



پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای در شهرستان گرمی به روش ANP فازی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۶

نازیلا هاشم‌زاده^۱، خلیل ولیزاده کامران^{۲*}

۱-دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه تبریز

۲-کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS

چکیده

یکی از اقدامات اولیه و ضروری جهت مدیریت ناپایداری‌های دامنه‌ای و کاهش خسارات ناشی از آن‌ها، تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای و شناسایی نواحی مستعد خطر است. هدف این تحقیق نیز پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای در شهرستان گرمی با استفاده از مدل ANP فازی است. برای این منظور نقشه‌های عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای (شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، لیتولوژی، فاصله از گسل، خاک، کاربری اراضی، شاخص پوشش گیاهی، فاصله از جاده، بارش و فاصله از رودخانه) در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. برای اجرای مدل ANP فازی همه ۱۱ عامل دخالت داده شد و شبکه موردنظر تشکیل گردید. وزن‌دهی معیار در مدل تحلیل شبکه به روش پرسشنامه‌ای انجام شد. با تلفیق اوزان به‌دست آمده حاصل از نرم‌افزار سوپردسیژن با لایه‌های مربوطه در محیط نرم‌افزار ArcGIS نقشه نهایی مدل ANP فازی به‌دست آمد. در نتیجه نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای که از دقت خوبی برخوردار بود حاصل شد.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، ناپایداری دامنه‌ای، شهرستان گرمی، ANP فازی، سوپردسیژن

۱-مقدمه

شهرستان گرمی در شمال استان اردبیل قرار گرفته است که در آن هر ساله حرکات دامنهای جدید اتفاق می افتد و همچنین برخی از ناپایداری های قدیمی دوباره به وقوع می پیوندد. برخی از جابجایی ها در محدوده شهری اتفاق می افتد و به این دلیل مشکلات جدی بوجود می آورد. ناپایداری دامنهای طبیعی یکی از پدیده های ژئومورفولوژیکی و زمین شناسی است که در تغییر شکل سطح زمین نقش مؤثری دارد و زمانی که فعالیت های انسانی را تحت تاثیر قرار دهد می تواند به پدیده های خطرناک تبدیل شود. یکی از راهکارهای کاهش خسارت های ناشی از حرکات دامنهای، شناسایی مناطق دارای توانمندی ناپایداری است (عبادی نژاد و همکاران، ۱۳۸۶). در ایران بیشتر مطالعات مربوط به پهنه بندی خطر زمین لغزش از زلزله منجیل (۱۳۶۹) که موجب ایجاد ۷۶ زمین لغزش مهم شد، آغاز و در اواخر دهه هفتاد رو به فزونی نهاد. تنوع مطالعات و روش های تدوین شده در دنیا و استفاده از آن ها توسط محققین ایرانی موجب گردید که نتایج کاملاً متفاوتی در پهنه بندی ها حاصل گردد. عدم همخوانی مرزهای نقشه های مجاوری که توسط گروه های مختلف پهنه بندی شده اند مشخص ترین معضلی بوده است که بعد از انتشار تحقیقات مذکور خودنمایی نمود. بروز مشکلات فوق برخی مسئولان و محققان را تدریجا به سمت تهیه راهنمای مطالعات پهنه بندی خطر زمین لغزش در ایران سوق داد (قره چاهی، ۱۳۹۰). هاشمی طباطبایی و همکاران (۱۳۸۷) رویکردهای مختلف مطالعاتی را به منظور ارزیابی ساز و کار تحریک زمین لغزش محله طالقانی (شهر گرمی) تلفیق کردند. آن ها براساس نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی، تحلیل شیب با استفاده از نرم افزار Slide انجام و راهکارهای تثبیت را ارائه کردند. اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۳۹۱) به مطالعه و پهنه بندی زمین لغزش و اثرات آن در توسعه منطقه شهری شهرستان گرمی پرداختند. با بهره گیری از GIS داده ها را پردازش کردند و پس از تهیه پایگاه اطلاعاتی برای منطقه موردنظر، نقشه پهنه بندی زمین لغزش را تهیه کردند. روستایی و احمدزاده (۱۳۹۲) مناطق متأثر از خطر زمین لغزش را در جاده تبریز- مرند با استفاده از سنجش از دور و GIS پهنه بندی کردند. نتایج ارزیابی آن ها نشان داد که ساختار خاص زمین شناختی، شرایط اقلیم محلی و نیز تراکم نهشته های کواترنری (در هر دو طرف جاده) در کنار عامل گرادیان شیب، از عوامل اصلی بروز زمین لغزش است که ساخت و سازهای انسانی آن را تشدید می کند. همچنین مشخص شد که مناطق قرار گرفته در پهنه با خطر بالا، منطبق بر مناطقی است که در آن ها زمین لغزش رخ داده است. یوسفی (۱۳۹۴) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به منظور مکان یابی محل مناسب دفن مواد زاید شهر سمنج فرآیند تحلیل شبکه ای فازی و GIS را به کار برده است. طبق نتایج این پژوهش بعد از خوشه بندی لایه های اطلاعاتی، در میان خوشه اصلی، خوشه مسائل اقتصادی- اجتماعی بیشترین میزان اهمیت را به خود اختصاص داده است. نتایج حاصل بیانگر عملکرد بهینه تلفیق رویکرد تحلیل شبکه ای فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در زمینه عملیات مکان یابی دفن پسماندهای جامد شهری بود. ساجدی حسینی (۱۳۹۴) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود،

حساسیت به فرسایش را در حوضه آبخیز نورود با دو روش تحلیل شبکه فازی و کلاسیک ارزیابی کرده‌است. یالچین^۱ و همکاران (۲۰۱۱) به مقایسه تطبیقی مبتنی بر GIS از نسبت فرکانس، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، آمار دو متغیره و روش رگرسیون لجستیک برای نقشه حساسیت زمین لغزش در تراپزون ترکیه پرداختند. نتایج حاصل از این روش‌ها با استفاده از نقشه فعالیت لغزش حاوی ۵۰ منطقه لغزش فعال تایید شد. سپس نتایج دقیق‌تر روش‌های داده شده مشخص شد. فرآیند اعتبارسنجی نشان داد که روش Wf در پیش‌گیری بهتر از مدل نسبت فرکانس، Wi، Ahp، و رگرسیون لجستیک است. جونفی چن^۲ و یانگ^۳ (۲۰۱۱) به ارزیابی خطر خشکسالی کشاورزی منطقه‌ای (چین) با روش Fuzzy ANP پرداخته‌اند. نتیجه نشان می‌دهد که این روش برای ارزیابی ریسک خشکسالی کشاورزی مؤثر است. زگوردی^۴ و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از روش ANP فازی و تاپسیس فازی به ارزیابی خطر پروژه نیروگاه برق پرداختند. علاوه بر آن برای بحث توضیح نتایج روش‌ها از آنالیز حساسیت استفاده کردند. نتیجه حاصل از تحقیق آن‌ها این بود که روش مطرح شده روش مناسبی است؛ درحالی‌که رتبه‌بندی اجرا و وزن مبهم و غیر دقیق است. دمیرل و همکاران (۲۰۱۲) خطر مبتنی بر ارزیابی استراتژی‌های کشاورزی ترکیه را با استفاده از AHP فازی و ANP فازی بررسی کرده‌اند. در این تحقیق سطوح زبانی مقایسه تولید شده توسط کارشناسان برای هر مقایسه در شکل اعداد فازی مثلثی به منظور ایجاد ماتریس مقایسه زوجی فازی شنود گذاشته شده است. اجرای سیستم با یک مشکل دارای چهار مرحله سلسله مراتبی است که شامل ۴ معیار و ۱۵ زیر معیار نشان داده شده است. کرنژادی و همکاران (۲۰۱۴) به ارزیابی حساسیت زمین لغزش، خطر نیمه کمی و مدیریت در حوضه سد ایلام پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که رگرسیون لجستیک و مدل AHP دارای دقت بالا هستند. همچنین در برداشت‌ها نتیجه حاصل شد که ۳۹/۴۸، ۷۲/۴۵ و ۷۶/۳۳ کیلومتر مربع از حوضه سد ایلام در طبقات بالا و بسیار بالا به ترتیب از نظر حساسیت زمین لغزش، خطر و نقشه مدیریت بود. فتحی و همکاران (۲۰۱۵) خطر وقوع زمین لغزش را با استفاده از روش‌های دورسنجی و روش ANP در سانگورچی پهنه‌بندی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که ۷۶ درصد از رانش‌هایی که در این منطقه رخ داده در کلاس خطرناک و بسیار خطرناک قرار دارند. و مدل ANP را برای پیش‌بینی زمین لغزش، مدل مناسب معرفی کردند.

