پژوهش و فناوری محیط زیست، دوره اول، شماره یک، پاییز و زمستان 95، صفحه‌ی 7-13

کاربرد روش Fuzzy AHP در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در محیط GIS مطالعه موردی: حوضه آبخیز امامزاده ابراهیم

مریم حقیقی خمامی[*1]
Haghighi@acecr.ac.ir

چکیده
زمین لغزش یکی از پدیده های زمین شناسی است که هر ساله باعث ایجاد خسارتهای جانی و مالی فراوانی در سطح کشور می‌شود. از آن‌جا که مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و انسانی به وقوع خسارت های زیاد ناشی از زمین لغزش دامن زده، این پدیده به‌عنوان عاملی محدود کننده در سیاست‌های توسعه اراضی محسوب می‌شود. یکی از راه‌کارهای مهم برای کاهش خسارت‌های ناشی از وقوع زمین لغزش‌ها، دوری جستن از این مناطق است. بدین منظور لازم است تا نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش نسبتاً دقیقی از بین روش‌های موجود برای این مناطق تهیه گردد. بدین سبب این تحقیق بر آن است تا به منظور تعیین مناطق دارای پتانسیل لغزش بالاتر و بررسی میزان تاثیر عوامل مختلف در محیط GIS، از روش‌های جدید استفاده گردد. بدین منظور ابتدا پارامترهای موثر با مطالعات صحرایی و بررسی مطالعات صورت گرفته در این زمینه انتخاب گردید و لایه‌های مربوط به هر کدام در محیط GIS[1] و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10,2 تهیه شد. این لایه‌ها شامل اطلاعات مربوط به سنگ شناسی، شیب، جهت شیب دامنه، کاربری اراضی، شبکه راهها، فاصله از گسل، ارتفاع منطقه و شبکه آبراهه‌های حوضه آبخیز امامزاده ابراهیم در استان گیلان می‌باشد. ابتدا استانداردسازی لایه‌ها با استفاده از Fuzzy logic صورت گرفت سپس با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP[2] این عوامل به‌صورت زوجی مقایسه و وزن هر یک از عوامل که مبین میزان تاثیر آن‌ها است، محاسبه و درنهایت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با حساسیت‌های مختلف تهیه شد. عامل شیب با ضریب 0/308 و سنگ‌شناسی با ضریب 0/231 در وقوع زمین لغزش بالاترین تاثیر را داشته و باید با تاکید بیشتری جهت برنامه‌ریزی مدیران و سیاست‌گذاری‌های توسعه در حوضه مدنظر قرار گیرند. همچنین 39% از مساحت حوضه دارای حساسیت کم و 2% دارای حساسیت بسیار بالا نسبت به وقوع خطر زمین لغزش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، Fuzzy logic، AHP، زمین لغزش، پهنه‌بندی.

Evaluation of Ecotourism in Boujagh National Park using multi-criteria analysis and GIS

Maryam Haghighi*[1]

1- Member of Research Board of Environmental Research Institute, Rasht

Abstract
Landslide is a geological phenomenon which cause annual enormous losses of life and property in the country. Since the set of natural and human factors contributed to the damages caused by the landslide, this phenomenon is known as the limiting factor in land development policies. One of the most important solution to reduce the damages caused by landslides, is to avoide these areas. For this it is essential to provide high accuracy maps of landslide hazard zoning by an available and suitable method. Thus in this study GIS (Geographic Information System) was utilized to determine the high risk areas and evaluate the impact of various factors. At first the influenced factors were selected by field and other reserchers studies then the layers were prepared on GIS (by the use of ArcGIS 10.2). These layers are lithology, slope, aspect, land use, road networks, distance to fault, elevation and drainage watershed in Emamzade Ebrahim watershed in west of Guilan province, Iran. In step 1, standardization of the layers was done using Fuzzy logic. Step 2, analyze hierarchi prossess (AHP) was used to pair-wise comparison of these factors and the weight of each factor, which represents the degree of their influence had been calculated and finally landslide hazard zonation map was prepared with different sensitivities. Slope by the weight of 0/308 and lithology 0/231 had highest impact and should be more emphasis and considere on basin development planning managers and policy makers. Also 39% of the basin area has low sensitivity and 2% has very high sensitivity to the risk of the occurrence of landslide hazard.

