



روش تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر و خطرپذیری زمین لغزش (مطالعه موردی: بخشی از منطقه طالقان)

عطا آقایی آرای^{۱*}، سعید هاشمی طباطبایی^۲، امیرسعید سلامت^۳، سیدمحمود فاطمی عقدا^۴

۱. دانشیار، مهندسی عمران، خاک و پی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران

۲. دانشیار، زمین‌شناسی مهندسی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران

۳. کارشناس، زمین‌شناسی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران

۴. استاد، زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه خوارزمی

* تهران، صندوق پستی ۱۴۶۳۹۱۷۱۵۱، aghaeiaraei@bhrc.ac.ir

چکیده

این مقاله روش تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر و خطرپذیری زمین لغزش با انجام یک مطالعه موردی (بخشی از منطقه طالقان) را ارائه می‌دهد. بدین منظور، ابتدا منابع اطلاعاتی مختلف مانند عکس‌های هوایی، عکس‌های ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، اطلاعات محیطی، جغرافیایی و هواشناسی منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شد. لایه‌های اطلاعاتی شامل زاویه شیب، جهت شیب، فاصله از آبراه‌ها، فاصله از گسل، میزان بارندگی و سنگ‌شناسی منطقه تهیه شد. با استفاده از این پارامترها و روش ارزش اطلاعاتی، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش تهیه گردید. بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، بیشتر مناطق مورد مطالعه دارای خطر متوسط تا بسیار زیاد است. در صورتی که، مناطق واقع در شمال شرق و برخی مناطق مرکزی و جنوب غرب دارای خطر کم تا بسیار کم است. در مرحله بعد، نقشه خطرپذیری زمین لغزش محل مورد مطالعه تهیه شد. بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری، عناصر و اجزای در معرض خطر در صورت وقوع زمین لغزش، محدود به مناطق مسکونی، جاده‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه و خطوط انتقال نیرو است که اهمیت متفاوتی دارند. بدین منظور، بعد از شناسایی اجزای در معرض خطر، اولویت‌بندی آنها صورت گرفت. در نهایت با توجه به نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش و وزن‌دهی میزان تهدید، نقشه خطرپذیری تهیه گردید. بر اساس نتایج، کمترین میزان خطرپذیری مربوط به آبراه‌ها و جاده است. خطوط انتقال نیرو دارای خطرپذیری متوسط، روستاها و دریاچه از خطرپذیری بالایی برخوردار هستند.

کلیدواژگان

زمین لغزش، پهنه‌بندی، خطر، خطرپذیری

Landslide Hazard and Risk Zonation Maps Procedure in Part of Taleghan Area

Ata Aghaei Araei^{1*}, Saeid Hashemi Tabatabaei², Amir Saeid Salamat³, Mahmood Fatemi Aghda⁴

1, 2. Faculty member, Road, Housing and Urban Development Research Center, Tehran, Iran

3. B.Sc., Research expert, Road, Housing and Urban Development Research Center, Tehran, Iran

4. Faculty member, Kharazmi University, Tehran, Iran

* P.O. Box 1463917151, Tehran, Iran, aghaeiaraei@bhrc.ac.ir

Abstract

Landslide hazard and risk maps preparation method by conducting a case study (part of Taleghan area) has been provided in this paper. To achieve this goal, various data such as, aerial and satellite photos, topographical and geological maps, domestic data, geographical and meteorological data of the studied area were collected. Specific parameters including slope angle, slope direction, distance from drainage channels, distance from fault and lithology were considered. Landslide hazard map was prepared using data value information method. Results depicted areas located in the North East, some places in Central and South West parts have low to very low hazard potential. Although, most parts of the study area have medium to high landslide hazard potential. In case of landslide occurrence in Taleghan area, all elements at risk are limited to the residential places, roads, rivers, reservoir and power lines. Based on field studies all elements and various land uses have different importance in different aspects. These differences were considered to prepare risk map. To this end, elements at risks were identified and rated according to their importance. Results indicated drainage and roads have lower risk potential. Power lines have medium, villages and reservoir are at higher risk.

Keywords

Landslide, Zonation, Hazard, Risk

۱- مقدمه

زمین‌لغزش‌ها، نسبت به سایر بلایای طبیعی قابل‌پیش‌بینی‌تر و مدیریت‌پذیرتر هستند. بنابراین، می‌توان در مناطق مختلف راهکار مناسبی برای پرهیز، هم‌زیستی یا مقابله با آن لحاظ نمود. در این راستا، ناپایداری دامنه‌های پدیده‌ای است که در آن خطر زمین‌لغزش عموماً توسط نقشه ارایه می‌گردد و توزیع مکانی سطوح مختلف خطر را نشان می‌دهد.

لازمه تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش، شناخت فرآیندهای مسبب و پارامترهای مؤثر در ایجاد ناپایداری دامنه‌ای در منطقه موردنظر است. نقشه پراکندگی زمین‌لغزش‌های محل که در آن وضعیت فعالیت و موقعیت مکانی تمامی ناپایداری‌ها ثبت شده است، به عنوان مهم‌ترین محور تجزیه و تحلیل نقشه‌های خطر زمین‌لغزش در مقیاس‌های متوسط و بزرگ محسوب می‌گردد.

برای ارزیابی خطر زمین‌لغزش در مقیاس بزرگ، روش‌های متعددی ارایه گردیده‌اند. معمولاً نقشه خطر زمین‌لغزش، زمین‌های شیب‌دار مستعد لغزش را بر اساس درجه نسبی آمادگی رانش به مناطق مختلف تقسیم‌بندی می‌نماید. این حالت نیازمند شناسایی مناطقی است که دچار لغزش شده و یا ممکن است تحت تأثیر لغزش قرار گیرد. درعین حال ارزیابی وقوع چنین زمین‌لغزش‌هایی در دوره زمانی مشخص تعیین گردد (۱).

پهنه‌بندی زمین‌لغزش شامل تقسیم‌بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه‌بندی این مناطق بر اساس درجه واقعی یا پتانسیل خطر ناشی از بروز زمین‌لغزش بر روی شیب دامنه‌هاست.

در ارزیابی خطر زمین‌لغزش سه رویکرد اصلی شامل کیفی، نیمه‌کمی و کمی وجود دارد. روش‌های کیفی بر پایه نظرهای کارشناسی است (۲).

اساس روش‌های کیفی مبتنی بر استفاده از شاخص زمین‌لغزش در نواحی مشخص با ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی مشابه هستند. رویکردهای کیفی که از روش‌های وزن‌دهی و نرخ‌دهی استفاده می‌کنند به عنوان روش‌های نیمه‌کمی شناخته می‌شوند (۳). ارزیابی‌های کمی شامل رگرسیون تحلیلی دو متغیره، چند متغیره، منطق فازی، آنالیز شبکه مصنوعی و ... هستند (۴). روش‌های جبری و آماری دو نوع از روش‌های کمی هستند که به‌طور معمول، در مطالعات پهنه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۵).

