بررسي عوامل موثر در وقوع زمين لغزش‌ها و پهنه‌بندي خطر زمين لغزش (مطالعه موردي: حوزه آبخيز شيرين رود-سدتجن)[۱]

سادات فيض نيا[۲] عطا اله كلارستاقي[۳] حسن احمدي[٤] مهرداد صفايي[۵]

چكيده

در حوزه هاي شمالي كشور، تركيب عوامل طبيعي و انساني باعث وقوع خسارت‌هاي زياد ناشي از زمين لغزش‌ها شده است. يكـي از راهكارهـاي مهم براي كاهش خسارت‌هاي ناشي از وقوع زمين لغزش‌ها, دوري جستن از اين مناطق است. بدين منظور لازم است تا نقشه پهنه‌بندي خطر زمـين لغزش براي اين مناطق تهيه گردد. در مراحل اوليه اين تحقيق و پس از بررسي هاي ميداني و مرور مطالعات انجام شده در مناطق مشـابه بـا حـوزه آبخيز شيرين رود, ۹ عامل ارتفاع از سطح دريا، شيب، جهت، بارندگي، كاربري زمين‌ها، زمين‌شناسي، فاصله از جاده, فاصله از گسـل و فاصـله از شبكه هيدروگرافي به عنوان عوامل موثر اوليه در وقوع زمين لغزش منطقه تشخيص داده شدند . پس از اينكه لايه‌هاي اطلاعاتي مربـوط بـه ايـن ۹ عامل در محيط **GIS** و با استفاده از نرم افزارهاي **(Idrisi**, **Arc/Info, Ilwis** و **Arcview)** تهيه شد, هر كدام از اين لايه‌ها با لايـه اطلاعـاتي پراكنش زمين لغزش‌ها قطع داده شد. تجزيه و تحليل نتايج به‌دست آمده نشان داد كه دو عامل جهت شيب و فاصله از شـبكه هيـدروگرافي داراي تاثير كمي در وقوع زمين لغزش مي‌باشند. سپس با استفاده از هفت عامل موثر ديگر، پهنه‌بندي خطـر زمـين لغـزش بـه ۴ روش ارزش اطلاعـاتي، تراكم سطح، شاخص همپوشاني و روش تحليل سلسله مراتبي سيستم ها (**AHP**) و در محيط **GIS** انجام شد. نتايج به‌دست آمده از ايـن تحقيـق بيانگر اين است كه در هر چهار روش مناطقي كه در آنها تغييرات زياد كاربري زمين‌ها صورت گرفته، جزء مناطق پر خطر محسـوب مـي‌گردنـد و نيز مناطق اطراف دهانه خروجي حوزه در هر ۴ روش داراي پتانسيل بالا در وقوع زمين لغزش مي‌باشند. پـس از ايـن مرحلـه ارزيـابي روش‌هـاي پهنه‌بندي و اولويت‌بندي آنها از نظر تفكيك كلاسه‌هاي خطر انجام شد. براي اين‌كار از روش نسبت تراكمي در هر يك از كلاسه‌هاي خطر اسـتفاده شد كه نتايج بيانگر تفكيك بهتر كلاسه‌هاي خطر در روش شاخص همپوشاني[٦] مي‌باشد .

واژه هاي كليدي : *زمين لغزش، عوامل موثر، پهنه‌بندي خطر، حوزه آبخيز شيرين رود، ارزيابي، كاربري زمين، جاده سازي.*

[۱] -تاريخ دريافت: ۸۱/۸/۷، تاريخ پذيرش : ۸۲/٤/۳۰
[۲] - استاد دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران**(E-mail: sfeiz @ chamran.ut.ac.ir)**
[۳] -دانشجوي دكتري آبخيزداري دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران
[٤] - استاد دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران
[۵] - عضو هيات علمي مركز تحقيقات كشاورزي و منابع طبيعي مازندران

[٦] **-Index Overlay**

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

روند رو به رشد جمعيت در كشورهاي در حال توسعه، باعث گرديده تا از زمين‌هاي موجود در اين كشورها بيشتر از حد توان توليد آن استفاده به عمل آيد. علاوه بر آن عدم رعايت كاربري مناسب براي هر منطقه و تغيير در كاربري زمين‌ها همگي دست به دست هم داده تا فرسايش خاك، روز به روز با شدت بيشتري صورت گيرد و مبالغ مالي زيادي به جاي آنكه صرف توليدات و آباداني اين كشورها گردد ، به ناچار صرف تثبيت خاك، جلوگيري از فرسايش و حتي واردات غذا گردد.

بر اساس گزارش كميته ملي كاهش آثار بلاياي طبيعي وزارت كشور در سال ۱۳۷۳ (زكي‌زاده، ۱۳۷۳) , سهم خسارت سالانه ناشي از حركت‌هاي توده‌اي در ايران ۵۰۰ ميليارد ريال برآورد گشته است . در اين ميان تركيب برخي از عوامل طبيعي مانند ويژگي‌هاي سنگ شناسي, توپوگرافي و اقليمي و همچنين برخي عوامل انساني مانند تغيير در كاربري زمين‌ها و ايجاد راه‌ها باعث شده تا مناطقي كه در دامنه شمالي رشته كوه البرز واقع شده‌اند مستعد به وقوع زمين لغزش‌ها گردند, چنانكه سهم قابل ملاحظه اي از اين خسارت‌ها متوجه اين مناطق گردد.

در سال‌هاي اخير مطالعات گسترده اي در مورد علل، درجه و پهنه‌بندي خطر، تحليل پايداري، نحوه تثبيت و نحوه پيشگيري زمين لغزش‌ها صورت گرفته است. از آن جمله مي‌توان در ايران به بررسي عوامل موثر بر حركت توده‌اي حوزه آبخيز درياچه ولشت و نحوه پيشگيري و كنترل آن (زكي زاده ، ۱۳۷۳) , پهنه‌بندي خطر زمين لغزش حوزه آبخيز شلمانرود (حسن زاده نفوتي ، ۱۳۷۹) , بررسي و ارزيابي كارايي مدل‌هاي پهنه‌بندي خطر زمين لغزش (فتاحي اردكاني, ۱۳۷۹) و ارزيابي روش‌هاي پهنه‌بندي خطر زمين لغزش حوزه آبخيز دماوند در مقياس ۱:۵۰۰۰۰ (سفيدگري,۱۳۸۱)اشاره كرد. همچنين برخي از مطالعاتي كه در خارج از كشور صورت گرفته عبارتند از: پهنه‌بندي خطر زمين لغزش با تاكيد بر ويژگي‌هاي زمين شناسي (پاچاوري و پانت,۱۹۹۲), عوامل انساني موثر بر وقوع زمين لغزش‌ها (سا و مازاري, ۱۹۹۶), ايجاد جاده در مناطق جنگلي و ارتباط آن با وقوع زمين لغزش‌ها (لارسن و پاركس, ۱۹۹۷), استفاده از پردازش تصاوير ماهواره‌اي (RS) و سيستم اطلاعات جغرافيايي (GIS) درپهنه‌بندي خطر زمين لغزش (ناگاراجان و ماخرجي, ۱۹۹۸)، بررسي عوامل زمين شناسي موثر در ايجاد زمين لغزش(آوانزي و همكاران, ۲۰۰۰) و تاثير رطوبت خاك در حركت‌هاي توده‌اي (اونيل و مك‌دانيل، ۱۹۹۵).

شناخت عوامل مختلف موثر در وقوع زمين لغزش‌ها به منظور برنامه‌ريزي و انجام كارهاي اصولي در مناطق حساس به زمين لغزش از اهداف اين پژوهش است. از اهداف ديگر اين پژوهش شناسايي مناطق با خطر زياد و خطر كم از نظر وقوع زمين لغزش مي باشد تا بتوان با شناسايي مناطق با خطرزياد، شدت عمل زمين لغزش را در اين مناطق كم كرده و از آثار زيانبار زمين لغزش‌ها تا حد زيادي كاست .

از طرفي با توجه به وجود سد مخزني شهيد رجايي در منطقه مورد مطالعه و اينكه رسوبات ناشي از زمين لغزش‌ها توسط شبكه هيدروگرافي به درون مخزن سد تخليه مي‌گردد, انجام اين تحقيق ضروري به نظر مي رسد.

