

پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش در محدوده‌ی سایت حفاری چاه A با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

نجمه سلیمانی، علیرضا فرخ‌نیا*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج • حسین معتمدی، دانشگاه شهید بهشتی

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۶/۰۳/۲۲

تاریخ ارسال به داوور: ۹۶/۰۴/۱۳

تاریخ پذیرش داوور: ۹۶/۰۶/۲۸

واژگان کلیدی:

پهنه‌بندی، حساسیت زمین لغزش، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، استان لرستان، Expert Choice، GIS

چکیده

زمین لغزش یکی از پدیده‌های طبیعی است که هر سال سبب ایجاد خسارات مالی و جانی فراوانی در سطح کشور می‌شود. از این‌رو تشخیص مناطق مستعد لغزش، برای به‌کارگیری روش‌های پیشگیری یا مقابله با ناپایداری دامنه‌ها جهت کاهش خطر و ریسک حاصل از آنها بسیار اهمیت دارد. پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش یکی از روش‌های غیرمستقیم و کارآمد در شناسایی این مناطق است. هدف این مطالعه استفاده از قضاوت کارشناسی (تحلیل سلسله مراتبی AHP) برای تعیین میزان خطر و تهیه نقشه‌ی پهنه‌بندی در محدوده‌ی جاده‌ی دسترسی به سایت حفاری چاه-A در استان لرستان است. بدین منظور ابتدا از بین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر زمین لغزش، چهار عامل شیب توپوگرافی، لیتولوژی، پوشش گیاهی و فاصله از گسل بر اساس قضاوت مهندسی در محیط GIS Arc کلاس‌بندی شدند. در نهایت بر اساس قضاوت کارشناسان خبره، لایه‌ها، وزن‌دهی و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice با یکدیگر مقایسه و رتبه‌بندی شدند و سرانجام نقشه‌ی پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش در محدوده‌ی جاده‌ی دسترسی به سایت حفاری چاه-A در محیط Arc GIS تهیه شد.

مقدمه

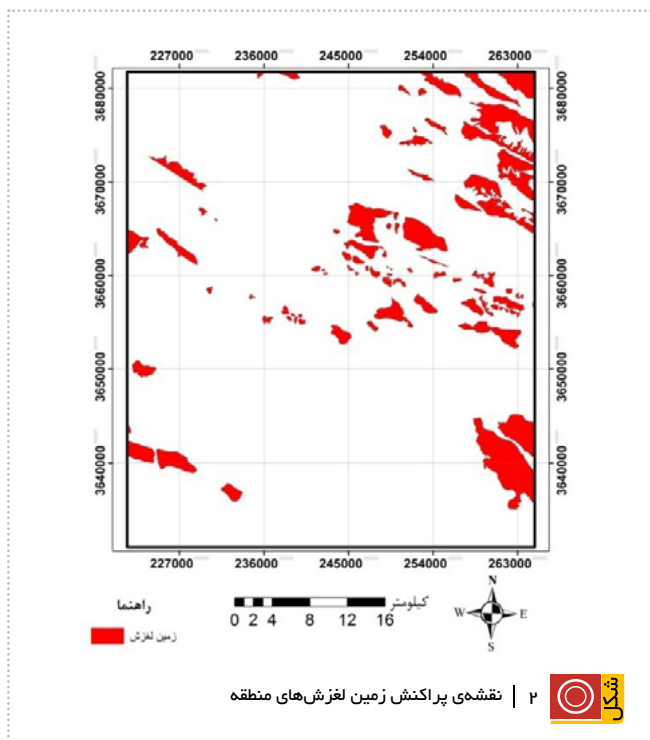
می‌نماید. همچنین مقدار سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این روش در تصمیم‌گیری چندمعیاره است [۲]. یکی از پرهزینه‌ترین مراحل حفاری چاه‌های اکتشافی ساخت جاده و تعیین موقعیت چاه است و این احتمال وجود دارد که چاه‌های حادثه‌ی برای زمان طولانی استفاده شود. به همین دلیل ارزیابی حساسیت زمین لغزش در محدوده‌ی سایت حفاری چاه‌ها در طراحی مسیر بهینه و هزینه‌های نگهداشت و تعمیر راه‌ها می‌تواند مؤثر و کارآمد باشد.

از دیگر کارهای انجام شده برای پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش (بای و حاجی میرحیمی، ۱۳۸۷، حاتمی فرد و همکاران ۱۳۹۱)، روش آمار دو متغیره (نصرآزادانی و شیرانی ۱۳۸۸)، روش نیلسن (شریفی و دریاباری ۱۳۸۴)، روش رگرسیون چند متغیره (جوادی و همکاران ۱۳۹۱)، روش مدل آنتروپی (مقیم و همکاران ۱۳۹۱)، روش فاکتور اطمینان (بهشتی‌راد و همکاران ۱۳۸۸)، روش GIT (فرخ‌نیا ۱۳۹۰)، روش منطق فازی (فرداد و همکاران ۱۳۹۰) اشاره است.

