پهنه‌بندي خطر زمين لغزش به منظور استفاده كاربردي در طراحي شبكه جاده جنگلي

الياس حياتي*[۱]، باريس مجنونيان[۲]، احسان عبدي[۳]، علي دسترنج[۴] و علي‌اكبر نظري‌ساماني[۵]

[۱] دانشجوي كارشناسي ارشد مهندسي‌جنگل، دانشكده منابع‌طبيعي، دانشگاه تهران، ايران

[۲] استاد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران

[۳] استاديار دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران

[۴] دانشجوي كارشناسي ارشد آبخيزداري، دانشكده منابع‌طبيعي، دانشگاه تهران

[۵] استاديار دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران

(تاريخ دريافت: ۸۹/۱۲/۸، تاريخ تصويب: ۹۰/۳/۱۷)

چكيده

شبكه جاده جنگلي پيش نياز دستيابي به اهداف جنگلداري و بالاترين عامل هزينه بر اجرايي و محيط زيستي مي باشد. جاده سازي بر روي اراضي حساس موجب افزايش هزينه‌هاي تعمير و نگهداري جاده در آينده و همچنين خسارت هاي جبران ناپذير محيط زيستي مي‌گردد. بدين منظور پهنه‌بندي زمين لغزش يكي از روش‌هايي است كه مي‌توان به كمك آن مناطق بحراني و حساس را مشخص كرد. لذا در اين پژوهش به منظور استفاده كاربردي نقشه پتانسيل زمين لغزش در طراحي جاده‌هاي جنگلي، بخش بهاربن جنگل خيرود از نظر استعداد رخداد زمين لغزش با استفاده از مدل تلفيقي روش تحليل سلسله مراتبي (AHP) و روش تراكم سطح پهنه‌بندي گرديد. بدين منظور ابتدا پيمايش زميني در منطقه صورت گرفت و نقشه پراكنش زمين لغزش در محيط ArcGIS تهيه گرديد. سپس نقشه مربوط به معيارهاي موثر در وقوع لغزش تهيه شد. به منظور تعيين اهميت نسبي معيارها در وقوع اين پديده از روش AHP استفاده شد. در مرحله بعد با استفاده از مدل آماري دو متغيره (روش تراكم سطح) وزن طبقه‌هاي هر معيار محاسبه گرديد. سپس نقشه‌هاي مربوط به معيارهاي موثر با هم تلفيق و نقشه حاصل با توجه به نقاط عطف منحني فراواني پهنه‌بندي شد. طبق نتايج، % ۱۴/۷ از سطح منطقه در پهنه با خطر خيلي كم، % ۲۶/۹ در پهنه با خطر كم، % ۳۸/۹ در پهنه با خطر متوسط، % ۱۵ در پهنه با خطر زياد و% ۴/۵ در پهنه با خطر خيلي زياد قرار گرفتند. در نهايت شيب‌هاي زير ۱۵ درصد به دليل عدم وقوع لغزش و همچنين ايده آل بودن اين طبقه جهت طراحي، به عنوان نقاط اجباري مثبت پيشنهاد گرديد. ساير طبقه‌هاي شيب كه در پهنه‌هاي با خطر كم واقع شدند در اولويت دوم و نهايتاً پهنه‌هاي با خطر بالا با رعايت نكات ضروري از جمله افزايش تعداد آبروها، تثبيت بيولوژيكي و مكانيكي ترانشه‌ها، در اولويت آخر قرار گرفتند.

واژه‌هاي كليدي: شبكه جاده جنگلي، زمين لغزش، تراكم سطح، AHP

---

* نويسنده مسئول: تلفن: ۳۲۲۴۹۳۱۲-۰۲۶ فاكس: ۳۲۲۴۹۳۱۲-۰۲۶ E-mail: hayati_fe@ut.ac.ir

مقدمه

بهره‌برداري اصولي و دائمي از تمامي كاركردها و خدمات جنگل از اهداف اصلي مديريت پايدار جنگل مي‌باشد. شبكه جاده جنگلي از ساختارهاي ضروري و زير بنايي به منظور بهره‌برداري و حمل و نقل محصولات و همچنين استفاده از خدمات و حفاظت منابع جنگلي، و در نتيجه نيل به اهداف مديريت پايدار به شمار مي روند. از طرفي جاده‌هاي جنگلي به علت هزينه‌هاي سنگين طراحي، احداث و نگهداري و نيز اثرات منفي بر محيط زيست و حيات وحش داراي حساسيت زياد از نظر اقتصادي، محيط زيستي و افكار عمومي مي باشند (Abdi, 2005). بنابراين طراحي جاده در جنگل بايد به گونه‌اي صورت پذيرد كه ضمن دستيابي به اهداف مديريتي، مجموع هزينه‌هاي اجرايي و محيط زيستي نيز حداقل گردد تا ثبات و پايداري اكوسيستم جنگل صدمه نديده و دخالت در طبيعت به حداقل ممكن كاهش يابد (Majnounian et al., 2005). بدين منظور عواملي كه باعث افزايش مجموعه هزينه‌ها مي‌گردند بايد شناسايي، و در هنگام طراحي مورد توجه قرار گيرند. يكي از عواملي كه ردیابي مسير در جنگل را به شدت تحت تاثير قرار مي‌دهد، پديده زمين لغزش مي‌باشد كه در اراضي جنگلي با توجه به ويژگي‌هاي زمين محيطي مانند شرايط خاك و سنگ شناسي، بارندگي زياد و نفوذ پذيري خاك، اين پديده معمولا فراوانتر است (Sarikhani & Gorji Bahri, 2003).