مواد و روش‌ها

- ويژگي‌هاي منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخيز شيرين رود يكي از زير حوزه هاي حوزه آبخيز سد تجن (شهيد رجايي) است و به مساحت ۷۰۸ كيلومتر مربع در محدوده جغرافيايي ″۳۰ ′۰ °۳۶ تا ″۲۰ ′۲۲ °۳۶ عرض شمالي و ″۱۸ ′۳ °۵۳ تا ″۲۵ ′۲۷ °۵۳ طول شرقي و در جنوب شهر ساري واقع شده است(شكل ۱). از لحاظ پوشش گياهي، بيشتر سطح منطقه توسط زمين‌هاي جنگلي پوشيده شده است. منطقه بيشتر داراي پوشش جنگلي انبوه بوده و داراي گونه هايي از جمله بلوط، افرا، راش، ممرز، توسكا و انجيلي است. دماي متوسط سالانه منطقه ۱۲/۵ درجه سانتيگراد و متوسط بارندگي سالانه منطقه ۶۹۶/۷ ميليمتر است. نوع اقليم منطقه به روش دومارتن با ضريب خشكي (Ia) ۳۰/۹, مرطوب است (۹). از نظر زمين شناسي، بيشتر سازندهاي

Archive of SID

www.SID.ir

زمين شناسي از دوران سنوزوئيك است كه به خاطر فراواني سنگ‌هاي مارني، شيلي و سيلتي حساس به زمين لغزش بوده كه وقوع ۶۲ مورد زمين لغزش در منطقه بيانگر اين موضوع مي باشد.

روش تحقيق

در اين پژوهش ابتدا با تفسير عكس‌هاي هوايي منطقه و دريافت آمار و اطلاعات مربوط به وقوع زمين لغزش از مديريت آبخيزداري جهاد كشاورزي استان مازندران و در نهايت با انجام كارهاي ميداني گسترده, ۶۲ مورد زمين لغزش در منطقه ثبت گرديد و اطلاعات مربوط به موقعيت آنها به‌وسيله دستگاه موقعيت ياب جهاني (GPS)[1] به‌دست آمد و در مرحله بعد, اين مختصات بر روي نقشه توپوگرافي منتقل گرديد و نقشه پراكنش زمين لغزش منطقه به‌دست آمد (شكل۲). همچنين مورفومتري هر كدام از زمين لغزش‌ها در اواخر بهار ۱۳۸۱ به‌طور جداگانه انجام شد و برخي از ويژگي‌هاي آنها در قالب پرسشنامه تكميل گرديد (۷،۱٤).

با توجه به نتايج به‌دست آمده از پرسشنامه‌ها و همچنين بررسي مطالعات انجام شده در مناطق مشابه, در مراحل اوليه ۹ عامل طبقات ارتفاعي، ميزان شيب، جهت شيب، زمين شناسي، كاربري زمين‌ها، بارندگي، فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از شبكه هيدروگرافي به عنوان عوامل موثر اوليه تشخيص داده شدند . لازم به توضيح است كه با توجه به اختلافات كم بين مساحت زمين لغزش‌ها و همچنين با توجه به اينكه براي مشخص كردن نرخ هر كلاس از قطع دادن نقشه پراكنش با لايه‌هاي اطلاعاتي هر كدام از ۹ عامل استفاده شده است, لذا براي تهيه نقشه پراكنش زمين لغزش‌ها از تعداد آنها به صورت نقطه استفاده شده و از لحاظ كردن مساحت زمين لغزش چشم‌پوشي شده است.

بعد از تهيه لايه‌هاي مربوطه در محيط GIS[2] (۳ و۱۱), به منظور تعيين اهميت هر كلاس از عوامل در وقوع زمين لغزش ابتدا لايه‌هاي مختلف كلاسه‌بندي شد. براي اين‌كار در مورد برخي از كلاسه‌ها مانند طبقات ارتفاعي,شيب, بارندگي, فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از شبكه هيدروگرافي از نمودار فراواني تجمعي پيكسل‌ها در مقابل ارزش هر پيكسل استفاده شده است. روي اين منحني مناطقي كه شيب منحني تغيير پيدا مي‌كند را به عنوان مرز يك كلاس با كلاس ديگر در نظر مي‌گيرند كه به عنوان نمونه اين منحني براي نقشه شيب در شكل (۳) آمده است.در مورد نقشه هاي جهت شيب,زمين شناسي و كاربري زمين‌ها با توجه به محتويات هر لايه كلاسه بندي صورت گرفت.

در اين مرحله به منظور تعيين نرخ هر كلاس كه در پهنه‌بندي از اهميت بالايي برخوردار است, از قطع دادن نقشه پراكنش زمين لغزش‌ها با هر كدام از لايه‌هاي اطلاعاتي استفاده شد. بعد از اين كار مشخص شد كه در مورد عامل جهت بيشترين زمين لغزش‌ها در جهت جنوبي و شرقي اتفاق افتاده است. با توجه به اينكه از نظر طبيعي بايد وقوع زمين لغزش در جهت شمال بيشتر باشد, با مراجعه به محتويات پرسشنامه‌ها مشخص شد كه شرايط غير طبيعي در مورد عامل جهت (ظاهر شدن بيشتر زمين لغزش‌ها در جهت جنوب) تحت تأثير عوامل انساني نظير تغيير كاربري زمين‌ها و ايجاد راه‌ها بوده است.لذا با توجه به اينكه هر كدام از عوامل انساني نيز به‌صورت منفرد به عنوان عوامل مو ثر در نظر گرفته شده‌اند به اين منظور از عامل جهت شيب چشم‌پوشي شده است. همچنين در مورد عامل فاصله از شبكه هيدروگرافي نتايج نشان داد كه روند نزولي تعداد زمين لغزش در واحد سطح با فاصله گرفتن از رودخانه رعايت نشده و اين در حالي بود كه در مورد دو عارضه خطي ديگر (جاده و گسل) اين روند رعايت شده است, لذا عامل فاصله از شبكه هيدروگرافي نيز از پهنه‌بندي خطر زمين لغزش حذف شد و در نهايت با ۷

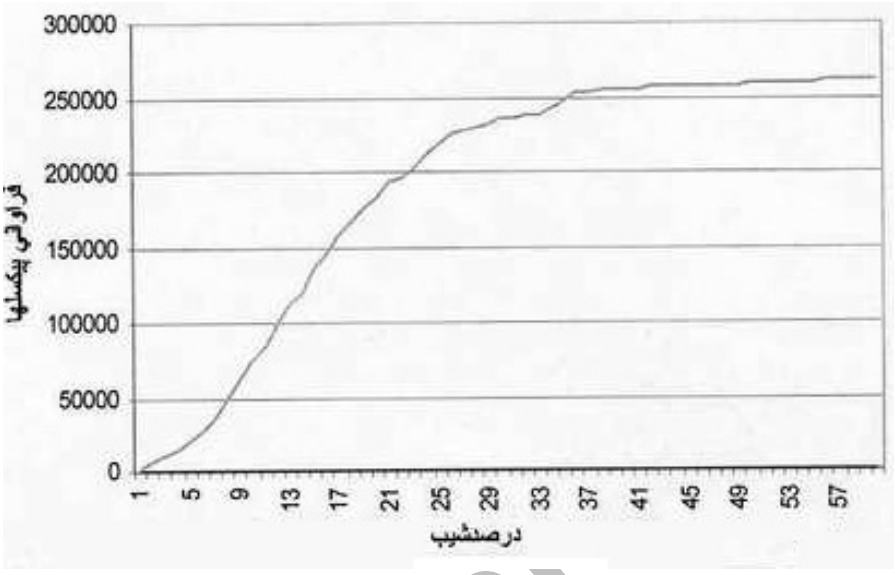
[1] -Global Positioning System

[2] -Geographic Information System

Archive of SID

www.SID.ir

عامل مؤثر نهايي پهنه‌بندي خطر زمـين لغـزش بـا ۴ روش ارزش اطلاعاتي, تراكم سطح, شاخص همپوشاني و تحليـل سلسله مراتبي سيستم‌ها انجام شد.



شكل۳-نمودار فراواني تجمع پيكسل‌ها براي كلاسه‌بندي نقشه شيب

نتايج

نتـايج بـه‌دسـت آمـده از قطـع دادن نقشـه پـراكنش زمين‌لغزش‌ها با لايه‌هاي مختلف در اشكال (۴ تا ۱۲) آمده است. جدول (۱) به عنوان نمونـه بـراي نشـان دادن تـراكم زمين لغزش در طبقات ارتفـاعي حـوزه آبخيـز شـيرين رود آورده شده است. پراثرترين و كم‌اثرترين كلاس‌هاي مربـوط به هركدام از عوامل درجدول (۲) آورده شده است.

