, pp. 54-56.
- 7- Katja Heine, 2005, Potential application of fuzzy methods in geodetic fields .
- 8- Mora, S, Vahrson, W-G, 1994, Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination: *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 31(1): 49-58.
- 9- Nefeslioglu, H, A, Gokceoglu, C, Sonmez, H, 2006, Indirect Determination of Weighted Joint Density (WJD) by Empirical and Fuzzy Models: Supren (Eskisehir, Turkey) Marbles, *ENGEO – 02541*.
- 10- Pachauri, A, K, and Pant, M, 1992, Landslide Hazard Mapping Based on Geological Attributes. *Engineering Geology*, Vol. 32, No. ½, pp. 81- 100.
- 11- Park, N, W, Chi, K, H, Chung, C, J, Kwon, B, D, 2003, Predictive Spatial Data Fusion Using Fuzzy Object Representation and Integration: Application to Landslide Hazard Assessment, *Korean journal of Remote Sensing*, vol. 19,no. 3, 2003, pp. 23–246.

12- Stevenson, P, C, 1977, An Empirical Method for the Evaluation of Relative Landslide Risk, (Proceeding Symposium in ASSOC. Eng. Geol., Praha), Bulletin of International Association of Engineering Geology, No. 16, pp. 69-72.

13- Tangestani. M. H, 2003, Landslide Susceptibility Mapping Using the Fuzzy Gamma Operation in a GIS, Kakan Catchment Area, Iran, Map India Conference GISdevelopment.

14- Yin, K, L, Yan, T, Z. 1988. Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks. Proceedings of 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, Switzerland, Vol. 2, pp. 1269-1272.