هدف از این مطالعه تعیین نقشه‌ی پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محدوده‌ی سایت حفاری و جاده‌ی دسترسی چاه-A (لرستان-زاگرس) به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process) AHP است.

ایران به دلیل مساعد بودن شرایط جغرافیایی، فقدان مدیریت جامع محیطی و عدم رعایت آستانه‌های محیطی یک کشور پرخطر به‌شمار می‌آید؛ به طوری که جزء ده کشور بلاخیز جهان قرار گرفته و هر ساله پدیده‌ی زمین لغزش در مناطق کوهستانی و مرتفع کشور خسارات و صدمات قابل توجهی به بار می‌آورد [۱]. شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های موجود در یک حوضه و پهنه‌بندی حساسیت آن یکی از ابزارهای اساسی جهت دست‌یابی به راهکارهای کنترل این پدیده و انتخاب مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین گزینه‌ی مؤثر است. از این‌رو در تحقیق حاضر با هدف شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد پدیده‌ی زمین لغزش و مشخص کردن مناطق دارای پتانسیل جهت پهنه‌بندی زمین لغزش به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در چاه-A انجام می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این روش امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها را دارد. علاوه بر این مبنای مقایسه‌ی زوجی قرار گرفته که قضاوت و محاسبه را تسهیل

متعددی است. اولین گام اینست که معیارها و محدودیت‌های موردنظر به صورت لایه‌های نقشه انتخاب و آماده‌سازی شده و سپس در محیط (Arc GIS) پردازش می‌گردند. از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، ابزار قدرتمندی به دست می‌آید که در امر پهنه‌بندی بسیار کارآمد عمل می‌کند [۳]. برای این منظور لایه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی، فاصله از گسل و شیب توپوگرافی تهیه شده و سپس با هم پوشانی این لایه‌ها با نقشه‌ی زمین لغزش‌های موجود سهم هریک از عوامل در وقوع زمین لغزش‌های چاه-A مشخص شده است (شکل-۲). سپس وزن هریک از عوامل با استفاده از دانش کارشناسی به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین شده و پس از آن نقشه‌ی پهنه‌بندی با هم پوشانی لایه‌های مختلف تهیه شده است.



پدیده‌ی زمین لغزش راه دسترسی به چاه-A اکتشافی را تهدید می‌کند. بنابراین جهت ارزیابی اثرات عوامل مختلف در وقوع زمین لغزش‌های محدودی مورد مطالعه و پهنه‌بندی مناطق مختلف آن از لحاظ پتانسیل آنها برای وقوع زمین لغزش روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. در این مقاله داده‌های مربوط به چهار عامل مؤثر در حساسیت زمین لغزش شامل شیب توپوگرافی، فاصله از گسل، لیتولوژی و پوشش گیاهی برای منطقه‌ی مورد مطالعه جمع‌آوری شده است. سپس با استفاده از قضاوت کارشناسی در روش AHP، لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دهی و با هم تلفیق شدند و در نهایت نقشه‌ی پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با پنج پهنه و با پتانسیل خطر خیلی زیاد، خطر زیاد، خطر متوسط، خطر کم و خطر خیلی کم تهیه شده است.

۱- معرفی محدوده‌ی مورد مطالعه

چاه-A در موقعیت "۴۵° و ۴۷° تا ۲۵° و ۴۸° طول شرقی و ۳۲° و ۳۵° تا ۵° و ۳۳° عرض شمالی واقع شده است (شکل-۱). شهرستان پل دختر لرستان در شمال غرب آن و شهر دزفول در ۳۵ کیلومتری جنوب آنها واقع است. پهنای آن ۱۵-۱۲ کیلومتر و طول آن تقریباً ۷۰ کیلومتر است. روند ساختاری آن شمال غرب-جنوب شرق است. جاده‌ی اندیمشک به خرم‌آباد از ۳۵ تا تنگه فنی لرستان از دامنه‌ی جنوبی تاقدیس‌های مراب و چناره عبور می‌کند و از تنگه فنی تا شمال پل دختر تقریباً انتهای دماغه‌ی غربی تاقدیس‌های چناره، ماله کوه جنوب شرقی، چاه-A و ریت را دور می‌زند. راه آهن جنوب در حد فاصل ایستگاه‌های شهبازان تا گل مهک تقریباً در موقعیت انتهای شرقی چاه-A قرار دارد. ارتفاع مطلق منطقه در بخش جنوبی کم و حدود ۳۵۰ متر است. منطقه فاقد آبادی‌های مهم بوده و بونه‌ی آقابزرگ در یکی از دره‌های خوشاب تنها آبادی منطقه است. راه کوهستانی حبیب‌رو و صعب‌العبوری امام‌زاده احمد را به جاده‌ی اندیمشک متصل می‌کند. رود زال از ارتفاعات کوه ریت سرچشمه می‌گیرد و بعد از عبور از دره‌ی غربی چاه-A (دره‌ی لنگ‌مرده) و تاقدیس چناره و همچنین کوه مراب، جاده‌ی اندیمشک به تنگه فنی را در محل پل زال قطع می‌کند. اراضی اطراف رودخانه در محدوده‌ی چاه-A محل کشت و زرع بوده است. خط لوله‌ی انتقال نفت پل دختر به خرم‌آباد و جاده‌ی دسترسی مجاور آن که جاده‌ی شوسه‌ی نسبتاً خوبی است از شمال غرب چاه-A عبور می‌کند و تاقدیس ریت را در بخش غربی که به تاقدیس سلطان متصل می‌شود قطع می‌کند [۳].

