علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یک، شماره چهار، تیرماه ۹۸

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره‌ی مکانی

(مطالعه‌ی موردی:حوضه‌ی آب‌خیز فریدن)

سید زین العابدین حسینی [۱]*

zhosseini@yazd.ac.ir

احسان عربیان [۲]

رضا قربانی [۳]

سولماز عموشاهی [٤]

وحیده طهماسبی [٥]

محسن صادقیان [٦]

تاریخ دریافت:۱۳۹۴/۱۰/۲۳ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۰۳/۱۹**

چکیده

زمینه و هدف: زمین‌لغزش‌ها از جمله بلایای طبیعی هستند که سالانه خسارت‌های مالی و جانی زیادی را در کشور ایجاد می‌کنند. شناخت مناطق پرخطر می‌تواند درکاهش خسارت‌ها و تصمیم‌گیری در سیاست‌های توسعه اراضی مؤثر باشد. تهیه نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش این امکان را فراهم می‌سازد که مناطق آسیب‌پذیر شناسایی و در برنامه‌های محیطی مد نظر قرار گیرند. در این تحقیق روش چند متغیره برای تهیه نقشه قابلیت لغزش اراضی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و قواعد تصمیم‌گیری ارایه شد. هدف از ارایه‌ی نقشه قابلیت لغزش اراضی در این پژوهش کمک به کاهش خطرات ناشی از زمین‌لغزش و پشتیبانی از سیاست‌های توسعه‌ی اراضی در مقیاس حوضه‌ی آب‌خیز است.

۱- استادیار، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- کارشناس ارشد، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۳- کارشناس ارشد، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۴- دکتری، ارزیابی و آمایش محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران.

۵- کارشناس ارشد، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۶- کارشناس ارشد، مدیریت بیابان، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

روش بررسی: نقشه‌های زمین‌شناسی، شیب، جهت دامنه، کاربری اراضی، فاصله از جاده، رودخانه و گسل به عنوان عوامل و نقشه شیب و رودخانه به عنوان محدودیت به سیستم معرفی شدند. پس از وزن دهی به عوامل و زیر عوامل نقشه‌ی حساسیت به زمین‌لغزش منطقه به صورت ارزش صفر تا یک به دست آمد. سپس نقشه‌ی نهایی به سه طبقه حساسیت ازخطر کم تا خطر زیاد طبقه‌بندی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که عوامل بارندگی، زمین‌شناسی وشیب در وقوع زمین‌لغزش بالاترین تاثیر را داشته و باید با تاکید بیش‌تری جهت برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های توسعه درحوضه مورد مطالعه مد نظر قرارگیرند.

بحث و نتیجه‌گیری: در نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داده شده است که گروه اول عوامل شامل زمین شناسی، کاربری زمین، شیب و جهت شیب دارای وزن ۰/۶ و گروه دوم عوامل ازجمله فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، بارندگی و فاصله از جاده وزن ۰/۴ را به خود اختصاص دادند.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی، زمین لغزش، پهنه‌بندی، ارزیابی چند معیاره مکانی.

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.4, June, 2019

Landslide risk zoning using Spatial Multi-Criteria Evaluation method (SMCE) (Case study: Fereidan watershed)

Seyed Zeynalabedin Hosseini [1*]

zhosseini@yazd.ac.ir

Ehsan Arabian [2]

Reza Ghorbani [3]

Solmaz Amoushahi [4]

Vahideh Tahmasebi [5]

Mohsen Sadeghian [6]

Admission Date: June 8, 2016 Date Received: July 13, 2016

Abstract

Background and Objective: Landslides are classified as natural disasters that pose financial losses and deaths in the country annually. Besides, identification of high risk areas can be effective in reducing the damage and improving decisions on land-development policies. Preparation of landslide zoning map makes it possible to identify the vulnerable areas and use them in various environmental programs. In this study, the multi-criteria methods were presented to create the landslide capability map using geographical information system and decision rules. The aim of producing landslide capability map is to reduce the risks of landslides and support land development policies in the watershed scale.

Method: In this regards, different factors such as geology, slope, aspect, landuse, distance to road, rivers and fault maps were employed. Additionally, slope and river maps were expressed as restrictions. After weighing the factors and sub-factors, the landslide sensitivity maps were converted to the values ranged as 0-1. Afterward, in terms of sensitivity the final map was classified to three classes of low risk, moderate risk and high risk.

Findings: The results showed that some factors such as precipitation, geology and slope have the highest impact on landslide occurrence and should be considered with more emphasis in order to be used for planning and policy making in the study area.

Discussion and Conclusion: According to the results, the first group factors including geology, landuse, slope and aspect and the second group factors including land distance from fault, river, road and rainfall are weighed as 0.6 and 0.4, respectively.

Keywords: Locating, Landslide, Zoning, Spatial Multi-Criteria Evaluation.

1- Assistant Professor, Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran. * *(Corresponding Author)*

2- MSc, Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

3- MSc, Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

4- PhD of Environmental Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Golestan, Iran.

