JOURNAL OF SUSTAINABLE REGIONAL & URBAN DEVELOPMENT STUDIES
JSRUDS

Volume 2, Issue 2 - Serial Number 4, Summer 2021
ISSN: 2783-0764

Landslide Micro-Zoning Using DEMATEL Technique and Fuzzy AHP (Case Study: the County of Dehdez in Khuzestan Province)

Nasrin Atashafrooz [1*], Massoud Safaei Pour [2]
[1] MA of Geography and Rural Planning, Faculty of Letters and Humanities, Shahid Chamran University of Ahvaz & Expert on National Divisions of Khuzestan Province, Ahvaz, Iran
[2] Professor of Geography and Urban Planning, Faculty of Letters and Humanities, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received Date: 08 May 2021 **Accepted Date:** 31 July 2021

Abstract

Landslide is always a serious threat to human settlements. In the Face of such accidents, little can be done at the moment of occurrence. Before that, its effects can be foiled with planning and for reduction of possible casualties and damages. The aim of the present study is to take a systematic look at natural hazards, including Landslide in order to draw up a scientific and accurate plan outlining for preparation and planning based on the use of spatial information systems and multi-criteria decision-making models in line with the zoning risk landslides and determining the direction of residential development is predictable. The present study extracted 15 effective criteria in landslide risk. Then using of the results of the evaluation of two models of (DEMATEL, FUZZY hierarchical analysis process) showed that the DEMATEL model is in accordance with the principles and laws of mathematical and has more certainty. While the process of FUZZY hierarchical analysis was only consistent with the knowledge and expertise rating. In the risk zone whit the DEMATEL model low risk, zones %37/1 (190/39 km^2) it has the largest area of 513/12 square kilometers, have most area of surface. Also, high risk zone with %2/32 (11/89 km^2), high and medium risk zones each with %34/33(176/13 km^2) and low risk by 134/71(%26/25 km^2) were next in the ranking. Zoning and risk with FUZZY hierarchical analysis, risk zone of very small allotment, %36/53(187/43 km^2) and low risk zone of %17/73(90/96 km^2) and medium risk zone %17/79(91/27 km^2), and high risk zone of %16/84(86/41 km^2), as well as very high risk zone%11/2(57/6 km^2) were ranked.

Keywords: Landslide, Risk-taking, DEMATEL model, FUZY Hierarchical, the County of Dehdez, Kuzestan Province.

[*] Corresponding Author: h. nasrin.atashafrooz67@gmail.com
Cite this article: Atash Afroz, N., Safaei Pour, M. (2021). Landslide Micro-Zoning Using DEMATEL Technique and Fuzzy AHP (Case Study: the County of Dehdez in Khuzestan Province). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 2(2), 61-81.

مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای
دوره۲، شماره ۲، شماره پیاپی ۴، تابستان ۱۴۰۰
صفحات ۸۱-۶۱
شاپا:۰۷۶۴-۲۷۸۳

ریز پهنه بندی زمین لغزش با استفاده از تکنیک دیمتل و AHP فازی (مطالعه موردی: بخش دهدز استان خوزستان)[1]

نسرین آتش افروز[1]*، مسعود صفایی پور[2]
۱. کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، کارشناس تقسیمات کشوری استان خوزستان، اهواز، ایران
۲. استاد گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۰۹

چکیده

زمین لغزش همواره به عنوان تهدیدی جدی برای سکونتگاه‌های انسانی مطرح است. در مواجهه با چنین سوانحی در لحظه وقوع؛ کار چندانی نمی توان انجام داد، در حالی که اثرات آن را با برنامه ریزی و در راستا کاهش تلفات و خسارت‌های احتمالی از قبل می توان خنثی نمود. پژوهش حاضر با هدف نگاه سیستمی به مخاطرات طبیعی از جمله زمین لغزش به دنبال ترسیم برنامه‌ای علمی و دقیق برای آمادگی و برنامه‌ریزی پیش از بحران بر مبنای به کارگیری سیستم اطلاعات مکانی و مدل های تصمیم گیری چند معیاره در راستای پهنه بندی خطرپذیری زمین لغزش و تعیین جهت توسعه‌ی سکونتگاهی قابل پیش بینی می باشد. پژوهش حاضر ۱۵ معیار مؤثر در خطرپذیری زمین لغزش استخراج گردید. و با استفاده از نتایج حاصل از ارزیابی دو مدل دیمتل و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی نشان داد که مدل دیمتل منطبق با اصول و قوانین ریاضی بوده و از قطعیت بیش‌تری برخودار بوده است. در حالی که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تنها منطبق با دانش و نوع امتیاز کارشناسان بوده است. در پهنه بندی خطر پذیری با مدل دیمتل، پهنه های با خطرپذیری کم با ۳۷/۱٪ (۱۹۰,۳۹ کیلومتر مربع) از کل مساحت ۵۱۳,۱۲ کیلومتر مربع، بیش‌ترین مساحت را دارا می باشد. همچنین پهنه های با خطرپذیری بسیار زیاد با۲/۳۲٪(۱۱,۸۹ کیلومتر مربع)، و در پهنه بندی خطر پذیری با سیستم تحلیل سلسله مراتب فازی، پهنه با خطر پذیری بسیارکم، ۵۳/ ۳۶٪ (۱۸۷/۴۳ کیلومتر مربع) و هم‌چنین پهنه با خطر پذیری بسیار زیاد ۱۱/۲٪ (۵۷,۶ کیلومتر مربع) رتبه بندی شد.

کلید واژه ها: زمین لغزش، خطرپذیری، مدل DMATEL، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، بخش دهدز، استان خوزستان.

---

[1] **این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان ریز پهنه بندی زمین لغزش بخش دهدز استان خوزستان به راهنمایی نگارنده دوم رشته جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز است.**

* نویسنده مسئول: h. nasrin.atashafrooz67@gmail.com

ارجاع به این مقاله: آتش افروز، نسرین؛ صفایی پور، مسعود. (۱۴۰۰). ریز پهنه بندی زمین لغزش با استفاده از تکنیک دیمتل و AHP فازی (مطالعه موردی: بخش دهدز استان خوزستان. *فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای*، ۲(۲)، ۶۱-۸۱.

مقدمه و بیان مسأله

زندگی بشر از ابتدا همواره دست خوش تهدید و یا خطراتی از نوع طبیعی (زلزله، سیل، آتش سوزی و غیره) یا مصنوعی (جنگ) بوده است. در میان این عوامل خطر زا، زلزله همواره جزء سوانحی با بالاترین تعداد تلفات بوده و طبق آمار ۶ درصد تلفات انسانی ناشی از آن بوده است (محمدی و همکاران،۱۳۹۲:۳۲).

زمین لغزش‌ها یکی از مهم‌ترین پدیده های مخرب طبیعی هستند که در مناطق کوهستانی مشکلات جدی بوجود می‌آورند (Intarawichian & Dasananda,2010:288).

افزایش جمعیت و فعالیت های انسانی چون تخریب جنگ ها و مراتع، اراضی کشاورزی و توسعه‌ی ساخت‌وساز در این نواحی مسائلی چون مخاطرات ناشی از این مسأله را آشکار می سازد. از این رو شناسایی پدیده‌های مورفوژنیک از اهمیت ویژه ای برخوردارند (نوجوان و همکاران،۱۳۹۸:۱۴۳).

هر ساله هزاران هکتار از خاک‌های کشاورزی و مرتعی مرغوب بر اثر رویداد پدیده‌ی زمین لغزش در آن‌ها، از قدرت باروری خارج می‌گردند و واریزه‌های بسیاری به درون آبراهه‌ها حمل می‌شوند. در اثر عملکرد فرسایش آبی بر روی توده‌های لغزشی که با بهم ریختن مواد تشکیل دهنده‌ی دامنه‌ها و سبب تبدیل آن‌ها از مصالح توده‌ای به مصالح منفصل و سست می شود و در نتیجه عملکرد عوامل فرساینده و افزایش رسوب زایی تسهیل می‌شود. (عظیم پور۱۳۸۸:۷۱).

نوع زمین لغزه‌ها می‌تواند از نظر میزان جابجایی مواد و میزان بهم ریختگی مواد نوع نهشته‌های درگیر شده، میزان تفاوت درجه‌بندی حساسیت سنگ‌ها و موقعیت زمین لغزه‌ها نسبت به شبکه‌های آبراهه‌ای منطقه و فاصله زمین لغزه‌های رخداده با آبراهه‌ها و رتبه‌بندی آبراهه‌ها در شدت فرسایش بر روی زمین‌های لغزیده شده متفاوت باشند. حرکات توده ای و به ویژه زمین لغزش یکی از مهم ترین بلایای طبیعی است. وجود عواملی هم‌چون مستعدبودن شرایط ناهمواری-ها، بهره برداری‌های بی رویه از جنگل‌ها، رعایت نکردن اصول فنی احداث و نگهداری جاده های جنگلی و روستایی، عدم اعمال مدیریت صحیح و بهره برداری غیر اصولی از منابع موجود باعث تشدید آن شده است (پور قاسمی و همکاران ،۱۳۹۱:۱۱۰).

زمین لغزش‌ها در پهنه‌های مختلف زاگرس و از جمله منطقه‌ی مورد مطالعه، با توجه به موقعیت زمین‌شناسی و مورفولوژی، و لرزه‌خیزی سالیانه خسارات زیادی را به بار می‌آورند. با توجه به اهمیت و نقش این پدیده در پایداری دامنه‌ها، اراضی کشاورزی و توسعه‌ی نواحی شهری و روستایی در این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد زمین لغزش و شواهد موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه پرداخته خواهد شد. به علت وجود سدهای عظیم در پایین دست منطقه از یکسو و زیبایی و سرسبزی منطقه از طرف دیگر این مسأله را حائز اهمیت می‌کند که به هر طریق ممکن از تخریب و هدر رفتن منابع طبیعی جلوگیری به عمل آید. این مسأله در دراز مدت اثرات سوئی بر منطقه دارد که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

افزایش میزان رسوبگذاری در پشت سد کارون۳ و در نتیجه پایین آمدن عمر مفید سد، تخریب زمین‌های زراعی و آسیب رسانی به اشتغال، تولید، درآمد تخریب مسیل‌ها، آبراهه‌ها مورفولوژی طبیعی و بکر، تخریب پوشش مرتعی و جنگلی و در نتیجه بهم خوردن اکوسیستم‌های منطقه، به خطر افتادن ساختمان؛ تجهیزات و تأسیسات، لذا شناسایی ناپایداری و حرکات دامنه ای و زمین لغزش ها و عوامل به وجود آورنده‌ی آن بسیار مهم و ضروری می باشد.

بنابراین تهیه‌ی نقشه های پهنه بندی زمین لغزش، به طراحان و مهندسان برای انتخاب مکان مناسب اجرای طرح‌های توسعه کمک بزرگی کرده و نتایج اینگونه مطالعات اطالعات پایه ای به شمار می‌رود و می‌تواند برای کمک به مدیریت و برنامه ریزی محیطی مورد استفاده قرار گیرد (مددی و همکاران، ۱۴۰۰:۲۲۴).

