کاربرد متد آماری ماتریس سلسله مراتب زوجی و تطبیق سازی با تست میدانی در پهنه بندی رانش زمین در محیط GIS (مطالعه موردی: بینالود شمالی)

پروین کهربائیان

مربی گروه آمار و ریاضی ، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی ، مشهد، ایران

(نویسنده مسئول)p.kahroeian@gmail.com

دکتر ابوالفضل بهنیافر

دانشیار گروه جغرافیا، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی ، مشهد، ایران

کد مقاله: 1453-2209

دریافت: 1401/6/6 پذیرش: 1401/9/30

چکیده

رانش های زمین یکی از مهم ترین مخاطرات محیطی در مناطق کوهستانی محسوب می شوند. امروزه بهره گیری از روش های آماری و زمین آماری در نقشه سازی این رانش ها توسعه یافته است. تغییرات اقلیمی مناسب و فشارهای جمعیتی منطقه موجب شده که بخشی از جمعیت کلان شهر مشهد در مناطق ییلاقی به ساخت خانه های دوم و توسعه ی آن ها در زمین های شیب دار دامنه های کوهستانی و میان کوهی منطقه اقدام نمایند. این فرآیند موجب به هم خوردن تعادل دامنه ها و سرانجام ناپایداری و افزایش رویکرد زمین لغزش ها گردیده است. بر این اساس، هدف اصلی پژوهش، شناسایی عوامل موثر و پهنه بندی پتانسیل خطر زمین لغزش در مناطق مختلف جهت کاستن خسارت های ناشی از آن بوده است. جهت تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش منطقه از روش تحلیل آماری سلسله مراتبی (AHP) در محیط GIS استفاده گردید که ابتدا با بررسی های میدانی و تهیه لایه های اطلاعاتی از طریق نقشه ها و منابع موجود، مهم ترین عوامل موثر در وقوع زمین لغزش ها شامل؛ لیتولوژی، شیب، طبقات ارتفاعی، تراکم زهکشی، نوع خاک، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، بارش و فاصله از گسل شناسایی و لایه های اطلاعاتی این عوامل در محیط ArcGIS و با کمک نرم افزار Expert Choice ، تهیه و اقدام به تعیین وزن و اولویت بندی عوامل و تولید نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با بهره گیری از AHP گردید. نتایج نشان داد که وزن عوامل شیب، لیتولوژی، ارتفاع و کاربری اراضی به ترتیب با 0/303 ، 0/220 ، 0/122 و 0/097 در منطقه از بقیه عوامل بیش تر و در نتیجه اثر آن ها نیز بر ناپایداری دامنه ای از شدت بیش تری برخوردار می باشد. طبق نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش، 42/6٪ از منطقه با خطر زیاد، 25/4٪ با خطر متوسط ، 21/5٪ با خطر کم و 10/5درصد از وسعت منطقه با خطر خیلی زیاد مواجه اند. تراکم پهنه های لغزشی با درجه خطر زیاد و خیلی زیاد عمدتاً در مناطق مرکزی بینالود و حوضه های نزدیک به کلان شهر مشهد به ویژه در حوضه های شاندیز، گلستان و گلمکان مشاهده می شود.

کلید واژه ها: پهنه بندی خطر زمین لغزش، روش AHP ، سیستم اطلاعات جغرافیایی، حوضه کشف رود غربی.

