پهنه‌بندي پتانسيل خطر زمين لغزش به روش تحليل سلسله مراتبي (AHP) و رگرسيون چند متغيره (MR) (مطالعه موردي: سراب حوضه كارون شمالي)

كورش شيراني[1]، محمدرضا حاجي‌هاشمي‌جزي*[2]، سيدعلي نيك‌نژاد[2] و سليمان رخشا[3]
[1] دانشجوي دكتري ژئومرفولوژي دانشگاه اصفهان، ايران
[2] كارشناسي‌ارشد بيابانزدايي، ايران
[3] كارشناس‌ارشد محيط‌زيست، ايران
(تاريخ دريافت: ٨٩/١١/١٢، تاريخ تصويب: ٩٠/١١/١٢)

چكيده

در حوزه‌هاي آبخيز غربي و جنوبي استان اصفهان، تركيب عوامل طبيعي و انساني موجب وقوع خسارت‌هاي زياد ناشي از زمين لغزش‌ها شده است. يكي از راهكارهاي مهم براي كاهش خسارت هاي ناشي از وقوع زمين لغزش‌ها، دوري جستن از اين مناطق است. به‌اين منظور بايد نقشه پهنه بندي خطر زمين لغزش دقيقي براي اين مناطق تهيه شود. براي انجام اين پژوهش در آغاز به‌وسيله عكس‌هاي هوايي، نقشه‌هاي زمين شناسي موجود و بررسي‌هاي ميداني نقشه پراكنش زمين لغزش-ها در حوضه رودخانه ماربر از زيرحوضه‌هاي بالا دست رودخانه كارون با وسعت ٨٠٠ كيلومتر مربع تهيه شد. سپس ٩ عامل سنگ شناسي، شيب، كاربري اراضي، بارش، پوشش گياهي، جهت شيب، و عناصر خطي جاده، گسل و آبراهه درقالب ٥۴ متغير مورد بررسي قرار گرفت. براي بيشتر كردن دقت، سرعت و سهولت تحليل از سيستم اطلاعات جغرافيايي در نرم افزار ArcGIS استفاده شد. از هم‌پوشاني نقشه‌هاي مذكور، ٢٧۴۶۶ واحد همگن حاصل شد كه پايه اعمال روابط حاصل از دو روش تحليل رگرسيوني چندمتغيره (MR) و سلسله مراتبي (AHP) از مدل‌هاي تصميم‌گيري چند معياري (MADM) شد. تجزيه و تحليل نتايج به‌دست آمده نشان داد، هر دو روش، داراي دقت يكساني در جداسازي پهنه‌هاي (رده‌هاي) خطر با شاخص زمين لغزش مشخص مي‌باشند. اما روش سلسله مراتبي مبتني بر داده‌هاي رگرسيوني، بر پايه شاخص مجموع كيفيت كه به‌عنوان شاخص صحت از آن ياد مي‌گردد، داراي مطلوبيت بيشتري مي‌باشد. اين مسئله ناشي از بكارگيري تمامي متغيرهاي (٥۴ متغير) ناشي از عملكرد ذاتي و همزمان تمامي پديده‌هاي طبيعي و دخيل در رخداد زمين‌لغزش مي‌باشد. براساس روش آماري چند متغيره، فقط ٣٠ متغير از مجموع ٥۴ متغير در سطح ٩٥% و ٩٩% معني دار بوده و مابقي اختلاف معني داري ندارند. ضريب r براي معادله رگرسيون ٥٧% به دست آمد كه كاملاً قابل قبول مي‌باشد.

واژه‌هاي كليدي: تحليل سلسله مراتبي، پهنه‌بندي، زمين لغزش، حوزة آبخيز ماربر، رگرسيون، GIS

* نويسنده مسئول: تلفن: ٠٩١٩-١٧۶٥٨١۴ فاكس: ٠٢٦-٣٢٢٢٧٧۶٥ E-mail: mr.hajihashemi65@gmail.com

مقدمه

حرکت‌هاي دامنه‌اي و به طور ويژه زمين لغزش‌ها در زمره پرخسارت‌ترين مخاطرات طبيعي است که همگام با دست‌کاري بشر در سيستم‌هاي طبيعي در دهه اخير شتاب فزاينده‌اي يافته است (Emami & Ghayomian, 2003). از آنجا که پيش‌بيني زمان رخداد زمين‌لغزش‌ها از توان علم و دانش بشر خارج مي‌باشد، لذا با شناسايي مناطق حساس به زمين‌لغزش و رتبه‌بندي کردن آن مي‌توان تا حدودي از خطر ناشي از بروز زمين‌لغزش جلوگيري نمود(Shirani *et al*, 2005). پهنه‌بندي خطر زمين‌لغزش، سطح زمين را به نواحي ويژه و مجزايي از درجات بالفعل و يا بالقوه خطر از هيچ تا بسيار زياد تقسيم مي‌کند (Alesheikh *et al.*, 2009).

اين فرآيند که بر پايه شناخت ويژگي‌هاي طبيعي و مدل سازي کمي بر پايه داده‌هاي ناحيه مورد مطالعه صورت مي‌گيرد، مي‌تواند مبنايي براي اقدامات بعدي و برنامه ريزي‌هاي آتي توسعه و عمران در مقياس منطقه‌اي، ناحيه‌اي و محلي باشد. در مورد پهنه‌بندي خطر حرکت‌هاي توده‌اي تاکنون بررسي‌هاي زيادي صورت گرفته است و محققان مختلف با بهره‌گيري از روش‌هاي مختلف طبقه‌بندي‌هاي متعددي ارايه داده‌اند (Alesheikh *et al.*, 2009). اما بسته به وضعيت موجود منطقه مورد مطالعه، دقت و انعطاف هر يک از اين روش‌ها متفاوت خواهد بود. بنابراين جهت شناخت مناطق داراي پتانسيل زمين‌لغزش و تهيه نقشه پهنه‌بندي خطر بايد بهترين و دقيق‌ترين روش را با توجه به عوامل موثر در رخداد و وضعيت منطقه انتخاب نمود (shirani, 2004). تاکنون تحقيقات متعددي در داخل و خارج کشور در زمينه پهنه‌بندي خطر زمين لغزش انجام گرفته است که عمدتاً شامل بهره‌گيري از روش‌هاي آماري دو متغيره و چند متغيره (Shadfar *et al.*, 2007. Behnyafar *et al.*, 2009 Cornforth, 2005, Gee, 1992) يا ترکيبي از روش‌هاي آماري فوق با روش تحليل سلسله مراتبي (Ahmadi, AliMohammadi *et al.*, ، 2003, Alijani *et al.*, 2007 2009) رگرسيون چند متغيره (Shirani *et al*, 2006) و ارزش اطلاعاتي، مي‌باشد.

پژوهش حاضر بر آن است تا ضمن پهنه‌بندي حوزه‌رودخانه ماربر از نظر خطر رخداد زمين‌لغزش با بهره‌گيري از دو روش رگرسيون چند متغيره (MR[1]) و تحليل سلسله مراتبي (AHP[2])، نسبت به استخراج ضرايب متغيرهاي مستقل به کمک روش رگرسيون چند متغيره (MR) به عنوان وزن کمي عوامل مؤثر، بجاي قضاوت کارشناسي اهميت نسبي عوامل مؤثر در ماتريس تحليل سلسله مراتبي (AHP)، اقدام نموده و در پايان با ارزيابي دو روش فوق، مقدار دقت آنها تعيين شود. با توجه به سابقه پژوهش، نتايج حاصل از مدل سازي با بهره‌گيري از اين دو روش دقت‌هاي متفاوتي نشان مي‌دهد. در صورتي که روش شناسي به‌کار رفته در هر دو روش مانند هم است و محدوديتي براي دخالت دادن متغيرها در آنها وجود ندارد.