۲- داده‌ها و روش

الف) داده‌های هیدرولوژیکی؛ شامل داده‌های مربوط به بارندگی، داده‌های مربوط به آب‌های سطحی و پتانسیل یابی آب‌های زیرزمینی است. آمار و اطلاعات مربوط به این داده‌ها از ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد

نظر اخذ شده است.

ب) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ که شامل اطلاعاتی در مورد لیتولوژی، زمین‌شناسی و تکتونیک می‌باشد. این نقشه از سازمان کل نقشه‌برداری کشور قابل تهیه است.

ج) مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متری (DEM)؛ از سایت مشاهدات جهانی سازمان زمین‌شناسی آمریکا قابل اخذ بوده و برای تهیه لایه‌های شیب، جهت شیب، ارتفاع و تراکم شبکه آبراهه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

د) تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸

۲-۱- نرم‌افزارهای مورد نیاز

الف) نرم‌افزار ArcGIS 10.2.2

ب) نرم‌افزار ENVI 5.3

د) نرم‌افزار Google Earth

ه) نرم‌افزار Super Decision

۲-۲- تابع فازی

تئوری فازی در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی‌زاده در مقاله‌ای با عنوان «مجموعه‌های فازی» در مجله اطلاعات و کنترل ارائه گردید (ایلانلو و همکاران، ۱۳۸۹). و تحلیل فرآیندها یا پدیده‌های طبیعی ناگسسته را آسان نمود (رجمی^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). مدل منطق فازی تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است. و روشی نوین جهت بیان عدم قطعیت‌ها و ابهامات روزمره می‌باشد (عابدینی و فتحی، ۱۳۹۳). تعریف لطفی‌زاده از منطق فازی عبارت است از مجموعه فازی به یک نوع روش طبقه‌بندی اطلاق می‌شود که در آن مرز بین طبقات مختلف نامعین می‌باشد. در حقیقت گذار از یک طبقه به طبقه دیگر تدریجی و آهسته است. عناصر هر طبقه نیز با یک درجه عضویت معین به هر طبقه تعلق دارند. لطفی‌زاده درجه عضویت عناصر یک مجموعه را در عالم واقعی، نامعین و مقدار آن را از صفر تا یک تعیین کرد. در این حالت درجه عضویت‌ها متعلق به فاصله (۱ و ۰) است و تابعی که درجه عضویت هر عنصر از یک مجموعه را نشان می‌دهد، تابع عضویت نامیده می‌شود (صادق‌زاده سادات، ۱۳۹۵؛ به نقل از رسولی، ۱۳۹۳). از مزیت‌های مدل فازی این است که در این حالت به‌طور قطع و یقین وزن آن عامل تعیین نمی‌گردد؛ بلکه فقط احتمال صحیح بودن وزن ارائه شده بیش از احتمال صحیح بودن سایر اعداد نزدیک به آن خواهد بود. از مزایای دیگر آن این است که از آنجا که وزن‌دهی و بررسی تأثیر

عوامل کیفی در بروز حرکات توده‌ای در عمل با مشکلاتی روبروست. از مجموعه‌های فازی برای کمی کردن تأثیر عوامل مختلف کیفی می‌توان استفاده کرد. البته این روش با مشکلاتی از قبیل افزایش بی‌دلیل وزن‌ها، طولانی بودن محاسبات و انتخاب درست ساختمان مدل روبرو می‌باشد، با پیشرفت تحقیقات و فن‌آوری رایانه‌ای و استفاده از الگوریتم‌های مناسب، امکان حل مشکلات مذکور وجود دارد (ایلانلو و همکاران، ۱۳۸۹؛ به نقل از کرم، ۱۳۸۰). تئوری فازی قدرت انعطاف‌پذیری بالایی را داراست، برای این‌که در مقایسه با روش‌های باینری (دارای دو ارزش صفر و یک) منطق فازی اجازه می‌دهد که یک پیکسل بر اساس درجه عضویت غیر صفر به چندین کلاس تعلق داشته باشد.

۲-۳- فرآیند تحلیل شبکه (ANP)

فرآیند تحلیل شبکه‌ای^۱ در سال ۱۹۷۱ توسط ساعتی^۲ توسعه داده شده و هدف آن ساختارمند کردن فرآیند تصمیم‌گیری با توجه به یک سناریو و متاثر از عوامل چندگانه مستقل از هم است. فرآیند تحلیل شبکه‌ای، همه ویژگی‌های مثبت AHP، از جمله سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به‌طور هم‌زمان و قابلیت بررسی سازگاری و قضاوت‌ها را دارد و علاوه بر آن، می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و بازخورد^۳) بین عناصر تصمیم را به‌کارگیری ساختار شبکه‌ای به‌جای ساختار سلسله‌مراتبی در نظر بگیرد (امیراحمدی و همکاران، ۱۳۹۴). ANP نه تنها یک ساختار سلسله‌مراتبی صرف بر مساله تحمیل نمی‌کند، بلکه مساله را با استفاده از یک سیستم با رویکرد بازخورد مدل‌سازی می‌کند (صادق‌زاده سادات، ۱۳۹۵). فرآیند ANP تنها نظریه‌ای ریاضی است که امکان بررسی انواع مختلف برهم‌کنش‌ها، وابستگی‌ها و بازخوردها را به‌صورت سیستمی فراهم می‌سازد (روستایی و همکاران، ۱۳۹۳). دلیل موفقیت این روش در نحوه استخراج قضاوت‌ها و به‌کار بردن عملیات اندازه‌گیری ریاضی برای سنجش مقیاس‌های نسبی است. ارجحیت‌ها (به‌عنوان مقیاس‌های نسبی) بنیان عددی متقاعدکننده‌اند که عملیات‌های محاسباتی اولیه را به‌گونه‌ای با معنا هدایت می‌کنند. بنابراین، قدرت ANP بر استفاده از مقیاس‌های نسبی برای کنترل همه برهم‌کنش‌ها، برای پیش‌بینی دقیق و اتخاذ تصمیم مناسب استوار است (روستایی و همکاران، ۱۳۹۳).

۲-۴- مراحل فرآیند ANP

ANP را می‌توان در چهار مرحله اصلی خلاصه کرد:

مرحله اول) ساخت مدل و تبدیل مسئله/موضوع به یک ساختار شبکه‌ای

مرحله دوم) تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و تعیین بردارهای اولویت (جدول ۱)

جدول (۱): مقیاسی برای مقایسه دو به دو (مالچفسکی، ترجمه پرهیزکار و غفاری گیلانده، ۱۳۹۵)

Table (1):

تعریف	شدت اهمیت
اهمیت برابر	۱
اهمیت برابر تا اهمیت متوسط	۲
اهمیت متوسط	۳
اهمیت متوسط تا اهمیت قوی	۴
اهمیت قوی	۵
از اهمیت قوی تا اهمیت خیلی قوی	۶
اهمیت خیلی قوی	۷
از اهمیت خیلی قوی تا اهمیت فوق العاده قوی	۸
اهمیت فوق العاده قوی	۹

مرحله سوم) تشکیل ابر ماتریس (ماتریس تصمیم)