ساخت جاده به عنوان يک عارضه خطي تاثير گذار، سبب افزايش وقوع اين پديده مي‌گردد (IPBO[1], 2000). به طوريكه پژوهش ها نشان داده اند كه فراواني زمين لغزش‌ها در جنگل، در محدوده ۸۵ متري اطراف جاده‌ها ۵ برابر لغزش‌هاي اتفاق افتاده در ساير قسمت‌هاي جنگل است (Larsen & Parks, 1997). در واقع هنگام ساخت جاده با حذف پنجه شيب (خاكبرداري) و افزايش سربار دامنه (خاكريزي) نوعي اختلال در طبيعت ايجاد مي كند كه باعث كاهش پايداري شيب بالا دست و پايين دست جاده و در نتيجه وقوع حركات توده‌اي مي‌گردد (Sowers, 1971; Moghimi et al., 2009). نكته ديگر جاري شدن آب دامنه بالادست در كانال كناري جاده جنگلي و نفوذ موضعي اين آب به قشر هاي زيرين است كه گاه مي‌تواند خود به تنهايي محركي براي آغاز و يا تشديد حركت توده‌اي باشد (Sarikhani & Gorji Bahri, 2003). در صورتي كه ساير ويژگي‌هاي منطقه خود در شرايط آستانه ناپايداري باشد، جاده سازي بر روي اين اراضي به تشديد ناپايداري‌ها كمک خواهد كرد (Gorji Bahri, 1998). بنابراين در طراحي جاده‌هاي جنگلي قسمت‌هاي داراي حركت توده‌اي و يا حساس به لغزش بايد با دقت شناسايي و تا حد امكان از عبور جاده بر روي اين اراضي پرهيز گردد. در غير اين صورت هزينه تعمير و نگهداري در آينده بسيار بالا خواهد بود. ضمن اينكه هزينه‌هاي مربوط به اختلال در بهره‌برداري و خروج محصولات جنگلي را هم بايد به آن اضافه كرد. در مواردي طراح با توجه به شرايط توپوگرافي و شيب طولي جاده، ناگزير به طراحي مسير در اراضي ناپايدار و حساس است كه در اين صورت تدابير لازم بايد از قبل انديشيده شود. طرح ريزي اين تدابير خود مقتضي دانش و آگاهي كافي از منطقه در رابطه با ميزان حساسيت اراضي نسبت به زمين لغزش مي‌باشد و در اين بين پهنه‌بندي خطر زمين لغزش ابزاري كارا به حساب مي آيد (Karam & Mahmoudi, 2006). با اين روش مي‌توان بر مبناي شناخت ويژگي‌هاي طبيعي و مدل سازي كمي علاوه بر پهنه‌بندي منطقه، مهمترين عوامل موثر بر وقوع زمين لغزش را تعيين نمود و براي اقدامها و برنامه‌ريزي‌هاي آتي توسعه و عمران به كار گرفت (Anbalagan, 1992). در نتيجه در موارد ناگزير به عبور از مناطق حساس، با آگاهي از موقعيت مكاني مناطق مستعد و پر خطر مي‌توان به منظور جلوگيري از بروز فرسايش، تخريب و لغزش احتمالي در سطح و ترانشه‌هاي جاده، از قبل نكات ايمني

---

[1] Iranian Plan and Budget Organization

لازم مانند طراحي سيستم زهكشي صحيح و مطابق با الگوي طبيعت (Majnounian et al., 2005) و همچنين تثبيت بيولوژيک و مکانيکي ترانشه‌هاي جاده (IPBO, 2000) را درنظر گرفت. گر چه رعايت نکات فوق هزينه ساخت جاده را افزايش خواهد داد اما آنچه حائز اهميت است، اين است که همواره بايدمسائل محيط زيستي (Ahmadi, 2003) و همچنين هزينه‌هاي سنگين تعمير يا بازسازي جاده در آينده را در نظر داشت. مثال حاضر در اين زمينه، لغزش رخ داده در پيچ صنوبر جنگل خيرود مي‌باشد که در نهايت با از بين رفتن قسمتي از جاده و قطع شدن جريان خروج چوب، طراحان مجبور به ساخت شاخه‌اي جديد با هزينه‌اي بالا و تحمل هزينه‌هاي متعدد قطع ارتباط قسمت‌هاي پايين و بالاي جنگل در طول دوره ساخت شدند که البته هميشه هم اين امکان وجود ندارد. قابل ذکر است که شاخه صدمه ديده از آن زمان رها شده و غير قابل استفاده مانده است.

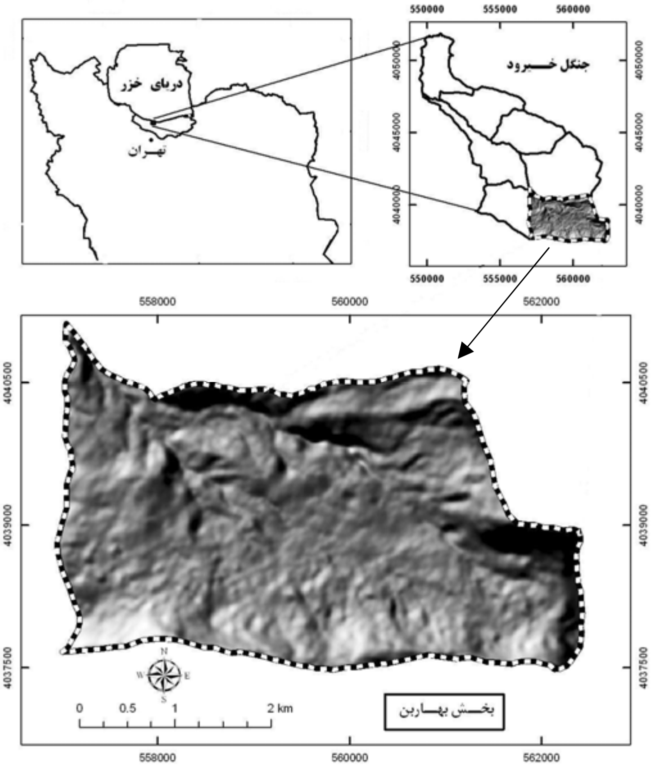
روش‌هاي متعددي براي پهنه‌بندي خطر زمين لغزش ابداع شده اند که در اين بررسي جهت پهنه‌بندي خطر زمين لغزش، از تلفيق روش تحليل سلسله مراتبي (جهت وزن دهي معيارها) و روش آماري دو متغيره، روش تراکم سطح، (جهت ارزش گذاري طبقه‌هاي معيارها) استفاده شد. روش تحليل سلسله مراتبي به دليل استوار بودن بر مبناي مقايسه زوجي، سهولت و دقت در انجام محاسبه‌هاي لازم و ارائه نتايج مناسب روشي مطلوب براي تعيين مهمترين عوامل موثر در زمين لغزش و پهنه‌بندي خطر آن است. نتايج پژوهش هاي گذشته نيز کارايي نسبتا بالايي را براي روش تحليل سلسله مراتبي (Ahmadi et al., 2005; Alijani et al., 2006; Komac, 2006; Shadfar et al., 2007; Yalcin, 2008; Moradi et al., 2010) و روش تراکم سطح (Fatemi Aghda et al., 2004; Shirani et al., 2007; Shadfar et al., 2008; Karimi sangchini et al., 2010) در پهنه‌بندي خطر زمين لغزش نشان داده‌اند.

با توجه به مطالب ذکر شده در پژوهش حاضر سعي شده است نقشه پتانسيل زمين لغزش براي کاربرد در طراحي جاده‌هاي جنگلي تهيه و مهمترين عوامل محيطي در وقوع زمين لغزش تعيين شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسي

پژوهش حاضر در بخش بهاربن جنگل آموزشي و پژوهشي دانشگاه تهران، واقع در شرق نوشهر انجام شد. منطقه مورد بررسي با مساحت حدود ۱۴۰۰ هکتار در بين طول جغرافيايي "۵۱° ۳۸' ۹/۱ و "۵۱° ۴۱' ۵۰ و عرض جغرافيايي "۳۶° ۲۸' ۵۰ و "۳۶° ۳۰' ۵۰ واقع شده است. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دريا به ترتيب برابر با ۹۰۰ و ۲۲۰۰ متر و بارندگي متوسط منطقه ۱۴۲۰ ميليمتر مي‌باشد. ژئومرفولوژي منطقه شامل واحد کوهستاني جنگلي است. شکل ۱ موقعيت منطقه مورد بررسي را نشان مي‌دهد.