مواد و روش‌ها

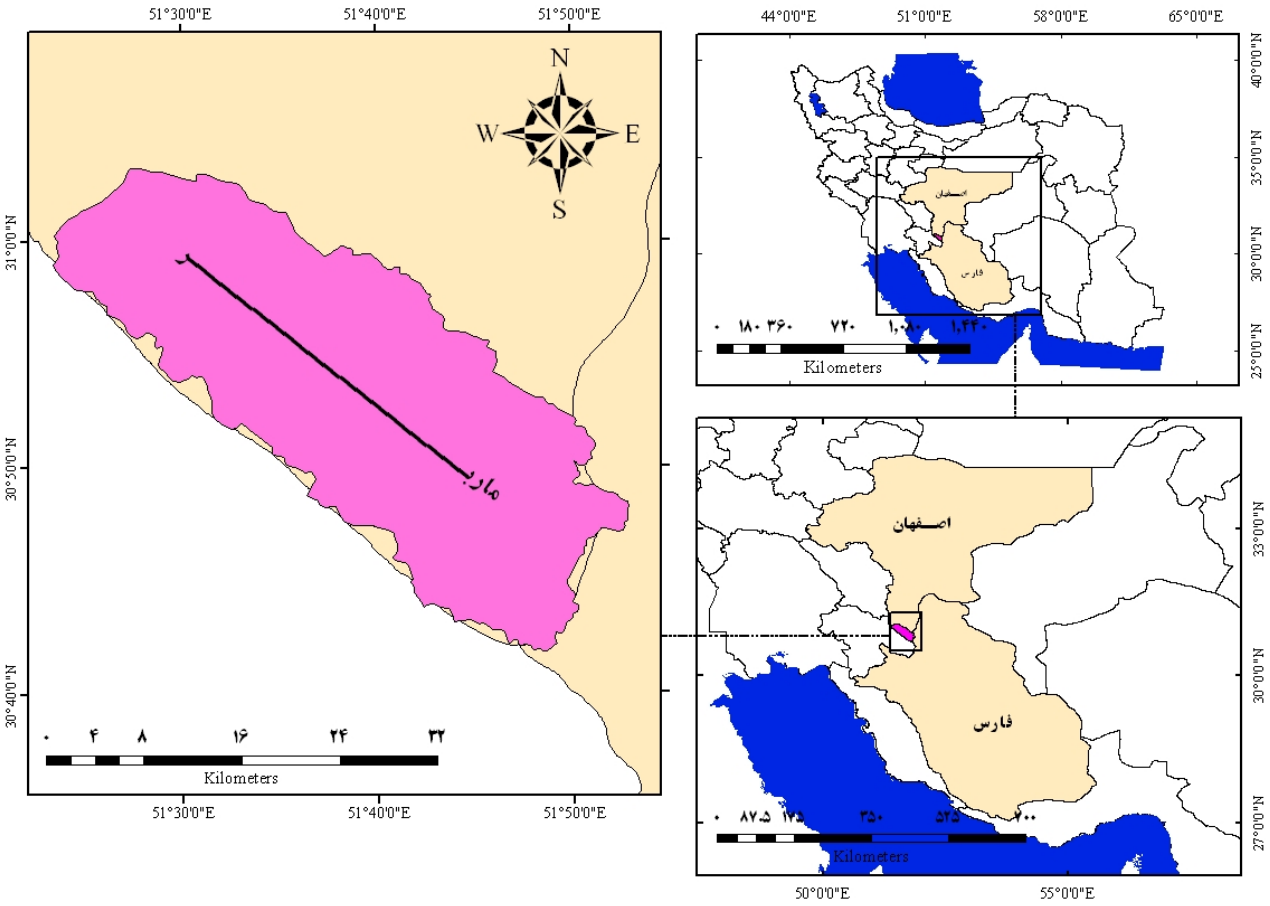
منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه ماربر در حد فاصل "۴۸ ′۴۱ °۳۰ تا "۲۰ ′۳ °۳۱ عرض شمالي و "۱۸ ′۲۳ °۵۱ تا "۵۴ ′۵۲ °۵۱ طول شرقي واقع شده است. وسعت حوضه ماربر حدود ۸۰۰ کيلومتر مربع مي‌باشد و در ۵۵ کيلومتري جنوب شهر سميرم قرار دارد. اين حوضه در جنوبي‌ترين قسمت استان اصفهان و تقريباً شمال استان فارس قرار مي‌گيرد (شکل ۱).

ناحيه مورد نظر در سلسله جبال زاگرس در زون زاگرس مرتفع جاي گرفته و در واقع به دليل عملکرد راندگي دنا، بيده و کوه سياه ناگهان به پيکر بلندي در کنار و موازي بخش زاگرس چين‌خورده قرار گرفته است. بالاترين ارتفاع منطقه ۴۴۹۷ متر و پايين ترين ارتفاع آن به ۱۹۷۱ متر مي‌رسد. سطح اين حوزه معادل ۲۶/۲۲ درصد مساحت ايران است .با توجه به تقسيم‌بندي نواحي اقليمي ايران

[1] Multivariation regression
[2] Analytical hierarchy process

توسط Masodian & Kaviani (2007) حوضه ماربر از نظر موقعيت جغرافيايي جزء اقليم بلنديها و بر حسب ويژگيهاي اقليمي جزء اقليم "سرد، بارشمند، خشك" مي‌باشد. ميانگين بارش سالانه در منطقه ٥٦٦/٨ ميليمتر مي‌باشد.



شكل ١- موقعيت جغرافيايي حوزه آبخيز ماربر

براي پهنه‌بندي خطر رخ داد زمين‌لغزش، حوضه رودخانه ماربر از دو روش رگرسيون چند متغيره و روش تحليل سلسله مراتبي استفاده شده است. روش رگرسيون چند متغيره رابطه متقابل بين متغيرهاي مستقل (عوامل موثر) نسبت به هم و نسبت به يک متغير وابسته (رخ‌داد زمين‌لغزش) را يكجا در نظر مي‌گيرد. در اين روش داده‌هاي اوليه و نتايج حاصل از پردازش به صورت كمي ارائه مي‌شود. اما روش تحليل سلسله مراتبي سيستم‌ها بر پاية مقايسه زوجي معيارها استوار بوده و ابتدا با وزن‌دهي به تک تک عوامل در نظر گرفته شده و سپس امتياز دهي به هر كدام از طبقه‌هاي مربوط به هر معيار، ضرايبي به دست مي‌آورد كه برپايه آنها مدل نهايي را ارائه مي‌نمايد (Feiznia *et al.*, 2004).

تعيين عوامل موثر

با توجه به موقعيت منطقه، مرفومتري حوزه، بررسي‌هاي ميداني، مرور مطالعات انجام شده در مناطق مشابه با حوزه‌هاي كارون شمالي و دز عليا، نقشه‌هاي موضوعي موجود و نيز روش هاي پهنه‌بندي مورد استفاده، ٩ عامل كاربري اراضي، شيب، سنگ شناسي، جهت شيب، بارش، پوشش گياهي، فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از آبراهه براي هر دو روش به صورت يكسان انتخاب و مورد

بررسي قرار گرفت. كه هركدام از اين عوامل به رده‌هاي مختلفي تقسيم گرديد و مجموعا ٥٤ متغير جهت انجام پهنه‌بندي خطر زمين لغزش بدست آمد.

تهيه نقشه پراكنش زمين لغزش‌ها

در حوضه رودخانه ماربر زمين لغزش‌هاي زيادي رخداده است و از لحاظ لغزش پتانسيل بالايي دارد. به منظور انجام اين تحقيق كه اساس آن نقشه پراكنش لغزش‌هاي حوزه مي‌باشد، برداشت محدوده لغزش‌ها برپايه پيمايش صحرايي و با بهره‌گيري از دستگاه موقعيت ياب جهاني (GPS[1]) در منطقه مورد مطالعه انجام شد. برداشت لغزش‌ها در مناطق صعب العبور و غير قابل دسترس با بهره‌گيري از عكس هاي هوايي با مقياس ١/٤٠٠٠٠ و تصاوير ماهواره‌اي ASTER 2002 امكان پذير شد. موقعيت ١٠٣ زمين لغزش رخ داده در حوضه ماربر جهت انجام پهنه‌بندي مشخص و سپس تصحيح زميني محدوده لغزش‌ها با پيمايش صحرايي صورت گرفت. در مرحله بعد اطلاعات مختصات نقاط لغزشي در محيط GIS[2] وارد شد و نقشه پراكنش زمين لغزش منطقه با بهره‌گيري از نرم افزار ArcGIS به دست آمد. اين نقشه به عنوان پايه و اساس كار پهنه بندي منطقه مورد استفاده قرار گرفته و از آن به عنوان نقشه واقعيت زميني لغزش نام برده شده است (شكل ٢).

