

مقدمه

زمین لغزش‌ها رخداد‌های طبیعی بوده که تحت تاثیر عوامل مختلف باعث ایجاد خسارت به مناظر طبیعی، انسان‌ها و تاسیسات می‌شود [۲۱] ارزیابی خطرهای این پدیده به علت دخالت عوامل موثر در رخداد آن مساله‌ای پیچیده است. نداشتن قطعیت که ناشی از گنگ بودن، ناکامل و مبهم بودن شرایط و مفاهیم مرتبط با مشخصه‌هایی مانند زمین‌شناسی، آب‌شناختی، تکتونیکی، پوشش گیاهی، بارندگی، فرسایش، نوسان دما و غیره در بروز ناپایداری دامنه‌ای می‌باشد لزوم بهره‌گیری از روش‌های دقیق و مناسب را در بررسی ناپایداری‌های دامنه‌ای، منطقی می‌کند [۹]. از آنجا که پیش‌بینی زمان رخداد زمین لغزش‌ها از توان علم و دانش فعلی بشر خارج می‌باشد، لذا با شناسایی مناطق حساس به زمین لغزش و رتبه‌بندی آن می‌توان تا حدودی خطرات ناشی از وقوع زمین لغزش را جلوگیری نمود [۱۷]. به طور کلی می‌توان هدف نهایی بررسی و مطالعه زمین لغزش‌ها را یافتن راه‌های کاهش خسارات ناشی از آنها ذکر کرد. همین امر لزوم تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را تاکید می‌کند [۱۱ و ۱۸]. پژوهش‌های مختلفی به منظور پهنه‌بندی زمین لغزش در کشورهای مختلف انجام شده که از جمله آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: لن و همکاران [۸] با تحلیل مکانی خطر لغزش و بررسی عوامل موثر بر آن با استفاده از مدل فاکتور اطمینان، نقشه پایداری لغزش را برای وضعیت‌های مختلف بارش تهیه نمودند. نقشه پهنه‌بندی خطر با استفاده از عامل‌های زمین‌شناسی، ساختار سنگی، فاصله از گسل، نقشه شیب، جهت شیب و ارتفاع بدست آمد.

یالسن [۲۲] نقشه خطر زمین لغزش را در ترکیه با بهره‌گیری از مدل ارزش اطلاعات، تراکم سطح و تحلیل سلسله مراتبی تهیه نمود. وی زمین‌شناسی، شیب، پوشش گیاهی، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده را به عنوان عوامل موثر در زمین لغزش معرفی کرد. ارزیابی مدل‌ها نشان داد که مدل تحلیل سلسله مراتبی نسبت به مدل‌های دیگر در منطقه دقت بیشتری دارد.

محمدی [۱۳] پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده مدل عامل اطمینان، ارزش اطلاعاتی و AHP در بخشی از حوزه آبخیز هراز مورد بررسی قرار داده که ارزیابی مدل‌ها نشان داد مدل‌های عامل اطمینان، AHP و ارزش اطلاعاتی به ترتیب بیشترین دقت را در تهیه نقشه خطر زمین لغزش دارند.

حوزه آبخیز واز به دلیل موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناختی یکی از مناطق مستعد بروز حرکات توده‌ای است.

پهنه‌بندی و ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل‌های عامل اطمینان، ارزش اطلاعات و تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز واز)

محمد زارع^۱، حسن احمدی^۲ و شعبانعلی غلامی^۳
تاریخ دریافت: ۸۹/۰۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۱۶

چکیده

زمین لغزش‌ها رخداد‌های طبیعی بوده که تحت تاثیر عوامل مختلف باعث ایجاد خسارت به طبیعت، انسان و تاسیسات می‌شوند. یکی از مناطق مستعد در بروز این فرایند طبیعی حوزه آبخیز واز در شمال کشور می‌باشد. به همین منظور از مدل‌های عامل اطمینان، ارزش اطلاعاتی و تحلیل سلسله مراتبی برای پهنه‌بندی لغزش‌های این حوزه و تعیین کارایی آن در محیط اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. به منظور انجام پهنه‌بندی، در ابتدا نقشه پراکنش لغزش‌ها با بررسی‌های میدانی تهیه و سپس نقشه‌های عوامل موثر در وقوع زمین لغزش تهیه گردید. از روش تحلیل سلسله مراتبی به منظور اولویت‌بندی عوامل استفاده گردید. بررسی‌های به عمل آمده ویژگی‌های سنگ شناسی، فاصله از جاده، شیب، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی را مهمترین عوامل موثر در وقوع لغزش‌ها نشان داد. در مرحله بعد از مدل‌های عامل اطمینان، ارزش اطلاعاتی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی نقشه خطر زمین لغزش با ۴ رده خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تهیه گردید. ارزیابی مدل‌ها نشان داد که مدل عامل اطمینان، ارزش اطلاعات و AHP به ترتیب بیشترین دقت را در تهیه نقشه خطر زمین لغزش منطقه دارند. در بررسی نقشه‌های خطر ۳۴،۵٪ حوزه در کلاس خطر زیاد و ۲۰،۲۸٪ در کلاس خطر خیلی زیاد قرار داشته که نشان‌دهنده‌ی خطرپذیری بالای حوزه در برابر زمین لغزش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، ارزش اطلاعاتی، عامل اطمینان، تحلیل سلسله مراتبی، واز

* ۱- نویسنده مسئول و دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه تهران
Mohammad_zare64@yahoo.com

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه آزاد واحد نور

جدول شماره ۱: مقیاس مقایسه دو به دو در مدل سلسله

مراتبی [۱۹]

مقدار عددی	قضایات شفاهی
۹	کاملاً مرجع یا مطلوب ترین
۷	ترجیح یا مطلوب خیلی قوی
۵	ترجیح یا مطلوب قوی
۳	کمی مرجح یا کمی مطلوب تر
۱	ترجیح با مطلوبیت کمتر یا کمی مهمتر
۲، ۴، ۶، ۸	ترجیحات بین فواصل



شکل ۱: نقشه پراکنش زمین لغزش های حوزه آبخیز واز

۱:۱۰۰۰۰۰: سازمان زمین شناسی کشور، نقشه کاربری اراضی منطقه از طریق تصاویر ماهواره ای ETM+ سال ۲۰۰۲ که در محیط نرم افزار ENVI تصحیح و مورد استفاده قرار گرفتند. نقشه خطوط هم بارش منطقه نیز از میانبایی ایستگاه های درون و مجاور حوزه به دست آمد. نقشه های کاربری، هم بارش، شیب، جهت شیب، هیپسومتری، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله جاده و زمین شناسی در محیط GIS ایجاد شدند. سپس با نظرات کارشناسی مقایسه دو به دو هر یک از عوامل بر طبق جدول شماره ۱ انجام شد. نتایج این مقایسه ها به صورت ماتریس وارد نرم افزار Expert Choice گردید که در این ماتریس وزن هر عامل نسبت به عامل دیگر ارزیابی می شود. در محیط نرم افزار تمامی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش اولویت بندی شدند (شکل ۳). از ویژگی های این نرم افزار تعیین ضریب ناسازگاری بوده که اگر کمتر از ۱/ باشد قابل قبول است [۵] که در این پژوهش ضریب مربوطه ۰/۳۳ بدست آمد.

مدل های مورد استفاده در پژوهش به شرح زیر می باشند:

مدل عامل اطمینان

این مدل جزو جدیدترین مدل های پهنه بندی زمین لغزش بوده و تفاوت اصلی این مدل با دیگر مدل های دو متغیره نحوه تلفیق نقشه ها در آن است. بدینسان که ابتدا نقشه ها کلاسه بندی شده، سپس با استفاده از رابطه ۱ وزن هر پیکسل بدست می آید. حال برای ترکیب نقشه ها یکی X و دیگری Y در نظر گرفته می شود، سپس از رابطه ۲ جهت ترکیب وزن ها استفاده می گردد که سه فرمول برای حالت های مختلف X و Y ارائه گردید [۸، ۱۳].

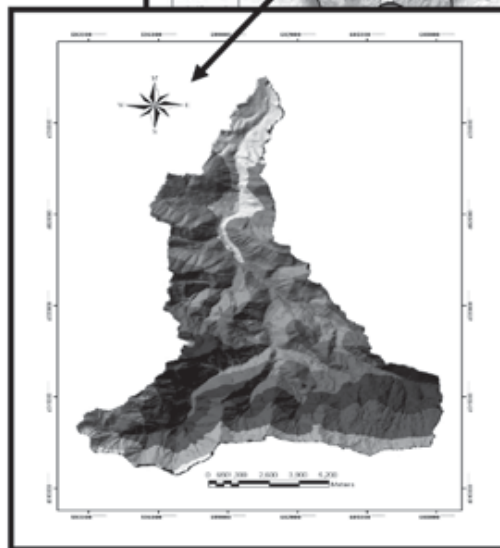
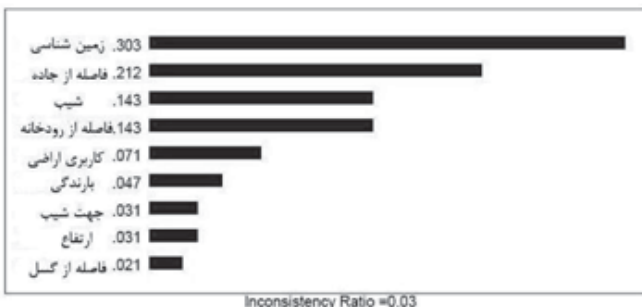
وجود اقلیم مناسب منطقه به ویژه در فصول بهار و تابستان سبب شده تا هر ساله بر جمعیت این حوزه افزوده شود اما آنچه که باعث نگرانی ساکنین این حوزه شده در معرض خطر قرار گرفتن خانه ها، باغات و همچنین راه های مواصلاتی در نتیجه پدیده حرکت های توده ای می باشد. بنابراین لزوم استفاده از پهنه بندی خطر زمین لغزش در این حوزه مهم به نظر می رسد. به همین منظور در این پژوهش از مدل های عامل اطمینان، ارزش اطلاعاتی و AHP برای پهنه بندی خطر زمین لغزش و مقایسه مدل های مذکور استفاده گردید.

مواد و روش ها

منطقه پژوهشی در استان مازندران و بخش مرکزی سلسله جبال البرز قرار دارد که بخشی از زیرحوزه رودخانه هراز می باشد. این حوزه دارای مساحت ۱۴۲ کیلومتر مربع می باشد و در محدوده جغرافیایی عرض شمالی ۲۶° ۱۴' تا ۲۵° ۲۵' ۳۶" و طول شرقی ۵۲° ۰۱' ۴۶" تا ۵۲° ۱۲' ۳۰" درجه قرار گرفته است. ارتفاع بیشینه و کمینه در منطقه به ترتیب ۳۵۹۰ متر و ۲۴۰ متر می باشد. نوع اقلیم منطقه براساس تقسیم بندی دومارتن مرطوب بوده و بیشترین مقدار بارش ۹۶۸ میلی متر در ماه های آبان و آذر، همچنین کمترین آن ۳۰۰ میلی متر در تیر ماه می باشد. مراحل این پژوهش به شرح زیر می باشد:

تعیین عوامل موثر در وقوع زمین لغزش

با استفاده از GPS نقاط لغزشی حوزه ثبت و وارد نرم افزار ARCGIS گردید (شکل ۱). همچنین نقشه پستی و بلندی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه زمین شناسی



شکل ۳: وزن هر یک از فاکتورهای موثر در خروجی نرم افزار Expert Choice

شکل ۲: موقعیت حوزه آبخیز واز

است. دوباره نقشه X و Y جدید بر اساس رابطه ۲ ترکیب می شوند. به این ترتیب تا آخرین نقشه این تلفیق انجام شده و وزن نهایی محاسبه می گردد که مقدار آن بین ۱- تا ۱ است. در نهایت ۳۰۸۵۰ پیکسل از تلفیق نقشه های عوامل موثر در وقوع زمین لغزش به دست آمد که هر پیکسل وزن مخصوص به خود را دارد. در مرحله بعد نقشه نهایی به کلاس های مختلف خطر تقسیم شد [۱].

مدل ارزش اطلاعات

بعد از تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش های منطقه، لایه های اطلاعاتی مورد نیاز استخراج و کلاسه بندی شدند. پس از تعیین درصد پیکسل های لغزشی در کلاسه های مختلف، کمی کردن عوامل موثر و وزن دهی به طبقات بر اساس مدل ارزش اطلاعاتی (رابطه ۳) انجام شد [۲، ۳، ۱۹ و ۱].

$$[D/C]/(B/A)] \ln = Winf \quad (3)$$

که در آن:

$Winf$: وزن ارزش اطلاعات

$$CF = \begin{cases} \frac{PP_a - PP_s}{PP_a \cdot (1 - PP_s)} & \text{If } PP_a \geq PP_s \\ \frac{PP_s - PP_a}{PP_s \cdot (1 - PP_a)} & \text{If } PP_s \geq PP_a \end{cases} \quad (1)$$

$$Z = \begin{cases} x + y - xy, & \text{If } X, Y \geq 0 \\ \frac{x + y}{1 - \min(|x|, |y|)} & \text{If } X, Y \text{ opposite sign} \\ x + y + xy, & \text{If } X, Y < 0 \end{cases} \quad (2)$$

که در آن

p_a : نسبت تعداد پیکسل های لغزشی یک طبقه یا کلاس به کل پیکسل های کلاس مربوطه.

p_s : نسبت کل پیکسل های لغزشی منطقه به کل پیکسل های منطقه

نقشه ترکیبی دوباره به عنوان X در نظر گرفته شده و نقشه سوم Y

A: تعداد پیکسل‌های لغزشی در هر کلاس یا طبقه

B: کل پیکسل‌های آن کلاس

C: تعداد کل پیکسل‌های لغزشی منطقه

D: تعداد کل پیکسل‌های منطقه

سپس در نرم‌افزار ARCGIS کلیه نقشه‌های وزنی با هم جمع شده و نقشه به دست آمده به چندین پهنه خطر تقسیم گردید و نقشه پهنه‌بندی نهایی به دست آمد [۱۹].

تحلیل سلسله مراتبی (APH)^۱

در این مدل برای محاسبه وزن کلاس‌های هر یک از عوامل موردنظر، از تراکم تعداد زمین لغزش‌ها در کلاس مورد نظر طبق رابطه ۴ استفاده گردید.

$$W = [(A/B)/(C/D)] \quad (۴)$$

که در آن:

W: وزن هر کلاس

A: تعداد پیکسل‌های لغزشی هر کلاس

B: کل پیکسل‌های آن کلاس

C: تعداد کل پیکسل‌های لغزشی نقشه

D: تعداد کل پیکسل‌های نقشه

این رابطه را در تمامی کلاس‌ها اعمال کرده و وزن هر کلاس محاسبه شد. در مرحله بعد وزن هر عامل که از ماتریس وزن‌دهی به دست آمده (شکل ۲) در وزن کلاس‌های آن عامل ضرب (رابطه ۴) و وزن نهایی هر کلاس و معادله نهایی پهنه‌بندی به دست آمد (رابطه ۵). سپس این معادله در کلیه واحدهای نقشه اعمال و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش تهیه شد (شکل ۳).

(۵)

$$M = .۳۰۳ X_1 + .۲۱۲ X_2 + .۱۴۳ X_3 + .۱۴۳ X_4 + .۰۷۱ X_5 + .۰۴۷ X_6 + .۰۳۱ X_7 + .۰۳۱ X_8 + .۰۲۱ X_9$$

در این رابطه، M: عامل حساسیت و X_1 تا X_9 به ترتیب زمین

شناسی، فاصله از جاده، شیب، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی،

بارندگی، جهت، ارتفاع، فاصله از گسل می باشد.

بررسی کارایی مدل‌های پهنه‌بندی

در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی برای وزن‌دهی به لایه‌های مختلف اطلاعاتی از نقشه پراکنش زمین لغزش منطقه استفاده شد. بعد از تهیه نقشه‌های وزنی بر اساس روابط ۱ تا ۵، نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش تهیه و در چهار کلاس خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تهیه گردید. از طرفی جهت ارزیابی نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش نمی‌توان از نقشه پراکنش زمین لغزش حوزه استفاده کرد [۱۷]. به منظور حل این مشکل از ۱۳۶ نقطه لغزشی که در منطقه شناسایی گردید، دو سوم نقاط لغزشی (۹۰ نقطه لغزشی) برای پهنه‌بندی و یک سوم نقاط لغزشی (۴۶ نقطه لغزشی) برای ارزیابی مدل مورد

استفاده قرار گرفت [۱۱] سپس نقشه حاصله با نقشه پراکنش زمین لغزش مقایسه شد. برای مقایسه رده‌های مختلف خطر از تراکم زمین لغزش‌ها یا نسبت تراکمی (Dr) در هر یک از رده‌های خطر استفاده شد. نسبت تراکم با تقسیم نمودن تراکم زمین لغزش در رده خطر خاص به تراکم متوسط زمین لغزش‌ها محاسبه گردید. با استفاده از مقدار جمع کیفی (Qs) نقشه‌های صحیح تر و با دقت بیشتر را می‌توان شناسایی نمود. Qs بالاتر نمایانگر جدایش بهتر بین رده‌های خطر مختلف است. جمع کیفی (Qs) به صورت رابطه تعریف می‌گردد [۱۲، ۴]:

$$Qs = \sum_{i=1}^n (Dr - 1)^2 \times s \quad (۶)$$

که در آن:

n: تعداد رده‌های خطر

s: مساحت رده خطر به درصد در منطقه است. از نظر تئوری حد فوقانی خاصی برای Qs نمی‌توان در نظر گرفت ولی معمولاً مقدار آن بین صفر تا هفت است. هر نقشه پهنه‌بندی که دارای Qs بالاتر باشد دارای صحت و دقت بیشتری می باشد [۳، ۴ و ۱۵].

نتایج

نقشه پراکنش لغزش‌ها، با نقشه‌های عامل‌های تاثیر گذار بر رخداد زمین لغزش تلفیق شده و تراکم لغزش‌ها در هر یک از طبقه‌های عامل‌های تاثیر گذار به دست آمد. سپس وزن هر یک از کلاس‌ها با بهره‌گیری از مدل‌های ارزش اطلاعاتی W_{IV} ، عامل اطمینان W_{CF} و تحلیل سلسله مراتبی W_{AHP} به دست آمد. نتایج بدست آمده در جدول ۲ ارائه شده است. پس از محاسبه وزن‌ها و ترکیب آنها نقشه پهنه‌بندی با بهره‌گیری از هر مدل به دست آمده که در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده است.

همچنین در نمودار شماره ۱ توزیع مساحت خطر در هر یک از روش‌های کار شده در حوزه آبخیز واز را نشان داده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی مدل‌ها با استفاده از روش جمع کیفی (Qs) نشان داد مدل عامل اطمینان بالاترین میزان جمع کیفی (۰/۵۴۸) را به خود اختصاص داده است. بعد از آن مدل ارزش اطلاعات و تحلیل سلسله مراتبی به ترتیب با مقدار جمع کیفی ۰/۴۷۹ و ۰/۴۴۴ در رده‌های بعدی قرار دارند. بنابراین مدل عامل اطمینان دارای کارایی بهتری نسبت به سایر مدل‌ها در منطقه بوده که با مطالعات محمدی [۱۳]، بیناقتی و همکاران [۱]، لن و همکاران [۸] همخوانی دارد. مدل ارزش اطلاعات و تحلیل سلسله مراتبی نیز به نسبت دارای جمع کیفی بالایی بوده و نشان می‌دهد که اولویت بندی عوامل موثر در خطر زمین لغزش با دقت بالایی صورت گرفته است. محاسبه تراکم زمین لغزش‌ها در کلاس‌های مختلف نشان می‌دهد که: در بحث عامل زمین شناسی، واحد سنگی دولومیت به همراه سنگ آهک مارنی نازک لایه که در سازند الیکا قرار دارند دارای بیشترین

1- Analytical Hierarchy Process

جدول ۲- وزن دهی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش براساس مدل‌های ارزش اطلاعات، عامل اطمینان و AHP

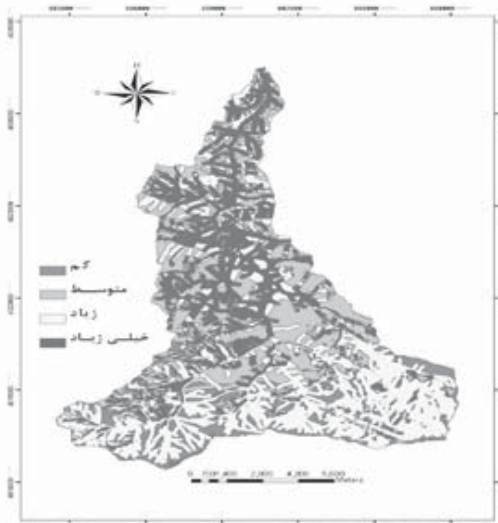
W_{AHP}	W_{CF}	W_{IV}	طبقات	ردیف
۰/۰۰۰۰۰۳	-۰/۹۹۹	۰/۰۰۰۰۰۱	Q۲	سنگ شناسی
۰/۰۰۰۰۰۳	-۰/۹۹۴	۰/۰۰۰۰۰۱	Q^s	
۰/۰۰۰۰۰۳	-۰/۹۹۶	۰/۰۰۰۰۰۱	P_r	
۰/۳۵	-۰/۰۵۸	۰/۱۵۷	R_e^2	
۰/۱۶	۰/۵۸	-۰/۶۰۳	R_3J_S	
۰/۰۰۰۰۰۳	-۰/۹۹۹	۰/۰۰۰۰۰۱	Q_U	
۰/۶۲	۰/۷۳۲	۰/۷۳۱	R_e^1	
۰/۴۷	۰/۶۶۴	۰/۴۴	$K_2^{l,m}$	
۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۴۶۵	۰/۰۰۰۰۰۱	$M^{M,S}$	
۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۷۶	۱۰۰>	فاصله از جاده
۰/۱۹۲	-۰/۱۸	۰/۱۱	۲۰۰-۱۰۰	
۰/۱۷۱	-۰/۱۷۲	۰/۰۵	۳۰۰-۲۰۰	
۰/۱۶۹	-۰/۱۷۶	۰/۰۲۲	۴۰۰-۳۰۰	
۰/۱۲۹	-۰/۳۸۶	۰/۰۵	۴۰۰<	
۰/۰۰۰۰۰۱	-۰/۹۹۹	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۲-۰	شیب
۰/۹۶۵	۰/۸۵۷	۰/۰۱۳۴	۵-۲	
۰/۰۰۰۰۰۱	-۰/۹۹۴	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۸-۵	
۰/۳۸۳	۰/۶۲۸	۰/۰۱۵	۱۲-۸	
۰/۰۹۵	-۰/۳۳۴	۰/۰۳۲	۲۰-۱۲	
۰/۲۹۳	۰/۵۵	۰/۲۱۸	۳۰-۲۰	
۰/۱۷۷	۰/۲۴۱	۰/۳۱۴	۶۰-۳۰	
۰/۰۹	۰/۸۴۴	۰/۴۳۴	۶۰<	
۰/۷۴۳	۰/۸۱۴	۰/۷۶۳	۱۰۰>	فاصله از آبراهه
۰/۱۱۸	-۰/۱۱۱	۰/۱۱۳	۲۰۰-۱۰۰	
۰/۰۶۴	-۰/۵۴۸	۰/۰۵۴	۳۰۰-۲۰۰	
۰/۰۲۸	-۰/۸۳۱	۰/۰۲۲	۴۰۰-۳۰۰	
۰/۰۱۵	-۰/۹۴۵	۰/۰۵۷	۴۰۰<	
۰/۰۹۵	۰/۲۸۵	۰/۷۵۲	جنگل	کاربری اراضی
۰/۱۳۷	۰/۵۱۱	۰/۰۲۳	باغ	
۰/۱۶۸	۰/۵۱۷	۰/۰۲۱	مناطق مسکونی	
۰/۰۴۸	۰/۱۶۵	۰/۱۳۳	مرتع خوب	
۰/۰۲۸	-۰/۶۱۳	۰/۰۷	مرتع متوسط	
۰/۰۰۰۰۰۱	-۰/۹۹۹	۰/۰۰۰۰۰۰۳	مرتع ضعیف	
۰/۰۰۰۰۰۱	-۰/۹۹۶	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۵۰۰-۴۰۰	
۰/۰۱۵	-۰/۴۲۸	۰/۰۷۲	۶۰۰-۵۰۰	میزان بارندگی
۰/۰۳۹	-۰/۱۶۴	۰/۱۷۴	۷۰۰-۶۰۰	
۰/۰۶۱	۰/۲۴۹	۰/۲۴۸	۸۰۰-۷۰۰	
۰/۰۰۰۰۰۱	-۰/۹۹۶	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۹۰۰-۸۰۰	

ادامه جدول ۲- وزن دهی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش براساس مدل‌های ارزش اطلاعات، عامل اطمینان و AHP

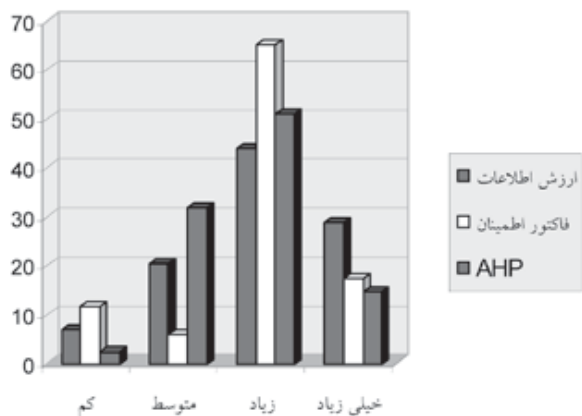
۰/۰۱۴	-۰/۵۱۲	۰/۱۰۷	N	جهت
۰/۰۶۵	۰/۱۱۲	۰/۲۷۶	E	
۰/۰۲۳	۰/۵۵۳	۰/۰۵۶	S	
۰/۰۱۲	-۰/۰۲	۰/۳۰۲	W	
۰/۰۳	۰/۰۱۶	۰/۲۸۴	NE	
۰/۰۳۳	۰/۰۷۴	۰/۱۵۴	NW	
۰/۰۵۴	۰/۴۷۳	۰/۱۵۸	SE	
۰/۰۱۲	-۰/۵۹۷	۰/۰۳۶	SW	
۰/۰۰۰۰۰۱	-۰/۹۹۶	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۳۰۰<	طبقات ارتفاعی(متر)
۰/۰۶۱	۰/۵۱۳	۰/۱۰۱	۶۰۰-۳۰۰	
۰/۰۷۶	۰/۶۲۴	۰/۱۷۲	۹۰۰-۶۰۰	
۰/۰۸۹	۰/۶۴۹	۰/۳۱۱	۱۲۰۰-۹۰۰	
۰/۰۲۵	-۰/۱۷۴	۰/۱۱	۱۵۰۰-۱۲۰۰	
۰/۰۳۶	۰/۱۶۷	۰/۱۷۶	۱۸۰۰-۱۵۰۰	
۰/۰۱۲	-۰/۶۲۸	۰/۰۴۱	۲۱۰۰-۱۸۰۰	
۰/۰۰۰۰۰۱	-۰/۹۹۴	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۲۴۰۰-۲۱۰۰	
۰/۰۱۵	-۰/۰۵۴	۰/۰۸۵	۲۷۰۰-۲۴۰۰	
۰/۰۰۰۰۰۱	-۰/۹۹۹	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۳۰۰۰-۲۷۰۰	
۰/۰۰۰۰۰۱	-۰/۹۹۹	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۳۳۰۰-۳۰۰۰	
۰/۰۰۰۰۰۱	-۰/۹۹۴	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۳۳۰۰<	
۰/۰۱۸	-۰/۰۶	۰/۰۴۴	۱۰۰>	فاصله از گسل
۰/۰۲۱	۰/۷۱۸	۰/۰۶۳	۲۰۰-۱۰۰	
۰/۰۲۹	۰/۷۱۹	۰/۰۶۳	۳۰۰-۲۰۰	
۰/۰۲۳	۰/۹۲۶	۰/۰۶۳	۴۰۰-۳۰۰	
۰/۰۱۹	۰/۲۱۲	۰/۷۶۴	۴۰۰<	



شکل ۵: نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با روش فاکتور اطمینان



شکل ۴: نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با روش ارزش اطلاعات



نمودار شماره ۱: مساحت خطر در روش‌های ارزش اطلاعات، فاکتور اطمینان، AHP

Farahani, A., 2004. Evaluation efficiency statistics methods in determined Landslide hazard potential. J. Geosciences, 11(47-48), 28-47.

3-Feiznia, S., Klarestaghi, A., Ahmadi, H., Safaei, M., 2003. Investigation effective parameters in Landslide occurs and Landslide hazard zoning (Case study: Tejen dam watershed), Iranian J. Natural Resources, 57 (1), 3.

4- Gee, M.D. 1991. Classification of landslide hazard zonation methods and a test of predictive capability, Landslides, Bell (ed.), 1991 Balkema, Rotterdam. pp. 947- 952.

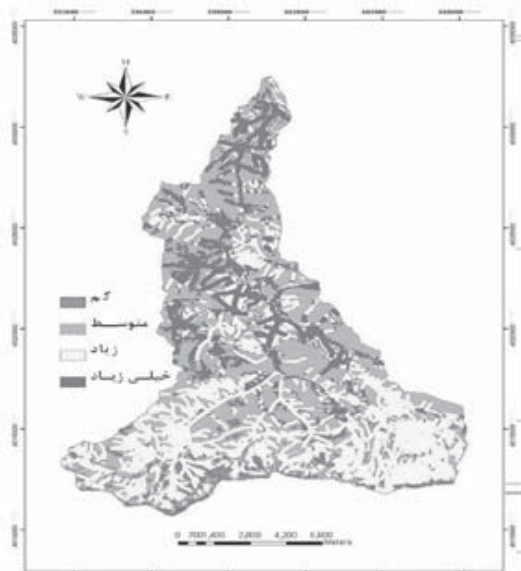
5-Ghodsipour, H., 2006. Discussion about multi criteria decision and AHP, publication Amir Kabir Industry University, 220 pp.

6- Gokceoglu, C., Sonmez, H., Nefeslioglu, H., Duman, T., Can, T., 2005. The 17 March 2005 Kuzulu landslide(Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity, Engineering Geology 81: 65-83

7- Larsen .M. C., Parks. J. E, 1997, How wide is a road? The association of roads and mass wasting in a forested Montana environment, Earth Surface Processes and Landforms, 22,835-848

8- Lan, H. X., Zhou, C. H., Wang, L. J., Zhang, H. Y., Li, R. H., 2004. Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang Watershed, Yunnan,China. Engineering Geology 76, 109-128.

9-Kalarestaghi, A., Habibnejad, M., Ahmadi, H.,



شکل ۶: نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با روش AHP

حساسیت به زمین لغزش می باشند. احداث جاده در این حوزه باعث شده تا در حدود ۴۰ درصد از زمین لغزش‌های به ثبت رسیده در فاصله ۱۰۰ متری آن باشد زیرا جاده سبب از بین بردن شیب تعادل زمین و همچنین ایجاد فشار اضافی در این نواحی می گردد و هر چه از جاده فاصله گرفته می شود تراکم زمین لغزش‌ها کاهش می یابد که با مطالعات لارسن و همکاران [۷]، کانوگو و همکاران [۱۰] و کلارستاقی [۹] مطابقت دارد. این حوزه به واسطه اقلیم مناسب به ویژه در فصل تابستان باعث جذب مسافری زیاد شده که با افزایش بار بر روی جاده تشدید عمل لغزش را سبب شده است. بررسی کاربری اراضی نشان داد که بیش از ۷۰ درصد از لغزش‌های این حوزه در ناحیه جنگل تراشی شده قرار دارد و این در حالی است که احداث جاده در جنگل و قطع یکسره درختان نیز بر شدت لغزش‌ها افزوده که با مطالعات کلارستاقی [۹]، نصرآبادی [۱۶] و موریس [۱۴] مطابقت دارد. همچنین بیشترین لغزش‌ها در محدوده بارش ۷۰۰ تا ۹۰۰ میلی متر و طبقات ارتفاعی ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متر می‌توان مشاهده کرد که با مطالعات گکسنوقلو [۶] مطابقت می‌کند. در بررسی نقشه‌های خطر ۵۳٫۳٪ حوزه در کلاس خطر زیاد و ۲۰٫۲۸٪ در کلاس خطر خیلی زیاد قرار داشته که نشان‌دهنده‌ی خطرپذیری بالای حوزه در برابر زمین لغزش می‌باشد.

منابع

1- Binaghi, E., Luzi, L., Madella, P., Pergalani F., Rampini, A., 1998. Slope instability zonation: a comparison between certainty factor and fuzzy dempster.shafer approaches, Natural Hazards, 17, 77.97.20.

2- Fatemi Aghda, M., Ghiomian J., Eshgheli

status of forest road design Shast Kalate Forest in Gorgan, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(4), 556-573.

17- Remendo, J., Gonzales, A., Teran, J., Cendrero, A., Fabbri, A., Chung, C., 2003. Validation of landslide susceptibility maps, examples and applications from a case study in northern Spain, Natural Hazard, 437-449.

18-Sefidgari, R., 1994. Experts lecture series on the Watershed Management Department of landslide hazard, Watershed Assistance Jihad, Office of Evaluation and Watershed Studies.

19-Shadfar, S., Yamani, M., 2008. Landslide hazard zonation in Jalisian catchment by using LNFR method, Journal of Geographical Research, 62, 11-23.

20-Shirani, K., 2005. The final report of the research project to evaluate the landslide hazard zonation methods to select the appropriate method, Case study: south of Isfahan(Semirum), Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 104pp.

21- Tangestani, M., 2008. A Comparative Study Of Dempster-Shafer and fuzzy models for landslide susceptibility mapping using a GIS: An experience from Zagros Mountains, SW Iran, Journal of Asian Earth Sciences , 35,66-73.

22- Yalcin, A. 2009. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations, Catena, 72, 1-12.

2006. Study the occurrence of landslides in relation to changing land use and road construction(Case study: tejen dam eatershed), Iranian J. Geographical Research, 62(1), 81-91.

10- Kanungo. D. P., Sarkar. S 2003, landslides in relation to terrain parameters, A remote sensing and GIS approach, www.gisdevelopment.net

11- Komac, M. 2006. A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in prialpine Slovenia, Geomorphology,74-17-28.

12-Mirsanei, R., 2002. Evaluation and application of landslide hazard zonation maps in 1:250000 scale by using GIS(Case study: Tehran), Ms.C thesis, Tarbiat Moaalem University, 120pp

13-Mohammadi, M. Moradi, H. Feiznia, S. Porghasemi, H. 2010, Comparison of the Efficiency of Certainty Factor, Information Value and AHP Models in Landslide Hazard Zonation (Case study: Part of Haraz Watershed) , Iranian Journal of Natural Resources, 62(4),539-551.

14- Moreiras, S., 2005. Landslode susceptibility zonation in the Rio Mendoza Valley, Argentina, Geomorphology 66 (17) 345-357.

15-Mosafai, J., 2005. Performance comparison of statistical models and empirical landslide hazard zonation in Alamut watersheds and provide risk management program., Ms.C thesis watershed management, natural resources faculty of goran university, , 102 pp

16-Nasrabadi, H., Joibary, S., Rafatnia, N., Shariatjafary, M., 2008. Evaluation Experimental performance models in landslide hazard zonation (Haeri - Samii and Mora - Varsvn) to check the