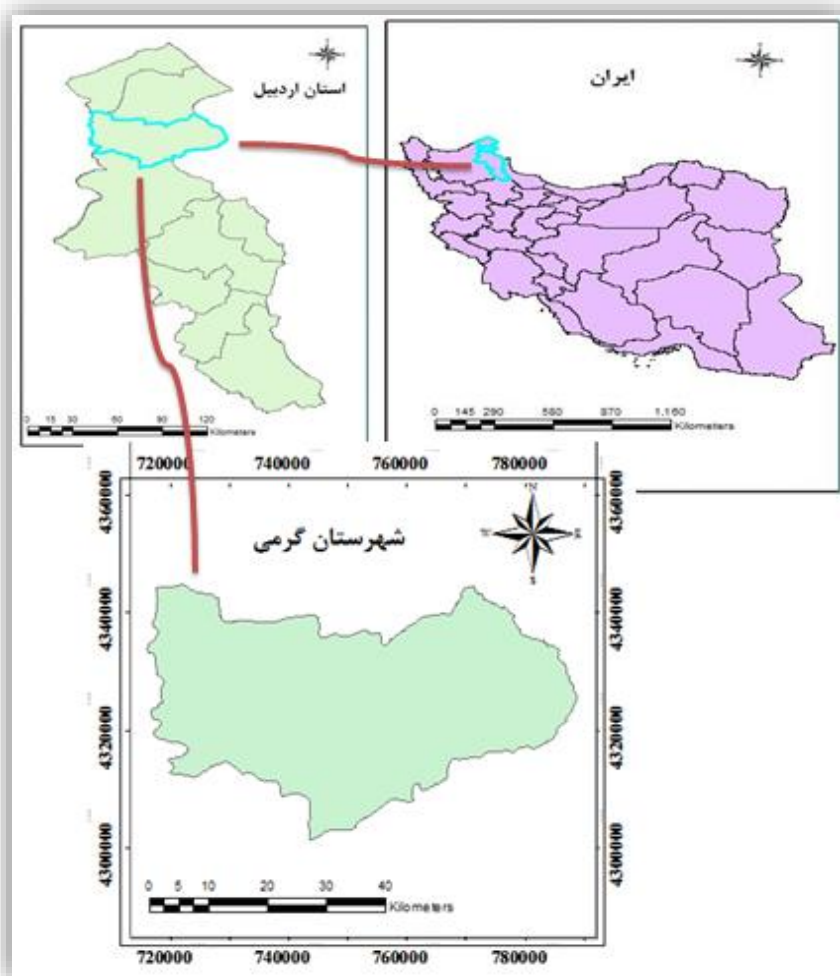
مرحله چهارم) محاسبه بردار وزن نهایی

راه حل طبیعی برای انجام مقایسه ها در حالت های نبود قطعیت استفاده از مقایسه های فازی است که حالت های ابهام در مقایسه را مدل سازی می کند. به عبارت دیگر، استفاده از مجموعه های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و گاه مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه های فازی (به کارگیری اعداد فازی) به پیش بینی بلندمدت و تصمیم گیری در دنیای واقعی پرداخته شود. فرآیند تحلیل شبکه ای فازی از تلفیق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و ماتریس تأثیرات وابستگی متقابل بین معیارها به دست می آید (عشورنژاد و همکاران، ۱۳۹۲).

۲-۵- وضعیت عمومی منطقه مورد مطالعه

شهرستان گرمی دارای ۱۹۰۱/۳ کیلومتر مربع مساحت است. محدوده مورد مطالعه از جنوب به دامنه کوه های صلوات، از شمال به کوه های خروسلو، از غرب به دره رود و از شرق به بالقلارچای (بالهارود) محدود می شود. پست ترین نقطه شهرستان در شمال غرب شهرستان و در روستای خان محمدلو واقع است که حدود ۲۴۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد و مرتفع ترین نقطه شهرستان کوه های صلوات در جنوب است که حداکثر ۲۱۰۰ متر ارتفاع دارد (اسفندیاری درآباد و همکاران، ۱۳۹۲). به لحاظ جغرافیایی کاملاً از جانب جنوب توسط شهرستان مشگین شهر و از جانب شمال توسط شهرستان بیله سوار احاطه شده است. از سمت شرق و شمال شرق هم مرز

با جمهوری آذربایجان می‌باشد. رودهای مهم این شهرستان عبارتند از: بالقلارچای (بالهارود)، دره رود، سامبورچای، زینگیر (تپه چایی)، گرمی‌چای، تولون، داش‌دیبی (جدی، ۱۳۹۱) (شکل ۱).



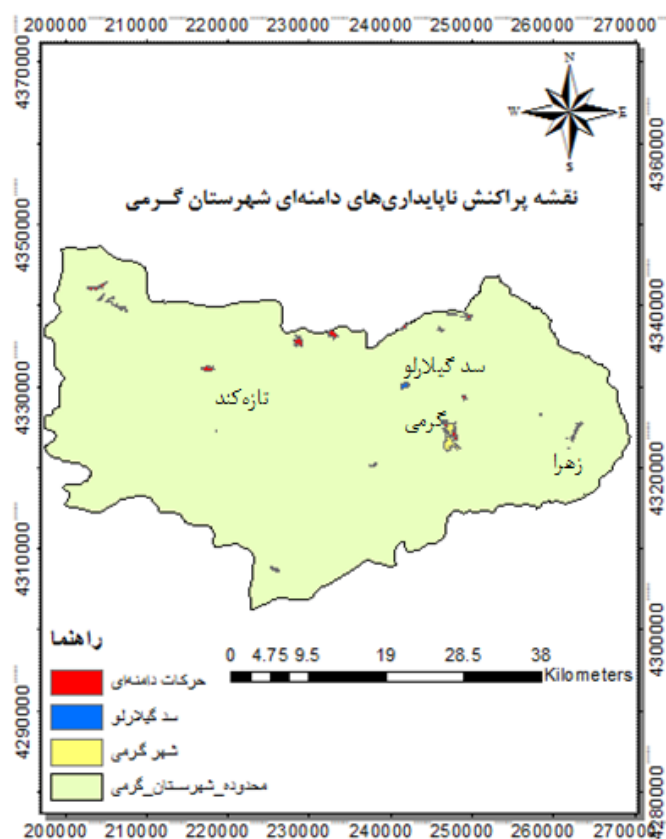
شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure (1): Geographical location of the study area

۲-۵-۱ نقشه پراکنش ناپایداری دامنه‌ای

نقشه پراکنش ناپایداری‌های دامنه‌ای، پراکنش زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه را به صورت پهنه لغزشی نشان می‌دهد. نقشه‌های پراکنش، با تفکیک نمودن محدوده‌های ناپایدار از مناطق پایدار، به عنوان کلیدی برای

تعیین میزان امتیازدهی گروه‌های فاکتوری و صحت نقشه خطر نهائی به کار گرفته می‌شوند. نکته‌ای که معمولاً در تهیه نقشه‌های پراکنش کمتر رعایت می‌شود و باعث اعمال روندی غیرمنطقی از لحاظ تئوری و ایجاد خطای سیستماتیک در نقش‌دهی به فاکتورها می‌شود، عدم تفکیک محدوده سطح گسیختگی و محدوده‌ای که مصالح لغزیده گسترده می‌شوند، از یکدیگر است (معماریان و سیارپور، ۱۳۸۵). برای تهیه نقشه پراکنش ناپایداری دامنه‌ای منطقه مورد مطالعه، ابتدا ۸ نقطه مستعد ناپایداری که به صورت شیپ فایل از اداره آبخیزداری منطقه تهیه شده بود، روی گوگل ارث قطع داده شد تا پلیگون آن تهیه گردد؛ سپس روی گوگل ارث بقیه پهنه‌های مستعد ناپایداری تشخیص داده شد و به صورت پلیگون تهیه و وارد نرم‌افزار ArcGIS شد. مساحت پیکسل‌های لغزشی منطقه حدود ۶۳۷/۵۳ هکتار است که نزدیک ۰/۳۴ درصد مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است (شکل ۲).



شکل (۲): نقشه پراکنش ناپایداری‌های دامنه‌ای در منطقه مورد مطالعه
 Figure (2): Distribution map of slope instabilities in the study area

طبقات ارتفاعی: این عامل به‌طور غیر مستقیم، تعیین‌کننده بسیاری از عوامل مسبب زمین‌لغزش مانند بارش سالانه، بارش‌های شدید و رگباری، نوع بارش، تغییرات دما، یخبندان و ذوب یخ، تخریب فیزیکی و هوازدگی شیمیایی است. با این وجود این عامل در وقوع زمین‌لغزش‌ها می‌تواند بسیار مهم و اثرگذار باشد (مقیم و همکاران، ۱۳۸۷). طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه بین ۲۴۸ تا ۲۲۰۱ است. (شکل ۳).

شیب دامنه: شیب دامنه یکی از عوامل اساسی در ایجاد زمین‌لغزش در مناطق مختلف است و در اغلب پژوهش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش مورد تأکید قرار گرفته است. از لحاظ تئوری، دامنه‌ای که مصالح یا شرایط ناپایداری دارد، افزایش مقدار شیب باعث افزایش میزان مؤلفه نیروی وزن در راستای شیب دامنه و یا سطح لغزش می‌گردد؛ لذا در شرایطی که پارامترهای مقاومتی در دامنه‌ای یکسان باشند، میزان حساسیت به لغزش دامنه‌های با شیب بیشتر، متناسب با افزایش شیب دامنه، با رابطه‌ای سینوسی افزایش می‌یابد (معماریان و سیارپور، ۱۳۸۵). لایه شیب در محیط نرم‌افزار ArcGIS و از روی DEM (مدل ارتفاع رقومی) تهیه شده است (شکل ۴).

جهت شیب: جهت شیب یکی از عوامل تاثیرگذار در تهیه نقشه حساسیت به خطر زمین‌لغزش است؛ زیرا جهت شیب نشان‌دهنده تاثیر متفاوت نور آفتاب (تشنشعات خورشید)، بادهای گرم و خشک و بارش در جهت‌های مختلف است (سوری و همکاران، ۱۳۹۰). رده‌بندی جهت شیب با توجه به حضور عوامل مختلف در جهات مختلف شیب دامنه و تفاوت در روند گسترش دامنه‌ها صورت می‌گیرد (کامران‌زاد و همکاران، ۱۳۹۴). نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه در ۹ کلاس (مسطح، شمال، شمال شرقی، شرق، جنوب شرقی، جنوب، جنوب غربی، غرب، شمال غربی) طبقه‌بندی شده است (شکل ۵).