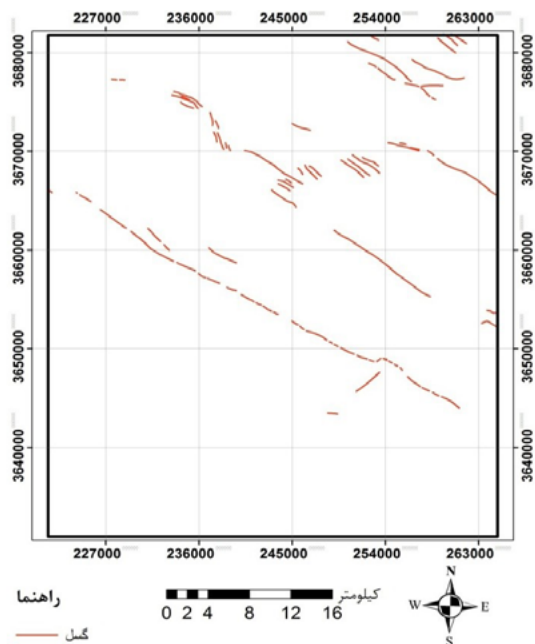
۲- معرفی و آماده‌سازی داده‌ها

فرآیند پهنه‌بندی در محیط (Arc GIS) شامل پیش‌عملیات و عملیات

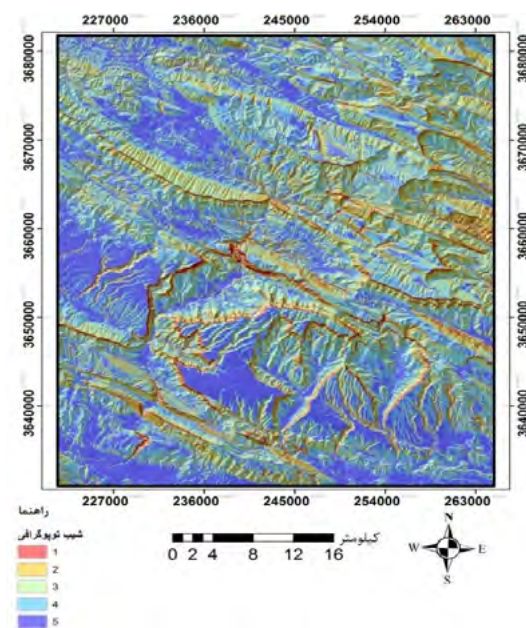
۱-۲- شیب توپوگرافی

رخداد زمین لغزش، ابتدا نقشه‌ی شیب بر اساس مدل ارتفاعی رقومی (DEM) منطقه‌ی مورد مطالعه تهیه می‌شود که این داده‌ی ورودی محسوب می‌شود و خروجی نقشه‌ی شیب منطقه (قبل از کلاس‌بندی) است که ۰-۹۰ درجه است. تغییرات شیب طبق نظر کارشناسان مدیریت اکتشاف شرکت نفت در پنج کلاس ۰-۹/۰۹، ۹/۰۹-۲۰/۲۹، ۲۰/۲۹-۳۱/۸۳، ۳۱/۸۳-۴۶/۵۲، ۴۶/۵۲-۸۹/۱۹، ۸۹/۱۹-۱۹۰/۳۸ درجه

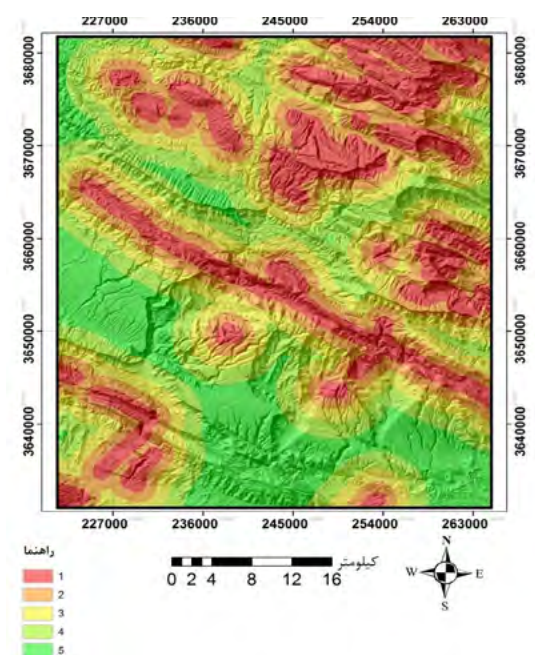
یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در لغزش مواد از سطح زمین است. بر اساس ریخت‌شناسی، هر منطقه‌ی مطالعاتی ممکن است شیب‌های گوناگونی داشته باشد. استان لرستان بخشی از زاگرس چین‌خورده است که روند کلی آن با ناحیه‌ی راندگی‌ها هم‌راستا است. جهت بررسی تأثیر عامل شیب در