Keywords: capability assessment, ecotourism, AHP, FuzzyAHP

1- عضو هیئت علمی، پژوهشکده محیط زیست جهاددانشگاهی، رشت

1- مقدمه

آهنگ روبه رشد توسعه و عمران شهری و روستایی همراه با نتایج ارزنده در بهبود وضعیت ساکنین کرۀ زمین موجب بروز برخی ناهنجاری‌های طبیعی گردیده است. حرکات دامنه‌ای و به‌طور اخص زمین لغزش‌ها در زمرۀ پرخسارت‌ترین آن‌ها است که همگام با دستکاری بشر در سیستم‌های طبیعی اخیر شتاب فزاینده‌ای یافته است [2]. از آنجا که پیش‌بینی زمان رخداد زمین لغزش‌ها از توان علم و دانش خارج است، لذا با شناسایی مناطق حساس به زمین لغزش و رتبه‌بندی آن می‌توان تا حدود زیادی خسارات ناشی از بروز زمین لغزش را محدود نمود. از این‌رو شناسایی عوامل موثر بر زمین لغزش و پهنه‌بندی خطر آن جهت مشخص نمودن مناطق مستعد و پرخطر ابزار اساسی بررسی و کمک به برنامه‌ریزان جهت برنامه‌ریزی واقدامات موردنیاز است [9]. این در حالی است که این شناسایی و طبقه بندی گامی است مهم در ارزیابی خطرات محیطی جهت برنامه‌ریزی در کنترل بلایای طبیعی [13].

از طرفی درصد بروز این پدیده در مناطق شمالی کشور به علت داشتن شرایط خاص اقلیمی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و عوامل انسانی چون نظیر کاربری زمین و احداث شبکه راه‌های ارتباطی، نسبت به سایر نقاط کشور بالا بوده و هر ساله خسارات مالی زیادی در قالب تخریب مراکز فعالیت‌های اقتصادی، فرسایش خاک، تخریب راههای ارتباطی و ... را متوجه این مناطق می سازد.

با وجود مدیریت پذیر بودن این پدیده جهت استفاده بهینه از محیط طبیعی و منابع موجود و ایجاد تاسیسات اقتصادی و زیربنایی می‌توان با شناخت کامل از محیط و اعمال مدیریت صحیح در استفاده از آن، نسبت به تقلیل اثرات مخرب آن در محیط اقدام نمود [3].

تاکنون تحقیقات متعددی در داخل و خارج کشور در زمینه پهنه بندی خطر زمین لغزش انجام گرفته است. سابقه مطالعه و بررسی در این ارتباط در کشورهای توسعه‌یافته به دهه 60 میلادی باز می‌گردد و در ایران عمده فعالیت آن به سال‌های 1370-80 بر می‌گردد. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعات حافظی 1372، حق شناس 1374، مهدوی‌فر 1376، ایزانلو 1377، کرم 1380، محمدخان 1380، احمدی 1382، شادفر 1384و عبدی‌نژاد 1386 اشاره نمود [4]. در این بین مدل هایی چون رگرسیون چند متغیره و تحلیل سلسله مراتبی جهت بررسی اثرات ناشی از بروز زمین لغزش‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌کار گرفته شده و متغیرهای مختلفی در آن‌ها بصورت فاکتورهای تاثیرگذار در ارزیابی اثرات و برنامه ریزی‌ها داخل شد. روش AHP که در سال 1980 توسط Šatty ارائه گردید یک روش ساده و انعطاف‌پذیر جهت درک و تجزیه و تحلیل مسائل پیچیده می‌باشد که یک قاعده تصمیم‌گیری چند معیاره چندهدفی بوده و در آن پارامترهای کیفی به اندازه پارامترهای کمی در فرایند تصمیم‌گیری مورد لحاظ قرار می‌گیرد [6]. در بررسی‌های انجام گرفته روش سلسله مراتبی به جهت برخورداری از متغیرهای بیشتر و کلاسه‌بندی اصولی و بدون اعمال نظر کارشناسان به‌عنوان مدلی قابل قبول پذیرفته شد [1]. شیرانی 1389 در حوضه رودخانه مابر جهت صحت‌سنجی روش تحلیل سلسله مراتبی و رگرسیون چند متغیره MR[1] با کمک سیستم GIS از لایه‌های شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از آبراهه، جاده‌ها، فاصله از گسل، پوشش گیاهی و خطوط هم بران منطقه استفاده نمود. نتایج این بررسی نشان داد که هر دو روش، دارای دقت تقریباً یکسان در تفکیک پهنه های خطر با شاخص زمین لغزشِ کاملاً مشخصی هستند، اما روش سلسله مراتبی براساس شاخص مجموع کیفیت که شاخص صحت نیز نامیده می‌شود دارای مطلوبیت بیشتری است.