تعیین واحدهای توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه: واحدهای توپوگرافی به سه واحد فلات، کوهستان و دشت تقسیم می‌شوند. جهت شناسایی واحدهای توپوگرافی در محیط نرم‌افزار ArcGIS بر روی TIN (مدل مثلثی نامنظم) منطقه مورد مطالعه، پروفیل‌هایی به‌صورت طولی و عرضی ایجاد شده است (شکل ۶ و ۷). هر کدام از خطوط ایجاد شده (پروفیل) نشان‌دهنده یک واحد توپوگرافی در واحد متر است. منطقه مورد مطالعه از نظر توپوگرافی عموماً کوهستانی و کوهپایه‌ای است و ارتفاع زمین در آن از جنوب به شمال کاسته می‌شود. در قسمت جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه ارتفاع زیاد و دره‌های فشرده و V شکل است. هر چه از جنوب شرق به سمت شمال غرب می‌رویم از ارتفاعات کاسته می‌شود. واحد دشت در قسمت شمالی منطقه واقع شده است. در شکل ۷ پروفیل‌های مربوط به گزینه الف (نیمرخ طولی) و ج (نیمرخ عرضی) بیانگر این مساله هستند. به

وضوح آشکار است که مناطق شمالی را دشت و جنوبی را کوهستان تشکیل داده است. بیشترین ارتفاعات مربوط به رشته کوه‌های صلوات داغی با روند جنوب غرب- جنوب شرقی هستند.

وضعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه: برای بررسی وضعیت زمین‌شناسی و تهیه نقشه زمین‌شناسی شهرستان مورد مطالعه از اطلاعات نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رضی، زیوه، گرمی و لاهرود استفاده شده است. از نظر مشخصات زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه در زون ساختمانی البرز و به بیان دقیق‌تر در بخش چین‌خوردگی البرز غربی و آذربایجان واقع شده و در حاشیه زون فرورفته کورا- ارس قرار گرفته است. رسوب‌گذاری در حوضه رسوبی مغان از اوایل ائوسن تا میانه‌های میوسن به‌طور پیوسته ادامه داشته و مقادیر شایان ملاحظه‌ای از رسوب‌های آواری در منطقه انباشته شده است؛ در حالی که در جاهای دیگر به‌ویژه آذربایجان فعالیت شدید ولکانیکی حاکم بوده است. در میوسن نیز در فلات آذربایجان حوضه‌های بسته و کم‌ژرفایی به‌وجود آمده است. به جز جنبش‌های موزون (ریتمیک) کف حوضه رسوبی (تناوب شیل، ماسه‌سنگ، کنگلومرا) رسوب‌گذاری در محیطی آرام همراه با فرونشینی تدریجی کف حوضه صورت گرفته است. تشکیل کنگلومراهای سازند زیوه و یا واحدهای ماسه‌سنگی در منطقه، بیان‌گر بالآمدگی‌های متناوب ناشی از حرکت‌های خشکی‌زایی و ولکانیسم در ناحیه جنوبی و فرونشینی حوضه رسوبی مغان در شمال است. تمامی رسوبات این منطقه در اثر یک فاز تکتونیکی بزرگ که در پلیوسن به‌وقوع می‌پیوندد چین‌خورده‌اند. این فاز تکتونیکی در واقع مربوط به فاز پایانی جنبش‌های کوهزایی آلپی است. در اثر این حرکت کوهزایی تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متعددی با راستای محوری شرقی- غربی و شمال غربی- جنوب شرقی در منطقه تشکیل گردیده است. ناودیس‌های گرمی، قیزقلعه‌سی، شاعرلو و تاقدیس‌های هاچاکندی و تک‌داغ از جمله آن‌ها می‌باشد. بیش‌تر چین‌هایی که در اثر این فاز کوهزایی به‌وجود آمده‌اند یال پرشیب دارند و در بعضی مواقع یال شمالی آن‌ها برگشته است (جدی، ۱۳۹۱). نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه به روش دیجیت کردن در محیط نرم‌افزار ARCGIS از روی ۴ برگ نقشه زمین‌شناسی مذکور تهیه شده است (شکل ۸).

فاصله از گسل: اغلب ناپایداری زمین ناشی از حضور گسل در آن‌ها و یا در نزدیکی آن‌هاست. در بسیاری از موارد ناپایداری زمین در اثر گسل، غیرقابل بازسازی و حتی فاجعه‌بار است. در راستای اجتناب از خطر، در بین همه خطرهای حوادث طبیعی گسیختگی شیب‌ها، شاید به‌طور مستقیم قابل سنجش‌ترین نوع خطر باشد (همتی و مختاری، ۱۳۹۷). در منطقه مورد مطالعه گسل‌هایی با محور شمالی- جنوبی شمال غربی- جنوب شرقی وجود دارند. گسل‌های فرعی در ابعاد کوچک هستند. گسله‌های اصلی اغلب طولی هستند و به شکل واژگون عمل نموده‌اند. گسله تراستی مشاهده نشده ولی در نقاطی بعضی از گسله‌های واژگون به شکل تراستی عمل نموده‌اند (گزارش نقشه زمین‌شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ زیوه) (شکل ۹).

لیتولوژی: واحدهای سنگی متفاوتی در منطقه مورد مطالعه وجود دارند که در برابر عوامل فرسایشی مقاومت متفاوتی را از خود نشان می‌دهند. این واحدهای سنگی از نظر لیتولوژیکی به ۵ گروه تقسیم‌بندی می‌شود. واحدهای سنگی بسیار مقاوم تنها ۱ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده‌اند که مساحتی حدود ۱۷/۵ کیلومتر مربع را شامل می‌شود. این واحد از مرکز به سمت غرب کشیده شده است. سازندهای مقاوم که اغلب در نیمه جنوبی منطقه مورد مطالعه وجود دارند مساحتی حدود ۱۱۹ کیلومتر مربع را اشغال کرده‌اند که ۶ درصد مساحت منطقه را شامل می‌شود. واحدهای نیمه‌مقاوم وسعت قابل توجهی از منطقه مورد مطالعه را پوشش داده و عمدتاً در قسمت‌های پست و هموار منطقه گسترش پیدا کرده‌اند. این واحدها مساحتی بالغ بر ۱۴۰۸ کیلومتر مربع از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شوند که ۷۴ درصد از مساحت کل منطقه را دربر می‌گیرد. حدود ۳ درصد منطقه مورد مطالعه را واحدهای سنگی نامقاوم تشکیل می‌دهند که شامل رسوباتی مثل رس و سیلت هستند. در بسیاری از قسمت‌های منطقه مورد مطالعه برونزد نهشته‌های جوان مشهود است. این رسوبات در مساحتی بالغ بر ۳۱۱ کیلومتر مربع از منطقه مورد مطالعه برونزد دارند که در ۱۶ درصد مساحت کل منطقه گسترش یافته‌اند. (جدول ۲) و (شکل ۴).

جدول (۲): ویژگی‌های لیتولوژیکی منطقه مورد مطالعه و مساحت تحت اشغال سازندها

Tabel (2): Lithological characteristics of the study area and the area occupied by the formations

علایم اختصاری	نوع سازند	میزان مقاومت	مساحت تحت اشغال سازند
E ₁	شیل‌های سیلتی، ماسه سنگ و آگلومرا	نیمه مقاوم	۴۴/۸
E _{1a}	مگاپورفیریک تراکی آندزیتی تا تفریتی	نیمه مقاوم	۱/۶
E ₂	شیل‌های سیلتی با درون لایه‌های نازک آهک و ماسه سنگ	نیمه مقاوم	۳۳
E ₃	ماسه سنگ، رس، فورش، مارن رس‌دار و ماسه سنگ توفی	نامقاوم	۱۷/۶
E ₄	تناوب ماسه سنگ توفی و سیلت رسی	نیمه مقاوم	۳۱
E _{4v}	گدازه‌های بازالتی	مقاوم	۰/۵
E _{an}	برش با قطعات گدازه تفریتی	نیمه مقاوم	۲/۸
E _b	الیوین بازالت	مقاوم	۱۶/۶
E _{ba}	گدازه‌های هیالوکلاستیک آندزیتی - بازالتی	مقاوم	۳۴/۵
E _{b3}	الیوین بازالت - بازانیت	بسیار مقاوم	۱۷/۵
E _{bp}	گدازه‌های بالشی آندزیتی - تفریتی	مقاوم	۳/۵
E _{br}	برش‌های ولکانیکی با قطعات آندزیت، تفریت، تراکی آندزیت - هیالوکلاستیت	مقاوم	۲۴/۶
E ^c	کنگلومرا، برش و ماسه‌سنگ‌های توفی ضخیم‌لایه	نیمه مقاوم	۶۳
E ^f	ماسه سنگ و شیل، سیلستون و سنگ‌های آتش‌فشانی	نیمه مقاوم	۷۶
E ^{gb}	الیوین گابرو	مقاوم	۲/۹
E ^m	تناوب مارن و ماسه سنگ نازک‌لایه	نیمه مقاوم	۹/۷
E ^p	لاتیت مگاپرفیری	نیمه مقاوم	۶
E ^{s1}	ماسه‌سنگ‌های توفی نازک‌لایه و میکرو کنگلومرا	نیمه مقاوم	۲۱

