

ارزیابی روش رگرسیون لجستیک در بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه حاجیلر چای

لیلا خدائی*

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

شهرام روستائی

استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

سید اسدا... حجازی

دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۲

چکیده

ارزیابی پتانسیل وقوع زمین لغزش در منطقه‌ای که به دلیل وضعیت جغرافیایی و ساخت‌وسازهای انسانی مستعد لغزش است ضروری می‌نماید. در این مطالعه، جهت بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش، روش رگرسیون لجستیک مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت این مطالعه از تصویر OLI_TIRS، ۲۰۱۴ ماهواره لندست استفاده شد. فاکتورهای مؤثر وقوع زمین لغزش (شیب، جهت دامنه، لیتولوژی، کاربری زمین، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، طبقات ارتفاعی) در محیط GIS آماده و سپس با لایه پراکنش زمین لغزش‌ها قطع داده شده و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در روش فوق تولید شد. نتایج نشان داد که روش رگرسیون لجستیک عملکرد بهتری را در بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش‌ها در منطقه مورد مطالعه دارد همچنین تفسیر ضرایب نشان داد که، طبقات ارتفاعی، شیب و فاصله از گسل نقش مهمی در وقوع زمین لغزش دارند. و با استفاده از نقشه پیش‌بینی احتمال وقوع زمین لغزش، منطقه به پنج گروه حساسیت تقسیم شد: بسیار پایین، پایین، متوسط، بالا، بسیار بالا.

واژگان کلیدی: حاجیلر چای، رگرسیون لجستیک، ماهواره لندست، زمین لغزش.

مقدمه

زمین لغزش‌ها مانند سایر بلایای طبیعی، هر ساله خسارت‌های جانی و مالی فراوانی را در نقاط مختلف دنیا به بار می‌آورند کشور ما به دلیل داشتن شرایط خاص زمین‌شناسی، فیزیوگرافی و آب و هوایی، مستعد وقوع این پدیده است. چنانچه تاکنون

E-mail: KhodaeiLeila@yahoo.com

* نویسنده مسئول: ۰۹۳۷۹۵۲۸۱۷۶

۳۲۵۰ مورد زمین لغزش در استان‌های مختلف کشور به ثبت رسیده و تخمین زده می‌شود که تعداد آن‌ها بالغ بر دو برابر این رقم باشد. علاوه بر خسارت‌های ذکر شده، تخریب اراضی کشاورزی، باغ‌ها، سازه‌های مهندسی و راه‌های ارتباطی و هدر رفت سریع خاک، از دیگر آثار زمین لغزش‌ها به شمار می‌روند. افزون بر این، رشد سریع جمعیت در دهه‌های اخیر، گسترش شهرها به سوی نواحی کوهستانی و پرشیب‌تر و دخالت هر چه بیشتر بشر در طبیعت، سبب شده است که این دو عامل به صورت نگران کننده‌ای، سبب افزایش بی‌شمار رخداد زمین لغزش‌ها و بالا رفتن میزان خسارت‌ها و تلفات این پدیده در سال‌های اخیر شوند. باوجود افزایش دانش بشری در مورد سازوکار رخداد زمین لغزش‌ها و عوامل کنترل کننده آن‌ها که در سایه تلاش بسیاری از پژوهشگران و علاقه‌مندان در کشورهای مختلف حاصل شده است، پیش‌بینی می‌شود که در آینده به علت ادامه فزاینده تغییرات انسان در طبیعت و استفاده از نواحی کوهستانی و مستعد لغزش، رخداد زمین لغزش‌ها و خسارت‌ها حاصل از آن‌ها ابعاد گسترده‌تری پیدا کند (محمودی، ۱۳۸۰). در ایران، با توجه به ناهموازی شدید مناطق کوهستانی، فعالیت زمین ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط گوناگون زمین‌شناسی و اقلیمی، شرایط طبیعی برای ایجاد طیف گسترده‌ای از زمین لغزش‌ها فراهم است و سالیانه خسارات جانی و مالی فراوانی به کشور وارد می‌شود. در این مطالعه، حوضه آبریز حاجیلر چای، واقع در شهرستان ورزقان به صورت موردی انتخاب شده است با توجه به کوهستانی بودن منطقه، و برنامه‌ریزی جهت ساخت سد حاجیلر چای شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش اساسی است زیرا در صورت عدم توجه به این مسئله و اقدام به ساخت سد در محل نامناسب و نهایتاً آب‌گیری سد، باعث افزایش فشار آب منفذی بر پنجه زمین لغزش قدیمی موجود در منطقه و کاهش مقاومت برشی مواد انباشته در پنجه خواهد شد، که به طبع آن وقوع زمین لغزش‌های جدید را بر روی زمین لغزش قدیمی در منطقه سبب خواهد شد. بنابراین هدفی که از این پژوهش دنبال می‌شود این است که، مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در منطقه و عوامل مؤثر در آن شناخته شود تا به این وسیله از اثرات زیان‌بار آن در عرصه‌های منابع طبیعی و سایر بخش‌های توسعه عمرانی و اقتصادی جلوگیری کرده و نقاط با پتانسیل بالای خطر شناسایی و پهنه‌بندی شود. بنابراین هدف اصلی این پژوهش، تعیین مناطق مستعد زمین لغزش در محدوده حوضه آبریز حاجیلر چای با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