جدول۱- تراكم زمين لغزش در طبقات ارتفاعي حوزه آبخيز شيرين رود

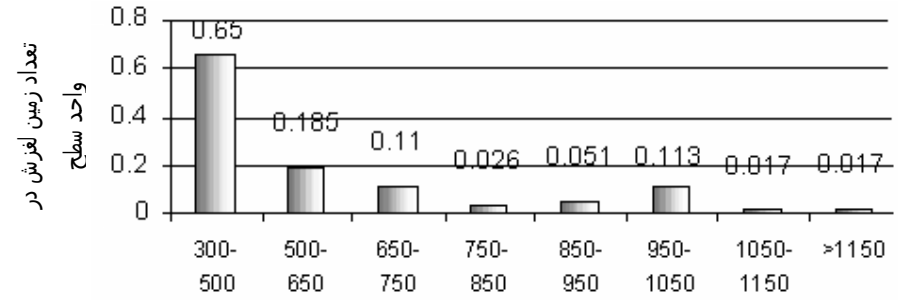
كلاس	طبقات ارتفاعي	مساحت km^2	درصد	فراواني زمين لغزش	درصد	تعداد زمين لغزش درواحدسطح
۱	۳۰۰-۵۰۰	۳۲/۲۴	۵	۲۱	۳۴	۰/۶۵
۲	۵۰۰-۶۵۰	۶۴/۹۷	۹	۱۲	۲۰	۰/۱۸۵
۳	۶۵۰-۷۵۰	۹۱/۳	۱۳	۱۰	۱۶	۰/۱۰۹۵
۴	۷۵۰-۸۵۰	۷۶/۰۸	۱۱	۲	۳	۰/۰۲۶۳
۵	۸۵۰-۹۵۰	۷۷/۹۳	۱۱	۴	۶	۰/۰۵۱۳
۶	۹۵۰-۱۰۵۰	۷۰/۵۵	۱۰	۸	۱۳	۰/۱۱۳۴
۷	۱۰۵۰-۱۱۵۰	۵۷/۸۹	۸	۱	۲	۰/۰۱۷۳
۸	>۱۱۵۰	۲۳۷/۰۲	۳۳	۴	۶	۰/۰۱۶۹

Archive of SID

www.SID.ir

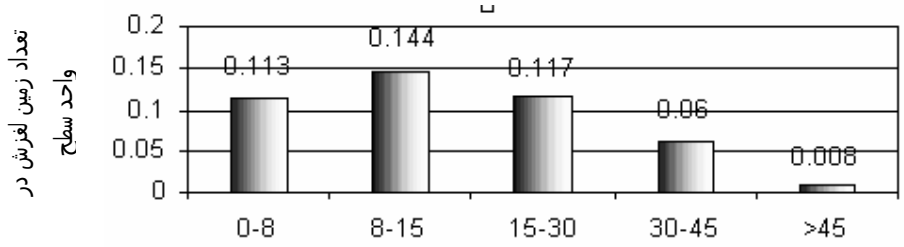
آبخيز		۷۰۸/۰۸	۱۰۰	۶۲	۱۰۰	۰/۰۸۷۶

طبقات ارتفاعي



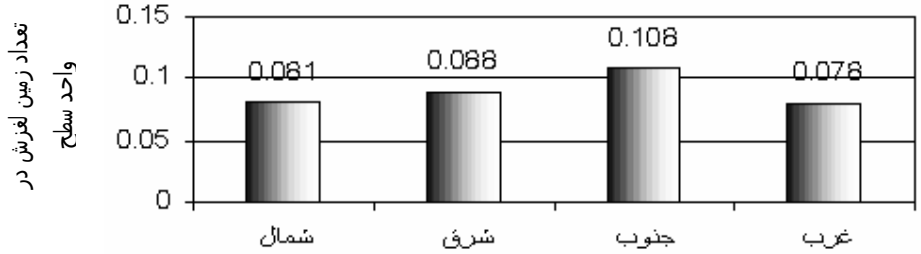
شکل ٤- هیستوگرام تراکم زمین لغزش در طبقات ارتفاعي

طبقات شیب



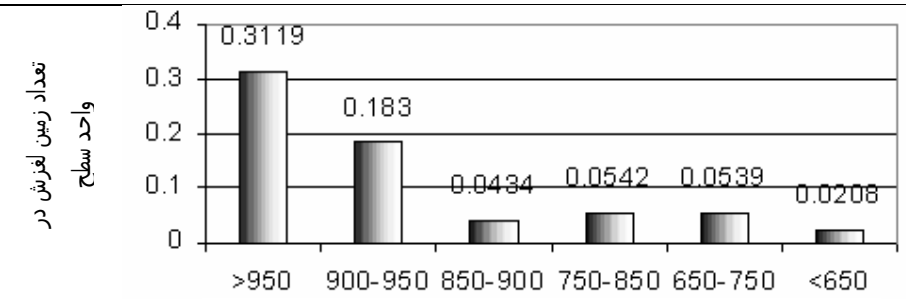
شکل ٥- هیستوگرام تراکم زمین لغزش در طبقات شیب

کلاس جهت

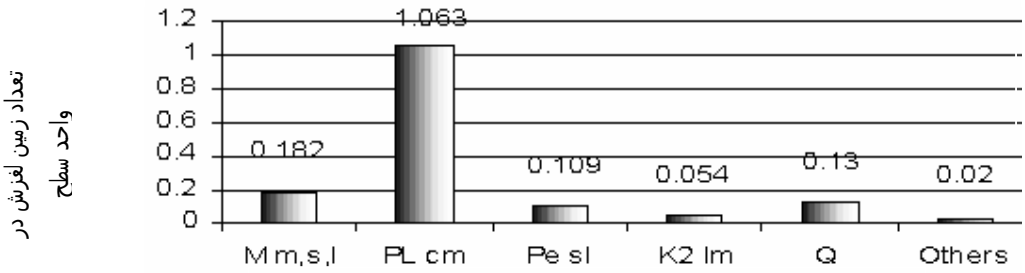


شکل ٦- هیستوگرام تراکم زمین لغزش در جهات شیب

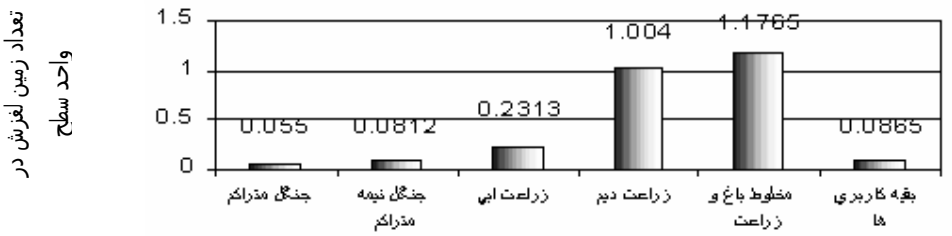
www.SID.ir



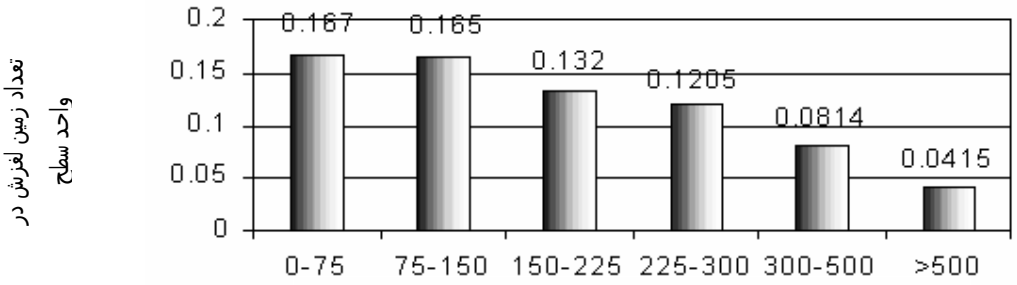
شکل ۷- هیستوگرام اثر بارندگي در وقوع زمین لغزش