ارزیابی خطرپذیری زمین‌لغزش به وسیله جامعه علمی در سطح بین‌المللی در دهه گذشته مورد توجه کامل قرار گرفته است. به‌طوری‌که این ارزیابی، هدف نهایی بسیاری از بررسی‌های زمین‌لغزش است و در مرز نامعلومی بین علم، فناوری، اقتصاد و سیاست، برنامه‌ریزی و ایجاد خط مشی قرار می‌گیرد (۶).

یکی از کاربردی‌ترین معانی خطرپذیری به عنوان شمار قابل انتظار از تلفات، مصدومان و آسیب به دارایی و تخریب فعالیت اقتصادی ناشی از خسارت‌های حاصل از این پدیده برای منطقه موردنظر در یک دوره معین است (۷).

امروزه ارزیابی کمی خطرپذیری زمین‌لغزش، به دلیل منابع محدود برای تحقیق، مانند: رانش‌های تاریخی ثبت نشده و نبود جزییات عناصر اجتماعی-اقتصادی، فاقد دقت لازم است. به‌طور خاص به منظور ساخت یک مدل احتمالی از رانش‌ها در بزرگی‌های متفاوتی که منجر به ارزیابی کمی خطرپذیری می‌شوند، داده‌های کافی در دسترس نیست (۸).

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش برای مناطق وسیع در بسیاری از کشورها انجام گردیده است (۹). با این حال تحقیقات محدودی بر روی ارزیابی خطرپذیری زمین‌لغزش در مقیاس کوچک صورت گرفته است (۱۰). در مقیاس‌های

کوچکتر، هدف تولید نقشه خطرپذیری است که به کمک آن بتوان مناطق خطرپذیری بالا را برای مطالعات با مقیاس بزرگتر استفاده کرد (۱۱).

روش‌های بررسی خطرپذیری زمین‌لغزش در گذشته به شکل استاندارد نیست. هرچند استفاده از نقشه‌های خطرپذیری در سطح جهانی گسترش یافته است (۱۲). در ایران، مطالعات اساسی در زمینه خطرپذیری زمین‌لغزش‌ها صورت گرفته است (۱۳). از جمله این مطالعات می‌توان به بانک اطلاعات زمین‌لغزش‌های کشور (۱۴)، طرح جامع بانک اطلاعات زمین‌لغزش‌های راه‌های استان مازندران (۱۵)، شناسایی مناطق ناپایدار در مسیر جاده‌های شهرکرد به ایذه و شهرکرد به مسجدسلیمان در استان چهار محال و بختیاری و تهیه بانک اطلاعات زمین‌لغزش (۱۶) و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در بخشی از استان اردبیل (۱۷) اشاره نمود.

تنوع روش‌های بررسی پتانسیل این پدیده موجب می‌شود تا برای هر منطقه با توجه به شرایط موجود، روش مناسبی اتخاذ نمود. برای تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش، مدل‌ها و روش‌های متفاوتی ابداع گردیده که بیشتر آنها بر استفاده از نقشه پراکندگی زمین‌لغزش‌ها به عنوان مهم‌ترین محور تجزیه و تحلیل وضعیت زمین‌لغزش‌ها، استوار است.

با توجه به توپوگرافی، احداث سد و ساخت‌وساز در منطقه طالقان، بررسی خطرپذیری زمین‌لغزش اهمیت زیادی در تصمیمات مدیریتی دارد. لذا این مقاله، روش تهیه نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری زمین‌لغزش‌ها در بخشی از منطقه طالقان را با استفاده از مدل ارزش اطلاعاتی (رویکرد کیفی) و قضاوت کارشناسی ارایه می‌دهد.

۲- روش تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه مورد مطالعه

به‌طور کلی روش‌های مختلف پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش شامل مراحل اصلی زیر است:

- ۱- جمع‌آوری اطلاعات و شناسایی پارامترهای مؤثر در ایجاد ناپایداری‌ها
- ۲- پردازش اطلاعات حاصل و کمی نمودن معیارهای کیفی
- ۳- تلفیق معیارهای کمی شده مختلف و به دست آوردن مقدار خطر
- ۴- رده‌بندی میزان خطر به دست آمده و ارایه نقشه خطر

در این راستا، به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در ساختگاه مورد مطالعه، ابتدا اقدام به جمع‌آوری منابع اطلاعاتی مختلف، مانند: عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، اطلاعات محیطی، جغرافیایی و هواشناسی منطقه شد. پس از حصول اطلاعات مورد نیاز و جهت دست یافتن به پتانسیل وقوع لغزش، مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در بروز ناپایداری مشخص گردید.

در این مطالعات، از روش ارزش اطلاعاتی جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده شد. در این روش ارتباط یک متغیر وابسته (وقوع زمین‌لغزش‌ها) و یک متغیر مستقل مورد تحلیل قرار گرفته و اهمیت هر یک از عوامل به‌طور جداگانه تجزیه و تحلیل می‌گردد.

در این روش وزن‌های واقعی هر یک از رده‌های مختلف لایه‌های اطلاعاتی محاسبه شده و ارزش اطلاعاتی هر واحد به واسطه جمع مقادیر ارزش برای عوامل مختلف آن لایه اطلاعاتی محاسبه می‌شود.

ارزش اطلاعاتی عوامل مختلف از تقسیم درصد سطحی لغزشی پارامتر به درصد سطحی لغزشی متوسط منطقه و لگاریتم طبیعی (L₁₀) گرفتن از این نسبت محاسبه می‌شود. اساس این روش بر مبنای رابطه‌های زیر بنا شده است (۱۸).

(۱)

$$Wfi = Ln(Dfi / Dt)$$

در رابطه ۱، Wfi میزان امتیاز فاکتور، Dfi چگالی ناپایداری در فاکتور Fi و Dt چگالی ناپایداری در کل منطقه است. از جمع جبری وزن پارامترهای مختلف در واحدهای شبکه میزان خطر به صورت کمی Hi به دست می‌آید (رابطه ۲).

(۲)

$$Hi = Wf1 + Wf2 + \dots + Wfn$$

مقادیر ارزش اطلاعاتی منفی بیانگر کمتر بودن درصد سطحی ناپایداری از ناپایداری متوسط منطقه و ارزش اطلاعاتی مثبت نشانگر بیشتر بودن درصد سطحی ناپایداری نسبت به متوسط منطقه است.

۳- مراحل اجرای روش ارزش اطلاعاتی

۳-۱- تهیه جدول وزن طبقات مختلف متغیرها

با در نظر گرفتن هر نقشه عامل با نقشه (صفر و یک) پراکنش زمین لغزش‌ها و استفاده از فرمول (۱)، وزن هر طبقه از هر لایه اطلاعاتی تعیین می‌گردد.