پیشینه پژوهش

طی سال‌های متمادی مطالعات زیادی در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. (سارولی^۱: ۲۰۰۱)، با استفاده از روش رگرسیون خطی^۲ به پهنه‌بندی زمین لغزش در کشور کره پرداخته است. که نتایج نشان

1. Sarolee

2. Liner Regression Modeling

داد که این روش نتایج نسبتاً مناسبی دارد. (چاو^۱ و همکاران ۲۰۰۳) به تحلیل خطر زمین لغزش در شهر هنگ کنگ با استفاده از GIS و زمین لغزش‌های صورت گرفته پرداختند نتایج نشان می‌داد تلفات و مضراتی که زمین لغزش‌ها سبب شدند، با تجمع بارندگی در هنگ کنگ افزایش یافته و همبستگی شدیدی مابین داده‌های بارندگی و نتایج زمین لغزش‌ها نشان داده شد و نهایتاً نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را برای شهر مذکور با استفاده از داده‌های تاریخی تهیه کردند. و به‌طور بالقوه، GIS را برای خطر زمین لغزش و نقشه‌های خطر جهت انجام محاسبه‌های رستری مورد استفاده قرار دادند (آیالو و همکاران: ۲۰۰۵)، از دو روش سلسله مراتبی و رگرسیون لجستیک برای تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در جزیره سادو^۲ در ژاپن استفاده کردند و با مقایسه این دو روش برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به این نتیجه رسیدند که مدل AHP^۳ نسبت به مدل رگرسیون لجستیک از دقت بالاتری برخوردار است. در داخل کشور نیز مطالعات زیادی در این زمینه انجام گرفته است از جمله: (فتاحی اردکانی: ۲۰۰۲) به ارزیابی کارایی تعدادی از روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، در حوزه آبخیز سد لتیان پرداختند نتایج نشان داد که روش‌های وزن متغیرها و ارزش اطلاعاتی با دقت‌هایی در حدود ۹۹/۷ و ۹۹/۴ درصد از میان مدل‌های انتخاب‌شده، برای استفاده در مناطق مشابه حوزه آبخیز سد لتیان در البرز مرکزی کاراترین روش‌ها هستند. (روستایی: ۲۰۰۴) به بررسی دینامیک لغزش‌های زمین و علل وقوع آن‌ها با استفاده از روش‌های مورفومتری در حوضه اهر چای پرداخته است. حدود پنجاه مورد لغزش اتفاق افتاده در حوضه اهر چای با استفاده از روش‌های مورفومتری تحلیل مورفولوژیکی شده است و در نهایت به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه مذکور با استفاده از مدل آن‌بالاگان اقدام نموده است. (سرتیپی و همکاران: ۲۰۱۱) به بررسی زمین لغزش‌های وقوع یافته در ساخت گاه سد قلعه چای عجب‌شیر، بر پایه داده‌های زمین‌شناسی پرداختند که بدین منظور شناسایی دقیق سنگ‌ها و رفتار آن‌ها، ناپیوستگی‌ها و ساختارهای خطی منطقه، خواص مصالح سنگی و خاکی منطقه و پدیده‌ها و مخاطرات زمین‌شناسی منطقه را با استفاده از مطالعات ژئو رادار مورد توجه قرار دادند.