از مزایای روش تحلیل سلسله مراتبی این است که در آن عوامل موثردر وقوع زمین لغزش‌ها در ابتدای کار به طرز منطقی تری وزن‌دهی شده و عوامل مختلف به ترتیب اهمیت شان اولویت‌بندی می‌شوند و از طرفی امتیازدهی کلاس‌های مختلف هر عامل ساده‌تر بوده و می‌توان مراحل کار را چندین بار تکرار کرد تا به نتایج بهتری دست یافت و در نهایت در مدل به‌دست آمده عوامل زیادی در نظر گرفته شده که از این طریق دقت بیشتری در کار پهنه‌بندی وجود خواهد داشت. از طرف دیگر به‌کارگیری منطق فازی، ساده بوده و قادر است مسائل پیچیده‌ای را که با روش‌های معمولی ریاضی حل نمی‌شوند، به سادگی و در زمانی کمتر حل کنند که در ادقام با روش تحلیل سلسله مراتبی و روش‌های GIS باعث می‌شود که اعمال مدل نهایی در واحدهای همگن به طرز ساده‌تری انجام گیرد [10].

با توجه به اهمیت مسایل مرتبط با زمین لغزش و پدیده حرکات توده‌ای در منطقه از قبیل تخریب مناطق مسکونی به ویژه در مناطق روستایی، جاده های جنگلی و روستایی و تخریب زمین‌های کشاورزی و تشدید فرسایش خاک، هدف از این مطالعه مشخص نمودن مکان‌های مستعد این پدیده در منطقۀ تحقیق با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی با استانداردسازی فازی و ابزار GIS برای پیش‌بینی خطرات بالقوه لغزش و پهنه بندی آن به درجات مختلف جهت ایجاد بنیانی برای سایر برنامه ریزی‌ها و نحوه استفاده از زمین می باشد.