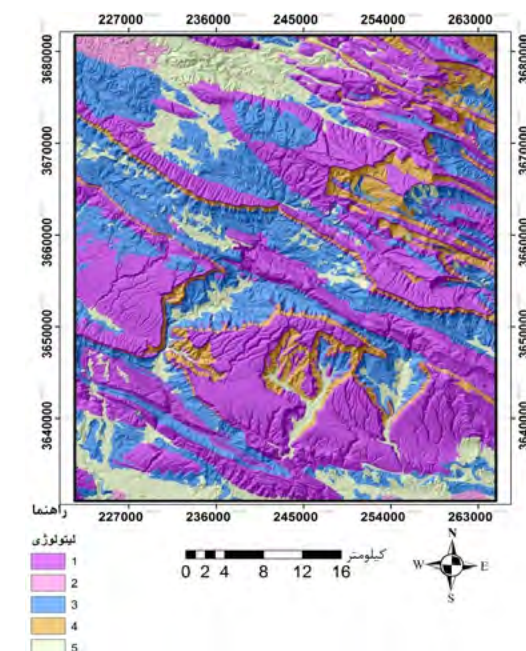
۵ | نقشه‌ی گسل‌های اصلی منطقه‌ی مورد مطالعه



۳ | نقشه‌ی شیب توپوگرافی منطقه‌ی مورد مطالعه (کلاس‌بندی شده)



۶ | نقشه‌ی فاصله از گسل منطقه‌ی مورد مطالعه (کلاس‌بندی شده)



۴ | نقشه‌ی لیتولوژی منطقه‌ی مورد مطالعه (کلاس‌بندی شده)

۳۳۷۴/۳۵-۵۱۵۷/۹۳، ۲۰۲۴/۶۱-۳۳۷۴/۳۵، ۹۱۵/۸۹-۲۰۲۴/۶۱
 بیشترین حساسیت را دارد (شکل-۳). بدین ترتیب شیب روی
 یال تاقدیس‌ها تند است و در ناودیس‌ها و کف دره‌ها شیب
 کاهش می‌یابد. بیشترین زمین لغزش‌ها در شیب‌های بیش از ۴۶
 درجه اتفاق افتاده که از لحاظ خطرپذیری بیشترین خطر را شامل
 می‌شود (شکل-۶).

۲-۴- پوشش گیاهی

در این تحقیق از تصاویر مربوط به سنجنده‌ی ETM+ مربوط به
 تاریخ ۷/۸/۲۰۰۲ به‌شمار گذر و ردیف ۱۶۶ و ۳۷ و همچنین از
 باند-۳ (قرمز) و ۴ (مادون قرمز) ETM+ استفاده شد. در ابتدا با
 استفاده از نرم‌افزار محاسبه‌ی شاخص پوشش گیاهی ENVI4/8،
 ترکیب دوباندی از باند-۳ و ۴ برای استفاده در محاسبات ایجاد
 شد و خروجی آن نقشه‌ی پوشش گیاهی (بین ۱ و ۱-) قبل
 از کلاس‌بندی حاصل شد. سپس نقشه‌ی پوشش گیاهی را
 در نرم‌افزار Arc GIS10/1 فراخوانده و طبق نظر کارشناسان
 مدیریت اکتشاف شرکت نفت به پنج کلاس (۰/۱۷-)، (۰/۶۶-
 ۰/۰۵-)، (۰/۰۴-)، (۰/۰۵-)، (۰/۲۱-۰/۰۴) و (۰/۶۵-
 ۰/۲۱) تقسیم شد. بنابراین کلاس یک با کمترین پوشش گیاهی
 بیشترین حساسیت زمین لغزش را دارد و کلاس پنج با بیشترین
 پوشش گیاهی کمترین حساسیت زمین لغزش در منطقه را متحمل
 می‌شود (شکل-۷).

۳- روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) [۷] شناخته‌شده‌ترین و
 پراستفاده‌ترین روش نسبت‌دهی چندمعیاری است. روش AHP

جدول سازندهای منطقه‌ی مورد مطالعه

Objectid	Description	Lithology	Type	Code
۱	Alluvium and Recent Deposits	Alluvium and Recent Deposits (Q)	Q	۵
۲	Kashkan Fm	Conglomerate , sandstone	Ek	۴
۳	Amiran Fm	Shale and siltstone with interbedded of thin layers of sandstone	KPa	۳
۴	Asmari - Shah Bazan	Dolomitic Limestone and Limestone	OlMa- Esh	۱
۵	Gachsaran Fm	Marl	Mg	۳
۶	Taleh Zang Fm	Limestone	Et	۱
۷	Agha Jari Fm	Marl and sandstone	MPla	۲

طبقه‌بندی گردید. بنابراین کلاس یک با بیشترین مقدار،
 بیشترین حساسیت را دارد (شکل-۳). بدین ترتیب شیب روی
 یال تاقدیس‌ها تند است و در ناودیس‌ها و کف دره‌ها شیب
 کاهش می‌یابد. بیشترین زمین لغزش‌ها در شیب‌های بیش از ۴۶
 درجه اتفاق افتاده که از لحاظ خطرپذیری بیشترین خطر را شامل
 می‌شود.