شكل ۱- موقعيت منطقه مورد بررسي

روش پژوهش

به دليل عدم دقت كافي عكس هاي هوايي در نشان دادن عوارض سطح زمين در مناطق جنگلي، به منظور تهيه نقشه پراكنش زمين لغزش، كل منطقه مورد پيمايش زميني قرار گرفت و موقعيت لغزش‌ها با استفاده از يك دستگاه GPS ثبت و نهايتاً نقشه پراكنش زمين لغزش در محيط ArcGIS تهيه شد. در ابتدا معيارهاي شيب و جهت دامنه، بارندگي، سنگ شناسي، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و كاربري زمين (Feiznia et al., 2004; Shadfar et al., 2007) به عنوان معيارهاي تاثير گذار در پهنه‌بندي خطر وقوع زمين لغزش تعيين شدند. با توجه به اينكه كاربري منطقه مورد بررسي جنگلي مي‌باشد، بنابراين اين معيار (كاربري اراضي) در پهنه‌بندي لحاظ نگرديد. همچنين به دليل عدم وجود جاده در منطقه، معيار فاصله از جاده نيز در پهنه‌بندي وارد نشد.

بعد از تهيه نقشه‌هاي شيب، جهت، بارندگي، فاصله از آبراهه در محيط ArcGIS و همچنين استخراج نقشه‌هاي سنگ شناسي و گسل منطقه از نقشه زمين شناسي با مقياس ۱:۲۵۰۰۰، با استفاده از روش تحليل سلسله مراتبي اقدام به وزن دهي اين معيارها گرديد. پس از جمع آوري پرسشنامه‌هاي تكميل شده توسط متخصصين با استفاده از نرم افزار Expert Choice وزن نهايي هر یک از معيارها تعيين شد.

سپس با استفاده از مدل آماري دو متغيره[1]، روش تراكم سطح، ارزش گذاري طبقه‌هاي هر یک از معيارها انجام گرفت. براي اين منظور نقشه هر معيار با نقشه وقوع زمين لغزش روي همگذاري شد. سپس ارزش طبقه‌هاي مختلف هر معيار با توجه به فراواني لغزش اتفاق افتاده در هر طبقه تعيين گرديد. در اين روش جهت ارزش گذاري طبقه‌ها از رابطه ۱ استفاده شد (Feiznia et al., 2004; Shadfar et al., 2008; Yalcin, 2008).

---

[1] Bivariated Statistical Model

$$W_{area} = (1000 \times \frac{A}{B}) - (1000 \times \frac{C}{D}) \qquad (۱)$$

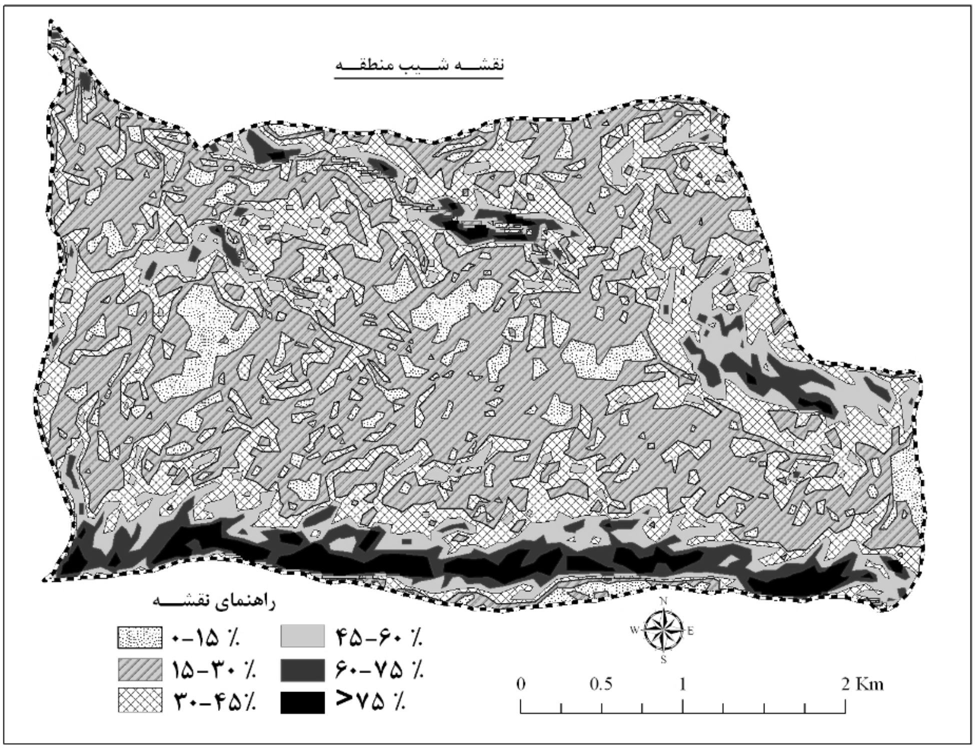
W_{area}: نرخ مربوط به هر طبقه از معیار، A : مساحت زمین لغزش در هر طبقه، B : مساحت هر طبقه، C : مساحت کل زمین لغزش‌هاي حوزه، D : مساحت کل حوزه.

در این روش ارزش هاي بدست آمده براي هر طبقه مي‌تواند طیفي از اعداد منفي تا مثبت باشد که اعداد منفي نشان دهنده اهمیت بسیار کم طبقه مورد نظر و اعداد مثبت و بزرگتر نشان دهنده اهمیت بیشتر طبقه خواهد بود.