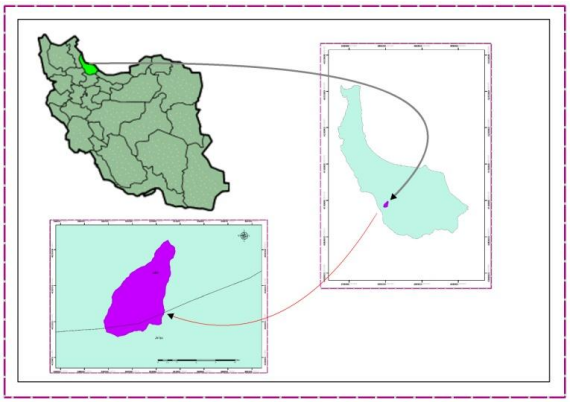
2- مواد و روش ها

2-1- منطقه مورد مطالعه

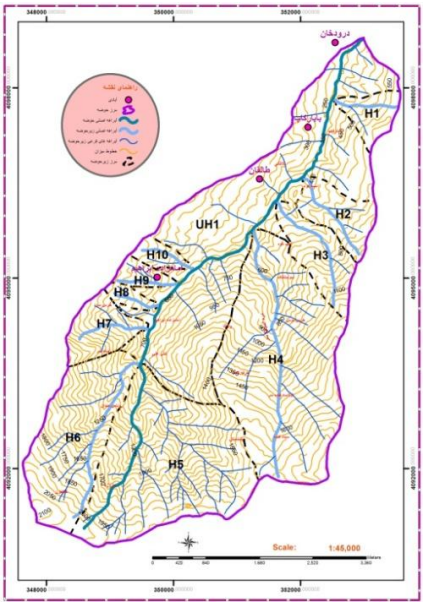
1- Multivariate Regression

حوضه آبخیز امامزاده ابراهیم در قسمت جنوبی استان گیلان و ارتفاعات البرز مرکزی واقع شده و بخشی از حوضه آبخیز پسیخان را شامل می‌شود (شکل 1). همان‌طوری‌که موقعیت حوضه آبخیز در نقشه پایه (شکل 2) نشان داده شده، این حوضه از زیرحوضه‌های شرقی، غربی وجنوبی حوضه آبخیز پسیخان می‌باشد. این حوضه از سمت شمال به رودخانه اصلی امامزاده ابراهیم، شرقاً به ارتفاعات حوضه آبخیز رشته‌رود (سیاهرود و آبراهه‌ای از حوضه آبخیز امامزاده ابراهیم)، از جنوب به خط الرأس‌های حوضه آبخیز سیامزگی و رشته رود و غرباً به حوضه آبخیز سیامزگی و آبراهه‌ای از حوضه آبخیز امامزاده ابراهیم محدود می‌گردد.

این حوضه عمدتاً اراضی کم ارتفاع تا مرتفع در قسمت‌های شرقی و غربی رودخانه امامزاده ابراهیم را شامل شده. بلندترین نقطه ارتفاعی حوضه 2149 متر است که در ارتفاعات قسمت جنوب غربی حوضه و در منطقه کلاچول واقع است. شبکه جریان آبهای حوضه مشتمل بر 10 سرشاخه اصلی بوده که همراه شاخه



شکل 1: موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز امامزاده ابراهیم



شکل 2: نقشه پایه محدوده مورد مطالعه

های فرعی متعدد از ارتفاعات البرز مرکزی شروع شده و از کوههای اسبه کوه و امامزاده ابراهیم می‌گذرد. رودخانه اصلی این حوضه رودخانه امامزاده ابراهیم می باشد که به همراه رودخانه کوکام، ویسرود و بالا لاسک از انشعابات رودخانه اصلی و بزرگ امامزاده ابراهیم می‌باشد. آبادی‌های موجود در منطقه شامل امامزاده ابراهیم، بابارکاب و طالقان بوده که در قسمت شمالی و کم ارتفاع حوضه تجمع دارند.

2-2- روش تحقیق

در انجام این تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی 1:25000 سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه 1:100000 سازمان زمین شناسی، اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های موجود در منطقه، نرم افزار ArcGIS 10.2 جهت تولید لایه‌های اطلاعاتی، تجزیه و تحلیل‌ها و استانداردسازی با الگوریتم‌های Fuzzy استفاده شده است.

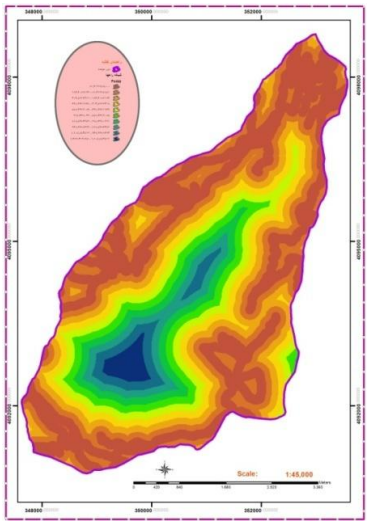
با توجه به متعدد بودن معیارها در مطالعه خطر زمین لغزش جهت پهنه‌بندی، ابتدا لایه‌های مربوط به فاکتورهای تاثیرگزار با استفاده از الگوریتم های Fuzzy استاندارد شده سپس به هر کدام از آن‌ها براساس نقش و اهمیت شان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP که بر پایه مقایسه زوجی عوامل، استوار است [8] وزنی اختصاص می یابد، در نهایت ضرایبی بدست می‌آید که براساس آن‌ها مدل نهایی تهیه می‌شود. بکارگیری این مدل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی دارای مراحل زیر می باشد:

2-2-1- بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش ها در حوضه و ایجاد لایه های موردنیاز در نرم‌افزارArcGIS 10.2