پژوهش حاضر بر آن است تا با استفاده از روش‌های فرایند تکنیک دیمتل وAHPفازی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش بخش دهدز را شناسایی کرده و آن را به لحاظ خطر رخداد زمین لغزش پهنه بندی کند. بنابراین انتخاب معیارها و استانداردها، تهیه‌ی لایه‌های رقومی عوامل و تهیه‌ی نقش پهنه‌بندی و از جمله اهداف اصلی این پژوهش بوده تا مناطق حساسی که بیش‌ترین احتمال خطر وقوع زمین لغزش در آن‌ها وجود دارد، شناسایی شود.

در این پژوهش به معرفی ۱۳عامل مؤثر در رخداد زمین لغزش‌های بخش دهدز شامل توپوگرافی، شیب دامنه، جهت شیب، بارش،کاربری زمین، عوامل فیزیکی (گسل‌ها)، شبکه‌ی آبراه‌ها، تاثیر پوشش گیاهی و ریشه‌ی درختان، لیتولوژی، ارتفاع، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، تراکم جمعیّتی، تأثیر هرکدام از این عوامل در وقوع زمین لغزش و تهیه‌ی نقشه‌ی عوامل ذکرشده با توجه به مدل‌های مورد استفاده جهت پردازش های بعدی برای ریز پهنه‌بندی خطر زمین لغزش می پردازیم.

مبانی نظری پژوهش

زمین لغزش به حرکت ناگهانی یا آرام و یکنواخت توده‌ی خاک وسنگ روی شیب دامنه گفته می شود. این پدیده زمین شناسی گستره‌ی وسیعی از حرکات، نظیر ریزش قطعات و بلوک های سنگی، تخریب عمیق شیب ها، و جریان های کم عمق واریزه را شامل می شود (معماریان۳۲،۱۳۸۷). پدیده‌ی لغزش به عنوان یکی از فرآیندهای مهم دامنه ای، تابع شرایط خاصی است. این شرایط مجموعه متغیرهایی را در برمی گیرد که تأثیر مشترک و هم زمان آنها باعث لغزش و در نتیجه‌ی جابجایی ناگهانی حجم زیادی از مواد در سطح دامنه ها می شود (رمضانی و ابراهیمی۱۳۸۸: ۱۱۶-۱۱۲).

زمین لغزش یکی از فرآیندهای ژئومورفیک تاثیرگذار بر تکامل چشم انداز مناطق کوهستانی و نوع خاصی از فرآیندهای دامنه ای است که زائیده شرایط ژئومورفولوژیک، هیدرولوژیک و زمین شناسی محلی است (احمدی و همکاران ،۲۱۲:۱۳۹۷). نواحی که نشانه ای از بی ثباتی شیب وجود دارد و زمین لغزش هایی در آن نواحی مشاهده میشود، نظارت بر تغییر شکل سطح زمین جهت کاهش خطر مورد نیاز است. زمین لغزش یک فرایند تصادفی، ناپیوسته و ایزوله شده ای از مخاطرات طبیعی است که در سطح کوچک اما با فراوانی زیاد اتفاق افتاده و مقدار انتقال دبی رسوب ناشی از آن‌ها به آبراهه در زمان و مکان متغیر است (قاسمیان و همکاران،۱۳۱:۱۴۰۰).

نگاهی اجمالی به مخاطرات طبیعی، نشان می دهد که بر اساس ماهیت و عملکرد مخاطرات، اثرات و پیامدهای متفاوتی هم بوجود می آید. زمین لغزش نیز به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی، متأثر از عوامل تاثیرگذار، منجر به آسیب های مالی و جانی مشخصی می شود (Lantada & Puade,2008:51).

دانشمندان علوم زمین و مهندسان همواره با در نظر گرفتن بسیاری از عوامل و شرایط توپوگرافی، زمین شناسی، هیدرولوژی، کاربری زمین و اقلیم، معیارهایی را برای تعیین چگونگی مناسب و یا نامناسب بودن یک محدوده‌ی مشخص در نظر میگیرند. هر معیاری میتواند با داده هـــای جغرافیایی و نقشه های موضوعی نـشـان داده شـود و بـــرای بـرنـامـه ریـزی و نـقـشـه بـرداری اقـــدام به مدلسازی شود (عابدینی و همکاران ۱۴۸،۱۴۰۰).

شناخت خطر از آن جهت اهمیت دارد که گام به گام انسان را در انتخاب روش دفاعی لازم یاری می دهد. مقابله با خطر هنگامی مثمرثمر است که با آگاهی صورت پذیرد در غیر این صورت در حکم استقبال از خطر تلقی می شود (فیروزجاه ۳۰:۱۳۹۰).

آگاهی به مسائل توپوگرافی، زمین شناسی، ژئومورفولوژی و شرایط اقلیمی محدوده‌ی مورد مطالعه هنگامی که با نرم افزار Arc GIS و مدل‌های زمین فضا مانند مدل فازی ترکیب شوند، بنابراین سایت‌های در معرض خطر زمین لغزش

می‌توانند با دقت نسبتاً را شناسایی کنند و به صورت یک نقشه‌ی پهنه بندی ارائه دهند. استفاده از نرم افزار Arc GIS به همراه مدل‌های مختلف ابزارهای مفیدی برای پیش‌بینی و پهنه بندی در جهت برنامه ریزی فراهم می‌کند.

پیشینه‌ی پژوهش

زو لیانگ و همکاران در سال ۲۰۲۱ در مقاله ای باعنوان بررسی رابطه بالقوه بین وقوع جریان توده ای با رانش زمین با استفاده از شاخص جینی برای تعیین عوامل عمده و تجزیه و تحلیل تفاوت بین جریان توده ای و رانش زمین استفاده شد. یک نقشه‌ی حساسیت ترکیبی تولید نموده هم‌چنین با استفاده ازSMZها به ترتیب با استفاده از RF برای رانش زمین و جریان توده ای پرداخته است. بنابراین با مقایسه‌ی همپوشانی طبقات مختلف حساسیت برای دو نقشه به دست آمده، منتج به این نتیجه گردید که هیچ رابطه مستقیمی بین وقوع جریان توده ای و رانش زمین وجود ندارد. اگرچه بیش‌تر زمین لغزش ها می توانند به جریان توده ای تبدیل شوند، اما منطقه مستعد جریان توده ای باعث بروز زمین لغزش نمی شود.

شوای ژائو و همکاران در سال ۲۰۲۱ در مقاله‌ای با عنوان مطالعه‌ی مقایسه ای نقشه برداری از حساسیت به لغزش با استفاده از مدل های SVM وPSO-SVM بر اساس واحدهای شیب بهترین عملکرد را در نقشه برداری از حساسیت به زمین لغزش دارد و سطح زیر منحنیAUC از این رو، الگوریتم یادگیری ماشین بردار‌به همراه با واحدهای شیب را می توان یک روش مطمئن و مؤثر در نقشه برداری حساسیت به زمین لغزش در نظر گرفت.

پابلو لوپز در مقاله‌ای در سال ۲۰۲۱ با عنوان کاربرد مدل‌های پیش بینی فضایی برای حساسیت لغزش در ابزارهای منطقه بندی کاربری اراضی: یک رهنمود در یک شهرک ساحلی در شیلی جنوب مرکزی با استفاده از مدل های چند متغیره به دلیل مزیت استفاده از تکنیک های مختلف عملکرد برای بهبود ظرفیت پیش بینی، به طور گسترده ای برای منطقه بندی خطر زمین لغزش با کاربرد مدل های GLM و GAM جهت منطقه بندی حساسیت ارزیابی استفاده شده است و نشان دهنده‌ی یک مزیت جزئی از مدل GAM نسبت به مدل GLM در ظرفیت پیش بینی حساسیت است و نتیجه‌ی حاصل از این دو مدل در مناطق منطقه بندی حاصل برای حساسیت کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد برای مدل‌های GLM و GAM بسیار شبیه بود.

مرلین تلون دانیل در سال ۲۰۲۱ در مقاله ای با استفاده از مدل سازی حساسیت به زمین لغزش از طریق یک روش آماری متغیر ترکیبی و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به تهیه نقشه زمین لغزش منطقه‌ی مورد مطالعه پرداخته است. نقشه‌ی حساسیت به زمین لغزش در پنج کلاس (حساسیت بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد) نمایش داده است.

سول تودیس در سال (۲۰۰۹)، جهت مدیریت صحیح بحران در شهر آدنا در ترکیه با استفاده ازAHP در محیط GISبه امکان سنجی مناطق خطر پذیر از لحاظ ژئومورفولوژیکی پرداخته و در نهایت به کلاسه بندی شهر از لحاظ مناطق مساعد اقدام نموده است (Sule Tudes, 2010:235).

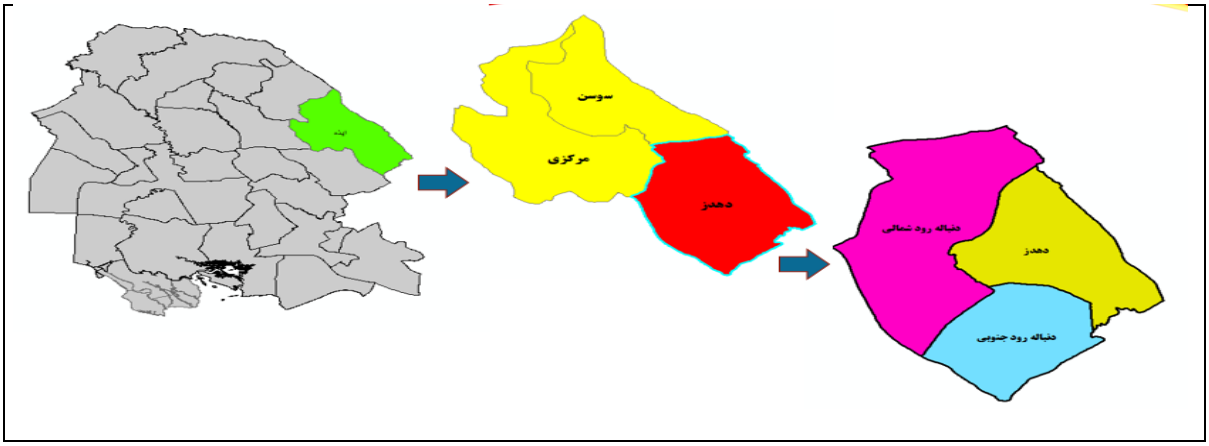
عابدینی و فتحی در سال۱۳۹۳ در مقاله ای تحت عنوان پهنه بندی حساسیت خطر وقوع زمین لغزش در حوضه‌ی آبخیز خلخال چای با استفاده از مدل های چند معیاره با استفاده از ترکیب مدل های منطق فازی به عنوان یکی از روش های قابل استفاده و کاربردی به (AHP-Fuzzy) اقدام به شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه بندی مناطق مستعد خطر وقو ع زمین لغزش نمودیم. نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان می دهد؛ عواملی نظیر شیب، لیتولوژی، ارتفاع، بارش، فاصله از رودخانه، زمین شناسی، کاربری اراضی، گسل و جهت شیب به ترتیب اولویت به

عنوان مهم ترین عوامل موثر در لغزش به منظور پهنه بندی شناسایی گردیده و مورد مطالعه قرار گرفتند (عابدینی و همکاران،۱۳۹۳:۷۱).