ادامه جدول (۲): ویژگی‌های لیتولوژیکی منطقه مورد مطالعه و مساحت تحت اشغال سازندها

Con. Table (2): Lithological characteristics of the study area and the area occupied by the formations

علائم اختصاری	نوع سازند	میزان مقاومت مساحت تحت اشغال سازند
E ^{tep}	گدازه‌های بالشی تفریتی	نیمه مقاوم
E ^{tr}	تراکیت- تراکی آندزیت	مقاوم
Gb	الیوین گابرو	مقاوم
K ¹¹	آهک پلاژیک قرمز تا قهوه‌ای	نیمه مقاوم
K ¹²	آهک‌های مارنی نازک‌لایه، مارن و ماسه‌سنگ	نیمه مقاوم
K ¹³	تناوب آهک‌های کریستالیزه چرت‌دار با آهک‌های ماسه‌ای و مارنی نازک‌لایه	نیمه مقاوم
K ^{v1}	آندزیت- هیالوکلاستیت	مقاوم
K ^{v2}	گدازه‌های آندزیتی و تراکی آندزیتی با نشانه‌هایی چند از ساخت بالشی	مقاوم
M ¹	رس مارنی قهوه‌ای رنگ با لایه‌های نازک ماسه‌سنگی و آهک دولومیتی	نیمه مقاوم
M ₂	رس، مارن‌های رنگارنگ با درون‌لایه‌هایی از ماسه سنگ و آهک دولومیتی	نیمه مقاوم
M ¹ _m	تناوبی از رس سیلتی، مارن با درون‌لایه‌های ماسه‌سنگی و آهک دولومیتی	نیمه مقاوم
M ² _m	تناوبی از سیلت رس با ماسه‌سنگ و درون‌لایه‌های نازک آهک دولومیتی	نیمه مقاوم
Mb	مرمر	مقاوم
Mt	سریسیت، مسکویت، شیسیت، کلریت- اپیدوت شیسیت، کوارتزیت، متادیاباز	مقاوم
O ^c	کنگلومرای چندسازه	نیمه مقاوم
O _{cs}	شیل، ماسه‌سنگ با درون‌لایه‌هایی از کنگلومرا	نیمه مقاوم
O ^d	توده‌های نیمه‌عمق گرانودیوریت- کوارتز دیوریتی	مقاوم
O ^m	آمیزه افیولیتی: پریدوتیت، گابرو، دیاباز، شیسیت، گنایس، مرمر، پلاژیوگرانیت	نیمه مقاوم
OM ^s	ماسه‌سنگ ضخیم‌لایه توفی	نیمه مقاوم
OM ^{z1}	تناوبی از سیلت، رس‌های رنگارنگ با ماسه‌سنگ	نیمه مقاوم
OM ^{z2}	سیلت‌های رنگارنگ با درون‌لایه‌های ماسه‌سنگی	نیمه مقاوم
OM ^{z3}	ماسه سنگ توفی ضخیم لایه با درون لایه‌های شیلی	نیمه مقاوم
OM ^{z4}	تناوب ماسه سنگ با سیلت و رس	نیمه مقاوم
OM ^{z5}	تناوبی از ماسه‌سنگ دارای آثار گیاهی، سیلستون و رس	نیمه مقاوم
OM ^{zc1}	کنگلومرا و ماسه‌سنگ خاکستری‌رنگ	نیمه مقاوم
OM ^{zc2}	کنگلومرا با درون‌لایه‌های ماسه‌سنگی	نیمه مقاوم
OM ^{zs}	ماسه‌سنگ توفی خاکستری رنگ با لایه‌های نازک شیلی	نیمه مقاوم
O _{sc}	تناوبی از ماسه‌سنگ‌ها، شیل‌ها و مارن‌ها و سیلستون‌ها با میان‌لایه‌هایی از کنگلومرا	نیمه مقاوم
O _{ss}	تناوبی از ماسه‌سنگ‌های آهکی، شیل‌ها و سیلستون‌ها	نیمه مقاوم
Q _v	گدازه‌های تراکی آندزیتی تا آندزیت	مقاوم
Q ¹²	پادگانه‌های آبرفتی جوان و مخروط‌افکنه‌ها	بسیار نامقاوم
Q _c	کنگلومرا با عدسی‌های مارنی	نامقاوم
Q ^{a1}	نهشته‌های رودخانه‌ای عهد حاضر	بسیار نامقاوم
P-E ^f	تناوب نازک‌لایه از ماسه‌سنگ، شیل، آهک ماسه‌ای(شبه فلیش)	نیمه مقاوم

کاربری اراضی: تغییر در کاربری اراضی اغلب موجب تشدید ناپایداری‌ها می‌گردد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی تصویر ماهواره‌ای مربوط به منطقه مورد نظر از سایت USGS (سازمان زمین‌شناسی آمریکا) دانلود شد که تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI-TIRS سال ۲۰۱۶ است. ابتدا در محیط نرم‌افزار ENVI مراحل مربوط به مجموعه باندی و تعریف طول موج و سنجنده بر روی تصویر تهیه شده انجام شد، و تصحیحات لازم اعمال شد، سپس منطقه مورد مطالعه از روی این تصویر ماهواره‌ای با استفاده از Subset برش داده شد. در مرحله بعدی برای طبقه‌بندی تصویر از روش ماکزیمم لایکلیهود^۱ که در طبقه‌بندی‌های سنتی کاربرد بهتری دارد، استفاده شده است. پس از انجام مراحل مذکور، در محیط نرم‌افزار ArcGIS نقشه کاربری اراضی نهایی تهیه گردید (شکل ۱۱).

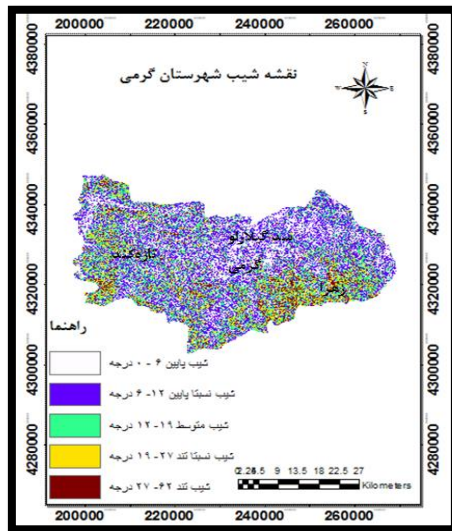
فاصله از جاده: یکی از فاکتورهای مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای، عامل فاصله از جاده است که در تحقیقات بسیاری از آن استفاده شده است. به منظور بررسی تأثیر فاصله از جاده بر روی ناپایداری دامنه‌ای در منطقه مورد مطالعه، نقشه فاصله از جاده شهرستان گرمی تهیه شد (شکل ۱۲).

پوشش گیاهی: اثر پوشش گیاهی بر روی ناپایداری دامنه‌ای را می‌توان به وسیله نقش آن در افزایش مقاومت مصالح و کنترل محتوای آب توده‌های خاکی بیان کرد (همتی و مختاری، ۱۳۹۷). برای بررسی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه از شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) استفاده شد (شکل ۱۳).

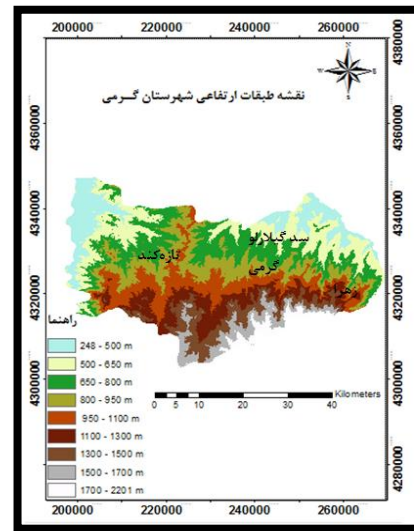
خاک‌شناسی: خاک‌های موجود در شهرستان گرمی شامل سه گروه اینسپتی‌سول، برونزد سنگی/انتی‌سول و برونزد سنگی/اینسپتی‌سول است (شکل ۱۴).