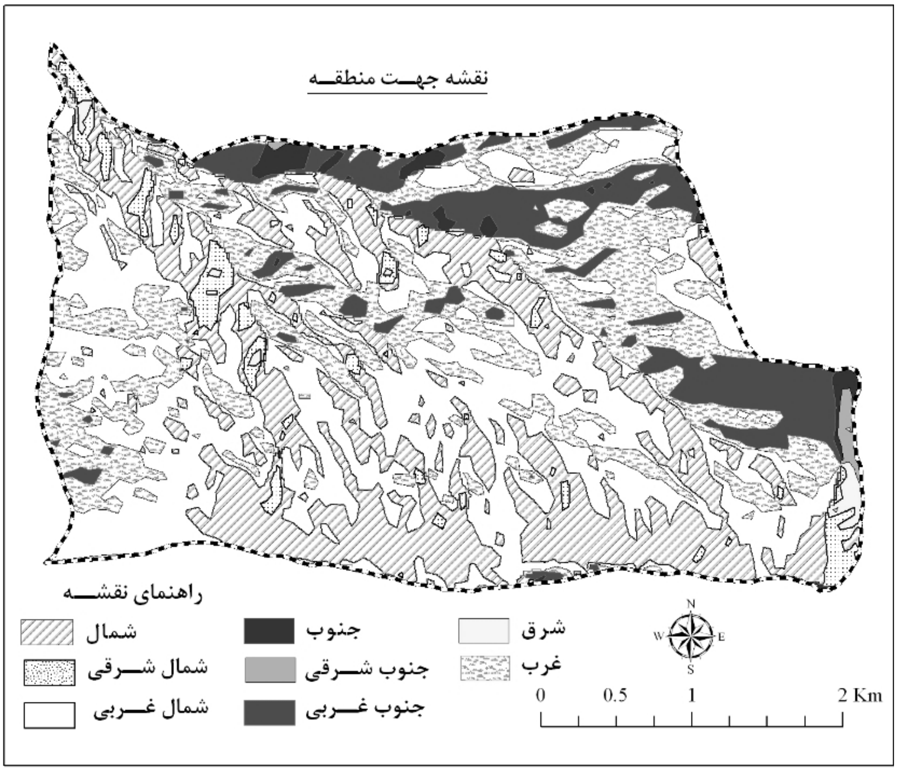
پس از تعیین ارزش هر یک از طبقه‌هاي معیارها، در مرحله بعد وزن طبقه هر معیار در وزن خود معیار (که از طریق AHP حاصل شده بود) ضرب گردید. سپس هر یک از نقشه‌ها با توجه به ارزش بدست آمده براي هر پیکسل از حالت برداري به حالت رستري تبدیل شدند، در مرحله بعد نقشه‌هاي معیارهاي موثر با هم تلفیق و نقشه پتانسیل خطر زمین لغزش حاصل گردید. در نهایت با طبقه بندي نقشه فوق بر اساس نقاط عطف منحني فراواني تجمعي پیکسل ها (Pourghasemi et al., 2008; Shadfar et al., 2008)، نقشه پهنه‌بندي خطر زمین لغزش منطقه تهیه گردید.

نتایج

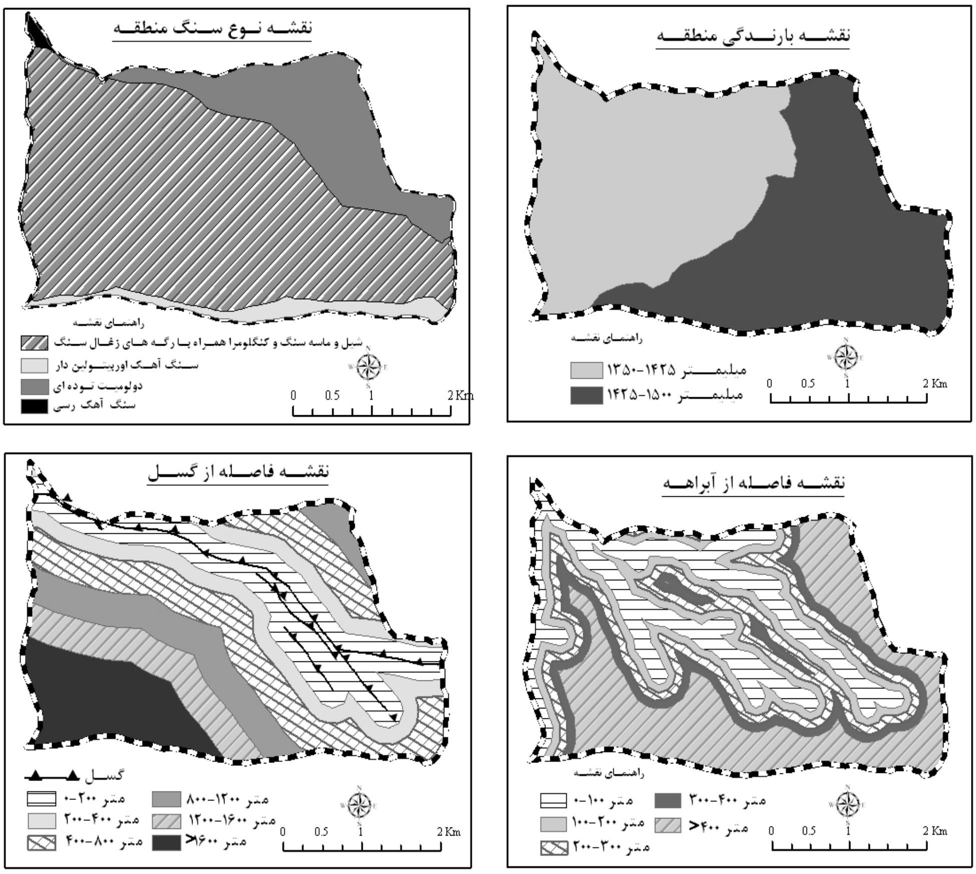
نقشه معیارهاي موثر بر زمین لغزش طبقه‌هاي درصد شیب، طبقه‌هاي جهت دامنه، طبقه‌هاي بارندگي، طبقه‌هاي فاصله از گسل، طبقه‌هاي فاصله از شبکه آبراهه و لیتولوژي بر اساس نقشه توپوگرافي ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه زمین شناسي ۱:۲۵۰۰۰ تهیه و در شکل‌هاي ۲، ۳ و ۴ نمایش داده شده است.



شکل۲- نقشه طبقه‌هاي شیب


نقشه جهت منطقه
راهنمای نقشه
شمال
شمال شرقی
شمال غربی
جنوب
جنوب شرقی
جنوب غربی
شرق
غرب
N
W
E
S
0
0.5
1
2 Km

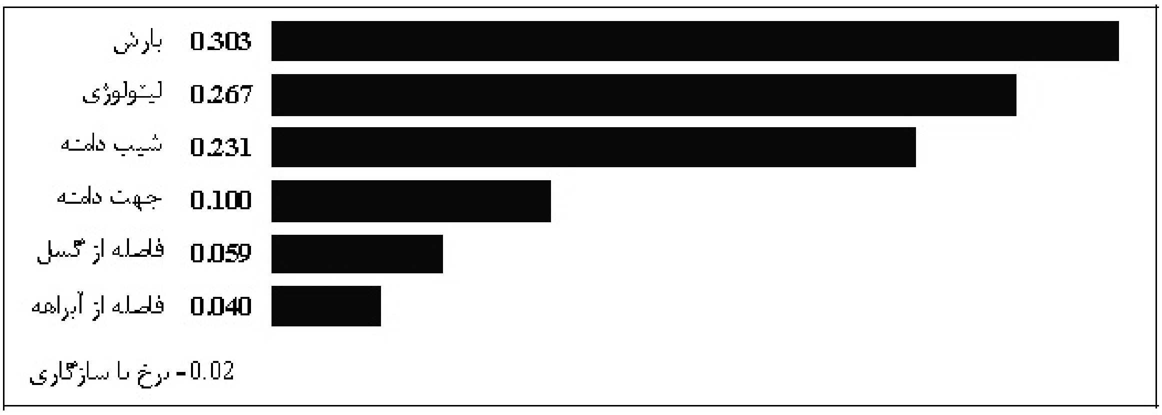
شکل۳- نقشه طبقه‌هاي جهت دامنه


نقشه نوع سنگ منطقه
راهنمای نقشه
شیل و ماسه سنگ و کنگلومرا همراه با رگه های زغال سنگ
سنگ آهک اوربیتولین دار
دولومیت توده ای
سنگ آهک رسی
نقشه بارندگی منطقه
راهنمای نقشه
میلیمتر ۱۴۲۵-۱۳۵۰
میلیمتر ۱۵۰۰-۱۴۲۵
نقشه فاصله از گسل
گسل
متر ۲۰۰-۰
متر ۴۰۰-۲۰۰
متر ۸۰۰-۴۰۰
متر ۱۲۰۰-۸۰۰
متر ۱۶۰۰-۱۲۰۰
متر ۱۶۰۰<
نقشه فاصله از آبراهه
راهنمای نقشه
متر ۱۰۰-۰
متر ۲۰۰-۱۰۰
متر ۳۰۰-۲۰۰
متر ۴۰۰-۳۰۰
متر ۴۰۰<
N
W
E
S
0
0.5
1
2 Km