منطقه مورد مطالعه

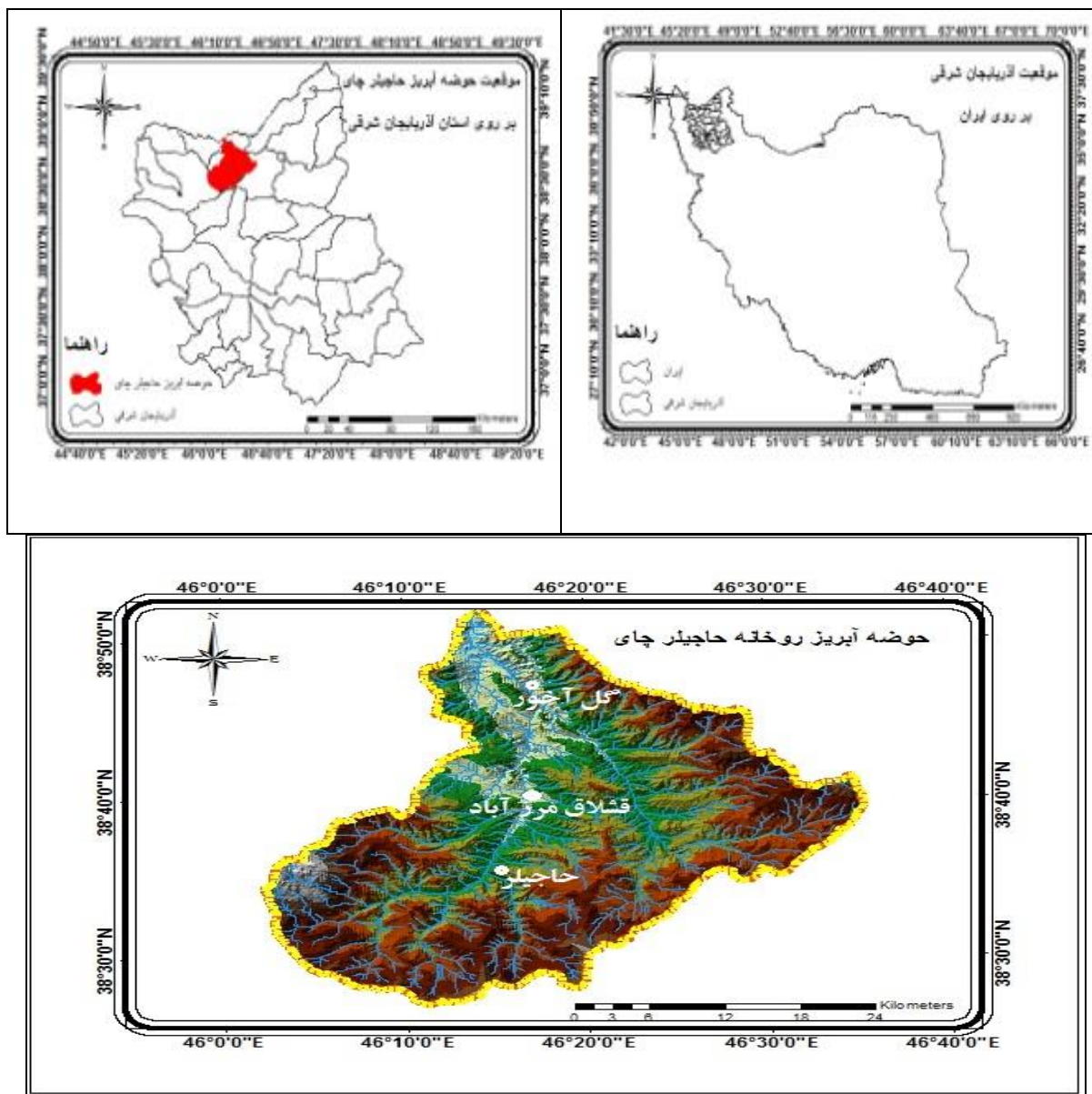
منطقه مورد مطالعه، محدوده حوضه آبریز حاجیلر چای، یکی از سه رودخانه اصلی شهرستان ورزقان است که از کوه‌های اریل سرچشمه گرفته و پس از زهکشی محیط پیرامون خود، به رودخانه ارس می‌ریزد. طول این رودخانه ۵۰ کیلومتر با میزان آبدهی ۱۰۰ مترمکعب در ثانیه می‌باشد این رودخانه جزء رودخانه‌های داخلی با رژیم آبی فصلی است. این حوضه آبریز منطبق بر مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۵۸

1. Chau

2. Sado

3. Analytical Hierarchy process

دقیقه طول شرقی به مساحت ۱۱۲۹ کیلومتر مربع و محیط ۱۸۹ کیلومتر قرار گرفته است. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

داده-ها و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده:

- * نقشه‌های توپوگرافی رقومی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰
- * نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰
- * تهیه نقشه‌های پایه و موضوعی مانند (شیب و جهت شیب، پوشش گیاهی، فاصله از گسل و ... سایر نقشه‌ها برحسب نیاز)؛
- * تصویر ماهواره‌ای لندست ۲۰۱۱ سنجنده TM^۱؛
- * DEM^۲ منطقه مورد مطالعه ۳۰ * ۳۰ متری.

روش پژوهش

* **مدل رگرسیون لجستیک^۳**: یکی از روش‌های آماری پیش‌بینی کننده برای متغیرهای وابسته‌ای است که حالت صفر و یک با وقوع و عدم وقوع (مانند زمین‌لغزش‌ها) دارند. در این روش رابطه رگرسیونی متغیرها خطی نبوده بلکه به صورت منحنی S شکل یا لجستیک است. در این مدل برآوردها و تخمین‌ها در دامنه‌ای از صفر تا یک قرار می‌گیرند که اعداد نزدیک به صفر نشان‌دهنده احتمال وقوع کمتر و اعداد نزدیک به یک نشان‌دهنده احتمال وقوع بیشتر هستند. در رگرسیون لجستیک متغیر وابسته با استفاده از رابطه (۱): (متولی: ۲۰۰۹) بیان می‌شود:

$$Y = \text{Logit}(p) = \ln(p/1-p) = C_0 + C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_n \quad \text{رابطه (۱)}$$

لوجیت: Logit یا لگاریتم شانس در واقع مقدار لگاریتم طبیعی احتمال است.

P: احتمال متغیر وابسته (y) است.

$p/1-p$: نسبت شانس یا احتمال.

C_0 : مقدار ثابت می‌باشد.

