



مدیریت خطر زمین لغزش برای دو سناریوی عادی و بحرانی در آبخیز چهل چای، استان گلستان

ابراهیم کریمی سنگچینی^۱، مجید اونیق^۲ و امیر سعدالدین^۳

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، (نویسنده مسئول: e.karimi64@gmail.com)

۲ و ۳- استاد و دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۸

چکیده

در این تحقیق برنامه مدیریت خطر زمین لغزش در دو سناریو عادی و بحرانی در آبخیز چهل چای ارائه و نقشه پراکنش زمین لغزش‌های منطقه با تفسیر استریوسکوپی عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی تهیه شد. امتیاز مدیریت با چهار معیار وزنی مساحت، نوع، شدت خطر و خسارت محاسبه و برنامه مدیریت زمین لغزش نیز در دو سناریوی حالت عادی و بحرانی و در قالب پنج راهبرد مدیریتی: بدون برنامه مدیریتی، سازش با خسارت جزئی، بدون تحمل خسارت، اجتناب از خطر و اقدامات کنترلی ارائه شد. نتایج نشان داد که در سناریوهای حالت عادی و بحرانی به ترتیب ۶/۶۷ و ۱۱/۸ درصد از سطح این آبخیز به برنامه مدیریتی اقدامات کنترلی نیازمند است و ۳۷ و ۱۲/۵۷ درصد در گزینه بدون برنامه قرار دارد. شاخص کاپا بین نقشه‌های برنامه مدیریت دو سناریو حدود ۰/۶۴ است که نشان از ۳۶٪ تفاوت بین نقشه‌های برنامه مدیریت دو سناریو دارد. اجرای برنامه‌های مدیریت زمین لغزش بر پایه این تحقیق در مقیاس محلی و منطقه‌ای می‌تواند مشکلات ناپایداری دامنه را حل کرده و به بهبود فعالیت‌های مدیریت آبخیز و پایداری توسعه حوزه منجر شود.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، آسیب‌پذیری و خسارت، سناریوهای حالت عادی و بحرانی، آبخیز چهل چای

مقدمه

زمین لغزش یکی از خطرات طبیعی است که همه‌ساله خسارت جانی و مالی فراوانی در مناطق کوهستانی، پر باران و لرزه خیز به همراه دارد. حرکت‌های توده‌ای در تخریب جاده‌های ارتباطی، مراتع، مناطق کوهستانی و ایجاد فرسایش و رسوب در آبخیزها نقش مؤثری دارند (۱۲،۲). عوامل متعددی مانند شرایط زمین‌شناسی، شرایط هیدرولوژیکی، وضعیت توپوگرافی، مورفولوژی، آب و هوا و هوازگی بر پایداری یک دامنه تأثیر گذاشته و می‌توانند باعث ایجاد لغزش شوند (۱۷،۴). کشور ایران با توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، عمده شرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسیعی از زمین لغزش‌ها داراست (۱۴).

روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش که از وزن‌دهی و نرخ‌دهی استفاده می‌کنند، به روش‌های نیمه کمی شناخته می‌شوند (۲۲،۹). دو نمونه از این روش‌ها تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (۲۱،۱۱) و ترکیب خطی وزنی (WLC) (۳) هستند. روش AHP شامل ایجاد سلسله مراتبی از عناصر تصمیم‌گیری و مقایسه دویه‌دو عناصر، به عبارت دیگر، اختصاص یک وزن و یک نسبت سازگاری

برای هر عنصر می‌باشد (۱۷،۱۰). تهیه گزارشات و نقشه‌های خطر و خسارت زمین لغزش به تنهایی هیچ تأثیری در کاهش اثرات زمین لغزش ندارند، مگر این که این اطلاعات به درستی در مقیاس محلی، ناحیه‌ای و ملی به کار برده شوند. آگاهی عمومی و آمایش سرزمین از سوی دولت باید یک قانون و سیاست ملی و منطقه‌ای در نظر گرفته شوند (۲۰،۱۲،۶).

کریمی سنگچینی و همکاران (۸) ارزیابی و کارایی چهار مدل کمی و کیفی شامل مدل‌های آماری دومتغیره وزنی (AHP)، آماری چندمتغیره رگرسیون گام‌به‌گام، رگرسیون چندمتغیره لجستیک و WLC، در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را در آبخیز چهل چای انجام دادند. با شاخص‌های نسبت تراکم و جمع مطلوبیت مدل‌ها ارزیابی شدند و در نهایت، مدل آماری دومتغیره وزنی (AHP) مدل برتر در حوزه مورد مطالعه انتخاب شد.

مصفايي (۱۲)، کارایی مدل‌های آماری و تجربی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را در آبخیز الموت بررسی کرد، مدل رگرسیون چندمتغیره را مدل مناسب‌تر برای حوزه مورد مطالعه معرفی کرد و در نهایت نیز سیاست‌ها و برنامه مدیریتی برای کاهش خطر وقوع و خسارت زمین لغزش‌ها با توجه به دو عامل میزان خطر و وجود یا

سناریو حالت عادی و بحرانی با استفاده از پارامترهای تیپ، مساحت، خطر و خسارت آبخیز چهل چای می باشد.