5- MSc, Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

6- MSc, Arid Land and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

مقدمه

زمین‌لغزش نوعی حرکت توده‌ای است که در اثر عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی و یا هر دو این عوامل در مناطق شیب‌دار به وجود می‌آید و طی آن حجم زیادی از مواد تشکیل دهنده‌ی دامنه به سمت پایین جابه‌جا می‌شود. زمین‌لغزش‌ها هر ساله خسارات جانی و مالی فراوانی را در نقاط مختلف دنیا به بار می آورند. تلفات انسانی، تخریب اراضی کشاورزی، باغ‌ها، سازه‌های مهندسی و راه‌های ارتباطی و هدر رفت سریع خاک از آثار زمین‌لغزش‌ها به شمار می‌روند. با توجه به وسعت خسارات ذکر شده، می‌توان به صراحت بیان نمود که هزینه بررسی و مطالعه چنین پدیده ای برای شناخت و برنامه‌ریزی بهتر به منظور پیش‌گیری یا کاهش خسارات ناشی از آن به مراتب کم‌تر از خسارات آن است. بنابراین شناخت عوامل مؤثر در وقوع زمین-لغزش و تشخیص مناطق مختلف از نظر حساسیت به وقوع آن یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین اقدامات برای جلوگیری یا کاهش صدمات زمین‌لغزش به شمار می‌رود (۱). روش‌های متعددی در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش وجود دارد. بسیاری از این روش‌ها ابتکاری کیفی هستند و در آن‌ها متخصص بر پایه‌ی تجربه به هر یک از عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش امتیاز می‌دهد و سپس نقشه‌ی پهنه بندی بر اساس مجموع امتیازها به دست می‌آید (۲). قابلیت اعتماد به نقشه پهنه‌بندی تا حد زیادی به کیفیت داده‌های در دسترس، مقیاس مطالعه و انتخاب روشی مناسب بستگی دارد(۳). به عنوان مثال حائری و سمیعی(۴) در استان مازندران اقدام به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ نمودند و پنج عامل لیتولوژی، شیب، گسل، راه، رودخانه و میزان بارندگی به عنوان عوامل مؤثر در استعداد گسیختگی دامنه قرار داشت. هم‌چنین کورکی نژادو همکاران در سال۲۰۰۵ اقدام به پهنه بندی خطر زمین‌لغزش درحوضه سیاه رود بارگرگان با دو روش حائری - سمیعی و مورا وارسون نمودند. در این مطالعات، آن ها با بررسی لغزش‌های موجود از طریق مشاهدات زمینی به این نتیجه رسیدند که مدل حائری - سمیعی هم‌بستگی بیش‌تری را بین نقشه پهنه‌بندی محاسبه کرده و لغزش‌های موجود نشان داده شده برای منطقه مناسب‌تر است. درروش‌های آماری که می-تواند دو متغیره یا چندمتغیره باشد، نقشه‌ی پراکنش زمین-لغزش‌ها نقش اصلی را بازی می‌کند. در این روش‌ها وزن عوامل و طبقات مربوط به هر عامل بر اساس میزان وقوع زمین‌لغزش تعیین شده و میزان حساسیت به زمین‌لغزش نیز از مجموع وزن‌ها در هر یک از واحدهای کاری مشخص می‌گردد (۸، ۹ و ۱۰). هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر فیض‌نیا و همکاران (۱۳۷۹) با استفاده از روش آماری چندمتغیره، منطق شلمانرود واقع در استان گیلان را در مقیاس۱:۵۰۰۰۰ با استفاده از نرم‌افزار GIS پهنه‌بندی نمودند. لایه‌های به کار رفته شامل شیب، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی و بارندگی می‌باشد. صحت نقشه پهنه‌بندی تهیه شده، نقشه‌ی پراکنش زمین‌لغزش‌ها و هم‌چنین مدل تهیه شده در حوضه آب‌خیز مجاور منطقه و نقشه‌ی پهنه‌بندی و کنترل آن با نقشه‌ی پراکنش زمین‌لغزش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن رضایت بخش بود. اونق(۲۰۰۵) پتانسیل خطر زمین‌لغزش آب‌خیز زیارت را با دو مدل وزنی پارامتری استاتیک و دینامیک پهنه‌بندی نمود و میزان انطباق دو نقشه‌ی خطر را از طریق شاخص کاپا محاسبه و با نقشه‌ی تراکم زمین-لغزش مقایسه کرد. وی دریافت که مدل استاتیک برای آب‌خیز مورد نظر مناسب‌تر است. برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش AHP، عظیم‌پور و همکاران (۱۳۸۸) اقدام به ارزیابی نتایج مدل حوضه آب‌خیز اهرچای نمودند. نتایج به دست آمده از پژوهش نشان داد که عامل زمین‌شناسی بیش‌ترین و عامل انسانی کم‌ترین نقش را در ایجاد لغزش در این منطقه دارند . احمدی و همکاران (۲۰۰۳) پهنه‌بندی حرکت‌های توده‌های حوضه آب‌خیز گرمی‌چای را با دو روش رگرسیون چندمتغیره و تحلیل سلسله مراتبی انجام دادند و نتیجه گرفتند که روش تحلیل سلسله مراتبی به دلیل داشتن متغیرهای بیش‌تر و کلاسه‌بندی اصولی‌تر نسبت به روش رگرسیون چندمتغیره از دقت بیش‌تری برخوردار است. شادفر و همکاران(۱۳۸۶) با مطالعه حوضه آب‌خیز چالکرود تنکابن بیان داشتند که روش تحلیل سلسله مراتبی به دلیل استوار بودن بر مبنای مقایسه