محدوده‌ی مورد مطالعه

بخش دهدز با ارتفاع بیش از ۱۸۰۰ متر از سطح دریا در دامنه های جنوبی و جنوب منطقه‌ی دهدز از توابع شهرستان ایذه در استان خوزستان واقع شده است که از شمال‌شرقی به استان چهار محال‌وبختیاری، از جنوب‌شرقی به استان کهگیلویه‌وبویراحمد، از غرب و شمال‌غربی به شهرستان ایذه و از جنوب به شهرستان باغملک محدود می‌شود. این بخش از یک شهر و ۳ دهستان و ۲۴۴ روستا (مزارع و مکان مستقل و تابع) تشکیل شده و با مساحت ۱۳۸۴ کیلومترمربعی باشد. هم‌چنین براساس سرشماری عمومی نفوس مسکن سال ۱۳۹۵، ۱۹۳۵۱ نفر جمعیت و ۴۷۶۲ خانوار بوده است.

شکل۱ : موقعیت جغرافایی منطقه مورد مطالعه



شکل۲ : وقوع زمین لغزش در روستای میراحمد بخش دهدز

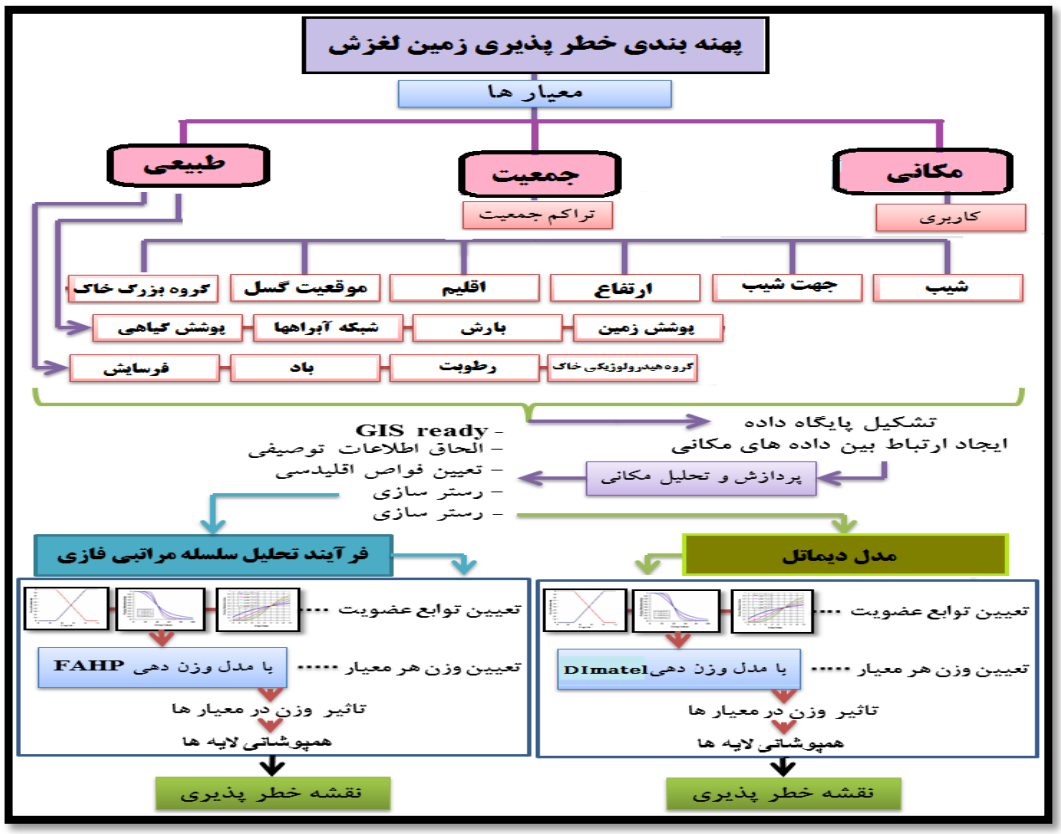
(مأخذ: سایت محیط زیست شهرستان ایذه ۱۴۰۰.

روش پژوهش

در این پژوهش ابتدا عوامل موثر در پهنه بندی خطرپذیری زمین لغزش از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و با نظر کارشناسان شناسایی شدند. پس از شناسایی معیارها و زیرمعیارها، داده‌های موردنیاز از منابع مختلف جمع‌آوری شدند. سپس از طریق مقایسه زوجی و نظرات کارشناسان، با استفاده از مدل دیمتل و روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، وزن هر کدام از معیارها و زیرمعیارها مشخص شد. پس از فازی سازی معیارها و زیرمعیارها با استفاده از توابع عضویت فازی در محیط نرم‌افزار ARCGIS، وزن هر کدام از معیارها در نقشه‌ی فازی شده آن ضرب شد. در نهایت برای مدل‌سازی فضایی و پهنه بندی از عملگرهای فازی جهت همپوشانی لایه‌ها و معیارها استفاده شد.

از آن جهت که در تحقیق حاضر به دنبال تولید نقشه‌ی پهنه بندی مناطق خطرپذیر زمین لغزش، می باشد، به چند بخش تقسیم می شود. در بخش اول اطلاعات جمع آوری شده در این مرحله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای هر سه آنالیز آماده سازی و اصلاح شدند، در بخش دوم کار برای انجام دو آنالیز پهنه بندی خطرپذیری زمین لغزش و کلاس بندی اهمیت هر یک از معیارها در محیط GIS مشخص شدند. در بخش سوم مدل DEMATEL با ارزش دهی معیارها با استفاده از نظرات کارشناسان صورت گرفت. میزان اهمیت هر معیار مشخص می شود در آخر وزن های بدست آمده معیارها در نقشه ها اعمال و نقشه پهنه بندی بدست می آید.از سوی دیگر مدل تحلیلی سلسله مراتبی جهت مقایسه نتایج حاصل از استنتاج فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نیز انجام شد (شکل ۳).

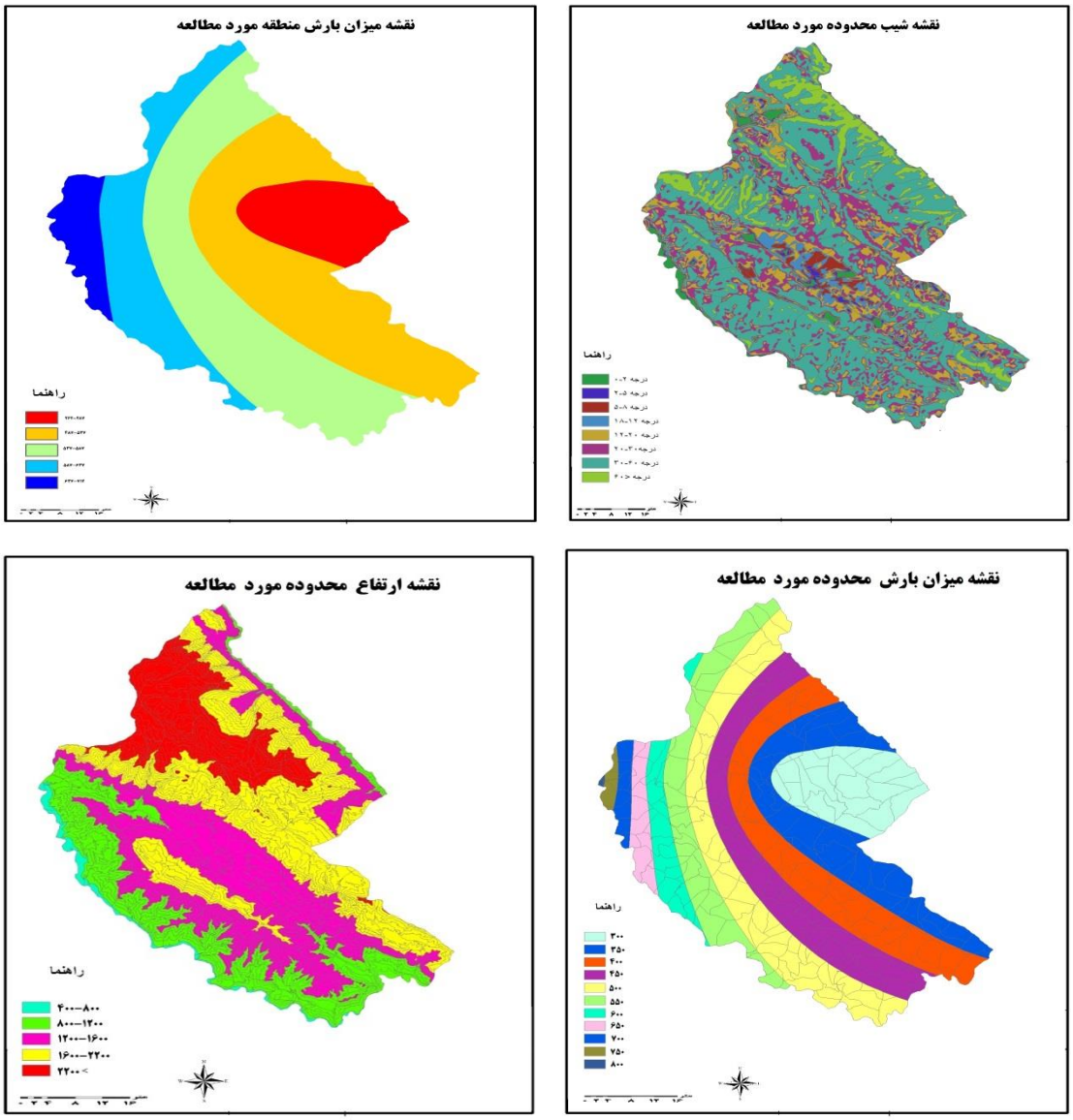
شکل ۳: مراحل انجام پژوهش

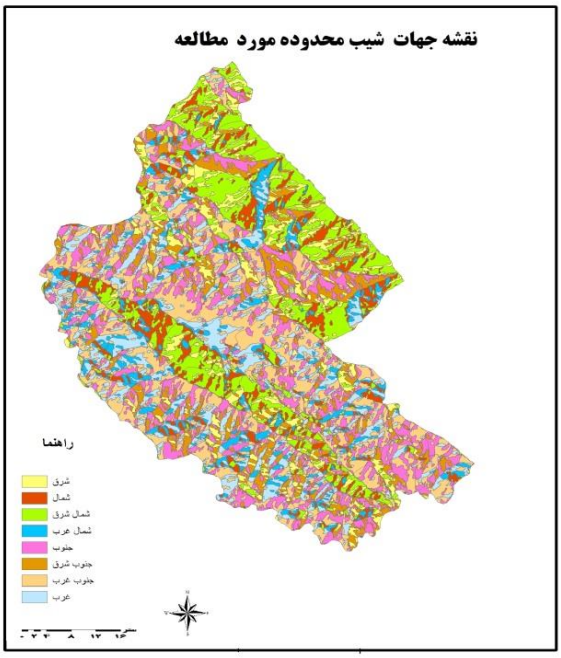


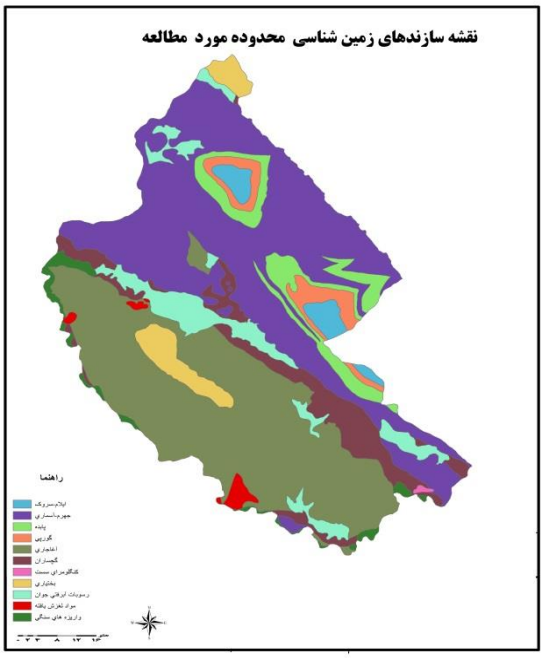
فاکتورهای مورد استفاده در پهنه بندی خطر پذیری زمین لغزش