مواد و روش ها منطقه مورد مطالعه

چهل چای از آبخیزهای کوهستانی کشور با مختصات $23^{\circ} 55'$ تا $38^{\circ} 55'$ طول شرقی و $36^{\circ} 59'$ تا $37^{\circ} 13'$ عرض شمالی، دارای وسعت $25683/12$ هکتار است. این حوزه از لحاظ تقسیمات سیاسی در محدوده شهرستان مینودشت و یکی از زیرحوزه های بزرگ گرگان رود است (شکل ۱). حداقل ارتفاع 135 متر و حداکثر آن 2550 متر از سطح دریا می باشد. میانگین بارندگی سالانه حوزه برابر $766/5$ میلی متر، حدود 90 درصد بارش به صورت باران می باشد. از لحاظ زمین شناسی در حد واسط دو ایالت بزرگ ساختاری - رسوبی البرز شرقی و کپه داغ غربی قرار داشته، همبری سازندهای حوزه اکثراً از نوع گسلی می باشد. بیشترین سطح آن حدود 60 درصد پوشیده از جنگل و اراضی زراعی بقیه سطح آبخیز را دربرمی گیرد. تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش، انتخاب و طبقه بندی عوامل مؤثر

با انجام بازدید میدانی در حوزه، استفاده از اطلاعات محلی، دستگاه GPS و استفاده از نقشه پراکنش زمین لغزش تهیه شده از تفسیر عکس هوایی و بازدید صحرایی (اداره آبخیزداری استان گلستان)، فهرست برداری و نقشه پراکنش زمین لغزش ها تهیه گردید. مبنای کار زمین لغزش های با آستانه مساحتی یا بزرگی حداقل 10×10 متر مربع انتخاب شد. با مرور منابع قبلی، مطالعات کتابخانه ای و با بررسی آبخیز چهل چای نه عامل ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از آبراهه، فاصله از راه (نقشه توپوگرافی $1:50000$ رقومی اداره آبخیزداری استان گلستان)، سنگ شناسی، فاصله از گسل (نقشه $1:100000$)، کاربری اراضی (از نقشه اداره آبخیزداری) و میزان بارش (از منحنی هم باران تهیه شده از آمار ایستگاه های مجاور حوزه از اداره آبخیزداری گلستان) از عوامل مؤثر بر زمین لغزش انتخاب شدند.

وجود نداشتن تأسیسات، سیاست ها و برنامه های مختلف مدیریتی برای بخش های مختلف منطقه ارائه داد. آندرسون و همکاران (۱) در تحقیقی زیر عنوان توقف خسارت زمین لغزش به وسیله سیاست های کمکی کاربری اراضی در پاسخ به فعالیت های بدون برنامه ریزی خانه سازی در شرق جزایر کاریب، اقدامات مدیریتی پیشگیری را نسبت به روش های درمانی و مقابله با بلایا و جبران خسارت ارجح دانسته اند و اولین گام مهم در پیشرفت سیاست های واقعی کاربری اراضی حوزه مورد تحقیق خود را مهاجرت مردم از نواحی مسکونی مستعد به زمین لغزش به نواحی شهری معرفی کردند. سری هادماکو و همکاران (۲۰)، خطر و خسارت زمین لغزش و کاربرد آن ها در مدیریت بحران و آمایش سرزمین را در دامنه شرقی کوه های منوره، استان یوگی آکارتا، اندونزی ارزیابی و نقشه بندی نمودند. مدیریت خطر زمین لغزش و آمایش سرزمین منطقه در سه کلاس خطر کم، متوسط و زیاد ارائه شد. برنامه مدیریت خطر زمین لغزش را در سه کلاس خطر بالا، متوسط و کم تدوین کردند. نتایج این مطالعه در برنامه جامع کنترل خسارت و آمایش سرزمین حوزه مورد مطالعه به کار گرفته شده است.

کریمی سنگچینی و همکاران (۷) ارزیابی خطر و خسارت زمین لغزش در آبخیز چهل چای، استان گلستان را انجام دادند. برای ارزیابی خطر از مدل آماری دومتغیره وزنی AHP (مدل برتر) استفاده شد. راه، اراضی زراعی، چشمه، آبراهه و اماکن مسکونی عناصر در معرض خطر انتخاب شدند. آسیب پذیری عناصر بر اساس ارزش آن ها تعیین شد. در نهایت از ضرب سه عامل خطر، عناصر در معرض خطر و آسیب پذیری خسارت تعیین و نقشه بندی شد. در ایران ارزیابی خطر، خسارت و برنامه مدیریت برای یک آبخیز خاص هنوز صورت نگرفته است. در این تحقیق سعی خواهد شد که این خلا مطالعاتی مورد بررسی قرار گیرد. انجام هم زمان سه مرحله ارزیابی خطر، خسارت و ارائه برنامه مدیریتی زمین لغزش در یک آبخیز در مدیریت جامع سرزمین و مدیریت خطرات محیطی کارایی زیادی دارد. هدف از این تحقیق، مدیریت زمین لغزش در دو



شکل ۱- موقعیت آبخیز چهل چای در ایران و گلستان

وقوع زمین لغزش فراهم می شود. با توجه به آمار بارش شرکت آب منطقه ای استان گلستان در حوزه چهل چای بارش با شدت ۶۴ میلی متر در ساعت نیز وجود دارد.