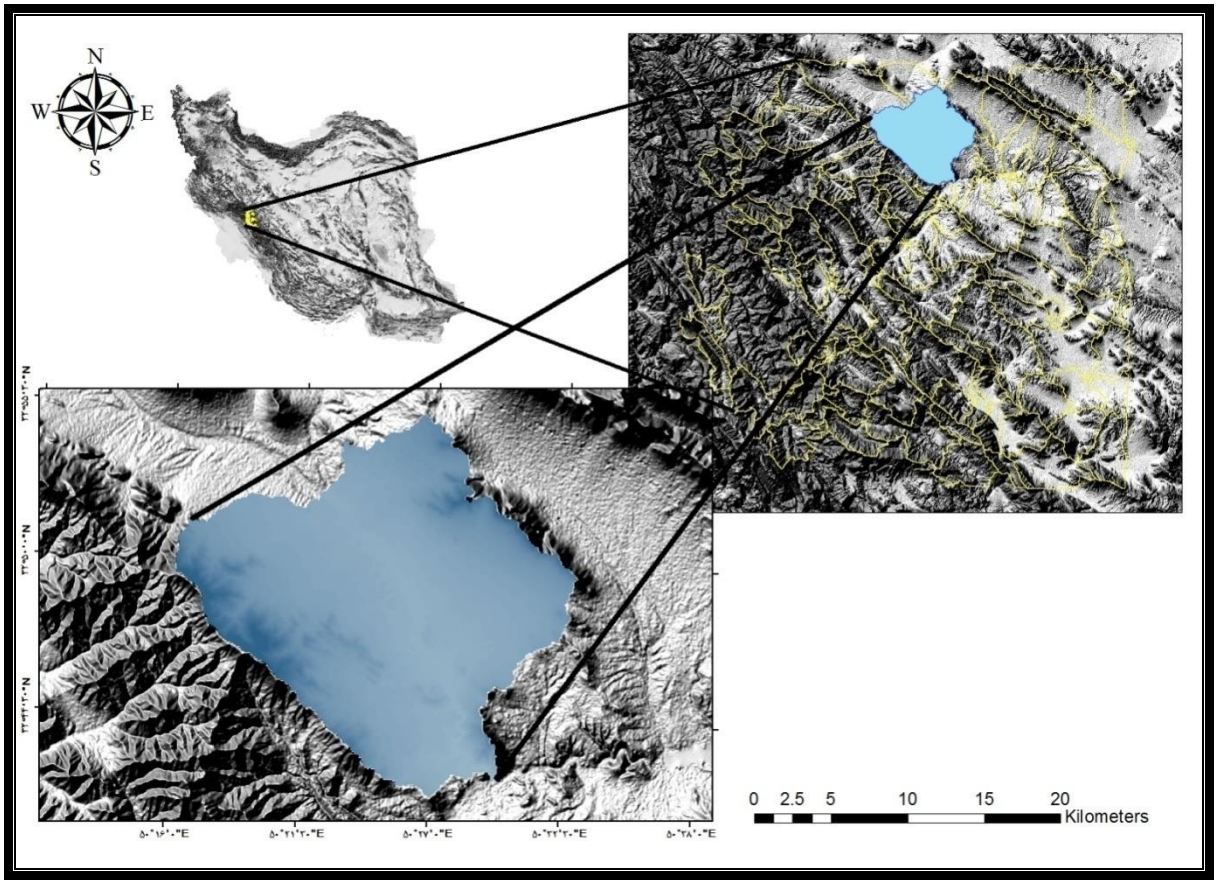
زوجی موجب سهولت و دقت در انجام محاسبات و ارایه نتایج مطلوب و به دلیل دخالت دادن تعداد زیادی از عوامل در مقایسه با سایر روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش مناسب‌ترخواهد بود. در مطالعه‌ای دیگر مددی و همکاران در سال ۱۳۹۱ با ارزیابی خطر زمین‌لغزش و پهنه‌بندی آن با استفاده از مدل LIM و روش GIS در حوضه آب‌خیز گیوی چای نشان دادند که مناطقی با بارش ۳۷۵-۴۰۵ میلی متر در سال بیش‌ترین تاثیر را در وقوع زمین لغزش خواهند داشت. در سال‌های اخیر از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و ارزیابی چندمعیاره مکانی (SMCE[1]) در حل مسایل مختلف به منظور کمک به مدیران و تصمیم‌گیران استفاده فراوانی شده است. ارزیابی چندمعیاره‌ی مکانی روشی مفید برای شناسایی و مقایسه راه‌حل‌ها برای مکان‌یابی بر اساس ترکیب عوامل چندگانه است که می‌تواند در حداقل زمان به وسیله لایه‌های اطلاعاتی نشان داده شود. این روش بیان‌گر قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مدیریت و پردازش اطلاعات مکانی، انعطاف‌پذیری ارزیابی چندمعیاره مکانی برای ترکیب اطلاعات مکانی (مانند نوع خاک، شیب و ...) با اطلاعات کارشناسی بر اساس وزن‌دهی متغیرهای مختلف می‌باشد. ارزیابی چندمعیاره مکانی روشی است برای تشخیص و ارایه راه‌حل‌های قیاسی که در مسایل مکانی بر پایه ترکیب عوامل چندگانه ایجاد شده و در نهایت به وسیله نقشه نشان داده می‌شود (۱۵).

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی کارایی مدل ارزیابی چند معیاره‌ی مکانی در شناسایی مناطق حساس و دارای پتانسیل خطر بالای زمین‌لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه است تا با ارایه راه حل بتوان از خسارات ناشی از آن پیش‌گیری نمود.

مواد و روش‌ها

شهرستان فریدن در قلب کوه‌های زاگرس در غرب استان اصفهان واقع است که از شمال به شهرستان خوانسار، از غرب به استان لرستان و از جنوب غربی به شهرستان فریدون‌شهر منتهی می‌شود. هم‌چنین در جنوب این شهرستان، استان چهار محال بختیاری و در شرق آن شهرستان تیران واقع شده است. شروع ریزش برف از ابتدای آبان در کوه‌های بلند شهرستان شروع می‌شود. به طوری که در آبان ماه قله بلند شهرستان(دالانکوه) که به دماوند اصفهان معروف است، سفید پوش شده و سرمای پاییزی منطقه شروع می‌شود و این سرما تا اوایل اردیبهشت ادامه دارد. شهرستان فریدن جزو یکی از قدیمی‌ترین نواحی ایران می‌باشد. محدوده‌ی مورد بررسی مطالعه حاضر، حوضه‌ی آب‌خیز مشرف به شهرستان فریدن است که در جنوب غربی استان واقع گردیده است. متوسط بارندگی حوضه ۳۷۰ میلی‌متر و ارتفاع متوسط آن ۲۵۰۸ متر از سطح دریا می‌باشد. هم‌چنین مساحت حوضه‌ی مورد بررسی ۳۶۲ کیلومتر مربع و محیط آن ۱۲۱ کیلومتر است. از نظر جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ۵۰ درجه ۱۶ دقیقه و ۰۸ ثانیه تا ۵۰ درجه ۳۳ دقیقه و ۰۲ ثانیه‌ی طول شرقی و ۳۲ درجه ۵۵ دقیقه و ۱۷ ثانیه تا ۳۲ درجه ۴۱ دقیقه و ۴۸ ثانیه ی عرض شمالی واقع گردیده است(شکل ۱).