شكل۴- نقشه‌هاي بارندگي، نوع سنگ، فاصله از آبراهه و فاصله از گسل

نتايج حاصل از وزن دهي معيارهاي موثر با استفاده از AHP

با توجه به وزن دهي معيارهاي موثر در وقوع زمين لغزش بر اساس مقايسه زوجي صورت گرفته توسط کارشناسان امر و تلفيق اين وزن‌ها با استفاده از نرم افزار Expert choice، وزن نهايي محاسبه شده که به صورت شکل ۵ مي‌باشد.



شکل ۵- وزن بدست آمده معيارهاي موثر از طريق AHP

نتايج حاصل از وزن دهي طبقات مختلف هر معيار به روش تراکم سطح

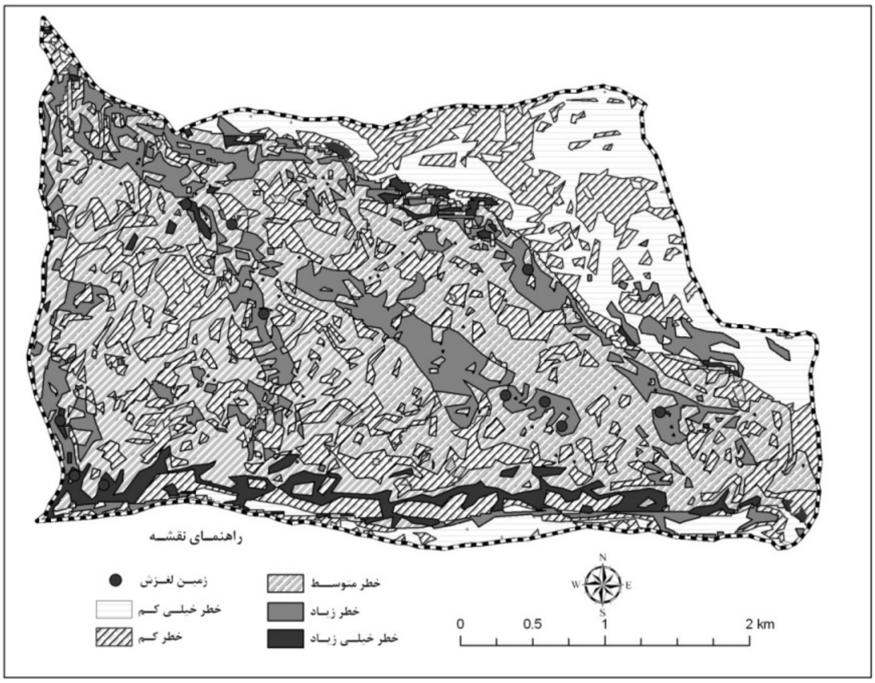
با روي هم گذاري نقشه پراکنش زمين لغزش با هر يک از نقشه‌هاي طبقه بندي معيارهاي موثر در رخداد زمين لغزش و تعيين درصد مساحت هر طبقه و درصد وقوع زمين لغزش در هر طبقه، وزن هر يک از طبقه‌هاي معيارها با استفاده از روش تراکم سطح محاسبه گرديد که نتايج در جدول ۱ آمده است.

تهيه نقشه نهايي پهنه‌بندي خطر زمين لغزش منطقه

با ضرب وزن هاي بدست آمده براي هر معيار از طريق AHP (شکل ۵) در وزن مربوط به هر طبقه در آن معيار که به روش تراکم سطح محاسبه شده (جدول ۱)، ارزش هر پيکسل در هر نقشه تعيين شده و با تلفيق اين نقشه‌ها و طبقه بندي نقشه حاصله با توجه به شکستگي منحني فراواني تجمعي پيکسل ها نقشه پهنه‌بندي خطر زمين لغزش بخش بهاربن جنگل خيرود در پنج طبقه خطر به صورت شکل ۶ تهيه گرديد.

جدول ۱- توزیع طبقه‌هاي معیارها، درصد لغزش‌ها در هر طبقه و وزن هر طبقه در هر معیار

معیار	طبقه	درصد مساحت طبقه	درصد لغزش در طبقه	وزن طبقه
جهت دامنه	شمال	۲۵/۱۵	۳۷/۷	۰/۰۴۳
	شمال شرقي	۳/۲۵	۰	-۰/۰۸۷
	شرق	۰/۵۵	۰	-۰/۰۸۷
	جنوب شرقي	۰/۴۲	۰	-۰/۰۸۷
	جنوب	۱/۲۷	۰	-۰/۰۸۷
	جنوب غربي	۱۰/۶۸	۵/۷۳	-۰/۰۴۰
	غرب	۲۲/۳	۲۷/۰۵	۰/۰۱۸
	شمال غربي	۳۶/۳۵	۲۹/۵	-۰/۰۱۶
شیب دامنه (%)	۰-۱۵	۸/۴	۰	-۰/۰۸۷
	۱۵-۳۰	۴۱/۱۷	۴۹/۱۸	۰/۰۱۶
	۳۰-۴۵	۲۸/۸۴	۱۲/۳	-۰/۰۵۶
	۴۵-۶۰	۱۱/۶۲	۱۰/۶۵	-۰/۰۰۷
	۶۰-۷۵	۶/۴۸	۲۷/۸۷	۰/۲۸۷
	> ۷۵	۳/۴۹	۰	-۰/۰۸۷
سنگ شناسي	سنگ آهک اوربیتولین دار	۴/۷۶	۰	-۰/۰۸۷
	شیل و ماسه سنگ و کنگلومرا	۷۴/۷۴	۱۰۰	۰/۰۳
	دولومیت توده‌اي	۲۰/۱	۰	-۰/۰۸۷
	سنگ آهک رسي	۰/۴	۰	-۰/۰۸۷
بارش (میلیمتر)	۱۳۵۰-۱۴۲۵	۵۲	۵۱/۶	-۰/۰۰۲۶
	۱۴۲۵-۱۵۰۰	۴۸	۴۸/۴	-۰/۰۰۲۴
فاصله از گسل	۰-۲۰۰	۲۲/۰۲	۱۸/۰۳	-۰/۰۱۶
	۲۰۰-۴۰۰	۱۴/۹۸	۲۲/۹۵	۰/۰۴۶
	۴۰۰-۸۰۰	۲۳/۶۲	۲۳/۷۷	۰/۰۰۵
	۸۰۰-۱۲۰۰	۱۴/۴	۷/۳۸	-۰/۰۴۲
	۱۲۰۰-۱۶۰۰	۱۰/۰۳	۰	-۰/۰۸۷
	> ۱۶۰۰	۱۴/۹۵	۲۷/۸۷	۰/۰۷۵
فاصله از آبراهه	۰-۱۰۰	۲۲/۵	۸۸/۵	۰/۲۵۵
	۱۰۰-۲۰۰	۱۷/۳۲	۵/۷۵	-۰/۰۵۸
	۲۰۰-۳۰۰	۱۵/۲۵	۵/۷۵	-۰/۰۵۴
	۳۰۰-۴۰۰	۱۰/۷۵	۰	-۰/۰۸۷
	> ۴۰۰	۳۴/۱۸	۰	-۰/۰۸۷