۳-۲- تهیه نقشه‌های وزنی

پس از تعیین وزن طبقات، وزن محاسبه شده در نقشه‌های پایه تأثیر داده شده و نقشه وزنی تهیه می‌شود.

۳-۳- تهیه نقشه خطر زمین لغزش

جهت تهیه نقشه خطر، بر اساس فرمول (۲)، نقشه‌های وزنی پارامترها که در مرحله قبل تهیه گردیده است با هم جمع گردیده و نقشه خطر تهیه می‌شود.

۳-۴- تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش

برای مشخص نمودن مرز طبقات و طبقه‌بندی نقشه خطر در مرحله فوق، با تهیه منحنی تجمعی در محیط GIS، نقاط شکستگی و عطف این منحنی به عنوان مرز سطوح طبقه‌بندی خطر انتخاب گردید و نقشه خطر زمین لغزش طبقه‌بندی گردید.

۳-۵- آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی

با توجه به واقعیت‌های یاد شده و به ویژه با در نظر گرفتن مقیاس پهنه‌بندی، سعی بر آن شد تا در حد ممکن نسبت به فراهم‌سازی داده‌های مورد نیاز در روش‌های مورد استفاده اقدامات لازم به عمل آید.

در این رابطه داده‌های مکانی^۱ و توصیفی^۲ مورد نیاز با استفاده از نقشه‌ها و گزارش‌های موجود، مطالعات و بررسی‌های صحرایی گردآوری و تهیه شدند.

از آنجا که تجزیه، تحلیل و تلفیق داده‌ها در انجام دادن این تحقیق، در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی صورت پذیرفت، لذا تمام داده‌های موجود به شکل رقومی به پایگاه‌های داده‌های گرافیکی^۱ و توصیفی وابسته^۲ در شبکه منظم منتقل شدند تا امکان تولید داده‌های جدید، نظیر تهیه نقشه‌های پراکنش زمین لغزش، شیب، وجه شیب و غیره را فراهم آورد.

جهت تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها، از عکس‌های هوایی جدید با مقیاس ۱/۴۰۰۰۰ استفاده شده است. در این راستا، ۱۹۸ عکس هوایی مورد بررسی قرار گرفت. پس از اتمام تفسیر عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی، محدوده‌های مشخص شده زمین لغزش‌ها بر روی نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ پیاده و در محیط GIS رقومی گردید.

پس از تولید مدل ارتفاعی رقومی، این امکان به وجود آمد تا نقشه شیب برای منطقه با ابعاد سلول‌های ۳۰ متر تهیه گردد. با استفاده از توابع شیب که در آنها روابط مثلثاتی به کار گرفته می‌شود، نقشه شیب بر حسب درجه محاسبه شد.

با استفاده از جدول طبقه‌بندی که اطلاعات لایه تهیه شده را در محدوده‌های مورد نظر دسته‌بندی می‌کند، اطلاعات شیب در لایه‌های تهیه شده، سطح‌بندی شد (جدول ۱).

بر اساس جدول، مقدار شیب در پنج سطح، با درجه‌های کم (۰-۵ درجه) تا زیاد (۹۰-۴۶ درجه) تقسیم‌بندی و سپس میزان سطوح طبقات شیب و سطح لغزش در هریک از آنها محاسبه گردید.

بر اساس نقشه شیب، میزان شیب در قسمت‌های شمالی و جنوب شرقی در محدوده ۳۱ تا ۴۵ درجه و در قسمت‌های جنوبی و جنوب غربی ۱۶ تا ۳۰ درجه است. در قسمت‌های مرکزی و شرقی شیب ۰ تا ۱۵ درجه مشاهده می‌شود.

جهت تهیه نقشه وجه شیب ابتدا با استفاده از جدول ۱، اطلاعات وجه شیب در لایه‌های تهیه شده سطح‌بندی گردید. سپس با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی و رابطه مثلثاتی مربوط، نقشه وجه شیب تهیه شد.

با توجه به این نقشه، به طور کلی وجوه شیب جنوبی و متمایل به جنوب نقش کمتری در وقوع زمین لغزش دارند. نقشه فاصله از آبراهه‌ها با استفاده از نقشه توپوگرافی و عکس‌های هوایی تهیه گردید (جدول ۱).

بر اساس این جدول، لایه فاصله از آبراهه‌ها در ده سطح تقسیم‌بندی و سپس میزان سطوح طبقات و سطح لغزش در هریک از آنها محاسبه شد. بیشترین سطح لغزش طبقه مربوط به طبقه ۱ (43.7 km^2) و کمترین سطح لغزش طبقه مربوط به طبقه ۹ (0.004 km^2) است. جهت تهیه نقشه فاصله از گسل از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و جدول طبقه‌بندی ارزش لایه‌های اطلاعاتی منطقه استفاده شد (جدول ۱).

بر اساس این جدول، لایه فاصله از گسل، در پنج سطح تقسیم‌بندی و سپس میزان سطوح طبقات شیب و سطح لغزش در هریک از آنها محاسبه گردید. نقشه هم باران، بر اساس اطلاعات بارندگی سالانه منطقه در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید (جدول ۱). بر اساس این جدول، لایه نقشه هم باران، در دوازده سطح تقسیم‌بندی و سپس میزان سطوح طبقات شیب و سطح لغزش در هریک از آنها محاسبه شد.

^۱ Graphical Database^۲ Relational Attribute Database^۲ Attribute Data

جدول ۱ ارزش لایه‌های اطلاعاتی محاسبه شده در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه مورد مطالعه

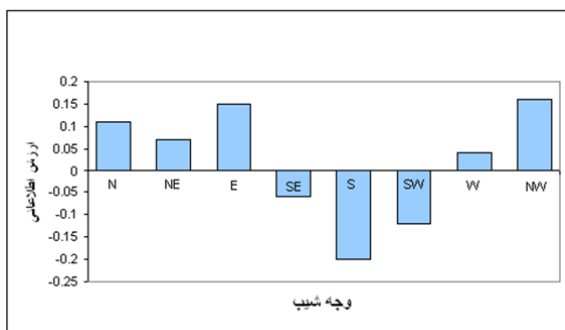
Table 1 Value of data layers calculated in Landslide Risk Mapping of the Study Area