بارش: میزان بارش یکی از عوامل محرک در ناپایداری دامنه‌ای است. جهت تهیه نقشه هم‌باران (نقشه درون‌یابی شده بارش) منطقه مورد مطالعه از اطلاعات ۱۳ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی در دوره آماری ۱۳ سال اخیر استفاده شد. پس از این که توزیع نرمال داده‌ها مشخص شد؛ روش‌های مختلف درون‌یابی به کار برده شد تا از میان این روش‌ها، روشی که میزان خطای کمتری دارد، انتخاب شود. نقشه هم‌باران منطقه مورد مطالعه حاصل از روش درون‌یابی Kriging است که نسبت به بقیه روش‌های درون‌یابی از خطای کمتری برخوردار بوده است (شکل ۱۵).

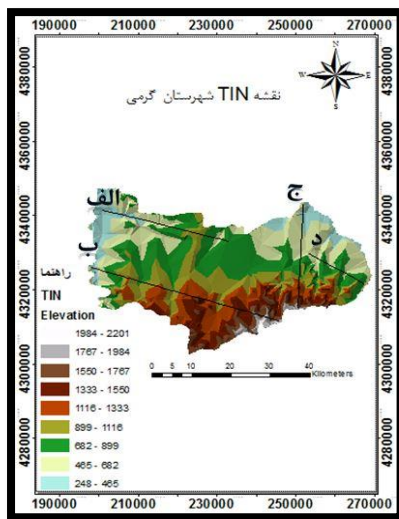
فاصله از رودخانه: جریان رودخانه‌ها به دلیل فرسایش آبی و خرابی کناره آبراهه‌ها باعث ناپایداری دامنه‌ها می‌شود (شکل ۱۶).



شکل (۴): نقشه شیب منطقه مورد مطالعه
 Figure (4): Slope map of the study area

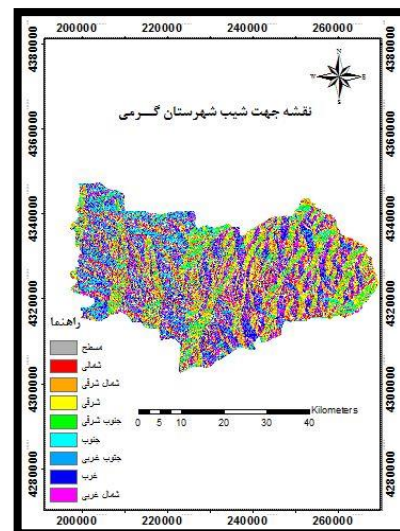


شکل (۳): نقشه طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه
 Figure (3): Map of altitude classes of the study area

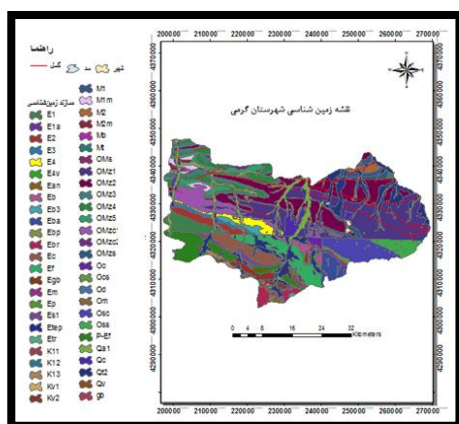


شکل (۶): نقشه TIN منطقه مورد مطالعه جهت تعیین واحدهای توپوگرافی و خطوط طولی و عرضی ایجاد شده برای رسم پروفیل

Figure (6): TIN map of the study area to determine the topographic units and longitudinal and transverse lines created to draw the profile

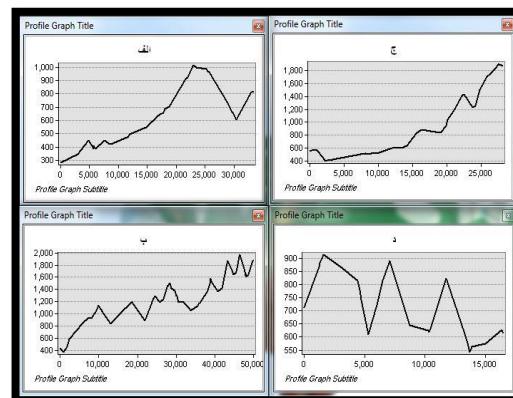


شکل (۵): نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه
 Figure (5): Map of the slope of the study area



شکل (۸): نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

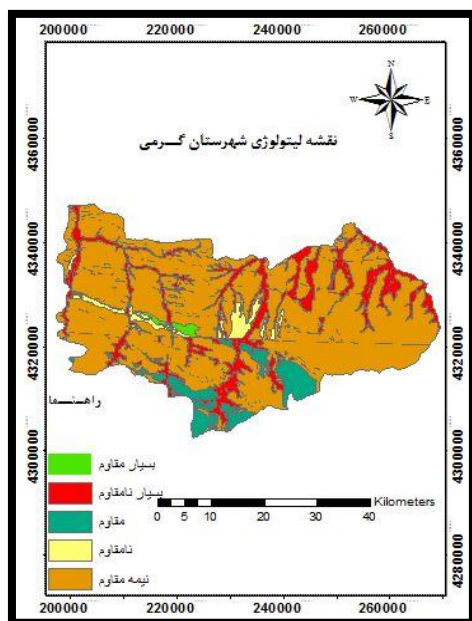
Figure (8):



شکل (۷) نیم‌رخ عرضی و طولی از وضعیت واحدهای

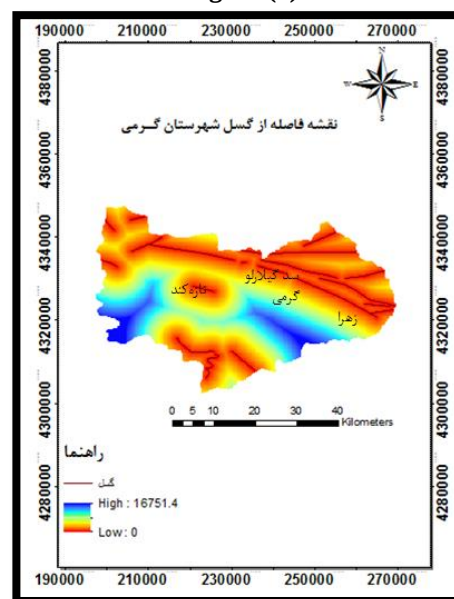
توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه

Figure (7):



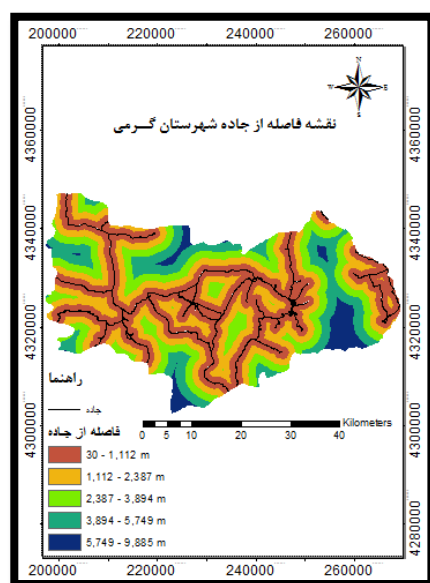
شکل (۱۰): نقشه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه

Figure (10): Geological map of the study area

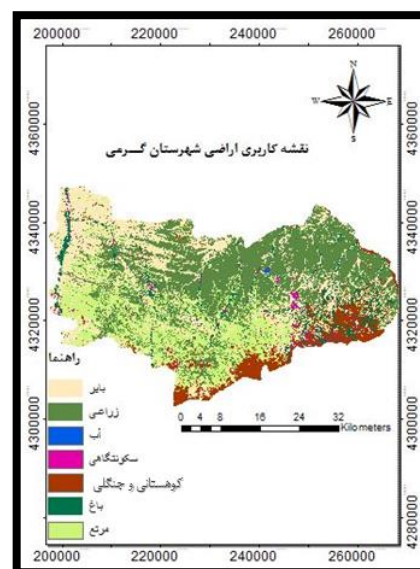


شکل (۹): نقشه فاصله از گسل منطقه مورد مطالعه

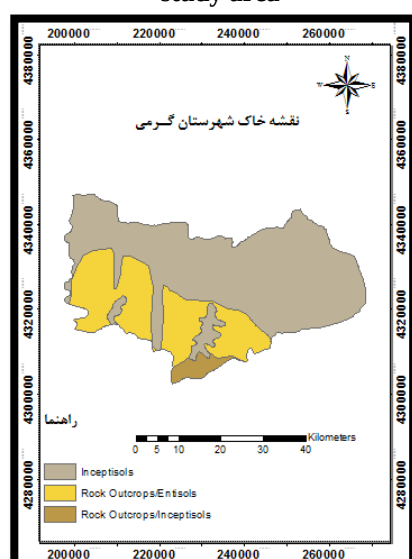
Figure (9): Transverse and longitudinal profile of the status of topographic units in the study area