1- Spatial Multi-Criteria Evaluation



شکل ۱- موقعیت حوضه‌ی آب‌خیز مورد مطالعه

Figure 1- The location of study watershed

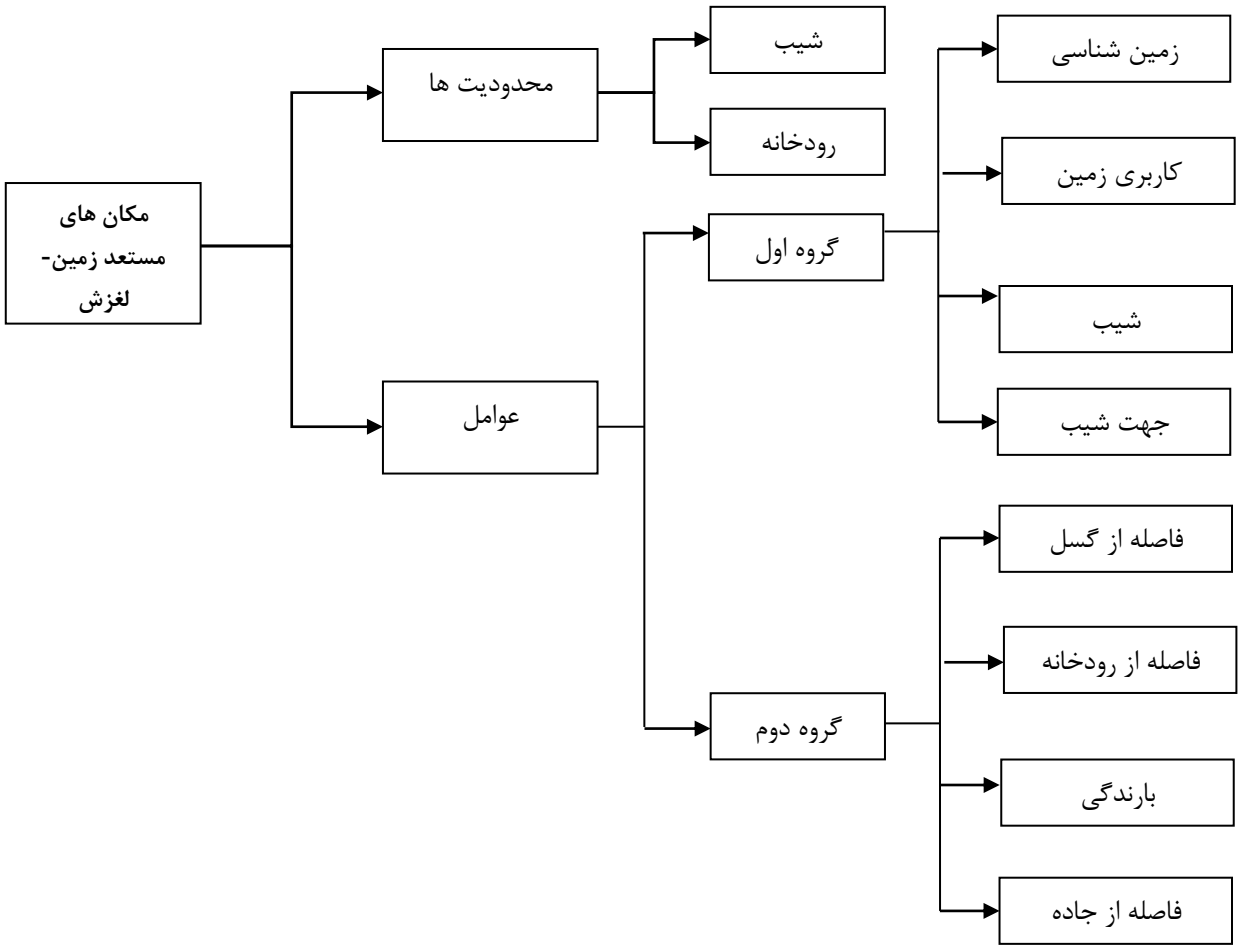
روش تحقیق

درانجام تحقیق اخیر، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی، اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های موجود در منطقه، نرم-افزار ArcGIS و نرم‌افزار ILWIS[1] جهت تجزیه و تحلیل و تولید لایه‌های اطلاعاتی استفاده شده است.

با توجه به متعدد بودن معیارهای مورد استفاده در مطالعه‌ی خطر زمین‌لغزش جهت پهنه‌بندی حوضه، از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP[2] که بر پایه مقایسه زوجی عوامل موثر استوار است، استفاده گردید(۱۷). برای پهنه‌بندی، بر اساس نقش هر یک از عوامل به آن‌ها وزنی اختصاص یافت. در نهایت از این اوزان ضرایبی به دست آمده و بر اساس آن مدل نهایی تهیه شد.

برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از مدل تحلیل چند معیاره‌ی مکانی استفاده شده و شکل درخت واره‌ی عوامل مکانی برای حوضه‌ی آب‌خیز فریدن بر اساس هدف اصلی طرح که پهنه-بندی خطر زمین‌لغزش بود طراحی گردید (شکل ۲). باتوجه به این که نقشه‌های ورودی می‌توانند محتوا و خصوصیات مختلفی داشته باشند و ممکن است برخی حاوی خصوصیات توصیفی مانند دوری و نزدیکی و برخی دیگر اعدادی مانند صفر، ۱ یا ۱۰ و... را دربرگیرند، لازم است نقشه ها ابتدا استاندارد شوند. بنابراین تمامی خصوصیات نقشه‌ها استانداردسازی شده و مقادیر صفر و یک را به خود اختصاص می‌دهند. برای استاندارد کردن نقشه‌های ورودی، از یکی از روش‌های استانداردسازی نرم‌افزار مانند روش مقداری، روش بولین استفاده گردید. در این روش، فرآیند استانداردسازی به وسیله تابع خطی با استفاده از مقادیر حداقل و حداکثر صورت می‌گیرد.