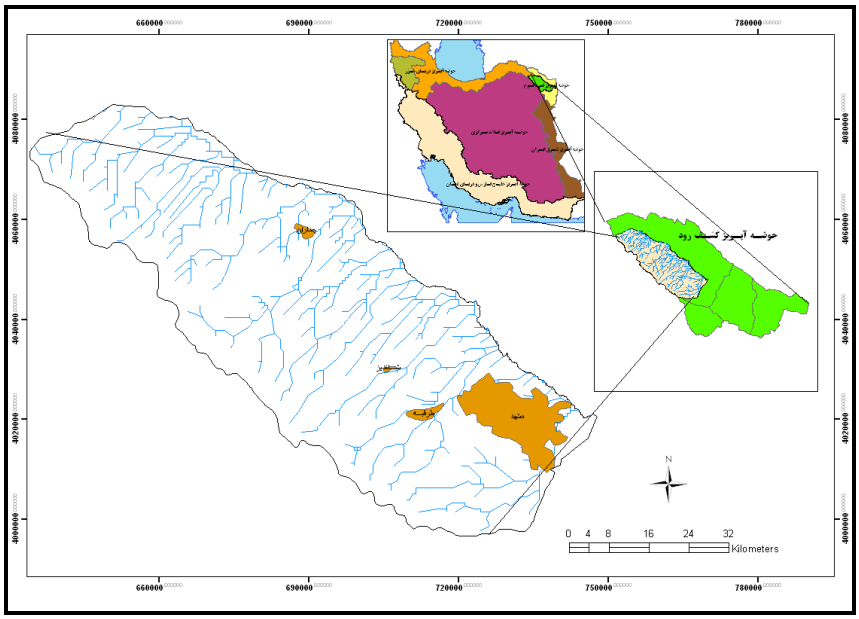
مقدمه و طرح مسأله

به طورکلی در ایران حدود 43 خطر طبیعی و با دخالت انسان تقریباً 38 خطر شناسایی و ثبت شده است (Mohammadi & et.al,2004:112). یکی از مخاطرات در کشور زمین لغزش است که سالیانه خسارات جانی و مالی فراوانی وارد می سازد (رأفت نیا و همکاران، 1385: 121). هر چند که زمین لغزش ها نسبت به سایر بلایای طبیعی مدیریت پذیر می باشد، لذا شناخت این پدیده در جهت جلوگیری از خسارت های ناشی از آن حائز اهمیت است (گرایی، 1385: 46). در واقع حرکات توده ای نوع خاصی از فرآیندهای دامنه ای است که منجر به جابجایی مواد سطحی دامنه های پرشیب می شود (یمانی و همکاران، 1389: 83). در سال های اخیر مطالعات گسترده ای در ارتباط با علل وقوع و پهنه بندی خطر زمین لغزش ها صورت گرفته است. برای پهنه بندی پتانسیل خطر نسبی این پدیده، ده ها مدل عددی با عوامل وزن، نرخ، منطق محاسباتی و مقیاس متفاوت ابداع و در شرایط متنوع بر اساس شواهد زمینی اصلاح شده است (,2020:12Ownegh) از جمله می توان به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اشاره نمود که پرکاربردترین شیوه بررسی و قضاوت کارشناسی است و قابلیت زیادی برای تلفیق با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) دارد. Komac (2017) با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اقدام به پهنه بندی زمین لغزش ها و توزیع آن ها در مرکز اسلوونی نمود. نتایج نشان داد که شیب، سنگ شناسی و نوع پوشش نقش مهمی را در حساسیت منطقه به رخداد زمین لغزش بازی می کنند (Komac, 2006 : 17-28). Mosaffaei (2007) اقدام به پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه الموت با بهره گیری از مدل های مورا- وارسون، تراکم سطح، AHP و رگرسیون چند متغیره نمود(,2021Mosaffaei). Yalcin (2008) نقشه خطر زمین لغزش را در ترکیه با بهره گیری از مدل ارزش اطلاعات، تراکم سطح و AHP تهیه و زمین شناسی، شیب، پوشش گیاهی، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده را به عنوان عامل های موثر در زمین لغزش معرفی کرد. ارزیابی مدل ها نشان داد که مدل AHP در منطقه دقت بیش تری دارد (Yalcin,2008 : 1-12).مطالعات مربوط به مدل سازی و پهنه بندی زمین لغزش در کشورمان حائز اهمیت می باشد. در این رابطه می توان به تحقیقات چون شیرانی و همکاران (1399)، محمدی و مساعدی (1384)، شریعت جعفری و غیومیان (1387) و شادفر و همکاران (1387) اشاره نمود. اسماعیلی و احمدی (2003) در بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش و پهنه بندی خطرهای حاصل از آن، نتیجه گرفت که روش تحلیل سلسله مراتبی نسبت به روش رگرسیون چند متغیره، دقت بیش تری داشته است. محمدخان (1380) عمل پهنه بندی خطر حرکت های توده ای را برای حوضه طالقان با در نظر گرفتن عامل شیب، ارتفاع، سنگ شناسی، بارندگی، جهت دامنه و کاربری اراضی و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی انجام داده است. احمدی و همکاران (1382) در یک مطالعه پهنه بندی خطر حرکت های توده ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره (MR) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) عوامل تأثیرگذاری از جمله؛ سنگ شناسی، شیب، کاربری اراضی، عناصر خطی، بارش، جهت دامنه و ارتفاع را در روش

تحلیل سلسله مراتبی و تنها چهار عامل نخست را در روش رگرسیون چند متغیره مورد بررسی و در نهایت روش سلسله مراتبی سیستم ها به دلیل برخورداری از متغیرهای بیش تر و کلاسه بندی اصولی انتخاب و به کار گرفته شد. صادقی (1386) جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه چلاو از روش سلسله مراتبی (AHP) استفاده و نتایج قابل قبولی از کاربرد این روش به دست آورد. ناصربای و همکاران (1388) با استفاده از روش سلسله مراتبی اقدام به مطالعه و پهنه بندی حرکات توده ای در حوضه آبریز رودخانه مادرسو نمودند و این روش را برای پهنه بندی خطر لغزش مناسب تشخیص دادند. محمدی و همکارانش (1388) به منظور تهیه نقشه خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز هراز که قابلیت و توان بالایی برای رخداد این پدیده دارد، با بهره گیری از روش های عامل اطمینان، ارزش اطلاعاتی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS سعی در ارزیابی آن نمودند که نتایج نشان داد، مدل های عامل اطمینان، AHP و ارزش اطلاعاتی به ترتیب بیش ترین دقت را در تهیه نقشه خطر زمین لغزش در منطقه داشته اند. امیراحمدی و همکارانش (1389) در یکی از حوضه های شمالی کشور که میزان درصد زمین لغزش در آن به طور نسبی زیاد بوده، عوامل موثر در وقوع زمین لغزش ها را بررسی و از روش تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وزن عوامل استفاده و نتایج مشخص نمود که این روش از درجه اعتبار قابل قبولی برخوردار است. تاکنون در زون بینالود در ارتباط با حرکات توده ای از نوع زمین لغزش ها، هیچ گونه تحقیقاتی انجام نگرفته است. در دهه های اخیر، دامنه های شمالی زون بینالود که مشرف به کلان شهر مشهد می باشد، به لحاظ شرایط کوهستانی، تنوع لیتولوژی و اقلیمی، افزایش جمعیت و فشار بر منابع طبیعی و تغییر کاربری، از جمله مناطق مستعد برای وقوع خطر زمین لغزش ها به شمار می رود.

موقعیت محدوده مطالعاتی

گستره مورد مطالعه در برگیرنده دامنه های شمالی رشته ارتفاعات بینالود با مساحت 2742/9 کیلومترمربع می باشد که از نظر تقسیمات هیدرولوژیکی در حوضه آبریزکشف رود (بخشی از حوضه بزرگ قره قوم) واقع گردیده است. این منطقه شامل 23 حوضه آبریز که به لحاظ موقعیت جغرافیایی در ´05- ° 36 تا ´51 - ° 36 عرض شمالی و ´ 30- ° 58 تا ´40- ° 59 طول شرقی قرار گرفته و از نظر موقع نسبی در شمال شرق ایران، غرب کلان شهر مشهد و به موازات دشت مشهد- چناران امتداد یافته است. حداکثر ارتفاع منطقه 3170 و حداقل آن 967 متر از سطح دریا می باشد (قنبرزاده و همکاران، 1390 : 6). بارش سالانه در منطقه بین 190 تا 450 میلی متر از خط کنیک تا بالادست حوضه، متغیر می باشد و در مناطق مرتفع بینالود، بارش به شکل برف می باشد که آب حاصل از ذوب آن، آبهای سطحی و زیرزمینی را تغذیه می کند.