شكل۶- نقشه پهنه‌بندي خطر زمين لغزش بخش بهاربن جنگل خيرود

بحث و نتيجه‌گيري

با توجه به نتايج حاصل از روي هم گذاري نقشه پراكنش زمين لغزش در منطقه با هر يک از نقشه معيارها مشخص گرديد كه در نقشه جهت بيشترين لغزش‌ها در جهت شمال و سپس غرب رخ داده است كه با نتايج (Ahmadi et al., 2005; Lee, 2007; Pourghasemi et al., 2008; Mohammadi et al., 2010) همخواني دارد و دليل اين موضوع وجود رطوبت بيشتر در جهت‌هاي شمالي و تاثير آن بر وقوع زمين لغزش مي‌باشد. در بررسي ارتباط شيب با لغزش، لغزش‌هاي رخ داده در منطقه در شيب‌هاي بين ۱۵ تا ۷۵ درصد واقع شده اند ولي طبقه ۳۰-۱۵ درصد بيشترين لغزش‌ها را شامل شده كه با نتايج Ahmadi et al., 2005، Pourghasemi et al., 2008 و Mohammadi et al., 2010 همخواني دارد. شيب‌هاي كمتر از ۱۵ درصد (به دليل كاهش نيروي ثقل) و بيشتر از ۷۵ درصد (به دليل تضعيف فرايند خاكزايي) تاثيري بر لغزش ندارند. با توجه به اختلاف كم بارندگي در قسمت‌هاي مختلف منطقه (به دليل كوچک بودن سطح منطقه) اختلاف زيادي در درصد لغزش‌هاي اتفاق افتاده در دو طبقه بارندگي وجود نداشت. بررسي نقشه سنگ شناسي نشان داد تمام لغزش‌هاي اتفاق افتاده در سازند شمشک (متشكل از شيل و ماسه سنگ و كنگلومرا همراه با رگه‌هاي زغال سنگ) قرار داشتند كه حساسيت بالاي اين سازند به فرسايش توده‌اي را تاييد مي نمايد (Pourghasemi et al., 2008; Shadfar et al., 2008; Mohammadi et al., 2010). در بررسي عوارض خطي در مورد فاصله از آبراهه بيشترين لغزش‌ها در طبقه اول يعني ۱۰۰-۰ متري به وقوع پيوسته و به تدريج درصد آن كمتر و بعد از ۳۰۰ متر به صفر مي رسد اما در مورد گسل بيشتر لغزش‌ها تا فاصله ۸۰۰ متري مي‌باشد كه البته تاثير اين معيار در فواصل دورتر از ۸۰۰ متر نيز مشاهده مي شود.

تاكنون به منظور پهنه‌بندي، در مناطق مختلف روش‌هاي مختلفي پيشنهاد گرديده اند. اكثر پژوهش هاي صورت گرفته در شمال كشور دقت روش‌هاي AHP و تراكم سطح را مناسب گزارش كرده اند (Shadfar et al., 2007; Shadfar et al., 2008; Karimi sangchini et al.,

2010). بنابراين در اين پژوهش نيز با استفاده از روش تلفيقي ذكر شده اقدام به پهنه‌بندي گرديد

با توجه به پهنه‌بندي انجام گرفته ۱۴/۷ درصد منطقه در طبقه با خطر خيلي كم، ۲۶/۹ درصد در طبقه با خطر كم، ۳۸/۹ درصد منطقه در طبقه با خطر متوسط، ۱۵ درصد منطقه در طبقه با خطر زياد و ۴/۵ درصد منطقه در طبقه با خطر خيلي زياد واقع شدند.

با توجه به قرار گرفتن بخش قابل توجهي از منطقه (حدود ۶۰%) در پهنه‌هاي با خطر بالا و خطر متوسط كه با هر گونه دخالت در طبيعت اين مناطق مانند جاده سازي، چوب كشي و ... حساسيت اين منطقه بيش از پيش افزايش خواهد يافت. بنابراين براي طراحي شبكه جاده در منطقه بايد نقشه پهنه‌بندي خطر زمين لغزش به عنوان يك عامل مهم مد نظر قرار گيرد. بنابراين در صورتي كه شرايط توپوگرافي اجازه دهد مناطق با حساسيت كم و خيلي كم به عنوان مناطق اجباري مثبت در نظر گرفته شود. با توجه به نتايج نيز در شيب‌هاي زير ۱۵ درصد هيچ لغزشي رخ نداده و به دليل حداقل بودن حجم و هزينه عمليات خاكي در اين مناطق، طبقه با شيب زير ۱۵ درصد نيز مي‌تواند به عنوان نقاط اجباري مثبت در نظر گرفته شود. البته در صورتيكه بستر جاده دراين مناطق خاك عميق و بدون اسكلت سنگي باشد كه در چنين مناطقي معمول است، علي‌رغم كاهش هزينه خاكبرداري، هزينه روسازي به شدت افزايش مي يابد.