شیب (درجه)		وجه شیب (درجه)		فاصله از آبراهه (m)		فاصله از گسل (m)		میزان بارندگی (mm)	
طبقات	مقدار	جهت	محدوده جهت شیب	فاصله	طبقات	فاصله	طبقات	بارندگی	طبقات
۱	۵-۰	شمال شرق	۲۲.۵-۶۷.۵	۰-۹۰	۱	۰-۱۲۰۰	۱	۴۷۵-۵۲۵	۱
				۹۰-۱۸۰	۲			۵۲۶-۵۷۵	۲
				۱۸۰-۲۷۰	۳			۵۷۶-۶۲۵	۳
۲	۱۵-۶	جنوب شرق	۱۱۲.۵-۱۵۷.۵	۲۷۰-۳۶۰	۴	۱۲۰۰-۲۵۰۰	۲	۶۲۶-۶۷۵	۴
				۳۶۰-۴۵۰	۵			۶۷۶-۷۲۵	۵
				۴۵۰-۵۴۰	۶			۷۲۶-۷۷۵	۶
۳	۳۰-۱۶	جنوب غرب	۲۰۲.۵-۲۴۷.۵	۵۴۰-۶۳۰	۷	۳۸۰۰-۵۰۰۰	۴	۷۷۶-۸۲۵	۷
				۶۳۰-۷۲۰	۸			۸۲۶-۸۷۵	۸
				۷۲۰-۸۱۰	۹			۸۷۶-۹۲۵	۹
۴	۴۵-۳۱	شمال غرب	۲۹۲.۵-۳۳۷.۵	۸۱۰-۹۰۰	۱۰	۵۰۰۰-۶۳۰۰	۵	۹۲۶-۹۷۵	۱۰
۵	۹۰-۴۶			۹۷۶-۱۰۲۵	۱۱				
								>۱۰۲۵	۱۲

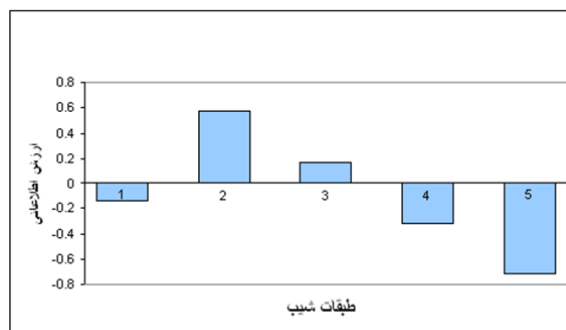
۴- کمی نمودن متغیرهای مختلف نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش برای مشخص نمودن مرز طبقات و طبقه‌بندی نقشه پهنه‌های لغزشی، با استفاده از منحنی تجمعی نقشه مزبور در محیط GIS، نقاط شکستگی و عطف این منحنی به عنوان مرز کلاس‌های طبقه‌بندی خطر انتخاب شده و نقشه فوق طبقه‌بندی گردید. با قطع دادن نقشه (صفر و یک) پراکنش زمین‌لغزش‌ها با هر نقشه عامل، وزن هر طبقه از هر لایه اطلاعاتی و در نتیجه جدول وزنی کل لایه تهیه شد. در نمودارهای شش‌گانه زیر به ترتیب عملکرد و نقش هریک از طبقات پارامترهای وجه شیب، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، هم باران، شیب و زمین‌شناسی و وزن‌های محاسبه شده توسط مدل ارزش اطلاعاتی برای هریک از اجزای آنها در رابطه با وقوع زمین لغزش ارایه شد (نمودار ۱- الف تا و).

وضعیت زمین‌شناسی و زمین‌ساخت منطقه بی‌تردید نقش اساسی در فراوانی، سازوکار و پراکندگی زمین‌لغزه‌ها دارد. منطقه مورد بررسی در البرز مرکزی و در جنوب شرقی چهارگوش قزوین رشت و جنوب غرب چهارگوش آمل واقع شده است (۱۹).

بر اساس نقشه زمین‌شناسی و مطالعات صحرایی، شیست‌ها و رسوب‌های مربوط به تراس‌های شنی مربوط به کواترنر، لای سنگ‌ها و گل‌سنگ‌های دارای ژیبس (Mc, s, Q1, Js, TR3Js, gy1)، بیشترین تأثیر و واحدهای سنگ‌شناسی و واحدهای آهک‌های ماسیو مربوط به ژوراسیک و گل‌سنگ سازند کهر (Pck) کمترین تأثیر را داشته‌اند.



(ب) طبقات وجه شیب



(الف) طبقات شیب

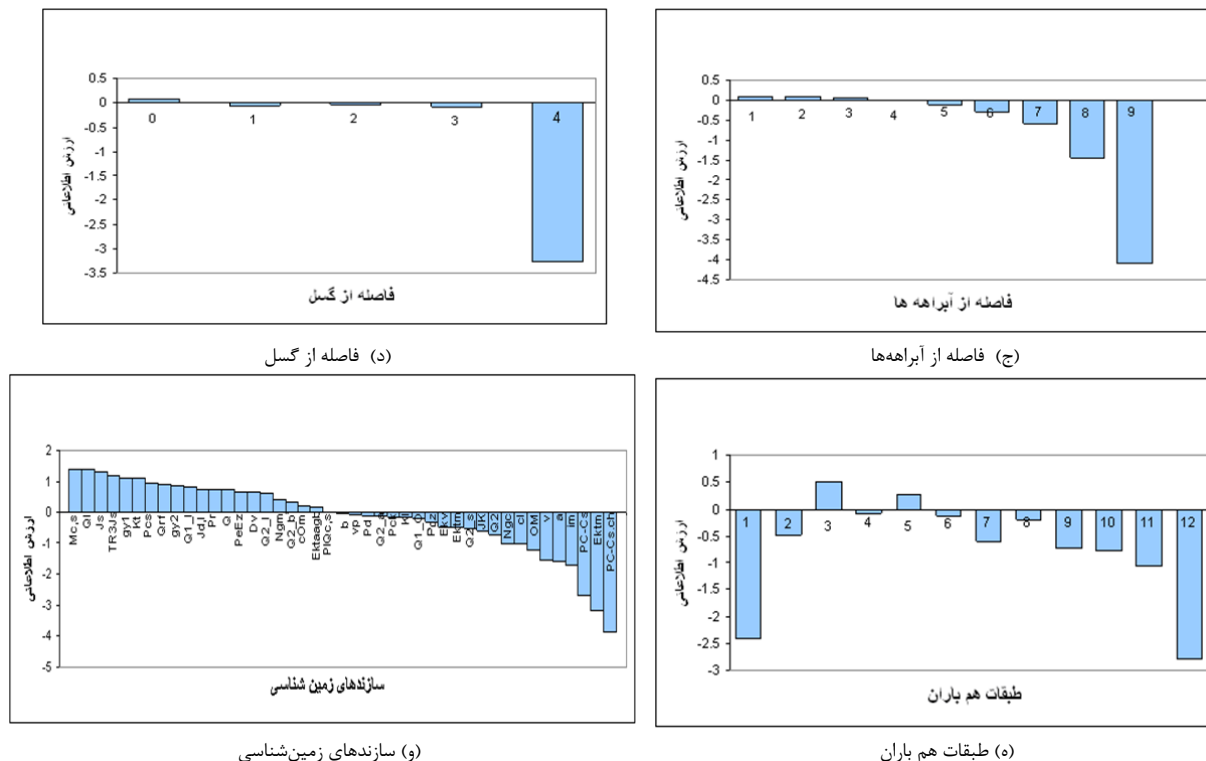


Fig. 1 Showing the performance of each of the classes for every parameter in relation to the slide occurrence and the corresponding calculated weights: A) Dip class, B) Dip direction, C) Distance from water way, D) Distance from fault, E) Iso rainfall, F) Geological formations