$(C_1, \dots, C_n)$: ضرایبی هستند که مشارکت عوامل مستقل $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ را برای متغیر y نشان می‌دهند

$(X_1, \dots, X_n)$: متغیر مستقل‌های مستقل هستند.

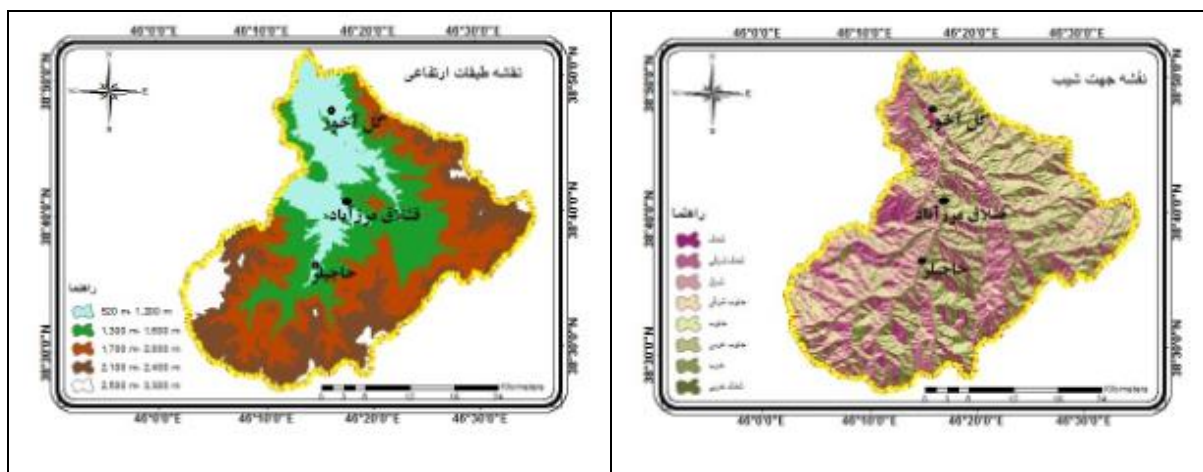
1. Thematic Mapper
2. Digital elevation Model
3. Logistic regression

برای انجام روش فوق، نرم‌افزار ادریسی^۱ مورد استفاده قرار گرفت در این مطالعه جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش در محدوده مورد مطالعه مراحل زیر به ترتیب انجام پذیرفته است.