شکل 1 : موقعیت محدوده مورد مطالعه در حوضه آبریز کشف رود (شمال شرق ایران)

روش و داده های تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش تجربی - تحلیلی و با استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام گرفته است. در مرحله ی اول؛ مهم ترین عوامل تأثیرگذار بر وقوع زمین لغزش ها در منطقه مورد مطالعه طبق بازدیدهای میدانی و قضاوت کارشناسی مشخص شدند. این عوامل شامل؛ طبقات ارتفاعی، شیب، لیتولوژی، تراکم زهکشی، نوع خاک، پوشش گیاهی، نوع کاربری اراضی، بارش و فاصله از گسل می باشد که اطلاعات مورد نیاز آن ها به کمک نقشه های توپوگرافی رقومی سازمان نقشه برداری در مقیاس 25000 : 1 (برای تهیه لایه های شیب، سطوح ارتفاعی و . . .)؛ نقشه ی زمین شناسی به مقیاس 100000 : 1 (تهیه لایه لیتولوژی وفاصله از گسل)، تصاویر ماهواره ای برای تهیه لایه ی کاربری اراضی و عملیات میدانی به دست آمده و سپس لایه های اطلاعاتی مربوط به 9 عامل در محیط ArcGIS تولید شد. در مرحله دوم، پس از تهیه ی نقشه های عامل از متغیرها، به منظور تجزیه و تحلیل و پهنه بندی خطر لغزش در محدوده مورد مطالعه، اقدام به وزن دهی معیارها (لایه های اطلاعاتی) گردید. در این تحقیق جهت وزن دهی معیارها از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)،که یکی از روش های رایج و کاربردی برای تحلیل های فضایی و جغرافیایی و مکان یابی ها به شمار می آید (شمسی پور و همکاران، 1389 :58) استفاده شده است. این روش که به وسیله ساتی (1980) ارائه شده، امکان مقایسه زوجی بین معیارها و تشکیل ماتریس را برای آن ها فراهم می آورد. این فرآیند برای معیارهای تأثیرگذار در رخداد زمین لغزش

های منطقه، با استفاده از نرم افزار Expert Choice انجام گرفته است. در روش AHP به منظور تولید نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش منطقه، پس از تشکیل ماتریس مقایسه ی زوجی، تمامی معیارها به صورت دو به دو با هم مقایسه و با استفاده از جدول وزن دهی بین 1 تا 9 امتیازدهی شده است (جدول 1). یکی از مزیت های این فرآیند امکان بررسی سازگاری در قضاوت های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها با محاسبه ی ضریب ناسازگاری (I.R) است. چنانچه این ضریب کوچک تر یا مساوی با 0/1 باشد، سازگاری در قضاوت ها مورد قبول است (Ghodsipour, 2006:123)، در غیر این صورت باید در قضاوت ها تجدید نظر شود.

در نهایت، درجه اهمیت کلاس های هر معیار در جدول اطلاعاتی لایه ها وارد گردید و هر یک از لایه ها از حالت برداری به رستری تبدیل و بر اساس مقادیر کلاس بر روی آن ها عملیات ***Reclassify*** صورت گرفت و سپس با استفاده از ابزار ***Modelbuilder*** نرم افزار ***ArcGIS*** عملیات وزن دهی و همپوشانی نهایی انجام و نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش منطقه مورد مطالعه حاصل گردید.

جدول (1) : مقیاس درجه بندی شدت اهمیت شاخص های موثر در وقوع زمین لغزش برای ماتریس زوجی

توصیف درجه اهمیت شاخص	مقدار عددی
اهمیت برابر	1
اهمیت برابر تا اهمیت متوسط	2
اهمیت متوسط	3
اهمیت متوسط تا اهمیت قوی	4
اهمیت قوی	5
اهمیت قوی اهمیت خیلی قوی	6
اهمیت خیلی قوی	7
اهمیت خیلی قوی تا اهمیت فوق العاده قوی	8
اهمیت فوق العاده قوی	9

مأخذ: مالچفسکی، 1385

	طبقه ارتفاعی	شیب	تراکم زهکشی	لیتولوژی	نوع خاک	بارش	کاربری زمین	پوشش گیاهی	فاصله از گسل
طبقه ارتفاعی		3.0	5.0	2.0	6.0	4.0	2.0	3.0	6.0
شیب			7.0	2.0	8.0	6.0	4.0	5.0	8.0
تراکم زهکشی				6.0	2.0	2.0	4.0	3.0	2.0
لیتولوژی					7.0	5.0	3.0	4.0	7.0
نوع خاک						3.0	5.0	4.0	1.0
بارش							3.0	2.0	3.0
کاربری زمین								2.0	5.0
پوشش گیاهی									4.0
فاصله از گسل	Incon: 0.10								

جدول (2) : مقایسه زوجی معیارهای موثر در وقوع زمین لغزش های محدوده مطالعاتی

یافته های تحقیق :

محاسبه وزن دهی معیارهای موثر رانش زمین

در روش سلسله مراتب زوجی یا مدل AHP به خاطر این که اهمیت عامل را یکسان در نظر نمی گیرد و آن ها را اولویت بندی می کند، نتایج قابل قبولی ارائه می دهد (Ayalew & et.al,2005 : 17). روش AHP شامل سه گام اصلی در فرآیند اجرایی نرم افزار GIS است. گام اول؛ تولید ماتریس مقایسه دوتایی، گام دوم؛ محاسبه وزن های معیار و در نهایت؛ تخمین نسبت توافق است (هادیانی و همکاران، 1389 : 105). در ارزیابی چندمعیاره، وزن دهی باعث می شود که لایه های مختلف ارزش های متفاوتی پیدا کنند و از این طریق تجزیه و تحلیل ها با دقت بیش تری صورت گیرد (صادقی و همکاران، 1390 : 133). بر این اساس برای تعیین وزن هر یک از معیارهای 9 گانه موثر در رخداد زمین لغزش های محدوده مطالعاتی، ماتریس 9×9 به صورت جدول (2) تعریف گردید. وزن هر معیار بیانگر میزان اهمیت هر عامل نسبت به سایر عوامل است. سپس با استفاده از نرم افزار Expert Choice مقایسه ی دو به دوی فاکتورها و اولویت بندی عوامل بر اساس وزن آن ها محاسبه شده است. در بین عوامل، بیش ترین وزن معیار مربوط به عامل شیب با 0/303 و کم ترین وزن نیز با رقم 0/022 به فاصله از گسل و نوع خاک اختصاص دارد. هم چنین ضریب ناسازگاری در این پژوهش 0/1 به دست آمد که حاکی از سازگاری خوب آن است.