نمودار ۱ نمایش عملکرد هر یک از طبقات هر پارامتر در رابطه با وقوع لغزش و وزن‌های محاسبه شده مربوط: الف) طبقه شیب، ب) وجه شیب، ج) فاصله از آبراهه‌ها، د) فاصله از گسل، ه) طبقات هم باران، و) سازندهای زمین‌شناسی

زمین‌لغزش شود. نمودار ۱- و، میزان پوشش سطحی زمین‌لغزش‌ها و سازندهای زمین‌شناسی را ارایه می‌دهد. تحلیل روابط بین لیتولوژی‌های مختلف و وزن‌های محاسبه شده برای آنها در ناپایداری شیب‌ها نشان‌دهنده تأثیر مثبت شیست‌ها، رسوبات مربوط به تراس‌های اغلب شنی کوتاه‌تر، لای‌سنگها و گل‌سنگ‌های دارای ژیبس، گل‌سنگهای توف دار و همچنین، تأثیر بینابین آهک‌های مبارک و زیارت، رسوبات مخروط‌افکنه‌ای و سازندهای اتوسن که از توف تشکیل شده‌اند در ناپایداری دامنه‌ها نقش دارند. واحدهای سنگ‌شناسی آهک‌های ماسیو مربوط به ژوراسیک، دولومیت‌های سلطانیه، لای، ماسه‌سنگ و گل‌سنگ سازند کهر، اولیوین مونوزونیت‌ها و لاولاهای دونین نقش منفی در ناپایداری و وقوع زمین‌لغزش و ... ایفا کرده و به عبارت دیگر در جهت پایداری دامنه‌ها اثرگذار هستند.

۵- ارزیابی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

به طور کلی، بررسی عکس‌های هوایی ۱/۴۰۰۰۰ منطقه، منتج به شناسایی بیش از ۴۷۰ مورد زمین‌لغزش گردیده است. این زمین‌لغزش‌ها حدود ۱۴۵ کیلومتر مربع، معادل ۱۵ درصد از سطح حوزه را اشغال کرده‌اند. بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد زیرشویی، بیشترین عامل وقوع زمین‌لغزش در این منطقه است. عوامل دیگر مانند وقوع گسل و تغییر کاربری در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. در ارتفاعات و سرشاخه‌های آبراهه‌ها باعث شده که لایه‌های سطحی فرسایش یافته، به تدریج با ذوب برف و حرکت آن به سمت

بر اساس نمودار ۱- الف، طبقات متوسط شیب در منطقه نقش مهمی در رابطه با وقوع زمین‌لغزش داشته و می‌توان نتیجه گرفت که در این منطقه سازندهای صخره‌ساز کمتر از دیگر سازندها در وقوع این پدیده نقش دارند. نمودار ۱- ب، نشان می‌دهد که به طور کلی وجوه شیب جنوبی و متمایل به جنوب نقش کمتری در وقوع زمین‌لغزش در منطقه دارند. دلایل این مسأله را می‌توان در دریافت بیشتر میزان تابش آفتاب در طول روز و در نتیجه، کمتر بودن میزان رطوبت و آب درون توده خاک در این وجوه، در مقایسه با وجوه شمالی و متمایل به شمال عنوان نمود. نمودار ۱- ج، میزان نقش هر کدام از سطوح مختلف فاصله از آبراهه‌ها در وقوع زمین‌لغزش را در منطقه نمایش می‌دهد. بر اساس نمودار ۱- ج، میزان زمین‌لغزش با فاصله از آبراهه کمتر می‌شود. این موضوع دلالت بر نقش مؤثر عامل زیرشویی در وقوع زمین‌لغزش در منطقه دارد. نمودار ۱- د نقش سطوح مختلف فاصله از گسل در وقوع زمین‌لغزش در منطقه را مقایسه می‌نماید. در این نمودار، زمین‌لغزش‌های موجود در منطقه غالباً تحت تأثیر غیرمستقیم گسل به لحاظ خردشدگی مصالح نزدیک به آن به وقوع پیوسته‌اند و فاصله از گسل در وقوع پدیده زمین‌لغزش در منطقه طالقان نسبت معکوس دارد. بررسی نمودار ۱- ه نشان می‌دهد که باران، نقش چندان زیادی در رابطه با وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه ندارد. البته باید توجه داشت که نمی‌توان نقش بارندگی و به طور کلی آب در وقوع زمین‌لغزش را نادیده گرفت. به همین دلیل، همان‌گونه که در نمودار بالا نیز منعکس شده، آب در هر شرایطی می‌تواند موجب وقوع

و با خطر کم پایین باشد و همچنین، روند تغییرات درصد سطحی لغزش از سطوح کم‌خطر به سمت سطوح باخطر بالا روند و صعود یابد، نشان‌دهنده این است که روش پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش مناسب است. نمودار ۲- الف، نمودار ۲- ب، درصد پراکنش زمین‌لغزش‌ها در هرکدام از طبقات نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را ارائه داده است. نمودار ۲- ج، نسبت پوشش سطحی زمین‌لغزش‌ها به سطح هر یک از طبقات نقشه پهنه‌بندی را مشخص نموده که با توجه به روند صعودی میزان پوشش سطحی زمین‌لغزش در رابطه با طبقات نقشه پهنه‌بندی که عملاً با افزایش میزان خطر رابطه مستقیم دارد، کارایی خوب مدل ارزش اطلاعاتی در تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه طالقان را نشان می‌دهد.

پایین و تحت تأثیر سنگینی آن، به صورت تدریجی و آرام به همراه برف به حرکت درآمده و پدیده لغزشی خزش به وجود آید. گسل خوردگی در مناطق مختلف به ویژه در نقاط مرتفع ارتفاعات جنوبی حوزه، باعث ایجاد تعداد معتدلی زمین‌لغزش با ویژگی‌های رفتاری متفاوت و گاهی پیچیده در طول منطقه خرد شده گردیده است. عامل زیرشویی در غالب شاخه‌های اصلی و فرعی رودخانه‌های این حوزه، باعث وقوع زمین‌لغزش‌های متعدد و در نتیجه، افزایش بار رسوبی رودخانه طالقان گردیده است.