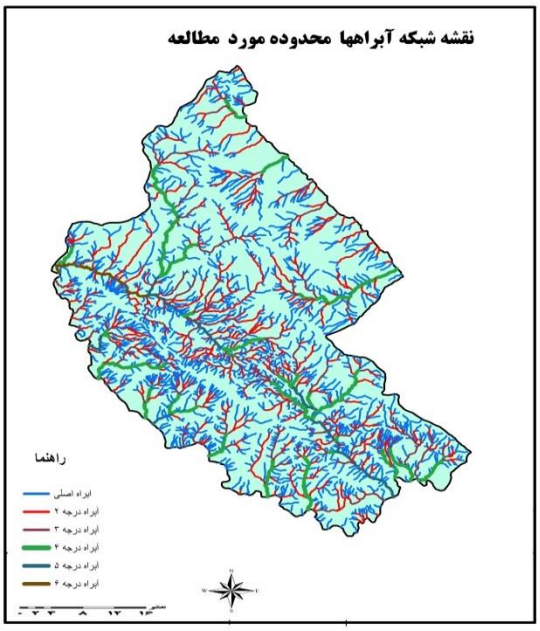
در این پژوهش برای پهنه بندی زمین لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه، ۱۳ عامل تأثیرگذار شامل، توپوگرافی، شیب دامنه، جهت شیب، بارش، کاربری زمین، عوامل فیزیکی (گسل ها)، شبکه‌ی آبراه‌ها، تأثیر پوشش گیاهی و ریشه‌ی درختان، لیتولوژی، ارتفاع، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، تراکم جمعیّتی مورد استفاده قرار گرفت.

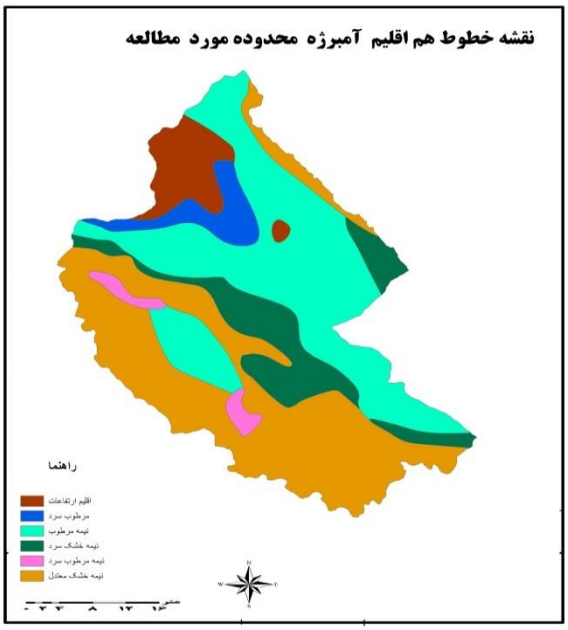
شکل ۴: عوامل تأثیرگذار و فاکتورهای مورد استفاده در پهنه بندی خطر پذیری زمین لغزش

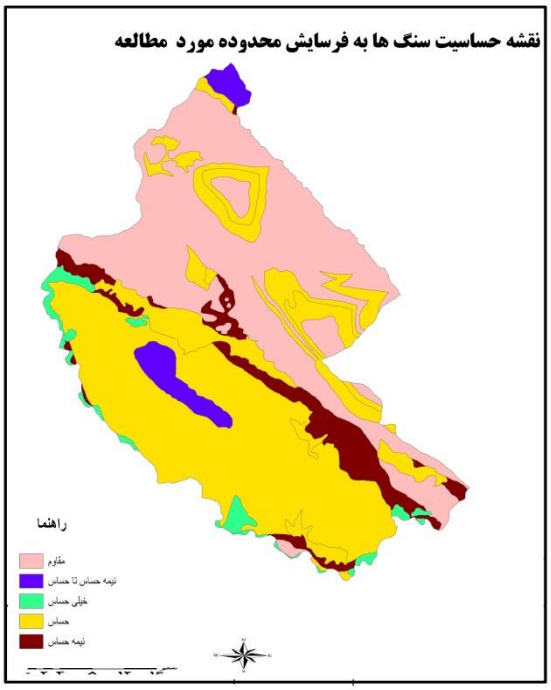


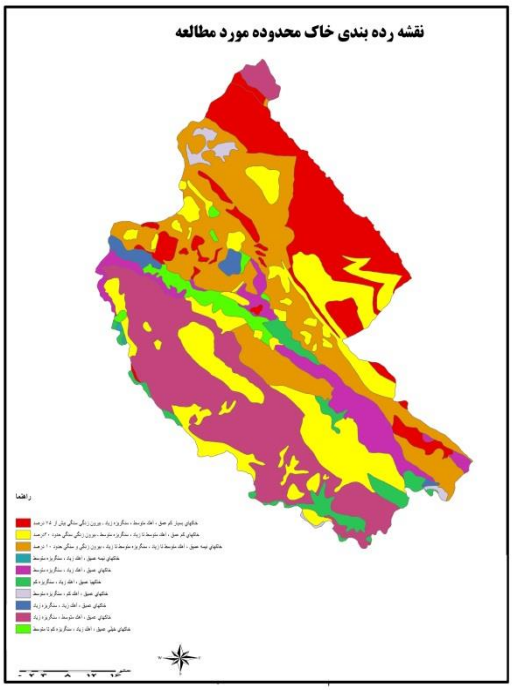

نقشه جهات شیب محدوده مورد مطالعه
راهنما
شرق
شمال
شمال شرق
شمال غرب
جنوب
جنوب شرق
جنوب غرب
غرب

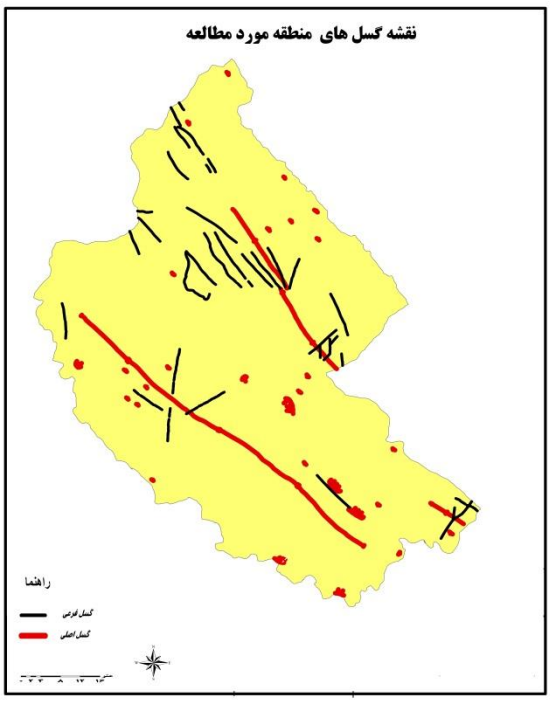

نقشه سازندهای زمین شناسی محدوده مورد مطالعه
راهنما

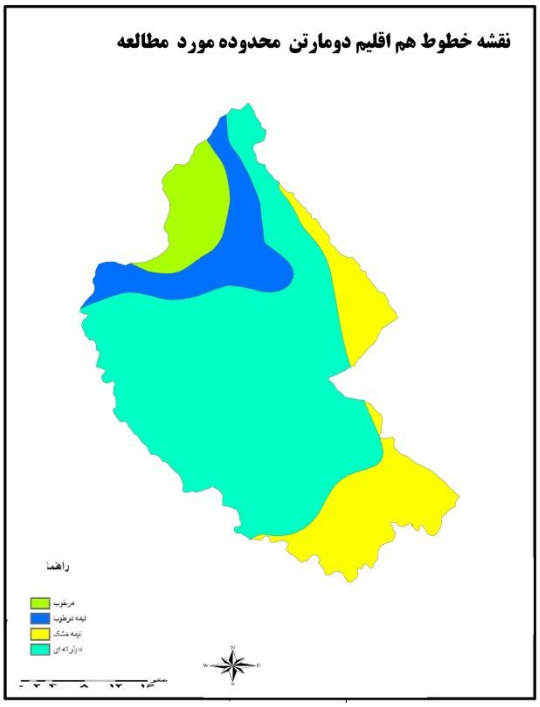

نقشه شبکه آبراهها محدوده مورد مطالعه
راهنما
ابراه اصلی
ابراه درجه ۲
ابراه درجه ۳
ابراه درجه ۴
ابراه درجه ۵
ابراه درجه ۶

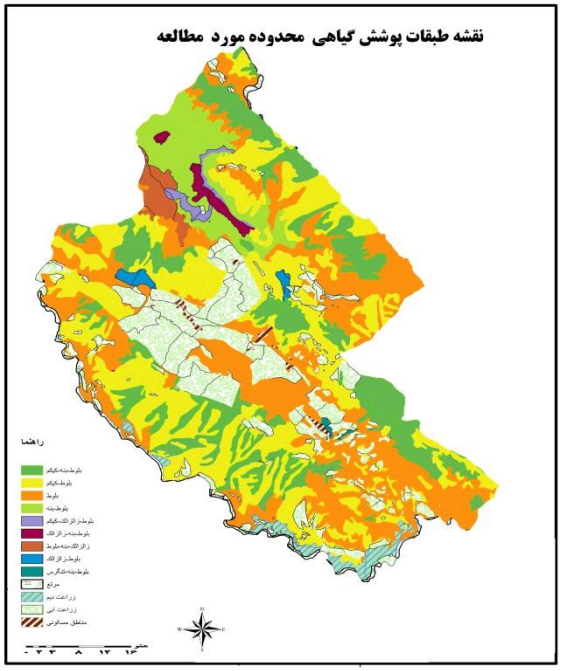

نقشه خطوط هم اقلیم آمبرژه محدوده مورد مطالعه
راهنما
اقلیم ارتفاعات
مرطوب سرد
نیمه مرطوب
نیمه خشک سرد
نیمه مرطوب سرد
نیمه خشک معتدل