مأخذ: نگارندگان، خروجی نرم افزار Expert Choice

جدول (3) : وزن استاندارد معیارهای موثر در وقوع زمین لغزش ها به روش *AHP* در محدوده مطالعاتی

ردیف	عوامل	وزن استانداردشده
1	طبقات ارتفاعی	0/122
2	شیب	0/303
3	تراکم زهکشی	0/032
4	لیتولوژی	0/220
5	نوع خاک	0/022
6	پوشش گیاهی	0/088
7	کاربری زمین	0/097
8	بارش	0/094
9	فاصله از گسل	0/022

مأخذ: نگارندگان

در مرحله بعد،کلاسه بندی نقشه های عامل را به منظور میزان اثر آن ها در وقوع خطر زمین لغزش مورد ارزش گذاری قرار داده و با استفاده از عملیات میدانی و درجه تأثیرگذاری و استخراج داده های پرسشنامه، اقدام به تعیین درجه اهمیت برای معیارها گردیده است. در نهایت بازه های امتیازگذاری کلاسه ها با قضاوت کارشناسی و با توجه به اختصاصات محیطی منطقه انجام گرفت. پس از ضرب وزن هر معیار در عامل مورد نظر و جمع این اعداد با استفاده از فرمول، می توان ضریب خطر یا ریسک منطقه را نسبت به زمین لغزش ها محاسبه کرد.

تحلیل ارتباط متغیرها با ناپایداری دامنه ای

پدیده ی لغزش برخوردار از شرایط خاصی است، این شرایط به همراه فرآیندهای ژئودینامیک، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، شدت و تداوم بارندگی و زمین لرزه ها باعث شکل گیری زمین لغزش می گردند (پورقاسمی و همکاران، 1386: 420). وقتی چنین شرایطی در یک محیط حاکم باشد در آن صورت دخالت انسان در سطح دامنه ها به منظور ایجاد باغ، راه سازی، خانه سازی و کشاورزی می تواند احتمال وقوع آن را افزایش دهد. از این رو

لازمه ی اجرای هر اقدام در چنین محیط هایی، شناسایی مناطق حساس به لغزش و رتبه بندی آن ها از نظر شدت و ضعف است (علائی طالقانی و همکاران، 1390: 58). مسلماً شناسایی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش های یک منطقه و پهنه بندی خطر آن یکی از فاکتورهای اساسی جهت دستیابی به راهکارهای کنترل این پدیده است. عوامل وقوع زمین لغزش را در منطقه مورد مطالعه می توان به دو گروه طبیعی و انسانی تقسیم نمود. از بین 9 عامل تأثیرگذار، عامل شیب با وزن 0/303، لیتولوژی0/220، طبقات ارتفاعی 0/122 و کاربری اراضی با وزن 0/097 به ترتیب بیش ترین تأثیرگذاری را در وقوع زمین لغزش های منطقه داشته اند. به لحاظ زمین شناسی در محدوده مورد مطالعه علاوه بر رخساره های رسوبی، سنگ های دگرگونی و سنگ های آذرین رخنمون داشته که واحدهای لیتولوژیک آذرینی بیش تر در بینالود شرقی واقع گردیده اند. بیش ترین مساحت منطقه مورد مطالعه مربوط به واحدهای لیتولوژی فیلیت و شیست سازند مشهد، ماسه سنگ ها و ماسه سنگ های میان لایه ای با مارن و سنگ های دگرگونی مجاورتی است که 42/6 ٪ از سطح محدوده مطالعاتی را در برگرفته است. سازندهای مزدوران 1 و 2 متشکل از واحدهای سنگی دولومیت و سنگ آهک و آهک های نازک لایه سازند لار با 23/6 ٪ و تراس و مخروط افکنه های کوهپایه ای جدید کم ارتفاع و قدیمی مرتفع و هم چنین آبرفت های رودخانه ای جدید 16/6٪ از کل محدوده را داشته اند. همان گونه که در جدول 3 ملاحظه می شود، سنگ های رسوبی شیلی –ماسه سنگی و آهک های میکرولیتی و هم چنین مارن ها دارای بیش ترین درصد ناپایداری در پهنه های خطر زیاد و خیلی زیاد (بین 53 تا 75 درصد) داشته اند. پهنه کم خطر نیز در سنگ های آهکی سازند تیرگان و دلیچای (55/8٪)، گرانیت و سنگ های بازیکی (52/4٪) از گسترش بیش تری برخوردار است. شیب از عوامل اصلی آمادگی گسیختن دامنه ها به شمار می رود و به دو صورت طبیعی و مصنوعی تغییر می یابد. در تحلیل عامل شیب با توجه به تأثیر آن در ناپایداری دامنه ها در منطقه به پنج گروه طبقه بندی گردید. اثر شیب های بحرانی به ویژه در نواحی دارای هوازدگی زیاد از اهمیت بیش تری برخوردار است. از کل وسعت منطقه، 45/7 درصد از آن در طبقه شیب 5 تا 15درجه، 31/6 ٪ قلمروی مطالعاتی شیب کم تر از 5 درجه و 19/8 ٪ از محدوده در شیب 15 تا 30 درجه واقع شده اند. مابقی منطقه یعنی 2/9 ٪ از آن شیبی بیش تر 30 درجه داشته اند. مطالعات انجام شده به صورت میدانی حاکی از آن است که طبقات شیب 5 تا 15 و 15 تا 30 درجه جزو شیب های بحرانی از نظر وقوع زمین لغزش ها می باشند. از نظر ناحیه ای تفاوت های نسبتاً کمی در طبقات شیب و نسبت آن ها در زیرحوضه ها مشاهده می شود. زمین لغزش ها با درجه خطر خیلی زیاد عمدتاً در شیب های 5 تا 15 درجه رخ داده است. در مجموع بیش ترین زمین لغزش های محدوده با خطر زیاد و خیلی زیاد در شیب های 5 تا 30 درجه دیده شده است.