از نظر رفتاری، تقریباً انواع مختلف رفتارهای حرکتی در وقوع زمین‌لغزش‌های این منطقه مشاهده می‌گردد. حضور یخچال‌های موقت جهت ارزیابی نقشه پهنه‌بندی خطر، نقشه ذکر شده با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های منطقه تطبیق داده شد و سه نمودار زیر تهیه گردید. هر چه میزان درصد سطحی لغزش در سطوح با خطر بالا بیشتر و در سطوح بی‌خطر

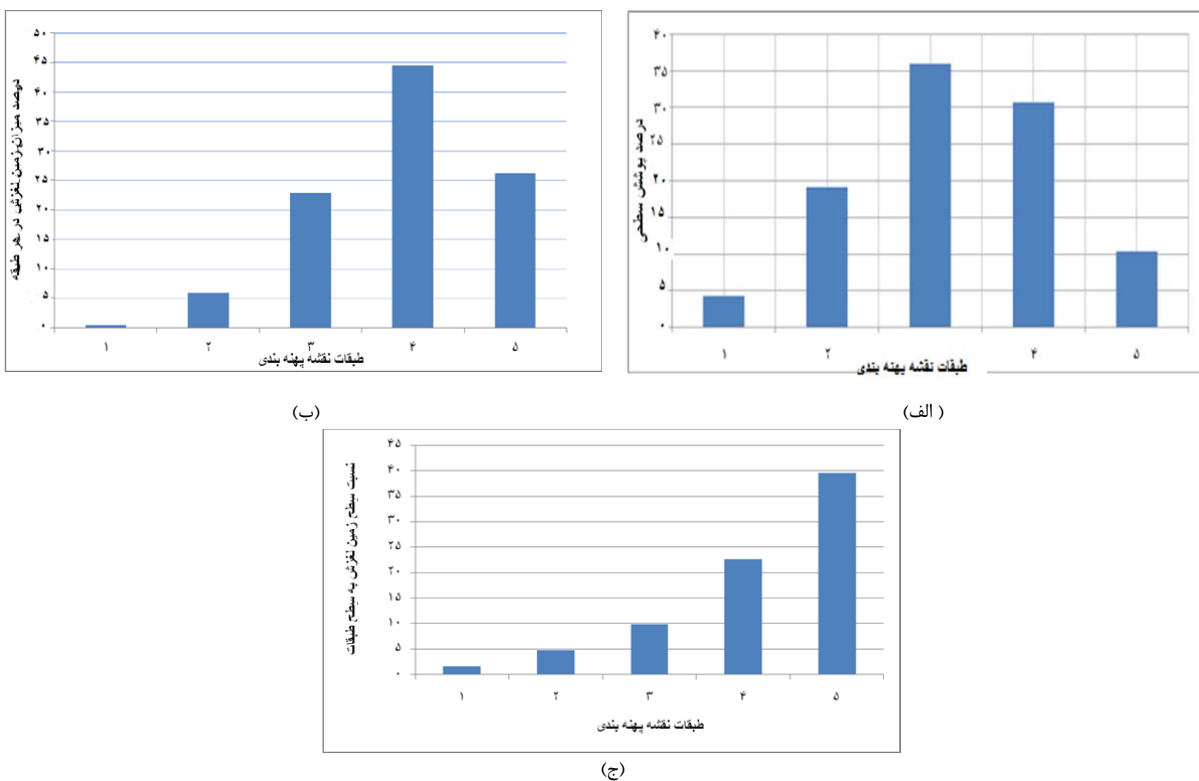
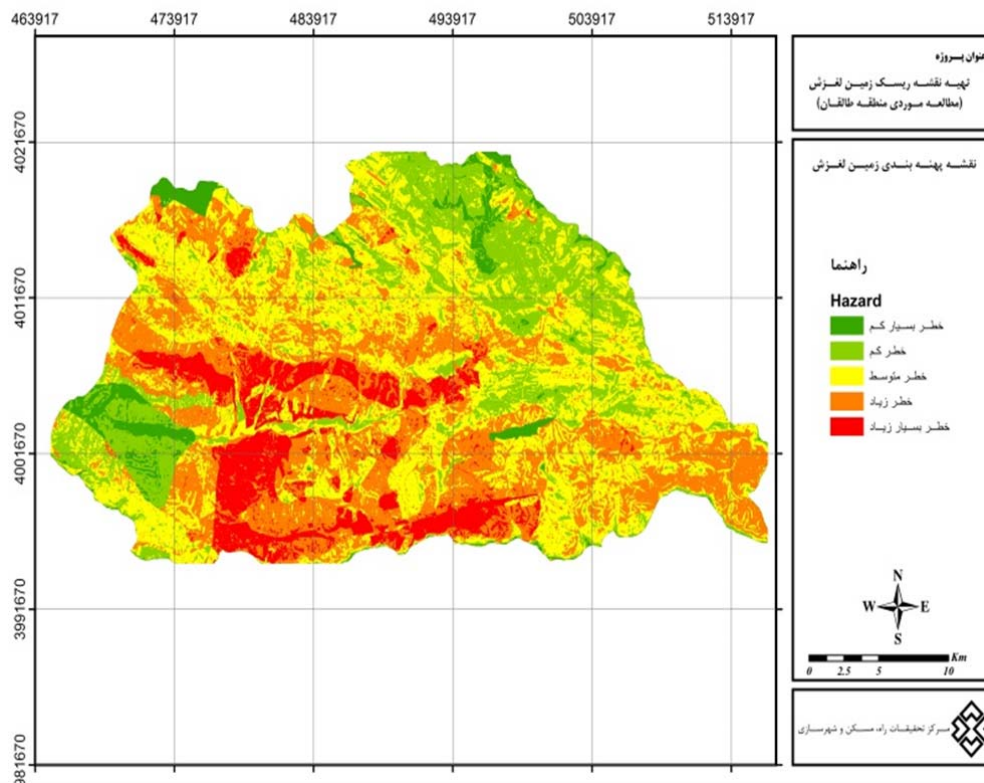


Fig. 2 Evaluation of landslide hazard zoning map: A) Surface percentage of classes, B) Surface distribution of landslides in different classes, C) Surface ratio of landslide to surface of each floor

نمودار ۲ ارزیابی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش: الف) درصد سطحی طبقات، ب) درصد پراکنش سطحی زمین‌لغزش‌ها در طبقات مختلف، ج) نسبت سطحی زمین‌لغزش به سطح هر طبقه

خطر بسیار کم تا کم است. در حالی که بیشتر مناطق مورد مطالعه دارای خطر متوسط تا بسیار زیاد است.

نقشه ۱، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش‌ها را نمایش می‌دهد. بر اساس این نقشه مناطق واقع در شمال شرق و برخی مناطق مرکزی و جنوب غرب دارای



Map1 Landslide hazard zoning map in the study area

نقشه ۱ نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه

بنابراین، در صورت وقوع زمین لغزش، اینکه کدام یک از کاربری‌های موجود خسارت بیشتری دیده و یا باعث ایجاد خطر بزرگتری می‌گردد، باید مشخص شود. بدیهی است مناطق مسکونی و جمعیتی در بالاترین میزان اولویت قرار می‌گیرند. اما مواردی نیز وجود دارند که در صورت قرار گرفتن در معرض خطر زمین لغزش، خود خطر به مراتب بزرگتری را ایجاد می‌نمایند. دریاچه طالقان و سد مربوط از جمله این عوامل هستند. در صورت وقوع زمین لغزش در دریاچه، امکان تخریب سد و رها شدن آب موجود در آن به سمت پایین‌دست، خطر به مراتب بزرگتری را در مقایسه با وقوع زمین لغزش ایجاد می‌نماید.