1- Integration Land and Water Information System
2- Analytical Hierarchy Process



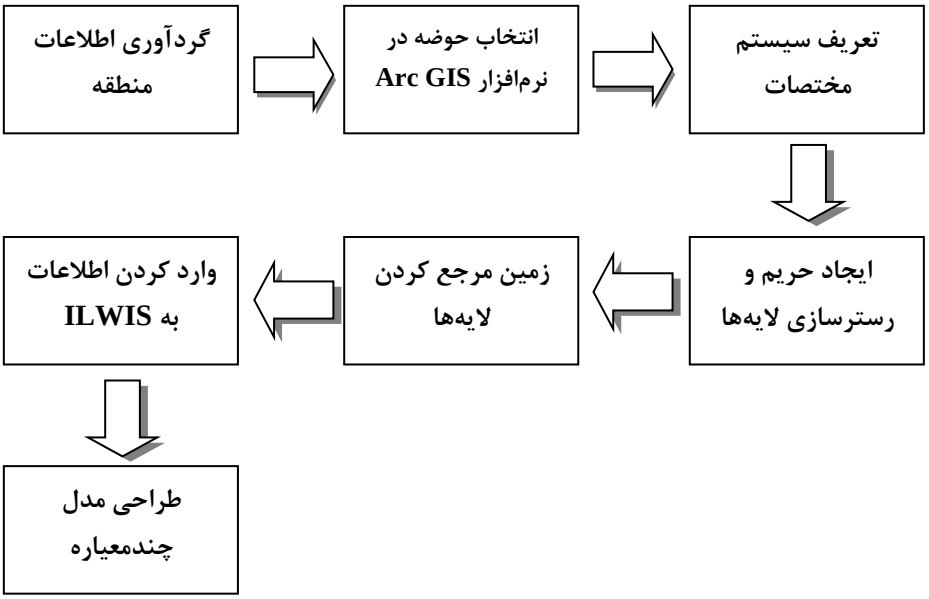
شکل ۲- درخت‌واره‌ی تحلیل چندمعیاره‌ی مکانی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

Figure 2- Tree diagram of spatial multi-criteria analysis in landslide hazard zoning

مقادیر بین حداقل و حداکثر مقادیر بین صفر و یک را در بر می‌گیرند. به عنوان مثال برای استانداردسازی نقشه گسل از روش مقداری، متد هدف استفاده گردید، به طوری که هرچه فاصله از گسل بیش‌تر شود، عدد در نظر گرفته شده به صفر نزدیک‌تر خواهد بود.

به طور خلاصه مراحل روش کار در این پژوهش به شرح زیر است(شکل ۳):

- گردآوری اطلاعات منطقه در قالب نقشه‌ها و جدول-های اطلاعاتی مورد نیاز و آماده‌سازی آن‌ها در فرآیندهایی نظیر ایجاد حریم در اطراف عوامل مکانی و رستری کردن تمامی داده‌ها برای ورود به نرم افزار ILWIS
- طراحی مدل چند معیاره مکانی به شکل درخت‌واره-ی معیارها در محیط SMCE نرم افزار ILWIS
- استانداردسازی عوامل در محیط SMCE نرم افزار ILWIS و نیز وزن‌دهی عوامل و معیارها در محیط نرم‌افزار
- تلفیق اطلاعات آماده شده و تولید نقشه شاخص ترکیبی



شکل ۳- مراحل انجام مطالعه

Figure 3- Study process

همان‌طور که قبلا ذکر آن رفت، استفاده از لایه‌های اطلاعاتی مناسب، در پهنه بندی خطر زمین‌لغزش اهمیت زیادی دارد. به این منظور، در منطقه مطالعاتی با توجه به بررسی‌های میدانی و مطالعات کتاب‌خانه‌ای، عوامل مکانی اصلی و عوامل محدودیت دخیل در وقوع زمین‌لغزش شناسایی گردید. این عوامل شامل جهت دامنه، شیب منطقه، نوع کاربری اراضی، واحدهای زمین-شناسی، بارندگی و فاصله از گسل، جاده و رودخانه می‌باشند. از سوی دیگر برای افزایش دقت نقشه ی خروجی، عوامل محدودکننده حوضه شامل شیب‌های کم‌تر از ۱۵ درصد و بستر رودخانه تا حریم ۱۰ متری که زمین‌لغزش در آن مشاهده نشده به عنوان محدودیت در برنامه اعمال گردید. آن‌گاه از مدل تحلیل چندمعیاره مکانی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده شد و شکل درخت‌واره عوامل مکانی برای حوضه‌ی آب-خیز فریدن بر اساس هدف اصلی طرح که پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش بود طراحی گردید. سپس همه‌ی نقشه‌های تهیه شده به صورت خطی، نقطه‌ای و چند ضلعی پس از رستری شدن در مدل طراحی شده اعمال گردید.

در این سامانه تمام خصوصیات نقشه‌ها به مقادیر بین صفر و یک استاندارد می‌گردند. در این راستا، منطق بولین برای استانداردسازی محدودیت‌ها و منطق فازی برای استانداردسازی عوامل مورد استفاده قرار گرفت. در منطق فازی مقدار حداقل عدد صفر و مقدار حداکثر عدد یک را به خود اختصاص می-دهند.

پس از استانداردسازی همه عوامل، عمل وزن‌دهی گروه‌ها صورت پذیرفت. درجدول (۱) ترتیب عملیات مدل درختی به نمایش درآمده است. بدین ترتیب پس از تکمیل مدل درختی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره مکانی مشخص گردید.

جدول ۱- جدول استاندارد سازی عوامل و محدودیت هاو جدول وزن دهی معیارها

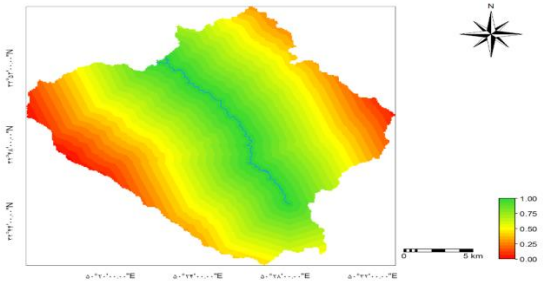
Table 1- The table of factors and limitations standardization and criteria weighting