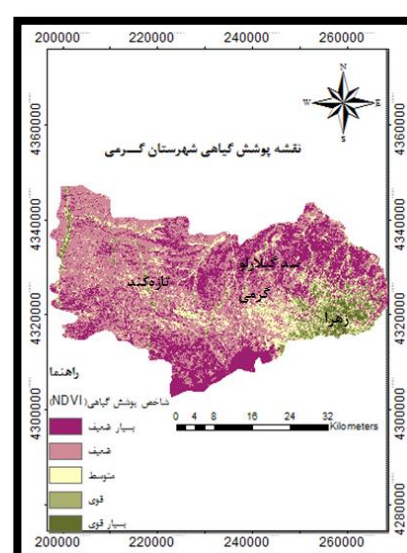
شکل ۱۲: نقشه فاصله از جاده منطقه مورد مطالعه
 Figure (12): Distance map of the road in the study area



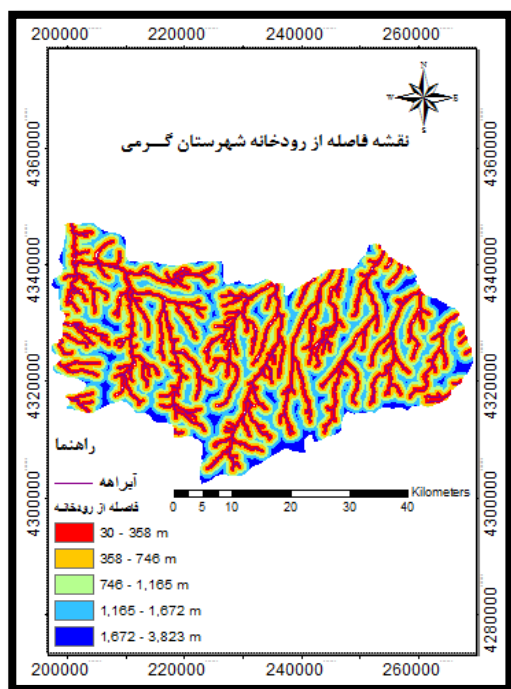
شکل ۱۱: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه
 Figure (11): Land use map of the study area



شکل ۱۴: نقشه خاک‌شناسی منطقه مورد مطالعه
 Figure (14): Soil map of the study area

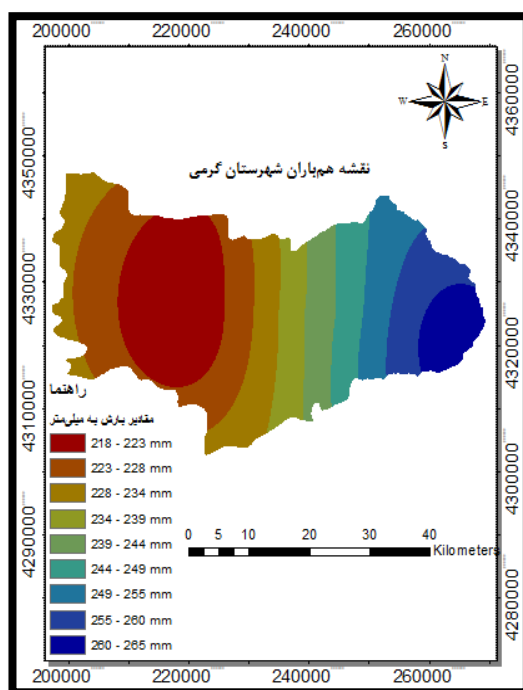


شکل ۱۳: نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه
 Figure (13): Vegetation map of the study area



شکل ۱۶: نقشه فاصله از رودخانه منطقه مورد مطالعه

Figure (16): Distance map from the river of the study area



شکل ۱۵: نقشه هم‌باران منطقه مورد مطالعه

Figure (15): Map of the area under study

۳- بحث و یافته‌ها

جهت اجرای مدل تحلیل شبکه، بعد از تهیه پرسشنامه و تشکیل ماتریس در محیط اکسل، داده‌ها وارد نرم‌افزار سوپردسیژن شدند. بدین منظور ۱۱ معیار مذکور در قالب ۴ خوشه یا دسته اصلی عوامل توپوگرافیکی، ژئولوژیکی، پوشش زمین و هیدرولوژیکی انتخاب و تقسیم‌بندی گردید. در نرم‌افزار سوپردسیژن ترسیم شبکه ارتباطات، محاسبه اوزان معیارها و عوامل انجام شد و در نرم‌افزار ArcGis، تشکیل پایگاه داده و اعمال اوزان معیارها و در نهایت پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای انجام شد.

۳-۱- استانداردسازی فازی

در این قسمت از پژوهش حاضر، تک تک معیارها با استفاده از دستور Fuzzy member shipe که از توابع منطق فازی در محیط نرم‌افزار ArcGis است، استانداردسازی شده‌است. برای این منظور همه عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه‌ای براساس تابع مناسب و برحسب تاثیر در وقوع ناپایداری دامنه‌ای بین ۰ تا ۱ امتیازدهی شدند. هر کدام از این عوامل با توجه به نوع عملکردشان از تابع خاصی تبعیت می‌کنند و تابع عضویت فازی ممکن است از نوع

خطی، افزایشی و کاهشی و ... باشد. لایه‌های وکتوری پلیگونی نیز بعد از تبدیل به لایه رستری با همان روش به حالت فازی تبدیل می‌شوند. بعد از این‌که تمام لایه‌ها با سیستم مختصات مشترک تهیه شدند و بعد از وزن‌دهی معیارها و اجرای توابع ذکر شده برای هر عامل، نتیجه به صورت نقشه‌هایی که ارزش معیارها را بین صفر و یک نشان می‌دهند، حاصل می‌شود. در واقع هدف اصلی از اجرای مدل به دست آوردن وزن‌های نهایی هر معیار است.

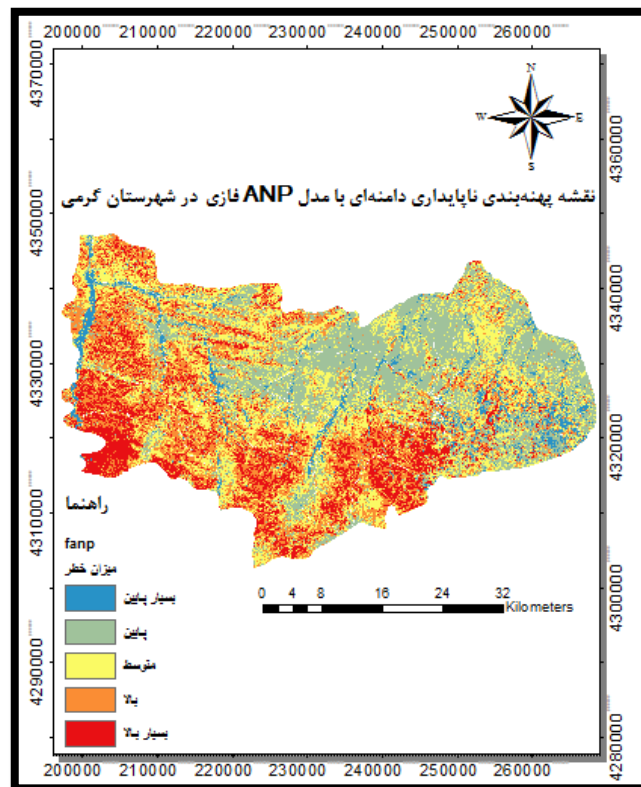
جدول (۳): ضرایب حاصل از مدل ANP
Table (3): Coefficients obtained from ANP model

وزن	معیار	علائم اختصاری لایه‌های فازی	علائم اختصاری لایه‌های غیرفازی
۰/۱۸۶۶۹۴	شیب	Y ₁	X ₁
۰/۰۱۱۴۷۴	جهت شیب	Y ₂	X ₂
۰/۰۴۸۳۲۶	طبقات ارتفاعی	Y ₃	X ₃
۰/۰۳۱۶۷۹	لیتولوژی	Y ₄	X ₄
۰/۰۶۰۵۴۹	فاصله از گسل	Y ₅	X ₅
۰/۰۶۲۷۵۴	خاک	Y ₆	X ₆
۰/۲۷۲۶۴۹	کاربری اراضی	Y ₇	X ₇
۰/۱۹۵۱۶۹	شاخص پوشش گیاهی	Y ₈	X ₈
۰/۰۷۳۳۴۸	فاصله از جاده	Y ₉	X ₉
۰/۰۱۲۸۵۴	بارش	Y ₁₀	X ₁₀
۰/۰۴۴۵۰۲	فاصله از آبراهه	Y ₁₁	X ₁₁

پس از به دست آمدن ضرایب فاکتورهای مؤثر در ناپایداری دامنه‌ای، اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای بر اساس مدل FANP گردید. بدین منظور ابتدا در محیط ArcGis لایه‌های اطلاعاتی فازی شده که قبلاً تهیه شده‌اند، در ضرایب حاصل از مدل ANP ضرب می‌شوند و در نهایت از طریق همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی و جمع لایه‌های ضرب شده، نقشه پهنه‌بندی حاصل از مدل ANP فازی به دست می‌آید. معادله مدل پیشنهادی به صورت رابطه ۱ ارائه می‌گردد:

$$FANP = Y_1 \times 0.186694 + Y_2 \times 0.011474 + Y_3 \times 0.048326 + Y_4 \times 0.031679 + Y_5 \times 0.060549 + Y_6 \times 0.062754 + Y_7 \times 0.272649 + Y_8 \times 0.195169 + Y_9 \times 0.073348 + Y_{10} \times 0.012854 + Y_{11} \times 0.044502 \quad [1]$$

در نهایت نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای منطقه مورد مطالعه حاصل از مدل FANP با استفاده از عملگر weighted sum به دست آمد (شکل ۱۷).