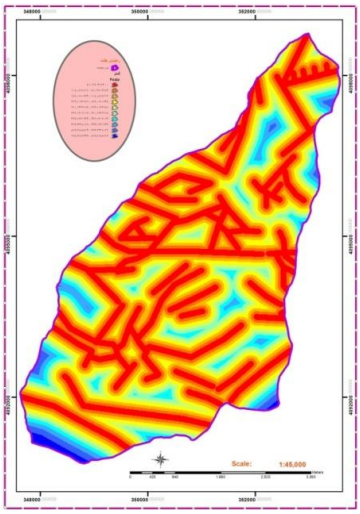
بررسی عوامل با استفاده از پرسشنامه و نظر کارشناسی و مرفومتری زمین لغزش های موجود به کمک GPS و عملیات زمینی صورت گرفت. بدین ترتیب با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف مربوط به هر کلاس و نحوه پراکنش زمین لغزش های هر کلاس و با توجه به کارهای صحرایی و نتایج کار محققان [5،1] ساختار سنگ شناسی، نوع کاربری اراضی، طبقات ارتفاعی، شیب منطقه، جهت شیب و عناصر خطی چون شبکه راهها، شبکه آبراهه ها، فاصله از گسل ها و میزان بارندگی [11] به عنوان فاکتورهای تاثیرگذار انتخاب گردید. در ادامه کار لایه های مربوط به هر یک از عوامل به‌صورت Raster در نرم‌افزار ArcGIS 10.2 ذخیره گردید. در لایه های خطی این عمل با استفاده از دستورهای Distance و Dencity انجام شد.

2-2-2- تهیه‌ی نقشه‌ی فاکتور و طبقه‌بندی مجدد آنها و استانداردسازی با الگوریتم فازی

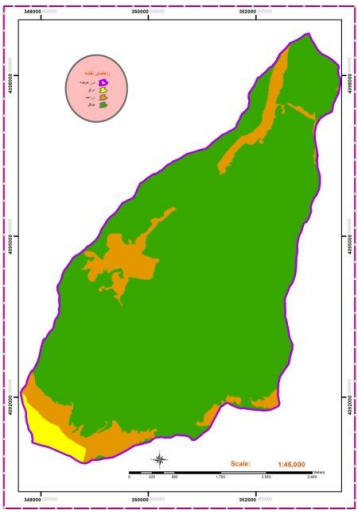
براساس نظریه فازی مجموعه ها، یک مجموعه فازی زیر مجموعه ای است که مقدار عضویت عناصر آن در مجموعه اصلی با توجه به یک تابع عضویت حد واسط بین صفر و یک باشد. در عملیات تلفیق فاکتورها، کلاس ها و واحدهای مکانی منفرد موجود در هر یک از فاکتورها به عنوان عناصر زیر مجموعه هستند و معیار عضویت آنها در مجموعهٔ مطلوب میزان مناسب یا نامناسب بودن آنهاست که با درجه عضویت بین 0 تا 1 مشخص می شود. هر کلاس یا واحد اطلاعاتی موجود در فاکتور دارای یک درجه عضویت بین 0 تا 1 می‌باشد که در هر فاکتور اهمیت و ارزش یک واحد مکانی نسبت به دیگر واحدها و یک فاکتور منفرد نسبت به دیگر فاکتورها را نشان می‌دهد. بدین ترتیب پس از تعیین درجه عضویت هر کلاس و واحد مکانی در نقشه های ذکر شده، با استفاده از عملگرهای فازی عملیات تلفیقی مورد نظر انجام می‌شود. پنج عملگر فازی به نام اشتراک فازی، اجتماع فازی، ضرب فازی، جمع فازی و فازی گاما برای تلفیق مجموعهٔ فاکتورها مورد استفاده قرار می‌گیرند که در نهایت با اعمال عملگرهای فازی واحدهای مکانی نقشه خروجی حاوی درجه عضویت خواهند بود (شکل 3، 4 و 5). بنابراین در قسمت Fuzzier یا مبدل فازی، متغییر های با مقادیر حقیقی به یک مجموعه فازی تبدیل شده از طریق الگوریتم رابط فازی و قوانین پایه نتایج به قسمت غیرفازی ساز یا Defuzzier منتقل شده که یک مجموعه فازی را به یک متغیر با مقدار حقیقی تبدیل می‌کند. به بیان دیگر اطلاعات ورودی اغلب مقادیری پیچیده‌اند و این اعداد به مجموعه‌های فازی تبدیل می‌گردند [14].