بررسی طبقه های ارتفاعی در منطقه نشان داد که طبقه های 1600 – 1200 و 2000 -1600 متر به ترتیب با 39/5 و 24/9درصد، بیش ترین مساحت از محدوده را داشته اند. بیش ترین درصد وقوع زمین لغزش های با خطر خیلی زیاد با 19/2٪ مربوط به سطوح ارتفاعی 2000 -1600 متر بوده است. پراکنش پهنه های زمین لغزش با درجه خطر زیاد نیز در طبقه های ارتفاعی 2400 – 2000 و 2000 – 1600 متر مشاهده می شود. در این سطوح، شرایط مساعد رطوبتی، افزایش پدیده خاکزایی و ضخامت خاک و در نتیجه افزایش فعالیت های باغداری و به دنبال آن تغییر کاربری زمین (ویلاسازی و تأسیسات تفریحی و تفرجی)، زمینه را برای وقوع زمین لغزش ها فراهم آورده است. کم ترین لغزش ها در ارتفاع 1200-800 و بیش از 2800 متر است.

از عواملی که نقش مهمی در مورفودینامیک دامنه ها به عهده دارند، کاربری اراضی و نوع استفاده از زمین است (یمانی و همکاران، 1390: 14). اکثر پوشش گیاهی منطقه را مراتع (59/2٪ از وسعت کل منطقه) تشکیل داده اند. بررسی ارتباط کاربری اراضی و زمین لغزش نشان می دهد که بیش تر لغزش ها با خطر خیلی زیاد در کاربری باغات (26/4٪) رخ داده است. پهنه زمین لغزش های کم خطر در اراضی زراعی آبی و وقوع زمین لغزش ها با درجه خطر متوسط و زیاد عمدتاً در مناطق با پوشش گیاهی مرتعی و مناطق متأثر از فعالیت های انسانی مثل باغات، پوشش دست کاشت و دیم کاری ها رخ داده است. به طوری که عمده ی فعالیت های انسانی جهت مقاصد مختلف در سطح همین اراضی و حتی به سمت این مناطق است. افزایش و توسعه ی تغییرات کاربری اراضی (توسعه ی ساخت و سازهای مسکونی، شبکه راههای ارتباطی و مراکز تفریحی و توریستی) بر رویکرد ناپایداری های دامنه ای تأثیرات مستقیم دارد. فراوانی وقوع زمین لغزش ها با میزان دستکاری و تصرف اراضی منطقه ارتباط معناداری داشته و همبستگی مستقیمی را نشان می دهد.

جدول (4) : پراکنش پهنه های زمین لغزش در واحدهای سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه

ردیف	واحدهای سنگ شناسی	مساحت ازکل (%)	درصد مساحت رده خطر			
			کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
1	سنگ آهک دولومیت و آهک های میکرولیتی	23/6	16	23/9	60/1	0
2	مارن، ژیپس، کنگلومرا و شیل	3/9	3	43/6	17/5	35/9
3	تراس، مخروط افکنه و آبرفت	16/6	53/8	30/2	12/8	3/2
4	ماسه سنگ، فیلیت و تناوب فیلیت و آهک	42/6	4/7	20/1	55/4	19/8
5	سنگ آهک همراه با میان لایه های مارنی و ژیپسی	3/3	38/1	18/8	40	3/1
6	سنگ آهک قهوه ای و آهک رسی تیرگان و دلیجان	4/5	55/8	39/7	4/1	0/4
7	گرانیت و گرانودیوریت و سنگ های بازیکی	5/5	52/4	39/5	8	0/1

مأخذ: یافته های تحقیق

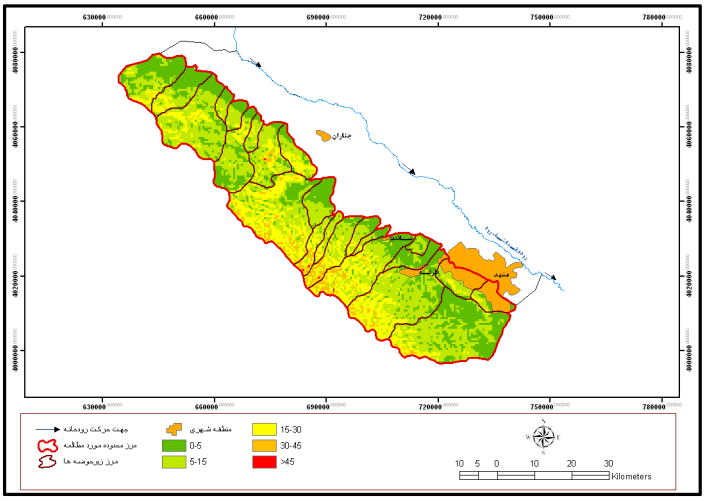
جدول (5) : پراکنش پهنه های زمین لغزش در کلاس های شیب منطقه مورد مطالعه

ردیف	رده شیب	مساحت ازکل (%)	درصد مساحت رده خطر			
			کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
1	0 - 5	31/6	62/2	30/5	6	1/3
2	5 - 15	45/7	2/5	12	65/2	20/3
3	15 - 30	19/8	1/8	41/1	53/5	3/6
4	+ 30	2/9	10/7	76/7	10/8	1/8

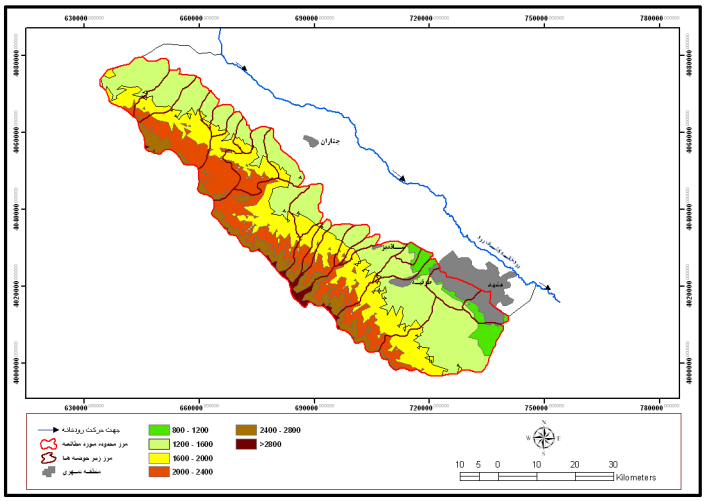
مأخذ: یافته های تحقیق

جدول (6) : پراکنش پهنه های زمین لغزش در طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