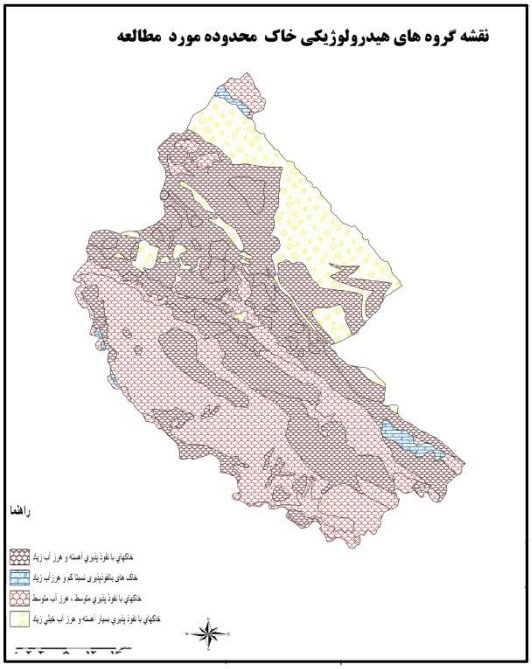

نقشه حساسیت سنگ ها به فرسایش محدوده مورد مطالعه
راهنما
مقاوم
نیمه حساس تا حساس
خیلی حساس
حساس
نیمه حساس


نقشه رده بندی خاک محدوده مورد مطالعه
راهنما


نقشه گسل های منطقه مورد مطالعه
راهنما
گسل فرعی
گسل اصلی


نقشه خطوط هم اقلیم دومارتن محدوده مورد مطالعه
راهنما
مرطوب
نیمه مرطوب
نیمه خشک





تهیه نقشه زمین لغزش

تکنیک دیمتل، AHP فازی

تکنیک دیمتل[1] توسط فونتلا[2] و گابوس[3] و در سال سال ۱۹۷۱ ارائه شد. تکنیک دیمتل که از انواع روش‌های تصمیم‌گیری بر اساس مقایسه‌های زوجی است، با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام‌مند به آن‌ها با بکارگیری اصول نظریه‌ی گراف‌ها، ساختاری سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تأثیر و تأثر متقابل ارائه می‌دهد، به‌گونه‌ای که شدت اثر روابط مذکور را به صورت امتیاز عددی معین می‌کند. روش دیمتل جهت شناسایی و بررسی رابطه‌ی متقابل بین معیارها و ساختن نگاشت روابط شبکه به کار گرفته می‌شود. (پورخباز و همکاران،۱۵۲:۱۳۹۲). از آن‌جا که گراف های جهت دار روابط عناصر یک سیستم را بهتر می توانند نشان دهند، لذا تکنیک دیمتل مبتنی بر نمودارهایی است که می تواند عوامل درگیر را به دو گروه علت و معلول تقسیم نماید و رابطه‌ی میان آن ها را به صورت یک مدل ساختاری قاب درک درآورد (عشور نژاد و همکاران،۶:۱۳۹۱). شامل مراحلی به شرح زیر است:

برای اجرای مدل دیماتل ابتدا باید ماتریسی توسط کارشنان/کارشناسان تکمیل شده و در آن میزان اثرگذاری یک شاخص بر شاخص دیگر قید شود. برای این منظور می‌توان از طیف‌های مختلف به منظور مقایسه زوجی استفاده کرد (جدول ۱). یکی از رایج‌ترین این طیف‌ها طیف لیکرک می‌باشد که در آن میزان اثرگذاری یک عامل بر عامل دیگر در طیفی به شرح زیر امتیازدهی می‌شود:

1.Decision Making Trial And Evaluation (DEMATEL)
2. Fonetla
3. Gabus

جدول۱: ماتریس شدّت اثرگذاری شاخص‌ها

بدون تاثیر	تاثیر خیلی کم	تاثیر کم	تاثیر زیاد	تاثیر خیلی زیاد
۰	۱	۲	۳	۴

(مأخذ: بردبار،۱۳۹۱:۱۱۲).

جدول۲: مقایسات زوجی معیارها توسط خبرگان

ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}
شیب	0.000	3.000	2.000	1.000	0.000	2.000	3.000	4.000	0.000	0.000	4.000	1.000	1.000	3.000	0.000	**2.000**
جهت شیب	2.000	0.000	3.000	2.000	2.000	2.000	3.000	4.000	2.000	3.000	4.000	2.000	3.000	3.000	1.000	**1.000**
ارتفاع	0.000	1.000	0.000	2.000	3.000	2.000	1.000	2.000	0.000	2.000	2.000	0.000	1.000	3.000	0.000	**0.000**
اقلیم	0.000	1.000	1.000	0.000	3.000	4.000	3.000	3.000	2.000	0.000	3.000	3.000	0.000	3.000	1.000	**0.000**
موقعیت گسل	1.000	2.000	1.000	3.000	0.000	2.000	1.000	1.000	0.000	0.000	2.000	1.000	0.000	3.000	1.000	**0.000**
سازندهای زمین شناسی	2.000	3.000	3.000	4.000	2.000	0.000	2.000	3.000	1.000	0.000	2.000	1.000	0.000	1.000	2.000	**2.000**
گروه های بزرگ خاک	3.000	4.000	2.000	4.000	3.000	4.000	0.000	4.000	3.000	2.000	3.000	3.000	3.000	2.000	3.000	**1.000**
پوشش/کاربری زمین	2.000	1.000	1.000	0.000	0.000	3.000	4.000	0.000	2.000	0.000	2.000	3.000	1.000	0.000	2.000	**0.000**
بارش	0.000	2.000	3.000	0.000	1.000	0.000	3.000	2.000	0.000	3.000	2.000	1.000	4.000	4.000	1.000	**2.000**
شبکه آبراهها	1.000	4.000	3.000	1.000	2.000	0.000	2.000	4.000	1.000	0.000	1.000	3.000	3.000	4.000	1.000	**1.000**
پوشش گیاهی	1.000	3.000	1.000	4.000	1.000	3.000	1.000	2.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	3.000	4.000	**0.000**
گروهای هیدرولوژی خاک	0.000	0.000	0.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	3.000	**4.000**
رطوبت	1.000	2.000	1.000	0.000	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	2.000	0.000	3.000	0.000	4.000	3.000	**4.000**
باد	3.000	4.000	1.000	3.000	3.000	1.000	3.000	2.000	3.000	1.000	0.000	0.000	3.000	0.000	1.000	**2.000**
فرسایش	0.000	1.000	2.000	0.000	1.000	4.000	3.000	1.000	0.000	4.000	4.000	4.000	3.000	3.000	0.000	**3.000**
تراکم جمعیت	4.000	1.000	2.000	0.000	0.000	1.000	3.000	4.000	1.000	0.000	0.000	3.000	4.000	2.000	2.000	**0.000**

مأخذ: محاسبات نگارندگان.

پس از مشخص شدن معیارها سنجش زمین لغزش میزان اهمیت هریک از پارامترها در قالب دادن وزنی مشخص به هرکدام به منظور تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی انجام می گیرد. بر این اساس در این مرحله از پژوهش برای تعیین اوزان معیارها از تکنیک DEMATEL بهره گرفته شده است. از آنجا که این مدل بر پایه دانش استوار است و بر اساس نظر متخصیصن صورت می پذیرد (گیوه چی و همکاران،۱۳۹۲:۱۱۰)، نگارندگان اقدام به تهیه‌ی پرسشنامه و توزیع آن بین متخصصان

مرتبط با موضوع مورد مطالعه کرده اند و نتایج حاصل این پرسشنامه ها با عنوان ورودی مدل DEMATEL وارد گردیده است.

جدول۳: ماتریس روابط کل

ماتریس روابط کل	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
شیب	0.057	0.144	0.104	0.098	0.057	0.126	0.155	0.188	0.055	0.042	0.164	0.087	0.082	0.146	0.068	**0.091**
جهت شیب	0.114	0.110	0.148	0.144	0.121	0.152	0.187	0.225	0.117	0.124	0.191	0.135	0.147	0.184	0.111	**0.091**
ارتفاع	0.038	0.081	0.043	0.099	0.109	0.100	0.084	0.112	0.039	0.071	0.096	0.046	0.061	0.126	0.045	**0.032**
اقلیم	0.053	0.102	0.083	0.083	0.125	0.170	0.154	0.164	0.096	0.042	0.145	0.129	0.057	0.145	0.090	**0.051**
موقعیت گسل	0.058	0.099	0.064	0.121	0.043	0.102	0.084	0.091	0.037	0.029	0.100	0.066	0.038	0.123	0.065	**0.033**
سازندهای زمین شناسی	0.097	0.142	0.129	0.162	0.104	0.089	0.138	0.169	0.074	0.045	0.130	0.093	0.061	0.111	0.108	**0.091**
گروه های بزرگ خاک	0.146	0.210	0.144	0.203	0.155	0.216	0.148	0.250	0.149	0.114	0.196	0.175	0.160	0.184	0.168	**0.107**
پوشش/کاربری زمین	0.086	0.088	0.075	0.067	0.047	0.135	0.161	0.087	0.087	0.039	0.115	0.122	0.072	0.070	0.101	**0.048**
بارش	0.060	0.132	0.132	0.076	0.084	0.082	0.161	0.155	0.064	0.117	0.120	0.096	0.161	0.183	0.092	**0.102**
شبکه آبراهها	0.084	0.175	0.134	0.105	0.109	0.092	0.151	0.205	0.089	0.053	0.112	0.144	0.138	0.185	0.096	**0.084**
پوشش گیاهی	0.070	0.138	0.081	0.155	0.080	0.145	0.108	0.136	0.049	0.065	0.078	0.066	0.056	0.145	0.143	**0.046**
گروهای هیدرولوژی خاک	0.052	0.070	0.058	0.154	0.073	0.128	0.153	0.181	0.070	0.039	0.141	0.071	0.057	0.077	0.131	**0.132**
رطوبت	0.087	0.133	0.096	0.077	0.062	0.109	0.154	0.185	0.151	0.099	0.088	0.148	0.085	0.184	0.139	**0.154**
باد	0.127	0.177	0.097	0.143	0.129	0.113	0.171	0.164	0.130	0.075	0.094	0.082	0.141	0.105	0.093	**0.103**
فرسایش	0.069	0.123	0.121	0.098	0.093	0.183	0.175	0.154	0.068	0.140	0.178	0.171	0.142	0.171	0.087	**0.135**
تراکم جمعیت	0.142	0.101	0.105	0.070	0.053	0.105	0.162	0.194	0.081	0.046	0.083	0.138	0.151	0.129	0.111	**0.062**

مأخذ: محاسبات نگارندگان.

AHP فازی

روش AHP فازی این پژوهش برگرفته از روش میانگین هندسی باکلی می‌باشد (Hsieh,2004.574) این روش به AHP فازی بهبود یافته (بسط یافته) معروف است. گام‌های این روش در زیر آورده شده است.

فرض کنید $\tilde{P}_{ij}$ مجموعه‌ای از ترجیحات تصمیم‌گیران در مورد یک شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها باشد. ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر تشکیل می‌شود:

رابطه‌ی ۱

$$\tilde{\boldsymbol{A}} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \tilde{P}_{12} & \tilde{P}_{1n} \\ \tilde{P}_{21} & \mathbf{1} & \tilde{P}_{2n} \\ \tilde{P}_{n1} & \tilde{P}_{n2} & \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

که n تعداد عناصر مرتبط در هر سطر است. اوزان فازی هر شاخص ماتریس مقایسات زوجی به وسیله‌ی روش میانگین هندسی باکلی به دست می‌آید (Hsieh,2004.580).