شکل 3. نقشه استانداردفازی شبکه راهها



شکل 4. نقشه استاندارد فازی فاصله از گسل



شکل 5. نقشه استاندارد فازی کاربری اراضی

3-2-2- تعیین وزن نقشه های فاکتور مؤثر در مکانیابی

پس از مرحله استانداردسازی لایه‌ها، اولویت‌بندی جهت مشخص نمودن درجه اهمیت هر عامل بصورت پرسشنامه‌ای و مقایسه تک تک هرکدام از عوامل با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی یا AHP به‌دست می‌آید. در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عناصر مربوط به خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده وزن آن‌ها محاسبه می‌گردد. این وزنها را وزن نسبی می‌نامند، سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌گردد که آن را وزن مطلق می‌نامیم. کلیهٔ مقایسه‌ها به‌صورت زوجی انجام می‌گیرد و تصمیم گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد. وزن لایه‌ها از 1 تا 9 متغیر بوده یعنی برای عامل بسیار ضعیف عدد 1 و عامل بسیار موثر وزن 9 تعلق می‌گیرد (جدول1) [12]. جدول 2 ماتریس وزندهی عوامل 9گانه مذکور را نشان می‌دهد.

جدول 1: مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی

ترجیحات	مقدار عددی
کاملا مرجح یا مطلوب ترین	9
ترجیح یا مطلوب خیلی قوی	7
ترجیح یا مطلوب قوی	5
کمی مرجح یا کمی مطلوب تر	3
ترجیح با مطلوبیت کمتر یا کمی مهمتر	1
ترجیحات بین فواصل فوق	8 ،6 ،4 ،2

جدول 2: ماتریس وزن دهی به معیارها

	شیب	سنگ شناسی	کاربری اراضی	ارتفاع	فاصله از گسل	شبکه آبراهه	جهت شیب	بارش	فاصله از شبکه راه ها
شیب	1	2	3	3	5	6	7	8	9
سنگ شناسی	1/2	1	3	3	4	5	5	6	7
کاربری اراضی	1/3	1/3	1	2	3	3	5	5	6
ارتفاع	1/3	1/3	1/2	1	2	2	3	4	5
فاصله از گسل	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	2	3	4
شبکه آبراهه	1/6	1/5	1/3	1/2	1/2	1	2	3	3
جهت شیب	1/7	1/5	1/5	1/3	1/2	1/2	1	2	2
بارش	1/8	1/6	1/5	1/4	1/3	1/3	1/2	1	2
فاصله از شبکه راه ها	1/9	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1

2-2-4- تلفیق نقشه های فاکتور و تعیین زون های خطر

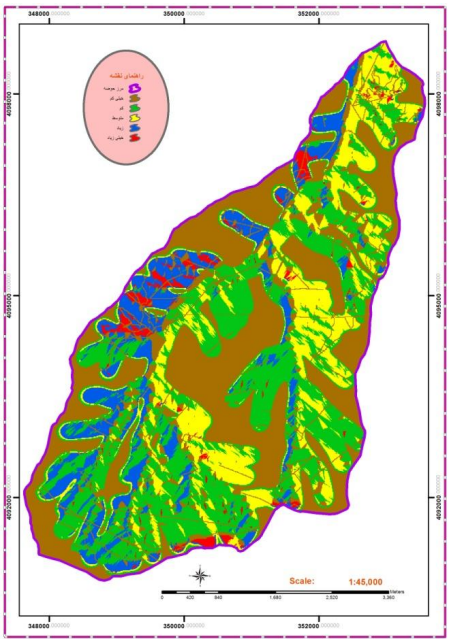
با توجه به نتایج حاصل از قطع دادن نقشه‌های مربوط به هر یک از عوامل مؤثر در رخداد زمین لغزش در منطقه تحقیق و محاسبه ارزش یا وزن هر یک از پهنه‌های دارای مقدار مشخص زمین لغزش و یا فاقد زمین لغزش، در جدول 3 امتیاز های مشخص شده برای هر یک از طبقات یا کلاس‌های 9 گانه عوامل تأثیرگذار بر رخداد زمین لغزش در منطقه تحقیق ارائه و در محیط ArcGIS10.2 بر روی لایه‌های اطلاعاتی اعمال شده است. سپس با استفاده از Fuzzy Overlay نقشه پهنه‌بندی خطر در منطقه به‌دست آمد (شکل 6)