در مواردي كه شرايط توپوگرافي و شيب طولي جاده طراح را وادار به عبور از مناطق حساس كند در آن صورت به منظور كاهش نسبي خطرات و افزايش ميزان پايداري دامنه‌ها، روش‌هاي زيست مهندسي براي تثبيت دامنه‌ها مي‌توانند در اولويت قرار گيرند (Collison & Anderson, 1996) به عنوان مثال مي‌توان درختان دو طرف مسير را به عنوان بافر حفاظتي جهت پايداري شيب حفظ و در هنگام ساخت جاده قطع نكرد (Gonsior & gardner, 1971; Gray & Megahan, 1981). پوشش گياهي از طريق افزايش پايداري و ثبات خاك در منطقه توسعه ريشه و در نتيجه تأثير بر ساختمان و وضعيت هيدرولوژي، در كاهش احتمال و يا عدم وقوع لغزش نقش اساسي دارد. از آنجا كه در اثر افزايش رطوبت، مقاومت برشي خاك كاهش و در نتيجه درصد وقوع لغزش افزايش مي يابد، استقرار پوشش گياهي بر روي ترانشه‌هاي خاكبرداري و خاكريزي با زهكشي دامنه‌ها مي‌تواند به تثبيت دامنه و افزايش مقاومت برشي خاك در برابر گسيختگي كمك كند (Collison & Anderson, 1996; Abdi et al., 2010) پژوهش صورت گرفته در جنگل خيرود نيز نشان داده حضور ريشه درختان در خاك باعث افزايش مقاومت برشي خاك از kpa ۰/۳ تا kpa ۴۶ مي‌گردد (Abdi et al., 2010). البته قابل ذكر است كه حداكثر عمق تاثير ريشه‌ها وابسته به عمق ريشه دواني آنهاست و به بيان ديگر چنانچه صفحه بحراني در عمق پايين تر از ريشه دواني باشد عملا ريشه‌ها در پايدار سازي آن صفحه نقشي نخواهند داشت. به هر حال عبور مسير جاده از مناطق با خطر متوسط و بالا، ريسک ثبات پايداري جاده را بالا مي برد و بسته به ميزان اهميت مسير و درجه خطر زمين لغزش بهتر است از هر دو روش بيولوژيک و فني در پايدار سازي دامنه‌ها استفاده شود. به ويژه اگر صفحه بحراني لغزش در اعماق قرار دارد زهكشي عميق صورت گيرد.

نكته ديگر در نظر گرفتن ارتفاع ترانشه‌ها به ميزاني كمتر از استاندارد هاي فني در پهنه‌هاي با خطر بالا مي‌باشد. پژوهش هاي صورت گرفته در اين مورد نشان داده‌اند كه با افزايش ارتفاع خاكبرداري و خاكريزي، درصد وقوع حركات توده‌اي به شدت افزايش مي يابد. براي مثال King (1981) در بررسي ارتباط بين ارتفاع ترانشه‌هاي جاده با احتمال وقوع فرسايش توده‌اي، ترانشه‌ها را از نظر ارتفاع به چهار گروه تقسيم نمود و نشان داد كه فراواني فرسايش توده‌اي در گروه ۲ (۶-۳ متر)، گروه ۳ (۹-۶ متر) و گروه ۴ (بيشتر از ۹ متر) به ترتيب ۵/۵، ۷/۵ و ۱۰ برابر فرسايش توده‌اي اتفاق افتاده در گروه ۱ (كمتر از ۳ متر) مي‌باشد. با توجه به اين نتيجه پيشنهاد مي‌گردد در مناطق حساس به منظور كاهش خطر حركت هاي توده‌اي در رابطه با جاده ارتفاع ترانشه‌ها، شيب ترانشه‌ها (به ويژه ترانشه خاكريزي) و

همچنين عرض جاده حداقل ممكن و حتي مقداري كمتر از استاندارد هاي فني در نظر گرفته شود (Hartsog & Gonsior, 1973; Megahan et al., 1979). با توجه به اينكه يكي از عوامل اصلي محرک لغزش، رطوبت مي‌باشد در مناطق پر خطر مي‌توان با طراحي سيستم زهكشي صحيح و كارآمد از وقوع لغزش جلوگيري كرد (IPBO, 2000) در اين موارد افزايش تعداد آبروها كه موجب كاهش حجم و سرعت آب در كانال كناري و در نتيجه باعث كاهش رطوبت منطقه و كاهش احتمال وقوع لغزش مي‌گردد، توصيه مي شود.

در پايان پيشنهاد مي‌گردد به منظور ساخت جاده در پهنه‌هاي با خطر بالا مطالعه پايداري خاک صورت گيرد و در صورت كافي نبودن ميزان افزايش مقاوت خاک ناشي از تثبيت بيولوژيک، ديواره حائل توري سنگي،گابيون، با توجه به قابليت انعطاف پذيري و مهمتر از آن قابليت نفوذ پذيري در اين نوع سازه‌ها، جهت احداث قابل توصيه مي‌باشد. نكته ديگر اينكه با توجه به اهميت روز افزون حفظ مناظر طبيعي در جنگل و جلوگيري از سازه‌هاي انسان ساخت ناهماهنگ با طبيعت، ديواره‌هاي توري سنگي توصيه مي شود، چون به طور خودكار زهكشي صورت مي گيرد و در طول مدت كوتاهي در بين سنگ‌هاي داخل تور گياهان جنگلي رشد كرده و ديواره با رنگ و شكل طبيعت هماهنگ مي شود ضمن آنكه به طور دائم وظيفه حفاظتي خود را انجام مي‌دهد.

با توجه به لزوم تعيين مسير چوبكشي و احداث دپو به عنوان ساختار هاي زير بنايي سيستم حمل و نقل جنگل، همچنين پيشنهاد مي‌گردد حتي تعيين مسير هاي چوبكشي و محل احداث دپوها با توجه به نقشه پهنه‌بندي صورت گيرد. البته ذكر اين نكته ضروري است كه دقت نقشه پهنه‌بندي تهيه شده در درجه اول بستگي به دقت نقشه‌هاي اوليه، از جمله نقشه‌هاي توپوگرافي و زمين شناسي دارد كه براي رسيدن به نتايج مطلوب، بايد اين نقشه‌ها از صحت كافي برخوردار باشند در غير اين صورت بررسي و تطبيق نقشه‌هاي فوق با واقعيت منطقه ضروري است.

References

- Abdi, E. 2005. Planning forest road network with lowest construction costs using GIS. M.Sc. thesis, College of Natural Resource, University of Tehran, Iran, 83pp.

- Abdi, E. Majnounian, B. Genet, M. and Rahimi, H. 2010. Quantifying the effects of root reinforcement of Persian Ironwood (Parrotia persica) on slope stability; a case study: Hillslope of Hyrcanian forests, northern Iran. Ecological Engineering, 36: 1409-1416.

- Ahmadi, H. 2003. Routing using GIS with consideration of environmental regulations. (Case study: Parchin road), M.Sc. theses, College of Environmental Science, University of Tehran, Iran, 98pp.

- Ahmadi, H. Mohammadkhan, Sh. Feiznia, S. and Ghoddousi, J. 2005. A Modeling of Mass Movement Hazard, Case Study: Taleghan Drainage Catchment. Iranian J. Natural Res, 58(1): 3-14.

- Alijani, B. Ghahroudi Tali, M. and Amir Ahmadi, A. 2007. Landslide hazard zonation using GIS. Geographical research, 84(1): 117-132.

- Anbalagan, R. 1992. Landslide hazard development and zonation mapping in mountainous terrain. J. Engineering Geology, 32:269-277.

- Collison, A. J. C. and Anderson, M. G. 1996. Using a combined slope hydrology/stability model to identify suitable conditions for landslide prevention by vegetation in the humid tropics. Earth surface processes and landforms, 21:737-747.

- Fatemi Aghda, M. Ghiomian J. and Eshgheli Farahani, A. 2004. Evaluation efficiency statistics methods in determined Landslide hazard potential. J. Geosciences, 11(47-48), 28-47.