منبع	تابع	نقشه					استاندارد
نظرات کارشناسان	بولین: Inside[0,15] شیب‌های بین ۰ تا ۱۵ درصد ارزش۱ و بقیه ارزش صفر	شیب					محدودیت
	بولین: Inside[10,20000] فاصله های۱۰تا ۲۰۰۰۰متر ارزش۱ و بقیه ارزش صفر	رودخانه					
	U-shape+ (0,100) استادندارد (شیب زیاد ارزش بیش‌تر می‌گیرد)	**وزن**	**وزن**	**معیار**	**وزن**	**گروه**	عوامل
		۰/۲۹	مقایسه زوجی (AHP)	شیب	۰/۶۰ رتبه (Direct)	**گروه۱**	
	رتبه ای (سنگ های سخت‌تر اهمیت کم‌تر و بلعکس)	۰/۲۹		زمین شناسی			
	رتبه ای (جهت های رو به شمال نسبت به جهت های جنوبی اهمیت بیش‌تر)	۰/۲۶		جهت شیب			
	رتبه ای (سنگ های سخت تر اهمیت کم‌تر و بلعکس)	۰/۱۶		کاربری زمین			
	فازی:Geo(2280,3380)	۰/۳۳	رتبه (Direct)	بارندگی	۰/۴۰ رتبه (Direct)	**گروه۲**	
	فازی:Interval	۰/۲۶		فاصله از روخانه			
	فازی:Maximum	۰/۲۶		فاصله از جاده			
	فازی:Maximum	۰/۱۵		فاصله از گسل			

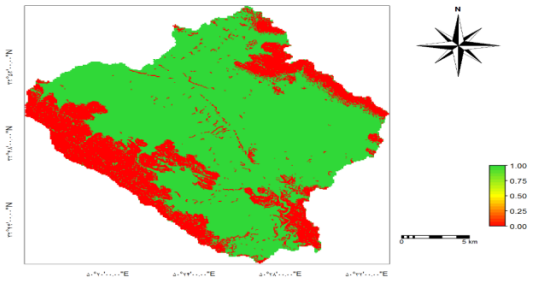
نتایج

برای تجزیه و تحلیل عوامل تاثیرگذار بر پدیده‌ی زمین‌لغزش و تعیین پتانسیل نقاط مختلف پهنه تحقیق بر رخداد این پدیده در قالب پهنه‌بندی خطر آن با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، اقدام به تهیه لایه‌های اطلاعاتی مشتمل بر نقشه‌های لیتولوژی، شیب، خاک، بارش، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل و فاصله از جاده در محیط GIS شد. در این راستا از اطلاعات موجود و استخراج شده از مطالعاتی که قبلا در رابطه با تحقیق صورت گرفته بود و نقشه‌های پایه نظیر نقشه‌های توپوگرافی، زمین شناسی، ژئوموفولوژی و بارش و تصاویر Google Earth استفاده گردید (شکل ۴).

