جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سال ۲۶، پیـاپی ۵۸، شـماره ۲، تابسـتان ۱۳۹٤

# بررسی پتانسیل زمین لغزش با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (AHP و TOPSIS) در استان چهارمحال و بختیاری

**عبـــدالله ســـیف**: اســـتادیار ژئومورفولـــوژی، دانشـــگاه اصـــفهان، اصـــفهان، ایـــران
**محمد راهـدان مفـرد**: دانشـجوی کارشناسـی ارشـد ژئومورفولـوژی، دانشـگاه اصـفهان، اصـفهان، ایـران *

وصـول: ۱۳۹۱/٦/۱ پـذیرش: ۱۳۹۲/۲/۱۱، صص ٤۸-۳۱

**چکیده**

شناخت نواحی مستعد پدیده زمین لغزش و رتبه بندی آن‌ها به عنوان یک مخاطره عمـده در منـاطق کوهسـتانی ایـران را می‌توان یکی از گام‌های اولیه در برنامه ریزی‌های توسعه ای و عمرانی دانست. در مقاله حاضر وضـعیت زمـین لغـزش‌هـای استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از مدل‌های AHP و TOPSIS مورد ارزیابی قرار گرفت. در ایـن روش‌هـا گزینـه‌هـای مورد نظر را شهرستان‌های استان (شهرکرد، کوهرنگ، فارسان، بروجن، اردل و لردگان) و معیارهای مؤثر را نیز شیب، کاربری اراضی، سازندهای زمین شناسی، ارتفاع، تراکم آبراهه‌ها، بارش سالانه و فاصله از جاده تشکیل می‌دهند. پس از تهیه لایه‌هـای اطلاعاتی مورد نیاز در محیط GIS و امتیازدهی به هر کدام از معیارهای مؤثر، در نهایت نتـایج بکـارگیری مـدل‌هـای مـذکور نشان می‌دهد که عامل زمین شناسی با وزن تقریبی ۰/۲٦٦۹ مهم‌ترین و شاخص تراکم آبراهه‌ها بـا وزن تقریبـی ۰/۰۱۹۲ کـم اهمیت‌ترین معیارها می‌باشند. همچنین بررسی وضعیت پتانسیل رخداد زمین لغزش در محدوده مورد مطالعه، حاکی از وجود تفاوت در نتایج به دست آمده از بکارگیری مدل‌هـای AHP و TOPSIS اسـت. تفـاوت مـذکور شـرایط را بـرای اسـتفاده از استراتژی‌های اولویت بندی (میانگین رتبه‌ها، بردا و کپ لند)، با ترکیب نتایج حاصـل از مـدل‌هـای AHP و TOPSIS فـراهم کرد. نتایج به دست آمده از این امر نشان دهنده وجود بیشترین پتانسیل رخداد ایـن پدیـده طبیعـی در شهرسـتان‌هـای اردل، کوهرنگ و فارسان و کمترین پتانسیل در شهرستان بروجن است.

**واژه‌های کلیدی**: زمین لغزش؛ AHP؛ TOPSIS؛ استراتژی‌های اولویت بندی؛ چهارمحال و بختیاری.

## ۱- مقدمه

زمین لغزش از جمله مهم‌ترین محدودیت‌هـایی اسـت کـه مـورد توجـه پژوهشـگران، برنامـه ریـزان و سیاست‌گذاران بهره برداری از زمین و منـابع آن قـرار گرفتـه اسـت. ایـن پدیـده اکثـراً بـه عنـوان یکـی از بزرگترین عوامل مزاحم برنامه‌های عمرانـی بـه شـمار می‌رود (مـددی، ۱۳۸۹: ۷۷). در همـین راسـتا داشـتن اطلاعـات کـافی در خصـوص منـاطقی کـه مسـتعد حرکات دامنه ای است جهت کاهش خسارات جانی و مالی الزامی است (یمانی و دیگران، ۱۳۸۹: ۹٦).

زمین لغزش‌ها خطرات بسیار مهم طبیعی و فرایندهای فعالی هستند کـه موجـب فرسـایش و تکامـل چشـم

*نویسنده مسؤول: E-mail: rahdangeo7@yahoo.com

انـدازهای طبیعـی مـی‌شـوند (Guzzetti et al, 2005:272) و حضور انسان در پیرامون این رخداد آن را بصورت بـلا نشـان مـی‌دهـد (انتظـاری و دیگـران، ۱۳۹۰: ۱۵۵). در پـاره ای از مواقـع ایـن پدیـده دارای جنبه‌های مثبت نیـز بـوده اسـت. ماننـد زمـین لغـزش تورتوم در ترکیه که موجـب ایجـاد یـک سـد بـزرگ طبیعی گردید (Duman, 2009: 72). با این حـال ایـن پدیده از عوامل فرسایش و تخریب زمینهای کشاورزی نیز به شمار می‌رود (Yalcin, 2007: 77).

بـا توجـه بـه شـرایط توپـوگرافی عمـدتاً کوهسـتانی، فعالیت زمین ساختی و لرزه خیزی زیاد، شرایط متنوع زمین شناسی و اقلیمی، کشور ایران به طور گسترده در معرض پدیده زمین لغزش قرار دارد (مرادی ودیگران، ۱۳۹۰: ۱). اسـتان چهارمحـال و بختیـاری از جملـه استان‌هایی است که لغزش‌های مخربی را تجربه کـرده است. از جمله ی این زمین لغزش‌هـا، تخریـب کامـل روستای آبیکار در منطقه بازفت از شهرسـتان فارسـان است که در سال ۱۳۷۷، پنجاه و پـنج نفـر را بـه کـام مرگ فرستاد.

از آنجا که پیش بینی زمان رخداد زمین لغزش‌هاخارج از توان دانش بشری اسـت، تنهـا بـا شناسـایی منـاطق حساس به زمین لغزش تا حدودی مـی‌تـوان از خطـر ناشی از بروز این پدیده جلـوگیری کـرد. پهنـه بنـدی خطر زمین لغزش، می‌تواند مبنایی برای اقدامات بعدی و برنامه ریزی‌هـای آتـی توسـعه و عمـران محسـوب گردد (شیرانی و دیگران، ۱۳۸۹: ۹۲).

سـابقه پـژوهش در مـورد پهنـه بنـدی خطـر وقـوع حرکت‌های توده ای در کشورهای توسعه یافته به دهه ٦۰ میلادی باز می‌گـردد. بـه طـوری کـه تهیّـه اولـین نقشه‌های زمین لغزش را بـه دهـه ۷۰ مـیلادی ارتبـاط می‌دهند (Corominas & Moya, 2008: 193). امـا در کشور ما مطالعات انجام گرفته در این زمینه جوان بوده و شروع جـدی آنهـا بـه اوایـل دهـه ۸۰ _۱۳۷۰ بـاز می‌گردد (کرم و محمودی، ۱۳۸٤: ۲).

محققینی از جمله امامی و الهامی(۱۳۸۵)، اقدام به تهیه نقشـه پهنـه بنـدی خطـر زمـین لغـزش بـه روش موراوارسـون بـا دقتـی حـدود ۵۷ درصـد در حوضـه دوآب صمصامی در غرب استان کرده اند و یـا کـرم و محمودی (۱۳۸٤) با پژوهش در زمینه مدل‌های کمـی، دقّت بیشتری را به روش رگرسیون لاجستیک در پهنـه بندی این مخاطره در محدوده حوضهٔ آبریـز سـرخون در شهرستان اردل نسبت داده اند. امـا کمبـود داده‌هـا، بویژه در رابطه با اطلاعات ژئواکولوژیـک، محققـین را همواره در تنگنا قرار داده است و این محدودیتها بویژه زمانی که زمین لغزه‌های مورد مطالعه سطحی باشند به دلیل قدرت تفکیک پایین آنها در نقشـه‌هـای پایـه، دو چندان می شود (جباری، ۱۳۸٤: ۸٦).