- Feiznia, S. Kalarstaghi, A. Ahmadi, H. and Safaei, M. 2004. An Investigation of Effective Factors on Landslide Occurrence and Landslide Hazard Zonation (Case Study Shirin Rood Drainage Basin - Tajan Dam). Iranian J. Natural Res, 57(1): 3-22.

- Gonsior, M.J. & Gardner, R.B. 1971. Investigation of slope failures in the Idaho Batholith. Res. Pap. INT-97. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 34p.
- Gray, D.H. & Megahan, W.F. 1981. Forest vegetation removal and slope stability in the Idaho Batholith. Res. Pap. INT-271. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 23p.
- Hartsog, W.S. & Gonsior, M.J. 1973. Analysis of construction and initial performance of the China Glenn Road, Warren District, Payette national forest. Gen Tech. Rep. INT-5. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 22pp.
- Iranian Plan and Budget Organization (IPBO). (2000). Guidelines for design, execute and using forest roads No: 131. (2rd ed.). Office of the Deputy for technical affairs. Bureau of technical affairs and standards, 170pp.
- King, J.G. 1981. Interim report on research: Horse Greek administrative-research project. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 212pp.
- Gorji Bahri, H.R. 1998. Investigation of the reasons for mass movement occurrence to provide a practical model to avoid it. M.Sc. theses, College of Natural Resource, University of Tehran, Iran, 180pp.
- Karam, A. and Mahmoudi F. 2006. The quantity modeling and Landslide hazard zoning in folded of Zagros (Case study: Sorkhon watershed in Charmahal& Bachtiari province), Geographical Research Quarterly, 51:1-14.
- Karimi sangchini, E. Onagh, M. Sadodin, a. and Najafi nezhad, A. 2010. Comparison of bivariate statistical models on landslide hazard zonation in Chehlchay catchment, Golestan province. Proceeding of 6th Watershed science and engineering national symposium and 4th erosion and sediment national symposium, Iran.
- Komac, M. 2006. A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in prialpine Slovenia. Geomorphology. 74: 17-28.
- Larsen, M.C. and Parks, J.E. 1997. How Wide is a Road? The Association of Roads and Mass-Wasting in a Forested Mountain Environment. Earth Surface Processes and Landforms, 22: 835-848.
- Lee, S. 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. Environ. Geol, 52: 615-623.
- Majnounian, B. Nikooy, M. and Mahdavi, M. 2005. Cross Drainage Design of Forest Road in Shafarood Basin, Guilan Province. Iranian J. Natural Res, 58(2): 339-350.
- Megahan, W.F. and Day, N.F. Bliss, T.M. 1979. Landslide occurence in the western and central northern rocky mountain physiographic province in Idaho. In: Youngberg, C.T., ed. Forest soil and land use: Proceeding fifth North Amarican Forest Soil Conference, Fort collins, CO, 1978 August. Fort collins, CO: Colorado State University: 116- 139.
- Moghimi, E. Alavi Panah, K. and Jafari, T. 2008. Evaluation and effective factor zonation on landslide occurrence in northern slopes of Aladagh. Geographical research quarterly, 64:53-57.
- Moradi, H.R. Mohammadi, M. and pourghasemi, H.R. 2010. Landslide Hazard Zonation using a combination AHP and Density Area models. Proceeding of 6th Watershed science and engineering national symposium and 4th erosion and sediment national symposium, Iran.
- Mohammadi, M. Moradi, H. R. Feiznia, S. and Pourghasemi, H. R. 2010. Comparison of the Efficiency of Certainty Factor, Information Value and AHP Models in Landslide Hazard Zonation (Case study: Part of Haraz Watershed). Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources, 62(4): 539-551.
- Pourghasemi, H.R. Moradi, H.R. Mohammadi, M. and Mahdavifar, M.R. 2008. Assessment of Landslide susceptibility Mapping using fuzzy operators. Journal of science and technology of agriculture and natural resource, 46:375-389.
- Sarikhani, N. and Gorji, M. 2003. Possibilities of Stabilizing Landslide and Mass Movement in Forest Roads (Case Study: Kheiroud-Kenar Forest as a Scientific Model). Iranian J. Natural Res, 56(1,2): 29-38.

- Shadfar, S. Ghodosi, J. Khalkhali, S. and Kelarestaghi, A. 2008. Assesment and evaluation bivariate statistical and LNRF models in landslide hazard zonation case study: Gennatroodbar catchment. Pajouhesh & Sazandegi, 78: 56-64.
- Shadfar, S. Yamani, M. Ghoddusi, J. and Ghayoumiand, J. 2007. Landslide hazard zonation using analytical hierarchy method a case study: Chalkrood catchment. Pajouhesh & Sazandegi, 75: 118-126.
- Shirani, k. Chavoshi Borojeni, S. and Ghiomian, J. 2006. Investigation and evaluation of landslide hazard zonation methods in Padenaye Olia Semirom. Research journal of university of Isfahan science, 23(1): 23-38.
- Sowers, G. F. 1971. Landslides in weathered volcanics in Puerto Rico. Proceedings of 4th Panamerican Soil Mechanics and Foundation Engineering Conference, 2, 105-115.
- 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.

Applying Landslide Hazard Zonation in Forest Road Network Design

E. Hayati*[1], B. Majnounian[2], E. Abdi[3], A. Dastranj[4] and A. Nazari Samani[5]
[1]M.Sc. Candidate of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[2] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[3] Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[4] M.Sc. Candidate of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[5] Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

(Received: 27 February 2011, Accepted: 07 June 2011)

Abstract

Forest road networks are essential structures to achieve the forestry aims, but these structures include most implemental and environmental costs. To minimize these costs, the effective factors have to be considered in forest road design which landslide susceptibility is one of the major factors. Road construction on susceptible terrain increase road maintenance cost and environmental impacts. Landslide hazard zonation is a method that can be applied to recognize and avoid the unstable terrain. In this research, the landslide hazard zonation map of *Baharbon* district in *Kheyroud* Research Forest was developed using a combined model, AHP and Density Area methods. First, Landslides distribution map of study area was prepared in ArcGIS using field observations and then the map of effective factors in landslide occurrence were prepared. To determine the weight of effective factors AHP was used. Afterward a bivariate statistical model, Density Area, was used for calculating the weight of classes of effective factors maps. By combining the effective factors maps and classifying the combined map with regard to breakpoints of frequency curve, the landslide hazard zonation map was developed. According to the results, 14.7%, 26.9%, 38.9%, 15% and 4.5% of the district were classified as very low, low, moderate, high and very high hazard, respectively. Finally due to lack of landslide occurrence in slope class of 0-15%, as well as it is suitable slope for road design, this class was suggested as positive control points. The other slope classes that were in low and very low hazard were defined as second priority for road design. Road building in high and very high hazard is possible, if increasing the number of culverts, also biological and mechanical reinforcements of cut and fill slopes.

KeyWords: Forest road network, Landslide, Density area, AHP

---

*Corresponding author: Tel: +98 26 32249312 Fax: +98 26 32249312 E-mail: hayati_fe@ut.ac.ir