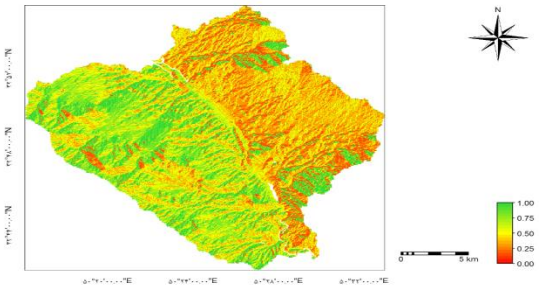
نقشه حریم رودخانه



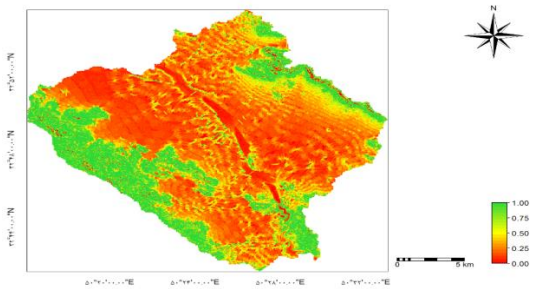
نقشه شیب



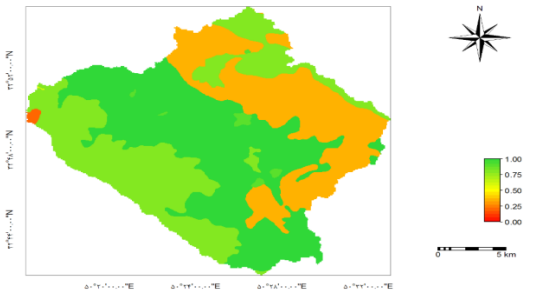
نقشه جهت



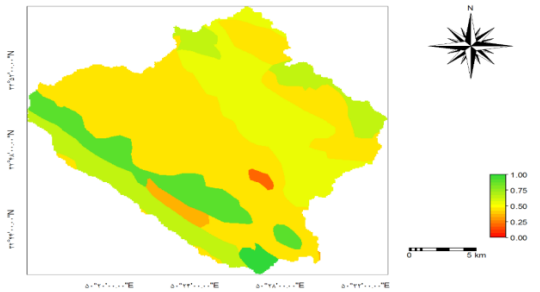
نقشه شیب



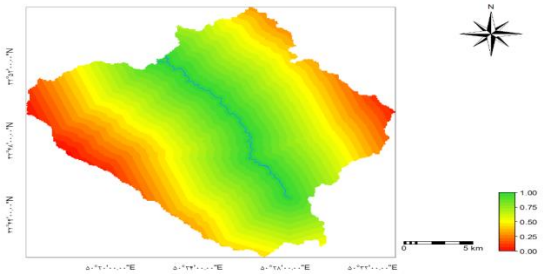
نقشه کاربری اراضی



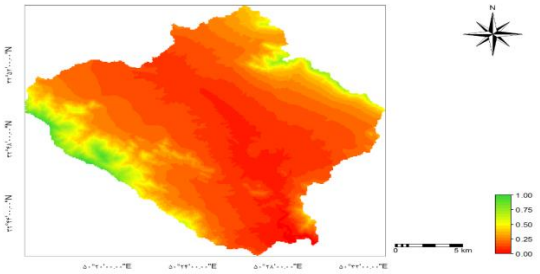
نقشه زمین شناسی



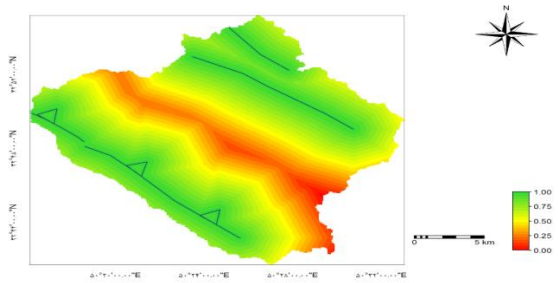
نقشه حریم رودخانه



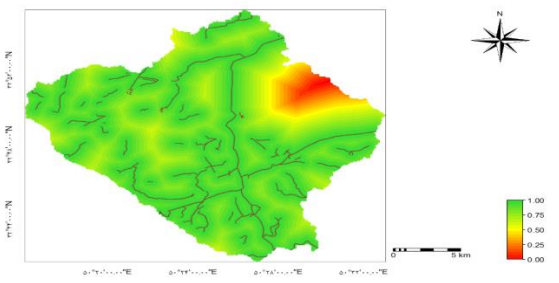
نقشه بارندگی



نقشه حریم گسل



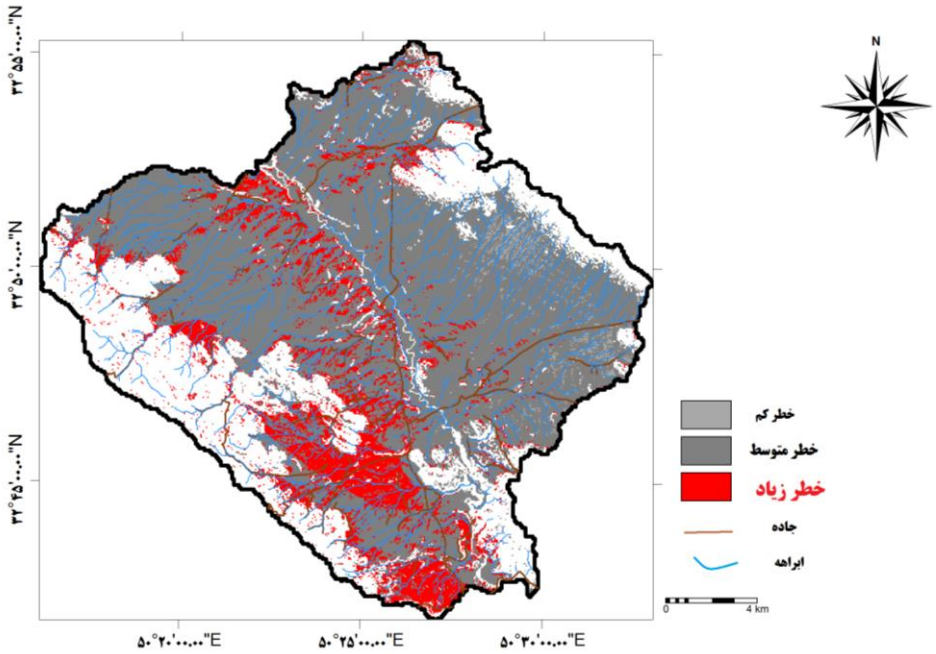
نقشه حریم جاده



شکل۴– نقشه عوامل و محدودیت‌های استفاده شده در مدل درختی

Figure 4- Factors and limitations map

با استفاده از مدل درختی طراحی شده در SMCE نقشه قابلیت لغزش برای منطقه با استفاده از تلفیق نقشه‌های محدودیت و عوامل و تولید نقشه شاخص ترکیبی با ارزش‌های فازی به‌دست آمد. نقشه ارزش‌های حساسیت به لغزش به سه طبقه خطر کم، خطر متوسط و خطر زیاد تقسیم گردید (شکل ۵).



شکل ۵– نقشه ی شاخص ترکیبی

Figure 5- Composite index map

برای تعیین وزن متغیرها از شاخص‌های مدل‌سازی قابلیت لغزش استفاده گردید و برای تهیه نقشه لغزش از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های آماری چندمعیاره استفاده شد. در نقشه نهایی به‌دست آمده مشاهده می‌شود که مناطق با خطر بالای لغزش در حاشیه جاده‌ها و رودخانه قرار دارندکه می‌توان با ارایه راه‌حل‌ها، روش‌های کنترل و مدیریت مناسب از خسارات ناشی از وقوع آن پیش‌گیری نمود.

بحث و نتیجه‌گیری

وقوع پدیده زمین‌لغزش یکی از معضلات عمده‌ای است که بسیاری از مناطق کشور از جمله مناطق غربی استان اصفهان با آن رو به‌رو است. بنابراین یک استراتژی منطقه‌ای برای حفاظت از منابع انسانی و طبیعی و کاهش خسارات ناشی از وقوع آن جهت نیل به اهداف توسعه پایدار بسیار مهم و ضروری به نظر رسیده و نیز ارایه‌ی مدلی مناسب و تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش می‌تواند در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط منطقه مطالعاتی کمک شایانی به مراکز ذی‌صلاح نماید. روش ارزیابی چند معیاره‌ی مکانی پتانسیل زیادی را به منظور کاهش هزینه و زمان و افزایش دقت تصمیم‌گیری مکانی در زمینه‌ی شناسایی مناطق حساس به زمین لغزش دارا می‌باشد و چارچوب مناسبی را در اختیار مدیران برای سیاست‌گذاری‌های توسعه اراضی قرار می‌دهد تا از تغییر کاربری اراضی در مناطق پرخطر جلوگیری نماید و با انجام اقدامات اصلاحی در مناطق پرخطر از بروز خسارات جانی و مالی پیش‌گیری کنند.

تهیه نقشه‌ی پهنه بندی خطر زمین‌لغزش حوضه آب‌خیز فریدن با این روش و تطبیق آن با زمین‌لغزش‌های به وقوع پیوسته در این منطقه نشان داد که این روش به خوبی توانسته مناطق حساس به زمین‌لغزش را شناسایی کند. نتایج نشان می‌دهد که عوامل بارندگی، زمین‌شناسی و شیب در وقوع زمین‌لغزش بالاترین تاثیر را داشته و باید با تاکید بیش‌تری جهت برنامه-ریزی و سیاست‌گذاری‌های توسعه درحوضه مورد مطالعه مد نظر قرارگیرند. هم‌چنین همان‌طور که ذکر آن رفت، مناطق حساس به زمین لغزش در حاشیه رودخانه ها و نیز جاده ها و مناطق مسکونی قرار دارد. به عبارتی می توان به این نکته دست یافت که افزایش میزان توسعه و ایجاد جاده ها خطر افزایش وقوع زمین لغزش را به دنبال خواهد داشت.

