



پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از سیستم استنتاج فازی در حوزه‌ی

رودخانه‌ی ایزه

مجتبی محمدی

دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، لارستان، ایران

محمد ابراهیم عفیفی

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، لارستان، ایران (نویسنده مسئول)

afifi.ebrahim6353@gmail.com

عبدالرسول قنبری

استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، لارستان، ایران

پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۱۹

دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۰

چکیده

باوجود توسعه‌ی روزافزون شهرها، روستاها، مناطق و شهرک‌های صنعتی، راه‌های ارتباطی و... بررسی و مطالعه‌ی پایداری دامنه‌ها و تعیین میزان خطر نسبی آن‌ها ضروری است. حوزه رودخانه ایزه در شمال شرق استان خوزستان، دارای انواع مختلف ناپایداری‌های دامنه‌ای می‌باشد. بررسی وضعیت ناپایداری در سطح این منطقه، پهنه‌بندی آن و مشخص کردن مناطقی که حساسیت بیشتری نسبت به ناپایداری دارند، و تعیین میزان جابه‌جایی و مکانیزم این‌گونه حرکات، ما را در کنترل و پیشگیری از بروز خطرات احتمالی یاری خواهد کرد. در این مطالعه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه‌ی رودخانه‌ی ایزه با استفاده از سیستم استنتاج فازی (روش سلسله مراتبی فازی یا FAHP) در محیط GIS صورت گرفته است. بدین منظور با استفاده از پرسشنامه، مطالعات قبلی و بررسی محدوده مورد مطالعه معیارهای شیب، جهت شیب رودخانه، گسل، بارش، شبکه راه‌ها، تراکم آبراهه‌ها، لیتولوژی و کاربری اراضی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش در حوزه‌های ده شیخ و ایزه شناخته شده‌اند. میزان تأثیر و وزن این عوامل با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی (FAHP) به منظور پهنه‌بندی مشخص و تعیین گردیدند. اطلاعات پایه شامل معیارهای مؤثر بر زمین‌لغزش در محیط GIS استانداردسازی و فازی گردیده و در نهایت با استفاده از اوزان به دست آمده، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه‌های ده شیخ و ایزه به دست آمد. این مطالعه نشان داد که معیارهای شیب، لیتولوژی، فاصله نسبت به رودخانه و شبکه راه‌ها به‌عنوان تأثیرگذارترین پارامترهای مؤثر بر زمین‌لغزش در محدوده رودخانه ایزه می‌باشند. با توجه به انطباق نتایج این پهنه‌بندی با زمین‌لغزش‌های رخ داده و هزینه کم این نوع مطالعات، می‌توان از مطالعات سنجش‌ازدوری در برنامه‌ریزی‌های آبی در این منطقه بهره برد.

کلمات کلیدی: زمین‌لغزش، سلسله مراتبی فازی (FAHP)، حوزه رودخانه ایزه، لیتولوژی، شبکه راه، خوزستان

مقدمه

سطح زمین دستخوش فرآیندهایی است که دائماً شکل آن را تغییر می‌دهند. از هزاران سال قبل، بشر خود را با انواع مختلف شرایط جغرافیایی و آب و هوایی موجود بر روی کره زمین سازگار نموده است، اما رشد بی‌رویه جمعیت همواره استفاده بیشتری را از منابع طلب نموده و به تبع آن پیشرفت علم و فناوری این امکان را به بشر داده است که منابع طبیعی را بیش‌ازپیش مورد بهره‌برداری قرار دهند. بدون شک یکی از مهم‌ترین خساراتی که بشر به واسطه این دست‌درازی به طبیعت متحمل می‌گردد، افزایش وقوع برخی از مخاطرات طبیعی است. به‌طور متوسط در اثر مخاطرات طبیعی هر ساله در دنیا ۲۲۵ هزار نفر کشته‌شده، و ۳۶ میلیارد دلار خسارات اقتصادی به جوامع مختلف وارد می‌گردد. ۹۵٪ از کشته‌شدگان مربوط به کشورهای درحال‌توسعه، و ۷۵٪ از خسارات اقتصادی (۲۵ میلیارد دلار) مربوط به کشورهای پیشرفته است (Hansen, 1984). بیشتر این خسارات و گاهی بخش قابل‌توجهی از تلفات ناشی از این مخاطرات در حین و یا بعد از زلزله‌ها و باران‌های سنگین، و در نتیجه وقوع زمین‌لغزش‌ها اتفاق می‌افتد (کمک پناه و همکاران، ۱۳۷۲؛ احمدی، ۱۳۷۴).

زمین‌لغزش در حقیقت حرکت رو به پایین توده‌ای از خاک یا سنگ در اثر نیروی ثقل در دامنه‌ها بوده و یکی از مهم‌ترین خطرات زمین‌شناختی محسوب می‌گردد. زمین‌لغزش‌ها نیز به‌عنوان یکی از انواع مخاطرات طبیعی خسارات اقتصادی - اجتماعی فراوانی به بار می‌آورند. گرچه به‌طور مطلق میزان خسارات اقتصادی ناشی از زمین‌لغزش‌ها در کشورهای پیشرفته بیشتر است، ولی طبق مطالعات انجام‌شده توسط UNDRC^۱ برای بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه، این خسارات ۱-۲ درصد تولید هم از ناخالص ملی آن‌هاست (Hansen, 1984). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت کشورهای درحال‌توسعه، هم از نظر جانی و هم از نظر اقتصادی به‌طور نسبی سهم بیشتری از خسارات این پدیده را متحمل می‌گردند. مطالعات زیادی در ارتباط پهنه‌بندی زمین‌لغزش در کشور صورت گرفته است. اما با این‌وجود در این مطالعات کمتر به پهنه‌بندی به روش‌های فازی پرداخته‌شده است. در ادامه به چندین مطالعه در زمینه ی پهنه‌بندی با استفاده از سلسله مراتبی فازی اشاره می‌شود:

فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی در محیط Arc Gis به مکان‌یابی مستعد خطر زمین‌لغزش در محدوده رودخانه شهر ایذه پرداختند. در این مطالعه با استفاده از روش Fuzzy AHP وزن معیارهای اصلی مؤثر بر زمین‌لغزش مشخص گردیده و سپس نقشه‌های فازی شده لیتولوژی، شبکه راه‌ها، رودخانه، شبکه آبراه‌ها، کاربری اراضی، گسل‌ها، بارش و توپوگرافی منطقه تهیه گردیده و در نهایت نقشه خطر زمین‌لغزش تهیه گردید. طولابی و همکاران (۱۳۹۴) پژوهشی را در رابطه با پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز نوژیان با استفاده از مدل‌های LNRF (روش پیشنهادی گوپتا و جوشی) و AHP (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی)، در محیط GIS انجام داده‌اند. که در آن تهیه نقشه نهایی پهنه‌بندی با استفاده از ۷ عامل لیتولوژی، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، کاربری اراضی، بارندگی و ارتفاع در محیط نرم‌افزار GIS به‌صورت لایه، تهیه شده‌اند. نتایج نشان داده است که با استفاده از مدل‌های LNRF ۴۰ درصد و با مدل AHP ۴۴ درصد منطقه‌ی مورد مطالعه در پهنه‌های خطر زیاد و بسیار زیاد قرار می‌گیرد. ایران لو و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی و شناسایی عوامل مختلف و تأثیرگذار در وقوع زمین‌لرزه و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه با درجات متفاوت آن پرداخته‌اند. از جمله اقدامات اولیه و مؤثر در دستیابی به راهکارهای مناسب جهت کاهش زیان‌های ناشی از زلزله و عوامل مؤثر در ایجاد پدیده زمین‌لرزه، مشخص کردن مناطق دارای پتانسیل و پهنه‌بندی زمین‌لرزه است. این تحقیق در حوزه ی رودخانه ایذه و با استفاده از روش سلسله مراتبی صورت گرفته است که نتایج آن نشان می‌دهد که در محدوده

¹ United Nations Disaster Relief Coordinator



موردمطالعه حدود ۳۳ درصد از منطقه به مساحت ۳۵.۹۵ کیلومترمربع در پهنه خطرناک قرار دارد که بخش‌هایی از قسمت شمال، شمال غربی، غرب و جنوب غربی منطقه موردمطالعه را شامل می‌شود و وسعت پهنه‌های کم‌خطر و بی‌خطر ۵۶ درصد منطقه را شامل می‌شود.

در مطالعات خارج کشور در زمینه ی زمین‌لغزش می‌توان به پژوهش‌های پژوهشگرانی مانند، لارسن و پارکس (۱۹۷۷) اشاره نمود. آن‌ها در پژوهشی در منطقه جنگلی کوهستانی به بررسی رابطه مکانی وقوع زمین‌لغزش با جاده‌ها پرداختند. در آن مطالعه یک نوار باریک به عرض ۸۵ متر از کناره جاده‌ای به طول ۱۷۰ متر در مسیر جاده موردبررسی قرارگرفته شده و این منطقه با منطقه مشابهی که جاده‌سازی صورت نگرفته بوده، مقایسه شد و نرخ شدت لغزش از ۵ به ۸ مورد در آن به ثبت رسید. شهابی و همکاران در سال ۲۰۱۵ در تحقیقی که نتایج حاصل از مدل‌های آماری مبتنی بر GIS برای تولید نقشه‌برداری زمین‌لغزش با استفاده از سیستم حساسیت اطلاعات جغرافیایی (GIS) و داده‌های سنجش از راه دور برای منطقه ارتفاعات کامرون در مالزی با استفاده از ده عامل از جمله شیب، جهت، خاک، سنگ‌شناسی، NDVI، پوشش زمین، فاصله از آبراهه، بارش، فاصله از گسل، فاصله از جاده و از داده‌های SAR انجام داده‌اند. این ده عوامل با استفاده از مدل‌های آماری مبتنی بر GIS از جمله فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، وزن ترکیب خطی (WLC) و مدل‌های فضایی ارزیابی چند معیاره (SMCE) مشخص شدند. سپس، ۸۰٪ از موجودی لغزش برای آموزش مدل‌های آماری و ۲۰ درصد باقی‌مانده برای هدف اعتبار سنجی استفاده شد. نتایج اعتبار سنجی مدل‌ها با استفاده از شاخص تراکم لغزش شاخص (نسبی (R) - و گیرنده مشخصه عامل (ROC) نشان داد که مدل SMCE (دقت ۹۶ درصد است) در پیش‌بینی بهتر از AHP (دقت ۹۱٪ است) و WLC است (دقت ۸۹ درصد است). این نقشه‌های لغزش برای هدف کاهش خطر و برنامه‌ریزی منطقه‌ای مفید است.