جدول ۵: عبارات کلامی و اعداد فازی جهت مقایسات زوجی

کد	اولویت ها	معادل فازی اولویت ها		
		حد پایین (L)	حد متوسط (m)	حد بالا (u)
۱	اهمیت یکسان	۱	۱	۱
۲	یکسان تا نسبتاً مهم‌تر	۱	۲	۳
۳	نسبتاً مهم تر	۲	۳	۴
۴	نسبتاً مهم‌تر تا اهمیت زیاد	۳	۴	۵
۵	اهمیت زیاد	۴	۵	۶
۶	اهمیت زیاد تا بسیار زیاد	۵	۶	۷
۷	اهمیت بسیار زیاد	۶	۷	۸
۸	بسیار زیاد تا کاملاً مهم‌تر	۷	۸	۹
۹	کاملاً مهم‌تر	۸	۹	۱۰

مأخذ: عطایی،۱۳۸۹:۲۸.

محاسبه‌ی وزن معیارها

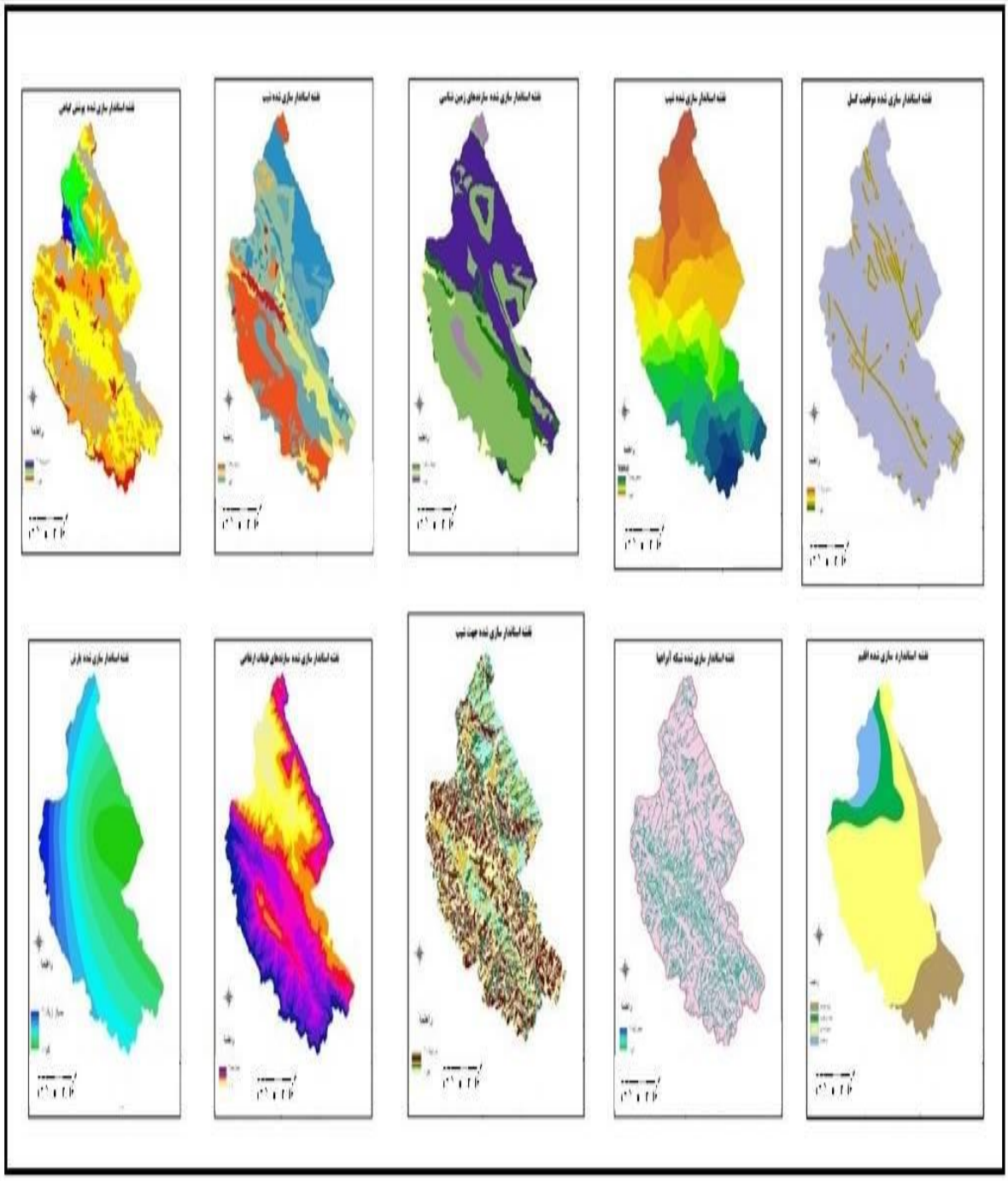
پس از استاندارد سازی داده ها، با توجه به این‌که هر یک از زیر معیارها تأثیر متفاوتی در تعیین میزان خطرپذیری زمین لغزش دارند، وزن‌دهی به لایه‌ها ضرورت می‌یابد. برای این‌کار از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شده است. در این روش ابتدا اعداد فازی و مقیاس‌های فازی مورد استفاده تعیین شده و سپس ماتریس های زوجی از معیارهای مرتبط ایجاد شد. لایه ها بصورت دو به دو با استفاده از اعداد فازی، توسط تصمیم گیرندگان مقایسه و در جداول مربوطه بصورت اعداد فازی وارد شدند. پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی و تکمیل آن، با استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای، وزن هر یک از معیارها مشخص شد. سپس بوسیله‌ی نرم افزار اکسل و با توجه به فرآیند محاسبات مدل FAHP که تشریح گردید، وزن هر معیار مشخص شد که ۳ نشان داده شده است. هر لایه بعد از اعمال تابع عضویت متناسب در وزن مربوطه ضرب شده و در نهایت نقشه‌ی استاندارد شده هر یک از معیارها حاصل می گردد.

جدول ۶: توابع عضویت تعریف شده در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

نوع تابع عضویت	تراکم جمعیت	باد	رطوبت	اقلیم	گروه هیدروژیک خاک	سازندهای زمین شناسی	فرسایش	خاک	کاربری زمین	پوشش گیاهی	شبکه آبراهها	موقعیت گسل	بارش	ارتفاع	جهت شیب	شیب
Liner افزایشی								*		*	*	*	*	*	*	*
Small											*	*				
Large	*															

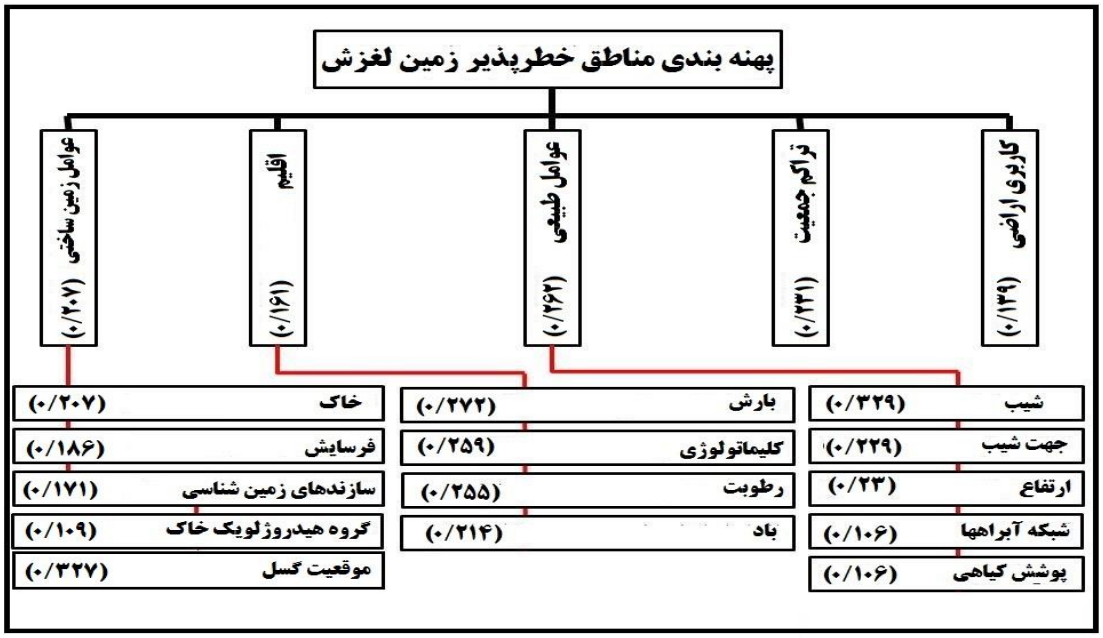
مأخذ: محاسبات نگارندگان.

شکل ۵: نقشه های استاندارد سازی شده در پهنه بندی خطرپذیری زمین لغزش



نتایج حاصل از AHP فازی و مدل دیمتل

شکل ۶: نتایج تحلیل سلسله مراتب فازی



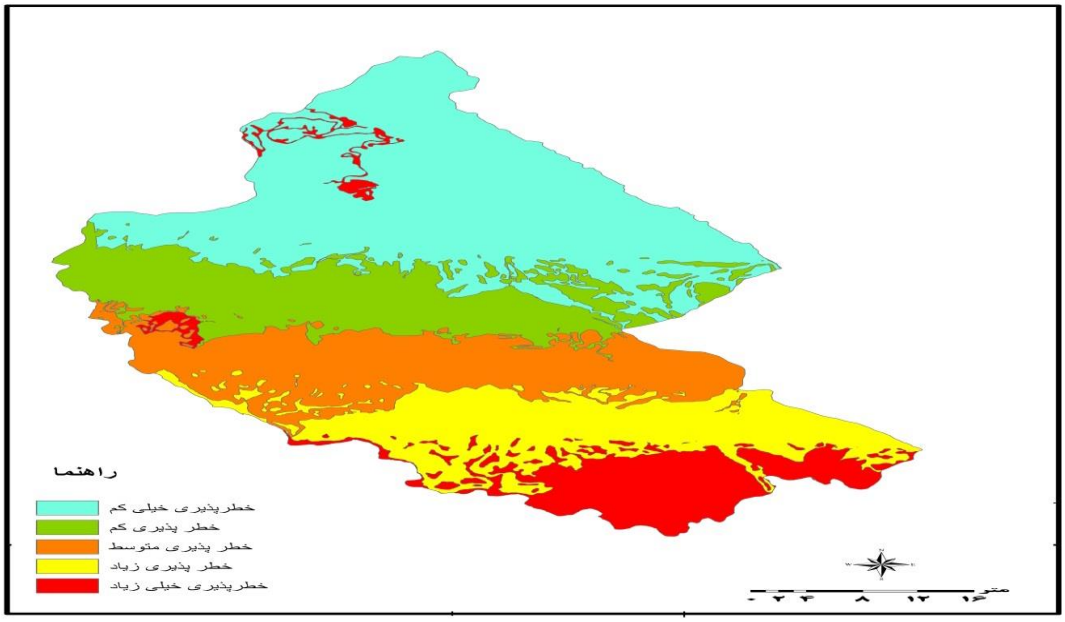
جدول۷: نتایج حاصل از رتبه بندی با استفاده از روش دیمتل