شکل ۸- هیستوگرام تراکم زمین لغزش در واحدهاي زمین‌شناسي

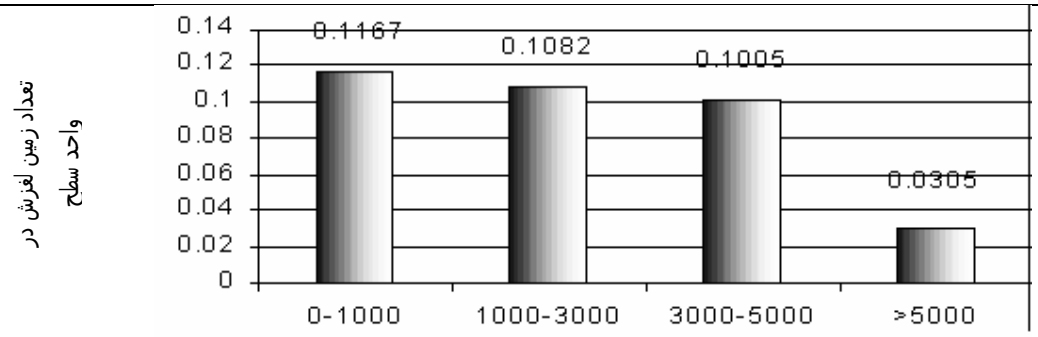


شکل ۹- هیستوگرام تراکم زمین لغزش در کاربري‌هاي مختلف

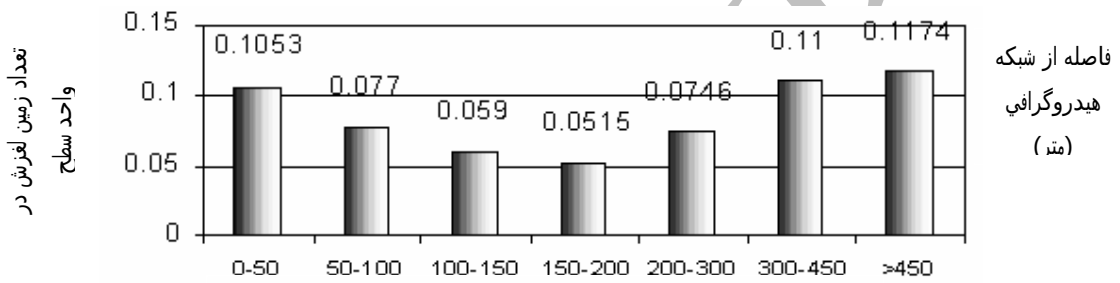


شکل ۱۰-هیستوگرام تراکم زمین لغزش در طبقات فاصله ازجاده

www.SID.ir



شكل ۱۱-هيستوگرام تراكم زمين لغزش در طبقات فاصله از گسل



شكل ۱۲-هيستوگرام اثر فاصله از شبكه هيدروگرافي در وقوع زمين لغزش

جدول۲ - پراثرترين و كم اثرترين كلاس‌هاي مربوط به هركدام از عوامل

عامل / كلاس	پراثرترين	كم اثرترين
طبقات ارتفاعي	۳۰۰-۵۰۰	>۱۱۵۰
شيب	۸-۱۵ درصد	۴۵درصد>
زمين شناسي	PI^{cm}مارن,مارن سيلتي,كنگلومرا	بقيه واحدها
كاربري زمين	مخلوط باغ و زراعت	جنگل متراكم
بارندگي	۹۵۰< ميلي متر	۶۵۰>ميلي متر
فاصله از جاده	۰-۷۵ متر	۵۰۰> متر
فاصله از گسل	۰-۱۰۰۰متر	۵۰۰۰> متر

پهنه‌بندي خطر زمين لغزش به روش ارزش اطلاعاتي

در روش ارزش اطلاعاتي نرخ مربوط به هر كلاس از عوامل موثر از رابطه ۱ به‌دست مي‌آيد (منابع۶).

$$Winf = Ln\ [A/B\ /\ C/D] \qquad (۱)$$

Winf: نرخ مربوط به هر كلاس از عوامل؛

A : تعداد زمين لغزش در هر كلاس؛

B : مساحت هر كلاس (كيلومتر مربع)؛

C : تعداد كل زمين لغزش‌هاي حوزه ؛

D: مساحت كل حوزه (كيلومتر مربع).

در جدول(۳) نرخ مربوط به هر كلاس از عوامل مختلف آمده است .

جدول ۳- نرخ كلاس‌هاي عوامل وقوع زمين لغزش حوزه آبخيز شيرين رود در روش ارزش اطلاعاتي

Archive
www.SID.ir

عامل کلاس	زمين شناسي	کاربري زمين‌ها	بارندگي	فاصله از جاده	شيب	ارتفاع	فاصله از گسل
۱	۰/۷۳	-۰/۴۶	۱/۲۷	۰/۶۴	۰/۲۵	۲/۰۱	۰/۲۹
۲	۲/۵	-۰/۰۷	۰/۷۴	۰/۶۳	۰/۵	۰/۷۵	۰/۲۱
۳	۰/۲۲	۰/۹۷	-۰/۷	۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۲۲	۰/۱۴
۴	-۰/۴۹	۲/۴۴	-۰/۴۸	۰/۳۲	-۰/۳۸	-۱/۲	-۱/۰۶
۵	۰/۳۹	۲/۶	-۰/۴۹	-۰/۰۷	-۲/۳۷	-۰/۵۳	-
۶	-۱/۴۸	-۰/۰۱	-۱/۴۴	-۰/۷۵	-	-۰/۲۶	-
۷	-	-	-	-	-	-۱/۶۲	-
۸	-	-	-	-	-	-۱/۶۵	-

با توجه به نرخ‌هاي به‌دست آمده براي كلاسه‌هاي عوامل مختلف نقشه نهايي پهنه‌بندي خطر زمين لغزش به‌دست مي آيد . براي اين‌كار ابتدا لايه‌ها با توجه به نرخ‌هاي به‌دست آمده تهيه شده و سپس با روي هم اندازي و جمع كردن ارزش پيكسل‌ها براي عوامل مختلف, نقشه نهايي به‌دست مي‌آيد. براي كلاسه‌بندي نقشه نهايي, از نمودار فراواني تجمعي پيكسل‌ها استفاده شده است كه قبلا توضيح داده شد. به اين ترتيب نقشه نهايي پهنه‌بندي خطر زمين لغزش به روش ارزش اطلاعاتي به‌دست آمد (شكل۱۳).

پهنه‌بندي خطر زمين لغزش به روش تراكم سطح

نرخ مربوط به هر يك از كلاسه‌هاي عوامل مختلف در اين روش از رابطه ۲ به‌دست مي‌آيد(منبع۶)

$$Wa = 1000(A/B)-1000(C/D) \quad (۲)$$

Wa: نرخ مربوط به هر كلاس از عوامل؛

A : تعداد زمين لغزش در هركلاس؛

B : مساحت هر كلاس (كيلومتر مربع) ؛

C : تعداد كل زمين لغزش‌هاي حوزه؛

D : مساحت كل حوزه (كيلومتر مربع).

در جدول (۴) نرخ مربوط به هر كلاس از عوامل مختلف آمده است. براي به‌دست آوردن نقشه نهايي پهنه‌بندي در روش تراكم سطح مانند روش ارزش اطلاعاتي عمل مي‌شود (شكل۱۴).

جدول ۴- نرخ كلاس‌هاي عوامل وقوع زمين لغزش حوزه آبخيز شيرين رود در روش تراكم سطح

عامل كلاس	زمين‌شناسي	كاربري زمين	بارندگي	فاصله از جاده	شيب	ارتفاع	فاصله از گسل
۱	۹۴/۴۴	-۳۲/۲۵	۲۲۴/۳۴	۸۰/۴۴	۲۵/۴۴	۵۶۲/۴۴	۲۹/۴۴
۲	۹۷۵/۴۶	-۶/۲۷	۹۵/۴۴	۷۷/۴۴	۵۶/۴۴	۹۷/۴۴	۲۰/۴۴
۳	۲۱/۱۲	۱۴۳/۷۲	-۴۴/۱۶	۴۴/۴۴	۲۹/۴۴	۲۱/۹۴	۱۳/۴۴
۴	-۳۳/۹۵	۱۲/۸۵	-۳۳/۷	۳۲/۹۴	-۲۷/۵۶	-۶۱/۲۶	-۵۷/۵۶
۵	۴۲/۴۴	۱۰۸۸/۹۱	-۳۳/۷۶	-۶/۵۶	-۷۹/۵۶	-۳۶/۲۶	-
۶	-۶۷/۵۶	-۱/۰۳	-۶۶/۸	-۴۶/۵۶	-	۲۵/۸۴	-

Archive of SID

www.SID.ir

۷	-	-	-	-	-	-۷۰/۲۶	-
۸	-	-	-	-	-	-۷۰/۶۶	-

پهنه‌بندي خطر زمين لغزش به روش شاخص همپوشاني

در اين روش نرخ مربوط به کلاس‌هاي مختلف بين ۰ تا ۱۰ در نظر گرفته مي‌شود. (Arzani,et al, 2000) به اين ترتيب که با توجه به هيستوگرام به‌دست آمده از قطع دادن نقشه پراکنش زمين لغزش با عوامل مختلف استفاده شده و در مورد هر عامل به کلاسي که تراکم زمين لغزش بيشتري داشته باشد نرخ ۱۰ تعلق مي‌گيرد و بقيه کلاس‌ها با توجه به مقدار تراکم زمين لغزش در کلاس مربوطه نرخ آن به صورت واحدي از ۱۰ در نظر گرفته مي‌شود.

همچنين در اين روش علاوه بر نرخ هر کلاس، به هر کدام از عوامل نيز بايد وزني اعمال گردد. اين وزن به‌صورت کارشناسي بوده و بيشتر بستگي به شناخت محقق از منطقه مورد مطالعه دارد. در اين تحقيق با توجه به بررسي‌هاي انجام شده روي پرسشنامه‌ها و همچنين هيستوگرام‌هاي مربوط به تراکم زمين لغزش و نيز استفاده از نظرات کارشناسي متخصصين منطقه اين وزن‌ها براي عوامل مختلف به شرح زير تعيين شد:

زمين شناسي = ۱۰، کاربري زمين= ۸، بارندگي= ۷، فاصله از جاده = ۶ ، شيب = ۴ ، ارتفاع = ۴ ، فاصله از گسل = ۲نرخ مربوط به کلاسه ها با توجه به توضيحي که داده شد بين ۱۰-۰ و به صورت جدول (۵) مي‌باشد.