۲-۲- جنس زمین‌شناسی (لیتولوژی)

عامل سنگ‌شناسی (لیتولوژی) متغیری کلیدی در وقوع
 زمین لغزش است. زیرا واحدهای مختلف لیتولوژی نسبت
 به فرآیندهای ژئومورفولوژیکی حساسیت متفاوتی را نشان
 می‌دهند [۵]. لیتولوژی نوع سنگ، درجه‌ی هوازدگی و
 نوع و مقدار ماده‌ی پرکننده را دربر می‌گیرد که هر یک
 از این عوامل نقش به‌سزایی در مکانیسم پایداری شیب‌ها
 دارند. برای رده‌بندی جنس مواد زمین‌شناسی مؤثر در
 ناپایداری دامنه‌ها، روش‌های مختلفی وجود دارد. در بسیاری
 از مطالعات پیشین این رده‌بندی بر اساس سازندهای اصلی
 موجود در منطقه انجام شده است [۶]. در ابتدا داده‌های جنس
 زمین‌شناسی از نقشه‌های زمین‌شناسی خرم‌آباد و بالارود در
 مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج شده، در محیط Arc GIS10/1 رومی
 گردیدند و با هم موزائیک شدند. در جدول-۱ نحوه‌ی کددهی
 به سازندها که با نظر کارشناسان انجام گردیده نشان داده
 شده است. در نهایت طبق نظر کارشناسان مدیریت اکتشاف
 شرکت نفت در پنج کلاس سنگ‌آهک، مارن و ماسه‌سنگ،
 شیل و سیلت سنگ با لایه‌هایی از ماسه‌سنگ، کنگلومرا
 و ماسه‌سنگ و رسوبات کواترنری تقسیم‌بندی می‌شود. در
 (شکل-۴) کلاس یک بیشترین زمین لغزش‌ها رخ می‌دهد و
 کلاس پنج کمترین مقدار حساسیت زمین لغزش را دارد.

۲-۳- فاصله از گسل

گسل‌ها در ایجاد یا فعال‌سازی دوباره‌ی مناطق حاوی پتانسیل
 لغزش نقش مؤثری دارند. خردشدگی و برشی شدن در مناطق
 گسلی، نفوذ آب از این مناطق به درون دامنه‌ها، پیدایش ناپیوستگی
 در پیرامون گسل و اختلاف فرسایش در دامنه‌ها از جمله اثراتی
 است که می‌توان به آنها اشاره کرد. حرکت گسل نیز به
 نوعی می‌تواند شروع لغزش در دامنه باشد [۶]. بنابراین فاصله از
 گسل نقش مهمی در رخداد لغزش دارد. ابتدا نقشه‌ی گسل‌های
 اصلی منطقه‌ی مورد مطالعه از روی نقشه‌ی زمین‌شناسی تهیه شد
 (شکل-۵). در ادامه‌ی کار نقشه‌ی گسل‌ها با دستور دیستنس به
 رستر تبدیل شده است. طبق فاصله از گسل طبق نظر کارشناسان
 مدیریت اکتشاف شرکت نفت در پنج کلاس ۰-۹۱۵/۸۹،

معیارها، گزینه‌ها و ...) تقسیم می‌شود که به ترتیب در یک ساختار سلسله مراتبی مشابه با سطوح شجره‌نامه‌ی خانوادگی قرار می‌گیرند. در این ساختار، هدف کلی مسأله در بالا، معیارهای چندگانه که گزینه‌ها را تعریف می‌کنند در وسط و گزینه‌های تصمیم‌گیری در پایین جای می‌گیرند [۱۰] (شکل ۸). تبدیل موضوع یا مسأله‌ی مورد بررسی به یک ساختار سلسله مراتبی مهم‌ترین قسمت فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محسوب می‌شود. زیرا در این قسمت با تجزیه‌ی مسائل مشکل و پیچیده، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی آنها را به شکلی ساده که با ذهن و طبیعت انسان مطابقت داشته باشد تبدیل می‌کند. به عبارت دیگر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مسائل پیچیده را از طریق تجزیه‌ی آن به عناصر جزئی که به صورت سلسله مراتبی به هم

امکان اهمیت نسبی مجموعه‌ای از متغیرهای موجود در یک مسأله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاری را فراهم می‌کند. این روش موجب ترکیب قضاوت در مورد معیارهای کیفی غیرقابل مشاهده در کنار معیارهای کمی محسوب می‌شود [۸]. به‌طور کلی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بر سه اصل زیر استوار است [۹]:

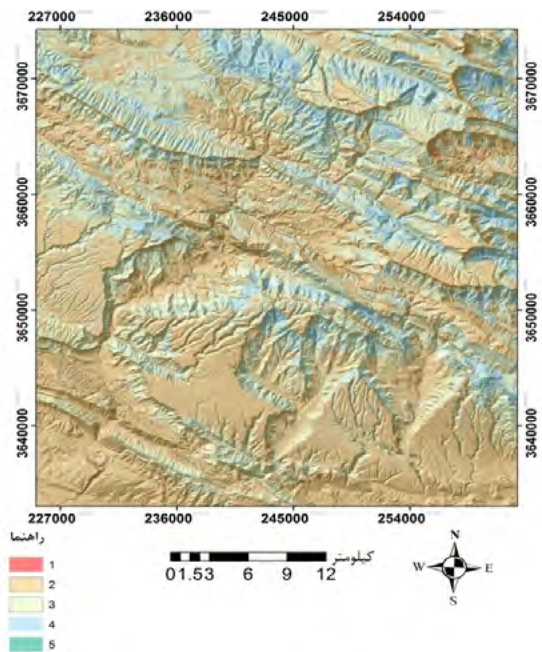
- ایجاد یک سلسله مراتب
- قضاوت مقایسه‌ای میان گزینه‌ها و معیارها
- ترکیب اولویت‌ها و بررسی سازگاری سیستم

در مرحله‌ی اول روش AHP، یک مسأله‌ی چندمعیاری در ابتدا به سلسله مراتبی از عناصر تصمیم‌گیری وابسته به هم (اهداف، نسبت‌ها،

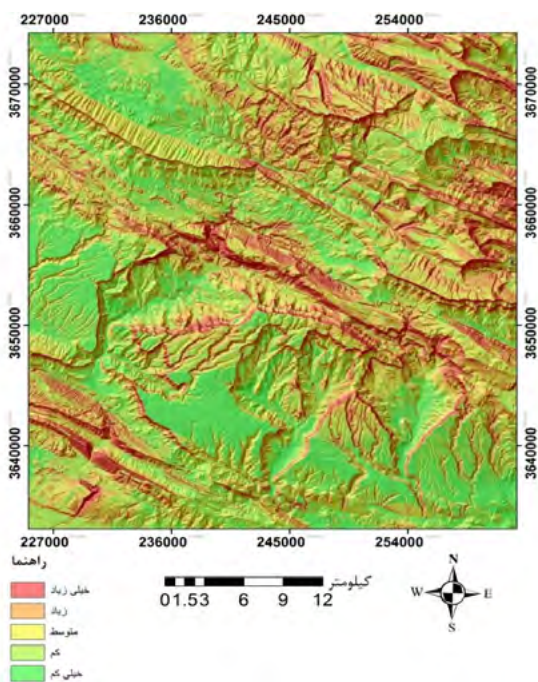
slope	fault	herb cover	lithology
	3.71	3.71	4.71
		2.285	4.142
			3.0
Incon: 0.07			



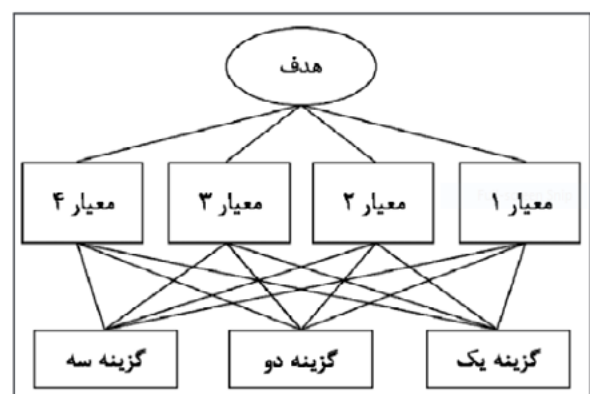
شکل ۹ | اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر حساسیت زمین لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه (بر اساس قضاوت کارشناسی)



شکل ۷ | نقشه‌ی پوشش گیاهی منطقه‌ی مورد مطالعه (کلاس‌بندی شده)



شکل ۱۰ | نقشه‌ی نهایی حساسیت زمین لغزش به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)



شکل ۸ | ارتباط عناصر تصمیم‌گیری در یک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

مربوط به خود در سطح، الویت‌ها توسط یک ماتریس وزن‌ها تعیین و به صورت ریاضی با هم ترکیب می‌شود و وزن عناصر به دست می‌آید [۱۲].