معیار	رتبه	D + R	D - R	وضعیت
شیب	۱	۳,۰۹۷	۰,۸۶۱	علت
جهت شیب	۲	۳,۱۷۵	۰,۴۶۲	علت
ارتفاع	۳	۳,۷۵۴	۰,۴۵۸	علت
اقلیم	۴	۵,۰۷۲	۰,۳۸۱	علت
موقعیت گسل	۵	۳,۰۹۸	۰,۳۷۲	علت
سازندهای زمین شناسی	۶	۳,۵۵۹	۰,۳۴۲	علت
گروه های بزرگ خاک	۷	۳,۰۰۷	۰,۳۲۵	علت
پوشش/کاربری زمین	۸	۴,۳۳۰	۰,۲۷۴	علت
بارش	۹	۳,۳۵۷	-۰,۱۷۸	معلول
شبکه آبراهها	۱۰	۳,۵۴۵	-۰,۱۶۷	معلول
پوشش گیاهی	۱۱	۲,۵۹۷	-۰,۲۸۹	معلول
گروهای هیدرولوژی خاک	۱۲	۳,۷۹۰	-۰,۳۰۶	معلول
رطوبت	۱۳	۴,۲۱۰	-۰,۳۲۵	معلول
باد	۱۴	۲,۷۹۴	-۰,۴۳۲	معلول
فرسایش	۱۵	۳,۵۹۱	-۰,۴۷۱	معلول
تراکم جمعیت	۱۶	۴,۰۶۲	-۱,۲۶۱	معلول

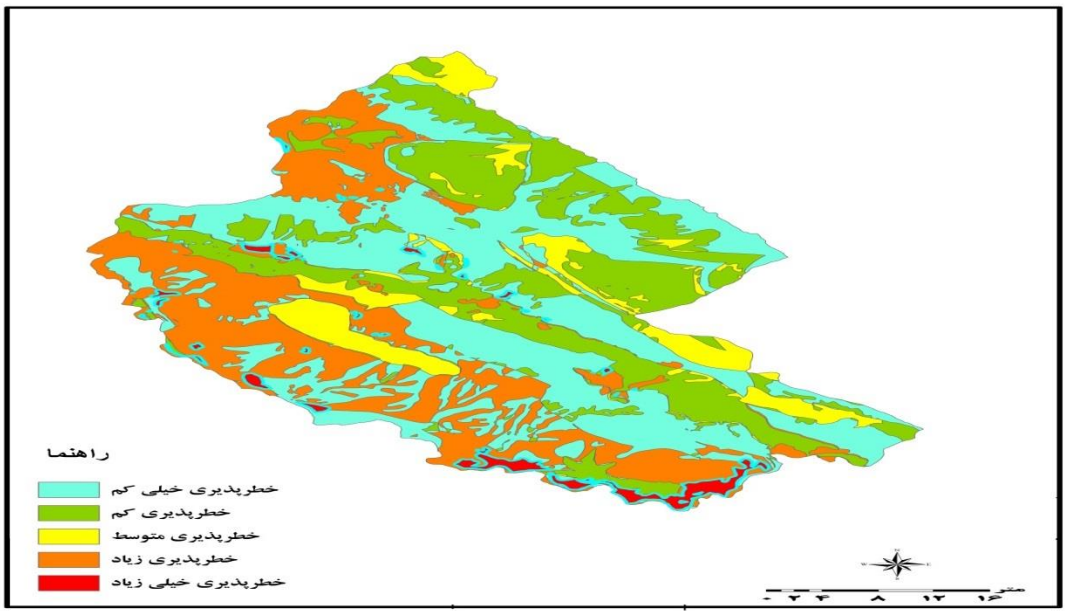
همپوشانی معیارها

در مرحله‌ی بعد در نرم افزار Arc GIS وزن هرکدام از عوامل اعمال شده و نقشه‌ی نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش بدست آمد. نقشه‌ی ریز پهنه بندی منطقه مورد مطالعه در ۵ کلاس خطر پذیری بسیار زیاد، خطرپذیری زیاد، خطرپذیری متوسط، خطرپذیری کم و خطرپذیری بسیار کم به دست آمد که در شکل های (۷و ۸) ارائه شده است.

شکل۷: نقشه‌ی نهایی *AHP* فازی پهنه بندی خطر پذیری زمین لغزش بخش دهدز



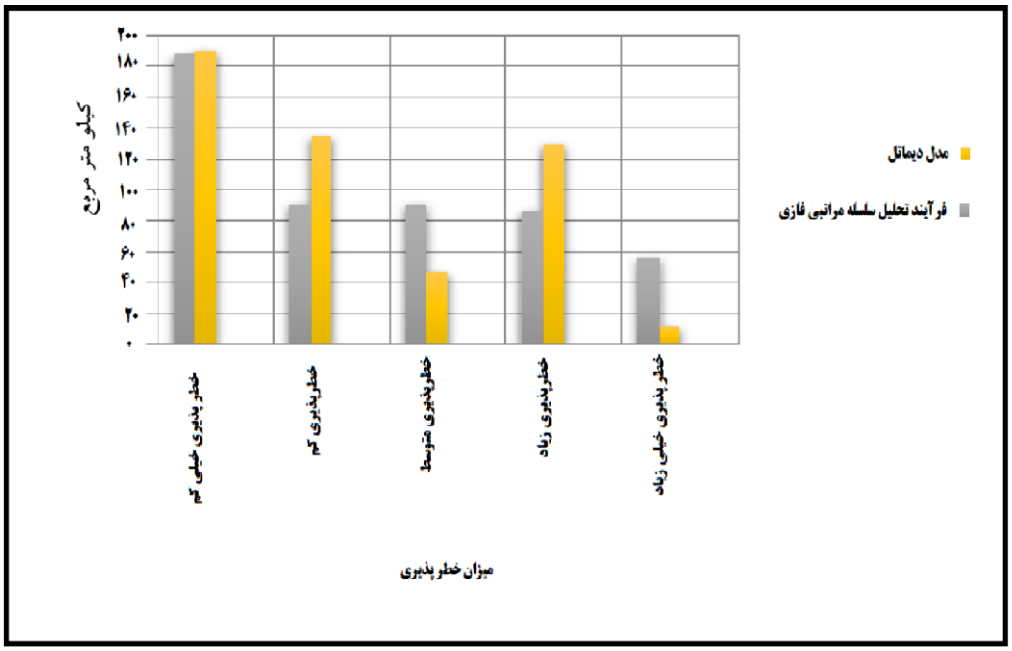
شکل۸: نقشه‌ی نهایی دیمتل پهنه بندی خطر پذیری زمین لغزش بخش دهدز



جدول ۸: وضعیت خطرپذیری زمین لغزش منطقه مورد مطالعه در هر دو مدل

میزان مطلوبیت	مساحت (کیلومترمربع)		مساحت (کیلومترمربع)	
	مدل دیماتل	درصد	مدل FAHP	درصد
خطر پذیری بسیار کم	۱۹۰,۳۹	٪۳۷,۱	۱۸۷,۴۳	٪۳۶,۵۳
خطرپذیری کم	۱۳۴,۷۱	٪۲۶,۲۵	۹۰,۹۶	٪۱۷,۷۳
خطرپذیری متوسط	۴۶,۵۷	٪۹,۰۸	۹۱,۲۷	٪۱۷,۷۹
خطرپذیری زباد	۱۲۹,۵۶	٪۲۵,۲۵	۸۶,۴۱	٪۱۶,۸۴
خطرپذیری بسیار زیاد	۱۱,۸۹	٪۲,۳۲	۵۷,۰۶	٪۱۱,۲
جمع کل	۵۱۳,۱۲	٪۱۰۰	۵۱۳,۱۲	٪۱۰۰

شکل۹: وضعیت میزان خطرپذیری منطقه‌ی مورد مطالعه در هر دو مدل



نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تهیه‌ی نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش از سوی با هدف شناسایی مناطق دارای قابلیت زمـین لغـزش در محدوده‌ی فعالیت‌های بشری دارای اهمیت است و با به کارگیری فناوری های نوین مانند مدل های تصمیم گیری گروهـی وGIS ترسیم نماید. GIS با قابلیت آماده سازی، اصلاح و تغییر و تحلیل داده های مکانی بـر اسـاس هـدف و نیـاز مسـأله و دادن خروجی به نرم افزار های دیگر نقش عمده‌ای را در آنالیز های پژوهش حاضر داشته است.

در پژوهش حاضر پهنه‌بندی خطرپذیری زمین لغزش با دو مدل متفاوت صورت گرفت، وزن های حاصل از دو روش دیمتل و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی دوبه دو تجمیع و نرمالیزه شده و وزن نهایی معیارهای در پنج سطح حاصل می گردد. وزن نهایی و رتبه مقایسه ای معیارهای سطح پنج در دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی بهبود یافته ملاحظه می شود که به دلیل ملحوظ نمودن روابط بازخورد و تأثیر متقابل، نتایج رتبه بندی معیارها و گزینه ها در دو روش متفاوت است، روش نوین به دلیل مزیت های گفته شده از درجه‌ی اطمینان بالاتری برخودار است.

به علاوه در این تحقیق برای مقیاسات زوجی سطح پنج از یک روش نوین تصمیم گروهی استفاده گردیده که به دلیل مقایسات در مقیاس ترجیحی دارای سازگاری بیش‌تری با نظریه‌ی اندازه گیری ریاضی است، و لذا گامی در جبران کاستی های روش سنتی فرآیند سلسله مراتبی محسوب می گردد. هم‌چنین با بهره گیری از آزمون های متدول عوامل اثر گذار در زمین لغزش و امتیاز دهی به هر پارامتر و ملحوظ نمودن آن در مقایسه‌ی زوجی گروهی می توان گام بلندی در راستای پهنه بندی و توسعه‌ی شهری را با عینیت بیش‌تری به کار گرفت. از این رو به منظور ارزیابی نتایج دو مدل مذکور پژوهش با توجه به مشاهدات میدانی، نظر کارشناسان و مناطقی که مستعد خطر آن مشخص گردید و سپس وضعیت آن در نتایج بدست آمده در دو مدل بررسی گردیده است.

براساس شکل ۸ عنوان خروجی مدل دیمتل پهنه‌های با خطرپذیری کم با مساحت ۱۳۴,۷۱کیلومترمربع و پهنه-های با خطر بسیار کم با ۱۹۰,۳۹ کیلومترمربع به ترتیب بیشترین و کمتر میزان را شامل می‌شوند.

در این پهنه بندی قسمت های نزدیک به گسل در پهنه های دارای آسیب پذیری بسیار زیاد است و بخش های شرقی و جنوب شرقی در پهنه های خطرپذیری کم قرار دارند که این امر به ویژه در شرق منطقه به دلیل دوری از گسل های اصلی وکاهش بارندگی سالیانه سازندهای زمین شناسی متراکم و پیوسته می باشد. هم‌چنین بخش های جنوبی و جنوب غربی و به صورت پراکنده در بخش مرکزی منطقه به دلیل بالا بودن میانگین بارش سالیانه و بالا بودن شیب منطقه و وجود دریاچه‌ی سد کارون ۳ و مختلط و منفصل بودن سازندهای زمین شناسی و تخریب های ناشی از قطع درختان و تغییر کاربری اراضی اکثرا در پهنه های بسیار خطرپذیر قرار گرفته اند.