جدول ۵- نرخ کلاس‌هاي عوامل وقوع زمين لغزش حوزه آبخيز شيرين رودبه روش شاخص‌هاي همپوشاني

عامل کلاس	زمين شناسي	کاربري زمين	بارندگي	فاصله از جاده	شيب	ارتفاع	فاصله از گسل
۱	۱/۷	۰/۵	۱۰	۱۰	۷/۸	۱۰	۱۰
۲	۱۰	۰/۷	۵/۹	۹/۸	۱۰	۲/۸	۹/۲
۳	۱	۲	۱/۴	۷/۹	۸/۱	۱/۷	۸/۶
۴	۰/۵	۸/۵	۱/۷	۷/۲	۴/۲	۰/۴	۲/۶
۵	۱/۲	۱۰	۱/۷	۴/۹	۰/۷	۰/۸	
۶	۰/۱	۰/۷	۰/۷	۲/۵		۱/۷	
۷						۰/۳	
۸						۰/۳	

بعد از اينکه لايه‌هاي اطلاعاتي با توجه به نرخ کلاسه ها تهيه شد با اعمال رابطه (۳) نقشه نهايي به‌دست آمد:

(۳):

Final=۱۰×(نقشه‌زمين‌شناسي)+...+۲×(نقشه فاصله از گسل) / **Sum W**

Sum W = مجموع وزن هاي عوامل

در نهايت نقشه به‌دست آمده با استفاده از نمودار فراواني تجمعي پيکسل ها به کلاسه‌هاي خطر تقسيم بندي گرديد(شکل۱۵).

پهنه‌بندي خطر زمين لغزش به روش تحليل سلسه مراتبي **(Analytical Hierarchy process-AHP)**

نرخ مربوط به کلاسه‌هاي عوامل مختلف در اين روش بين ۱۰۰-۰ در نظر گرفته مي‌شود (محمدخان، ۱۳۸۰). اين

Archive of SID

www.SID.ir

نرخ‌ها همانند روش شاخص همپوشاني از روي هيستوگرام به‌دست آمده از قطع دادن نقشه پراكنش زمين لغزش‌ها با عوامل مختلف به‌دست مي آيد(جدول۹).همچنين وزن مربوط به هر عامل نيز در اين روش به‌دست مي آيد. براي اين‌كار مقايسات زوجي بين هر جفت از عوامل از طريق قضاوت شفاهي(جدول۶) در نظر گرفته مي‌شود و نتيجه مقايسات به‌صورت ماتريس در مي آيد.

جدول۶- نحوه قضاوت شفاهي(ترجيحات)براي مقايسه زوجي در روش تحليل سلسله مراتبي سيستم ها

ترجيحات (قضاوت شفاهي)		مقدار عددي
كاملا" مرجح يا كاملا" مطلوب‌تر	Extremely prefered	۹
ترجيح يا اهميت يا مطلوب خيلي قوي	Very strongly prefered	۷
ترجيح يا اهميت يا مطلوبيت قوي	Strongly prefered	۵
كمي مرجح يا كمي مطلوب‌تر	Moderatly prefered	۳
ترجيح يا مطلوبيت كمتر يا كمي مهمتر	Equally prefered	۱
ترجيحات بين فواصل فوق		۸و۶و۴و۲

Archive of SID

www.SID.ir

حال از روي جدول(۶) مقادير ترجيحات براي تك تك عوامل در مقايسات زوجي به‌دست مي‌آيد. سپس اين مقايسات به‌صورت جدول درمي‌آيد و جمع هر ستون در زير آن نوشته مي‌شود (جدول۷).

جدول ۷- محاسبه وزن عوامل در روش تحليل سلسله مراتبي سيستم ها(مرحله اول)

	زمين شناسي	كاربري زمين‌ها	بارندگي	فاصله از جاده	شيب	ارتفاع	فاصله از گسل
زمين شناسي	۱	۳	۴	۵	۷	۷	۹
كاربري	۱/۳	۱	۲	۳	۶	۶	۷
بارندگي	۱/۴	۱/۲	۱	۲	۵	۵	۷
فاصله از جاده	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱	۴	۴	۵
شيب	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۱	۱	۳
ارتفاع	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۱	۱	۳
فاصله از گسل	۱/۹	۱/۷	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱
مجموع	۲/۱۸	۵/۳۱	۸/۰۴	۱۱/۷	۲۴/۳۳	۲۴/۳۳	۳۵

در
اين مرحله اعداد موجود در هر ستون بر عدد مجموع آن ستون تقسيم مي گردد و در جدول ديگري نوشته مي شود. سپس از اعداد موجود در هر كدام از رديف ها ميانگين گرفته مي شود و اين عدد به عنوان وزن در نظر گرفته مي‌شود (جدول۸).

جدول ۸ – محاسبه وزن عوامل در روش تحليل سلسله مراتبي سيستم‌ها (مرحله دوم)

	زمين شناسي	كاربري زمين	بارندگي	فاصله از جاده	شيب	ارتفاع	فاصله از گسل	متوسط سطر
زمين شناسي	۰/۴۶	۰/۵۶	۰/۵	۰/۴۳	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۳۹۸۶
كاربري زمين	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲	۰/۲۲۱۴
بارندگي	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱۵۵۷
فاصله از جاده	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۸۵	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۰۷۹
شيب	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۸۶	۰/۰۴۴۶
ارتفاع	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۸۶	۰/۰۴۴۶
فاصله از گسل	۰/۰۵	۰/۰۲۷	۰/۰۱۸	۰/۰۱۷	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۲۹	۰/۰۲۴۱

وزن عوامل مختلف همانطوري كه در جدول (۸) مشخص است به‌صورت زير مي باشد:
زمين‌شناسي=۰/۴، كاربري زمين‌ها= ۰/۲۲، بارندگي=۰/۱۶، فاصله از جاده = ۰/۱۱ ،
شيب = ۰/۰۴۵ ، ارتفاع = ۰/۰۴۵ و فاصله از گسل= ۰/۰۲

نرخ كلاسه ها نيز با توجه به توضيحي كه داده شد بين ۰۰-۱۰۰ و به‌صورت جدول (۹) است.
بعد از اين مرحله نقشه نهايي از رابطه ۴ به‌دست مي‌آيد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹- نرخ كلاس‌هاي عوامل وقوع زمين لغزش حوزه آبخيز شيرين رود به روش تحليل سلسله مراتبي (**AHP**)

عامل / كلاس	زمين شناسي	كاربري زمين	بارندگي	فاصله از جاده	شيب	ارتفاع	فاصله از گسل
۱	۱۷	۵	۱۰۰	۱۰۰	۷۸	۱۰۰	۱۰۰
۲	۱۰۰	۷	۵۹	۹۸	۱۰۰	۲۸	۹۲
۳	۱۰	۲۰	۱۴	۷۹	۸۱	۱۷	۸۶
۴	۵	۸۵	۱۷	۷۲	۴۲	۴	۲۶
۵	۱۲	۱۰۰	۱۷	۴۹	۷	۸	-
۶	۱	۷	۷	۲۵	-	۱۷	-
۷	-	-	-	-	-	۳	-
۸	-	-	-	-	-	۳	-

final= ۰/٤ × (نقشه زمين شناسي) ×(نقشه ۰/۲۲ + (٤)(نقشه فاصله از گسل) × ۰/۰۲+ ... +كاربري زمين)×

در نهايت نقشه به‌دست آمده همانند روش‌هاي قبلي به كلاسه‌هاي خطر تقسيم گرديد و نقشه پهنه‌بندي نهايي به‌دست آمد (شكل۱۶).

ارزيابي و مقايسه كارايي روش‌هاي پهنه‌بندي

همانطوري كه قبلاً اشاره شد براي اين‌كار از روش نسبت تراكمي در هر يك از كلاسه‌هاي خطر استفاده شده است (سفيدگري، ۱۳۸۱). در اين روش از رابطه ۵ براي ارزيابي تفكيك كلاسه‌هاي خطر استفاده مي گردد. به نحوي كه هر چقدر مقدار Qs به‌دست آمده بيشتر باشد آن روش دقت بيشتري در تفكيك كلاسه‌هاي خطر دارد و در نهايت آن روش براي منطقه مورد مطالعه مناسب‌تر مي‌باشد.

$$Qs = \sum_{i=1}^{n} (D_r - 1)^2 . S \qquad (۵)$$

Qs =شاخص تفكيك كلاس هاي خطر ؛

Dr = نسبت تعداد زمين لغزش در واحد سطح در هر كلاس خطر به تعداد كل لغزش به سطح كل منطقه ؛

S = نسبت مساحت هركلاس خطر به مساحت كل منطقه ؛

n = تعداد كلاس خطر .