متغیرهای تصمیم برنامه مدیریت

در این تحقیق متغیرهای تیپ (نماینده میزان فعالیت، سرعت و ناپایداری)، شدت خطر (احتمال وقوع و تکرار)، خسارت (احتمال آسیب دیدن عناصر) و ابعاد هندسی (آستانه تحریک مدیریتی) متغیرهای تصمیم برنامه مدیریت زمین لغزش در آبخیز چهل چای انتخاب شدند.

تعیین معیارها و شاخص ها و وزن دهی آنها محاسبه نرخ تیپ

به منظور کمی کردن ارزش تیپ زمین لغزش ابتدا براساس درجه آسیب رسانی و ناپایداری (۱۵) به رتبه بندی (یک تا پنج برای تیپ های ساده (چرخشی پنج، انتقالی چهار، جریانی سه، ریزشی دو، خزشی یک و سه برای تیپ مرکب که حالت میانگین محسوب می شود) و سپس با قاعده عکس، ارزش عددی نرخ رتبه ها تعیین شد.

مدیریت زمین لغزش با تحلیل سناریوها

شرایط فیزیوگرافی، تکتونیکی، اقلیمی، زمین شناسی و انسانی آبخیز چهل چای مستعد ایجاد شرایط بحرانی در آینده است. با ادامه وضعیت مدیریت نامناسب، وقوع بارندگی با شدت و مدت زیاد و همراه با فعالیت های تکتونیکی، زمین لرزه با بزرگی بیش از شش ریشتر (۱۵) می تواند شرایط بحرانی و اضطرابی وقوع زمین لغزش را در این حوزه کوهستانی ایجاد نماید. طبق آمار پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، دو زلزله با بزرگی بیش از شش ریشتر با محوریت مینودشت ثبت شده است. گوزتی و همکاران (۵)، رابطه زیر را بین شدت و مدت بارش با آستانه وقوع زمین لغزش برای جهان ارائه نمودند:

$$\text{رابطه (۱)} \quad 0.167 < D < 500 \quad I = 14.82 \times D - 0.39$$

که در آن I: شدت بارش به mm/hr ; مدت بارش به hr می باشد.

اگر بارش با شدت ۱۴ میلی متر در ساعت در حوزه ببارد، از آستانه تحمل زمین لغزش یادت ر شده و امکان

محاسبه و کلاس بندی عدد مدیریتی با ارزیابی چندمعیاره (MCE)

ارزیابی چند معیاره (MCE) یک روش عمومی برای ارزیابی و جمع بندی بسیاری از معیاره است (۱۹) برای محاسبه عدد مدیریت زمین لغزش در هر واحد مدیریتی (۱۲۱ واحد) از MCE استفاده شد.

$$MN = \sum_{i=1}^n RiWi \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن MN: عدد مدیریت Ri: متغیرهای تصمیم گیری Wi: وزن AHP متغیرها $\times 10$ می باشد.

در این رابطه از متغیرهای لگاریتم مساحت زمین لغزش (به علت بزرگی عدد مساحت)، عدد کلاس های شدت خطر و عدد کلاس خسارت و همچنین از ارزش نرخ تیپ زمین لغزش استفاده گردید. در نهایت عدد مدیریت براساس نقاط عطف منحنی تجمعی در پنج کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه بندی شد.

اولویت بندی برنامه مدیریت زمین لغزش

براساس کلاس مدیریت اولویت بندی برنامه های مدیریتی مقابله با بحران زمین لغزش در آبخیز چهل چای تعیین شد (جدول ۱).

پهنه بندی خطر با مدل آماری دو متغیره تراکم سطح، وزن دهی شده با AHP

در این تحقیق از نقشه خطر زمین لغزش با مدل آماری دو متغیره وزنی AHP تهیه شده در پژوهش ارزیابی و مقایسه کارایی چهار مدل کمی و نیمه کمی پهنه بندی خطر زمین لغزش در آبخیز چهل چای، استان گلستان استفاده شد (۸).

ارزیابی خسارت زمین لغزش

خسارت کلی زمین لغزش با معادله ریسک $R = H \cdot E \cdot V$ برآورد می شود که در آن R ریسک، H بزرگی خطر، E عناصر در معرض خطر و V درجه آسیب پذیری عناصر است (۲۳، ۱۸، ۱۵). ارزیابی خسارت در مطالعه ای تحت عنوان آنالیز و نقشه بندی خسارت احتمالی زمین لغزش (مطالعه موردی: آبخیز چهل چای) بررسی شد و از نتایج آن در این تحقیق استفاده شد.

وزن دهی متغیرها در سناریوهای عادی و بحرانی

متغیرهای تصمیم براساس AHP، با استفاده از نرم افزار Expert choice 11 و از سوی کارشناس (محقق) (۱۹) وزن دهی شدند.

جدول ۱- راهنمای مدل تعیین اولویت برنامه های مدیریتی خطر زمین لغزش

عدد مدیریت	کلاس مدیریت	برنامه مدیریتی	برنامه های مناسب
۰-۱۶/۵۳	I	بدون برنامه	در کوتاه مدت برنامه مدیریت خاصی توصیه نمی گردد.
۱۶/۵۳-۲۵/۴۶	II	سازش با تحمل خسارت جزئی (مالیات طبیعت)	آموزش روستایان، استفاده از زهکش های سنتی
۲۵/۴۶-۳۳/۵۹	III	سازش بدون تحمل خسارت	جلوگیری از تغییر کاربری، ممانعت از جاده سازی غیر استاندارد در دامنه های ناپایدار
۳۳/۵۹-۴۱/۴۶	IV	اجتناب از خطر	محدود کردن فعالیت های عمرانی تا حد ممکن، تغییر کاربری از زراعت گندم دیم به باغ کاری و یونجه کاری، پیشنهاد عملیات مکانیکی برای پایداری دامنه های ناپایدار، حفاظت از جاده ها و طرح سازمان دهی فاضلاب روستایی
۴۱/۴۶-۵۰/۷	V	اقدامات کنترلی	تغییر کاربری از زراعت به باغ و جنگل کاری و احیاء جنگل، پیشنهاد عملیات مکانیکی و بیولوژیکی، زهکشی آب چمنه ها و دامنه های ناپایدار، در صورت ممکن انتقال روستاها

تفاوت و تطابق سناریوها

تفاوت بین وزن متغیرهای سناریو حالت عادی، سناریو حالت بحرانی، سناریوهای حالت عادی و بحرانی، بین کلاس های برنامه مدیریت سناریو حالت عادی، سناریو حالت بحرانی، سناریوهای حالت عادی و بحرانی با آزمون کای اسکوتر مورد آزمون قرار گرفت. برای تعیین میزان تطابق نقشه های برنامه مدیریت از شاخص کاپا به صورت جزئی و کلی استفاده شد.

نتایج و بحث

در سناریو حالت عادی بیش ترین وزن را متغیر تیپ زمین لغزش به خود اختصاص می دهد و در حالت بحرانی

احتمال وقوع زمین لغزش و متعاقباً خسارت زمین لغزش اهمیت بیش تری می گیرند و بیش ترین وزن را به خود اختصاص می دهند (جدول ۲).

برنامه مدیریتی در پنج کلاس بدون برنامه، سازش با تحمل خسارت جزئی (مالیات طبیعت)، سازش بدون تحمل خسارت، اجتناب از خطر و اقدامات کنترلی ارائه شد (جدول ۳ و شکل ۲).

مقدار کای اسکوتر محاسبه شده بیش تر از مقدار جدول است. تفاوت در سطح اطمینان یک درصد معنی دار ($P < 0.01$) می باشد (جدول ۴). شاخص کاپا نشان داد که میزان تطابق نقشه کلاس برنامه مدیریتی در دو سناریو ۰/۶۴ می باشد. برای تعیین میزان تطابق هر کلاس برنامه

کلاس پنج مدیریت عادی و بحرانی قرار گرفتند. عملیات مکانیکی و بیولوژیکی و زهکشی آب چمسه‌ها باید مدنظر قرار گیرد. به ترتیب شش و هشت روستا در آبخیز چهل‌چای در کلاس پنج مدیریت عادی و بحرانی قرار گرفتند. عملیات پیشنهادی برای این روستاها طرح سازمان‌دهی فاضلاب روستایی و انتقال با در نظر گرفتن مسائل اجتماعی مدنظر قرار گیرد. هم‌چنین به ترتیب ۴۵ و ۵۶ کیلومتر از جاده‌های ارتباطی آبخیز در کلاس مدیریت پنج عادی و بحرانی قرار گرفتند. عملیات پیشنهادی استفاده از دیوار حائل، تثبیت دامنه‌های بالادست و نصب تابلوهای هشدار برای حفاظت از جاده‌ها می‌باشد (جدول ۶).

مدیریتی سناریوها (کاپای جزئی) نیز نقشه‌ها دوبه‌دو با هم مقایسه و شاخص کاپا برای هر کلاس برنامه مدیریت سناریوها محاسبه شد. همان گونه که مشاهده می‌شود، شاخص‌های کاپای محاسبه شده در کلاس دو و سه کم‌ترین و در کلاس چهار و پنج بیش‌ترین مقدار خود را دارد (جدول ۵).

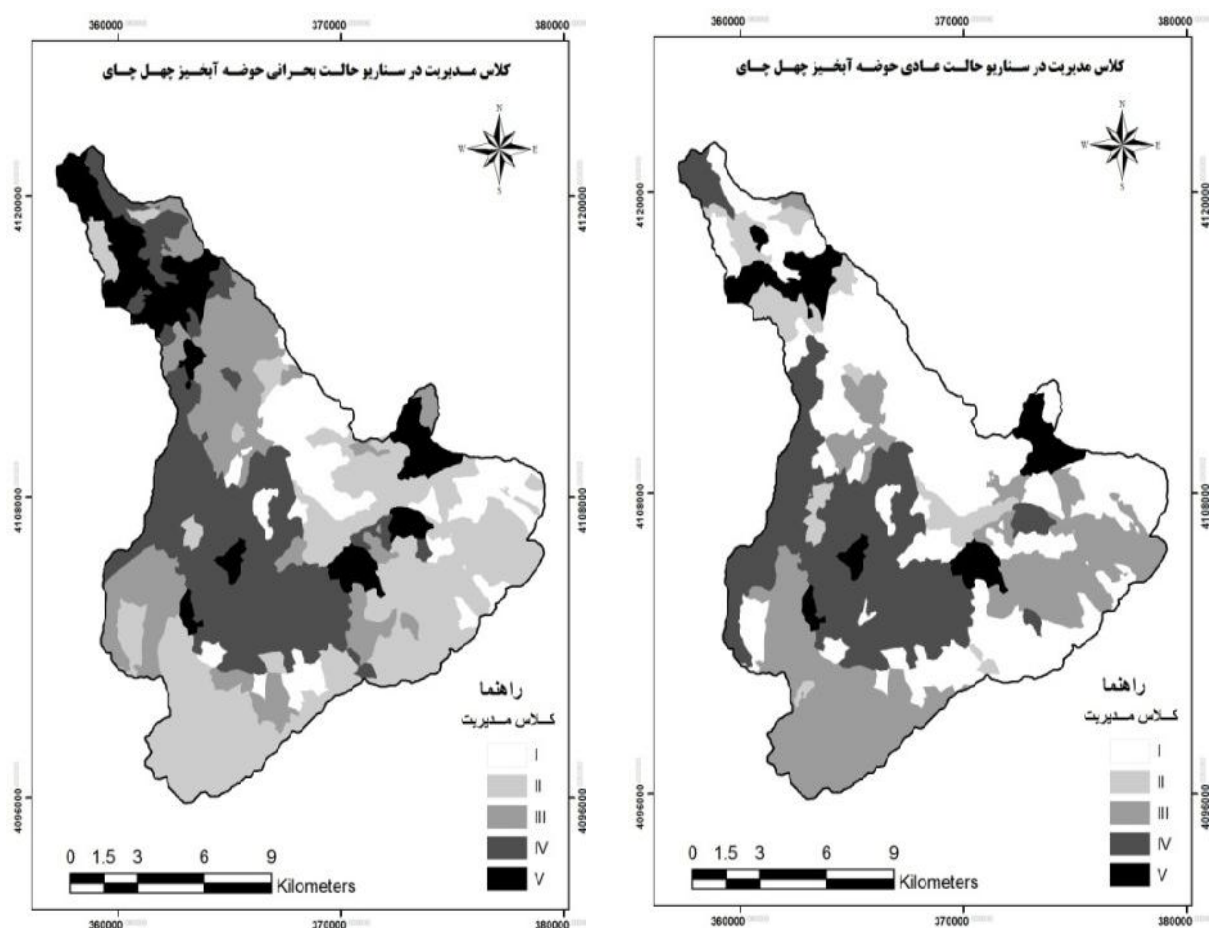
به ترتیب حدود ۱۳۰۹ و ۱۸۰۳ هکتار از اراضی کشاورزی آبخیز چهل‌چای در کلاس پنج مدیریت عادی و بحرانی قرار گرفتند. تغییر کاربری از زراعت به باغ، جنگل‌کاری و احیاء جنگل، پیشنهاد عملیات مکانیکی و بیولوژیکی برای پایداری دامنه‌ها در این اراضی می‌تواند مدنظر قرار گیرد. به ترتیب حدود ۱۵ و ۲۵ لیتر در ثانیه آب چشمه و حدود ۶۰ و ۱۱۱ کیلومتر آبراهه طبیعی در

جدول ۲- مقایسات زوجی و وزن‌نهایی بین متغیرهای تصمیم‌گیری مدیریت در سناریوهای حالت عادی و بحرانی

تیپ زمین‌لغزش	شدت خطر	کلاس خسارت	مساحت زمین‌لغزش
۰/۴۳۸	۰/۲۴۴	۰/۲۱۹	۰/۰۹۹
۰/۱۰۲	۰/۴۳۹	۰/۳۹۹	۰/۰۶

جدول ۳- کلاس مدیریت زمین‌لغزش سناریو عادی در آبخیز چهل‌چای

کلاس مدیریت	برنامه مدیریتی	عدد مدیریت	سناریو حالت عادی		سناریو حالت بحرانی	
			مساحت (ha)	درصد مساحت	مساحت (ha)	درصد مساحت
I	بدون برنامه	۰-۱۶/۵۳	۹۴۴۴/۷۸۰۴	۳۶/۹۶	۳۲۱۳/۵۰۱۳	۱۲/۵۷
II	سازش با تحمل خسارت جزئی	۱۶/۵۳-۲۵/۴۶	۱۶۱۲/۴۷۶۹	۶/۳۱	۸۴۰۴/۱۹۹۲	۳۲/۸۸۵
III	سازش بدون تحمل خسارت	۲۵/۴۶-۳۳/۵۹	۶۵۹۸/۱۵۸۵	۲۵/۸۲	۴۷۱۰/۰۶۶۵	۱۸/۴۳
IV	اجتناب از خطر	۳۳/۵۹-۴۱/۴۶	۶۱۶۵/۹۳۹۳	۲۴/۱۳	۶۳۹۷/۹۷۵۱	۲۵/۰۳
V	اقدامات کنترلی	۴۱/۴۶-۵۰/۷	۱۷۳۴/۹۵۱	۶/۷۶	۲۸۳۰/۵۶۳۹	۱۱/۰۸
	مجموع		۲۵۶۸۳/۱۲	۱۰۰	۲۵۶۸۳/۱۲	۱۰۰



شکل ۲- نقشه برنامه مدیریتی زمین لغزش در دو سناریو حالت عادی و بحرانی در آبخیز چهل چای.

جدول ۴- مقدار کای اسکور دو سناریو حالت عادی و بحرانی

آماره	وزن متغیرهای حالت عادی	وزن متغیرهای حالت بحرانی	بین وزن متغیرهای دو سناریو	کلاس‌های برنامه مدیریتی حالت عادی	کلاس‌های برنامه مدیریتی حالت بحرانی
کای اسکور محاسبه شده	۲۳/۷	۶۴/۴	۱۷/۶	۵۰۶۰	۸۲۶۰
کای اسکور جدول	۱۱/۳۵	۱۱/۳۵	۱۱/۳۵	۱۳/۲۸	۱۳/۲۸
درجه آزادی (df)	۳	۳	۳	۴	۴
P-value	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

جدول ۵- مقادیر شاخص کاپای جزئی بین کلاس نقشه‌های برنامه مدیریتی دو سناریو حالت عادی و بحرانی

کلاس	کلاس ۱ با ۱	کلاس ۲ با ۲	کلاس ۳ با ۳	کلاس ۴ با ۴	کلاس ۵ با ۵
عدد کاپا	۰/۳	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۷۹	۰/۸۷

جدول ۶- عناصر در معرض خطر موجود در کلاس‌های مدیریتی در دو سناریو حالت عادی و بحرانی

عناصر	اراضی زراعی (ha)	تعداد روستاها	دبی چشمه‌ها (lit/s)	جاده (km)		آبراهه (km)	کلاس مدیریت
				آسفالته	خاکی		
	عادی	بحرانی	عادی	بحرانی	عادی	بحرانی	
I	۲۷۵۰/۹	۶۱۰/۴۴	۴	۰	۴۵/۳	۲	۱۱۵/۶۸
II	۵۹۳/۹۲	۲۳۸۴/۰۲	۱	۱	۱/۱	۱۵/۱۸	۲۹۸/۴۶
III	۲۰۸۵/۶۴	۱۷۰۸/۵۹	۳	۷	۱۰۴/۳	۹	۱۵۶/۲۷
IV	۳۴۸۷/۵۹	۳۷۲۰/۶۴	۱۳	۱۳	۵۱/۹	۴۸/۱	۲۰۸/۳۱
V	۱۳۰۹/۳	۱۸۰۳/۷	۶	۸	۱۴/۸	۲۵/۸	۱۱۰/۸۴

ارائه برنامه مدیریت در آبخیز دارای اهمیت می‌باشند. در حالت عادی تیپ و مساحت زمین‌لغزش‌های رخ داده، درحالی که در حالت بحرانی شدت خطر (احتمال وقوع) و در پی آن خسارت بیش‌ترین اهمیت را به خود اختصاص می‌دهند.