شکل (۱۷): نقشه حاصل از پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای با مدل ANP فازی در منطقه مورد مطالعه

Figure (17): Map of slope instability hazard zoning with fuzzy ANP model in the study area

جدول (۴): مساحت و درصد مساحت هر کدام از پهنه‌های خطر حاصل از مدل FANP

Table (4): Area and percentage of area of each of the hazard zones obtained from FANP model

پهنه ناپایداری	مساحت هر پهنه به کیلو متر مربع	درصد مساحت تحت اشغال هر پهنه
بسیار پایین	۸۶	۴
پایین	۴۹۸	۲۷
متوسط	۵۳۵	۲۹
بالا	۴۶۱	۲۵
بسیار بالا	۲۸۳	۱۵

۴- نتیجه‌گیری

کاربری اراضی، پوشش گیاهی و شیب به ترتیب مؤثرترین لایه برای پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای بودند.

منابع

- Esfandiari in Abad, Fariba. Serious, minor. Reyhan, Mahboob, (2013). Study of natural bottlenecks. Humanity for the physical development of cities in Garmsi city using GIS. *Geography and Urban-Regional Planning*, 3(6), 96-85.
- Amira Ahmadi, Abolghasem, Motamedirad, Mohammad Binghi, Maryam (2015). Landslide Hazard Zoning Using ANP Model (Case Study: Piohjen Basin, Southern Binalood Slope), *Quantitative Geomorphological Research*, Fourth Year, No. 3, 230-214.
- Ilanloo, Maryam. Moghimi, Ibrahim. Tharwati, Mohammad Reza Ghahroudi Tali, Manijeh (2010). Hazard Zoning of Mass Movements Using Fuzzy Logic Method (Case Study of Sierra Watershed). *Journal of Geographical Perspective* (Scientific-Research), Fifth Year, No. 11.
- Jedi Gheshlagh Ilkhchi, Soghari (2012). Investigation of development bottlenecks caused by natural and human factors in Garmsi city using GIS. Master Thesis. Mohaghegh Ardabili University, Faculty of Literature and Humanities.
- Roustaei, Shahram. Ahmadzadeh, Hassan (2013). Zoning of landslide affected areas on Tabriz-Marand road using remote sensing and GIS *Journal of Quantitative Geomorphological Research*, 1. pp. 58-47.
- Rustaei, Shahram. God of winter, Leila. Khodaei Gheshlagh, Fatemeh (2014). Evaluation of Network Analysis Methods (ANP) and Multi-Spatial Criteria Analysis in Investigating the Potential of Landslide Occurrence in the Axis and Reservoir of Dams (Case Study: Qaleh Chay Dam), *Natural Geography Research*, 46(4), 508- 495.
- Sajedi Hosseini, Farzaneh (1394). Evaluation of erosion sensitivity in Norud watershed by fuzzy and classical network method, Master Thesis, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Suri, Salman. Lashkaripour, Gholamreza. Ghafouri, Mohammad Farhadinejad, Taher (2011). Landslide Hazard Zoning Using Artificial Neural Network. Case study: Country Basin (Nojian). *Journal of Engineering Geology*, 5(2).
- Sadeghzadeh Sadat, Seyed Ali (2016). Comparison of ANP and FANP models in flood potential assessment (Case study: Khiavchai basin of Meshginshahr). Master Thesis.
- Abedini, Musa. Fathi, Mohammad Hossein (2014). Zoning of landslide risk sensitivity in Khalkhal Chay watershed using multi-criteria models. *Quantitative Geomorphological Research*, Second Year. No. 4, pp. 85-71.
- Ebadinejad, Ali. Yamani, Mojtaba Maghsoudi, Mehran Shadfar, Samad, (2007). Evaluating the efficiency of fuzzy logic operators in determining landslide capability (Case study: Shiroud watershed). *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, First Year, No. 2.

- Ashournejad, Ghadir. Taheri, Marzieh Abbaspour, Rahim Ali, (2013). Application of fuzzy network analysis process in identifying the optimal location of waste transfer stations in Isfahan, *Environmental Science*, Year 39, No. 3, pp. 177-165.
- Ghareh Chahi, Saeedeh, (1390). Geomorphological hazards assessment with a geographical conceptual model and Kan-Tehran basin. Master Thesis.
- Kamranzad, Farnaz. Student Afshar, Emad. Experienced, Massoud. Memarian, Hossein, 2015, Landslide risk zoning in Tehran province using data-driven methods and hierarchical analysis. *Journal of Earth Sciences*, Twenty-fifth year, No. 97, pp. 114-110.
- Karam, Abdolamir, (2001). Quantitative modeling and landslide risk zoning in the folded Zagros (Case study: Sarkhon watershed - Chaharmahal and Bakhtiari province). PhD Thesis in Natural Geography, Tarbiat Modares University.
- Machchevsky, Yachek, 2016, GIS and multi-criteria decision analysis. Translation: Pious, Akbar. Ghaffari Gilande, Atta. Side Publications. Tehran, fourteenth edition.
- Memarian, Hossein. Siarpour, Morteza, (2006). The role of slope parameter in error occurrence in landslide risk zoning. *Journal of the Faculty of Engineering*, 40(1), 113- 105.
- Moghim, Ibrahim. Alawi Panah, Seyed Kazem. Jafari, Timur, 2008, Evaluation and zoning of effective factors in landslide occurrence in the northern slopes of Ala Dag. *Geographical Research*, No. 64, pp. 75-53.
- Hashemi Tabatabai, Saeed. Salamat, Amir Saeed. Rahnama, Ali, 2008, Combining Different Study Approaches in order to evaluate the Taleghani Landslide Stimulation Mechanism - A Case Study. *Journal of Earth Sciences*, 18(69), 165-152.
- Hemmati, Fariba and Mokhtari, Davood, 1397, Evaluation of the risk of slope instabilities of Banarvan fault using neural network model (MLP). *Quantitative Geomorphological Research*, Year 7, No. 1, pp. 89-74.
- Yousefi, Seyed Raouf, 2015, Application of fuzzy network analysis process and GIS in order to locate a suitable landfill for solid waste in Sanandaj, Master Thesis.
- Chen, Junfei, and Yang Yang (2011). A fuzzy ANP-based approach to evaluate region agricultural drought risk. *Procedia Engineering*, 23: 822-827.
- Demirel, Nihan Çetin, G. Nilay Yücenur, Tufan Demirel, and Hande Muşdal. (2012). Risk-based evaluation of Turkish agricultural strategies using fuzzy AHP and fuzzy ANP." *Human and 24-Ecological Risk Assessment: An International Journal* 18, No. 3: 685-702.
- Fathi, M. H., Khohdel, K., Kandi, A.S., Ashrafifeini, Z., & Khaliji, M.A. (). The combination of spectral and spatial data in zoning of landslide susceptibility (Case study: Sangorchay reservoir).

- Kornejady, A., K. Heidari, and M. Nakhavali. (2015). Assessment of landslide susceptibility, semi-quantitative risk and management in the Ilam dam basin, Ilam, Iran. *Environmental Resources Research* 3, No. 1: 85-109.
- Regmi, N.R., Giardino, J.R., Vitek, J.D., (2010). Assessing susceptibility to landslides: Using models to understand observed changes in slopes, *Geomorphology*, Vol.122, No. 1-2, pp. 25–38.
- Yalcin, A., S. Reis, A.C. Aydinoglu, and T. Yomralioglu (2011). A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey. *Catena* 85, No. 3: 274-287.
- Zegordi, S. H., E. R. Nik, and A. Nazari. (2012). Power plant project risk assessment using a fuzzy-anp and fuzzy-topsis method. *International Journal of Engineering-Transactions B: Applications* 25, No. 2: 107.