با در نظر گرفتن موارد فوق و براساس قضاوت‌های کارشناسی، کاربری‌های پنج‌گانه موجود منطقه که به نوعی اجزا و عناصر در معرض خطر وقوع زمین لغزش هستند، به دریاچه، مناطق مسکونی، خطوط انتقال نیرو، جاده‌ها و رودخانه‌ها و به ترتیب با اولویت‌بندی ۵، ۴، ۳، ۲ و ۱ وزن‌دهی شدند.

۳-۶- تشکیل جدول دوبعدی

پس از اولویت‌بندی کاربری‌های منطقه، یک جدول دوبعدی براساس مواجهه هر یک از عناصر در خطر با طبقه‌های مختلف، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش منطقه بر اساس قضاوت مهندسی تهیه گردید. بر این اساس هریک از عناصر و اجزا، در یکی از طبقه‌های نقشه پهنه‌بندی خطر

۶- نقشه خطرپذیری زمین لغزش منطقه طالقان

به منظور تهیه نقشه خطرپذیری زمین لغزش، از روش قضاوت کارشناسی استفاده گردید. در این روش، ابتدا اجزای خطر شناسایی و بر اساس میزان تهدید موجود برای هر یک از آنها و یا خطر ناشی از در معرض تهدید قرار گرفتن، اولویت‌بندی شد. با توجه به نقشه پهنه‌بندی خطر و اینکه اجزای فوق در کدام طبقه خطر از نقشه مزبور قرار دارند، به کمک یک جدول دوبعدی، میزان تهدید در پنج درجه وزن دهی شده و نقشه نهایی تهیه شد.

۶-۱- اجزا و عناصر در خطر

محدوده مورد مطالعه، یک منطقه کوهستانی است و کشاورزی در منطقه، از سطح قابل توجهی برخوردار نیست. صنعت نیز حضور چندانی در منطقه ندارد. عناصر و اجزایی که در صورت وقوع زمین لغزش در طالقان می‌توانند در معرض خطر قرار گیرند محدود به مناطق مسکونی، جاده‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه و خطوط انتقال نیرو است.

۶-۲- اولویت‌بندی عناصر در خطر

عناصر، اجزا و کاربری‌های متنوعی که در منطقه وجود دارند از ابعاد مختلف دارای اهمیت‌های متفاوتی هستند. تفاوت‌ها به خصوص در تهیه نقشه‌ای که میزان خطرپذیری این عناصر را نشان می‌دهد باید مورد توجه قرار گیرند.

ضرب اولویت‌های پنج‌گانه و کلاس‌های نقشه خطر محاسبه و در نتیجه وزن‌های خطر هر عنصر در طبقه نقشه پهنه‌بندی مشخص گردید. همچنین در اولین جدول ۲، طبقات نقشه خطرپذیری زمین لغزش منطقه ارایه شده است.

زمین لغزش قرار گرفته و با توجه به نوع طبقه مورد تهدید قرار می‌گیرد. سومین ستون عمودی جدول ۲، کلاس‌های پنج‌گانه نقشه پهنه‌بندی خطر و ردیف‌های افقی عناصر در خطر، به ترتیب اولویت از زیاد به کم را نشان می‌دهد. در سلول‌هایی که محل تلاقی ستون‌ها و سطرها هستند، حاصل

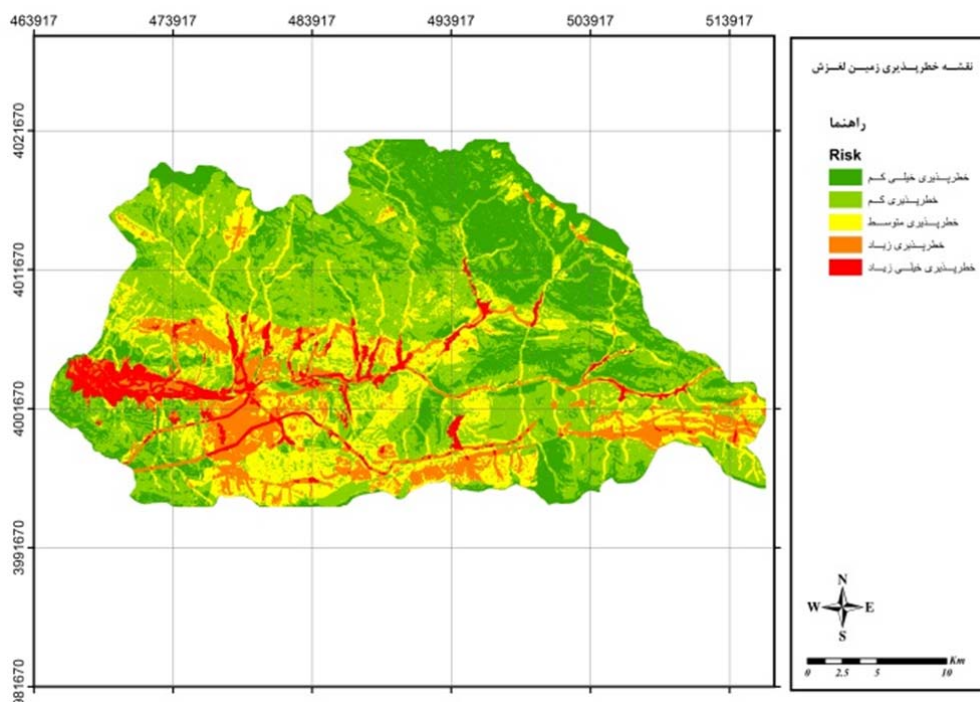
جدول ۲ وزن‌های هریک از عناصر و اجزا در خطر به علاوه معرفی طبقات مختلف عناصر در خطر در منطقه مورد مطالعه

Table 2 Weights of each element and component at risk plus the introduction of different classes of elements at risk in the study area

کلاس‌های نقشه پهنه‌بندی خطر	نام طبقه	کلاس طبقه	دریاچه (۵)	روستا (۴)	خط انتقال نیرو (۳)	جاده (۲)	رودخانه (۱)
			خطرپذیری خیلی زیاد	۵	۲۵	۲۰	۱۵
خطرپذیری زیاد	۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸	۴	
خطرپذیری متوسط	۳	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	
خطرپذیری کم	۲	۱۰	۸	۶	۴	۲	
فاقد خطرپذیری	۱	۵	۴	۳	۲	۱	

براساس نقشه ۲، کمترین میزان خطرپذیری مربوط به رودخانه و جاده است. خطوط انتقال نیرو دارای خطرپذیری متوسط و روستاها و دریاچه از خطرپذیری بالایی برخوردار هستند.