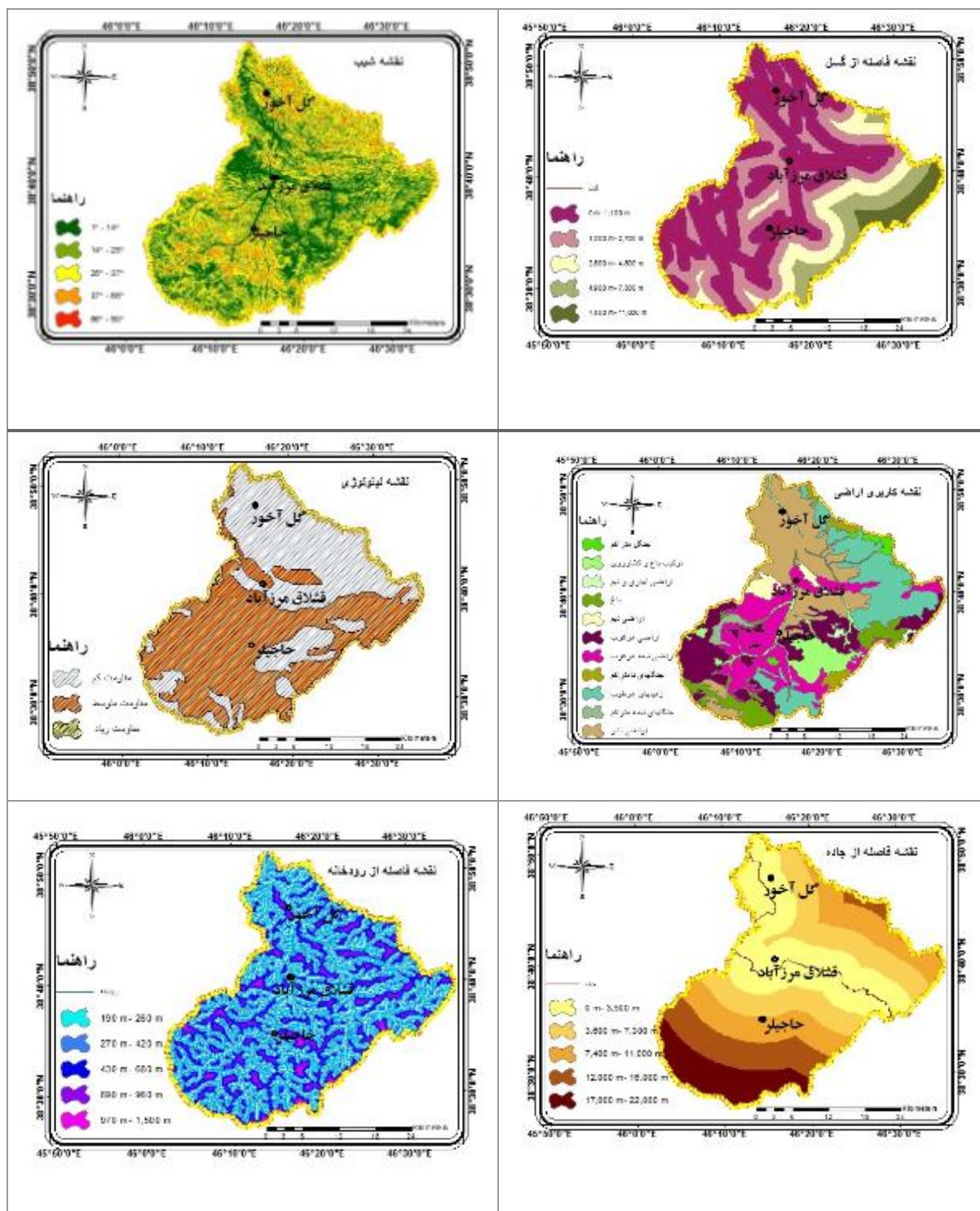
بررسی فاکتورهای مؤثر در زمین‌لغزش

جهت بررسی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش هشت فاکتور شیب، جهت دامنه، لیتولوژی، کاربری اراضی، طبقه‌های ارتفاعی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله به‌عنوان عوامل و فاکتورهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه تشخیص داده شدند. که مراحل تهیه آن‌ها به‌طور خلاصه عبارتند از:

تهیه نقشه عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه به‌صورت لایه‌های مختلف اطلاعاتی در محیط GIS و انتقال به نرم‌افزار ادریسی که شامل: ۱- تهیه لایه‌های رودخانه، گسل و جاده از طریق نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و ایجاد نقشه‌های فاصله از پارامترهای مورد نظر با استفاده از تابع Distance؛ ۲: ایجاد نقشه‌های شیب و جهت دامنه از DEM (مدل رقومی ارتفاعی)؛ ۳: تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه بر اساس طبقه‌بندی نظارت‌نشده تصویر ماهواره‌ای لندست سنجنده OLI_TIRS؛ ۴: تهیه نقشه لیتولوژی؛ ۵: تبدیل داده‌های پراکنش زمین‌لغزش منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و نیز گوگل ارس به پهنه‌های لغزشی؛ ۷: انطباق لایه‌های اطلاعاتی با نقشه سیاهه زمین‌لغزش منطقه و محاسبه تراکم آن‌ها در واحد سطح؛ ۸: انجام مدل رگرسیون لجستیک با استفاده از نرم‌افزار ادریسی. شکل (۲) نقشه فاکتورهای مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای را نشان می‌دهد.



1. Idrisi

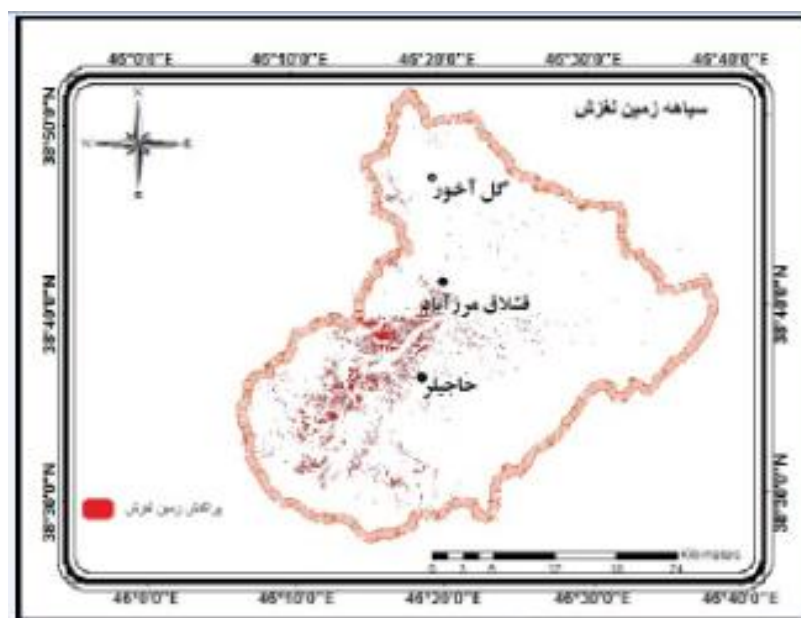


ماخذ: نگارندگان

شکل ۲: نقشه‌های فاکتورهای مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه

سیاهه زمین لغزش ها

در ناحیه مورد مطالعه نقشه سیاهه زمین لغزش ها به صورت پهنه لغزشی بر اساس تصویر ماهواره ای لندست سال ۲۰۱۴ تهیه شد، مساحت پیکسل های لغزشی منطقه حدود ۲۹۹۴ مترمربع می باشد که حدود ۲/۶۵ درصد مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است. شکل (۳) پراکنش زمین لغزش های منطقه را نشان می دهد.