هم‌چنین در شکل۷ به عنوان خروجی مدل فرآیند تحلیل سلسه مراتبی فازی پهنه‌های با خطرپذیری کم با مساحت ۹۰,۹۶ کیلومترمربع و پهنه‌های با خطرپذیری بسیار کم با ۱۸۷,۴۳ کیلومتر مربع به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مساحت را شامل می‌شوند. در این بین پهنه های خطرپذیر بسیار کم و کم بیش‌تر اراضی کم شیب و توپوگرافی پایین در دشت ها و مناطق جنگلی در منطقه می باشند.

– در تمامی طرح‌های توسعه‌ی شهری، تهیه نقشه خطرپذیری مخاطرات طبیعی در دستور کار و شرح خدمات مهندسان مشاور قرار گیرد.

- وجود پوشش گیاهی مناسب تا نسبتاً مناسب جنگلی در سطح وسیعی از زیرحوضه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه که در شرایط کنونی کم‌تر چنین پوششی با دست‌یازی و دخالت اندک انسان و دام در سطح استان مشاهده می‌گردد. بنابراین اعمال پروژه‌هایی چون حفاظت و قرق، غنی سازی و کاهش یا حذف دام می‌بایست در این مناطق در اولویت قرارگیرد.

- جلوگیری از شخم در اراضی با شیب بیش از ۱۲ درصد
- جلوگیری از ورود دام به مناطق با شیب بیش از ۵۰ درصد و ممنوعیت بهره برداری و شخم اراضی حساس به لغزش و فرسایش توده ای
- کنترل هرز آب در دامنه های شیبدار
- اصلاح روش آبیاری در اراضی شیبدار و حاشیه رودخانه

- تثبیت آبراهه های که از نظر فرسایش فعال هستند.
- رعایت الزامات مربوط به پایدارسازی دامنه‌های پرخطر
- احیاء پوشش گیاهی با تکثیر گونه های بومی منطقه (بلوط)
- اجرای برنامه های آموزشی و ترویجی برای دامداران در زمینه‌ی استفاده‌ی صحیح از مراتع و جنگل‌ها، حفاظت خاک و حفظ پوشش گیاهی.

منابع و مأخذ

احمدی کمرپشتی، مهدی و بهزاد پور، محمد (۱۳۸۹). اسکان موقت در زلزله، مجله‌ی پیام ایمنی، جلد ۷، شماره‌ی ۲۸، صص۷-۱

بردبار، غلامرضا و موسوی، محمد و مرادی، بهرنگ (۱۳۹۱) تحلیلی بر نیازهای آموزشی کارکنان با استفاده از TOPSISفازی و دیمتل فازی، فصلنامه‌ی مطالعات برنامه ریزی آموزشی، سال اول، شماره‌ی اول، صص۱۲۹-۱۰۵

پورخباز، حمید رضا و جوانمردی، سعیده و یاوری، احمد رضا و فرجی سبکبار، حسنعلی.(۱۳۹۲). کاربرد روش تصمیم گیری چند معیاره و مدل تلفیقی ANP-DEMATEL در آنالیز تناسب اراضی کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: دشت قزوین)، فصلنامه‌ی محیط شناسی، سال۳۹، شماره‌ی ۳، صص ۱۶۴-۱۵۱.

پورقاسمی، حمید رضا، مرادی، حمیدرضا، محمدی، مجید، مصطفی‌زاده، رئوف، گلی جیرنده، عباس (۱۳۹۱)، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از تئوری بیزین، فصلنامه‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال شانزدهم، شماره‌ی ۶۲، صص۱۲۱-۱۰۹.

حجازی، اسداله، رنجبریان شادیا، مریم.(۱۳۹۳). شناسایی عوامل موثر بر پهنه بندی خطر زمین لغزش در بخش غربی حوضه‌ی آبریز سرند چای، فصلنامه‌ی پژوهش های ژئومورفولوژی کمّی، سال سوم ، شماره‌ی ۳، صص۱۲۹-۱۱۴.

رمضانی، بهمن، ابراهیمی، هدی (۱۳۸۸)، زمین لغزش و راهکارهای تثبیت آن، فصلنامه‌ی جغرافیایی آمایش محیط، دوره‌ی۲، شماره‌ی ۷، صص۱۳۹-۱۲۹.

سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری استان خوزستان.(۱۳۹۹).

شادفر، محمد و یمانی، مجتبی. (۱۳۸۶) پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه‌ی آبخیز جلیسان با استفاده از مدل LNRF، فصلنامه‌ی پژوهش های جغرافیایی، شماره‌ی ۱۳۸۶، صص ۲۳-۱۱.

شرکت ملی نفت ایران (۱۳۸۵). گزارش مطالعات زمین شناسی، آب شناسی و ژئوفیزیک پروژه‌ی تأمین آب تلمبه خانه‌های شماره‌ی ۴ و ۵ دهدز، مهندسین مشاور زمین آراء فارس.

صدوق، حسن و آرایش احمدی سرائی، سمیرا. (۱۳۸۷). پهنه بندی خطر زمین لغزش در باغ های چای (جنوب لاهیجان و لنگرود) فصلنامه‌ی جغرافیا، دوره‌ی۶، شماره‌ی ۶۸، صص۱۲-۱.

عابدینی، موسی و فتحی، محمدحسین.(۱۳۹۳) پهنه بندی حساسیت خطر وقوع زمین لغزش در حوضه‌ی آبخیز خلخال چای با استفاده از مدل های چند معیاره، فصلنامه‌ی پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال دوم، شماره‌ی۴، صص ۸۵-۷۱.

عشورنژاد، غدیر و فرجی سبکبار، حسنعلی و علوی پناه، کاظم و نامی، محمدحسن (۱۳۹۱) ارزیابی مکان استقرار شعب بانک ها و مؤسسه های مالی و اعتباری منطقه‌ی شش شهر تهران با استفاده از روش دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه ای، فصلنامه‌ی پژوهش های جغرافیای انسانی، سال ۴۵ ، شماره‌ی ۳، صص ۲۰-۱.

عطایی، محمود. (۱۳۸۹). تصمیم گیری چند معیاره فازی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

عظیم پور، علیرضا و همکاران .(۱۳۸۸) ارزیابی نتایج مدلAHP در پهنه بندی خطر زمین لغزه (حوضه‌ی آبریز اهر چای) فصلنامه‌ی فضای جغرافیایی، سال نهم، شماره‌ی۲۶، صص۸۷-۷۱.

فیروزجاه، علی. (۱۳۹۰). نقش طرح های توسعه‌ی شهری (جامع و تفصیلی) در کاهش آسیب پذیری شهر بابل از زلزله، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس، صص۱۶۱-۱.

گیوه چی، سعید و همکاران. (۱۳۹۲). مکانیابی اسکان موقت پس از زلزله با استفاده از GIS و تکنیک AHP مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی۶ شهر شیراز، فصلنامه‌ی مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای، سال پنجم، شماره‌ی ۱۷، صص۱۱۸-۱۰۱.

مبارکی، علی محمد و منصوریان، علی و ملک، محمد رضا (۱۳۸۸) ایجاد GIS همراه با مدیریت حوادث در بستر SDI ، فصلنامه‌ی سنجش از دور و GIS ایران سال اول، شماره‌ی سوم، صص۶۴-۵۱.

معماریان، حسین .(۱۳۸۷). زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، نوبت چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران.

ملکیان.آرش.، افتادگان خوزانی. ا.صغر، عشورنژاد. غدیر.(۱۳۹۱). پهنه بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ی آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتب فازی. فصلنامه‌ی پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۴۴، صص ۱۳۱-۱۵۲.

مهدوی، مسعود و کریم زاده ،حسن .(۱۳۸۵) پهنه بندی بخش مرکزی شهرستان ورزقان برای مکان یابی مراکز خدمات روستایی با استفاده از GIS ، فصلنامه‌ی پژوهش های جغرافیایی، شماره‌ی ۵۵، صص۲۲۴-۲۰۳.

مهندسین مشاور ره آورد.(۱۳۸۹). مطالعات مقدماتی آزاد راه دهدز- اهواز، وزارت راه ترابری استان خوزستان.

مهندسین مشاور ساپ.(۱۳۸۵). بررسی فرسایش پذیری خاک و پوشش گیاهی حوضه‌ی رودخانه‌ی کارون، مرحله‌ی اول.

موسوی خطیر،زهره، کاویانی، عطاله،هاشم زاده اتوئی، علی.(۱۳۸۸). بررسی آماری برخی ویژگی های مورفومتری و عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش ها در حوضه‌ی آبخیز سجارود، فصلنامه‌ی پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد شانزدهم، شماره‌ی دوم، صص ۱۰۳-۸۵.

Hsieh, T.Y., Lu, S.T. and Tzeng, G.H., 2004. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. *International journal of project management*, *22*(7), PP.573-584.

Intarawichian, N., Dasananda, S., (2010). "Analytical hierarchy process for landslide susceptibility mapping in Lower Mae Chaem watershed, Northern Thailand",*Journal of Science and Technology*, Vol. 17(3), PP.277-292

Lantada. N, Pujades. L, Barbat. A. (2009). "Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation". A Comparison, Nat Hazard.P. 51.

Marelyn Telun Daniel,Tham Fatt Ng, ohd. Farid Abdul Kadir ,Joy Jacqueline Pereira.(2021). Landslide Susceptibility Modeling Using a Hybrid Bivariate Statistical and Expert Consultation Approach in Canada Hill, Sarawak, Malaysia, frontiers in Earth Science,PP.1-15.

Pablo López, Jorge Qüense, Cristian Henríquez, Carolina Martínez.(2021). Applicability of spatial prediction models for landslide susceptibility in land-use zoning instruments: a guideline in a coastal settlement in south-central Chile, Geocarto International.PP.151.

Shuai Zhao, Zhou Zhao (2021) "A Comparative Study of Landslide Susceptibility Mapping Using SVM and PSO-SVM Models Based on Grid and Slope Units", Mathematical Problems in Engineering, PP.15.

Shuai Zhao, Zhou Zhao, "A Comparative Study of Landslide Susceptibility Mapping Using SVM and PSO-SVM Models Based on Grid and Slope Units.(2021). A Comparative Study of Landslide Susceptibility Mapping Using SVM and PSO-SVM Models Based on Grid and Slope Units, Mathematical Problems in Engineering. PP.15.

Sule Tudes, Nazan Duygu Yigiter. (2010). "Preparation of land use planning model using GIS based on AHP", Case Study Adana-Turkey, Bull Eng Geology Environment, 69: PP.235-245

Zhu Liang, Changming Wang, Donghe Ma, and Kaleem Ullah Jan Khan (2021) Exploring the potential relationship between the occurrence of debris flow and landslides, Hazards Earth Syst. Sci., 21, PP.1247–1262.

Zhu Liang, Changming Wang, Donghe Ma, and Kaleem Ullah Jan Khan ,(2021) Exploring the potential relationship between the occurrence of debris flow and landslides, Hazard Earth Syst.Sci.21,PP.1247-1262.