۴- کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در تحلیل حساسیت زمین لغزش

ابتدا تمامی لایه‌های مؤثر در حساسیت زمین لغزش منطقه‌ی مورد مطالعه را تهیه کرده، به صورت رقومی در آورده، تبدیل به لایه‌های رستری کردیم و در نهایت در این مرحله دوازده پرسش‌نامه طراحی شد که نمونه‌ی آن در پیوست قرار داده شده است. سپس پرسش‌نامه‌ها در اختیار افراد خبره قرار گرفت تا بر اساس تجربه و علم این افراد در مسأله‌ی زمین لغزش، به چهار عامل مؤثر در ایجاد زمین لغزش‌ها وزن‌دهی شود. افراد خبره شامل جمعی از اساتید دانشگاه شهید بهشتی، امیر کبیر، دانشگاه آزاد واحد کرج و کارشناسان خبره‌ی مدیریت اکتشاف هستند. پرسش‌نامه‌ها بر اساس سامانه‌ی نمره‌دهی (جدول-۲) و مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی برای زمین لغزش‌های منطقه‌ی مورد مطالعه تکمیل شد. بیشترین وزن به لایه‌هایی تعلق می‌گیرد که نقش بیشتری در وقوع زمین لغزش داشته باشند. وزن لایه‌ها از یک تا ۹ متغیر است؛ یعنی به عامل بسیار ضعیف، وزن یک و به عامل بسیار مؤثر، وزن ۹ تعلق می‌گیرد و پس از آن محاسبه‌ی وزن‌های عوامل اصلی طبق روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شد و وزن‌های پایانی به روش AHP با استفاده از نرم‌افزار Expert choice به دست آمد (جدول-۳)؛ بدین صورت که تمامی ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی به نرم‌افزار Expert choice انتقال داده شد و این نرم‌افزار با انجام مقایسه‌های زوجی، اقدام به تعیین وزن هر یک از معیارها کرده، همچنین سازگاری مقایسه‌ها و ماتریس را محاسبه و مقادیر آنها را مشخص می‌کند (شکل-۹). به طوری که هر پیکسل از نقشه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه خطر مقداردهی شده و در انتها برای تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی حساسیت زمین لغزش چاه-A در محیط Arc GIS10/1، اکستنشن AHP مربوط به آن که قبلاً دانلود شده فراخوانده شده و از آن برای

مربوط بوده و ارتباط هدف اصلی مسأله با پایین‌ترین سطح سلسله مراتبی مشخص است، به شکل ساده‌تری در می‌آورد. در مرحله‌ی دوم پس از ایجاد ساختار سلسله مراتبی، چگونگی اولویت‌بندی جهت تعیین اهمیت نسبی معیارها در هر سطح آغاز می‌شود. الویت نسبی داده شده به هر عنصر در سلسله مراتب، با توجه به معیار (یا عناصر) با مقایسه‌ی سهم دو به دو هر عنصر در سطحی پایین با رابطه‌ی علت و معلولی تعیین می‌شود [۱۱]. مقایسه‌های زوجی چندگانه بر اساس مقیاسی استاندارد با نه سطح توسط کارشناسان خبره به عنوان تصمیم‌گیرندگان به صورت قضاوت‌های شفاهی و با مقداردهی عددی انجام می‌شود (جدول-۲). در مرحله‌ی سوم این روش، پس از مقایسه‌ی زوجی میان عناصر هر سطح نسبت به عنصر

جدول سازندهای منطقه‌ی مورد مطالعه | ۱

Objectid	Description	Lithology	Type	Code
۱	Alluvium and Recent Deposits	Alluvium and Recent Deposits (Q)	Q	۵
۲	Kashkan Fm	Conglomerate, sandstone	Ek	۴
۳	Amiran Fm	Shale and siltstone with interbedded of thin layers of sandstone	KPa	۳
۴	Asmari - Shah Bazan	Dolomitic Limestone and Limestone	OIMa-Esh	۱
۵	Gachsaran Fm	Marl	Mg	۳
۶	Taleh Zang Fm	Limestone	Et	۱
۷	Agha Jari Fm	Marl and sandstone	MPla	۲

مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی | ۲

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۹	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸ و ۶ و ۴ و ۲	ترجیحات میان فواصل فوق

وزن عوامل اصلی زمین لغزش به روش AHP | ۳

وزن (%)	عوامل اصلی زمین لغزش
۰/۵۳	شیب توپوگرافی
۰/۲۴۲	فاصله از گسل
۰/۱۵۲	پوشش گیاهی
۰/۰۷۵	لیتولوژی

از گسل کمترین مقدار خود (یعنی ۹۱۵/۸۹-۰) را دارد بیشترین زمین لغزش در منطقه رخ می‌دهد که می‌توان دلیل آنرا به نواحی خرد شده‌ی اطراف گسل‌ها نسبت داد.

■ نتایج بررسی از عامل پوشش گیاهی در منطقه نشان می‌دهد در مناطقی با کمترین پوشش گیاهی ((۰/۱۷)- (۰/۶۶)) نسبت به مناطقی که پوشش گیاهی بیشتری (۰/۶۵-۰/۲۱) وجود دارد زمین لغزش بیشتر است و این نمایانگر آنست که در مناطقی با پوشش گیاهی زیاد به دلیل افزایش پایداری دامنه‌ها زمین لغزش کمتر رخ می‌دهد.