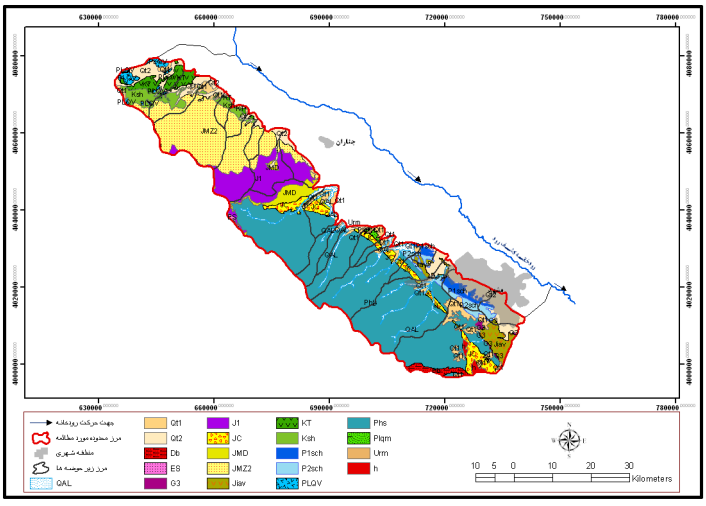
ردیف	ارتفاع (متر)	مساحت ازکل (%)	درصد مساحت رده خطر			
			کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
1	800 - 1200	7	61/2	25/7	12/8	0/3
2	1200 - 1600	39/5	33/7	27	32/7	6/6
3	1600 - 2000	24/9	6/6	18	56/2	19/2
4	2000 - 2400	19/8	8/7	14/9	60/7	15/7
5	2400 - 2800	7/6	6/5	58/7	34/3	0/5
6	> 2800	1/2	2/7	82/7	14/6	0



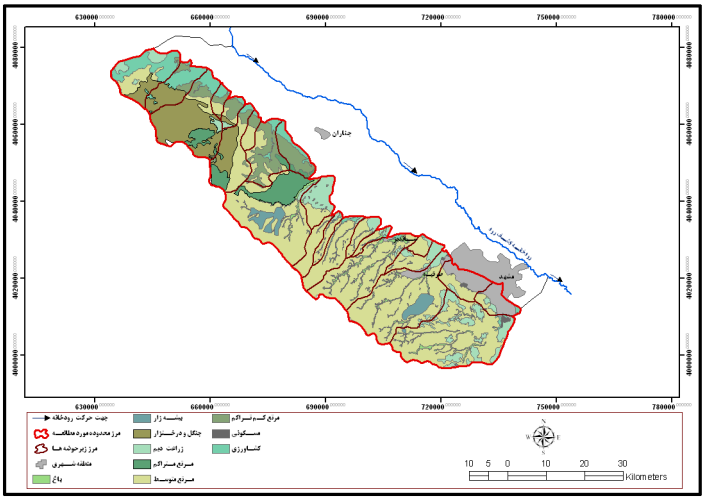
شکل2 : نقشه طبقات شیب در منطقه مورد مطالعه



شکل 3 : نقشه سطوح ارتفاعی منطقه مورد مطالعه



شکل 4 : نقشه واحدهای لیتولوژی منطقه مورد مطالعه

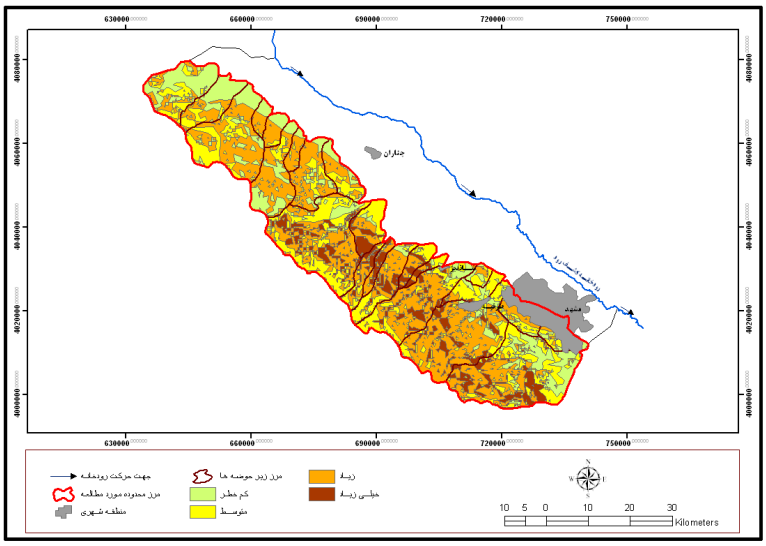


شکل 5 : نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

تهیه نقشه پهنه بندی لغزش با روش آماری زوجی

در حال حاضر در کشورهای درگیر با مسأله زمین لغزش تمایل فزاینده ای به ارزیابی و پهنه بندی خطر این پدیده فراگیر با ابداع مدل های متنوع و شاخص سازی متناسب با شرایط و نیازها وجود دارد تا از نتایج آن بتوان در تقویت سیستم اعلام هشدارهای طبیعی و ایمنی جامعه استفاده نمود (خلیلی زاده و همکاران، 1388: 60). در این تحقیق به منظور تهیه نقشه پهنه بندی، ابتدا تمامی لایه هایی که توسط مدل سلسله مراتبی (AHP) وزن دهی شده اند را در محیط ArcGIS به صورت رقومی در آورده و سپس از طریق Spatial Analyst (تحلیل فضایی) با استفاده از دستور Reclassify لایه های مذکور را بر اساس وزن آن ها به کلاس هایی تقسیم و سپس تلفیق لایه ها از دستور Raster calculator انجام و در نهایت خروجی به صورت نقشه پهنه بندی ریسک خطر زمین لغزش ها در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. با توجه به این که قلمروی مطالعاتی از خط کنیک تا خط الرأس ارتفاعات بینالود بوده است، بنابراین بیش ترین توزیع درصد مساحت در نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش، متعلق به رده با خطر زیاد (42/6%) و کم ترین متعلق به رده خطر خیلی زیاد (10/5%) است. در این منطقه کلاس خطر متوسط 25/4٪ و خطر کم نیز 21/5٪ از کل مساحت را داشته اند. به این ترتیب مجموعاً 53/1 درصد از قلمروی مورد مطالعه دارای پهنه های پرخطر و بسیار پرخطر از نظر زمین لغزش بوده اند و سهم بینالود غربی از زمین لغزش های زیاد و خیلی زیاد بیش تر از بینالود شرقی می باشد. تغییر و تشدید کاربری اراضی و تمرکز فعالیت های گردشگری به ویژه در حاشیه رودخانه ها از عوامل مهم فعال کردن زمین لغزش ها در بینالود غربی بوده است. بهرحال

شناخت نواحی مستعد وقوع زمین لغزش و حرکات توده ای از ضروریات مدیریت منابع طبیعی و برنامه ریزی توسعه ای و عمرانی است (رمضانی و همکاران، 1389: 129).