روش شباهت به گزینه ایده آل (TOPSIS)، اولین بـار در سـال ۱۹۸۱ توسـط یـون و هوانـگ ارائـه شـد(Hwang&Yoon, 1981). ایـن روش، مـاتریس تصمیمی را ارزیابی می‌کنـد کـه شـامل m گزینـه و n شاخص است و اساس آن انتخاب گزینـه ایسـت کـه کمترین فاصله را از جواب ایده آل مثبـت و بیشـترین فاصله را از جـواب ایـده آل منفـی دارد (احمـدپور و دیگران، ۱۳۸۸: ۱٦). استفاده از این روش در هنگـامی که تعداد شاخص‌هـاو اطلاعـات در دسـترس محـدود است پیشنهاد می‌شود (طاهرخوانی، ۱۳۸٦: ٦۵). روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نیز در سال۱۹۸۰ توسط Saaty ارائه شد. او کاربرد ایـن روش را کـه مـنعکس کننده تفکر انسانی است برای مسائل پیچیـده پیشـنهاد

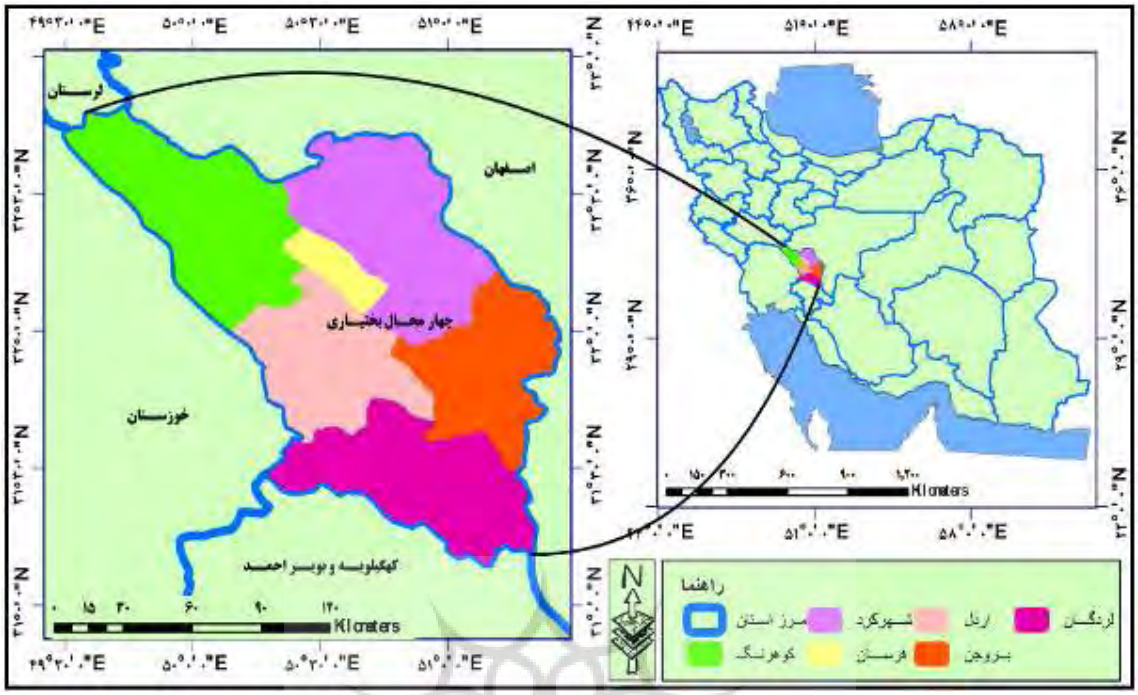
می‌دهد(Saaty, 1980). اساس این روش بر این موضوع استوار است که با تجزیه مسائل پیچیده تصمیم گیرنده را قادر سازد تا به اولویت بندی گزینه‌های مورد نظر خود بپردازد. از آنجا که در وقوع لغزش عوامل متعددی ممکن است دخالت داشته باشند، به کمک این مدل می توان متغیرهای مختلفی را در معادله وارد کرد و تجزیه و تحلیل را تا رسیدن به نتایج نهایی ادامه داد (علایی طالقانی و رحیم زاده، ۱۳۹۰: ٥٤). کاربرد این مدل در ارزیابی خطر زمین لغزش توسط محققین زیادی تأیید شده است به طوری که یالسین (2008) از این مدل به عنوان مدلی یاد می‌کند که می‌تواند تصویری بسیار واقعی از پراکنش زمین لغزش‌های موجود در هر منطقه ارایه دهد.

پژوهش حاضر بر آنست تا علاوه بر یافتن ضریب اهمیت هر کدام از معیارهای مؤثر در ایجاد پدیده زمین لغزش از طریق مدل TOPSIS، وزن هر کدام از گزینه‌های مربوطه را نیز در قالب مدل AHP به دست آورد. سپس از طریق استراتژی‌های اولویت بندی (میانگین رتبه‌ها، بردا و کپ لند ) علاوه بر مقایسه دو مدل بکار رفته در این پژوهش، پتانسیل استان چهارمحال و بختیاری را از نظر ایجاد پدیده زمین لغزش محاسبه نماید. همچنین این مسئله را مورد بررسی قرار دهد که آیا مدل TOPSIS نیز مانند مدل AHP می‌تواند روشی مناسب برای بررسی پتانسیل لغزش در مناطق کوهستانی مانند محدوده مورد مطالعه باشد یا خیر؟

– موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ١٦٥٣٢ کیلومتر مربع بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ٤٨ دقیقه عرض شمالی و نیز ٤٩ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این استان دربخش مرکزی کوههای زاگرس بین پیش کوههای داخل و استان اصفهان واقع شده است. از شمال و شرق به استان اصفهان، ازغرب به استان خوزستان، از جنوب به کهکیلویه و بویر احمد و از شمال غرب به استان لرستان محدود است (شکل۱).

این منطقه دارای یک درصد از کل وسعت ایران می‌باشد که در بستر سلسله جبال زاگرس واقع شده است که با وجود مساحت کم ده درصد از منابع آب کشور را در اختیار دارد. به علت ماهیت کوهستانی مرتفع، این استان دارای بارش نسبتاً مناسب می باشد. وجود ارتفاعات پوشیده از برف یکی از ویژگیهای اقلیمی این استان است. به علت جوان بودن ناهمواریها دراین منطقه، بلایا و مخاطرات طبیعی بسیاری چون سیل و زلزله، رانش زمین در اکثر نقاط آن مشاهده می‌شود. استان چهارمحال و بختیاری بدلیل دارا بودن ویژگیهای خاص جغرافیایی و توپوگرافی از لحاظ آب و هوایی متنوع بوده و اقلیم‌های متفاوتی در آن وجود دارد.




**شکل ۱ : موقعیت محدوده مورد مطالعه**

**– روش تحقیق و مراحل آن**

در مقاله حاضر وضعیت زمین لغزشهای استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از مدلهای TOPSIS و AHP مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مدلها گزینه‌های مورد نظر را شهرستانهای استان (شهرکرد، کوهرنگ، فارسان، بروجن، اردل و لردگان) و معیارهای مؤثر را شاخصهای شیب، کاربری اراضی، سازندهای زمین شناسی، ارتفاع، تراکم آبراهه‌ها، بارش سالانه و فاصله از جاده تشکیل می‌دهند. با هدف دستیابی به اهداف مورد نظر برای هر کدام از معیارهای مذکور لایه و نقشه اطلاعاتی آن در محیط نرم افزاری ARC GIS و SURFER به شرح زیر ترسیم گردید.

– تهیّه لایه‌های اطّلاعاتی توپولوژی شامل شیب و طبقات ارتفاعی از نقشه رقومی توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه در محیط GIS (شکل‌های ۲ و ۳).

– تهیّه لایه اطّلاعاتی سازندهای زمین شناسی منطقه از نقشه رقومی زمین شناسی حوضه در محیط GIS (شکل ٤).

– همواره از بارش به عنوان یک عامل مهم در ایجاد زمین لغزش‌هانام برده می‌شود به طوری که تسای و یانگ (۲۰۰٦) از طریق مدلسازی از بارش‌هابویژه بارش‌های آغازین در هر منطقه به عنوان عامل اصلی در بسیاری از زمین لغزش‌های سطحی نام می‌برند. به دلیل همین اهمیت، لایه بارش سالیانه ی منطقه مورد مطالعه از طریق روابط خطی بارش و ارتفاع در محیط SURFER با استفاده از آمار ایستگاههای سینوپتیک و باران سنجی لردگان، ایذه، مسجد سلیمان، یاسوج، بروجن، فارسان، سرخون، آلونی، دهنو، منج بر، ارمند

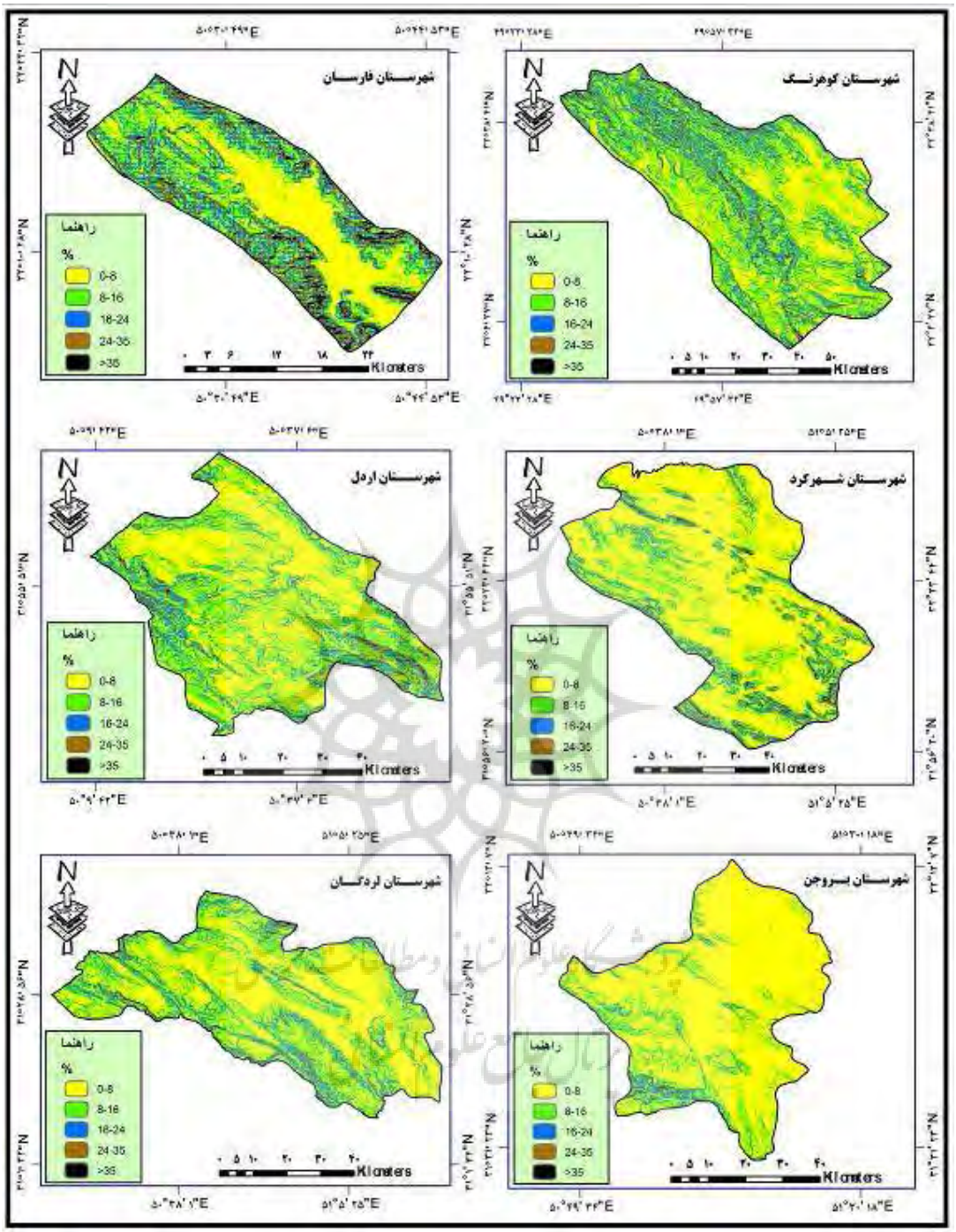
علیا، دوآب صمصانی، رستم آباد، دوپلان و چمن گلی در یک بازه آماری ده ساله تهیه گردید. (شکل ۵).

– تراکم آبراهه‌هایکی دیگر از پارامترهای تأثیرگذار در وقوع زمین لغزش‌های منطقه است که برای تهیّه این لایه از نقشه توپوگرافی و (DEM) ارتفاعی حوضه در محیط GIS استفاده شد. در این تحقیق تأثیر جریان‌های سطحی در ایجاد زمین لغزش‌های آتی، بواسطه زمین لغزش‌های ثبت شده تا فاصله ٤٥٠ متری از آن در نظر گرفته شد که این فاصله به ۹ طبقه ی ۵۰ متری تقسیم گردید و برای وزن دهی به این لایه در ماتریس مدل‌های بکارگرفته شده به هر طبقه از ۱ تا ۹ امتیاز داده شد. به این شکل که به طبقات با فاصله نزدیک تر امتیاز بیشتر و به طبقات با فاصله دورتر امتیاز کمتر تعلق گرفت (شکل٦).

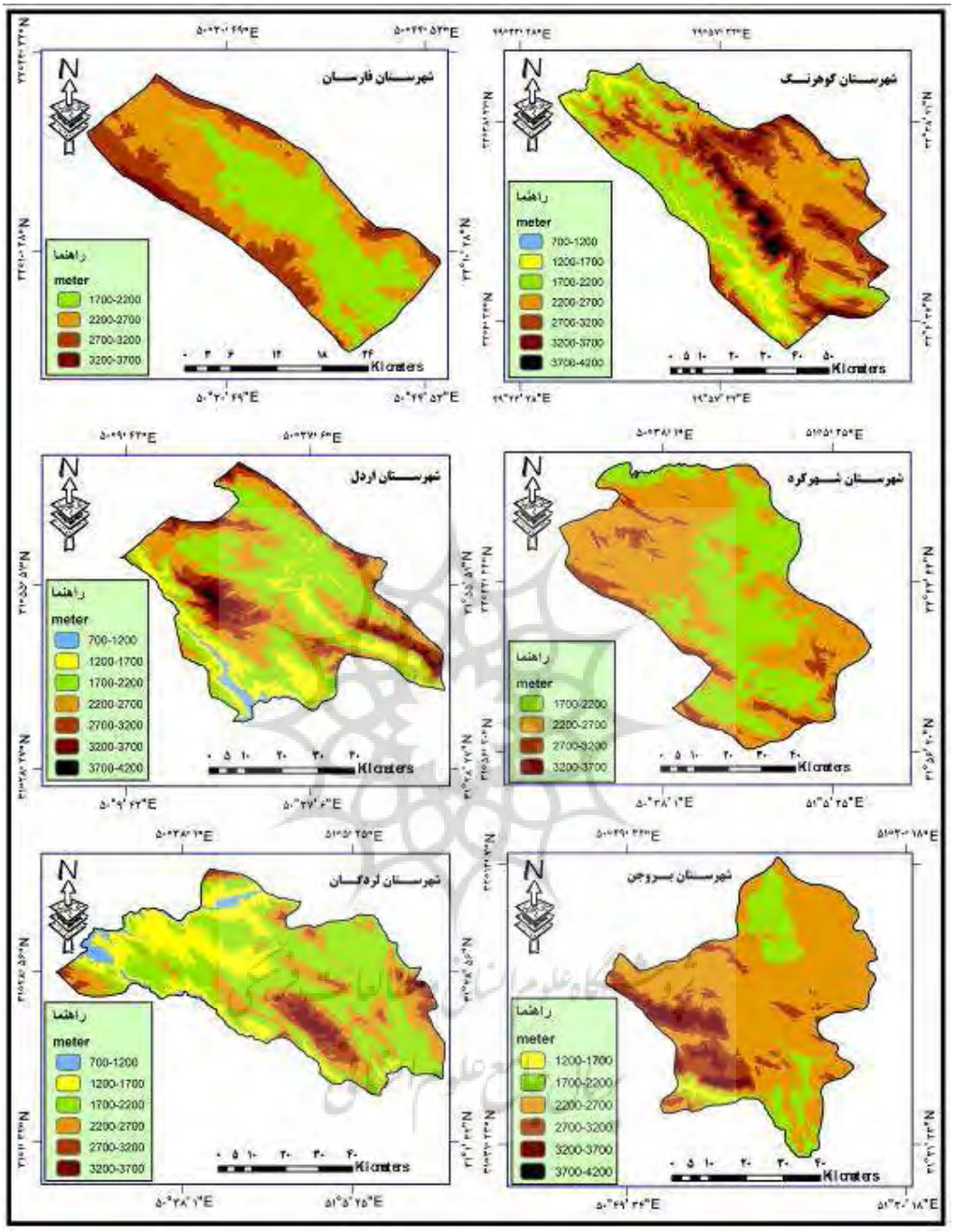
– لایه اطّلاعاتی راههای ارتباطی (فاصله از جاده) محدوده مورد پژوهش با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مربوط به سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تهیّه شد. گرچه راههای ارتباطی در ایجاد زمین لغزش‌ها بطور غیر مستقیم تا فاصله ی زیادی تأثیرگذار می‌باشند اما شواهد موجود در لایه ی اطّلاعاتی زمین لغزش‌های ثبت شده حاکی از این نکته است که تأثیر راههای ارتباطی در ایجاد این پدیده تا فاصله ی تقریبی ٦۰۰ متری است. بنابراین فاصله مذکور به ۹ طبقه ی ۷۰ متری تقسیم شد و برای وزن دهی به این لایه در ماتریس مدل‌های بکارگرفته شده به هر طبقه از ۱ تا ۹ امتیاز داده شد. به این شکل که به طبقات با فاصله نزدیک تر امتیاز بیشتر و به طبقات با فاصله دورتر امتیاز کمتر تعلق گرفت (شکل۷).

– برای تهیّه لایه اطّلاعاتی کاربری اراضی، از لایه کاربری اراضی سراسری کشور استفاده گردید (شکل۸).

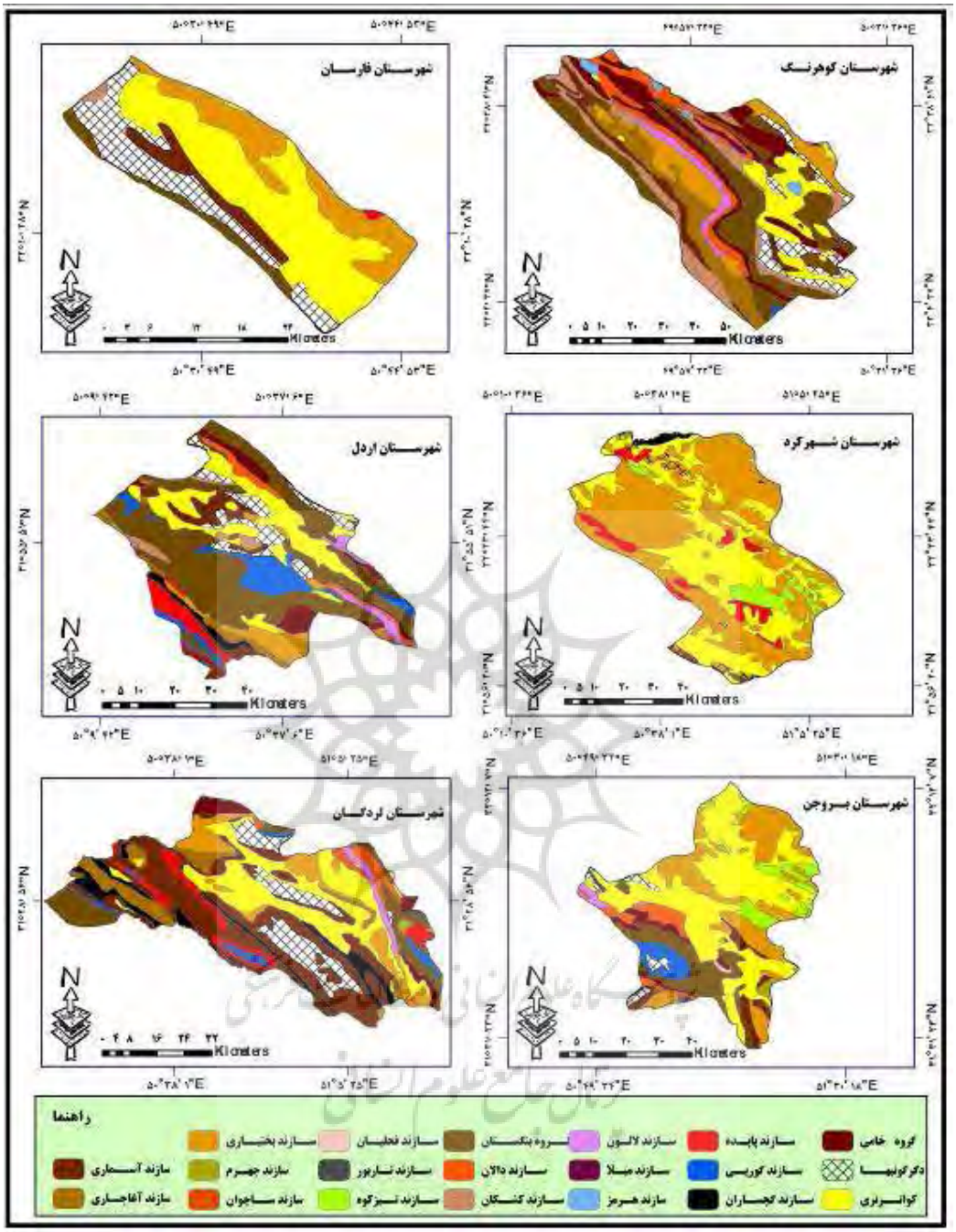
در مرحله بعد با توجه به هر کدام از این لایه‌ها، ماتریس تصمیم تشکیل و برای تعیین ضریب اهمیت شاخص‌هااز ماتریس مقایسه زوجی استفاده شد. در ادامه برای ارزیابی وزن معیارهای مؤثر، از میانگین حسابی استفاده گردید و سپس به کمک مدل‌های TOPSIS و AHP به ترتیب عمل بی مقیاس کردن و وزن دار کردن شاخص‌ها، حل ایده آل و ضد ایده آل، شاخص شباهت، بناکردن نمودار سلسله مراتبی، تنظیم ماتریس مقایسه زوجی و محاسبه وزن عناصر و سرانجام انتخاب گزینه‌های دارای رتبه برتر مورد محاسبه و انتخاب قرار گرفت. در مدل TOPSIS، گزینه‌های با بیشترین و کمترین شاخص شباهت به ترتیب در رتبه‌های اول و آخر قرار می‌گیرند. همچنین در مدل AHP، با محاسبه وزن نهایی هر گزینه در یک فرایند سلسله مراتبی، رتبه‌های برتر مشخص می‌شوند. در نهایت به دلیل تفاوت در پاسخ‌های حاصل از مدل‌های TOPSIS و AHP، با ترکیب نتایج این مدل‌هابوسیله ی استراتژی‌های اولویت بندی (میانگین رتبه‌ها، بردا و کپ لند ) نتیجه ی نهایی پژوهش به دست آمد. در انتها و بعد از تشریح مسئله مورد نظر در قالب مدل‌های TOPSIS و AHP ، نقشه پتانسیل زمین لغزش استان چهارمحال و بختیاری به روش Arithmetic Overlay (هم پوشانی ریاضی) در نرم افزار ARC Gis تهیه گردید.



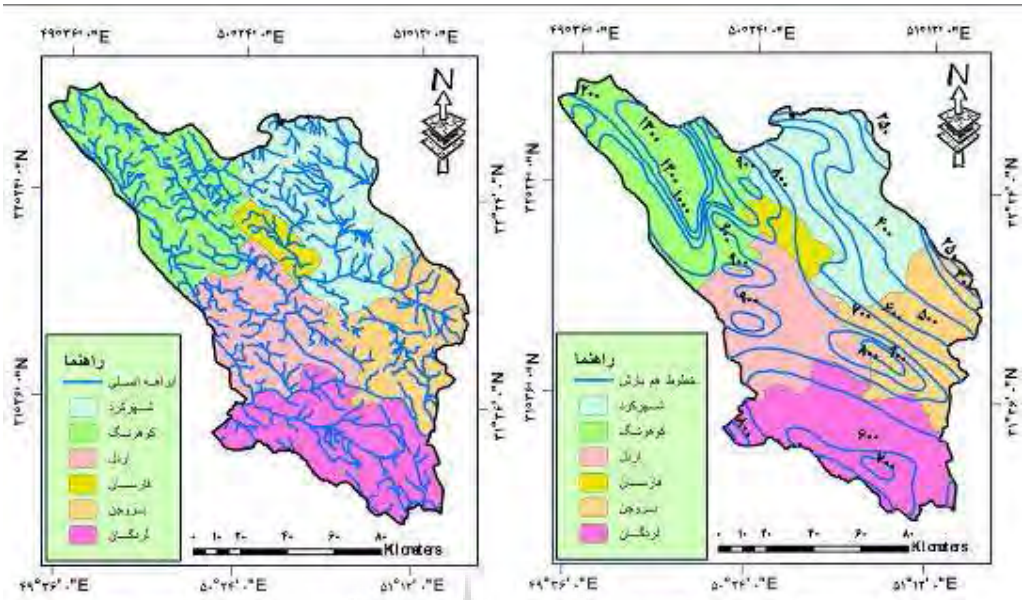

**شکل ۲ : نقشه شیب**




**شکل ۳ : نقشه طبقات ارتفاعی**

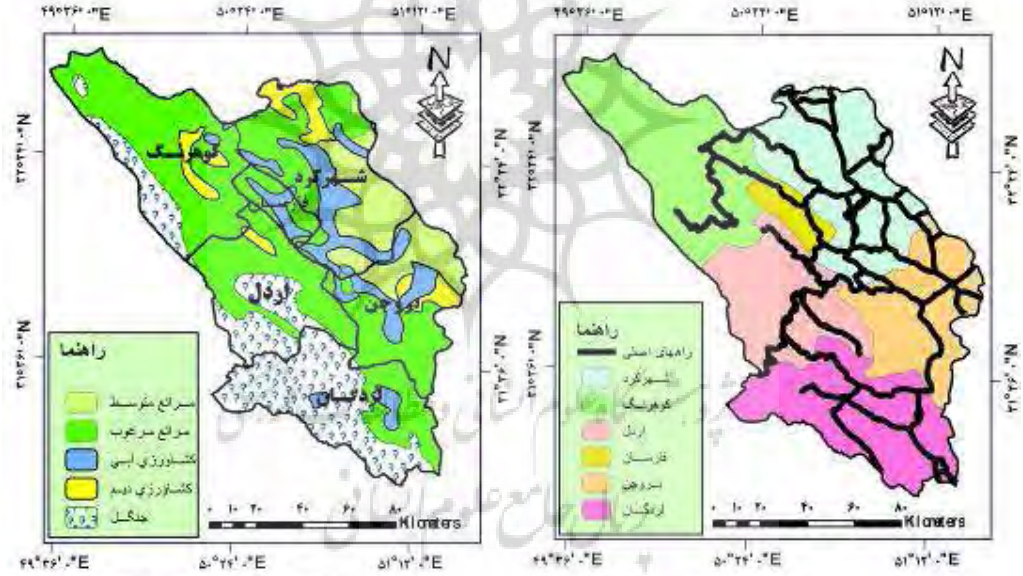



شکل ٤ : نقشه زمین شناسی




شکل ۵ : نقشه بارندگی سالیانه استان

شکل ۶ : نقشه تراکم آبراهه های استان




شکل ۷ : نقشه تراکم جاده های اصلی استان

شکل ۸ : نقشه کاربری اراضی استان

**۲- بحث**

الف: تشکیل ماتریس تصمیم و تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها

بعد از تشکیل تمامی لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای هر کدام از شاخص‌هامؤثر در ایجاد پدیده زمین لغزش و با توجه به تعداد معیارها، تعداد گزینه‌هاو ارزیابی همه گزینه‌هابرای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم تشکیل می‌شود (جدول ۱).

**جدول ۱ : ماتریس تصمیم ( خام) شاخصهای مؤثر در ایجاد پدیده زمین لغزش**

| | شیب | کاربری اراضی | سازند زمین شناسی | ارتفاع | تراکم آبراهه‌ها | بارش سالانه | فاصله از جاده |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شهرکرد | ۲ | ٦ | ٦ | ٦ | ٤ | ٤ | ۸ |
| کوهرنگ | ۷ | ٤ | ۵ | ۸ | ٦ | ۹ | ۳ |
| فارسان | ٤ | ۷ | ۷ | ۷ | ۳ | ۵ | ۵ |
| بروجن | ۳ | ۸ | ٤ | ۵ | ۵ | ۲ | ٦ |
| اردل | ۸ | ٤ | ۹ | ٤ | ۷ | ۸ | ۷ |
| لردگان | ٦ | ۳ | ۳ | ۳ | ۸ | ۳ | ٤ |

در مرحله بعد برای تعیین ضریب اهمیت شاخص‌هااز ماتریس مقایسه زوجی استفاده می‌کنیم. در این مرحله عناصر هر سطر نسبت به سایر عناصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌شود (جدول ۲). سپس وزن نسبی عناصر محاسبه می‌گردد. روش‌های مختلفی برای محاسبه وزن نسبی بر اساس ماتریس مقایسه زوجی وجود دارد که مهم ترین آنها، روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه و روش‌های تقریبی می‌باشند. گرچه از این بین، روش بردار ویژه دقیق تر است اما در ماتریس‌های با ابعاد بزرگ بسیار وقت گیر است لذا در پژوهش حاضر از روشهای تقریبی (میانگین حسابی) که عمدتاً تقریبی از روش بردار ویژه هستند استفاده شده است. در روش میانگین حسابی، بردار وزن از میانگین سطری عناصر نرمال شده هر ستون به دست می‌آید (عطائی، ۱۳۸۹: ۱۹۵-۱۹۰) (جدول ۳).

**جدول ۲ : ماتریس مقایسه زوجی شاخصهای مؤثر در ایجاد پدیده زمین لغزش**

| | شیب | کاربری اراضی | سازند زمین شناسی | ارتفاع | تراکم آبراهه‌ها | بارش سالانه | فاصله از جاده |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شیب | ۱/۰۰۰۰ | ۳/۰۰۰۰ | ۰/۵۰۰۰ | ۲/۰۰۰۰ | ٤/۰۰۰۰ | ۲/۰۰۰۰ | ۳/۰۰۰۰ |
| کاربری اراضی | ۰/۳۳۳۳ | ۱/۰۰۰۰ | ۰/۲۵۰۰ | ٤/۰۰۰۰ | ۲/۰۰۰۰ | ۳/۰۰۰۰ | ۲/۰۰۰۰ |
| سازند زمین ش | ۲/۰۰۰۰ | ۳/۰۰۰۰ | ۱/۰۰۰۰ | ۲/۰۰۰۰ | ٤/۰۰۰۰ | ۲/۰۰۰۰ | ۳/۰۰۰۰ |
| ارتفاع | ۰/۵۰۰۰ | ۰/۲۵۰۰ | ۰/۵۰۰۰ | ۱/۰۰۰۰ | ۳/۰۰۰۰ | ۲/۰۰۰۰ | ۰/۳۳۳۳ |
| تراکم آبراهه‌ها | ۰/۲۵۰۰ | ۰/۵۰۰۰ | ۰/۲۵۰۰ | ۰/۳۳۳۳ | ۱/۰۰۰۰ | ۲/۰۰۰۰ | ۰/۵۰۰۰ |
| بارش سالانه | ۰/۵۰۰۰ | ۰/۳۳۳۳ | ۰/۵۰۰۰ | ۰/۵۰۰۰ | ۰/۵۰۰۰ | ۱/۰۰۰۰ | ۲/۰۰۰۰ |
| فاصله از جاده | ۰/۳۳۳۳ | ۰/۵۰۰۰ | ۰/۳۳۳۳ | ۳/۰۰۰۰ | ۲/۰۰۰۰ | ۰/۵۰۰۰ | ۱/۰۰۰۰ |

**جدول ۳ : وزن نسبی معیارهای مؤثر در ایجاد پدیده زمین لغزش**

| معیار | شیب | کاربری اراضی | سازند زمین شناسی | ارتفاع | تراکم آبراهه‌ها | بارش سالانه | فاصله از جاده |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| وزن | ۰/۲۱٦٤ | ۰/۱۵۷۳ | ۰/۲٦٦۹ | ۰/۱۰٤۱ | ۰/۰٦۷٦ | ۰/۰۸۷۰ | ۰/۱۰۰۸ |

در واقع وزن معیارها، اهمیت آن‌هارا در تعیین هدف که ارزیابی پتانسیل پدیده زمین لغزش در استان چهارمحال و بختیاری است را منعکس می‌کند. بنابراین از جدول شماره ۳ می‌توان نتیجه گرفت که شاخص سازند زمین شناسی با وزن تقریبی ۰/۲۶۶۹ مهم ترین و شاخص تراکم آبراهه‌هابا وزن تقریبی ۰/۰۱۹۲ کم اهمیت ترین معیارها در ایجاد پدیده زمین لغزش در محدوده مورد مطالعه می‌باشند.

ب: بررسی پتانسیل زمین لغزش محدوده مورد مطالعه در قالب مدل‌های TOPSIS و AHP

– مدل TOPSIS

از آنجا که ماتریس تصمیم اغلب دارای شاخص‌هایی کمی با مقیاس‌های متفاوتی است، بعد از تشکیل این ماتریس و برای مقایسه شاخص‌های آن باید عمل بی مقیاس کردن یا بی بعد کردن بر روی آن‌هاانجام شود تا همگی شاخص‌هادارای واحد مشابهی شوند (جدول ٤). لازم به ذکر است که عمل بی مقیاس کردن به دلیل هماهنگ کردن مقیاس ستون‌ها، عمل مقایسه کردن را آسان می‌کند. روشهایی چون نورم، خطی و فازی برای این عمل وجود دارد که در پژوهش حاضر روش نورم مورد استفاده قرار گرفت که از رابطه (۱) به دست می‌آید.

رابطه (۱)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^{2}}}$$

در این رابطه $x_{ij}$ عملکرد گزینه i (i= ۱،۲،...،m) دررابطه با معیار j (j= ۱،۲،...،n) در ماتریس تصمیم است (عطائی، ۱۳۸۹: ۹۸).

**جدول ٤ : ماتریس تصمیم بی مقیاس شده**

| | شیب | کاربری اراضی | سازند زمین شناسی | ارتفاع | تراکم آبراهه‌ها | بارش سالانه | فاصله از جاده |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شهرکرد | ۰/۱٤٤۰ | ۰/٤۲۱۱ | ۰/٤۰۸۲ | ۰/٤۲٥۳ | ۰/۲۸۳٦ | ۰/۲۸۳٦ | ۰/٥۸۰٤ |
| کوهرنگ | ۰/٥۰۳۹ | ۰/۲۸۰۷ | ۰/۳٤۰۲ | ۰/٥٦۷۱ | ۰/٤۲٥۳ | ۰/٦۳۸۰ | ۰/۲۱۷٦ |
| فارسان | ۰/۲۸۷۹ | ۰/٤۹۱۳ | ۰/٤۷٦۳ | ۰/٤۹٦۲ | ۰/۲۱۲۷ | ۰/۳٥٤٤ | ۰/۳٦۲۷ |
| بروجن | ۰/۲۱٥۹ | ۰/٥٦۱٥ | ۰/۲۷۲۲ | ۰/۳٥٤٤ | ۰/۳٥٤٤ | ۰/۱٤۱۸ | ۰/٤۳٥۳ |
| اردل | ۰/٥۷٥۹ | ۰/۲۸۰۷ | ۰/٦۱۲٤ | ۰/۲۸۳٦ | ۰/٤۹٦۲ | ۰/٥٦۷۱ | ۰/٥۰۷۸ |
| لردگان | ۰/٤۳۱۹ | ۰/۲۱۰٦ | ۰/۲۰٤۱ | ۰/۲۱۲۷ | ۰/٥٦۷۱ | ۰/۲۱۲۷ | ۰/۲۹۰۲ |

مرحله بعد وزن دار کردن ماتریس تصمیم بی مقیاس شده است که از ضرب ماتریس تصمیم بی مقیاس شده در بردار وزن معیارها به دست می‌آید (جدول ٥).

**جدول ٥ : ماتریس تصمیم بی مقیاس شده وزن دار**

| | شیب | کاربری اراضی | سازند زمین شناسی | ارتفاع | تراکم آبراهه‌ها | بارش سالانه | فاصله از جاده |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شهرکرد | ۰/۰۳۱۲ | ۰/۰٦٦۲ | ۰/۱۰۸۹ | ۰/۰٤٤۳ | ۰/۰۱۹۲ | ۰/۰۲٤۷ | ۰/۰٥۸٥ |
| کوهرنگ | ۰/۱۰۹۰ | ۰/۰٤٤۲ | ۰/۰۹۰۸ | ۰/۰٥۹۰ | ۰/۰۲۸۷ | ۰/۰٥٥٥ | ۰/۰۲۱۹ |
| فارسان | ۰/۰٦۲۳ | ۰/۰۷۷۳ | ۰/۱۲۷۱ | ۰/۰٥۱۷ | ۰/۰۱٤٤ | ۰/۰۳۰۸ | ۰/۰۳٦٦ |
| بروجن | ۰/۰٤٦۷ | ۰/۰۸۸۳ | ۰/۰۷۲٦ | ۰/۰۳٦۹ | ۰/۰۲۳۹ | ۰/۰۱۲۳ | ۰/۰٤۳۹ |
| اردل | ۰/۱۲٤٦ | ۰/۰٤٤۲ | ۰/۱٦۳٤ | ۰/۰۲۹٥ | ۰/۰۳۳٥ | ۰/۰٤۹۳ | ۰/۰٥۱۲ |
| لردگان | ۰/۰۹۳٥ | ۰/۰۳۳۱ | ۰/۰٥٤٥ | ۰/۰۲۲۱ | ۰/۰۳۸۳ | ۰/۰۱۸٥ | ۰/۰۲۹۲ |

با ارزیابی مقادیر هر کدام از شاخص‌های ماتریس تصمیم بی مقیاس شده وزن دار و استخراج بیشترین و کمترین مقداراز آن، مقادیر ایده آل مثبت و ایده آل منفی هر شاخص به دست می‌آید (جدول ٦).

**جدول ٦ : حل ایده آل و حل ضد ایده آل**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حل ایده آل | ۰/۱۲٤٦ | ۰/۰۸۸۳ | ۰/۱٦۳٤ | ۰/۰۵۹۰ | ۰/۰۳۸۳ | ۰/۰۵۵۵ | ۰/۰۵۸۵ |
| حل ضد ایده آل | ۰/۰۳۱۲ | ۰/۰۳۳۱ | ۰/۰۵٤۵ | ۰/۰۲۲۱ | ۰/۰۱۹۲ | ۰/۰۱۲۳ | ۰/۰۲۱۹ |

سپس برای محاسبه فاصله از حل ایده آل و فاصله از حد ضد ایده آل هر گزینه به ترتیب از روابط شماره دو و سه استفاده می‌شود (جدول ۷).

جدول ۷ : فاصله از حل ایده آل، ضد ایده آل و شاخص شباهت

| | فاصله از حل ایده آل | فاصله از حل ضد ایده آل | شاخص شباهت | رتبه نهایی گزینه‌ها |
|---|---|---|---|---|
| شهرکرد | ۰/۱۱۷۱ | ۰/۰۷۷۷ | ۰/۳۹۸۹ | ٤ |
| کوهرنگ | ۰/۰۹٤۳ | ۰/۱۰٤۰ | ۰/۵۲٤۵ | ۳ |
| فارسان | ۰/۰۸۳۹ | ۰/۰۹۸۲ | ۰/۵۳۹۳ | ۲ |
| بروجن | ۰/۱۳۰۷ | ۰/۰٦۵۹ | ۰/۳۳۵۲ | ۵ |
| اردل | ۰/۰۵٤۲ | ۰/۱۵۲۳ | ۰/۷۳۷٦ | ۱ |
| لردگان | ۰/۱۳۹۵ | ۰/۰٦۵۹ | ۰/۳۲۰۷ | ٦ |

رابطه(۲)

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^*)^2}$$

رابطه (۳)

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^-)^2}$$

رابطه (٤)

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}$$

که در این روابط اندیس j معرف معیار مورد نظر و اندیس i معرف گزینه مورد نظر است. در آخرین مرحله شاخص شباهت از طریق رابطه شماره چهار محاسبه می‌شود (عطائی، ۱۳۸۹: ۱۰۰) (جدول ۷).

با به دست آمدن شاخص شباهت در مدل TOPSIS می‌توان در مورد پتانسیل رخداد پدیده زمین لغزش در محدوده استان چهارمحال و بختیاری نتیجه گیری کرد. به طوری که گزینه ای که دارای بیشترین شاخص شباهت است، در رتبه اول و گزینه ای که دارای کمترین شاخص شباهت است، در رتبه آخر قرار می‌گیرد (جدول ۷). همانطور که در جدول مذکور مشاهده می‌شود شهرستانهای اردل، فارسان و کوهرنگ بترتیب در رتبه‌های اول تا سوم از لحاظ دربرداشتن پتانسیل رخداد زمین لغزش قرار دارند و شهرستان لردگان دارای کمترین پتانسیل از این نظر است.

- مدل AHP

کاربرد این مدل شامل چهار مرحله اساسی است(شکل۹). همانگونه که ملاحظه می‌شود، اولین قدم در فرآیند تحلیل

سلسله مراتبی ساختن نمودار سلسله مراتبی مسئله است که در آن هدف پژوهش در بالاترین سطح و در سطوح میانی معیارها و در پایین ترین سطح، گزینه‌های ممکن قرار می‌گیرند. در مرحله بعد ابتدا ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مؤثر در ایجاد پدیده زمین لغزش، تشکیل و سپس از طریق میانگین حسابی که از روش‌های تقریبی است ضریب اهمیت شاخص‌هامحاسبه می‌گردد (جدول ۲ و ۳ ). سپس برای محاسبه امتیاز عناصر مختلف در روش تحلیل سلسله مراتبی، عناصر هر سطح نسبت به هر یک از عناصر سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و از طریق روش میانگین حسابی، وزن نسبی آن‌هامحاسبه می‌شود (جدول ۸).

**شکل ۹ : فرایند تحلیل سلسله مراتبی**

**جدول ۸ : وزن نسبی عناصر نسبت به معیارهای مؤثر در ایجاد پدیده زمین لغزش**

| عناصر / معیارها | وزن عناصر | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | شهرکرد | کوهرنگ | فارسان | بروجن | اردل | لردگان |
| شیب | ۰/۰۴۳۱ | ۰/۱۸۳۲ | ۰/۰۹۷۳ | ۰/۰۶۶۱ | ۰/۲۳۵۲ | ۰/۳۷۵۳ |
| کاربری اراضی | ۰/۱۷۷٤ | ۰/۱۰۱۳ | ۰/۲۳٦٤ | ۰/۳۷۷۱ | ۰/۰٦٥۹ | ۰/۰٤۱۸ |
| سازند زمین شناسی | ۰/۱٥٦۲ | ۰/۱۰۹۱ | ۰/۱۹۸۱ | ۰/۰٦۸٦ | ۰/٤۲۳۱ | ۰/۰٤٥۰ |
| ارتفاع | ۰/۱۷٤۱ | ۰/۳٥۸۲ | ۰/۲۲٦٤ | ۰/۱۱۲۹ | ۰/۰۷٦۰ | ۰/۰٥۲٤ |
| تراکم آبراهه‌ها | ۰/۰۷۸۷ | ۰/۱٥٥۲ | ۰/۰٥۸۳ | ۰/۱۱٤۹ | ۰/۲۱۹۰ | ۰/۳۷۳۹ |
| بارش سالانه | ۰/۰۸۳٦ | ۰/٤۱۲۳ | ۰/۱۲۱۲ | ۰/۰٤٦٦ | ۰/۲۷٥۱ | ۰/۰٦۱۳ |
| فاصله از جاده | ۰/۳٤٥۲ | ۰/۰٥٥۸ | ۰/۱۱۷۸ | ۰/۱٦۹۲ | ۰/۲۲۲۹ | ۰/۰۸۹۰ |

در گام سوم که مرحله انتخاب بهترین گزینه است، وزن نهایی هر گزینه در یک فرایند سلسله مراتبی، از طریق رابطه زیر به دست می‌آید(عطائی، ۱۳۸۹: ۲۰۱) (جدول ۹).

رابطه (۵) i= 1,2,3,…,m

$$A_{AHP_{Score}} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \cdot w_j$$

که در آن $a_{ij}$ بیانگر میزان اهمیت نسبی گزینه i به ازای معیار $c_i$ و $w_j$ نشانگر اهمیت معیار $c_j$ است.

**جدول ٩ : وزن و رتبه نهایی گزینه‌هادر مدل تحلیل سلسله مراتبی**

| گزینه‌ها | شهرکرد | کوهرنگ | فارسان | بروجن | اردل | لردگان |
|---|---|---|---|---|---|---|
| امتیاز نهایی | ٠/١٤٤٤ | ٠/١٧٤٠ | ٠/١٦٦١٠ | ٠/١٣٢٦ | ٠/٢٤٣٢ | ٠/١٤٤٨ |
| رتبه نهایی | ٥ | ٢ | ٣ | ٦ | ١ | ٤ |

همان گونه که در جدول ٩ مشاهده می‌شود نتایج به دست آمده از مدل AHP نشان دهنده وجود بیشترین پتانسیل زمین لغزش در شهرستان اردل و بعد از آن به ترتیب در شهرستانهای کوهرنگ و فارسان است و کمترین پتانسیل رخداد این پدیده را به شهرستان بروجن ارتباط می‌دهد.

ج: استراتژی‌های اولویت بندی (میانگین رتبه‌ها، بردا و کپ لند)

هنگامی که در مسائل تصمیم گیری چند معیاره، بدلیل استفاده از روش‌های مختلف با نتایج متفاوتی روبرو شویم، باید از استراتژی‌های اولویت بندی از جمله روش میانگین رتبه‌ها، روش بردا و کپ لند استفاده کنیم. در واقع استراتژی‌های اولویت بندی (میانگین رتبه‌ها، بردا و کپ لند) با ترکیب نتایج مدل‌های استفاده شده در شرایطی که پاسخ‌های به دست آمده متفاوت باشند، نتیجه و رتبه بندی نهایی را به پژوهشگر ارایه می‌دهند.

– روش میانگین رتبه‌ها

در این روش ملاک برتری هر گزینه نسبت به سایر گزینه‌هااینست که از میانگین حسابی بالاتری برخوردار باشد (جدول ١٠).

**جدول ١٠ : رتبه نهایی عناصر (روش میانگین رتبه‌ها)**

| گزینه‌ها | روش AHP | روش TOPSIS | میانگین رتبه‌ها | رتبه نهایی |
|---|---|---|---|---|
| شهرکرد | ٥ | ٤ | ٤/٥ | ٣ |
| کوهرنگ | ٢ | ٣ | ٢/٥ | ٢ |
| فارسان | ٣ | ٢ | ٢/٥ | ٢ |
| بروجن | ٦ | ٥ | ٥/٥ | ٥ |
| اردل | ١ | ١ | ١ | ١ |
| لردگان | ٤ | ٦ | ٥ | ٤ |

بر اساس روش میانگین رتبه‌هاو با توجه به جدول مربوطه، به ترتیب شهرستان‌های اردل، کوهرنگ و فارسان دارای بیشترین پتانسیل از لحاظ مخاطره زمین لغزش می‌باشند و شهرستان بروجن دارای کمترین پتانسیل از لحاظ رخداد این پدیده طبیعی هستند.

– روش بردا و روش کپ لند: در روش بردا برای تصمیم گیری، ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌هاایجاد می‌شود. در صورتی که بر اساس روش‌های مختلف تصمیم گیری، تعداد ارجعیت گزینه ای بر گزینه دیگر بیش از تعداد مغلوب شدن آن گزینه بر گزینه دیگری باشد، در ماتریس مقایسه زوجی عدد ١ گذاشته می‌شود و در صورتی که رأی اکثریت وجود نداشت و یا آرا با هم مساوی باشند، در ماتریس مقایسه زوجی عدد صفر گذاشته می‌شود.

عدد ۱ به منزله آن است که سطر بر ستون ارجعیت دارد و عدد صفر به منزله آن است که ستون بر سطر ارجعیت دارد (عطائی، ۱۳۸۹: ۲٦٦). با جمع عناصر هر کدام از سطرها می‌توان به تعداد مسلط شدن هر گزینه دست یافت و سپس بر اساس تعداد مسلط شدن گزینه‌هاآن‌هارا اولویت بندی کرد. روش کپ لند نیز اصلاح شده روش بردا است با این تفاوت که گزینه‌هابر اساس تفاضل مقادیر تعداد مسلط شدن و تعداد مغلوب شدن اولویت بندی می‌شوند (جدول ۱۱).

**جدول ۱۱ : رتبه نهایی عناصر (روش بردا وکپ لند)**

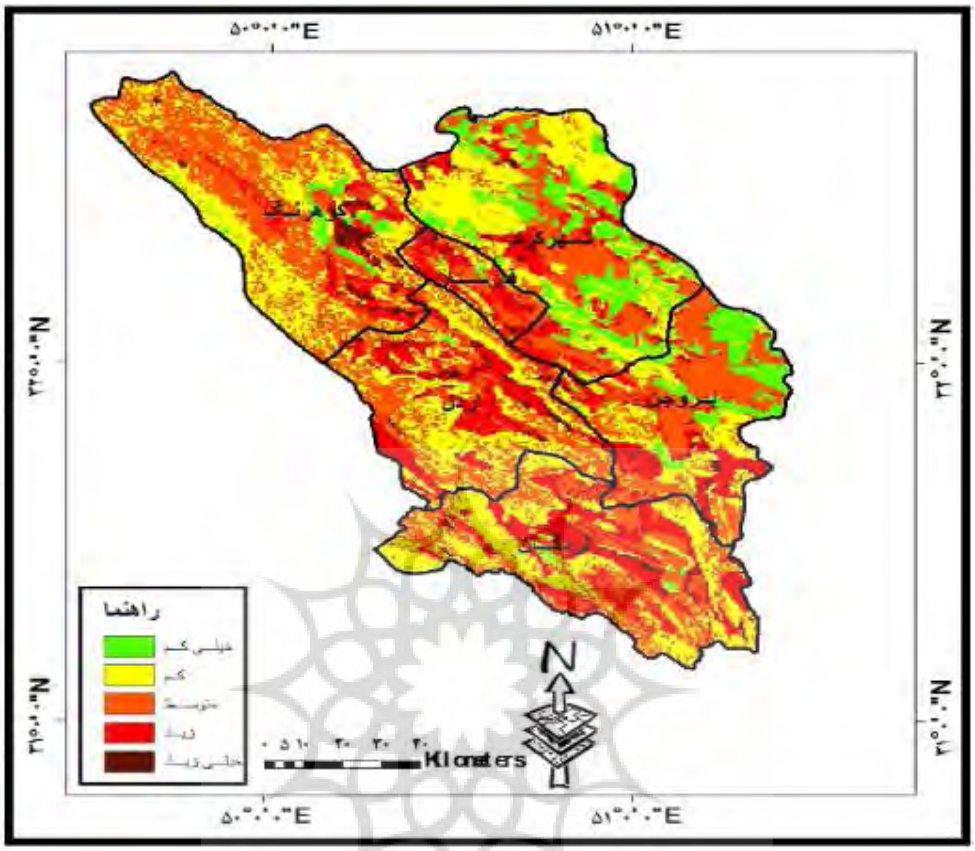
| | شهرکرد | کوهرنگ | فارسان | بروجن | اردل | لردگان | مجموع سطری | تفاضل مجموع سطری و ستونی | رتبه نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شهرکرد | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | -۲ | ۳ |
| کوهرنگ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۳ | ۲ | ۲ |
| فارسان | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۳ | ۲ | ۲ |
| بروجن | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | -٤ | ۵ |
| اردل | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۵ | ۵ | ۱ |
| لردگان | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | -۳ | ٤ |
| مجموع ستونی | ۳ | ۱ | ۱ | ٤ | ۰ | ۳ | - | - | - |

با توجه به جدول بالا می‌توان مشاهده کرد که نتایج به دست آمده از روش‌های بردا و کپ لند نیز نتایج روش میانگین رتبه‌هارا تأیید می‌کند. به این صورت که شهرستان‌های اردل، کوهرنگ و فارسان دارای بیشترین پتانسیل و شهرستان بروجن دارای کمترین پتانسیل از لحاظ رخداد پدیده زمین لغزش است. در مرحله بعد نتایج به دست آمده از مدل‌های TOPSIS، AHP و استراتژی‌های اولویت بندی (میانگین رتبه‌ها، بردا و کپ لند) با هم مقایسه گردید (جدول ۱۲). نتایج حاصل از این مقایسه حاکی از شباهت کامل نتایج حاصل از بکارگیری استراتژی‌های اولویت بندی (میانگین رتبه‌ها، بردا و کپ لند) با نتایج به دست آمده از مدل AHP و تفاوت اندک با مدل TOPSIS است.