■ نتایج بررسی جنس زمین‌شناسی (لیتولوژی) منطقه نشان می‌دهد که سست بودن سنگ، زمین لغزش را افزایش می‌دهد. در منطقه‌ی مورد مطالعه، سازند آسماری-شهبازان در کلاس یک و بیشترین حساسیت زمین لغزش و رسوبات کواترنری در کلاس پنج و کمترین احتمال زمین لغزش قرار گرفته‌اند. ارزیابی دقت روش استفاده شده برای پهنه‌بندی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نشان داد که روش استفاده شده از دقت زیادی برای پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه برخوردار است.

ایجاد نقشه‌ی پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش استفاده شده است. نقشه‌ی پهنه‌بندی با خطر خیلی زیاد، خطر زیاد، خطر متوسط، خطر کم و خطر خیلی کم تهیه شد (شکل ۱۰-).

نتیجه‌گیری

■ نتایج تحقیق بیانگر آنست که شیب توپوگرافی و فاصله از گسل با کسب بیشترین وزن‌ها، مهم‌ترین عوامل مؤثر در پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش در منطقه بوده و عوامل دیگر با توجه به وزن‌های حاصل به ترتیب پوشش گیاهی و لیتولوژی هستند.

■ نتایج بررسی کلاس‌های شیب نشان می‌دهد به دلیل وجود لغزش‌های سنگی زیاد، بیشترین حساسیت نسبت به لغزش‌های رخ داده در منطقه در شیب ۴۶/۵۲-۸۹/۱۹ درجه اتفاق افتاده است. این امر حاکی از آنست که در شیب کمتر به دلیل کاهش نیروی ثقل و در شیب‌های بیشتر به دلیل تضعیف فرآیند خاک‌زایی و به تبع آن عدم وجود مواد مستعد برای وقوع لغزش، احتمال آن کاهش می‌یابد.

■ بررسی نتایج حاصل از فاصله از گسل نشان می‌دهد که فاصله از گسل نقش مهمی در رخداد زمین لغزش دارد و در جایی که فاصله

منابع

- زمین لغزش (مطالعه‌ی موردی: ناحیه‌ی سفیدار گله در استان سمنان)، مجله‌ی علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۳، شماره‌ی ۱، صص ۵۷ تا ۶۴ Saaty.T.L.,1980 , the Analytic Hierarchy Process, McGraw Hill, [7] New York ,NY
- Badri,M.A.,2001-A combined AHP -GP model for quality [8] control system, Internatinal Journal of Production Economics , No ..72, Pp 27 - 400
- Dagdeviren ,M ., 2008 - Decisionmaking in equipment selec- [9] tion : an integrated approach with AHP and PROMETHEE , Journal of Intelligent. Manufacturing, 19,397 -406
- Albayrak, E.& Erensal ,Y.C., 2004 -Using Analytic Hierarchy [10] Process (AHP) to improve human performance : An application of multiple criteria decision making problem , Journal of Intelligent .Manufacturing ,15, 491-503
- Macharis ,C.,Springael, J.,Brucker,K.D.& Verbeke, A.,2004 - [11] PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of .AHP ,European Journal of Operational Research ,153,307 - 317
- [۱۲] قدسی‌پور، س.، ح.، ۱۳۹۱، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ویرایش اول، چاپ دهم، ۲۳۲
- [۱] کرّم، ع.، ۱۳۸۰، مدل‌سازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین‌خورده (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آب‌خیز سرخون، استان چهارمحال و بختیاری)، رساله‌ی دکترای جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۳۵۴ ص
- [۲] احمدی، ح.، محمدخان، ش.، فیض‌نیا، س.، قدوسی، ج.، ۱۳۸۴، ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از مطالعه‌ی موردی، (AHP)، ویژگی‌های کیفی و سلسله مراتبی سیستم‌ها حوضه‌ی آب‌خیز طالقان، مجله‌ی منابع طبیعی ایران، ۸۵ (۱): ۱۴-۳
- [۳] فخاری، م.، حسینی، گودرزی، سلیمانی، شرکتی، و ثوقی، (۱۳۷۷)، گزارش زمین‌شناسی تاق‌دیس‌های خوشاب، ریت، چناره، مراب
- [4] Othman, A.N.,Naim ,W.M.,Noraini,S., 2012, GIS Based Multi - Criteria Decision Making for Landslide Hazard Zonation , Procedia Social and Behavioral Sciences , 35 : 595 - 602
- [5] Carrara ,A., Cardinali , M., Detti, R., Guzzetti, F.,Paqui , V.,Re- ickenbach ,P.,1991. GIS Techniques and Statistical Models in Evaluating Landslide Hazard .Earth Surface Processes and Landforms, 16: 427 - 445
- [۶] راکعی، ب.، خامه‌چیان، م.، عبدالملکی، پ. و گیاهچی، پ.، ۱۳۸۶، کاربرد سیستم شبکه‌ی عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر