



ارزیابی دو روش تحلیل سلسله مراتبی و فازی در پهنه‌بندی وقوع زمین‌لغزش (منطقه مورد بررسی حوزه بهشت‌آباد چهارمحال و بختیاری)

مجید آسیایی^{۱*}، سید محمد تاجبخش^۲، عباس خاشعی سیوکی^۳، علیرضا متولی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه یزد، masiaie.1368@gmail.com

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳- استادیار دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه یزد

چکیده

پدیده زمین‌لغزش یکی از بلاای طبیعی جهان محسوب می‌شود و سالانه خسارات زیادی را چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیر مستقیم در سطح جهان به وجود می‌آورد. در حوزه بهشت‌آباد چهارمحال و بختیاری بارندگی زیاد و همچنین تغییر کاربری‌های نامناسب از سوی دیگر باعث بروز این پدیده شده است. لذا در این مطالعه به شناسایی عوامل موثری که در شکل‌گیری لغزش دخالت دارند پرداخته شد. هدف از این مطالعه مقایسه دو روش AHP و FAHP در پهنه‌بندی خطر لغزش حوزه بهشت‌آباد با توجه به پارامترهای کمی و کیفی موثر بر این پدیده می‌باشد. به این منظور ابتدا نقشه پهنه‌بندی خطر با ارائه پرسش‌نامه با استفاده از روش AHP با نرخ ناسازگاری ۰/۰۷ تهیه شد، سپس با مشخص کردن تابع عضویت فازی برای هر یک از پارامترها، نقشه پهنه‌بندی خطر با روش FAHP تهیه شد و دو نقشه نهایی با روش جمع مطلوبیت با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که دقت روش FAHP در مقایسه با روش تحلیل سلسله مراتبی در پهنه‌بندی بهتر می‌باشد ولی این اختلاف زیاد معنادار نیست. هم‌چنین نقشه پهنه‌بندی حاصل از روش فازی نشان می‌دهد که ۵۷/۷ درصد لغزش‌های منطقه در ارتفاعات میانی با میزان بارندگی ۶۸۰-۷۸۰ میلی‌متر اتفاق افتاده است.

واژه‌های کلیدی:

تغییر کاربری، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، AHP، FAHP



Quarterly Journal of
Environmental Erosion Researches
No. 11, Autumn 2013, pp: 1-14
www.magazine.hormozgan.ac.ir

Evaluation of AHP and Fuzzy Methods in Landslide Accurrence Zonation (Case study: Beheshtabad Basin in Chahar Mahal Bakhtiari Province)

Majid Asiaei^{1*}, Seyed Mohammad Tajbakhsh², Abbas Khashei Sivaki³, Alireza Motevalli⁴

- 1- M.Sc. Student of Watershed Management, Yazd University
- 2- Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Birjand
- 3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Birjand
- 4- M.Sc. Student of Watershed Management, Yazd University

Abstract

Landslide is one of the natural disasters which cause a lot of annual damage directly or indirectly in the world.. Land use changes and high rainfall are leading causes of creation this phenomenon in Beheshtabad basin. Therefore the effective factors were analyzed in this process. The main aim of this study is comparison of two methods; AHP and FAHP that are used in landslide hazard zonation by considering the effective qualities and quantities parameters in this phenomenon. First of all, hazard zonation map was prepared with AHP method using inconsistency rate 7%. Then, fuzzy membership function defined for each parameter, and hazard zonation map was prepared to the base of FAHP method. Finally, two maps were compared by Quality sum method and results show that FAHP method has higher accuracy than AHP but different is not significant. In addition, 57.7% of landslide have been located in moderate elevation with 680-760 mm rainfall in Beheshtabad watershed.

Keywords:

Land Use Changes, Landslide Hazard Zonation Map, Analytic Hierarchy Process, Fuzzy

۱. مقدمه

پدیده لغزش مثل سایر پدیده‌های طبیعی زمین لرزه، سیل و آتشفشان از بلایای مهم طبیعی محسوب می‌شود که هر ساله در مناطق کوهستانی و مرتفع کشور رخ می‌دهد. ایران با توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت‌های زمین‌ساختی و لرزه‌ای زیاد، شرایط متنوع اقلیمی و زمین‌شناسی، عمده شرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسیعی از لغزش‌ها را دارد. زمین‌لغزش در بسیاری از مناطق جهان به عنوان یک تهدید جدی جانی و مالی مطرح است.

احمدی و محمدخان (۱۳۸۰)، نیز پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای را برای حوزه آبخیز طالقان و با در نظر گرفتن شش عامل شیب، ارتفاع، سنگ‌شناسی، بارندگی، جهت دامنه و کاربری اراضی و با استفاده از روش سلسله مراتبی انجام داده‌اند که با منطقه مورد مطالعه هم‌خوانی نسبتاً مناسبی داشته است.

فاطمی عقدا و همکاران (۲۰۰۵)، به بررسی خطر زمین لغزش با استفاده از روش منطق فازی در منطقه رودبار پرداختند، در این مطالعه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند مشخصه فازی و بر اساس دو روش وزن‌دهی (تجربی و نظریه اطلاع وقوع) صورت گرفته است، علاوه بر آن رتبه‌بندی خطر با دو تابع فازی‌ساز مثلثی و دوزنقه‌ای نیز محاسبه شده است. نتایج نشان داد که نوع فازی‌ساز (مثلثی و دوزنقه‌ای) تاثیر زیادی در نتایج ندارد.

شادفر و همکاران (۱۳۸۶)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در حوزه آبخیز چالکردود تنکابن انجام دادند. ابتدا با AHP^1 وزن هر یک از عوامل محاسبه شد، با توجه به مقادیر کمی وزن هر یک از عوامل تعیین شد، نقشه وزنی هر عامل تهیه و شدت خطر زمین‌لغزش با استفاده از لایه‌های وزنی و ضریب وزنی مربوط به هر یک از عوامل نقشه‌بندی شد، نتایج نشان داد که روش سلسله مراتبی به دلیل استوار بودن بر مبنای مقایسه زوجی موجب سهولت و دقت در انجام محاسبات لازم و ارائه نتایج به دلیل دخالت دادن تعداد زیادی از عوامل در مقایسه با سایر روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش است و همچنین عوامل سنگ‌شناسی، جاده‌سازی، تغییر کاربری و فاصله از آبراهه را برای حوزه مورد مطالعه موثر دانسته‌اند.

عظیم‌پور و همکاران (۱۳۸۸)، ارزیابی نتایج مدل AHP در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را در حوزه آبخیز اهر چای انجام دادند. در این تحقیق عوامل زمین‌شناسی بیشترین وزن (نقش) و عوامل انسانی کمترین وزن را داشته‌اند. قهرمانی و همکاران (۱۳۹۱)، با استفاده از روش‌های AHP ، $FAHP^2$ ، $LNRN^3$ لغزش‌های حوزه آبخیز النگ دره را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مدل بدست آمده از روش $LNRN$ تطابق بیشتری با شرایط محیط مورد مطالعه دارد و این روش را به‌عنوان روش نهایی انتخاب کردند.

Ownegh (2002) در ارزیابی کارایی پایگاه‌های اطلاعاتی زمین‌لغزش استرالیا، وزن یا اهمیت نسبی عوامل را با روش AHP محاسبه و تفاوت ارزش عددی پایگاه‌های اطلاعاتی را مورد آزمون قرار داده است.

Gorsevski et al., 2006 به منظور تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش، از منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کرده‌اند، در این پژوهش از مقایسه دو به دو و متعاقب آن اجتماع توابع ترکیب وزنی خطی و وزنی متوسط مرتب شده جهت تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش استفاده شد. استانداردهای داده‌ها با روش فازی و وزن‌دهی معیارها با روش تحلیل سلسله مراتبی صورت گرفته‌اند.

Yalcin (2008) نقشه‌سازی آسیب‌پذیری خطر زمین لغزش بر مبنای GIS با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و ارزش اطلاعات را در اردسن ترکیه انجام داد. نتایج نشان داد که روش AHP نقشه شدت خطر واقعی‌تری را نسبت به روش‌های WI (Weight Indicator) و WF (Weight Factor) ارائه می‌کند.

¹ Analytic Hierarchy Process

² Fuzzy Analytic Hierarchy Process

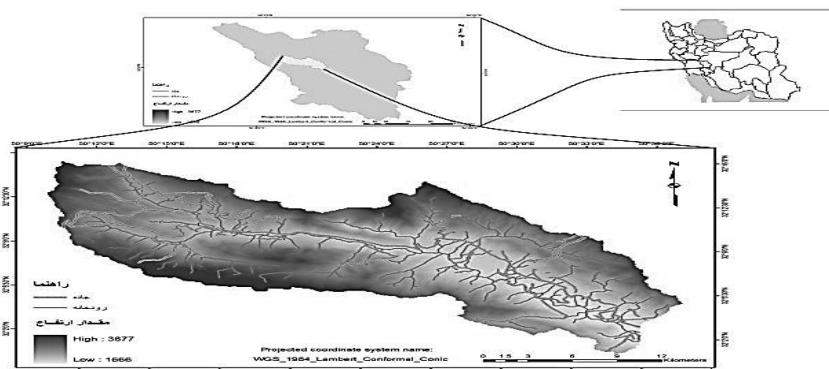
³ Landslide nominal risk factor

Naderi et al., 2010 کارایی چهار روش ارزش اطلاعات، تراکم سطح، تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها و روش پیشنهادی گوپتا و جوشی را برای پهنبندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز زنگوان استان ایلام مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش ارزش اطلاعات کارایی بهتری نسبت به سایر روش‌ها در پهنبندی زمین لغزش دارد. با توجه به مطالب فوق و اهمیت پدیده زمین لغزش و تأثیری که بر روی طبیعت منطقه می‌گذارد و از آنجایی که حوزه بهشت آباد به دلیل اهمیت بالای تفرجگاهی و اقتصادی (وجود راه‌های مواصلاتی زیاد و پرورش ماهی و...) از حساسیت بالایی برخوردار است و پدیده لغزش در این منطقه به‌عنوان یکی از بلایای طبیعی زیان‌آور در این منطقه به شمار می‌رود لذا هدف از این مطالعه، بررسی پارامترهای کمی و کیفی موثر بر لغزش‌های حوزه بهشت آباد با استفاده از داده‌ها و اطلاعات موجود و تهیه نقشه پهنبندی خطر با استفاده از دو روش AHP و FAHP در بخشی از این حوزه می‌باشد. این مقاله در مقایسه با مقالات مشابه عوامل بیشتری را مورد بررسی قرار می‌دهد و تمامی لایه‌ها چه کیفی و چه کمی به صورت فازی در آمده‌اند.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان چهارمحال و بختیاری، با وسعت ۵۷۰ کیلومتر مربع واقع در جنوب شهرستان به محدوده مختصات $50^{\circ} 09' 00''$ تا $53^{\circ} 36' 00''$ طول شرقی و $32^{\circ} 02' 00''$ تا $32^{\circ} 12' 30''$ عرض شمالی در شکل ۱ نشان داده شده است. مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات ارتفاع از ۱۶۶۶ تا ۳۸۸۷ متر می‌باشد.

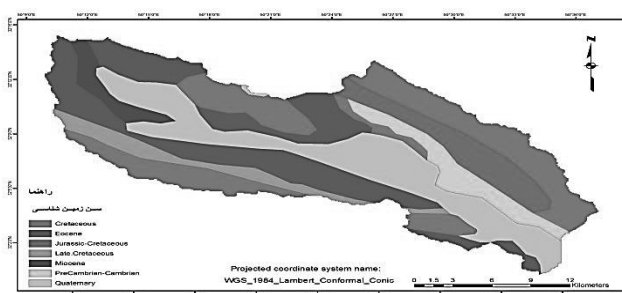


شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

واحدهای زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه مربوط به دوران پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک می‌باشد. سازندهای آسماری و کژدومی که عبارت‌اند از $OMas^1$ و $KEpd-gu^2$ و شامل لایه‌های متوسط تا بسیار ضخیم سنگ آهک خاکستری تا خاکستری روشن همراه با لایه‌های سنگ آهک آرژیلیتی و رس‌دار به رنگ خاکستری متمایل به زرد و تناوبی از لایه‌های سنگ آهک، سنگ آهک رسی به رنگ خاکستری با میان لایه‌های شیل و مارن به رنگ سبز تا قهوه‌ای است، گسترده‌ترین سطح در منطقه مورد مطالعه که اکثریت زمین لغزش‌های موجود در این سازند واقع شده‌اند.

^۱ Cream to brown - weathering, feature - forming, well - jointed limestone with intercalations of shale (ASMARI FM)

^۲ Grey and brown, medium - bedded to massive fossiliferous limestone (Kazhdumi Fm)



شکل ۲. نقشه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه

۲.۲. روش تحقیق

روش جمع‌آوری اطلاعات در این تحقیق مبتنی بر مطالعات میدانی می‌باشد. بدین صورت که با استفاده از شناسنامه‌های لغزش منطقه مورد مطالعه که از اداره کل منابع طبیعی استان چهارمحال بختیاری تهیه شده بود اطلاعات مربوط به ویژگی‌های زمین لغزش استخراج و ثبت گردید. در مرحله بعد اقدام به شناسایی و مطالعه عوامل تاثیرگذار در وقوع این زمین لغزش مانند (شیب، جهت شیب، ارتفاع، باران، کاربری اراضی، لیتولوژی، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه) انجام شد، سپس نقشه عوامل مذکور تهیه گردید. سپس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه در محیط (ArcGIS version 9.3) رقومی گردید و برای هر یک از پارامترهای موثر لایه‌ای مجزا ایجاد گردید. پس از آن در هر یک از ۲ مورد استفاده تمامی لایه‌ها به صورت مجزا وزن‌دهی شده و نقشه نهایی با روی هم‌گذاری تمامی لایه‌های موجود توسط نرم افزار ترسیم گردید. وزن دهی پارامترها بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی

روش تحلیل سلسله مراتبی از جمله روش‌های بسیار مناسب در تحلیل و ارزیابی‌های چند معیاره مکانی است که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است (Saaty, 1980). لذا در تحقیق حاضر در قدم اول مدلی با نام AHP با هدف پهنه‌بندی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش ساخته شد. در قدم‌های دوم و سوم نیز به ترتیب معیارها (۴ معیار) شامل عوامل هیدرولوژی، عوامل زمین‌شناسی، عوامل انسانی، عوامل توپوگرافی و زیرمعیارها به مدل معرفی شدند و وزن هر زیرمعیار بدست آمد. پرسشنامه‌های این پژوهش براساس مدل تحلیل سلسله مراتبی تدوین شده است به گونه‌ای که در مدل تحلیل سلسله مراتبی اساس کار، تعیین میزان ارجحیت بین گزینه‌ها بوده و بر این اساس پرسشنامه‌ها تدوین و تکمیل گردید. در این پژوهش ابتدا اطلاعات کلی مربوط به شناسنامه‌های لغزش حوزه آبخیز بهشت آباد و سایر پارامترهای خام آن از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان چهارمحال و بختیاری اخذ گردید و دید کلی از منطقه بصورت پرسشنامه‌ای در اختیار خبرگان و کارشناسان فن که اکثراً اساتید دانشگاه و کارشناسان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری بودند قرار گرفت. براساس اطلاعات موجود تعداد ۱ پرسشنامه تهیه شد، سپس بر اساس ضریب معنی‌داری و ضریب خطا (در منابع طبیعی حداقل ۶۵ درصد) و بر اساس رابطه میکائیل و کارسون تعداد پرسش نامه‌ها استخراج گردید و اصول روایی آنها مورد بررسی قرار گرفت (۳۰ عدد پرسشنامه در اختیار کارشناسان قرار داده شد). پس از تکمیل پرسشنامه‌ها نوبت به تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آنها رسید. برای این منظور جهت دستیابی به نتایج کلی پرسشنامه‌ها از روش میانگین وزنی استفاده گردید (saaty, 1996). همچنین از بسته نرم افزاری Exell کمک گرفته شد. به این ترتیب داده‌های خام ورودی مدل تحلیل سلسله مراتبی حاصل شد و به‌منظور آنالیزهای مربوطه از بسته نرم افزاری Expert choice 11 استفاده گردید. در نهایت در راستای پهنه‌بندی زمین لغزش در حوزه آبخیز بهشت آباد و رتبه بندی عوامل مذکور، پس از تهیه ساختار تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از ماتریس‌های مقایسه زوجی، عوامل و معیارهای مختلف هر سطح نسبت به یکدیگر با توجه به عناصر سطح بالاتر خود وزن‌دهی شدند. سپس وزن نهایی هر کدام از عوامل موثر در وقوع زمین لغزش توسط این روش تعیین گردید.

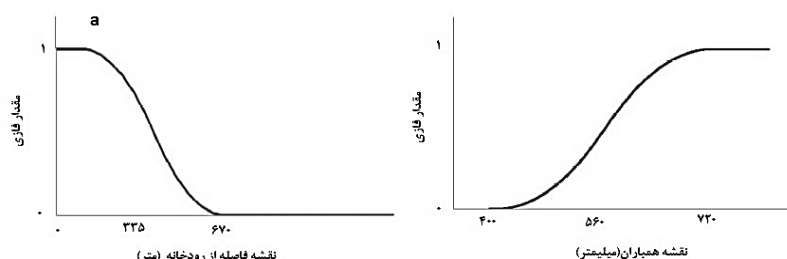
فازی کردن پارامترها

یک مجموعه فازی \tilde{A} در فضای جهانی M به وسیله یک تابع $\tilde{A}(x)$ که مقادیری در بازه $[0, 1]$ اختیار می‌کند، مشخص می‌شود. اگر X یک مجموعه مرجع باشد آنگاه مجموعه فازی \tilde{A} در X یک مجموعه از زوج‌های مرتب می‌باشد:

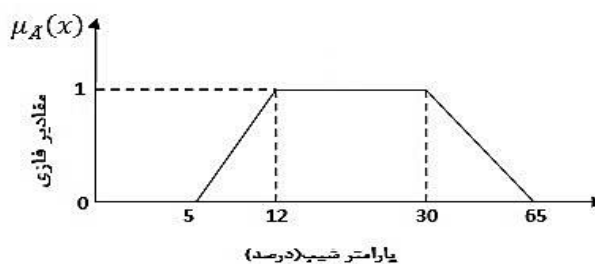
$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X\} \quad 1-2$$

$\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ تابع عضویت یا درجه عضویت x به \tilde{A} که تابعی از X به $[0, 1]$ است. نزدیکی مقدار $\mu_{\tilde{A}}(x)$ به عدد یک نشان دهنده تعلق بیشتر x به مجموعه \tilde{A} می‌باشد. در حالتی که x کاملاً در مجموعه \tilde{A} وجود داشته باشد، داریم: $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$

تابع عضویت مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص میکند و در واقع تابعی که میزان درجه عضویت اعضای مختلف را به یک مجموعه نشان می‌دهد، تابع عضویت می‌گویند (کوره پزان دزفولی، ۱۳۸۵). در گام دوم تابع عضویت در مدل فازی برای فاکتورهای مورد نظر به صورت غیرخطی در نظر گرفته شد، مدل‌های مذکور بر اساس تأثیر پارامتر مورد بررسی بر شاخص پتانسیل خطر زمین لغزش انتخاب شد (شکل ۳ و ۴، معادلات ۲-۲، ۲-۳ و ۲-۴). جهت فازی‌سازی پارامترها از بخش فازی نرم افزار MATLAB استفاده شد.



شکل ۳. a: تابع عضویت Z شکل و b: تابع عضویت S شکل مورد استفاده به ترتیب برای پارامترهای فاصله از رودخانه و طبقات بارش



شکل ۴. تابع عضویت ذوزنقه‌ای مورد استفاده در پارامتر شیب

تابع عضویت در مدل فازی برای فاکتورهای مورد نظر بصورت غیرخطی در نظر گرفته شد که در آن حدود a و b ارزش‌های بکار رفته برای هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه و X پارامتر مورد بررسی می‌باشد. و از معادلات زیر استفاده شد.

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(b - \frac{x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad 2-2$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(b - \frac{x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad 3-2$$

عدد فازی ذوزنقه‌ای

یک عدد فازی ذوزنقه‌ای \tilde{A} که به صورت $(m_1, m_2, \alpha, \beta)$ نمایش داده می‌شود، دارای تابع عضویتی به صورت زیر است:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \begin{cases} 1 - \frac{m_1 - x}{\alpha}, & m_1 - \alpha \leq x \leq m_1 \\ 1, & m_1 \leq x \leq m_2 \\ 1 - \frac{x - m_2}{\beta}, & m_2 \leq x \leq m_2 + \beta \\ 0, & \text{سایر نقاط} \end{cases} \quad ۴-۲$$

که در آن α و β اعداد حقیقی بزرگتر از صفر می‌باشند.

جدول ۱. میزان تاثیر پارامترها در وقوع پدیده لغزش در حوزه بهشت آباد

پارامتر میزان تاثیر	جهت	شیب	فاصله از آبراهه	فاصله از جاده	بارش	ارتفاع	سازند	کاربری
A	۱	۵	۰	۰	۴۰۰	۱۵۰۰	۴	۶
B	۷	۱۲	۶۷۰	۷۰۰	۷۲۰	۱۶۰۰	۸	۸
C		۳۰				۲۰۰۰		
D		۶۵				۲۶۰۰		

بعد از بدست آمدن وزن هر لایه از عوامل موثر در وقوع لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، نقشه طبقات هر لایه را با استفاده از توابع فازی در محیط نرم افزار متلب محاسبه گردید و سپس هر لایه را با وزنی که برای آن لایه در محیط نرم افزار Expert choice بدست آمده تلفیق گردید و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را بصورت FAHP بدست آمد و در نهایت این نقشه را با نقشه نهایی بدست آمده از روش سلسله مراتبی مقایسه گردید.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. محاسبه معیارها و وزن آنها با استفاده از روش AHP

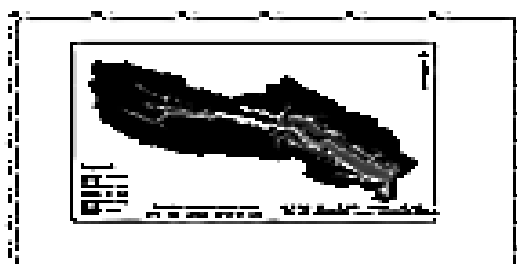
با استفاده از نرم افزار GIS و گوگل ارث نقشه هر پارامتر تهیه شد و سپس با استفاده از نرم افزار AHP وزن هر معیار که بیان کننده اهمیت هر عامل نسبت به سایر عوامل است که مجموع ارزش این عوامل می‌بایست ۱۰۰٪ باشد بدست آمد. در این روش ابتدا با استفاده از قضاوت کارشناسی که مبتنی بر قضاوت پژوهشگر در مورد عوامل موثر در لغزش و نتایج حاصل از سایر تحقیقات در حوزه‌های آبخیز مجاور منطقه (حوزه آبخیز بهشت آباد شهرستان شهرکرد) و مناطقی با شرایط محیطی مشابه اقدام به رتبه‌بندی زیرمعیارها و در نهایت معیارهای اصلی نمود (محمدخان، ۱۳۸۰). همانطور که در شکل (۵) مشخص می‌باشد که از بین ۴ معیار اصلی، پارامتر هیدرولوژی بیشترین تاثیر را بر روی نقشه پهنه‌بندی دارد.



شکل ۵. هیستوگرام خروجی نرم افزار Expert choice در ارتباط با معیارهای مورد است.



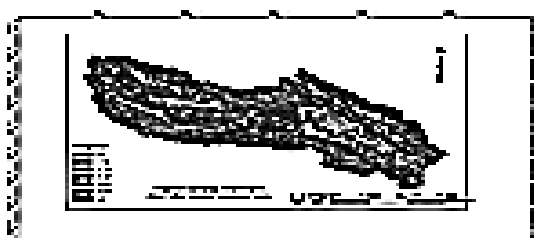
شکل ۶. هیستوگرام خروجی نرم افزار Expert choice در ارتباط با معیار های مورد است



ساحل طبیعت یزدان



ساحل الصدفین جند



ساحل نیل



ساحل الصدفین رونقده



ساحل تنیس گلرود رضایی



ساحل طبیعت ارضانی



ساحل جهت جیران

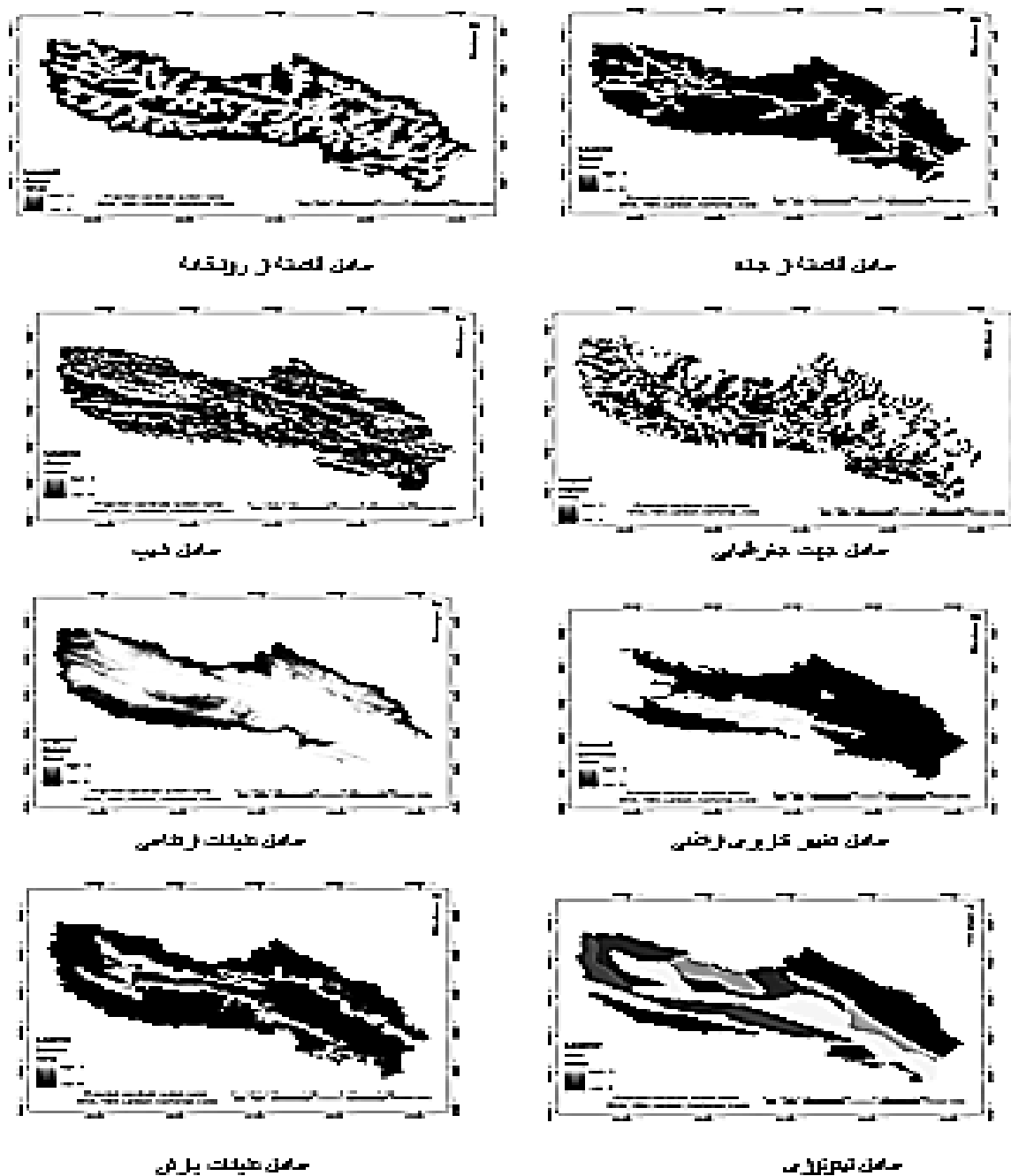


ساحل تنیس گلرود

شکل ۷. عوامل موثر در روش تحلیل سلسله مراتبی

۲.۳. محاسبه معیارها با استفاده از روش FAHP

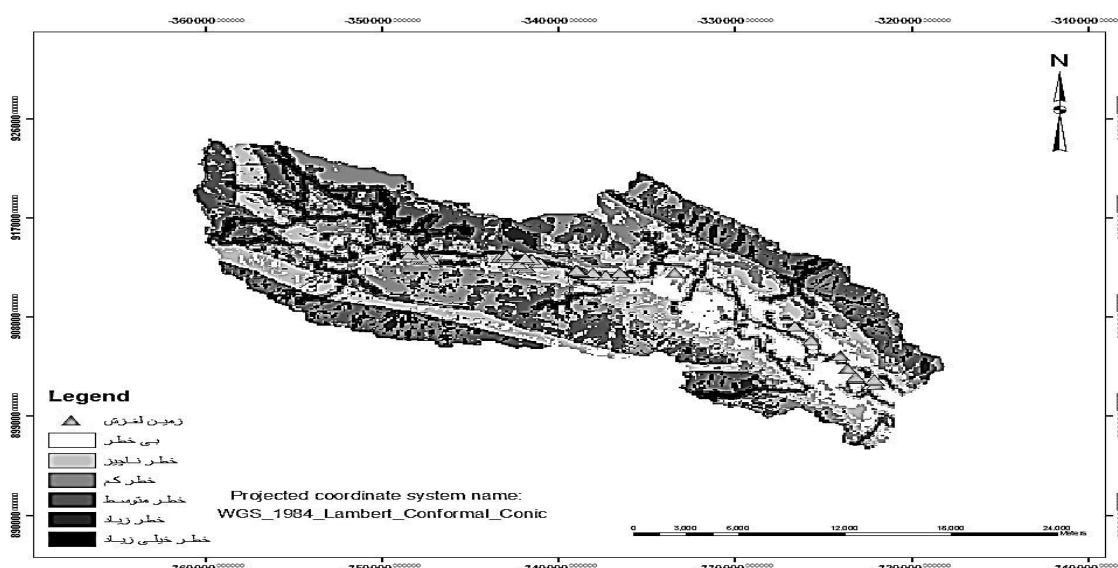
برای این منظور مشابه روش تحلیل سلسله مراتبی، پارامترها وزندهی گردیده و توسط ماتریس مقایسه، دو به دو با هم سنجیده شده و وزندهی آن انجام می‌شود سپس هم معیارهای کمی و هم معیارهای کیفی تبدیل به فازی شدند و در وزن های بدست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی ضرب شدند و نقشه نهایی FAHP بدست آمد.



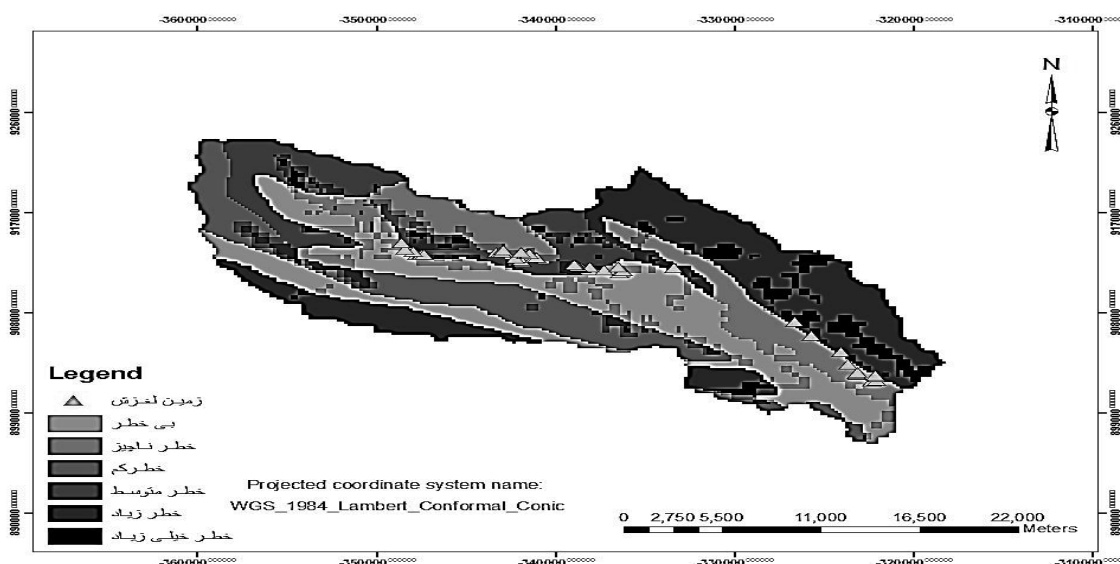
شکل ۸. عوامل موثر با استفاده از روش فازی

۳.۳. ارزیابی روش پهنه‌بندی

از آن جا که نمی توان جهت ارزیابی کارایی و صحت نقشه خطر زمین لغزش، از نقشه پراکنش زمین لغزش استفاده کرد (Remendo, 2003). جهت حل این مشکل از ۴۵ نقطه لغزشی که در منطقه شناسایی گردید دو سوم نقاط لغزشی (۳۰ نقطه) برای مدل‌سازی و یک سوم نقاط لغزشی برای کالیبره کردن مدل استفاده گردید (Komac, 2006). سپس نقشه به دست آمده با نقشه پراکنش زمین لغزش مقایسه شد. نتیجه به دست آمده از انجام پهنه‌بندی خطر زمین لغزش عموماً به صورت نقشه‌هایی است که کلاس‌های مختلف خطر را در منطقه نشان می‌دهد. جهت طبقه‌بندی کلاس‌های خطر زمین لغزش پس از جمع وزن‌ها و تشکیل نقشه خطر با تهیه منحنی فراوانی از وزن‌های بدست آمده (محور X ها) و درصد تجمعی آنها (محور Y ها) نقاط شکستگی شیب و عطف این منحنی به‌عنوان مرز کلاس‌های طبقه‌بندی خطر انتخاب می‌شوند (سفیدگری، ۱۳۸۱).



شکل ۹. نقشه نهایی بدست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی



شکل ۱۰. نقشه نهایی بدست آمده با استفاده از روش FAHP

با توجه به بازدیدهای میدانی صورت گرفته از منطقه می‌توان گفت ۲ عامل بارندگی و فاصله از رودخانه بیشترین تاثیر را بر لغزش‌های منطقه بهشت آباد دارند که این امر را می‌توان بر روی ۲ نقشه نهایی بدست آمده به راحتی مشاهده نمود، همچنین می‌توان گفت از آنجایی که رودخانه‌ها در شیب‌های پایین قرار دارند و امکان بروز لغزش در شیب‌های پایین ۵٪ وجود ندارد لذا عامل فاصله از رودخانه تا یک فاصله‌ی خاص می‌تواند بر روی لغزش تاثیر بگذارد. با توجه به بارندگی زیاد در شهرستان شهرکرد کشت دیم در سال‌های گذشته رونق زیادی داشته ولی این اراضی با افزایش جمعیت، تبدیل به اراضی مسکونی و راه‌سازی شده که این تغییر کاربری‌های سهم بسزایی در بروز پدیده لغزش در این منطقه ایفا می‌کند و این پارامتر اساسی (تغییر کاربری) در این مطالعه لحاظ شده و وزن بالایی را در نظرسنجی صورت گرفته به خود اختصاص داده است.

۳.۴. مقایسه دو روش AHP و FAHP

جهت مقایسه روش جمع مطلوبیت استفاده شد که این روش دارای یک فرمول می‌باشد که در آن مقدار جمع مطلوبیت برای هر روش از فرمول زیر بدست می‌آید. مقدار Q_s (Quality Sum یا جمع مطلوبیت) بین صفر تا هفت می‌باشد و هر چه مقدار آن به هفت نزدیک‌تر باشد آن مدل از صحت بیشتری برخوردار است (شریعت جعفری و همکاران، ۱۳۸۶).

$$Q_s = \sum_{i=1}^n (Dr-1)^2 \cdot S \quad 1-4$$

در این رابطه Dr (Density Ratio) عبارت است از نسبت تعداد حرکات توده‌ای هر کلاس به مساحت آن تقسیم بر نسبت تعداد حرکات توده‌ای کل به مساحت کل، S : نسبت مساحت هر کلاس خطر به مساحت کل و n : تعداد رده خطر می‌باشد.

جدول ۲. نتایج ارزیابی دوروش از طریق جمع مطلوبیت

روش پیش بینی خطر زمین لغزش	تعداد حرکات توده‌ای	کلاس خطر	مساحت (هکتار)	لغزش (هکتار)	مساحت پهنه خطر (هکتار)	Dr	S	Q_s
تحلیل سلسله مراتبی	۰	بی خطر	۰	۱۴۸۳۴	۰	۰	۰	۰
	۳	ناچیز	۲/۱	۷۷۶۵	۰/۰۷	۰/۵۹۵۲۳۸۱	۰/۰۷	۰
	۹	کم	۵/۳	۱۳۷۸۵	۰/۲۲	۰/۰۵۵۰۳۱۴۴۷	۰/۲۲	۰
	۶	متوسط	۷/۵	۱۶۵۷۵۶	۰/۲۸	۰/۲۷۷۷۷۷۷۸	۰/۲۸	۰/۵۲۷
	۱۸	زیاد	۱۸/۳	۱۷۴۹	۰/۲۵	۰/۳۴۱۵۳۰۰۵	۰/۲۵	۰
	۹	خیلی زیاد	۱۱/۶	۲۳۳۵	۰/۱۵	۰/۲۱۵۵۱۷۲۴	۰/۱۵	۰
فازی	۰	بی خطر	۰	۵۴۴۱	۰	۰	۰	۰
	۱	ناچیز	۱/۴	۱۳۵۵۷	۰/۰۴	۰/۲۹۷	۰/۰۴	۰
	۵	کم	۱/۶	۱۶۵۵۵	۰/۱	۰/۱۳	۰/۱	۰
	۸	متوسط	۲۰/۶	۱۶۵۴۹	۰/۱۹	۰/۱۴۱	۰/۱۹	۰/۵۴۸
	۲۰	زیاد	۱۷	۷۲۲۴	۰/۵۷	۰/۴۹	۰/۵۷	۰
	۱۱	خیلی زیاد	۴/۱	۲۸۰۱	۰/۱۲	۰/۳۰۴	۰/۱۲	۰

۴. بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان بیان نمود که سیستم‌های فازی برای مدل‌سازی دو نوع اصلی عدم قطعیت در پدیده‌های موجود در جهان، یعنی عدم قطعیت ناشی از ضعف دانش و ابزار بشری در شناخت پیچیدگی‌های یک پدیده و نوع دوم عدم قطعیت مربوط به عدم صراحت و عدم شفافیت مربوط به یک پدیده یا ویژگی خاص آن کاربرد فراوانی دارد به طوری که منطق فازی با انعطاف‌پذیری فوق‌العاده برای تحلیل معانی زبان طبیعی، قادر است ابهامات برخاسته از ذهن انسان، محیط و عدم قطعیتی که همواره در قضاوت انسانی وجود دارد مدل‌سازی و تحلیل نماید. از این رو افق تازه‌ای برای سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری پیش روی مدیران قرار می‌دهد. مطالعه صورت گرفته توسط عظیم‌پور و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد مهم‌ترین عامل بر روی زمین‌لغزش منطقه اهرچای عامل زمین‌شناسی می‌باشد و عوامل انسانی کمترین نقش در بروز زمین‌لغزش دارند، در حالی که در این مطالعه بیشترین نقش را عوامل هیدرولوژی و کمترین نقش را عوامل توپوگرافی داشتند. همچنین در مطالعه انجام شده توسط قهرمانی و همکاران مشخص شد که مدل به‌دست آمده از LNRFP تطابق بیشتری با شرایط محیطی دارد ولی در این مطالعه روش FAHP تطابق بیشتری با شرایط محیطی دارد.

در این مطالعه مشخص شد که روش FAHP با داشتن جمع مطلوبیت بیشتر نسبت به روش AHP از دقت بالاتری در پهنه‌بندی لغزش منطقه برخوردار هست. لذا با توجه به نقشه نهایی بدست آمده از روش فازی از کل مساحت منطقه ۸/۷۶٪ بی خطر، ۲۱/۸۳٪ با خطر ناچیز، ۲۶/۶۴٪ با خطر کم، ۲۶/۶۳٪ با خطر متوسط، ۱۱/۶۳٪ با خطر زیاد و ۴/۵۱٪ با خطر خیلی زیاد می‌باشد. علاوه بر این با روی هم گذاری نقاط لغزشی بر روی هریک از ۸ لایه اولیه در محیط GIS مشخص شد که بیشترین لغزش‌های منطقه در شیب‌های ۱۲-۳۰ درصد، جهت‌های رو به جنوب (به علت پوشش گیاهی ضعیف‌تر نسبت به جهت‌های

دیگر)، زمین‌های با زراعت آبی، سازندهای Kbgp^۱ (گروه بنگستان، عمدتاً متشکل از سنگ آهک و شیل و ترکیبی از البین و ساخت‌هایی از کژدومی، سرواک، سورگاه و ایلام)، در فواصل نزدیک با کانال اصلی رودخانه و جاده‌های آسفالت، در ارتفاعات ۲۰۰۰-۱۶۰۰ متر از سطح دریا و در نهایت در مناطقی که میزان بارندگی بین ۷۸۰-۶۸۰ میلیمتر است اتفاق افتاده است. در واقع در این بررسی مشخص شد که هرچه به سمت مناطق مرتفع‌تر پیش برویم چون عمق خاک کاهش پیدا می‌کند از میزان لغزش‌ها کمتر می‌شود همچنین مناطق پست‌تر بدلیل اینکه شیب کمی دارند و جهت مشخصی ندارند میزان لغزش کمتر از قسمت‌های میانی منطقه مورد بررسی بود. بطور کلی از روی نقشه‌های نهایی بدست آمده از منطقه می‌توان مناطق پر خطر را به آسانی شناسایی کرد و به دنبال راهکارهایی جهت جلوگیری از این پدیده‌ی مخرب طبیعی بود.

۵. سپاسگذاری

از اهالی محترم شهرستان کوه‌رنگ و روستاهای اطراف آن بخاطر همکاری با تیم تحقیق و همچنین از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان چهارمحال و بختیاری بخاطر در اختیار گذاشتن اطلاعات و شناسنامه‌های لغزش سپاسگذاری می‌شود.

^۱ Undivided Bangestan Group, mainly limestone and shale, Albian to Campanian, comprising the following formations: Kazhdumi, Sarvak, Surgah and Ilam

۶. مراجع

۱. خلیلی زاده، م.، ۱۳۸۸. بررسی مدل حائری-سمیعی در پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. فصل نامه جغرافیای طبیعی، شماره ۳.
۲. سفیدگری، ر.، ۱۳۸۱. ارزیابی روش های پهنه بندی خطر زمین لغزش حوزه آبخیز دماوند، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۵۹ ص.
۳. شادفر، ص.، م. یمانی، ج. قدوسی، و ج. غیومیان، ۱۳۸۶. پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مطالعه موردی: حوزه آبخیز چالکروند تنکابن. مجله پژوهش و سازندگی در: منابع طبیعی. ۷۵: ۱۲۶-۱۱۹.
۴. شریعت جعفری، م.، و ر. حامدپناه. ۱۳۸۶، پیش بینی خطر ناپایداری شیب های طبیعی با استفاده از عملگرهای ضرب و جمع جبری فازی در البرز مرکزی. مجله منابع طبیعی ایران. ۳۰ ۳. ۶۰۳-۱۳۱۶-۱۰۲۵.
۵. عظیم پور، ع.، ج. صدوق، ع. دلال اوغلی، و م. ر. ثروتی. ۱۳۸۸. ارزیابی نتایج مدل خطر زمین لغزه مطالعه موردی حوزه آبخیز اهر چای. فضای جغرافیایی، ۲۶ ۹: ۷۱-۸۷.
۶. قهرمانی، ن.، ع. خاشعی سیوکی، و ر. دخیلی. ۱۳۹۱. بررسی روش های تحلیل سلسله مراتبی AHP، FAHP، LNRF مطالعه موردی حوزه آبخیز النگ دره، مجله سنجش اذدور و GIS ایران، ۴۱ ص ۶۵-۸۰.
۷. محمدخان، ش. ۱۳۸۰، ساخت مدل منطقه ای خطر حرکت های توده ای با استفاده از روش کیفی سلسله مراتبی سیستم ها در حوزه آبخیز طالقان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
8. Ahmadi, H., and Sh. Mohamadkhan., 2001. Investigation of some mass movements in Taleghan basin, *Natural Resources of Iran*, 4: 455-464. In Persian.
9. Fatemi Aghda S. M., J. Ghayoumian., M. Teshnehlab., and A. Ashghali Farahani., 2005. Assessment of landslide hazard by using fuzzy logic Case study: Rudbar Area, *Journal of science*, University of Tehran, 1: 43-64.
10. Gorsevski, P. V., P. Jankowski., and P. E. Gessler., 2006. Heuristic approach for mapping landslide hazard integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process, *Control and Cybernetics*, 35: 1-26
11. Komac, M., 2006. A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy process method and multivariate statistic in per alpine sloveni. *Geomorphology*: 74: 17-28.
12. Kore pazan-e-Dezfoli, A. 2006., fuzzy set theory principles and its application in water engineering modeling issues, Amirkabir University.
13. Naderi, F., B. Naseri., H. Karimi., and Gh. Habibi Bibalani., 2010, Efficiency evaluation of different landslide susceptibility mapping methods Case study: Zangvan watershed, Ilam province : First international conference of soil and roots engineering relationship LANDCON1005 , Ardebil Province, Iran.
14. Ownegh, M. 2002, Landslide hazard and risk assessment in the southern Suburbs of Newcastle, Sabbatica research report No. 2, University of Newcastle, Australia pp. 85.
15. Remendo, J., A. Gonzales., J. Teran., A. Cendrero., A. Fabbri., and C. Chung., 2003. Validation of landslide susceptibility maps, examples and applications from a case study in northern Spain, *Natural Hazard*, pp: 437-449.
16. Saaty, T., 1980. the analytic hierarchy process McGraw Hill.
17. 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.