ماخذ: نگارندگان

شکل ۳: پراکنش زمین لغزش ها

ارزیابی کارایی رگرسیون لجستیک و تحلیل شبکه با پراکنش زمین لغزش ها

در این مطالعه از درجه تناسب، جهت ارزیابی موفقیت مدل ها استفاده شده است. درجه تناسب: تحلیل های مبتنی بر سازگاری فضایی مابین نقشه حاصل شده از روش و زمین لغزش های رخ داده است. درجه تناسب عملکرد مدل را به وسیله ارزیابی خطای نسبی و موفقیت نسبی بیان می کند: خطای نسبی: "جمع ارزش کلاس های مستعد پایین و خیلی پایین"، و ارزیابی مقدار نسبی موفقیت: "جمع ارزش کلاس های استعداد بالا و خیلی بالا". کمترین خطای نسبی و بالاترین مقدار موفقیت نسبی، برترین مدل و بهترین نقشه از بین چهار مدل فوق را نشان می دهد.

یافته های پژوهش

در روش رگرسیون لجستیک پس از ورود داده ها به مدل آماری رگرسیون لجستیک، با استفاده از پارامترهای مؤثر در نرم افزار ادریسی، ضرایب مدل، مطابق جدول (۱) استخراج شد.

جدول ۱: ضرایب حاصل از مدل رگرسیون لجستیک

ضرایب	متغیرهای مستقل	
X_0	عدد ثابت	-۵/۲۰۴۹۰۶۳۵
X_1	فاصله از گسل	۰/۵۱۳۸۳۶۱۳
X_2	فاصله از رودخانه	۰/۴۳۳۱۳۷۵۴
X_3	فاصله از جاده	-۰/۰۰۹۴۷۰۰۱
X_4	کاربری اراضی	۰/۱۰۴۹۶۵۶۳
X_5	لیتولوژی	۰/۱۱۳۱۰۱۱۰
X_6	طبقه‌های ارتفاعی	۱/۶۵۲۰۱۲۵۱
X_7	شیب	۰/۷۰۶۵۹۱۴۳
X_8	جهت شیب	۰/۰۰۰۸۸۵۹۵۱

مأخذ: نگارندگان

آزمون کی دو^۱

آزمون کی دو، یک آزمودن معتبر و معمولی برای رگرسیون لجستیک است از اختلاف بین $-2\ln(L)$ برای مدل بهترین برازش و $-2\ln(L_0)$ برای فرضیه صفر است، به دست می‌آید. چنانچه این آماره در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار باشد (Chi Square > 14.1) فرضیه صفر (H_0) رد می‌شود. مقدار شاخص کی دو Chi Square نیز برابر $۱۴۵۷/۰۶۵۳$ گردید که با توجه به اینکه مقدار آن بسیار بیشتر از مقدار آستانه تعیین شده است در نتیجه فرض صفر بودن تمام ضرایب نیز رد می‌گردد.

آزمون پی آر دو^۲: (PR2)

مقدار PR2 می‌تواند از رابطه (۳) محاسبه شود:

$$\text{رابطه (۳)} \quad PR^2 = 1 - \frac{\ln(L)}{\ln(L_0)}$$

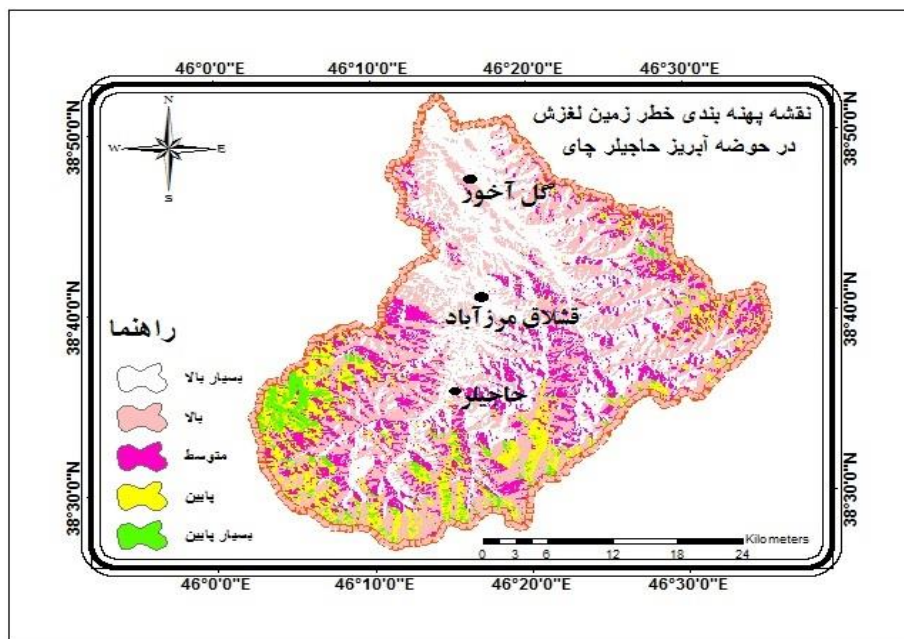
مقدار PR2 نشان می‌دهد که چگونه مدل لوچیت، مجموعه داده‌ها را برازش می‌دهد (منارد: ۱۹۹۵). بنابراین PR2 مساوی با ۱ نشان‌دهنده برازش کامل مدل است، چنانچه این مقدار برابر ۰ باشد نشان‌دهنده عدم رابطه متغیرهای مستقل با متغیر وابسته است. چنانچه مقدار PR2 بزرگ‌تر از ۰/۲ باشد نشان‌دهنده برازش نسبتاً خوب مدل است (آیالو و یاماگیشی: ۲۰۰۵). با