تهيه نقشه‌هاي عوامل موثر

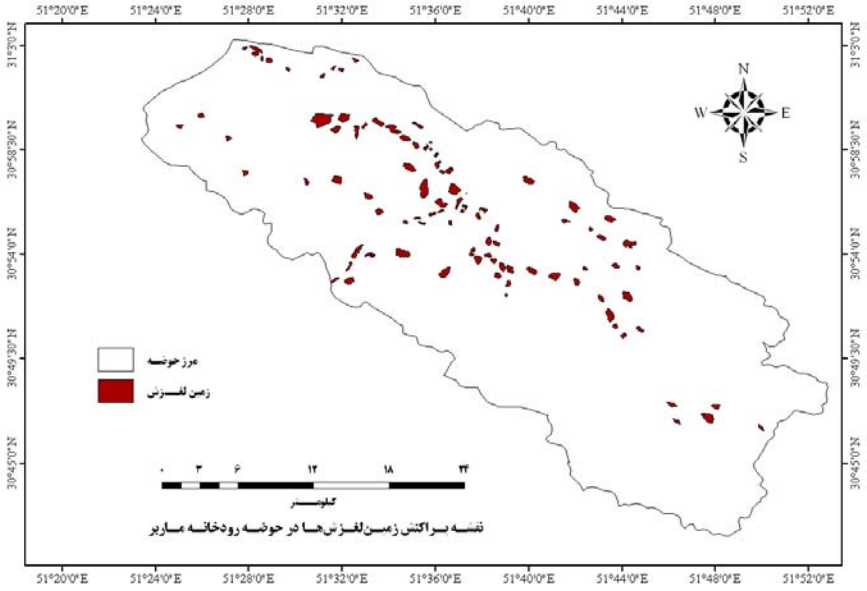
نقشه‌هاي عوامل موثر با بهره‌گيري از نقشه‌هاي توپوگرافي ١:٢٥٠٠٠، ١:٥٠٠٠٠ منطقه، نقشه‌هاي تدقيق شده زمين‌شناسي ١:١٠٠٠٠٠، لايه رقومي زمين‌شناسي ايران، نقشه DEM[3] حاصل از نقشه‌هاي توپوگرافي ١:٢٥٠٠٠، تفسير عكس‌هاي هوايي ١:٤٠٠٠٠ سازمان نقشه برداري كشور، تصاوير ماهواره اي ASTER2002 و نتايج به‌دست آمده از پرسشنامه‌ها و بررسي مطالعات انجام شده در مناطق مشابه، در محيط GIS تهيه گرديد.

نقشه هم باران منطقه نيز با بهره‌گيري از آمار ٣٠ ساله ايستگاه‌هاي واقع در منطقه و با روش ميان‌يابي در محيط Surfer تهيه شد. در مرحله بعد جهت بدست آمدن واحدهاي همگن و كمي كردن عوامل، در مورد برخي از عوامل مانند شيب، بارندگي، فاصله از آبراهه، گسل و جاده نقشه هر عامل با توجه به ويژگي‌هاي خاص آن عامل و با بهره‌گيري از نمودار فراواني تجمعي پيكسل‌ها در مقابل ارزش هر پيكسل استفاده شده است. روي اين منحني مناطقي كه شيب منحني تغيير پيدا مي‌كند را به‌عنوان مرز يک طبقه با طبقه ديگر در نظر مي‌گيرند. در مورد نقشه‌هاي جهت شيب، زمين‌شناسي، كاربري اراضي، پوشش گياهي با توجه به محتويات هر لايه، رده‌بندي انجام گرفت.

تعيين واحدهاي همگن

به منظور پهنه‌بندي خطر زمين لغزش در حوضه ماربر با روش رگرسيون خطي چند متغيره، لايه‌هاي رقومي عوامل موثر و لايه پراكنش زمين‌لغزش‌ها جهت بدست آمدن نقشه واحدهاي همگن در محيط GIS و بوسيله ابزار Union هم‌پوشاني شده و ٢٧٤٦٦ واحد همگن ايجاد شد. از ميان واحدهاي همگن بدست آمده ٢٠٠١ واحد آنها لغزش داشته است. لازم به ذكر است، واحدهاي همگن واحدهايي هستند كه داراي ويژگي هاي مشتركي از نظر عوامل سنگ شناسي(LIT)، شيب (SLP)، كاربري اراضي (LUS)، بارش (RAN)، پوشش گياهي (RNG)، جهت شيب (ASP)، زمين‌لغزش (SLD) و عناصر خطي نظير جاده (ROD)، گسل (FLT)، آبراهه (DRN) مي‌باشند و به واسطه اختلاف در حداقل يكي از عوامل ذكر شده با واحدهاي مجاور خود متمايز مي شوند. به اين ترتيب در مورد هر عامل مي توان تعداد واحدهاي همگن داراي لغزش را انتخاب كرده و مقدار تاثير آنرا در وقوع زمين لغزش‌ها بررسي و به مقدار كمي تبديل كرد (Ahmadi , 2003).

[1] Global Positioning System
[2] Geographical information system
[3] Digital elevation model



شکل ٢- نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌هاي حوضه رودخانه ماربر

صحت سنجي و مقايسه روش‌هاي مورد استفاده

در اين مرحله با تلاقي نقشه پراکنش زمين لغزش‌هاي حوزه و نقشه‌هاي پهنه بندي خطر در محيط GIS، به ارزيابي و مقايسه روش‌هاي پهنه‌بندي خطر زمين‌لغزش، با بهره‌گيري از روش مجموع کيفيت (Qs) و دقت (P) پرداخته و مدل مناسب منطبق با منطقه مورد بررسي، انتخاب مي‌گردد. همچنين براي ارزيابي و مقايسه دقت بين پهنه‌ها يا رده‌هاي خطر در هر روش از روش‌هاي پهنه‌بندي، از نسبت تراکم (Dr) استفاده گرديده است (Shirani *et al.*, 2006, Shariat ،Shadfar *et al.*, 2007 , Alijani *et al.*, ،Jafari & Ghayomian, 2008 2007، Jade & Sarkar,1993, Safai *et al.*, 2009.).

پس از برداشت لغزش‌ها و تهيه نقشه پهنه‌بندي خطر زمين لغزش به روش‌هاي آماري چندمتغيره (MR) و تحليل سلسله مراتبي(AHP)، براي تطبيق اين نقشه‌ها با نقشه واقعيت زميني و مقايسه آنها با يکديگر، از رابطه مجموع کيفيت (Qs) يا همان صحت روش، استفاده شد (Shirani *et* Shariat Jafari & Ghayomian, 2008). *al.*, 2006 , Alijani *et al.*, 2007

صحت يا مجموع کيفيت (**Qs**)

براي تعيين مجموع کيفيت لازم است ابتدا نسبت تراکمي محاسبه گردد که در قالب رابطه ١ محاسبه مي‌گردد (Gee, M.D, 1992).

١)

$$Dr = \frac{Si/Ai}{\sum_i^n Si / \sum_i^n Ai}$$

که در آن Si=مجموع مساحت زمين لغز ش هاي واقع در هر رده خطر، Ai = مساحت i مين رده خطر در يك نقشه پهنه بندي، n=تعداد رده‌هاي خطر.

در يك روش (نقشه) پهنه بندي، تراکم لغزش رده با ١- Dr= معادل با ميانگين تراکم لغزش در کل منطقه و رده داراي نسبت تراکمي ٢، داراي تراکم لغزشي معادل با دو برابر تراکم لغزش منطقه مي‌باشد. بنابراين هرچه تفکيك بين رده‌هاي خطر توسط شاخص نسبت تراکم (Dr) بهتر صورت گرفته باشد، روش (نقشه) از دقت يا مطلوبيت بيشتري برخوردار است.

مقدار مجموع کيفيت(Qs) که توسط رابطه ٢ محاسبه مي‌گردد، نشان دهنده صحت يا مطلوبيت عملکرد روش در پيش‌بيني خطر رانش زمين در منطقه است. معمولاً مقدار اين شاخص براي روش هاي مختلف در گستره صفر و ٧ قرار مي‌گيرد. اگرچه از لحاظ تئوريك حدي براي آن

وجود ندارد. در ارزيابي زوش‌ها هرچه مقدار مجموع كيفيت(Qs) بيشتر باشد، روش از صحت يا مطلوبيت بيشتري در تفكيك برخوردار است. مقدار مجموع كيفيت از رابطه (۲) به دست مي‌آيد

(Shadfar *et al.*, 2007, Shirani *et al*, 2006, Cornforth, 2005).

(۲

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

Qs = مجموع كيفيت، Dr= نسبت تراكم،S= نسبت مساحت هر رده خطر به مساحت كل منطقه، n= تعداد كلاس خطر

۹-۲- دقت روش(P)

عبارت است از مساحت سطح لغزش يافته در پهنه‌هاي خطر ميانگين به بالا به مساحت آن پهنه‌ها (رابطه ۳).

P=KS/S (۳

P= دقت روش در پهنه‌هاي خطر ميانگين به بالا

KS= مساحت سطح لغزش يافته در پهنه‌هاي خطر ميانگين به بالا

S= مساحت پهنه‌هاي خطر مربوطه

انجام روش رگرسيون چند متغيره (**MR**)، با بهره‌گيري از داده‌هاي پيوسته

به منظور انجام رگرسيون چند متغيره بين عوامل موثر، پس از بدست آوردن وزن‌هاي اوليه طبقه‌هاي مختلف هر يک از عوامل، اطلاعات به محيط SPSS وارد شد. كه در آن ۵۴ طبقه مربوط به ۹ عامل مورد نظر به عنوان متغيرهاي مستقل در برابر واحدهاي همگن به تعداد ۲۷۴۶۶ تكرار قرار گرفت و عامل سطح زمين‌لغزش در هر واحد همگن به عنوان متغير وابسته در نظر گرفته شد. در انتخاب روش رگرسيون چند متغيره روش گام به گام (Stepwise) انتخاب شد كه نتايج حاصل از اعمال اين روش با درصد اطمينان بيش از ۹۵ درصد تعيين گرديد. پس از انجام عمليات رگرسيوني از ميان ۵۴ متغير دخالت داده شده در رگرسيون ۲۴ متغير به دليل داشتن سطح معني‌داري كمتر از ۹۵ درصد و نداشتن رابطه آماري قوي با درصد سطح لغزش‌هاي رخداده در واحدهاي همگن، حذف شده‌اند. ۳۰ متغير باقي مانده در سطح اطمينان بين ۹۵ تا ۹۹ درصد معني دار بوده و ضريب همبستگي(r) آنها ۰/۸۶ بوده است (جدول ۴).

در نهايت مدل به دست آمده به صورت زير مي باشد:

Y=B0+B1*X1+B2*X2+….+Bn*Xn (۴

Y= متغير وابسته (رخداد زمين لغزش واحد همگن

B0= ضريب يا مقدار ثابت در معادله رگرسيون خطي كه در اين تحقيق صفر به دست آمد.

B1 الي Bn = ضريب يكم تا n ام متغيرهاي مستقل (عوامل موثر طبيعي) معادله رگرسيون خطي

X1 الي Xn = متغيرهاي مستقل (عوامل موثر طبيعي) معادله رگرسيون خطي

انجام روش تحليل سلسله مراتبي (**AHP**) با بهره‌گيري از ضرايب رگرسيوني

در روش AHP معمولاً براي تعيين اولويت عوامل و تبديل آنها به مقدارهاي كمي از قضاوت‌هاي شفاهي استفاده مي‌شود. اما در اين پژوهش جهت حذف نظر كارشناسي براي اولويت‌بندي عوامل و وزن دهي اوليه متغيرها از ضرايب رگرسيوني استفاده شد. بدين صورت كه پس از وزن‌دهي اوليه، عوامل و متغيرهاي مربوطه برپايه ضريب رگرسيوني به ترتيب ارزش در ماتريس AHP چيده مي‌شوند. ۲۴ متغير حذف شده در رگرسيون چند متغيره، در روش تحليل سلسله مراتبي دخالت داده مي‌شوند و وزن آنها نسبت به هم در هر عامل برابر مي باشد. در اين روش متغيري كه بيشترين مقدار را به خود اختصاص داده بيشترين اهميت و متغيرهاي با مقادير (ضريب هريک از عوامل) منفي و صفر كمترين اهميت را

نسبت به رخداد لغزش دارا مي‌باشند. در ماتريس AHP اهميت به صورت عددي و بر مبناي ١(معادل كمترين مقدار ضريب رگرسيوني) الي ٩ (معادل بيشترين مقدار ضريب رگرسيوني) در نظر گرفته مي شود (Feiznia *et al.*, 2004).

محاسبه نرخ ناسازگاري داده‌ها

نرخ ناسازگاري معياري است جهت سنجش معنا داري و دقت داده‌هاي وارد شده در ماتريس‌ها و مقدار قابل قبول آن در روش تحليل سلسله مراتبي كمتر از ٠/١ مي‌باشد (Ghodsipour, 2009).

اعمال اولويت‌بندي‌ها و پهنه‌بندي حوزه

براي بدست آمدن مدل نهايي پهنه‌بندي ابتدا بايستي وزن‌هاي نسبي(حاصل ضرب قدر مطلق ضريب رگرسيوني در ميزان وزن حاصل از ايجاد ماتريس مقايسه جفتي بين رده‌هاي هر عامل) بدست آمده براي كلاس‌هاي هر عامل (جدول ۴) در وزن مربوط به آن عامل (جدول ٣) ضرب شده و جمع آنها محاسبه شود، تا وزن نهايي عوامل ٩ گانه بدست آيد (رابطه ۵). از حاصل جمع وزن نهايي عوامل، مدل پهنه‌بندي استخراج مي‌گردد (رابطه ۶).

$$W= ((C_1. X)+ (C_2.X) +.....+ (C_n.X)) \quad (۵$$

W= وزن نهايي عامل، C= وزن نسبي كلاس

X= وزن نسبي عامل

$$M= (W1+ W2 +.....+ Wn) \quad (۶$$

M= مدل نهايي، W= وزن نهايي عوامل

نتايج

كمي كردن عوامل موثر و وزن دادن به آنها

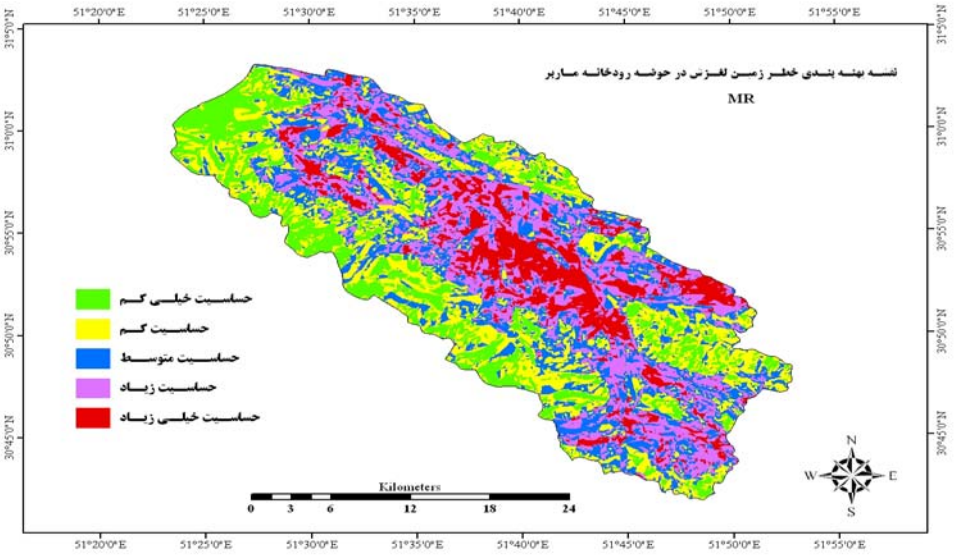
متغيرهاي مورد استفاده در تحليل خطر زمين‌لغزش در مواردي كمي (عناصر خطي، بارش، شيب) و در مواردي كيفي (جهت شيب، پوشش گياهي، كاربري اراضي، سنگ شناسي) مي‌باشند. بنابراين چون روش‌هاي آماري از داده‌هاي كمي استفاده مي‌كنند و روش رگرسيون چند متغيره خطي نيز يک روش آماري مي‌باشد، لذا لازم است داده‌هاي كيفي به داده‌هاي كمي تبديل گردند. به منظور تبديل داده‌هاي كيفي به كمي و وزن‌دهي به طبقه‌هاي مختلف، مساحت هر طبقه و درصد سطح لغزش يافته آن با واحدهاي همگن محاسبه گرديد. بنابراين پس از تهيه نقشه واحدهاي همگن، واحدهاي همگني كه در آنها لغزش رخداده بود، براي به‌دست آوردن درصد سطح لغزش يافته و وزن‌دهي به طبقه‌هاي هريک از عوامل ٩ گانه در محيط ArcGIS با ابزار Clip جدا شدند. همانطور كه قبلا" اشاره شد،طبقهه بندي عامل شيب، بارش و عناصر خطي با توجه به شكست‌هاي طبيعي نمودار فراواني تجمعي بدست آمد و براي ديگر عوامل از محتويات موجود در هر نقشه استفاده گرديد. سپس جدول طبقهه‌بندي هر كدام از عوامل تنظيم و برپايه درصد سطح لغزش يافته در هر طبقه به آنها وزن داده شد. براي مثال، عامل فاصله از جاده به چهار طبقه (٠-٥٠٠ متر) ROD1 با ضريب رگرسيوني ٠/٢٣٨، (٥٠٠-١٠٠٠ متر) ROD2 با ضريب رگرسيوني ٠/١٧٥، (١٠٠٠-٥٠٠٠ متر)ROD3 با ضريب رگرسيوني ٠/٠٩١ و (بيشتر از ٥٠٠٠-٨٥٠ متر)ROD4 با ضريب رگرسيوني ٠/٠٣٥تقسيم شد. از آنجا كه هدف پژوهش، بهره‌گيري از داده‌هاي پيوسته در رگرسيون چند متغيره مي‌باشد لذا از كد دهي به طبقه‌ها اجتناب شد. لازم به ذكر است براي بدست آوردن وزن طبقه‌هاي هر رده كه به‌صورت كيفي مي باشد از نسبت مساحت لغزش اتفاق افتاده در هر طبقه به مساحت همان طبقه استفاده شد. عدد به‌دست آمده براي هر متغير به درصد تبديل شده و به عنوان وزن اوليه آن متغير براي تشكيل معادله رگرسيوني در نظر گرفته شد. بديهي است هر چه سطح لغزشي يک طبقه بيشتر باشد اهميت آن طبقه و وزن آن در رخداد زمين لغزش بيشتر خواهد بود.

با بهره‌گيري از روش رگرسيون چند متغيره (MR) و رابطه رگرسيوني متغيير وابسته (رابطه ۴) در محيط Excel، براي كليه واحدهاي همگن اعمال شده، وزن‌هاي بدست آمده براي واحدهاي همگن به جدول اطلاعاتي لايه رقومي آنها در محيط GIS اضافه شد. پس از ترسيم

نمودار فراواني برپايه وزن‌هاي بدست آمده براي واحدهاي همگن و همچنين جهت مقايسه منطقي نتيجه بدست آمده در اين روش با روش تحليل سلسله مراتبي، حوضه رودخانه ماربر از نظر حساسيت نسبت به رخداد زمين لغزش به ۵ طبقه تقسيم شد (جدول ۱) و نقشه پهنه-بندي خطر زمين‌لغزش در حوضه با بهره‌گيري از روش رگرسيون چندمتغيره به کمک داده‌هاي پيوسته به‌دست آمد (شکل ۳).

جدول ۱- گستره‌هاي لغزشي حوضه رودخانه ماربر در روش رگرسيون چند متغيره

گستره‌هاي با حساسيت خيلي کم	Y < ۱۱
گستره‌هاي با حساسيت کم	۱۱ < Y < ۲۰
گستره‌هاي با حساسيت ميانگين	۲۰ < Y < ۲۹
گستره‌هاي با حساسيت زياد	۲۹ < Y < ۴۰
گستره‌هاي با حسايت خيلي زياد	۴۰ < Y



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندي خطر زمين لغزش در حوضه رودخانه ماربر به روش رگرسيون چند متغيره (MR)

در روش تحليل سلسله مراتبي (AHP) با بهره‌گيري از ضرايب رگرسيوني وزن عوامل را با بهره‌گيري از ميانگين وزن‌هاي مربوطه بدست آورده و ماتريس مقايسه زوجي عوامل را تشکيل مي‌دهيم (جدول ۲). پس از تشکيل ماتريس فوق مراحل تحليل سلسله مراتبي جهت پهنه‌بندي به ترتيب که در ادامه آمده است انجام مي‌شود:

جدول ٢- ماتريس مقايسه زوجي عوامل موثر در رخداد زمين لغزش در حوضه رودخانه ماربر

ضريب رگرسيوني	معيارها	ROD	LIT	RNG	DRN	LUS	SLP	ASP	RAN	FLT
٠/١٣٤٨	ROD	١	١	۴	۴	۵	۶	٧	٩	٩
٠/١٣٣٠	LIT	١	١	٣	٣	۴	۵	۶	٩	٩
٠/٠٢٠٨	RNG	٠/٢۵٠	٠/٣٣٣	١	١	٣	۴	۵	٧	٧
٠/٠٢٠٣	DRN	٠/٢۵٠	٠/٣٣٣	١	١	٢	٣	۴	۶	۶
٠/٠١۵۴	LUS	٠/٢٠٠	٠/٢۵٠	٠/٣٣٣	٠/۵٠٠	١	٢	٣	۵	۵
٠/٠١٠٧	SLP	٠/١۶٧	٠/٢٠٠	٠/٢۵٠	٠/٣٣٣	٠/۵٠٠	١	٢	٣	٣
٠/٠٠٢٠	ASP	٠/١۴٣	٠/١۶٧	٠/٢٠٠	٠/٢۵٠	٠/٣٣٣	٠/۵٠٠	١	٢	٢
-٠/٠٢۵٧	RAN	٠/١١١	٠/١١١	٠/١۴٣	٠/١۶٧	٠/٢٠٠	٠/٣٣٣	٠/۵٠٠	١	١
-٠/٠۴٧٢	FLT	٠/١١١	٠/١١١	٠/١۴٣	٠/١۶٧	٠/٢٠٠	٠/٣٣٣	٠/۵٠٠	١	١
	مجموع	٣/٢٣٢	٣/۵٠۶	١٠/٠۶٩	١٠/۴١٧	١۶/٢٣٣	٢٢/١۶٧	٢٩	۴٣	۴٣

نرمال كردن داده‌ها و محاسبه وزن عوامل

براي بي‌بعد كردن داده‌ها و بدست آوردن وزن متغيرها از روش ميانگين حسابي (يكي از روش‌هاي تقريبي) استفاده مي‌كنيم: بدين منظور، ابتدا جمع مقادير هر يک از ستون‌ها را مطابق جدول ٢ بدست آورده، سپس نسبت مقادير هر متغير را به جمع تمامي ستون‌هاي مربوط به آن متغير بدست مي آوريم، در مرحله بعد ميانگين مقادير عناصر در هر سطر را محاسبه كرده تا وزن متغيري كه در آن سطر قرار دارد، بدست آيد (جدول ٣).

جدول ٣- ماتريس نرمال داده‌ها و محاسبه وزن عناصر با بهره‌گيري از روش ميانگين حسابي

معيارها	ROD	LIT	RNG	DRN	LUS	SLP	ASP	RAN	FLT	ميانگين
ROD	٠/٣٠٩٤	٠/٢٨۵٣	٠/٣٩٧٣	٠/٣٨۴٠	٠/٣٠٨٠	٠/٢٧٠٧	٠/٢۴١۴	٠/٢٠٩٣	٠/٢٠٩٣	٠/٢٩٠۵
LIT	٠/٣٠٩٤	٠/٢٨۵٣	٠/٢٩٧٩	٠/٢٨٨٠	٠/٢۴۶۴	٠/٢٢۵٦	٠/٢٠٦٩	٠/٢٠٩٣	٠/٢٠٩٣	٠/٢۵٣١
RNG	٠/٠٧٧٤	٠/٠٩۵١	٠/٠٩٩٣	٠/٠٩٦٠	٠/١٨٤٨	٠/١٨٠۵	٠/١٧٢٤	٠/١٦٢٨	٠/١٦٢٨	٠/١٣۶٨
DRN	٠/٠٧٧٤	٠/٠٩۵١	٠/٠٩٩٣	٠/٠٩٦٠	٠/١٢٣٢	٠/١٣۵٣	٠/١٣٧٩	٠/١٣٩۵	٠/١٣٩۵	٠/١١۵٩
LUS	٠/٠٦١٩	٠/٠٧١٣	٠/٠٣٣١	٠/٠٤٨٠	٠/٠٦١٦	٠/٠٩٠٢	٠/١٠٣۴	٠/١١٦٣	٠/١١٦٣	٠/٠٧٨٠
SLP	٠/٠۵١٦	٠/٠۵٧١	٠/٠٢٤٨	٠/٠٣٢٠	٠/٠٣٠٨	٠/٠٤۵١	٠/٠٦٩٠	٠/٠٦٩٨	٠/٠٦٩٨	٠/٠۵٠٠
ASP	٠/٠٤٤٢	٠/٠٤٧٦	٠/٠١٩٩	٠/٠٢٤٠	٠/٠٢٠۵	٠/٠٢٢٦	٠/٠٣٤۵	٠/٠٤٦۵	٠/٠٤٦۵	٠/٠٣٤٠
RAN	٠/٠٣٤٤	٠/٠٣١٧	٠/٠١۴٢	٠/٠١٦٠	٠/٠١٢٣	٠/٠١۵٠	٠/٠١٧٢	٠/٠٢٣٣	٠/٠٢٣٣	٠/٠٢٠٨
FLT	٠/٠٣٤٤	٠/٠٣١٧	٠/٠١۴٢	٠/٠١٦٠	٠/٠١٢٣	٠/٠١۵٠	٠/٠١٧٢	٠/٠٢٣٣	٠/٠٢٣٣	٠/٠٢٠٨
مجموع	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١

بنابراين براي محاسبه نرخ ناسازگاري داده‌ها از روش ميانگين حسابي استفاده نموده و مقدار آن ٠/٠٠۴۶ بدست آمد، كه قابل قبول مي‌باشد.

مراحل فوق براي طبقه‌هاي هر معيار به صورت جداگانه و برپايه ضرايب رگرسيوني اختصاص يافته انجام گرديد تا وزن هر كلاس نسبت به كلاس‌هاي ديگر با توجه به هدف (رخداد زمين لغزش) بدست آيد. نتايج حاصل در جدول

۴ نشان داده شده است. در معادله رگرسيوني ضرايب مثبت نشانگر افزايش ناپايداري، ضرايب منفي نشانگر كاهش ناپايداري و كلاس‌هايي كه تاثير خنثي دارند حذف مي‌گردند. در اينجا براي كلاس‌هاي حذف شده جهت دخالت در ماتريس AHP ضريب صفر در نظر گرفته شده كه به معني ترجيح يكسان آنها نسبت به هم است (جدول ۴).

براي اعمال اولويت بندي‌ها و پهنه‌بندي حوزه و محاسبات فوق و اعمال صحيح اوزان بدست آمده براي تك‌تك متغيرها و به‌دست آمدن خروجي مدل يعني نقشه پهنه‌بندي خطر زمين‌لغزش بهره‌گيري از نرم افزار GIS Arc اجتناب ناپذير مي‌باشد. در اين پژوهش براي ارائه مدل نهايي از روش Weighted Sum به دليل دقت بيشتر، استفاده گرديده و لايه بدست آمده برپايه شكست-هاي طبيعي نمودار فراواني پيكسل ها و با هدف مقايسه نتايج با روش رگرسيون چند متغيره به ۵ كلاس لغزشي تقسيم گرديد (جدول ۵). شكل ۴ نقشه پهنه بندي خطر رخ داد زمين لغزش در حوضه ماربر با بهره‌گيري از روش تحليل سلسله مراتبي مبتني بر داده‌هاي كمي را نشان مي دهد.

جدول ۴- نتايج بدست آمده براي هر كلاس پس از طي مراحل سلسله مراتبي

عامل	كد	كلاس	ضريب رگرسيوني	وزن نسبي	عامل	كد	كلاس	ضريب رگرسيوني	وزن نسبي
ROD	ROD1	m۰-۵۰۰	۰/۲۳۸۰	۰/۵۶۲۸	FLT	FLT1	m۰-۱۵۰۰	-۰/۰۷۲۴	۰/۱۰۷۹
	ROD2	m۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۱۷۵۰	۰/۲۶۷۱		FLT2	۱۵۰۰-۳۵۰۰	-۰/۰۷۷۵	۰/۰۶۲۲
	ROD3	-۵۰۰۰ m۱۰۰۰	۰/۰۹۰۹	۰/۱۰۷۹		FLT3	-۵۰۰۰ m۳۵۰۰	-۰/۰۳۸۹	۰/۲۶۷۱
	ROD4	m>۵۰۰۰	۰/۰۳۵۳	۰/۰۶۲۲		FLT4	m>۵۰۰۰	۰	۰/۵۶۲۸
DRN	DRN1	m۰-۲۵۰	۰	۰/۱۷۴۱	RNG	RNG1	بدون پوشش	۰	۰/۱۹۰۷
	DRN2	m۲۵۰-۵۰۰	۰	۰/۱۷۴۱		RNG2	فقير	۰/۰۸۳۳	۰/۵۹۶۰
	DRN3	m۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۱۰۵۹	۰/۵۸۱۲		RNG3	خيلي فقير	۰	۰/۱۰۶۷
	DRN4	m>۱۰۰۰	-۰/۰۲۴۸	۰/۰۷۰۵۰		RNG4	غني	۰	۰/۱۰۶۷
RAN	RAN1	-۶۵۰ mm۴۵۰	۰	۰/۴۵۷۷	ASP	ASP1	E	-۰/۰۱۹۲	۰/۰۳۹۴
	RAN2	-۸۵۰ mm۶۵۰	-۰/۰۲۵۷	۰/۱۲۶۳		ASP2	N	۰/۰۲۱۴	۰/۱۷۴۴
	RAN3	-۱۰۰۰ mm۸۵۰	۰	۰/۴۱۶۰		ASP3	NE	۰/۰۷۸۸	۰/۴۰۶۳
SLP	SLP1	%۰-۱۵	۰/۰۵۳۵	۰/۵۳۷۴		ASP4	NW	۰	۰/۰۷۵۹
	SLP2	%۱۵-۲۵	۰/۰۰۸۰	۰/۱۶۶۱		ASP5	S	۰	۰/۰۷۵۹
	SLP3	%۲۵-۴۰	۰/۰۰۳۰	۰/۱۳۰۵		ASP6	SE	-۰/۰۲۱۷	۰/۰۲۹۱
	SLP4	%۴۰-۷۰	۰	۰/۰۸۳۰		ASP7	SW	۰/۰۲۶۳	۰/۱۷۹۶
	SLP5	%>۷۰	۰	۰/۰۸۳۰		ASP8	W	-۰/۰۶۶۶	۰/۰۱۹۲

ادامه جدول ۴- نتايج بدست آمده براي هر كلاس پس از طي مراحل سلسله مراتبي

وزن نسبي	ضريب رگرسيوني	كلاس	كد	عامل	وزن نسبي	ضريب رگرسيوني	كلاس	كد	عامل
۰/۲۵۱۰	۰/۰۸۳۰	كشاورزي	LUS1	LUS	۰/۰۱۶۸	-۰/۰۳۶۸	بختياري	LIT1	LIT
۰/۰۱۵۷	-۰/۰۴۴۶	باغ	LUS2		۰/۱۱۸۹	۰/۰۴۳۳	ميلا	LIT2	
۰/۱۳۹۹	۰/۰۴۸۹	مرتع خوب	LUS3		۰/۰۵۰۵	۰	كشكان	LIT3	
۰/۲۵۱۰	۰/۰۸۳۱	مختلط (ديم، آبي و مرتع ميانگين)	LUS4		۰/۰۵۰۵	۰	سورمه	LIT4	
۰/۱۰۱۹	۰/۰۳۴۸	مختلط (مرتع ميانگين، كشت ديم و آبي)	LUS5		۰/۰۵۰۵	۰	گورپي	LIT5	
۰/۰۴۷۱	۰	مرتع ميانگين	LUS6		۰/۰۲۳۰	-۰/۰۱۱۱	ايلام	LIT6	
۰/۰۲۱۳	-۰/۰۲۰۵	مرتع فقير	LUS7		۰/۰۵۰۵	۰	ايلام-سروك	LIT7	
۰/۰۳۰۷	-۰/۰۱۵۷	شهر	LUS8		۰/۲۰۴۶	-۰/۰۶۰۳	گورپي ۲	LIT8	
۰/۰۴۷۱	۰	مختلط (كشت ديم و آبي)	LUS9		۰/۳۳۳۸	۰/۰۹۰۸	كواترنر	LIT9	
۰/۰۴۷۱	۰	سنگ	LUS10		۰/۰۵۰۵	۰	داريان	LIT10	
۰/۰۴۷۱	۰	مختلط (زراعت و باغ)	LUS11		۰/۰۵۰۵	۰	داريان-فهليان	LIT11	

جدول ۵- گستره‌هاي لغزشي حوضه رودخانه ماربر در روش تحليل سلسله مراتبي

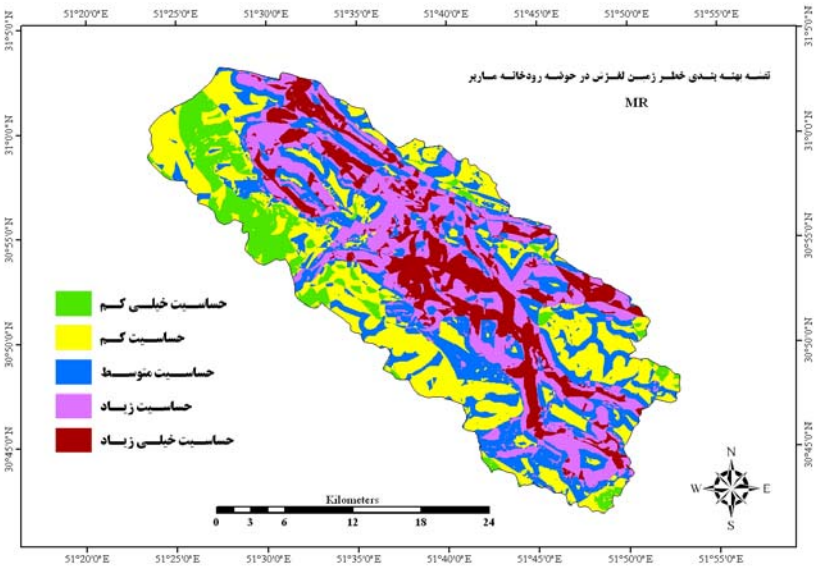
۰/۰۷٤-۰/۱۴۲	گستره‌هاي با حساسيت خيلي كم
۰/۱٤۲-۰/۲	گستره‌هاي با حساسيت كم
۰/۲-۰/۲۷۱	گستره‌هاي با حساسيت ميانگين
۰/۲۷۱-۰/۳۴۷	گستره‌هاي با حساسيت زياد
۰/۳٤۷-۰/۴۶۸	گستره‌هاي با حسايت خيلي زياد

بحث و نتيجه‌گيري

براي ارزيابي و طبقه‌بندي نقشه‌هاي خطر لغزش زمين از دو شاخص با عناوين نسبت تراكم(Dr) رابطه ۱ و مجموع كيفيت(Qs) رابطه ۲ استفاده شد. لازم به ذكر است كه شاخص زمين لغزش (LI) بكار برده شده توسط Van Westen (1997)و Shirani *et al*, (2006)، معادل همان نسبت تراكمي (Dr) كه توسط Shirani *et al*., 2005، & Shariat Jafari Ghayomian, (2008) به‌كار برده شده است، مي‌باشد. به‌طور كلي شاخص زمين‌لغزش (LI)، نسبت تراكمي (Dr) و پيش‌بيني (P)، براي ارزيابي و مقايسه دقت بين پهنه‌ها يا رده‌هاي خطر در هر روش از

روش‌هاي پهنه‌بندي و شاخص مجموع كيفيت(Qs) براي ارزيابي و مقايسه بين روش‌هاي مختلف كاربرد دارد.

از آنجا كه روش AHP به منظور تصميم‌گيري نهايي در مورد هدف (نقشه خطر لغزش) مبتني بر قضاوت كارشناسي و مقايسه زوجي صفات (عوامل موثر در لغزش) بوده لذا دراين تحقيق از ضرايب متغيرهاي مستقل حاصل از روش رگرسيوني به منظور حذف نظر كارشناسي در مدل تحليل سلسله مراتبي (AHP) بهره گرفته شده است و اقدام به تنظيم ماتريس داده‌ها گرديد. اين در حالي است كه محققيني نظير shadfer *et al.*, (2007)، از روش تحليل سلسله مراتبي (AHP) برپايه قضاوت كارشناسي استفاده نموده‌اند.



شكل ۴- نقشه پهنه‌بندي خطر رخ‌داد زمين‌لغزش در روش تحليل سلسله مراتبي (AHP)

جدول ۶ دقت روش P را نشان مي‌دهد، نتايج حاصل از داده‌هاي جدول ۶ بيانگر آن است كه در هر دو روش، نسبت تراكمي (Dr) كه همان مقادير شاخص زمين لغزش (LI) مربوط به پهنه‌هاي خطر اشاره شده توسط Van Westen (1997 & 98)مي‌باشد، ضمن تفكيک-پذيري قابل توجه، متناسب با افزايش خطر پهنه‌ها، افزايش يافته است. اين موضوع نشانگر دقت خوب تفكيک پذيري هر دو روش مي باشد كه در مورد روش رگرسيوني موييد تحقيق Shirani *et al*, (2006) و Behnyafar *et al.*, (2009) نيز مي باشد. همچنين همانطور كه در جدول ۶ آمده است مقدار شاخص مجموع كيفيت (Qs) كه بيانگر مقايسه و ارزيابي روش‌ها نسبت به يكديگر است، در روش تحليل سلسله مراتبي (AHP) مقدار بيشتري (۰/۴۵) نسبت به روش رگرسيوني(۰/۴۲) كسب كرده است يا به‌عبارت ديگر مطلوبيت بيشتري دارد. اين در حالي است كه دقت پيش‌بيني خطر(P) در هر دو روش برابر (۰/۰۳) مي‌باشد و اين موضوع نشان‌دهندة جدايي بسيار خوب پهنه‌هاي خطر نيز مي باشد.

همانگونه كه اشاره شد، روش تحليل سلسله مراتبي كارايي بيشتري نسبت به روش رگرسيوني در منطقه مورد مطالعه داشته است. اين نتايج با نتايج Ahmadi *et al.*, (2003) و Shadfar *et al.*, (2007) كه روش AHP را به

عنوان يك روش مناسب و كارآمد در اكثر شرايط آب و هوايي مي‌دانند، همخواني دارد. براساس نتايج به دست آمده، روش رگرسيوني از كارايي كمتري نسبت به روش ديگر در منطقه مورد مطالعه برخوردار است.

براساس روش آماري چند متغيره، فقط ٣٠ رده متغير از مجموع ٥۴ رده متغير در سطح ٩٥% و ٩٩% معني دار بوده و مابقي اختلاف معني داري ندارند. ضريب r براي معادله رگرسيون ٥٧% به دست آمد كه كاملاً قابل قبول مي‌باشد.فاصله از جاده، ليتولوژي، پوشش گياهي، فاصله از آبراهه،كاربري اراضي،مقدار و جهت شيب، بارندگي سالانه، فاصله از گسل به ترتيب داراي بيشترين تاثير در زمين لغزش مي‌باشند.

جدول ۶- صحت و دقت روش‌هاي پهنه‌بندي خطر زمين لغزش در منطقه مورد بررسي

مدل پهنه بندي	رده حساسيت نسبت به خطر لغزش	(Ai) مساحت پهنه (Km^2)	(Si) مساحت لغزش پهنه (Km^2)	(Dr) نسبت تراكمي	(S) درصد مساحت	(Qs) درهر رده	(Qs) مجموع كيفيت	(P) دقت روش
AHP	خيلي كم	٦٩/٣٠	٠/٣٢	٠/٢٢	٠/٠٩	٠/٠٥	٠/٤٥	٠/٠٣
	كم	٢٠٩/٤٨	١/٢٥	٠/٢٩	٠/٢٦	٠/١٣		
	ميانگين	٢٠٣/٥٧	٣/٥١	٠/٨٤	٠/٢٥	٠/٠١		
	زياد	١٢٢/٦٨	٥/٤٤	١/٤٨	٠/١٥	٠/٠٦		
	خيلي زياد	١٩٧/١٢	٦/٠٣	٢/١٥	٠/٢٥	٠/٢٠		
	جمع	٨٠٠/١٥	١٦/٥٠					
MR	خيلي كم	١٣٣/٤٨	٠/٤٣	٠/١٦	٠/١٧	٠/١١٩	٠/٤٢	٠/٠٣
	كم	١٨٩/٣٧	٢/٢٣	٠/٥٧	٠/٢٤	٠/٠٤٣		
	ميانگين	١٩٠/٤٨	٣/٤٠	٠/٨٧	٠/٢٤	٠/٠٠٤		
	زياد	١٠٢/٢٣	٤/٧١	١/٥١	٠/٢٣	٠/٠٥٩		
	خيلي زياد	١٨٤/٥٩	٠/٧٣	٢/٢٣	٠/١٣	٠/١٩٤		
	جمع	٨٠٠/١٥	١٦/٥٠					

سپاسگزاري

در پايان از معاون وزير و رياست محترم سازمان تحقيقات و آموزش كشاورزي جناب آقاي دكتر جهانگير پرهمت و رياست محترم پژوهشكده حفاظت خاك و آبخيزداري كشور جناب آقاي دكتر مير مسعود خيرخواه زركش بخاطر همكاري در روند ابلاغ و اجراي طرح تحقيقاتي، كه اين مقاله بخشي از يافته‌هاي آن مي باشد تقدير و تشكر مي‌گردد.

References

-Ahmadi, H., Asmaly, A., Feiznia, S., Shariat Jafari,M. 2003. Hazard zonation mass movements using two methods of multiple regression (MR) and AHP (case study: Garmi chayei watershed), Journal of Natural Resources, Jad 56, pp 326-323.

-Alesheikh, A., Vahidnia, M., Alimohammadi, A. and Hosseinali, A. 2009. Landslide Hazard Zonation Using Quantitative Methods in GIS, International Journal of Civil Engineerng 7(3), 176-189.

-Alijani, B., Ghohrodi, M. and AmirAhmadi, A. 2007. Zonation risk of landslide occurrence in the northern Shah Jahan domains using GIS (Case study: basin Astrkhy Shirvan), Geographical Research Quarterly, No. 84.

-AliMohammadi, S., Pashaii aval, A., Shtay jooybari, Sh. and Parsaei, L. 2009. Iran efficiency assessment of landslide hazard zonation in the watershed Sydklath Rummy. Journal of Soil and Water Conservation Research, 16 (1), 59-78.

-Behnyafar, A., Ghanbarzadeh, H., Mansouri, M.R. 2009. Landslide hazard zonation and unstable slope by AHP methods and probability (case study: basin Kong River, northern slopes Binalud) Journal of geographical space, Azad University, Ahar, No. 37, 78-55.

-Cornforth, D. H. 2005 Landslides in Practice, john wiley & sons Inc, 591 p.

-Emami, S. and Ghayomian, J. 2003. Investigation on the mechanism on the landslide Rock fall, Case Study: Afsrabad landslide in Chaharmahal and Bakhtiari, Proceedings of the Third Conference on Engineering Geology and Environment of Iran, University in Bu Ali Sina Hamedan.

-Feiznia, S., Klarstaghy, A., Ahmadi, H. and Safaei, M. 2004. Factors affecting the occurrence of landslides and landslide hazard zonation (Case Study: Shirin River Watershed Dam Tajan). Journal of Natural Resources 57 (1), 3-22.

-Gee, M.D. 1992. Classification of landslides hazard Zonation methods and a test of predictive capability. Bell, Davi,H(Eds.), Proceedings 6 th International Symposium on Landslide, 48-56.

- Ghodsipour, S.H. 2009. Analytical hierarchy process (AHP), University Amirkabir Press.

-Jade, S. and Sarkar, S. 1993. Statistical models for Slope Instability classifications Engineering Geology 36, 91-98.

-Masodian, A. and Kaviani, M. 2007. Climatology Iran, Press University Isfahan.

-Safai, J., onagh, M., Mesdaghi, M. and Shariat jafari, M. 2009. Empirical and statistical models to compare performance Phnhbndy landslide risk (case study: watershed Alamut River); Journal of Soil and Water Conservation Research 16(4).

-Shadfar, S., Yamani, M., Ghodousi, J. and Ghayomian, J. 2007. Landslide hazard zonation by using AHP (case study: watershed Chalkrod Tonekabon), Journal of Research and the Construction of Natural Resources, No. 75,118-126.

-Shariat Jafari, M. and Ghayomian, J. 2008. Evaluation of bivariate statistical analysis models in landslide hazard zonation. Tehran University Journal 34 (1), 137-143.

-Shirani, K., Chavoshi, S. and Ghayomian, J. 2006. Evaluation of methods for landslide hazard zonation in the Uptown Padena Semirom, Research Journal of Sciences, Isfahan University, 23-35.

-Shirani, K., Ghayomian, J. and Mokhtari, A. 2005. Evaluation of bivariate and multivariate statistical methods in landslide hazard zonation, Journal of Water and Watershed, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 36-48.

-Shirani, K. 2004. Evaluate the most important landslide hazard zonation methods to select an appropriate method for the South of Isfahan Province, Semirom region, Ministry of Agriculture, Soil Conservation Research Institute, 104.

-Van Westen, C.J. 1998. Geographic Information Systems in Slope Instability Zonation (GISSIZ), Volume I, II.

-Van Westen, C.J., Rengers, N., Terline, M.T.J. and Soeters, R. 1997. Predication of the Occurrence of Slope Instability Phenomena through GIS-Based Hazard Zonation. Geologisches Rundschau 86p.

Landslide Risk Zoning Potential by Analytical Hierarchy Process (AHP) and Multivariate Regression (MR) (Case Study: Upstream of North Karoon Basin)

K. Shiran[1], M. R. Hajihashemijazi[2*], S. A. Niknezhad[2] and S. Rakhsha[3]
[1] Ph. D. Student, Faculty of Literature and Human Sciences, Isfahan University, Isfahan, I.R. Iran
[2] MSc. Graduate of Combating Desertification, I.R. Iran
[3] MSc. Graduate of Environment, I.R. Iran
(Received:2011/February/01 , Accepted:2012/February/01)

Abstract

In western and southern watersheds of Isfahan province, combinations of natural and human factors have caused numerous landslides related damages. One of the main strategies for restricting the damage caused by the landslide is to avoid these regions. For this purpose, it is necessary to prepare precise landslide hazard zonation map for such areas. For this purpose, by aerial photos, satellite images, geological maps and field studies , landslide inventory map was prepared in of the upstream watersheds of Karoon Basin called Marber River Basin with an area of 800 square kilometers. Then, nine factors including lithology, slope, land use, rainfall, vegetation cover, aspect, and lineaments elements such as road, fault and drainages were studied as 54 parameters. To enhance accuracy, speed and ease of analysis, all spatial and descriptive data were interred into GIS and 27466 homogeneous units were obtained by overlapping of the mentioned map layers. Analytical Hierarchy Process (AHP) and Multivariate Regression (MR) were used for multi criteria decision analysis and the results showed that both methods have the same accuracy in the separation of zones (lines) with the specific index of landslide risk.. But AHP approach of regression data, based on total quality index as an indicator of the accuracy of the learning has higher acceptability. This is related to this fact that the method has considered all 54 effective parameters due to the inherent performance of natural phenomena and events involved with the landslide. Based on multivariate regression method, only 30 of 54 variables were significant at 95% and 99% levels and r coefficient of regression equation was 57% which is quite acceptable.

Keywords: Analytical hierarchy process, GIS, Hazard zonation, Landslide, Marber watershed, Multivariate regression

*Corresponding author: Tel: +98 919 1765814 Fax: +98 26 32227765 E-mail: mr.hajihashemi65@gmail.com