جدول 3: ضریب وزن هر فاکتور

شرح	وزن
شیب	0/308
سنگ شناسی	0/234
کاربری اراضی	0/145
ارتفاع	0/100
فاصله از گسل	0/069
شبکه آبراهه	0/054
جهت شیب	0/037
بارش	0/028
فاصله از شبکه راه ها	0/021

جدول4: درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش

طبقه پهنه بندی	مساحت لغزش	لغزش به درصد
خیلی کم	967/95	39
کم	768/83	31
متوسط	406/98	16
زیاد	286/79	12
خیلی زیاد	49/38	2
جمع	2479/93	100



شکل 6. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش براساس مدلFuzzy AHP در حوضه آبخیز امامزاده ابراهیم

3- بحث و نتیجه گیری

با توجه به مقایسه زوجی نقشه زمین لغزش با نقشه های شیب، سنگ شناسی، جهت شیب دامنه، کاربری اراضی، جاده، فاصله از گسل، ارتفاع منطقه، شبکه راهها و شبکه آبراهه و اولویت به دست آمده از مقادیر حاصل از روش AHP در جدول شماره 3، ضرایب حاصل از ستون میانگین نشاندهنده برتری عامل شیب منطقه با ضریب 0/308 و سنگ شناسی با ضریب 0/234 در وقوع زمین لغزش در منطقه می باشد. رابطه زمین لغزش با عوامل موثر بر آن در حوضه آبخیز امامزاده ابراهیم به صورت زیر بیان شد که در آن Y میزان خطر رخداد زمین لغزش و Xi ها عوامل موثر در وقوع آن می باشد:

$$Y=a1x1+a2x2+a3x3+ \dots +a9x9$$

با جایگذاری ضرایب وزن محاسبه شده از جدول 3 ، مدل نهایی به صورت زیر بدست می آید:

Y =0/308 x1+ 0/234x2+ 0/145x3+ 0/100x4+ 0/069x5+ 0/054x6+ 0/037x7+ 0/028x8+ 0/021x9

سپس نسب استاندارد شده وزن هر معیار و نسبت پایندگی آن محاسبه شد. نسبت پایندگی ماتریس معیار های موثر از فرمول نرخ سازگاری که مکانیزمی است برای مشخص کردن سازگاری مقایسات[7]، بدست می آید.

CR= CI/RI

CI[1] شاخص پایندگی است که مشخص کننده انحراف معیار از پایندگی است.

RI[2] شاخص تصادفی است که از جدول استاندارد استخراج می شود.

CR[1] نسبت پایندگی، نشاندهنده این است که تا چه اندازه می توان به اولویت های حاصل شده از روش فوق اعتماد کرد [5]. این نرخ اگر بالای 0/1 باشد باید در قضاوت بین عوامل تجدید نظر کرد. نرخ سازگاری محاسبه شده در این مطالعه 0/083 به دست آمد که نشاندهنده صحت مرحله ارزشگذاری عوامل 9 می‌باشد.