شکل 6 : نقشه پهنه بندی درجه شدت خطر زمین لغزش در محدوده مطالعاتی

نتیجه گیری

نتایج حاصل از اولویت بندی عوامل موثر در ناپایداری دامنه ای با بهره گیری از روش سلسله مراتب زوجی در منطقه مورد مطالعه، نشان داد که ویژگی های شیب دامنه و زمین شناسی بیش ترین تأثیر را بر رخداد زمین لغزش ها دارند، هم چنین تغییر کاربری زمین از عوامل تشدید کننده این پدیده می باشد. به طورکلی مناطق مرکزی محدوده مورد مطالعه بیش ترین پتانسیل را برای وقوع زمین لغزش دارا بوده و ناپایدار هستند، این پهنه ها عمدتاً در محدوده تراکم روستاها، فضاهای تفرجی و ییلاقی، کاربری های گردشگری و شبکه دسترسی آسان به کلان شهر مشهد می باشد. زمین لغزش های مشاهده شده در بالادست حوضه های آبریز بینالود شمالی، بسیار کم و ناچیز می باشد، در صورتی که در قسمت های مرکزی و پایین دست حوضه ها به خصوص در حوضه های آبریز گلستان، شاندیز و گلمکان به ویژه در حاشیه رودخانه ها و در مجاورت شبکه راههای ارتباطی، به وفور شاهد تأثیرات تشدیدی عوامل آنتروپوژنیک (فعالیت های انسانی) از قبیل ساختمان سازی و توسعه غیراصولی فعالیت های گردشگری، بر وقوع زمین لغزش ها هستیم. هم چنین وسعت زیادی از اراضی مشجر و باغ های منطقه مورد ساخت و ساز مسکونی و توسعه خانه های دوم قرار گرفته اند. تسطیح و تراس بندی دامنه ها به منظور ساخت و سازها نه تنها موجب به هم خوردن تعادل دامنه ها شده بلکه موجب افزایش وزن بار دامنه ها نیز شده است. به طوری که تغییرات کاربری اراضی در سال های اخیر سیر صعودی پیدا کرده و این مسأله عمدتاً نتیجه همجواری با

کلان شهر مشهد و شرایط اقلیمی و ییلاقی این منطقه می باشد. در مجموع پهنه های خطر زیاد با 42/6٪ از مساحت کل منطقه، بیش ترین پراکنش را داشته اند. پهنه متوسط خطر 25/4% ، خطر خیلی زیاد 10/5% و درجه خطر کم 21/5% از وسعت محدوده را در برگرفته اند.

منابع

1- احمدی، حسن، اباذر، اسمعیلی، فیض نیا، سادات و شریعت جعفری، محسن (1382). پهنه بندی خطر حرکت های توده ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره و تحلیل سلسله مراتبی، مجله منابع طبیعی ایران، شماره 4، صص 13ـ11.

2- استانداری خراسان رضوی (1389). لایه های نقشه های تقسیمات کشوری محدوده مورد مطالعه در محیط GIS .

3- امیراحمدی، ابوالقاسم، کامرانی دلیر، حمید و صادقی، محسن (1389). پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، مطالعه موردی: حوضه آبخیز چلاو آمل، فصلنامه جغرافیا، انجمن جغرافیایی ایران، شماره 27، صفحات 203ـ182.

4- بای، ناصر (1388). بررسی و پهنه بندی حرکات توده ای با تأکید بر لغزش (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه مادرسو، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

5- پورقاسمی، علیرضا، مرادی، حمیدرضا و محمدی، مجید (1386). پهنه بندی خطر زمین لغزش با روش آماری Frequency ratio در حوزه آبخیز صفارود، مجموعه مقالات سومین کنفرانس آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

6- خلیلی زاده، مجتبی و موغلی، مرضیه (1388). بررسی مدل حائری ـ سمیعی در پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز صفی آباد ـ استان گلستان)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره 3، صفحات 70 ـ 59.

7- رأفت نیا، نصرت الله، کاویانپور، محمدکاظم و احمدی، توفیق (1390). بررسی علل وقوع پدیده زمین لغزش در جنگل گلندرود (مطالعه موردی: سری 3 حوزه آبخیز48)، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال ششم، شماره اول، صفحات 64 ـ 53.

8- رمضانی، بهمن و ابراهیمی، هدی (1389). زمین لغزش و راهکارهای تثبیت آن، فصلنامه جغرافیای آمایش، شماره 7، صفحات 139 ـ 129.

9- سازمان آب منطقه ای خراسان رضوی (1389). بخش آبهای سطحی ، آمار و اطلاعات هیدرولوژی .

10- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (1371). نقشه توپوگرافی مقیاس 250000 : 1، برگه مشهد .

11- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (1365). نقشه زمین شناسی، مقیاس 250000 : 1 ، برگه مشهد.

12- سازمان نقشه برداری شمال شرق کشور (1373). عکس های هوایی بلوک مشهد، باندهای 6 تا 14 .