مقادير به‌دست آمده براي Qs در جدول (۱۰) آمده است.

همانطوري كه از جدول (۱۰) مشخص است بيشترين مقدار Qs مربوط به روش شاخص همپوشاني و مقدار آن ۵/۸۲ مي باشد كه در بين اين ۴ روش مناسب ترين روش براي اين منطقه مي‌باشد. كمترين مقدار نيز مربوط به روش تراكم سطح بوده و مقدار آن ۳/۰۸ مي باشد.

بحث و نتيجه گيري

آنچه از تجزيه و تحليل عوامل موثر مختلف به‌دست آمد ، از ميان ۹ عامل مورد تحقيق۲ عامل جهت شيب و فاصله از شبكه هيدروگرافي به خاطر نتايجي كه ارائه كردند از ميان عوامل موثر حذف گرديدند. حسن زاده (۱۳۷۹) در مطالعه‌اي كه در حوزه آبخيز شلمانرود در شمال كشور انجام داد به نتايج مشابهي در خصوص عامل جهت دست يافت (حسن‌زاده نفوتي، ۱۳۷۹). با توجه به نتايج به‌دست آمده از تحقيقات قبلي و نيز تحقيق حاضر مي‌توان به اين نتيجه رسيد كه تغيير در كاربري زمين و تبديل زمين‌هاي جنگلي به باغات, زراعت ديم, زراعت آبي, چايكاري, ايجاد راه و... كه در سال‌هاي اخير به شدت در شمال كشور انجام شده منجر به اين شد كه عواملي مثل جهت شيب تحت تأثير عوامل انساني قرار گرفته و اثر خود را از دست بدهند. همچنين با توجه به نتايج به‌دست آمده از مطالعات ميداني و نيز تجزيه و تحليل عوامل مؤثر مي‌توان به اين نتيجه

Archive of SID

www.SID.ir

رسيد كه عامل زمين شناسي و سنگ شناسي از مهمترين عوامل در وقوع زمين لغزش بوده است. همچنين يكي ديگر از مهمترين عوامل كه در سال‌هاي اخير باعث وقوع زمين لغزش‌هاي زيادي در شمال كشور شده است عامل تغيير در كاربري زمين‌ها مي‌باشد. در مورد اين عامل با توجه به نتايجي كه به‌دست آمد مي‌توان به اين نكته اشاره كرد كه در مناطقي كه جنگل متراكم رفته رفته با جنگل تراشي تبديل به باغات, زراعت ديم, جاده و ... شده است, زمين لغزش‌هاي زيادي اتفاق افتاده است. همچنين در مناطقي از دهانه خروجي حوزه كه تراكم زمين لغزش بسيار بالا بوده است, تغيير در كاربري زمين و جاده‌سازي‌هاي متعدد اتفاق افتاده است كه خود بيانگر نقش تغيير در كاربري زمين در وقوع زمين لغزش‌ها مي‌باشد.

در مورد پهنه‌بندي در هر ٤ روش ذكر شده، مناطق با خطر بسيار بالا و بالا در روستاهاي اطراف دهانه خروجي حوزه قرار گرفته‌اند و با توجه به اين نتايج مي‌توان بيان داشت كه كارايي مدل‌ها تا حدي يكسان مي‌باشد, اما براي دست‌يابي به نتايج دقيق‌تر و به‌كارگيري مدل‌هاي با دقت بيشتر, با توجه به مقدار Qs مشخص شد كه روش‌هاي شاخص همپوشاني و ارزش اطلاعاتي مناسب‌تر از روش‌هاي ديگر مي‌باشد. سيار پور (۱۳۷۸) در تحقيقي كه در بخشي از جنوب خلخال در شمال كشور انجام داد به اين نتيجه رسيد كه روش ارزش اطلاعاتي در مقايسه با روش‌هاي ديگر مناسب‌تر مي‌باشد (۵). همچنين فتاحي اردكاني (۱۳۷۹) نيز براي ارزيابي روش‌هاي پهنه‌بندي خطر حركت‌هاي توده‌اي حوزه آبخيز سد لتيان از ۴ روش نيلسن, تراكم سطح, وزن متغيرها و ارزش اطلاعاتي استفاده نمود و روش‌هاي ارزش اطلاعاتي و وزن متغيرها را مناسبتر ارزيابي كرده است (فتاحي اردكاني، ۱۳۷۹).

جدول۱۰ - ارزيابي و مقايسه كارايي روش‌هاي مختلف پهنه‌بندي درحوزه آبخيز شيرين رود

روش پهنه‌بندي	كلاس خطر	مساحت KM^2	فراواني زمين لغزش	D_r	S	Q_s
ارزش اطلاعاتي	خطرخيلي زياد	۲۶/۹۳	۲۶	۱۱/۰۳	۰/۰۳۸	۴/۶۲
	خطر زياد	۳۶/۸۹	۱۲	۳/۷۲	۰/۰۵۲	
	خطر متوسط	۲۹۲/۲۱	۲۰	۰/۷۸	۰/۴۱۳	
	خطر كم	۱۰۶/۹۸	۴	۰/۴۳	۰/۱۵۱	
	خطر خيلي كم	۲۴۵/۰۸	۰	۰	۰/۳۴۶	
تراكم سطح	خطرخيلي زياد	۳۲/۲۵	۲۲	۷/۷۹	۰/۰۴۵	۳/۰۸
	خطر زياد	۱۰/۰۸	۶	۶/۸	۰/۰۱۴	
	خطر متوسط	۴۶/۴۸	۸	۱/۹۷	۰/۰۶۶	
	خطر كم	۱۷۴/۰۹	۱۹	۱/۲۵	۰/۲۴۶	
	خطر خيلي كم	۴۴۴/۴۹	۷	۰/۱۸	۰/۶۲۸	
شاخص همپوشاني	خطرخيلي زياد	۳/۲۱	۹	۳۲/۰۲	۰/۰۰۴	۵/۸۲
	خطر زياد	۱۱/۰۱	۸	۸/۳	۰/۰۱۶	
	خطر متوسط	۶۶/۱۱	۱۷	۲/۹۴	۰/۰۹۳	
	خطر كم	۴۰۹/۴۴	۲۷	۰/۷۵	۰/۵۷۸	
	خطر خيلي كم	۲۱۸/۳۴	۱	۰/۰۵	۰/۳۰۸	
تحليل سلسه مراتبي سيستم ها	خطرخيلي زياد	۶/۶۳	۱۰	۱۷/۲۳	۰/۰۰۹	۳/۸
	خطر زياد	۱۰/۰۵	۷	۷/۹۶	۰/۰۱۴	
	خطر متوسط	۷۸/۶۲	۱۶	۲/۳۲	۰/۱۱	
	خطر كم	۱۸۱/۹	۲۲	۱/۳۸	۰/۲۶	

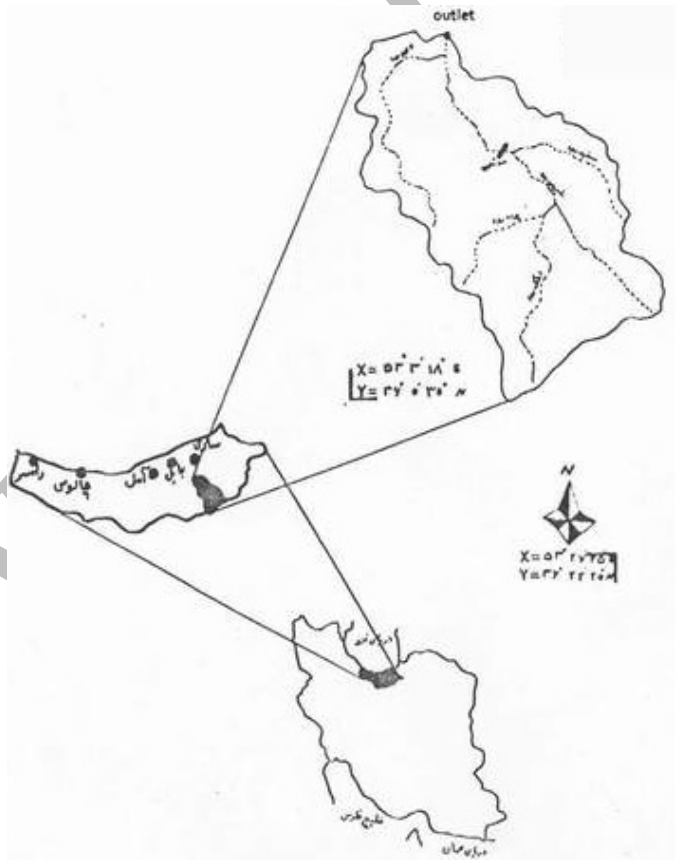
Archive of SID

www.SID.ir

	خطر خيلي كم	۴۳۰/۹۱	۷	۰/۱۹	۰/۶۱	

سفيدگري(۱۳۸۱) نيـز ارزيـابي ۸ روش پهنـه‌بنـدي خطـر زمين لغزش را در حوزه آبخيز دماوند انجام داد و در نهايـت به اين نتيجه رسيد كه روش‌هاي آمـاري ارزش اطلاعـاتي و رگرسيون چند متغيره نتايج قابل قبول و رضايت بخشـي را ارائه مي‌نمايد (سفيدگري، ۱۳۸۱). در مجموع با توجـه بـه نتايج به‌دست آمده از اين تحقيق و مقايسه آن با تحقيقـات انجام شده قبلي نشان داد كـه روش ارزش اطلاعـاتي روش مناسبي براي پهنه‌بندي خطر زمين لغزش در منطقه مـورد مطالعه مي باشد. همچنـين روش شـاخص همپوشـاني نيـز يكي ديگر از روش‌هاي مناسب براي منطقـه مـورد مطالعـه تشخيص داده شده است. اگر چه يكي از مزيـت‌هـاي روش شاخص همپوشاني, وزن دهي به هر عامـل عـلاوه بـر نـرخ دهي به كلاس‌هاي هر عامل است؛ ولـي بايـد ايـن نكتـه را يادآور شد كه وزن‌دهي به عوامل يكي از مسائل و مشكلات اصلي در مورد به‌كارگيري از اين روش است كه براي اين‌كار لازم است از اطلاعات مربوط به زمين لغـزش‌هـاي رخ داده در منطقه استفاده نمود و تجربه كارشناسـان و متخصصـان محلي و افراد بومي را نيز در اين خصوص در نظر گرفت.

با توجه به وسعت بسيار زياد منطقـه مـورد مطالعـه كـه در كلاس خطر متوسط و كم قرار گرفته اند و رونـد تصـاعدي جنگل تراشي و تغيير در كاربري زمين‌ها بايد ايـن نكتـه را يادآور شد كه چنانچه اين رونـد متوقـف نگـردد, در آينـده شاهد وجود زمين لغزش‌هاي زيادي در اين مناطق خواهيم بود.



شكل ۱- موقعيت منطقه موردمطالعه

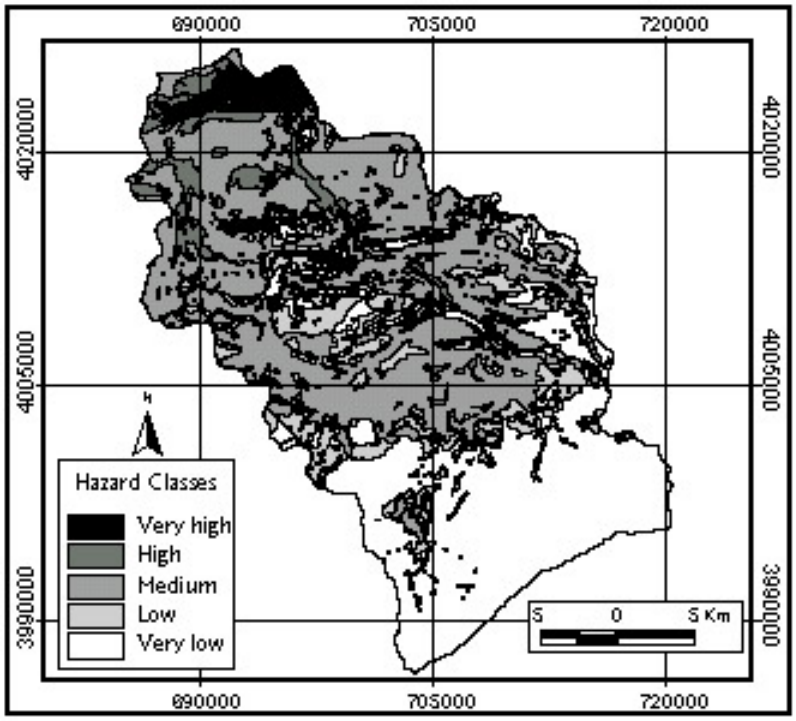
Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲-نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌هاي حوزه آبخیز شیرین‌رود

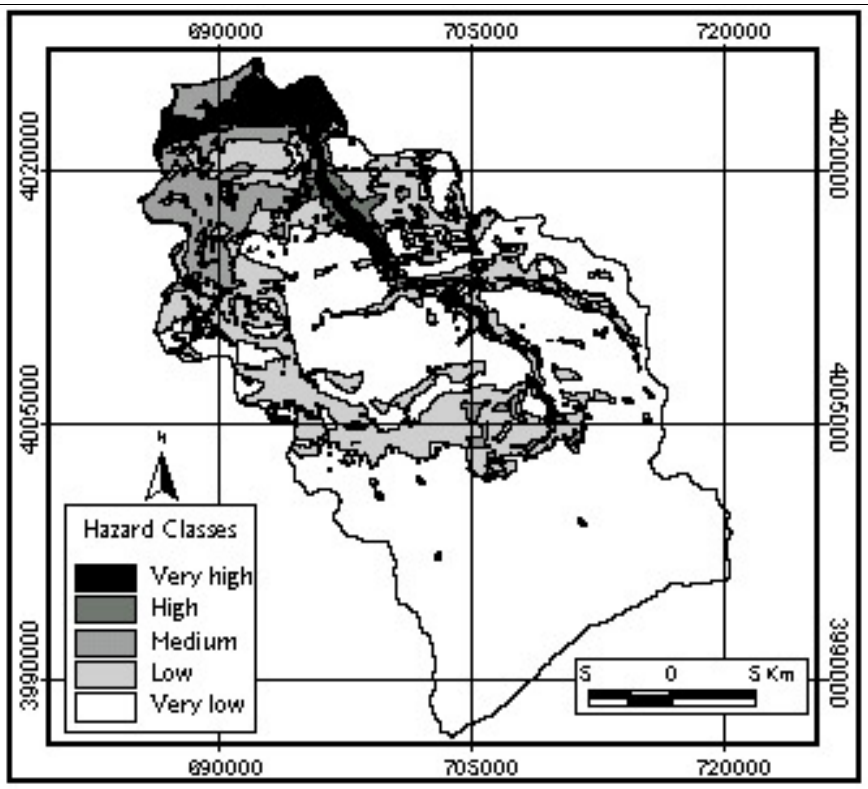
www.SID.ir



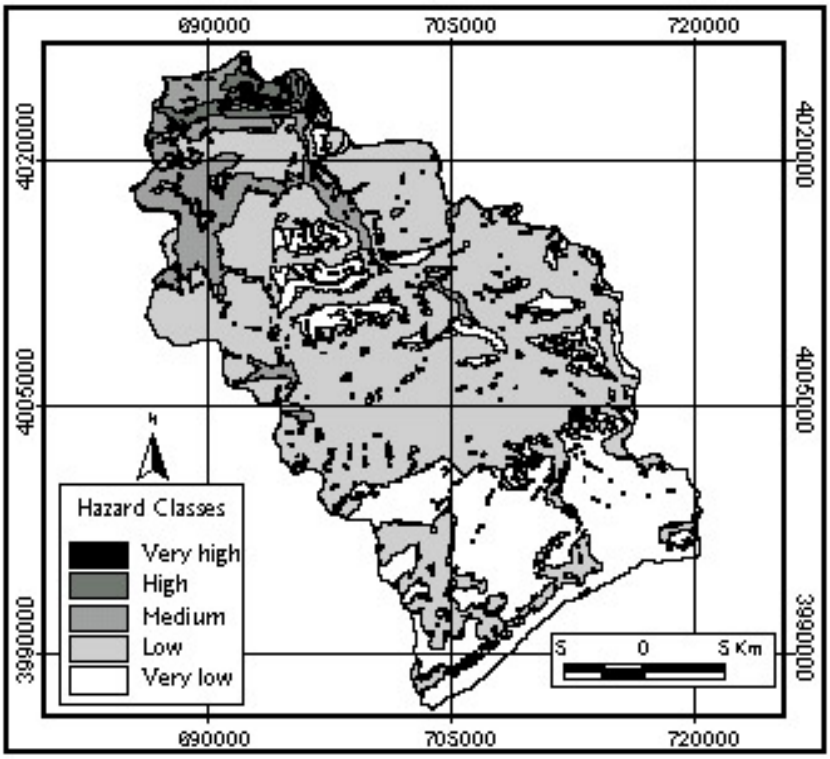
شكل ۱۳- نقشه پهنه‌بندي خطر زمين لغزش حوزه آبخيز شيرين رود به روش ارزش اطلاعاتي

Archive of SID

www.SID.ir

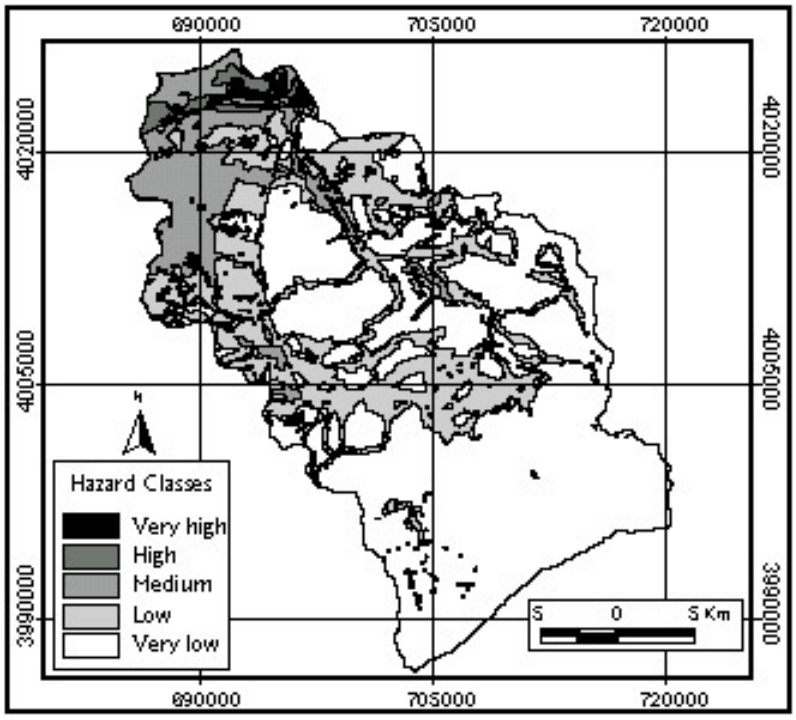


شکل ١٤-نقشه پهنه‌بندي خطر زمين لغزش حوزه ابخيز شيرين رود به روش تراکم سطح



شکل ١٥- نقشه پهنه‌بندي خطر زمين لغزش حوزه آبخيز شيرين رود به روش شاخص همپوشاني

www.SID.ir



شكل ١٦- نقشه پهنه‌بندي خطر زمين زمين لغزش حوزه ابخيز شيرين رود به روش تحليل سلسله مراتبي

منابع

١ـ حسن زاده نفوتي ، محمد، ١٣٧٩. پهنه‌بندي خطر زمين لغزش حوزه آبخيز شلمانرود ، پايان نامه كارشناسي ارشد، آبخيزداري، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران. ص ١٣١.

٢ـ زكي زاده ، حميد رضا ، ١٣٧٣. بررسي عوامل موثر در حركت توده‌اي حوزه آبخيز درياچه ولشت و نحوه پيشگيري و كنترل آن ، پايان نامه كارشناسي ارشد، آبخيزداري، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ص ١٤٠.

٣ ـ درويش صفت ، علي اصغر ، ١٣٨٠. جزوه درس سيستم اطلاعات جغرافيايي (GIS) ، دانشكده منابع طبيعي ، دانشگاه تهران.

٤ـ سفيدگري ، رضا ، ١٣٨١. ارزيابي روش‌هاي پهنه‌بندي خطر زمين لغزش حوزه آبخيز دماوند ، پايان نامه كارشناسي ارشد ، دانشگاه تهران، ص ١٥٩.

٥- سياريور, مرتضي, ١٣٧٨. پهنه‌بندي پتانسيل خطر زمين لغزش در جنوب خلخال در استان اردبيل, پايان نامه كارشناسي ارشد, دانشكده فني, دانشگاه تهران، ص ١٧٣.

٦ـ فتاحي اردكاني ، محمد علي، ١٣٧٩. بررسي و ارزيابي كارايي مدل‌هاي پهنه‌بندي خطر زمين لغزش - حوزه آبخيز سد لتيان پايان نامه كارشناسي ارشد ، مركز آموزش امام خميني ، ص ١٨١.

٧ـ كلارستاقي ، عطا الله ، ١٣٨١. بررسي عوامل موثر بر وقوع زمين لغزش‌ها و پهنه‌بندي خطر زمين لغزش ـ مطالعه موردي حوزه آبخيز شيرين رود ساري ، پايان نامه كارشناسي ارشد ، دانشگاه تهران، ص ١٤١.

Archive

www.SID.ir

۸ـ محمدخان ، شيرين،۱۳۸۰. ساخت مدل منطقه اي خطر حركات توده‌اي با استفاده از ويژگي‌هاي كيفي و تحليل سيستم ها ـ مطالعه موردي حوزه آبخيز طالقان ، پايان نامه كارشناسي ارشد، آبخيزداري، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ص ۱٤۰.
۹ـ مهندسين مشاور خزر ، ۱۳۷۳. مطالعات جامع حوزه آبخيز سد تجن ، گزارش هوا و اقليم شناسي.
10- Avanzi.G.D, R. Giannecchini, & A. Puccinelli, 2000. Geologic and Geomorphic Factor of the Land Slides Triggered in the Cardoso T. Basin (Tuscany, Italy) by the 19th June, 1996 Intense Rainstorm, Proceeding of the 8th International Symposium on Landslides, vol. 1, pp. 381-386.
11- Ilwis Application Guide, I.T.C, The Nether lands.
12- Larsen, .M.C & J.E.Parks, 1997. How Wide is a Road? The Association of Roads and Mass Wasting in a Forested Montain Environment, Earth Surface Processes and Landforms, vol. .22, pp.835-848
13- Nagarajan.R. M, A. Mukherjee, A.Roy and M.V.Khire, 1998. Temporal Remote Sensing Data and GIS Application in Landslide Hazard Zonation of Western Chat, India, Inter.Jour. Of Remote Sensing, vol.19, no.4, pp.573-585
14-Ohta. T, S.Hachinohe. & T. Noguchi, 1999, Evaluation of Rock Fall Disasters by Geomorphometry Using DEMs, Railway Technical Research Institute.
15- Oneill .M.P & J.J. Mc Doneill, 1995, Effect of Soil Moisture Dynamics on Slope Failure at Hyrum Reservoir, Utah, Earth Surface Processes and Landforms, vol.20, pp.243-253
16-. Pachauri .A. K & M. Pant, 1992, Landslide Hazard Mapping Based on Geological Attributes, Engineering Geology, vol. 32, pp. 81-100
17- Sah.M.P & R.K.Mazari, 1996. Anthropogenically Accelerated Mass Movement, Kulu Valley, Himachal Pracdesh, India, Geomorphology, no.20, pp.123-138

Archive of SID

www.SID.ir

An Investigation of Effective Factors On Landslide Occurrence and Landslide Hazard Zonation (Case Study Shirin Rood Drainage Basin - Tajan Dam)

S. Feiznia[1] A. Kalarstaghi[2] H. Ahmadi[3] M. Safaei[4]

Abstract

In drainage basins of the northern part of Iran, acombination of natural and human factors have caused numerous landslide-related damages.

One of the main strategies for restricting the damage caused by the activity of landslides is to avoid these regions. To accomplish this, landslide hazard zonation map of the area should be prepared. At the beginning, in this research, through field work and review of previous works, the following nine factors were recognized as primary effective factors on landslide occurrence: altitude, slope, aspect, rainfall, land use, geology, distance from road, distance from fault, and distance from hydrographic network. After preparing the map for above-mentioned factors in GIS environment (using Ilwis, Arc/Info, Idrisi and Arc/View softwares), these maps were overlaid with landslide inventory map. Analyses of the results indicated that aspect and distance from hydrographic network have little effect on landslide occurrence in the area. Then, by considering the other seven factors, landslide hazard zonation map of the area was prepared by using the following four methods: Valuing information, Valuing area accumulation, Index overlay, Analytical Hierarchy Process (AHP). The results have shown that in all four methods, the regions in which serious land use changes have occurred, belong to high hazard zones and also the regions of drainage outlet have a high potential for landslide occurrence. After this phase the evaluation of landslide hazard zonation methods and their ranking in separation of hazard classes were done. For doing this, the method of area accumulation ratio in each hazard class was used. It was shown that different hazard zones were better separated through index overlay method.

Keywords: Landslide, Effective factors, Hazavd zonation, Drainage basin, Land use, Road construction.

[1] *-Full Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*
[2] *-Ph.D. Student of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*
[3] *-Full Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*
[4] *-Scientific staff, Agricultaral and Natural Resources, Research Center, Mazandaran*

Archive of SID

www.SID.ir