آزمون کای‌اسکوئر نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین وزن‌های متغیرها و مساحت کلاس‌های برنامه مدیریتی در دو سناریو حالت عادی و بحرانی وجود دارد. بر اساس شاخص کاپا تطابق بین نقشه کلاس‌های مدیریتی دو سناریو ۰/۶۴ می‌باشد. کم‌ترین تطابق در بین کلاس‌های دو سناریو مربوط به کلاس سه با تطابق ۰/۱۸ است. این نتایج نشان می‌دهند که بین ارائه برنامه مدیریت زمین‌لغزش در سناریو حالت بحرانی و برنامه مدیریت ارائه شده در سناریو حالت عادی در آبخیز چهل‌چای (۳۶) درصد از سطح حوزه تفاوت وجود دارد که بیش‌ترین تفاوت را می‌توان در کلاس سه بین دو سناریو مشاهده کرد که معادل ۰/۸۲ می‌باشد.

کلاس‌های مدیریت چهار و پنج، در سناریو حالت عادی ۳۰/۸۹ درصد و در سناریو حالت بحرانی ۳۶/۱۱ درصد از سطح آبخیز چهل‌چای را به خود اختصاص دادند که باید تحت برنامه‌های مدیریتی اجتناب از خطر و اقدامات کنترلی قرار گیرند. این موارد باید در مدیریت خطر، خسارت زمین‌لغزش و نیز آمایش سرزمین این آبخیز کوهستانی و حساس به وقوع زمین‌لغزش مدنظر قرار گیرند.

مقابله با خطر و خسارت زمین‌لغزش می‌تواند به صورت فرار از مناطق لغزشی، پیشگیری و یا انجام اقدامات علاج‌بخشی صورت گیرد. بدون شک، اتخاذ سیاست مناسب مدیریتی در انتخاب برنامه‌های صحیح برخورد با زمین‌لغزش بسیار مؤثر می‌باشد. داشتن اطلاعات پایه، کسب و به‌کارگیری دانش فنی، وضع قوانین مناسب و تدوین برنامه‌های آموزشی ابزارهای اولیه مدیریت خطر و خسارت زمین‌لغزش را تشکیل می‌دهند. در این تحقیق برای مقابله با خطر و خسارت زمین‌لغزش پنج سیاست کلی شامل بدون برنامه، سازش با تحمل خسارت، سازش بدون تحمل خسارت، اجتناب از خطر، پیشگیری و کنترل لغزش ارائه شده است که با برنامه مدیریت خطر زمین‌لغزش در ایران ارائه شده در سال ۱۳۷۶ از طرف نیک‌اندیش (۱۳) و میرصانعی و برنامه مدیریتی خطر زمین‌لغزش ارائه شده از سوی مصفايي (۱۲) در آبخیز الموت قزوین در یک زمینه می‌باشد.

برنامه مدیریت زمین‌لغزش با تحلیل دو سناریو مدیریتی عادی و بحرانی ارائه شد. شرایط فیزیوگرافی، تکتونیکی، زمین‌شناسی، اقلیمی و انسانی (با ادامه مدیریت نادرست، شدت بارش زیادتر از حد آستانه وقوع یعنی زیادتر از ۱۴ میلی‌متر در ساعت و وقوع زمین‌لرزه با بزرگی بیش از ۶ ریشتر) آبخیز چهل‌چای مستعد ایجاد شرایط بحرانی را در آینده دارا می‌باشد. متغیرهای تیپ و مساحت زمین‌لغزش‌های رخ داده، شدت خطر و کلاس خسارت در

منابع

- Anderson, M.G., E. Holcombe, M. Esquivel, J. Toro and F. Ghesquiere. 2010. The Efficacy of a Programme of Landslide Risk Reduction in Areas of Unplanned Housing in the Eastern Caribbean. *Environmental Management*, 45: 807-821.
- Andersson-Sköld, Y., R. Bergman, M. Johansson, E. Persson and L. Nyberg. 2013. Landslide Risk Management-a Brief Overview and Example from Sweden of Current Situation and Climate Change. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 3: 44-61.
- Ayalew, L., H. Yamagishi and N. Ugawa. 2004. Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan. *Landslides*, 1: 73-81.