CR= 0/025

شرایط طبیعی حوضه امامزاده ابراهیم مانند تکتونیک، شرایط ناهمواری ها، ژئومورفولوژی و زمین شناسی بستر مناسبی را برای وقوع زمین لغزش بوجود آورده که برداشت حدود 24 مورد از آنها با دستگاه GPS در سطح حوضه خود نشانگر این موضوع است. همان‌طور که در جدول 4 ملاحظه می گردد بیش از 30% از اراضی حوضه درای حساسیت متوسط تا بالا نسبت به بروز خطر زمین لغزش می باشد. از طرف دیگر از مزایای روش تحلیل سلسله مراتبی این است در پهنه بندی خطر بروز پدیده زمین لغزش، مقایسه جفتی بین عوامل وزن داده شده است که میزان تأثیر گذاری هر یک از عوامل را با اطمینان بیشتری محاسبه می نماید. افزون بر این از آنجا که در این روش می توان عوامل زیادتری را در رخداد پدیده‌های ژئومرفولوژی، زمین شناسی و امثالهم دخالت داد، این روش روشی جامع تر و کامل‌تر در مقایسه با سایر روش‌های متداول به ویژه در رابطه با پهنه بند ی خطر زمین لغزش می‌باشد که در کنار بکارگیری از روش فازی جهت استانداردسازی لایه فاکتورهای موثر نتیجه مطمئن تری را سبب می گردد. علاوه بر این با توجه به نتایج بدست آمده به ویژه در رابطه با کاربری اراضی و وقوع اکثر زمین لغزش‌ها در مناطق غیر جنگلی و یا به طور عمده در اراضی زراعی واقع در دامنه‌های پرشیب یا واحدهای سنگی نفوذ ناپذیر نزدیک به سطح زمین درحاشیه آبراهه ها و کنار جاده ها توصیه می‌شود از تغییر کاربری این اراضی از اراضی جنگلی به مرتع و به ویژه کشاورزی جهت جلوگیری از رخداد زمین لغزش اکیداً خودداری شود.

۱. Consistency Index
۲. Consistency Ratio
۳ . Random Index

4- منابع

1- احمدی، ح و همکاران، پهنه بندی خطر حرکت های توده ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره (MR) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در حوضه آبخیز گرمی چای، مجله منابع طبیعی ایران، شماره 4، 1382، صص 335-323,

2-امامی، س، ن و غیومیان، ج، 1382، پژوهشی بر ساز و کار زمین لغزشها بر روی واریزه های دامنه ای: مطالعهٔ موردی لغزش افسرآباد استان چهارمحال بختیاری، مجموعه مقالات سومین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه بوعلی سینا همدان، صص 126-,113

3- امیر احمدی، ااف و همکاران، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مطالعه موردی حوضه آبخیز چلاو آمل، فصلنامه علمی – پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، دوره جدید، سال هشتم، شماره 27، زمستان 1389، صص203-181.

4- ایلانلو، م و همکاران، پهنه بندی خطر حرکات توده ای با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مطالعه موردی حوضه آبخیز سد کرج، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال دوم، شماره 5، پاییز 1388، صص219-207.

5- جوکار سرهنگی، ع و همکاران، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه صفارود با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله جغرافیای توسعه ی ناحیه ای، شماره نهم، پاییز و زمستان 1386، صص 92-79.

6 - عبدالخانی، ع و جمالی، ع، 1388، کاربرد GIS و فرایند سلسله مراتبی در پهنه بندی خطر زمین لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل موثر در ایجاد لغزش مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشاد یزد، همایش ژئوماتیک 88.

7- قدسی پور، س. ح. 1379، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه امیرکبیر.

8- نصیری، ش،1383، نگرشی بر زمین لغزش های ایران (بررسی موردی ناپایداری شیب ها در جاده هراز)، پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور، ص,1

9-Anbalagan, R. (1992). Landslide hazard development and zonation mapping in mountainous terrain.J. Engineering Geology, vol(32), pp: 269-277.

10- Jian, W., Xiang-guo, P. GIS-based landslide hazards zonation model and its application. The 6th International Conference on Mining Science & Technology, Procedia Earth and Planetary Science 1 (2009) 1198-1204.

11- Sah, M.P, Mazari, R. K. (1996). Anthropogenic ally accelerated mass movement, Kulu Valley, Himachal Paradesh, India, Geomorphology 26.

12-Vernes, David J. (1984). Landslide hazard zoning; a review of principles and practice. Printed in France.

13- Sakar, S. Kanungo, D.P, and S.Mehrotar. (1995). Landslide Zonation:A case study in Garwal Himalaya, India. Mountain Research and Development, pp:301-309.

14-Ye, Jun. (2010). Fuzzy decision-making method based on the weighted correlation coefficient under intuitionistic fuzzy environment, European Journal of Operational Research, vol(205), pp: 202–204.