13- سازمان نقشه برداری شمال شرق کشور (1380). نقشه های توپوگرافی مقیاس 50000 : 1 ، منطقه بینالود شمالی.
14- سازمان نقشه برداری شمال شرق کشور (1381). نقشه های توپوگرافی مقیاس 25000 : 1 ، منطقه بینالود شمالی.
15- سازمان هواشناسی کشور (1390). آمار و اطلاعات ایستگاه های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه.
16- شادفر، صمد، قدوسی، جمال، خلخالی، سیدعلی و کلارستاقی، عطاالله (1387). بررسی و ارزیابی روش های آماری دو متغیره و LNRE در پهنه بندی خطر زمین لغزش، مطالعه موردی: حوزه ی آبخیز جنت رودبار، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره 78.
17- شریعت جعفری، محسن و غیومیان، جعفر (1387). ارزیابی کارآیی مدل آنالیز آماری دو متغیره در پهنه بندی خطر رانش زمین، مجله علوم دانشگاه تهران، شماره 34.
18- شمسی پور، علی اکبر و شیخی، محمد (1389). پهنه بندی مناطق حساس و آسیب پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس با روش طبقه بندی فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره 73.
19- شیرانی، کورش، غیومیان، جعفر و مختاری، احمد (1399). بررسی و ارزیابی روش های آماری دو متغیره و چند متغیره در پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه رودخانه ماربر.
20- صادقی، آسیه، لانه کار، افشین، خراسانی، نعمت اله و نعیمی، بابک (1390). تحلیل مطلوبیت سرزمین جهت مکان یابی نیروگاه حرارتی با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاره ی محیط زیستی، فصلنامه پژوهشی جغرافیا و توسعه، شماره 23، صفحات 140_123.
21- صادقی، محسن (1386). پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه چلاو با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
22- علایی طالقانی، محمود و رحیم زاده، زهرا (1390). پهنه بندی حساسیت دامنه ها به ناپایداری (لغزش) در حوضه ی آبخیز جوانرود با استفاده از مدل آماری دو متغیره تراکم سطح، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره 22، صفحات 72 ـ 57.
23- قنبرزاده، هادی، بهنیافر، ابوالفضل و شهری، مرضیه (1390). شناسایی و پهنه بندی ریسک زمین لغزش در حوضه آبریز کشف رود غربی، معاونت پژوهش و فنآوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، طرح پژوهشی.
24- گرایی، پ (1385). بررسی حرکت های توده ای زمین به منظور ارایه مدل منطقه ای پهنه بندی خطر در حوضه آبخیز لاجیم رود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، دانشکده منابع طبیعی ساری.
25- مالچفسکی، یاچک (1385). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، ترجمه: اکبر پرهیزگار و عطا غفاری گیلانده، انتشارات سمت تهران.
26- محمدخان، شیرین (1380). تهیه مدل برای پهنه بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی حوضه آبخیز طالقان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

27- محمدی، مجید و مساعدی، ابوالفضل (1384). بررسی کارآیی مدل حائری ـ سمیعی در پهنه بندی خطر زمین لغزش، مطالعه موردی: حوضه قویجق استان گلستان، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، صفحات 394ـ 387.

28- مرکز ملی آمار کشور (1385). آمار سرشماری عمومی نفوس و مسکن کشور، منطقه بینالود شمالی.

29- وزارت کشاورزی (1378). نقشه خاک های ایران، مقیاس 250000 : 1 ، منطقه بینالود شمالی.

30- هادیانی، زهره و کاظمی زاد، شمس اله (1389). مکان یابی ایستگاه های آتش نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS، نمونه موردی: شهر قم، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره 17.

31- یمانی، مجتبی و جابری، مریم (1390). تأثیر تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی بر مورفودینامیک دامنه ها در حوضه ی آهار، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره 24، صفحات 21ـ5.

32- یمانی، مجتبی، محمدی، ابوطالب و نگهبان، سعید (1389). پهنه بندی زمین لغزش در حوضه ی آبخیز توتکابن با استفاده از مدل های کمی، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره 19، صفحات 98 ـ 83.

33- بهنیافر، ابوالفضل ، قنبرزاده، هادی (1395) ژیومورلوژی قلمروهای کارستی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

34- Ayalew, L., Yamagishi, H., (2019). The Application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, central Japan.Geomorphology, 65-15, 31.

35- Ghodsipour, H.,(2006). Discussion about multi criteria decision and AHP, publication Amirkabir Industry University , 220pp.

36- Komac, M.,(2006). A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in prialpine Slovenia, Geomorphology, 74, 17-28.

37- Mohammadi, A.,Heshmatpoor, A., Mosaedi, A. (2004). Study on Efficiency of an Iranian Method for Landslide Hazard Zonation in Golestan province. EGUJ-1 st General Assembly.Nice.France.

38- Yalcin, A., (2008). GIS-Based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen(Turkey):Comparisons of results and confirmations, Catena, 72,(1-12).

Abstruct:
Landslides are one of the most important environmental hazards in mountainous areas. Nowadays, the use of statistical and geostatistical methods has been developed in the mapping of these drifts. Suitable climatic changes and population pressures in the region have caused a part of the population of the metropolis of Mashhad to build second homes in the summer areas and develop them on the steep slopes of the mountainous and intermountain slopes of the region. This process has caused the balance of the slopes to be disturbed and eventually instability and increased approach of landslides. Based on this, the main goal of the research was to identify the effective factors and zoning the landslide risk potential in different areas in order to reduce the damages caused by it. In order to prepare the landslide risk zoning map of the region, the hierarchical statistical analysis method (AHP) was used in the GIS environment, firstly, with field investigations and the preparation of information layers through the available maps and sources, the most important factors affecting the occurrence of landslides including; Lithology, slope, elevation classes, drainage density, soil type, vegetation cover, land use, precipitation and distance from the fault, identification and information layers of these factors in the ArcGIS environment and with the help of Expert Choice software, preparation and determination of weight and priority Classification of factors and production of landslide risk zoning map was done using AHP. The results showed that the weight of slope, lithology, height and land use factors are more than other factors in the region with 0,303, 0,220, 0,122 and 0,097, respectively, and as a result, their effect on range instability. It has more intensity. According to the landslide risk zoning map, 42,6% of the area is at high risk, 25,4% is at medium risk, 21,5% is at low risk and 10,5% of the area is at very high risk. The density of landslide zones with a high and very high risk level is mainly observed in the central areas of Binaloud and basins close to Mashhad, especially in Shandiz, Golestan and Golmkan basins.
Keywords: Landslide risk zoning, AHP method, geographic information system, West River discovery basin.