1. Chi Square
2. Pseudo R Square

توجه به اینکه در این پژوهش مقدار شاخص PR2 برابر $0/7687$ گردید و مقدار آن بزرگتر از آستانه $0/2$ می باشد، این مدل برازش قابل قبولی را نشان می دهد.

شاخص راک (ROC')

معیار دیگر، توجه به این مسئله است که مدل چه مقدار می تواند متغیر وابسته را به خوبی پیش بینی کند. در این مورد نرم افزار ادریسی از معیار (راک) برای مقایسه یک نقشه بولین (وجود یا عدم وجود زمین لغزش) با نقشه احتمال بکار می رود. مقدار (راک) از $0/5$ تا 1 متغیر است که 1 نشان دهنده تطابق کامل و $0/5$ نشان دهنده تطابق اتفاقی است (متولی: ۲۰۰۹). مقدار $0/9836$ به دست آمده در این مطالعه، نشان دهنده همبستگی بسیار بالای بین متغیر مستقل و وابسته است. پس از مشخص شدن اعتبار مدل رگرسیون لجستیک با استفاده از شاخص های فوق، نقشه پهنه بندی حساسیت به زمین لغزش تهیه گردید شکل (۴). منطقه مورد مطالعه از نظر حساسیت به زمین لغزش به ۵ کلاس خطر بسیار بالا، بالا، متوسط، پایین و بسیار پایین تقسیم شد.



ماخذ: نگارندگان

شکل ۴: نقشه پهنه بندی زمین لغزش به روش رگرسیون لجستیک در حوضه آبریز حاجیلیر چای

در تعیین تعداد پارامترهای مستقل در وقوع زمین لغزش هیچ استاندارد وجود ندارد. در پژوهش حاضر اثر جهت دامنه و فاصله از جاده در وقوع زمین لغزش، ضریب پایینی را به خود اختصاص داده اند. لذا از مدل حذف شدند. و نتیجه مدل به صورت معادله (۱) نشان داده شد.

معادله (۱)

$$\text{Logit (lan3)} = 0/5138 \times \text{Distance to Fault} + 0/1049 \times \text{Land Use} + 0/1131 \times \text{Litology} + 1/6520 \times \text{DEM} + 0/7065 \times \text{Slope} + 0/4321 \times \text{Distance to River}$$

در مدل حاضر که با استفاده از رگرسیون لجستیک انجام گرفت، عامل طبقه های ارتفاعی با بیشترین ضریب بهترین متغیر پیش بینی کننده احتمال وقوع زمین لغزش در منطقه است و پس از آن به ترتیب شیب و فاصله از گسل بیشترین ضرایب را به خود اختصاص داده اند. پس از انجام پهنه بندی زمین لغزش درصد پهنه های لغزشی در هر کلاس محاسبه شد نتیجه نشان داد که مناطقی که با خطر بالا پهنه بندی شده اند بیشترین درصد از میزان مساحت منطقه را به خود اختصاص داده اند این مناطق در دامنه های شمالی و شمال غربی واقع شده اند. جدول (۲) درصد پهنه های لغزشی در هر کلاس را در منطقه مورد نظر نشان می دهد.

جدول ۲: مساحت پهنه ها به درصد در هر کلاس

کلاس	مساحت به درصد
بسیار پایین	۴/۲۵
پایین	۱۰/۱۸
متوسط	۱۵/۹۴
بالا	۳۵/۱۶
بسیار بالا	۳۴/۴۵

مأخذ: نگارندگان

نتایج حاصل از مدل از طریق قطع دادن نقشه پراکنش زمین لغزش ها با نقشه پهنه بندی به صورت درجه تناسب مدل با پراکنش زمین لغزش ها مورد ارزیابی قرار گرفت شکل (۵). مقدار خطای نسبی بر اساس مجموع کلاس های مستعد خطر خیلی پایین و پایین به دست آمد، درحالی که مقدار موفقیت نسبی مدل، از مجموع کلاس های مستعد خطر بالا و خیلی بالا حاصل شد. بنابراین با توجه به نتایج شکل (۵) مقدار خطای نسبی به ترتیب برابر با ۱۲/۰۹٪ و میزان موفقیت نسبی برابر با ۷۳/۰۸٪ است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: مقایسه درجه تناسب بین نتایج رگرسیون لجستیک با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها

بحث و نتیجه گیری

بر اساس مدل مورد استفاده نتایج زیر حاصل شد. از میان هشت فاکتور مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقه عامل طبقه‌های ارتفاعی، شیب، فاصله از گسل بیشترین تأثیر را در وقوع زمین لغزش داشته‌اند. بیشترین لغزش‌ها در شیب‌های شمالی و شمال غربی و در ارتفاع ۱۳۰۰ تا ۱۸۰۰ متر به وقوع پیوسته‌اند که در سال‌های اخیر فعالیت‌های انسانی از جمله سدسازی و سایر ساخت‌وسازهای انسانی و کشت دیم در این منطقه افزایش یافته است. بر اساس نتایج حاصل از شکل (۴) از نظر درصد درجه تناسب نقشه پهنه‌بندی روش بحث شده، شکل (۴) با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها، شکل (۳)، مدل رگرسیون لجستیک دارای مقدار خطای نسبی در حدود ۱۲/۰۹٪ و بالاترین مقدار موفقیت نسبی برابر با ۷۳/۰۸٪ می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در روش رگرسیون لجستیک، شکل (۴) مشخص گردید که دامنه‌های شمالی و شمال غربی نسبت به بقیه قسمت‌های منطقه از ناپایداری بیشتری برخوردار هستند. بر روی این دامنه‌ها وجود گسله‌های کوچک و متعدد، ساخت‌وسازهای انسانی از جمله احداث سد انواع کشت‌های دیم و آبی و عوامل دیگر هر کدام به سهم خویش سبب تشدید این ناپایداری‌ها شده‌اند که در بین آن‌ها سهم عامل طبقات ارتفاعی و شیب و وجود گسل‌ها نسبت به بقیه عوامل بیشتر بوده است. همچنین با توجه به نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش ذکر شده ۳۴/۴۵ درصد از کل مساحت منطقه دارای خطر بسیار بالا از نظر وقوع زمین لغزش است.

منابع

- ۱- سرتیپی، عبدالحمید. انتظام سلطانی، ایمان (۱۳۹۱): "بررسی زمین لغزش‌های ساخت گاه سد قلعه چای عجب‌شیر". مجله زمین‌شناسی مهندسی، سال ۹۱.

- ۲- متولی، صدرالدین. اسماعیلی، رضا. حسین زاده، محمدمهدی (۱۳۸۸): "تعیین حساسیت وقوع زمینلغزش با استفاده از رگرسیون لجستیک در حوضه آبریز و از (استان مازندران)" فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال دوم، شماره ۵، پاییز، صص: ۸۳ - ۷۳.
- ۳- روستایی، شهرام (۱۳۸۳): "بررسی وقوع زمینلغزش در روستای نصیرآباد ورزقان (استان آذربایجان شرقی) با استفاده از روش‌های کمی." فصلنامه علوم انسانی، دوره ۸، شماره ۱،
- ۴- فتاحی اردکانی، محمدعلی. غیومیان، جعفر. جلالی، نادر (۱۳۸۱): "ارزیابی کارایی مدل‌های پهنه‌بندی خطر زمینلغزش در حوزه آبخیز سد لتیان." مجله زمین‌شناسی مهندسی، جلد ۱، شماره ۱، بهار، صص: ۴۲-۲۵.

- 5- Ayalew. L., Yamagishi H., (2005): The Application of GIS-Based Logistic Regression For Landslide Susceptibility Mapping in The Kakuda - Yahiko Mountains, Central Japan. Journal of Geomorphology 65 Pp: 15-31
- 6- Chau. K.T., Sze. Y. L., Fung. W. Y., Wong. E. L., Fong. L. C. P., (2003): Landslide Hazard Analysis For Hong Kong Using Landslide Inventory and GIS K.T. Computers & Geosciences 30., Pp: 429-443.
- 7- Fattahi Ardekani. M. A., Ghayoumian J., Jalali N., (2002): Evaluation of Landslide Hazard Zonation Models in Latian Dam Watershed. Journal of Engineering Geology, Vol. 1, N. 1, Spring, Pp: 42-25.
- 8- Menard. S., (1995): Applied Logistic Regression Analysis. Sage University Paper Series on Quantitative Applications in Social Sciences, vol. 106. Thousand Oaks. California. Pp. 98.
- 9- Motavalli. S, Esmaili. R., Hosseinzadeh. M. M., (2009): The Signification of Sensitive Regions in the Vaz Catchment by Logistic Regression, Journal of Physiography, Vol. 2, N. 5, Autumn, Pp: 73 - 83.
- 10- Roostaei Sh., (2004): Evaluation of Landslide Occurrence in Nasir Abad Village Varzeqan (Province of East Azarbayjan) by Using Quantitative Methods, Journal of Humanity, Vol. 8, N.1.
- 11- Sarolee. K. M, (2001) Statistical Analysis of Landslide Susceptibility at Yonging, Korea, Environmental Geology, 40, Pp: 1095-1113
- 12- Sartipi. A., Entezam Soltani. E., (2011): Evaluation of Ghalea Chai Dam Landslides, Thirtieth Meeting of Geosciences, Winter. Pp: 1 - 7.