با استفاده از این جدول و نرم‌افزار GIS، وزن‌های به دست آمده در نقشه پهنه‌بندی اعمال و نقشه میزان خطرپذیری عناصر منطقه تهیه گردید (نقشه ۲).



Map 2 Landslide risk map on Taleghan area

نقشه ۲ نقشه خطرپذیری زمین لغزش در منطقه طالقان

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله روش تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر و خطرپذیری زمین لغزش برای منطقه‌ای در طالقان با ۴۷۰ مورد زمین لغزش مورد بررسی قرار گرفت که زمین لغزش‌های شناسایی شده حدود ۱۴۵ کیلومتر مربع، معادل ۱۵ درصد از سطح منطقه را اشغال کرده‌اند. بر اساس مطالعات انجام شده نتایج ذیل حاصل گردید:

۱- نتایج نشان می‌دهد که مصالح زمین‌شناسی و زیرشویی، مهم‌ترین عوامل وقوع زمین لغزش در منطقه است.

۲- طبقات متوسط شیب در منطقه نقش مهمی در رابطه با وقوع زمین لغزش دارند. در این منطقه سازندهای صخره‌ساز کمتر از دیگر سازندها در وقوع این پدیده نقش دارند.

۳- بررسی لایه‌های اطلاعاتی وجوه شیب حاکی از آن است که شیب جنوبی و متمایل به جنوب نقش کمتری در وقوع زمین لغزش در منطقه دارند.

۴- زمین لغزش‌های موجود در منطقه غالباً تحت تأثیر غیرمستقیم گسل به وقوع پیوسته‌اند و فاصله از گسل نسبت معکوس در وقوع پدیده زمین لغزش در منطقه دارد.

۵- نتایج نشان می‌دهد بارندگی نقش چندانی در رابطه با وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه ندارد. با این حال آب در هر شرایطی می‌تواند موجب وقوع زمین لغزش شود.

۶- تحلیل روابط بین لیتولوژی‌های مختلف و وزن‌های محاسبه شده برای آنها در ناپایداری شیب‌ها نشان‌دهنده شیب‌ها و رسوب‌های مربوط به تراس‌های شنی مربوط به کواترنر، لای سنگ‌ها و گل‌سنگ‌های دارای ژیس، بیشترین تأثیر و واحدهای سنگ‌شناسی و واحدهای آهک‌های ماسیو مربوط به ژوراسیک و گل‌سنگ سازند کهر کمترین تأثیر را داشته‌اند.

۷- عناصر و اجزایی که در صورت وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه می‌توانند در معرض خطر قرار گیرند محدود به دریاچه، مناطق مسکونی، خطوط انتقال نیرو، جاده‌ها و رودخانه‌هاست. بر اساس نقشه خطرپذیری، کمترین میزان خطرپذیری مربوط به رودخانه و جاده است. خطوط انتقال نیرو دارای خطرپذیری متوسط و روستاها و دریاچه از خطرپذیری بالایی برخوردار هستند.

۸- قدردانی

از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی بابت حمایت از پروژه "تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر و خطرپذیری زمین لغزش طالقان" تشکر می‌شود.

۹- مراجع

- [1] B. M. Marrapu, R. S. Jakka, *Landslide Hazard Zonation Methods: A Critical Review*, International Journal of Civil Engineering Research, ISSN 2278 – 3652, Vol. 5, No. 3, pp. 215 – 220, 2014.
- [2] M. Fall, R. Azam, C. Noubactep, *A multi-method approach to study the stability of natural slopes and landslide susceptibility mapping*, Eng. Geol., 82(4), pp. 241–263, 2006.
- [3] A. Kelarestaghi, H. Ahmadi, *Landslide susceptibility analysis with a bivariate approach and GIS in Northern Iran*, Arab J. Geosci., 2, pp. 95–101, 2009.
- [4] D. Caniani, S. Pascale, F. Sdao, A. Sole, *Neural networks and landslide susceptibility: A case study of the urban area of Potenza*, Nat Hazards, 45, pp. 55–72, 2008.
- [5] P. Aleotti, R. Chowdhury, *Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives*, Bull. Eng. Geol. Environ., 58, pp. 21–44, 1999.
- [6] C. J. Van Westen, T. W. J. R. Van Aschm, Soerts, *Landslide hazard and risk zonation why it is still so difficult?*, Bull. Eng. Geol. Environ., 65, pp. 176-184, 2005.
- [7] D. J. Varnes, *iaeg-commission on landslide and other mass movement on slope, Landslide hazard zonation: Review of principles and practice UNESCO, Darantier*, Paris, p 61, 1984.
- [8] G. J. Guo, P. Garpindashvili, T. Daorueang, P. Xin, Rahimy *New Statistic Approach towards Landslide Hazard Risk Assessment*, International Journal of Geosciences, 5, 38 – 49, 2014.
- [9] C. Bonnard, F. Forlati, C. Scavia, *Identification and mitigation of large landslide risk assessment*, Imiriland project A. A. Balkema Leiden, London, p. 317, 2004.
- [10] H. Yoshimatsu, S. Abe, *A review of land slide hazards in Japan and assessment of their susceptibility using an analytical hierarchic process (AHP) method*, Landslide 3, pp. 149-158, 2006.
- [11] E. A. Castellanos Abella, C. J. Van Westen, *Generation of a land slide risk index map for Cuba using spatial multi criteria evaluation*, Landslide 4, pp. 311- 325, 2007.
- [12] *landslide Risk Management Concepts and Guidelines*, Australian Geomechanics Society, Subcommittee on landslide Risk Management, 2000.
- [13] M. Kashanchi, M. R. Mahdavi, R. Feijani, *Landslide Risk Analysis in Dam Reservoirs*, Proceeding of ICL Symposium, Kyoto, pp. 84-89, 2012.
- [14] Office of Engineering and Studies, Forests, Rangelands and Watershed Management, *Report on the study plan and implementation of landslide stabilization operations in the country*, Deputy of Watershed Management of Forests, Rangelands and Watershed Management, National Landslide data base, 1386.
- [15] M. Safaei Kochaksaraei, *Comprehensive plan of Mazandaran province landslide database*, 1393.
- [16] S. Hashemi Tabatabaei, I. Rahmani, M. R. Mirsanei, *Identification of unstable areas along the roads of Shahrekord to Izeh and Shahrekord to Masjed Soleiman in Chaharmahal and Bakhtiari province And preparing a Landslide Data Base*, 1396.
- [17] S. Hashemi Tabatabaei, *Landslide risk zoning in a part of Ardabil province*, Road, Housing and Research Center, 1377.
- [18] K. L. Yin, T. Z. Yan, *Statistical Prediction Model for Slope Instability of Metamorphic Rocks*, Proceeding of 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, Switzerland, Vol. 2, pp. 1269-1272, 1988.
- [19] *Geological map of Qazvin, Rasht and Amol*, Geological survey of Iran.