(Chyi-Tyi Lee, 2013) پژوهشی با استفاده از GIS و عکس‌های spot5 برای شناسایی زمین‌لرزه استفاده نموده است. در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاعی برای استخراج شکل زمین و فاکتورهای متعدد آن مانند شیب گرادیانت، شیب roughness، ارتباط شیب و ارتفاع، شیب کل ارتفاع و استفاده شده است. همچنین از عکس و نقشه‌های دیجیتالی برای شناسایی فاکتورهای صخره شناسی و فاصله تا مناطق شکست‌خورده استفاده نموده است. از فاکتور محیطی NDVI برای محاسبه حجم انبوه ریزش باران استفاده کرده است که این فاکتورها، محرک ایجاد یک مدل زمین‌لرزه می‌باشند و ارتباط این نتایج می‌تواند در شناسایی زمین‌لرزه‌های آینده به کار رود. (Mancini, 2010) پژوهشی را روی زمین‌لرزه در منطقه Daunia از ایتالیا و با استفاده از روش آماری چند متغیره و پردازش دیتاها توسط سیستم GIS انجام داده‌اند. در این تحقیق روش لجستیک رگرسیون (LR) انتخاب شده که به وسیله آنالیز LR، میل یا گرانش به زمین‌لرزه را نشان می‌دهد. بنابراین یک رخ داد زمین‌لرزه به یکسری فاکتورهای معمول (متغیر مستقل) در GIS مدیریت می‌شود که اطلاعات به دست آمده به وسیله آنالیز LR بین مناطق مقایسه شده است. نتایج به دست آمده در ۸۵٪ موارد واقعاً زمین‌لرزه را نشان داده‌اند. مونته‌گومری (۱۹۹۴) به بررسی زهکشی سطوح و ایجاد کانال و ناپایداری دامنه در مناطقی که جاده به منظور محلی و کاربری زمین احداث می‌شود پرداخت. کانون گو و همکاران (۲۰۰۶) طی پژوهشی در منطقه دارجلینگ ۳ هیمالیا به بررسی اثرات احداث جاده در رخداد زمین‌لغزش‌ها پرداختند و به این نتیجه رسیدند که احداث جاده با وقوع زمین‌لغزش‌ها رابطه مستقیم دارد و بیشترین تراکم رخداد زمین‌لغزش‌ها حداکثر تا فاصله ۱۵۰ متر بوده است. یلسین (۲۰۰۸) بر مبنای سامانه اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و آماره دو متغیره، نقشه حساسیت زمین‌لغزش برای منطقه Ardesen ترکیه تهیه کرد و به این نتیجه رسید که معیارهای سنگ‌شناسی، هوازدگی، کاربری زمین و شیب مهم‌ترین عوامل



مؤثر در بروز زمین لغزش در منطقه هستند، همچنین بر اساس نتایج به دست آمده، روش تحلیل سلسله مراتبی به عنوان مناسب ترین مدل معرفی شد. ملچی تر و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از روش های شبکه عصبی مصنوعی و آنالیز گسیختگی به منظور شناسایی مناطق ناپایدار به تجزیه و تحلیل حساسیت لغزش در کوه های آلپ جنوبی واقع در ایتالیا پرداختند، نتایج به دست آمده نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی روش کارآمدتری برای پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در منطقه می باشد. ایلماز (۲۰۰۹) با استفاده از سه روش شبکه عصبی مصنوعی، نسبت فراوانی و رگرسیون لجستیک به پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه کت (توکت - ترکیه) پرداخت. نتایج نشان داد، نقشه ای که با روش شبکه عصبی مصنوعی تهیه شده است بیشترین همبستگی را با زمین لغزش های رخ داده در منطقه دارد. کونفورتی و همکاران (۲۰۱۴) به تهیه نقشه حساسیت خطر لغزش در حوزه آبریز رودخانه توربولو (شمال کالابریا ایتالیا) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده حدود ۴۸٪ از مساحت منطقه در کلاس های خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفتند. همچنین نتایج به دست آمده از اعتبارسنجی شبکه نشان از دقت بالای مدل استفاده شده در پهنه بندی خطر لغزش های منطقه را داشت.

هدف: پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه رودخانه ایذه در استان خوزستان می باشد.

محدوده مورد مطالعه

شهر ایذه در استان خوزستان در دشتی هموار با تاریخی غنی استقرار گرفته است. طبیعت بکر و جاذبه های تاریخی این منطقه باعث شده است که جایگاه ویژه ای در گردشگری استان داشته باشد. از نظر ارتباطی نیز در مسیر اهواز به اصفهان و شهرکرد قرار دارد. این شهر در سال ۱۳۹۵ دارای جمعیت برابر با ۱۱۹۳۹۹ نفر بوده است. ۸۶۳ کیلومتر مربع و ارتفاع آن از سطح دریا برابر با ۸۳۵ متر است. میانگین بارش این شهر در سال بالغ ۶۹۴ میلی متر و میانگین دمای سالانه ۲۴ سانتیگراد می باشد (صفری علی اکبری و صادقی، ۱۳۹۸: ۶۲).

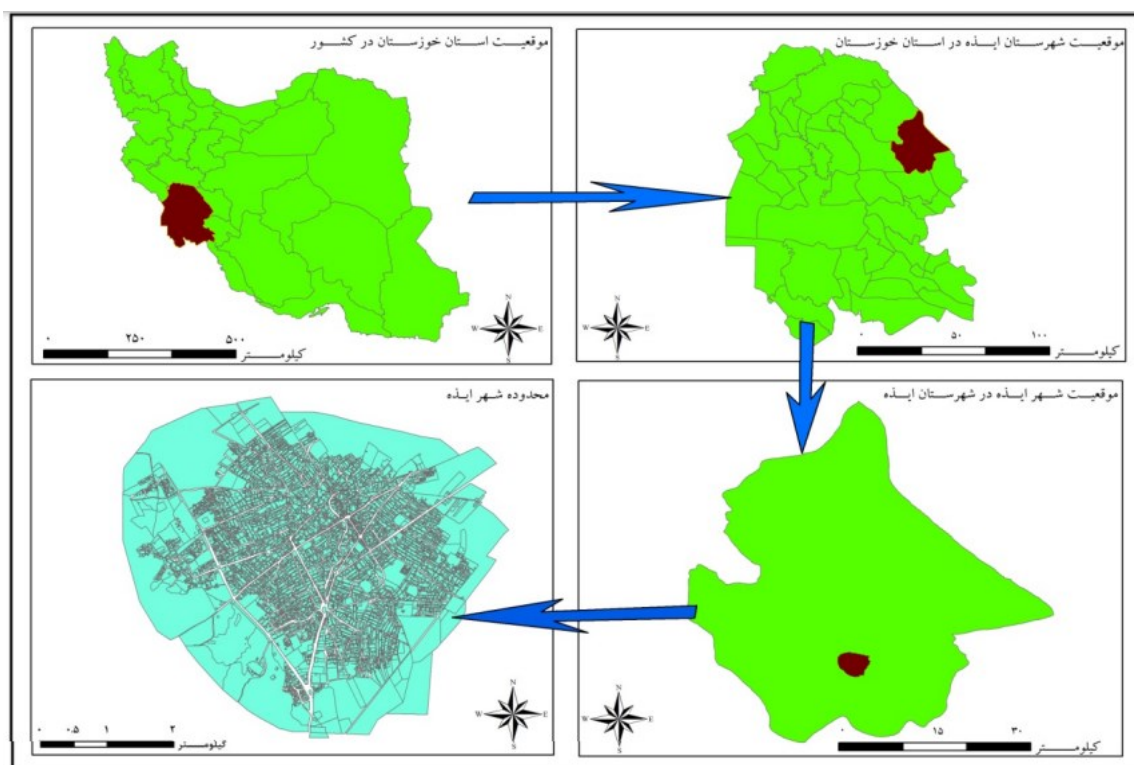
خصوصیات طبیعی منطقه مورد مطالعه

شهرستان ایذه از دو منطقه کوهستانی و دشتی تشکیل شده است. از جنوب به شمال بر ارتفاعات آن افزود می شود. و چون آب و هوای در سرد در زمستان و گرم خشک در تابستان به همراه وزش باد از ویژگی های بارز اقلیمی ایذه می باشد این شهرستان بواسطه قرار گرفتن در منطقه کوهستانی که قله های برفگیر زیادی وجود دارد، آب و هوای آن نسبت به سایر شهرستان های استان خنک تر می باشد. بعلاوه در آغاز فصول سرد این شهرستان مثل اکثر استان خوزستان تحت تاثیر بادهای باران آور غربی قرار دارد که نتیجه بارش های زمستان ایجاد می کند. در فصل تابستان بعلت اینکه مراکز بر فشار جنب قاره ای به سمت عرض های بالا کشیده می شوند و تا مدار ۴۰ درجه را قرار می گیرند بنابراین در بیشتر مدت تابستان شرایط خشکی در منطقه بوجود می آید. بعلاوه هوای گرم خشک عربستان با شرحی خلیج فارس درهم آمیخته می شوند و یک هوای شرحی را در منطقه بوجود می آورد که بسیار آزار دهنده است.

میانگین دمای هوا در شهرستان ایذه در ماه های دی و بهمن بترتیب ۹/۴ و ۹/۵ درجه سانتی گراد کمترین میزان درجه دما و ماه های تیر و مرداد به ترتیب ۳۳/۸ و ۳۳/۶ درجه سانتیگراد بیشترین درجه دما را به خود اختصاص می دهند. روند تغییرات دمای ماهانه نشان می دهد که دی ماه به بعد سیر صعودی و در مرداد ماه به حداکثر می رسد. میزان بارندگی سالانه شهرستان حدود ۷۶۰ میلی متر است که بیشترین میزان بارندگی مربوط به فصل زمستان بالاتر از

۴۱۰ میلیمتر که حدود ۵۳ در صد بارندگی شهرستان است و کمترین میزان بارندگی مربوط به فصل تابستان با ۲/۷ در صد است. می دانیم که رطوبت نسبی چنانچه توام با افزایش درجه حرارت باشد حالت شرجی ایجاد می نماید که بسیار آزار دهنده است.

شهر ایذه به دلیل قرارگیری در میان کمربند چین خورده ی زاگرس دارای گسل های فعال می باشد همچنین عبور رودخانه های فصلی، وجود دو دریاچه، کوه ها و تپه ها در محدوده های اطراف این شهر و شیب بسیار کم آن، سبب شده که همواره در معرض تهدید جدی مخاطرات طبیعی نظیر، سیل، زمین لغزش و زلزله باشد بطور کلی واحد ژئومورفولوژی شهرستان ایذه متنوع میباشد که هر یک از این واحدها دارای اشکال و ویژگی های خاص خود هستند بطوریکه از ترکیب این واحدها یک چشم انداز بسیار زیبا و سرسبز طبیعی در شهرستان ایجاد نموده است. در منطقه ایذه هیچگونه از سنگ های آتشفشانی مشاهده نشده است و همه از نوع رسوبی بوده و سنگ آهک در قسمت های مختلف آن مشاهده شده و به همین خاطر فعالیت های ماگماتیسم و کانساری فلزی وجود ندارد و معادن آن عمدا از نوع مصالح ساختمانی شامل سنگ، گچ، سنگ آهک، ماسه و شن می باشد.

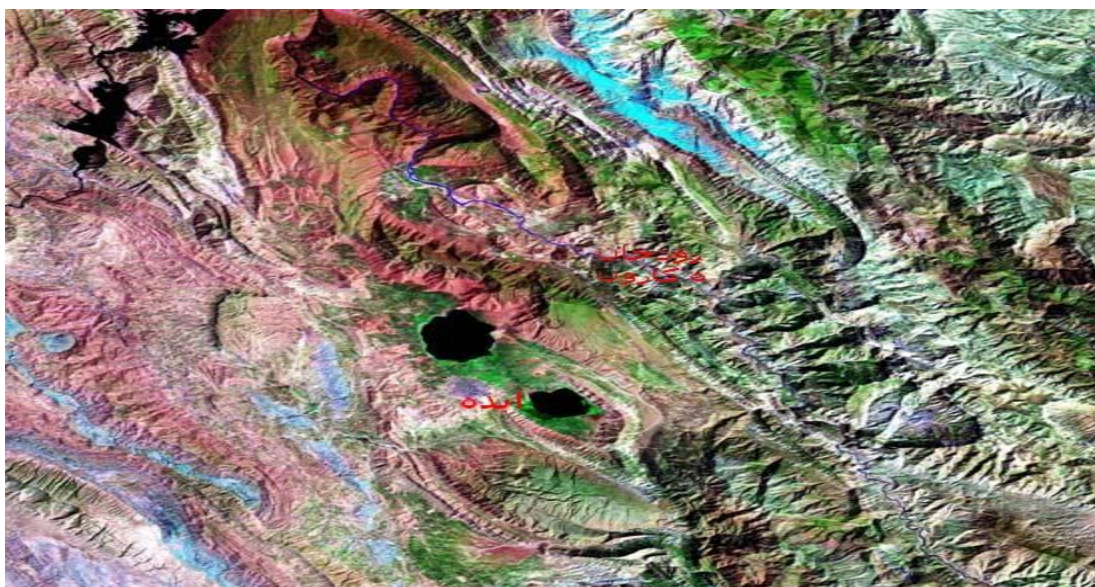


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه منبع: آرشیو GIS شهرداری ایذه

موقعیت جغرافیایی و شاخص های طبیعی زاگرس مرکزی

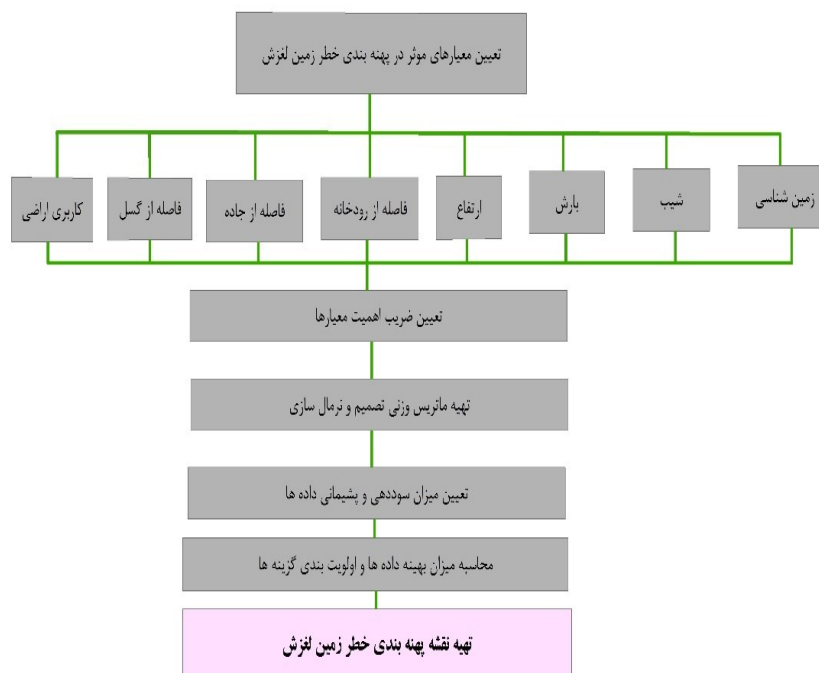
زاگرس مرکزی استان های چهارمحال بختیاری، کهگیلویه و به بوير احمد، بخش های شمال شرقی خوزستان و بخش هایی از استان های فارس - بوشهر و لرستان را در برمی گیرد. این بخش از زاگرس که ارتفاع متوسط آن حدود ۲۵۰۰ متر است مرتفع ترین کوهستان های زاگرس را شامل می شود و از کوه های مرتفعی چون زرد کوه با بلندی ۴۲۲۱ متر کوه دنا با بلندی

۴۴۰۹ متر و کوه‌های بلند دیگری چون اشترانکوه، کازینستان، قالی کوه، هزار دره، سفید و ... تشکیل شده است. به علاوه زاگرس مرکزی آبخیز بزرگ‌ترین و طولانی‌ترین رودخانه‌های کشور است نظیر کارون، جراحی، کوه‌رنگ، لردگان، خیر رود، مارون، کر، اردکان، سمیرم، زاینده‌رود، دالکی و .. که بخش وسیعی از مناطق غرب، جنوب غرب، جنوب و مناطق مرکزی ایران مرتبط با پایداری این آبخیزهای حیاتی است. بنابراین به دلیل شاخص‌های طبیعی منحصربه‌فرد، زاگرس مرکزی از دیرباز با اکوسیستم‌های شگفت‌انگیز و غنی جنگلی، مرتعی از تنوع زیستی بالایی برخوردار بوده که در طول تاریخ نیز زیستگاه اقوام مختلف و تمدن‌های گوناگون بوده است و این‌همه در حالی است که به دلیل ساختار زمین‌شناسی، اشکال توپوگرافی، نوع اقلیم و ... بسیار شکننده و آسیب‌پذیر است. سدهای کارون ۱، کارون ۲، کارون ۳، کارون ۴، و کارون ۵، سد بازفت، سد دز، سد کرخه، سد گتوند و سد مسجدسلیمان در منطقه حساس و بسیار آسیب‌پذیر زاگرس مرکزی احداث شده و یا در حال احداث و یا در حال مطالعه است .



شکل ۲: تصویر ماهواره‌ای زاگرس مرکزی در محدوده سدهای کارون ۱، ۲ و ۳

حوضه‌های ده‌شیرخ و ایذه در جنوب غربی ایران، در شمال شرقی استان خوزستان و در مجاورت شهرستان‌های ایذه و اندیکا قرار دارد. از دیدگاه جغرافیایی طبیعی این ناحیه بخشی از رشته‌کوه‌های زاگرس در جنوب باختری ایران را در برمی‌گیرد. محدوده مورد مطالعه بخش‌های از ورقه‌های زمین‌شناسی دهدز و کوه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ می‌باشد که توسط شرکت ملی نفت ایران به چاپ رسیده است. ستیغ‌های شمال خاوری در تمامی سال پوشیده از برف و سرچشمه‌های رودهای خروشان همچون کارون، بازفت و خرسان‌اند. میزان بارندگی سالانه کم‌وبیش زیاد است (۶۰۰ - ۸۰۰ میلی‌متر) و بلندی‌ها پوشیده از جنگل‌های بلوط‌اند ولی هر سال از تراکم آن‌ها کاسته می‌شود.



شکل ۳: نمودار روش مطالعاتی انجام گرفته برای رسیدن به نقشه پهنه بندی زمین لغزش

۱ - انتخاب معیارهای اصلی مؤثر بر زمین لغزش

از بررسی و مطالعات انجام شده در مناطق مشابه و با استفاده از تجربیات کارشناسان عوامل مؤثر اولیه جهت بررسی زمین لغزش منطقه شناسایی و تشخیص داده شدند. در مرحله بعد اقدام به شناسایی و مطالعه عوامل تأثیرگذار در وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه شد. بر اساس این بررسی ها مهم ترین عوامل مؤثر بر خطر زمین لغزش در رودخانه ایذه، پارامترهای کنترل کننده مانند شیب، جهت شیب، میزان بارش، کاربری اراضی، لیتولوژی، فاصله از شبکه راه ها، فاصله از رودخانه، تراکم آبراهه ها، فاصله از گسل ها تشخیص داده شد.

۲ - روش سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP)

به رغم محبوبیت عام، AHP به دلیل ناتوانی در ترکیب ابهام ذاتی و نبود صراحت مربوط به نگاشت ادراک های تصمیم گیرندگان با اعداد دقیق، مورد نقد است (Deng, 1999). منطق فازی که در برابر منطق کلاسیک مطرح شد، ابزاری توانمند برای حل مسائل مربوط به سامانه های پیچیده ای به شمار می آید که در آن ها مشکل و یا مسائلی وابسته به استدلال، تصمیم گیری و استنباط بشری است (کوره پزان، ۱۳۸۷). پدیده های واقعی تنها سیاه یا تنها سفید نیستند، بلکه تاندازه ای خاکستری هستند. پدیده های واقعی همواره فازی، مبهم و غیردقیق هستند (آذر و همکاران، ۱۳۸۷). برد توابع عضویت کلاسیک $(X_A(x))$ ، مجموعه دو عضوی صفر و یک بوده در حالی که برد توابع عضویت فازی $(\mu_{\tilde{A}}(x))$ ، بازه بسته صفر و یک است (کوره پزان، ۱۳۸۷).



روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط ساعتی (۱۹۸۰) معرفی شد. با وجود مزایای بسیار زیاد، تحلیل سلسله مراتبی دارای کمبودهایی است. تصمیم‌گیرندگان اغلب به علت طبیعت فازی مقایسه‌های زوجی قادر نیستند به صراحت نظرشان را در مورد برتری‌ها و اهمیت معیارها بیان کنند، به همین دلیل در قضاوت‌هایشان ارائه یک بازه را به جای یک عدد ثابت ترجیح می‌دهند. بدین ترتیب جهت مدل‌سازی این نوع از عدم اطمینان‌ها، تئوری مجموعه‌های فازی که اولین بار توسط لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ مطرح شده بود، با مقایسات زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ترکیب شد و بدین ترتیب درک دقیق‌تری از فرآیند تصمیم‌گیری ارائه شد و نتایج بهتری به دست آمد. بنابراین به منظور استفاده از مزایای هر دو تکنیک فازی و AHP، و نیز غلبه بر نقاط ضعف آن‌ها، ون لارهوون و پدریکز اولین بار اصول منطق فازی را در تحلیل سلسله مراتبی بکار بردند. این روش دامنه‌ای از مقادیر را برای بیان عدم قطعیت تصمیم‌گیرندگان، به کار می‌گیرد.

خلاصه روش فازی - تحلیل سلسله مراتبی (FAHP) شامل؛ مرحله (۱) رسم نمودار سلسله مراتبی، مرحله (۲) تعریف اعداد فازی؛ به منظور انجام مقایسه‌های زوجی و برای انجام مقایسه‌ها نیاز به تعریف اعداد فازی و مقیاس‌های فازی است.

جدول ۱ متغیرهای زبانی و فازی و مقیاس‌های آن جهت اولویت‌بندی معیارها

عدد قطعی	تعریف	مقیاس فازی مثلثی
۱	دقیقا مساوی	(۱, ۱, ۱)
۲	اهمیت یکسان	(۱ و ۲ و ۳)
۳	اهمیت ضعیف	(۲ و ۳ و ۴)
۴	اهمیت قوی	(۴ و ۵ و ۶)
۵	اهمیت خیلی قوی	(۶ و ۷ و ۸)
۶	اهمیت مطلق	(۹ و ۹ و ۹)

(Saaty & Vargas, 2008; Vahidnia et al. 2009)

مرحله (۳) تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با به کارگیری حاوی اعداد فازی (\tilde{A}) اعداد فازی، ماتریس مقایسه زوجی تعریف شده می‌باشد و به صورت زیر خواهد بود:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای چندین تصمیم‌گیرنده باشد، درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی جامع که در روش تحلیلی سلسله مراتبی فازی بکار می‌رود، یک عدد فازی مثلثی است که مؤلفه اول آن حداقل نظرسنجی‌ها، مؤلفه دوم آن میانگین نظرسنجی‌ها و مؤلفه سوم آن حداکثر نظرسنجی‌ها می‌باشد.

مرحله (۴) محاسبه S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی، S_i که خود یک عدد فازی مثلثی است، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$$

در این رابطه i بیانگر سطر و j بیان‌کننده شماره

ستون M_{gi}^j اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی است.

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i)$$

$$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

در این روابط li و mi و ui به ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی است.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) = \left(\frac{\sum_{j=1}^m l_j}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{\sum_{j=1}^m m_j}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{\sum_{j=1}^m u_j}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

مرحله ۵) محاسبه درجه بزرگی S_i ها نسبت به همدیگر، به‌طورکلی درجه بزرگی S_i نسبت به S_j از معادله زیر به دست می‌آید:

$$V(S_i \geq S_j) = hgt(S_i \cap S_j) = \mu_{S_i}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_i \geq m_j \\ 0 & \text{if } l_j \geq u_i \\ \frac{l_j - u_i}{(m_i - u_i) - (m_j - u_j)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

مرحله ۶) محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی، برای محاسبه وزن نرمال نشده معیار باید میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی با سایر اعداد فازی مثلثی محاسبه شود و درنهایت حداقل میزان بزرگی، نشان دهند وزن نرمال نشده معیار است. بدین منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$d'(A_i) = \text{Min } V(S_i \geq S_k) \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad k \neq i$$

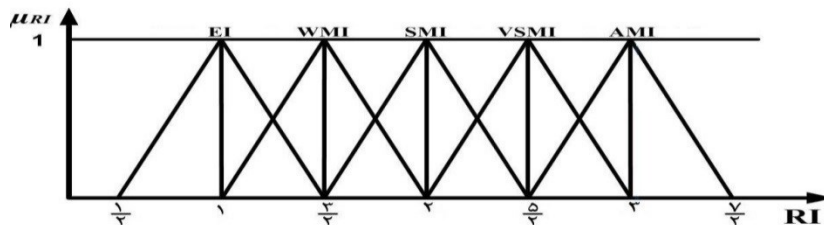
مرحله ۷) محاسبه بردار وزن نهایی، بردار وزن نهایی از نرمال کردن بردار وزن معیارها بر اساس رابطه زیر به دست می‌آید.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^t$$

۳- محاسبه وزن پارامترهای مؤثر در رخداد زمین‌لغزش‌های حوضه‌های ده شیخ و ایذه

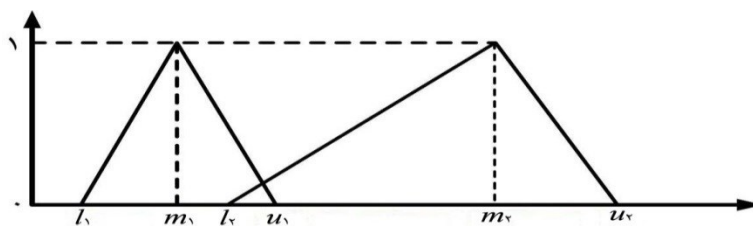
در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اگرچه افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسات استفاده می‌نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سنتی، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را به‌طور کامل ندارد. استفاده از اعداد فازی سازگاری بیشتری با عبارات کلامی و گاه مبهم انسانی دارد. بنابراین بهتر است که با به‌کارگیری اعداد فازی به تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه است که توسط ساعتی معرفی شده است. هنگامی که در تصمیم‌گیری، با چند گزینه و شاخص روبرو هستیم، این روش می‌تواند مفید باشد (Saaty & Vergas, 2006). گرچه افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسات استفاده می‌نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سنتی، امکان انعکاس کامل سبک تفکر انسانی را ندارد. به عبارت بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است با استفاده از مجموعه‌های فازی (به‌کارگیری اعداد فازی) به پیش‌بینی بلندمدت

و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت (Li, 1995). در ۱۹۸۳، دو محقق هلندی به نام‌های لار هورن و پدريک، روشی را برای فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی پیشنهاد نمودند، که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی بود. پیچیدگی مراحل این روش باعث شد این روش چندان مورد استفاده قرار نگیرد. در ۱۹۹۶، روش دیگری با عنوان "روش تحلیل توسعه‌ای" توسط چانگ ارائه شد (Nepal et al. 2010). اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی هستند. مقیاس‌های فازی مورد استفاده در روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی نشان داده شده‌اند.



شکل ۴ مقیاس‌های زبانی برای بیان درجه اهمیت

مفاهیم و تعاریف فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، بر اساس روش تحلیل توسعه‌ای، به صورت زیر هستند:
 دو عدد مثلثی $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ را که در شکل ۵ رسم شده‌اند، در نظر بگیرید.



شکل ۵ اعداد مثلثی M_1 و M_2

عملگرهای ریاضی آن به صورت روابط زیر تعریف می‌شوند:

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (1)$$

$$M_1 * M_2 = (l_1 * l_2, m_1 * m_2, u_1 * u_2) \quad (2)$$

$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right), \quad M_2^{-1} = \left(\frac{1}{u_2}, \frac{1}{m_2}, \frac{1}{l_2} \right) \quad (3)$$

باید توجه داشت که حاصل ضرب دو عدد فازی مثلثی، یا معکوس یک عدد فازی مثلثی، دیگر یک عدد فازی مثلثی نیست. این روابط، فقط تقریبی از حاصل ضرب واقعی دو عدد فازی مثلثی و معکوس یک عدد فازی مثلثی را بیان می‌کنند. در روش



تحلیل توسعه‌ای، برای هر یک از سطرهاى ماتریس مقایسات زوجی، مقدار S_k که خود یک عدد مثلثی است، از راه رابطه (۴-۴) محاسبه می‌شود:

$$S_k = \sum_{j=1}^n M_{kj} * \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1} \quad (4)$$

که در آن k بیانگر شماره سطر و i و j به ترتیب، نشان‌دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها هستند.

در روش تحلیل توسعه‌ای، پس از محاسبه S_k ها، درجه بزرگی آن‌ها نسبت به هم را باید به دست آورد. به‌طورکلی، اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 بر M_2 ، که با $V(M_1 \geq M_2)$ نشان داده می‌شود، به‌صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & \text{if } m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

همچنین داریم:

$$hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)}$$

میزان بزرگ‌تر بودن یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه (۶) به دست می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2, \dots, M_K) = V(M_1 \geq M_2), \dots, V(M_1 \geq M_K) \quad (6)$$

برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسه زوجی از رابطه (۷) استفاده می‌شود:

$$W'(x_i) = \text{Min}\{V(S_i \geq S_k)\}, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad k \neq i \quad (7)$$

بنابراین، بردار وزن شاخص‌ها به‌صورت زیر خواهد بود:

$$W'(x_i) = [W'(c_1), W'(c_2), \dots, W'(c_n)]^T \quad (8)$$

که همان بردار ضرایب نابهنجار فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی است. به کمک رابطه ۷ نتایج نابهنجار به‌دست‌آمده از رابطه ۸ بهنجار می‌شود



جدول ۲ ماتریس ارزیابی سلسله مراتبی فازی برای معیارهای مؤثر بر زمین لغزش در حوضه‌های ده شیخ و ایذه

ماتریس ارزیابی سلسله مراتبی فازی																											
معیارهای اصلی	شیب			جهت شیب			فاصله نسبت به رودخانه			تراکم آبراهه			فاصله نسبت به گسل			بارش			فاصله نسبت به شبکه راه			لینولوژی			کاربری اراضی		
	۱	۱	۱	۲.۵	۳.۵	۴.۵	۲	۳.۵	۴	۲	۲.۷۵	۳.۶۵	۱.۳	۲.۵	۳.۷	۲	۴	۵	۱.۶	۲.۸۵	۵	۰.۹	۱.۷۵	۲.۶۵	۲	۳	۵
شیب	۰.۲۲	۰.۲۸۵۷	۰.۴	۱	۱	۱	۰.۲۵	۰.۴	۰.۵	۰.۵	۰.۶۶	۱	۰.۵	۱.۵	۲	۰.۸	۱.۲۵	۱.۶	۰.۲۸	۰.۴	۱	۰.۲۵	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۰.۹	۱.۱
جهت شیب	۰.۲۲	۰.۲۸۵۷	۰.۴	۱	۱	۱	۰.۲۵	۰.۴	۰.۵	۰.۵	۰.۶۶	۱	۰.۵	۱.۵	۲	۰.۸	۱.۲۵	۱.۶	۰.۲۸	۰.۴	۱	۰.۲۵	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۰.۹	۱.۱
فاصله نسبت به رودخانه	۰.۲۲	۰.۲۸۵۷	۰.۴	۱	۱	۱	۰.۲۵	۰.۴	۰.۵	۰.۵	۰.۶۶	۱	۰.۵	۱.۵	۲	۰.۸	۱.۲۵	۱.۶	۰.۲۸	۰.۴	۱	۰.۲۵	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۰.۹	۱.۱
تراکم آبراهه	۰.۲۲	۰.۲۸۵۷	۰.۴	۱	۱	۱	۰.۲۵	۰.۴	۰.۵	۰.۵	۰.۶۶	۱	۰.۵	۱.۵	۲	۰.۸	۱.۲۵	۱.۶	۰.۲۸	۰.۴	۱	۰.۲۵	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۰.۹	۱.۱
فاصله نسبت به گسل	۰.۲۲	۰.۲۸۵۷	۰.۴	۱	۱	۱	۰.۲۵	۰.۴	۰.۵	۰.۵	۰.۶۶	۱	۰.۵	۱.۵	۲	۰.۸	۱.۲۵	۱.۶	۰.۲۸	۰.۴	۱	۰.۲۵	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۰.۹	۱.۱
بارش	۰.۲	۰.۲۵	۰.۵	۰.۶۲۵	۰.۸	۱.۲۵	۰.۲	۰.۴	۰.۶۶۷	۰.۴	۰.۶۶۹	۱	۰.۳۳۳	۰.۵	۱	۱	۱	۱	۰.۲۵	۰.۴	۱	۰.۲	۰.۳۳	۰.۶۷	۰.۵	۰.۷۵	۱
فاصله نسبت به شبکه راه	۰.۲	۰.۳۵۰۹	۰.۶۲۵	۱	۲.۵	۳.۵۷۱۴	۰.۲۵	۰.۷۵۲	۱.۴۹۳	۰.۵	۱	۱.۴۹۳	۱	۳.۰۳	۴	۴	۱	۲.۵	۴	۱	۱	۰.۳	۰.۴	۰.۵	۰.۵	۲	۲.۵
لینولوژی	۰.۳۸	۰.۵۷۱۴	۱.۱۱۱۱	۲	۳.۰۳۰۳	۴	۰.۶۶۷	۱.۴۹۳	۲.۵	۲.۲۲۲	۲.۸۵۷	۳.۵۷۱	۱.۳۳۳	۲	۴	۱.۴۹۳	۳.۰۳	۵	۲	۲.۵	۳.۳۳۳	۱	۱	۱	۲	۳	۴
کاربری اراضی	۰.۲	۰.۳۳۳۳	۰.۵	۰.۹۰۹۱	۱.۱۱۱۱	۲	۰.۳۳۳	۰.۵	۱	۰.۵	۰.۶۶۷	۱.۳۳۳	۰.۴۵۵	۱	۱.۴۲۹	۱	۱.۳۳۳	۲	۰.۴	۰.۵	۲	۰.۲۵	۰.۳۳۳	۰.۵	۱	۱	۱

پایه‌سازی تکنیک سلسله مراتبی فازی در حوضه‌های ده شیخ و ایذه به این ترتیب انجام گرفت که ابتدا بعد از جمع‌آوری نظرات کارشناسان از طریق پرسشنامه، نظرات آن‌ها که به صورت گفتاری بودند از طریق جدول به اعداد قطعی تبدیل و ماتریس مقایسات زوجی برای معیارهای مؤثر بر زمین لغزش ایجاد گردید. در ادامه با توجه به جدول اعداد قطعی این ماتریس به اعداد فازی تبدیل گردیدند و ماتریس ارزیابی سلسله مراتبی فازی برای آن‌ها تشکیل گردید. در ادامه برآورد میانگین هندسی اعداد فازی مثلی (l_1, m_1, u_1) برای هر کدام از معیارهای مؤثر بر زمین لغزش محاسبه گردید که در جدول ۳ نمایش داده شده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌گردد در اعداد مثلی هر معیار، u بیشترین و l کمترین مقدار را دارا می‌باشد.



جدول ۳ میانگین هندسی اعداد فازی مثلثی ($l1, m1, u1$) برای معیارهای اصلی مؤثر بر زمین لغزش

برآورد هندسی			
	L	M	U
شیب	۱.۶۱۵۳۴	۲.۵۷۸۶۱۱	۳.۵۰۸۳۴۷۰۹۶
جهت شیب	۰.۴۱۷۹۲	۰.۶۳۵۰۶۳	۰.۸۹۰۴۶۲۹۴۴
فاصله نسبت به رودخانه	۰.۷۲۳۴۳	۱.۱۸۹۶۷۶	۱.۹۲۳۲۴۰۵۶۸
تراکم آبراهه	۰.۶۲۴۵۴	۰.۹۱۴۰۶۷	۱.۴۲۹۹۶۹۱۴۸
فاصله نسبت به گسل	۰.۵۲۳۵۶	۰.۷۲۹۷۱۷	۱.۳۵۳۳۶۰۶۲۷
بارش	۰.۳۵۲۱۷	۰.۵۱۵۵۱۵	۰.۸۶۷۸۱۹۲۶
فاصله نسبت به شبکه راه	۰.۵۳۷۵۹	۱.۱۶۶۴۳۹	۱.۶۶۷۰۷۷۶۱۴
لیتولوژی	۱.۲۷۴۹۴	۱.۹۰۸۳۳۱	۲.۸۰۰۱۰۴۵۲۶
کاربری اراضی	۰.۴۸۰۹۷	۰.۶۷۰۶۲۲	۱.۱۶۰۲۲۲۲۴۵
SUM	۶.۵۵۰۴۵	۱۰.۳۰۸۰۴	۱۵.۶۰۰۶۰۴۰۳

در ادامه جمع مقادیر اعداد مثلثی معیارها به صورت کلی محاسبه و معکوس گردید برای محاسبه وزن معیارها از روش سطری استفاده می‌گردد که در ادامه معکوس سازی جمع مقادیر اعداد مثلثی، میانگین هندسی هر سطر در مقدار معکوس مجموع ضرب می‌گردد.

جدول ۴ معکوس جمع مقادیر اعداد مثلثی

معکوس نمودن		
L	M	U
۰.۰۶۴۱	۰.۰۹۷۰۱۲	۰.۱۵۲۶۶۱۱۹۴

جدول ۵ مقادیر حاصل از ضرب میانگین هندسی اعداد مثلثی هر معیار در مقدار معکوس مجموع

ضرب میانگین هندسی هر سطر در مقدار معکوس مجموع			
شیب	۰.۱۰۳۵	۰.۲۵۰۲	۰.۵۳۵۶
جهت شیب	۰.۰۲۶۸	۰.۰۶۱۶	۰.۱۳۵۹
فاصله نسبت به رودخانه	۰.۰۴۶۴	۰.۱۱۵۴	۰.۲۹۳۶
تراکم آبراهه	۰.۰۴۰۰	۰.۰۸۸۷	۰.۲۱۸۳
فاصله نسبت به گسل	۰.۰۳۳۶	۰.۰۷۰۸	۰.۲۰۶۶
بارش	۰.۰۲۲۶	۰.۰۵۰۰	۰.۱۳۲۵
فاصله نسبت به شبکه راه	۰.۰۳۴۵	۰.۱۱۳۲	۰.۲۵۴۵
لیتولوژی	۰.۰۸۱۷	۰.۱۸۵۱	۰.۴۲۷۵
کاربری اراضی	۰.۰۳۰۸	۰.۰۶۵۱	۰.۱۷۷۱

همان‌طور که مشاهده می‌شود اوزان معیارها به صورت فازی محاسبه شده است. به منظور اعمال وزن معیارها در محیط GIS بر روی نقشه‌های پایه باید اوزان فازی مثلثی به اعداد قطعی تبدیل گردد. برای فازی زدایی از روش X_{max} استفاده گردید. وزن نهایی معیارها در محاسبه شده است. همان‌طور که در این جدول مشخص شده است، معیار شیب، لیتولوژی و فاصله نسبت به رودخانه بیشترین و معیارهای جهت شیب، بارش و کاربری اراضی کمترین وزن و تأثیر را بر روی زمین‌لغزش‌ها در حوضه ده شیخ و ایذه دارند.

جدول ۶ وزن نهایی حاصل از فازی زدایی به روش X_{max}

فازی زدایی از روش X_{max}					
	X1max	X2max	X3max	Defuzzy	Normal
شیب	۰.۲۹۶	۰.۲۸۵	۰.۲۷۳	۰.۲۹۶	۰.۲۳۴
جهت شیب	۰.۰۷۵	۰.۰۷۱	۰.۰۶۸	۰.۰۷۵	۰.۰۵۹
فاصله نسبت به رودخانه	۰.۱۵۲	۰.۱۴۳	۰.۱۳۴	۰.۱۵۲	۰.۱۲۰
تراکم آبراهه	۰.۱۱۶	۰.۱۰۹	۰.۱۰۲	۰.۱۱۶	۰.۰۹۱
فاصله نسبت به گسل	۰.۱۰۴	۰.۰۹۵	۰.۰۸۷	۰.۱۰۴	۰.۰۸۲
بارش	۰.۰۶۸	۰.۰۶۴	۰.۰۵۹	۰.۰۶۸	۰.۰۵۴
فاصله نسبت به شبکه راه	۰.۱۳۴	۰.۱۲۹	۰.۱۲۴	۰.۱۳۴	۰.۱۰۶
لیتولوژی	۰.۲۳۱	۰.۲۲۰	۰.۲۰۸	۰.۲۳۱	۰.۱۸۳
کاربری اراضی	۰.۰۹۱	۰.۰۸۵	۰.۰۷۸	۰.۰۹۱	۰.۰۷۲

۴ - تهیه اطلاعات پایه و لایه‌های اطلاعاتی

بررسی معیارهای مؤثر بر زمین‌لغزش در حوضه‌های ده شیخ و ایذه نشان می‌دهد، که تأثیرگذاری این عوامل متفاوت می‌باشد. با توجه به این مسئله احتمال رخداد زمین‌لغزش در حوضه ده شیخ و ایذه متفاوت می‌باشد که با توجه به نوع عامل، احتمال خطر در این مناطق تغییر می‌کنند. در ادامه نحوه تأثیر گذاری و منطقه بندی خطر زمین لغزش ارائه گردیده است.

الف . شیب

در مورد میزان شیب و تأثیر آن بر خطر زمین لغزش، با احتساب شرایط یکسان برای دامنه‌ها هر چه شیب افزایش یابد خطر ناپایداری افزایش پیدا می‌کند. با این نگاه مقادیر وزن نسبی هر کدام از زیررده‌ها با توجه به امتیازدهی فازی، در جدول آمده است.

ب . جهت شیب

با توجه به واقع شدن ایران در نیمکره شمالی و جهت غالب حرکت توده‌های بارش‌های ایران (که از سمت غرب به شرق است) شیب‌های روبه شمال و شمال غرب معمولاً بارندگی بیشتری دریافت کرده و به سبب دریافت کمتر نور خورشید معمولاً رطوبت بیشتری دارند، در نتیجه نسبت به سایر جهت شیب‌ها استعداد بیشتری برای زمین‌لغزش خواهند داشت. با تمایل تغییر جهت شیب از شمال به سمت جنوب این استعداد به تدریج کاهش خواهد یافت.



ج . فاصله از گسل

در مناطق نزدیک گسل به سبب عملکرد آن، لایه‌های زمین دچار خردشدگی و در نتیجه سستی می‌گردند، بنابراین هر چه فاصله‌ی دامنه از گسل کمتر باشد امکان ایجاد زمین‌لغزش بیشتر خواهد بود و بالعکس. مقایسه زیررده‌ها و مقدار وزن نسبی هر کدام از آن‌ها نمایش داده شده است.

ح . فاصله از آبراهه و جاده

هر چه فاصله از آبراهه‌ها و جاده‌ها کمتر باشد به سبب تغییراتی که چه به‌طور طبیعی و چه مصنوعی بر شیب‌های سنگی و خاکی اعمال شده است، میزان خطر نسبی زمین‌لغزش افزایش خواهد یافت.

خ . کاربری اراضی

کاربری اراضی شهرستان کامیاران نیز به چهار زیررده تقسیم‌بندی شده است. در این عامل با توجه به این نکته که مراتع به سبب ارتفاع و بارش بیشتر احتمال رخداد زمین‌لغزش بیشتری دارد، پس در مقایسه‌ی زوجی و در نتیجه وزن نسبی مقادیر بیشتری به آن داده شده است. وزن نسبی زیررده‌های عامل کاربری اراضی آورده شده است که بیشترین وزن به مرتع و چراگاه اختصاص داده شده است

ه . لیتولوژی

به توجه به زیررده‌های سنگ‌شناسی استفاده شده در این مطالعه و ویژگی‌های زمین‌شناسی آن‌ها، زیررده رسوبات دره‌ای و مخروط افکنه‌ای و دشت سیلابی دارای استعداد زمین‌لغزش بیشتری نسبت به سایر زیررده‌ها می‌باشد و بیشترین وزن مقدار وزن را در این عامل به خود اختصاص داده است

ع . بارش

بارندگی نیز با مقدار خطر زمین‌لغزش ارتباط مستقیمی دارد و افزایش بارش احتمال لغزش را با کاهش مقاومت برشی سطوح افزایش می‌دهد. در مطالعه‌ی حاضر نیز با تأکید بر این نکته و با توجه به میانگین بارش سالیانه منطقه، عامل بارش به ۵ زیررده طبقه‌بندی شده است. همان‌طور که از جدول ۴-۶ نمایان است، بیشترین وزن را زیررده بارش ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر در سال دارد.

غ . فاصله از رودخانه

رودخانه‌های دائمی نقش مؤثری در رخداد زمین‌لغزش‌ها دارند. با توجه به اینکه نفوذ آب درون واحدهای سنگی از جنس رس، مارن و مانند این‌ها احتمال رخداد زمین‌لغزش را افزایش می‌دهند، در نتیجه هر چه میزان فاصله نسبت به رودخانه‌ها کمتر باشد این احتمال بیشتر می‌شود و بالعکس. با توجه به این مسئله فاصله نسبت به رودخانه ایذه به ۵ منطقه تقسیم گردیده است که در آورده شده است.

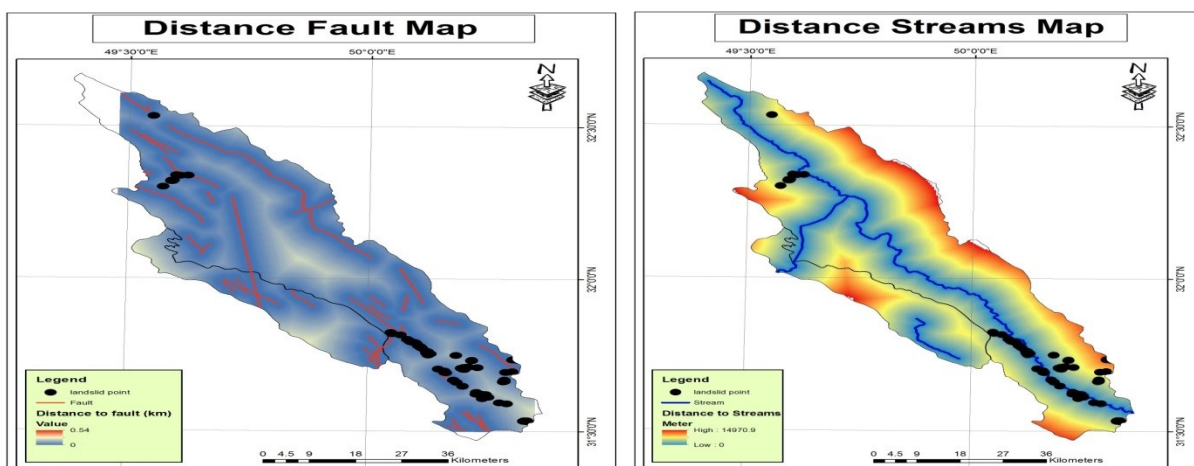
جدول ۷ عوامل مؤثر بر زمین لغزش، شرح زیررده‌های عوامل و وزن نسبی زیررده‌ها

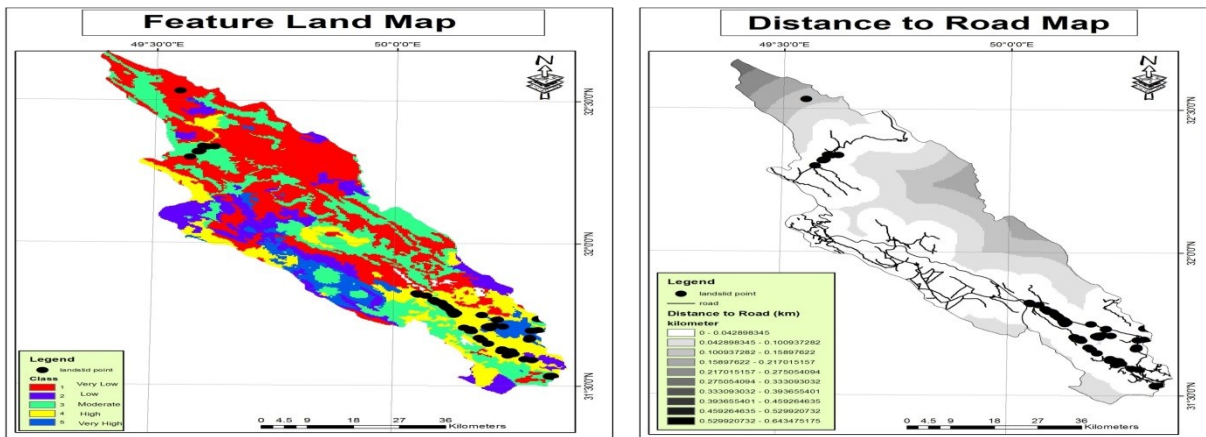
معیار	کلاس				
	۱	۲	۳	۴	۵
شیب	۰-۵	۵-۱۵	۱۵-۲۵	۲۵-۳۵	۳۵-۴۵
جهت شیب	۲۸۰-۳۶۰	۸۰-۱۶۰	۲۳۰-۲۸۰	۱۶۰-۲۳۰	۰-۸۰
فاصل نسبت به رودخانه (کیلومتر)	۴۰۸-۸۲۴	۸۲۴-۱۲۴۰	۱۲۴۰-۱۶۴۰	۱۶۴۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰<
تراکم آبراهه	۰-۰.۴۳	۰.۴۳-۱.۴۳	۱.۴۳-۲.۶۴	۲.۶۴-۴.۱	۴.۱-۷.۹۲
فاصله نسبت به گسل (کیلومتر)	۰-۶.۴	۶.۴-۱۵	۱۵-۲۴	۲۴-۳۵	۳۵-۵۴
بارش	۶۰۰-۷۰۸	۷۰۸-۸۰۲	۸۰۲-۸۹۹	۸۹۹-۱۰۳۰	۱۰۳۰-۱۲۰۰
فاصله نسبت به جاده (کیلومتر)	۰-۷.۸	۷.۸-۱۸	۱۸-۲۹	۲۹-۴۲	۴۲-۶۴
لیتولوژی	مقاوم	نیمه حساس	نیمه حساس تا حساس	حساس	خیلی حساس
کاربری اراضی	چراگاه و مرتع، جنگل کم تراکم، نواحی کوهستانی	نواحی نیمه کوهستانی، پوشش جنگلی متوسط	جنگل متراکم، باغ	زمین های کشاورزی	ناحیه شهری، مسیل

۵ - تهیه نقشه‌های رقومی شده عوامل مؤثر زمین لغزش حوضه‌های آبریز ده شیخ و ایذه بر اساس مدل AHP در محیط

GIS

مهم‌ترین عوامل مؤثر در رخ دادن زمین لغزش در منطقه، با بهره‌گیری از اطلاعات و نقشه‌های رقومی شده، پایه زمین‌شناسی و داده‌های به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های آماری مربوط، جمع‌آوری گردید. سپس برای هر یک از پارامترهای مؤثر و شاخص‌های موردنظر، کلاس‌های ارزشی تعیین شده و اهمیت نسبی آن‌ها با مدل AHP تعیین گردید. پس از تهیه نقشه هر یک از پارامترهای مؤثر در زمین لغزش‌های منطقه با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS، رقومی شده و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی گردیده است. در انتها با تلفیق نقشه‌های به‌دست‌آمده، نقشه کلی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه به‌دست‌آمده که موردبحث قرار خواهد گرفت.





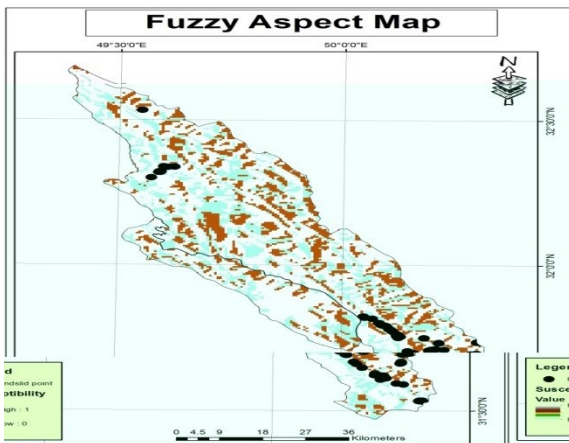
شکل ۶ فاصله نسبت به رودخانه، فاصله نسبت به گسل‌ها، فاصله نسبت به شبکه راه‌ها، کاربری‌های اراضی
منبع: یافته‌های نگارندگان

۶- فازی‌سازی نقشه‌های معیارهای مؤثر بر زمین‌لغزش در حوضه‌های مورد مطالعه

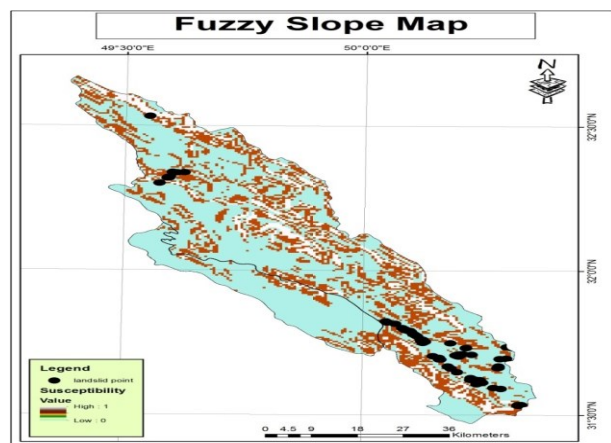
پس از استانداردسازی نقشه‌های معیار حوضه‌های ده شیخ و ایذه به روش سلسله مراتبی فازی، آن‌ها را مجدداً در محیط Arc GIS 10 تبدیل به نقشه‌هایی با منطق فازی نمودیم. مدل منطق فازی تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است. و روشی نوین جهت بیان عدم قطعیت‌ها و ابهامات روزمره می‌باشد. مجموعه‌های فازی از طریق تابع عضویت تعریف می‌شوند. برای هر مجموعه فازی عددی بین صفر تا یک وجود دارد؛ که صفر عدم عضویت کامل و یک عضویت کامل را نشان می‌دهد (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۰)، مدل فازی با استفاده از عملگرهای مختلفی صورت می‌گیرد. از عملگرهای مهم مدل منطق فازی می‌توان به عملگر ضرب جبری فازی، جمع جبری فازی و گامای فازی و غیره اشاره کرد. عملگر گامای فازی در مقایسه با دو عملگر جمع و ضرب فازی نقش تعدیلی در نتیجه دارد. و حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی را تعدیل کرده و به واقعیت نزدیک‌تر می‌کند. این عملگر برحسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی بر اساس رابطه زیر تعریف می‌شود. که این عملگر به نقشه‌های نهایی حاصل از اعمال وزن دهی سلسله مراتبی اعمال و نقشه‌های نهایی جهت مشخص شدن پهنه‌های حساس خطر وقوع زمین‌لغزش در محدوده پژوهش استخراج خواهد گردید.

$$u_{\text{combination}} = ((\text{Fuzzy Algebraic Sum})(\text{Fuzzy Algebraic Product}))^{1-\gamma}$$

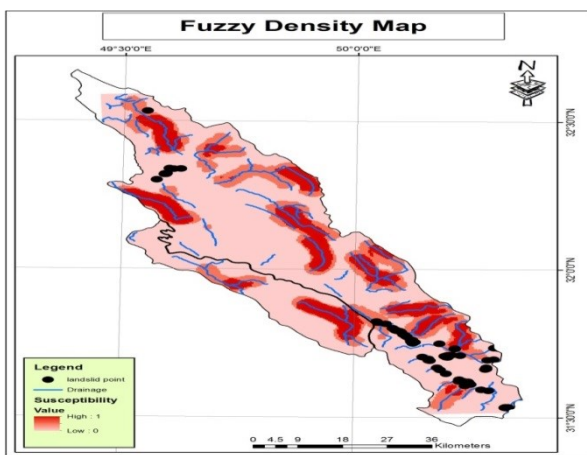
که در آن $u_{\text{combination}}$ لایه حاصل از گامای فازی و γ پارامتر تعیین‌شده در محدوده صفر و یک است. زمانی که γ را برابر ۱ قرار دهیم ترکیبی که اعمال می‌شود. همان جمع جبری فازی و زمانی که γ برابر صفر باشد ترکیب، برابر با ضرب جبری فازی است. مقدار در نظر گرفته‌شده برای γ مقادیری در خروجی ایجاد می‌کند، که با اثر افزایشی جمع جبری و اثر کاهشی ضرب جبری فازی سازگاری دارد. پس باید در نظر داشت که انتخاب صحیح مقدار گاما در بالا بردن دقت کار بسیار مفید است (آل شیخ، ۲۰۰۸).



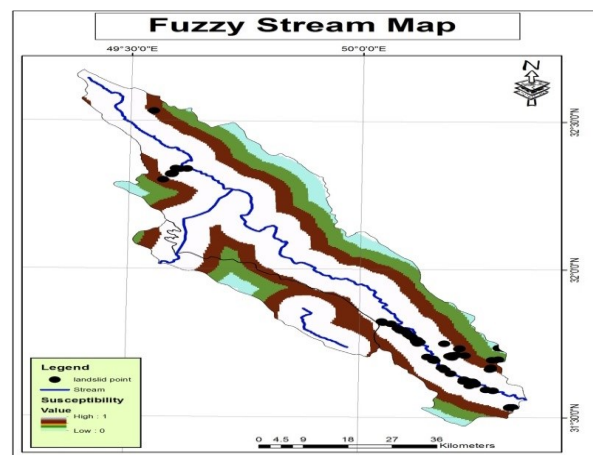
نقشه ۳ فازی سازی شده معیار جهت شیب



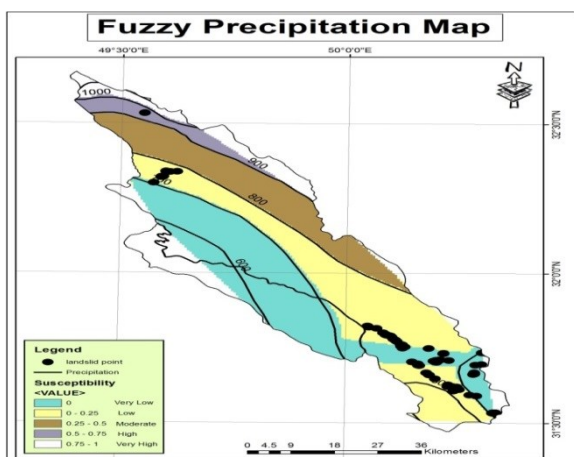
نقشه ۲ فازی سازی شده معیار شیب



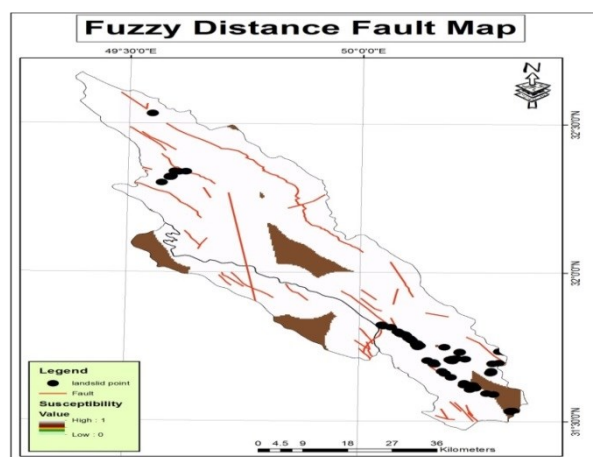
شکل ۸ فازی سازی شده معیار تراکم آبراهه‌ها منبع: یافته‌های



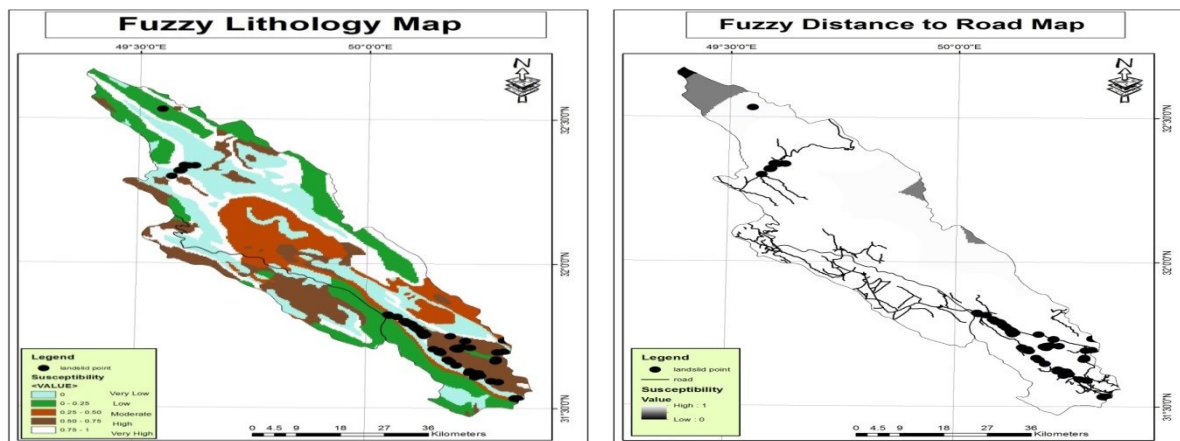
شکل ۷ فازی سازی شده معیار فاصله نسبت به رودخانه نگارندگان



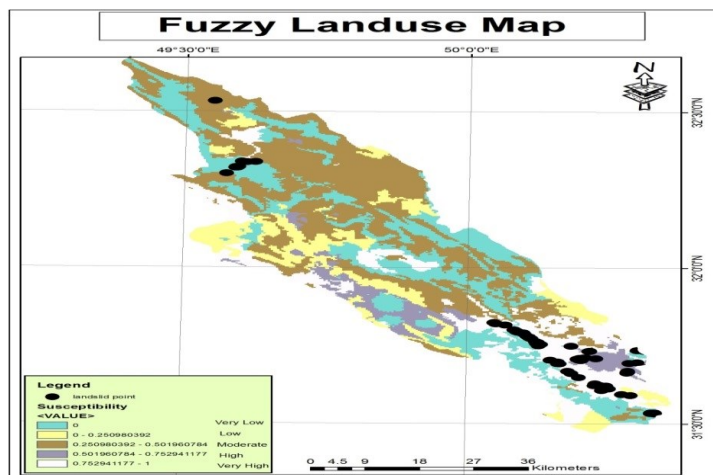
شکل ۱۰ فازی سازی شده معیار بارش



شکل ۹ فازی سازی شده معیار فاصله نسبت به گسل‌ها



شکل ۱۱ فازی سازی شده معیار فاصله نسبت به شبکه راهها شکل ۱۲ فازی سازی شده معیار لیتولوژی



شکل ۱۳ فازی سازی شده معیار کاربری اراضی منبع : یافته های نگارندگان

۷ - وزن دهی نقشه‌های معیارهای مؤثر بر زمین‌لغزش در حوضه‌های مورد مطالعه

در این مرحله اوزان معیارهای مؤثر بر رخداد زمین‌لغزش که در بخش ۵ - ۲ همین فصل به روش سلسله مراتبی فازی محاسبه گردیده بودند، در محیط Arc GIS به نقشه‌های فازی شده، اعمال می‌گردد. مقادیر وزن معیار شامل شیب (۰/۲۳۴)، جهت شیب (۰/۰۵۹)، رودخانه (۰/۱۲)، تراکم آبراهه (۰/۰۹۱)، گسل (۰/۰۸۲)، بارش (۰/۰۵۴)، شبکه راهها (۰/۱۰۶)، لیتولوژی (۰/۱۸۳) و کاربری اراضی (۰/۰۷۲) می‌باشد.

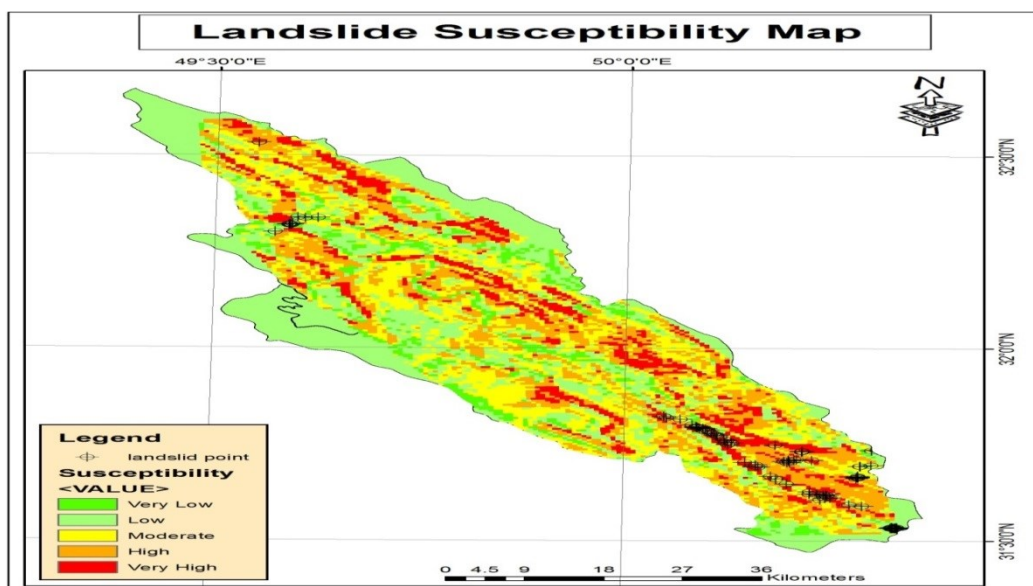
۸ - تهیه نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در محیط GIS

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، بعد از به دست آوردن نقشه‌های نهایی هرکدام از عناصر مؤثر در فرآیند زمین‌لغزش، بر اساس مدل تلفیقی، در نهایت برای همپوشانی و به دست آوردن یک نقشه نهایی برای نشان دادن پتانسیل حساسیت و خطر زمین‌لغزش در حوضه‌های ده شیخ و ایذه، نقشه‌های ایجادشده را در محیط **Fuzzy overlay** با ضریب گامای ۰/۷ تلفیق کرده و نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با مدل تلفیقی (سلسله مراتبی فازی) حاصل شد .