**جدول۱۲: مقایسه نتایج مدل‌های AHP وTOPSIS و استراتژی‌های اولویت بندی**

| ردیف | میانگین رتبه‌ها | بردا و کپ لند | AHP | TOPSIS |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | اردل | اردل | اردل | اردل |
| ۲ | کوهرنگ | کوهرنگ | کوهرنگ | فارسان |
| ۳ | فارسان | فارسان | فارسان | کوهرنگ |
| ٤ | شهرکرد | شهرکرد | شهرکرد | شهرکرد |
| ۵ | لردگان | لردگان | لردگان | بروجن |
| ٦ | بروجن | بروجن | بروجن | لردگان |

در انتها نیز با توجه به نتایج به دست آمده، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش چهارمحال و بختیاری به روش Arithmetic Overlay (هم پوشانی ریاضی) در نرم افزار ARC Gis تهیه گردید. ( شکل١٣).




**شکل ١٣ : نقشه پهنه بندی خطر پدیده زمین لغزش استان چهارمحال و بختیاری به روش Arithmetic Overlay (هم پوشانی ریاضی)**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## ٣- نتیجه گیری

شناخت نواحی مستعد پدیده زمین لغزش و رتبه بندی آنها به عنوان یک مخاطره عمده در مناطق کوهستانی ایران را می‌توان یکی از گام‌های اولیه در برنامه ریزی‌های توسعه ای و عمرانی دانست. بکارگیری روش‌های تصمیم گیری چند معیاره مانند AHP و TOPSISمی تواند علاوه بر رتبه بندی مناطق مختلف در یک محدوده مشخص، وزن تقریبی هر کدام از معیارهای مؤثر و نیز گزینه‌های مورد نظر در این پدیده را محاسبه نماید. در همین راستا در پژوهش حاضر مدل‌های مذکور مورد استفاده قرار گرفت که نتایج به دست آمده از بکارگیری این روشها نشان می‌دهد که شاخص زمین شناسی با وزن تقریبی ٠/٢٦٩٩ مهم ترین و شاخص تراکم آبراهه‌هابا وزن تقریبی ٠/٠١٩٢ کم اهمیت ترین معیارها در ایجاد پدیده زمین لغزش در محدوده مورد مطالعه هستند. همچنین این نتایج نشان دهنده وجود بیشترین پتانسیل رخداد زمین لغزش در شهرستان‌های اردل، فارسان و

کوهرنگ و کمترین پتانسیل در شهرستان لردگان در بکارگیری مدل TOPSIS و وجود بیشترین پتانسیل رخداد این پدیده در شهرستان‌های اردل، کوهرنگ و فارسان و کمترین پتانسیل در شهرستان بروجن در بکارگیری مدل AHP است.

تفاوت در پاسخ‌های به دست آمده از مدل‌های مذکور شرایط را برای استفاده از استراتژی‌های اولویت بندی (میانگین رتبه‌ها، بردا و کپ لند) فراهم کرد. نتایج حاصل از روشهای مورد استفاده در این استراتژی حاکی از وجود بیشترین پتانسیل رخداد زمین لغزش در شهرستان‌های اردل، کوهرنگ و فارسان و کمترین پتانسیل در شهرستان بروجن است.

در مرحله آخر نتایج به دست آمده از مدل‌های TOPSIS، AHP و استراتژی‌های اولویت بندی (میانگین رتبه‌ها، بردا و کپ لند) با هم مقایسه گردید (جدول ١٢) که این امرحاکی از شباهت کامل نتایج حاصل از بکارگیری استراتژی‌های اولویت بندی (میانگین رتبه‌ها، بردا و کپ لند) با نتایج به دست آمده از مدل AHP است و تنها تفاوت اندکی با مدل TOPSIS را نشان می‌دهد (جدول ١٢). در انتها نیز می‌توان با توجه به شباهت تقریبی نتایج به دست آمده بواسطه ادغام این دو مدل توسط روش‌های میانگین رتبه‌ها، بردا و کُپ لند (جداول ١٠ و ١١) و همچنین تأیید مدل AHP توسط محققین پیشین به عنوان یک مدل مورد اطمینان در مناطق کوهستانی، اینگونه نتیجه گیری کرد که مدل TOPSIS نیز می‌تواند روشی مورد اطمینان برای پهنه بندی و ارزیابی پتانسیل مخاطره زمین لغزش در محدوده مورد مطالعه و موارد مشابه باشد.

## منابع


احمدپور، احمد؛ اکبرپور شیرازی، محسن و رضوی امیری، زهرا، (١٣٨٨)، استفاده از مدل‌های تصمیم گیری چند شاخصه ای در انتخاب سهام (شرکت‌های دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران)، فصلنامه بورس اوراق بهادار، سال دوم، شماره ٥، صص ٣٨-٥ .

امامی، سید نعیم؛ الهامی، رحمت الله، (١٣٨٥)، ارزیابی تناسب روش مورا وارسون جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس مرکزی (استان چهارمحال و بختیاری)، دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، صص ٢٣٠٨-٢٢٩٦.

انتظاری، مژگان؛ رامشت، محمد حسین؛ سیف، عبدالله و دیگران، (١٣٩٠)، تأثیرات سیستم‌های شکل زای اقلیمی بر زمین لغزش‌های ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ٢٤ ، صص ١٧٢-١٥٥.

جباری، ایرج، (١٣٨٤)، تحلیلی بر محدودیت‌های پهنه بندی مناطق حساس به حرکات توده ای ( مطالعه موردی: غرب و جنوب غرب شهرستان ارومیه )، جغرافیا و توسعه، شماره ٦، صص ٩٢-٧١ .

شیرانی، کورش؛ سیف، عبدالله و علیمرادی، مسعود، (١٣٨٩)، صحت سنجی روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و رگرسیون چندمتغیره (MR) در پهنه بندی خطر زمین لغزش به کمک تکنیک (GIS) (مطالعه موردی: حوضه رودخانه ماربر)، مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، سال یکم، صص ١٠٨-٩١ .

طاهر خانی، مهدی، (١٣٨٦)، کاربرد تکنیک TOPSIS در اولویت بندی مکانی استقرار صنایع تبدیل

کشاورزی در مناطق روستایی، پژوهش‌های اقتصادی، سال ششم، شماره ۳، صص ۷۳-۵۹ .

عطائی، محمد، (۱۳۸۹)، تصمیم گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، چاپ اول، شاهرود، ۳۳۳ص.

علایی طالقانی، محمود؛ رحیم زاده، زهرا، (۱۳۹۰)، شبیه سازی احتمال وقوع لغزش در حوضه آبخیز جوانرود با مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با تأکید بر ویژگی‌های مورفولوژی، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره پیاپی ٤٤، صص ۷۲-۵۳.

کرم، عبدالامیر؛ محمودی، فرج الله، (۱۳۸٤)، مدل سازی کمی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده (مطالعه موردی: حوضه آبریز سرخون در استان چهارمحال بختیاری)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱، صص ۱٤-۱.

مددی، عقیل، (۱۳۸۹)، بررسی ناپایداری ژئومورفیک گردنه صائین (بین شهر نیر و سراب، منطقه آذربایجان) با استفاده از روش آنبالاگان، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره پیاپی۳۷، صص ۹٤-۷۷.

مرادی، مهدی؛ بازیار، محمد حسین و محمدی؛ ضرغام، (۱۳۹۰)، پهنه بندی خطر زمین لغزش شهرستان دنا بر اساس سیستم GIS با استفاده از روش AHP ، چاپ در ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، صص ۸-۱ .

یمانی، مجتبی؛ محمدی، ابوطالب؛ نگهبان، سعید، (۱۳۸۹)، پهنه بندی زمین لغزش در حوضه آبخیز توتکابن با استفاده از مدل‌های کمی، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، صص ۹۸-۸۳ .

Corominas, J. & Moya, J., (2008), A review of assessing landslide frequency for hazard zoning purposes, Engineering geology, 102, pp 193-213.

16- Duman, T. Y., (2009), The largest landslide dam in Turkey Tortum landslide, Engieer geology, 104, pp 66-79.

Guzetti, F. & Reichenbach, P. & Cardinali, M. & Galli, M. & Ardizzone, F., (2005), Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale, Geomorphology, 72, pp272-299.

Hwang, C. L. & Yoon, K., (1981), Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications; A Stafe-of-the-Art Survey (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems), Springer, New York, 259 P.

Saaty, T., (1980), The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource, Allocation, McGraw-Hill, New York, 287 P.

Tsai, T. L. & Yang, J. C., (2006), Modeling of rainfall-triggered shallow landslide, Environ Geol, 50, 525-534.

Yalcin, A., (2007), The effect of clay on landslide:a case study, Applied clay science, 38, pp 77-85.

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, pp1-12.

WWW.Irimo.Ir.

WWW.NGDIR.Ir.