از طرفی برای وقوع زمین لغزش باید میزان باران به اندازه ای باشد که بتواند در خاک نفوذ کرده و باعث افزایش وزن توده خاک در روی دامنه گردد. به علاوه یکی دیگر از عوامل موثر در ایجاد زمین لغزش شیب زیاد بوده که سبب تسریع در وقوع این پدیده می گردد. همان‌طور که از نتایج مدل‌سازی در کالیفرنیای جنوبی توسط بیقلی و هی در سال ۲۰۰۸ مشخص شد، شیب زمین از مهم‌ترین متغیرهای موثر بر لغزش است. از طرف دیگر تحدب شیب نیز به عنوان عامل مهمی در محاسبات دخالت دارد. هم‌چنین در مقایسه با تحقیق مشابهی که در استان یزد با روش ذکر شده انجام گرفته است می‌توان کارآمدی آن را برای مقابله و آمادگی در برابر خطرات زمین لغزش نیز یادآور شد که در مطالعه مذکور نیز عوامل و محدودیت‌های مکانی مرتبط با مناطق یزد در حوضه منشاد میانکوه در رابطه با زمین‌لغزش بررسی شده و نقشه پتانسیل زمین لغزش پیشنهاد گردیده است (۲۱). از طرفی با توجه به نتیجه پژوهش دیگری مبنی بر این-که از این مطالعات می‌توان در تهیه پایگاه داده‌های ملی زمین لغزش در سطوح مختلف مدیریتی استفاده نمود پیشنهاد می-شود سیستمی جامع بر پایه روش ارایه شده ،با تغییراتی در آن (مثلا عامل بارش در شمال ایران با اهمیت بالایی اضافه شود و...) بسته به شرایط سایر حوضه‌های ایران طراحی گردد تا مدیریت بحران با سرعت و دقت انجام شود (۲۲ و ۲۳).

Reference

1. Hassanzadeh Nafuti, M., 2000. Landslide risk zoning in Shalmanroud watershed (Guilan province). master of degree thesis in watershed field, Tehran university (In Persian).
2. Shariat Jafari, M., 1996. Landslide, basics and principles of natural slope stability. Sazeh publication, p. 218 (In Persian).
3. Nielsen, T.H., Wrigth, R.H., Vlasic, T.C., Spangle, W.E., 1979. Relative slope stability and land-use planning in the San Francisco Bay region, California. US Geological Survey Professional, P. 944.
4. Haeri, S.M., Samiei, A.H., 1997. The slope of the new zones based on the risk of landslides zonation studies in

Mazandaran Province, J. Earth Sci, 6(23), pp. 2-16.

5. Nezhad Koorki, M., Ownegh, M., Sepehri, A.S., 2005. Landslide hazardous zoning in Golestan watershed Rudbar black, J. Agric. Sci. Nature. Resource, 12(3), pp. 91-99.
6. Gupta, RP., Joshi, BC., 1989. Landslide hazard zoning using the GIS approach – a case study from the Ramganga catchment, Himalayas, Engineering Geology, 28, pp. 119–131.
7. Magliulo, P., Di Lisio, A., Russo, F., Zelano, A., 2008. Geomorphology and landslide susceptibility assessment using GIS and bivariate statistics: a case study in southern Italy. Springer Science. Natural Hazards.
8. Hassanzadeh Nafuti, M., 2010. Multiple models for landslide hazardous zoning, Proceedings of Indian Geotechnical Conference, 16-18 December.
9. Foster, G. R. 2003., USER'S REFERENCE GUIDE. Revised Universal Soil Loss Equation Version 2, (RUSLE2).
10. Aleotti ,P., Chowdhury ,R., 1999. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 58, pp. 21– 44.
11. Feiznia, S., 2000. Landslide hazardous zoning, Journal of Iran's natural resources, pp. 207- 219.
12. Ownegh, M. 2005. Landslide hazard zonation and damage watershed pilgrimage Gorgan, research projects, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
13. Azimpour, A., Sadough, H., Dalal oghli, A., Servati, M.R., 2009. Evaluation of AHP model results in landslide hazard zoning (Case study: Aharchai watershed), Geographic space journal, 26, pp. 71-87 (In Persian).
14. Shadfar, S., Yamani, M., Ghodousi, J., Ghayoumian, J., 2007. Landslide hazardous zoning using hierarchical analysis method (Case study: Chalkarud Tonekabon Water Basin), Journal of Research and Development in Natural Resources, 75, pp. 118- 126 (In Persian).
15. Malczewski, J., 2006. GIS-based multi-criteria decision analysis: a survey of the literature. I. J. Geographic Information Sci. 20(7), pp. 703-726.
16. Guzzetti ,F., Carrarra, A., Cardinali, M., Reichenbach, P., 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy, Geomorphology, 31, pp. 181–216.
17. Ghodsipour, H., 2010. Analytical hierarchy process, Amirkabir university publication, seventh edition (In Persian).
18. Jamali, A.A., Ashouri, P., Zarekia, S., 2010. Determining and prioritizing of flood spreading suitable sites for qanats, wells and springs recharging in arid region, pastures and desserts of Iran journal, 17 (1), pp. 106- 114 (In Persian).
19. Dai, F.C., Lee, C.F., Ngai, YY., 2002, Landslide risk assessment and management, an overview, Eng Geo, 64, pp. 65–87.
20. He, Y., Beighley, R.E., 2008, GIS-based regional landslide susceptibility

mapping: a case study in southern California, Earth Surf. Process, Landforms, 33, pp. 380 –393.

21. Jamali, A.A., Abdolkhani, A., 2009. Preparedness Against Landslide Disasters with Mapping of Landslide Potential by GIS- SMCE (Yazd-Iran), International Journal of Geo informatics, 5, No. 4, pp. 25-31.
22. Castellanos, E., Van Westen, C.J., 2005. Development of a system for landslide risk assessment for Cuba, Proceedings International Conference on Landslide Risk Management, May 31–June 3, 2005,Vancouver. Pp. 764.
23. Sharifi, M.A., Retsios, V., 2003. Site selection for waste disposal through spatial multiple criteria decision analysis, Proceedings of the 3rdInternational conference on decision support for telecommunications and information society DSTIS, 4-6 September, Warsaw, Poland, p. 15.