بر اساس نقشه خطر زمین لغزش و درصد مساحت کلاس‌های طبقه‌بندی شده جدول ۷، درصد مساحت نواحی با خطر بالا و خیلی بالا در حوضه‌های ده شیخ و ایذه مجموعاً برابر است با ۴۰/۷ درصد از کل حوضه که درصد بالایی از منطقه را شامل می‌شود و برای این حوضه‌ها هشداردهنده می‌باشد.

جدول ۸ مساحت طبقات خطر زمین لغزش

کلاس	طبقات خطر زمین لغزش	تعداد پیکسل (۸ بیت)	درصد مساحت
۱	خیلی پایین	۸۵۸	۷۰۷۱۷۲۱۵۳
۲	پایین	۲۴۱۰	۲۱۰۶۷۶۵۶۱
۳	متوسط	۳۳۲۴	۲۹۰۸۹۷۴۶۴
۴	بالا	۳۰۶۵	۲۷۰۵۶۷۹۰۸
۵	خیلی بالا	۱۴۶۱	۱۳۰۱۴۰۸۵۳



شکل ۱۴ پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه‌های ده شیخ و ایذه منبع: یافته‌های نگارندگان

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP)، خطرپذیری محدوده رودخانه ایذه در حوضه‌های ده شیخ و ایذه ارزیابی گردید. مطالعات صورت گرفته با استفاده از منابع معتبر داخلی و خارجی و پرسشنامه تکمیل شده توسط کارشناسان صاحب نظر، و همچنین زمین لغزش‌های رخ داده در اطراف رودخانه ایذه نشان داد، که نه عامل در رخداد این زمین لغزش‌ها مؤثر می‌باشند. عوامل اصلی شامل شیب دامنه‌ها، جهت شیب دامنه‌ها، رودخانه کارون، تراکم آبراهه‌ها، نزدیکی به گسل‌های حوضه، بارش زیاد، نزدیکی به شبکه راه‌ها، لیتولوژی و کاربری اراضی می‌باشند.

برای نرمال‌سازی و طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی از روش سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP) استفاده شد. بررسی وزن تأثیر هر یک از عوامل مؤثر در بروز زمین لغزش نشان داد که پارامترهای شیب، لیتولوژی، شبکه راه‌ها، رودخانه و تراکم آبراهه‌ها وزن و تأثیر بیشتری در بروز زمین لغزش در حوضه‌های ده شیخ و ایذه دارند. همچنین معیارهای جهت شیب و بارش کمترین وزن را در زمین لغزش‌ها در این منطقه دارا می‌باشند. با تلفیق و روی هم گذاری لایه‌های مؤثر بر زمین لغزش که در



محیط در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (Arc GIS) انجام گردید، نقشه نهایی خطر زمین لغزش در حوضه‌های ده شیخ و ایذه به دست آمد. انطباق این نقشه با مکان زمین لغزش‌های رخ داده نشان می‌دهد که انطباق مناسبی بین نقشه پتانسیل هم خطر زمین لغزش و مکان‌های رخداد زمین لغزش قبلی وجود دارد.

بررسی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش و جدول توزیع مساحت طبقات خطر نشان می‌دهد که درصد مساحت نواحی با خطر بالا و خیلی بالا در حوضه‌های ده شیخ و ایذه مجموعاً برابر است با ۴۰/۷ درصد از کل حوضه می‌باشد که درصد بالایی از منطقه را شامل می‌شود.

بررسی حوضه‌های دربرگیرنده رودخانه کارون شامل ده شیخ و ایذه نشان می‌دهد که به دلیل اینکه بخش جنوبی حوضه‌ها دارای جغرافیای کوهستانی می‌باشد در نتیجه شیب و بارش زیاد می‌باشد که به تبع آن تراکم آبراهه‌ها نیز زیاد می‌شود. همچنین به دلیل دائمی بودن رودخانه کارون و عمدتاً جنس مارن و رس حوضه‌ها، این مناطق مستعد زمین لغزش بیشتری می‌باشند.

پیشنهادات

از آنجایی که در ارتباط با زمین لغزش‌های ناشی از زلزله در ایران مطالعات محدودی انجام شده است، پیشنهاداتی برای ادامه پهنه بندی زمین لغزش بصورت فازی با استفاده از روش کیفی تحقیقات در این زمینه متصور می‌باشد که در این بخش تعدادی از آنها ارائه گردیده است:

۱ - با توجه به اینکه اطلاعات زمین لغزش‌ها و معیارهای مؤثر بر زمین لغزش بر اساس مطالعات قبلی و آمارهای رسمی می‌باشد، برای دست یافته به نتایج بهتر و ایجاد پهنه‌بندی دقیقتر، پیشنهاد می‌گردد که اطلاعات دقیق گسل‌ها، شناسایی جنس واحدهای سنگی و محل رخداد‌های زمین لغزش در حوضه رودخانه ایذه طی بازدیدهای میدانی برداشت گردد.

۲ - پیشنهاد می‌گردد نتایج پهنه‌بندی زمین لغزش به روش سلسله مراتبی فازی با نتایج دیگر روش‌ها مانند *Topsis Fuzzy* نیز مقایسه گردد. سپس مشابهت‌ها و مغایرت‌ها با استفاده از شواهد زمینی مقایسه و تحلیل گردد.

۳ - با توجه به تأثیر و وزن بیشتر بعضی از عوامل مانند شبکه راه‌ها، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی برای جلوگیری از تأثیر یکسان راه‌های کوچک و بزرگ، این عوامل به نحوی تفکیک گردند.

۴ - با توجه به تغییرات سریع کاربری‌های زمین، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات و پهنه‌بندی‌های زمین لغزش بعدی از اطلاعات به روز شده استفاده گردد.

۵ - شناسایی پتانسیل خطر در دامنه‌ها از طریق پهنه بندی، پرهیز از توسعه در مناطق با خطر متوسط به بالا، استفاده از راهکارهای مهندسی در دامنه‌های دچار گسیختگی، مدیریت خاص شهری در مناطق آسیب پذیر، تدوین دستورالعمل‌های ویژه ساخت و ساز در مناطق کوهپایه‌ای و کوهستانی و بکارگیری متخصصان و افراد باتجربه در مراکز تصمیم‌گیری مرتبط با زمین لغزش از دیگر پیشنهادات می‌باشند.

۶ - به طور کلی می‌توان بیان نمود که سیستم‌های فازی برای مدل سازی دو نوع اصلی عدم قطعیت در پدیده‌های موجود در جهان، یعنی عدم قطعیت ناشی از ضعف دانش و ابزار بشری در شناخت پیچیدگی‌های یک پدیده و نوع دوم عدم قطعیت مربوط به عدم صراحت و عدم شفافیت مربوط به یک پدیده یا ویژگی خاص آن کاربرد فراوانی دارد. به طوری که منطق فازی با انعطاف پذیری فوق العاده برای تحلیل معانی زبان طبیعی، قادر است ابهامات برخاسته از ذهن انسان، محیط و عدم قطعیتی که در قضاوت انسانی وجود دارد مدل سازی و تحلیل نماید. از این رو افق تازه‌ای برای سیاست گذاری، برنامه ریزی و



مجله علوم جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، دوره ۱۹، شماره ۴۲، بهار ۱۴۰۲، صص ۱۷۶-۱۵۶

تصمیم‌گیری پیش‌روی مدیران قرار می‌دهد. انجام تحقیقات گسترده به منظور استفاده از منطق فازی بویژه در منابع طبیعی و خطرات محیطی به عنوان بستر حیات انسانی از توصیه‌های این تحقیق است.



منابع

- ۱ - احمدی، حسن. (۱۳۷۴)، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد یک، فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲ - آذر، ع. و فرجی، ح.، (۱۳۸۷)، علم مدیریت فازی، ناشر: مؤسسه کتاب مهربان نشر.
- ۳ - علوی پناه، س. ک. (۱۳۸۲). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۱۸-۳۵.
- ۴ - کمک پناه، ع.، حافظی مقدس، ن.، (۱۳۷۲) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزه در ایران، پژوهشگاه بین-المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- ۵ - کوره‌پزان، ا. (۱۳۸۷)، اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی مسائل مهندسی آب، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، ۲۲۵ - ۲۱۲.
- ۶ . Ahmadi, H., (1998), Applied Geomorphology, Volume 2: Wilderness, wind erosion, Tehran University Press.
- ۷ . Feizizadeh, B., Blaschke, T., (2014). An uncertainty and sensitivity analysis approach for GIS-based multicriteria landslide susceptibility mapping. Int. J. Geog. Inf. Sci., <http://dx.doi.org/10.1080/13658816.2013.869821>.
- ۸ . Hansen, A., (1984)b. Landslide hazard analysis, In: Slope Instability. Brunsten & Prior(eds.), Jhon Wiley and Sons Ltd.
- ۹ . Hansen, M. J., (1984)a. Strategies for Classification of Landslides, In: Slope Instability. Highland, L., Jhonson, M.(2004.) Landslide Types and Processes, USGS Website: <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>
- ۱۰ . Mancini, F. Ceppi, C.and G. Ritrovato. (2010). GIS and statistical analysis for landslide susceptibility mapping in the Daunia area, Italy Technical University of Bari.
- ۱۱ . Melchiorre C, Matteucci M, Azzoni A, Zanchi A. (2008.) Artificial neural networks and cluster analysis in landslide susceptibility zonation. Geomorphology, 94(3): 379-400.
- ۱۲ . Shahabi, H., & M. hashim (2015). Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models and Remote sensing data in tropical environment. Universiti Teknologi Malaysia



Abstract

Slope stability study and determine the relative risk is essential even though the development of cities, villages, regions and industrial estates, roads and so on. Izeh river Basin in the Northeast of Khuzestan province has different type of slope instability. Control and prevention of risks will be achieved if that we can Evaluation of the unstable situation in the region, its Zonation, identifying of displacement and Mechanism of this movements. In this Thesis Landslide hazard zonation has been done based on Fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) with Arc GIS Software in the Dehsheykh and Izeh Basins. It makes use of nine causal landslide factors identified by local landslide experts in Dehsheykh and Izeh Basins that included Slope, Aspect, Stream, Fault, Precipitation, Road, Drainage Density, Lithology and Landuse. In order to Landslide susceptibility mapping, Criteria Weight identified by using FAHP. Fuzzy set theory was integrated with AHP in Arc GIS in order to use pairwise comparisons to compare Landslide susceptibility mapping criteria for ranking purposes. Finally, Landslide susceptibility map was prepared in Dehsheykh and Izeh Basins. This study showed that criteria Slope, Lithology and Distance to Stream & Road are as the most influential factors affecting the landslide in area of Izeh River. According to the results of zoning conformity with landslides occurred and the cost of the study, Remote sensing studies can be used in future planning in this area.