4. Garfi, G. and D.D.E. Bruno. 2007. Fan Morph Dynamics and Slope Instability in the Mucone River Basin (Sila Massif, Southern Italy): Signification of Weathering and Role of Land Use Changes. *Catena*, 50: 181-196.
5. Guzzetti, F., S. Peruccacci, M. Rossi and C.P. Stark. 2007. Rainfall Thresholds for the Initiation of Landslides in Central and Southern Europe. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 98: 239-267.
6. Holcombe, E. and M. Anderson. 2010. Tackling Landslide Risk: Helping Land Use Policy to Reflect Unplanned Housing Realities in the Eastern Caribbean. *Land Use Policy*, 27: 798800.
7. Karimi Sangchini, E., M. Ownegh, A. Sadoddin and A. Mashayekhan. 2011. Probabilistic Landslide Risk Analysis and Mapping (Case Study: Chehel-Chai watershed, Golestan Province, Iran), *Journal of Rangeland Science*, 2: 425-436 (In Persian).
8. Karimi Sangchini, E., M. Ownegh and A. Sadoddin. 2012. Comparing Applicability of 4 Quantitative and Semi-Quantitative Models in Landslide Hazard Zonation in Chehel-Chay Watershed, Golestan province, *Journal of Water and Soil Conservation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 19: 183-196 (In Persian).
9. Kelarestaghi, A. and H. Ahmadi. 2009. Landslide Susceptibility Analysis with a Bivariate Approach and GIS in Northern Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 2: 95-101 (In Persian).
10. Kouli, M., C. Loupasakis, P. Soupios and F. Vallianatos. 2010. Landslide Hazard Zonation in High Risk Areas of Rethymno Prefecture, Crete Island, Greece. *Hazards*, 52: 599-621.
11. Kunlong, Y., C.H. Lixia and Z.H. Guirong. 2007. Regional Landslide Hazard Warning and Risk Assessment. *Earth Science Frontiers*, 14: 85-97.
12. Mosafaii, J. 2006. Comparing applicability of Statistical and Experimental Models to Landslide Hazard Zonation and Development Management Plan in Alamoot watershed and Thesis of M.Sc. in Watershed Management, Gorgan Univ of Agriculture Sciences and Natural Resources, 200 pp (In Persian).
13. Nikandish, N. 1997. The Importance of Mass Movements in Iran. *Jahad Sazandegi*, 155: 66-79 (In Persian).
14. Nikandish, N. and R. Mirsaneii. 1997. Landslide Hazard Management. The Second Seminar on Landslide Risk Declining. Tehran, International Institute of Earthquake Engineering. 207 pp (In Persian).
15. Ownegh, M. 2009. Landslide Hazard and Risk Zonation in Ziarat Watershed, Gorgan. Research Project, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, 120 pp (In Persian).
16. Remondo, J., J. Bonachea and A. Cendrero. 2008. Quantitative Landslide Risk Assessment and Mapping on the Basis of Recent Occurrences, *Geomorphology*, 94: 496-507.
17. Saaty, T.L. 2000. The Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process. RWS Publications, Pitsburg, vol VI, 2nd edn. 478 pp.
18. Sajinkumar, K.S., S. Anbazhagan, V.R. Rani and C. Muraleedharan. 2014. A Paradigm Quantitative Approach for a Regional Risk Assessment and Management in a Few Landslides Prone Hamlets along the Windward Slope of Western Ghats, India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 7: 142-153.
19. Salman Mahiny, A. and H. Kamyab. 2009. Applied Remote Sensing and GIS with Idrisi. Mehr Mahdis, Tehran, 582 pp (In Persian).
20. Sri Hadmoko, D., F. Lavigne, J. Sartohadi and P. Hadi Winaryo. 2010. Landslide Hazard and Risk Assessment and Their Application in Risk Management and Landuse Planning in Eastern Flank of Menoreh Mountains, Yogyakarta Province, Indonesia. *Hazards*, 54: 623-642.
21. 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: 1-12.
22. Yilmaz, I. 2009. Landslide Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio, Logistic Regression, Artificial Neural Networks and Their Comparison: A case Study from Kat Landslides (Tokat-Turkey), *Geosciences*, 35: 1-14.
23. Zezere, J.L., R.A.J. Garcia, S.C. Oliveira and G. Reis. 2008. Probabilistic Landslide Risk Analysis Considering Direct Costs in the Area North of Lisbon (Portugal), *Journal of Geomorphology*, 94: 467-495.

Landslide Hazard Management for Two Normal and Critical Scenarios in the Chehel - Chay Watershed, Golestan Province

Ebrahim Karimi Sangchini¹, Majid Ownegh² and Amir Sadoddin³

1- PhD. Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
(Corresponding author: E.karimi64@gmail.com)

2 and 3- Professor and Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: January 2, 2013

Accepted: December 29, 2014

Abstract

In this study, management plan was developed for normal and critical scenarios in the Chehel-Chai watershed. Landslide distribution map of the study area was created using air photos interoperation and field studies. Landslide management plan also was suggested for five management strategies: without management program, low-risk tolerance, zero risk tolerance, avoiding of risk and controlling measures. The management plan was developed for both normal and critical scenarios. Additionally, multi-criteria evaluation was used to calculate the management score. Results show that in the two normal and critical scenarios, 6.67% and 11.8% of the Chehel-chai watershed need controlling measures, respectively. In contrast, 37% and 12.57% of the study area are identified as the areas that do not need any intervention (without management program), with respect to the two scenarios respectively. The kappa index of agreement for the management plan maps corresponding to both scenarios was calculated as 0.64 suggesting that there is 36% difference between the two management plan scenario maps. The implementation of the landslide management plans based on this research in local and regional scales can solve the problems arising from hill slope instability. This can lead to appropriate watershed management practices and therefore to achieve sustainable development.

Keywords: Landslide Hazard Zonation, Landslide Risk, Normal and Critical Scenarios, The Chehel-chai Watershed, Vulnerability