

کاربرد سیستم شبکه عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، مطالعه موردی: ناحیه سفیدار گله در استان سمنان

بابک راکعی^۱، ماشاله خامه‌چیان^{۱*}، پرویز عبدالملکی^۲، پانته آ گیاهی^۳

^۱ گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

^۲ گروه بیوفیزیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

^۳ گروه GIS سازمان زمین‌شناسی، تهران

* مسئول مکاتبات - آدرس الکترونیکی: khamechm@modares.ac.ir

(دریافت: ۸۳/۸/۱۰؛ پذیرش: ۸۴/۱۲/۲۲)

چکیده

تشخیص مناطق مستعد لغزش مسائلی مختلفی را مطرح می‌کند که برای حل این مسائل روشهای متعددی مورد استفاده قرار گرفته است ولی بطور کلی به دو دسته روشهای مستقیم و غیر مستقیم طبقه‌بندی می‌شود و در تحقیق حاضر از روش غیرمستقیم استفاده شده است. هدف از این تحقیق بررسی استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه سفیدارگله استان سمنان می‌باشد. جهت ارزیابی شبکه عصبی ایجادشده، داده‌های ۴۹ زمین لغزش اتفاق افتاده به سیستم ارائه گردید. این پایگاه داده، شامل اطلاعات مربوط به شیب، جهت شیب، لیتولوژی، مدل ارتفاعی رقومی، بارندگی، فاصله از گسل و کاربری اراضی منطقه می‌باشد. این داده‌ها جهت تغذیه به شبکه عصبی ایجاد شده، بر اساس بزرگترین مقدار موجود هر داده در بانک اطلاعاتی بین صفر و یک نرمالیزه گردید. سپس داده‌های نرمالیزه شده به یک شبکه عصبی پرسپترون سه لایه تغذیه شونده به جلو (feed forward) با الگوریتم پس انتشار خطا (back error propagation) تغذیه گردید. بطور خلاصه ابتدا پارامترهای ورودی استخراج و شبکه عصبی بر مبنای آنها توسط الگوریتم پس انتشار خطا آموزش داده شد. سپس کارایی شبکه آموزش داده شده مورد آزمایش قرار گرفت. ساختار نهایی شبکه دارای ۷ نرون در لایه ورودی، ۲۰ نرون در لایه میانی و ۱ نرون در لایه خروجی گردید. تعداد اطلاعات برای آموزش شبکه ۱۶۲۶ و برای آزمایش ۴۰۰ واحد در نظر گرفته شد. دقت شبکه در مرحله آزمایش ۹۱/۲۵٪ تخمین زده شد. بعد از بهینه‌شدن ساختمان شبکه کل اطلاعات مربوط به منطقه در اختیار شبکه قرار گرفت. خروجی بدست آمده از شبکه عصبی با اختلاف ۰/۲ به پنج رده باخطر خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تقسیم گردید.

واژه‌های کلیدی: زمین لغزش، شبکه عصبی مصنوعی، پرسپترون، پهنه‌بندی.

مقدمه

(Chawdhury 1999).

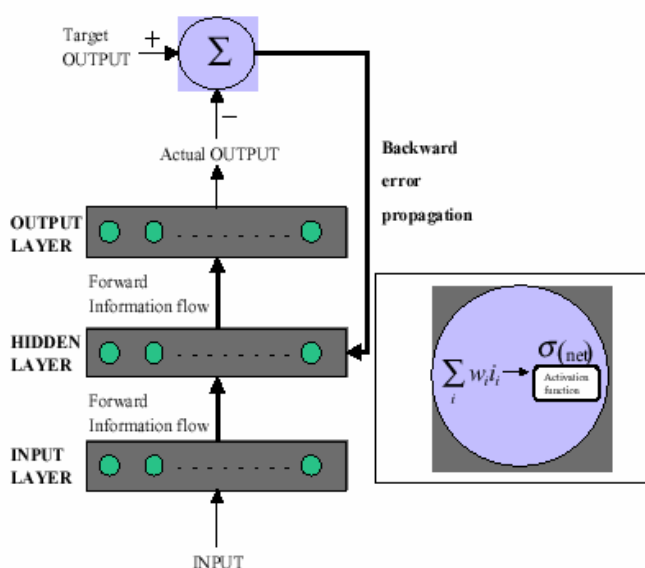
در اکثر مناطق فعالیت انسانی موجب بههم خوردن تعادل طبیعی موجود می‌شود. افزایش خسارات و تلفات ناشی از زمین لغزشها شاید نتیجه همین فعالیت‌ها باشد (CRED 2000). در کشور خودمان نیز همه ساله زمین لغزشهای متعدد رخ می‌دهد که موجب خسارات فراوان می‌شود (شریعت جعفری ۱۳۷۶، کمک پناه و منتظرالقائم ۱۳۷۳). منطقه مورد مطالعه نیز بخاطر شرایط آب و هوایی و زمین‌شناسی دارای قابلیت فراوان زمین لغزش می‌باشد که تلاش اخیر در زمینه تهیه نقشه پهنه‌بندی نیز در راستای این امر است.

روشهای مختلفی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ارائه شده است ولی هیچکدام قطعیت لازم را ندارند و روشهای ارائه شده در بیشتر موارد برای مناطق خاص با در نظر گرفتن اصلاحات لازم کاربرد دارند (Uromeihy & Anabalagan & Singh 1996, Anabalagan 1992)

زمین لغزش پدیده ایست که بعلاوه از بین رفتن تعادل بین نیروهای مقاوم در مقابل نیروهای محرک لغزش، در شیبها و دامنه‌ها اتفاق می‌افتد (معماریان، ۱۳۷۴). پدیده زمین لغزش یکی از سوانح طبیعی است که همه ساله موجب خسارات مالی و جانی فراوان در مناطق مختلف جهان می‌شود (CRED 2000, IFRC 2000). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش بخصوص در دهه‌های اخیر، توجه بسیاری از مهندسیین و محققین علوم زمین را به خود مشغول کرده است. نقشه‌های پهنه‌بندی کمک شایانی به طراحان در زمینه انتخاب مناطق مناسب برای اجرای طرح‌های عمرانی است (شریعت جعفری، ۱۳۷۶، کمک پناه و منتظرالقائم، ۱۳۷۳). علاوه بر آن افزایش آگاهی از اهمیت اقتصادی- اجتماعی زمین لغزشها و افزایش تراکم حاصل از توسعه و شهرسازی، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی را انکار ناپذیر می‌سازد (Aleotti &)

(MahdaviFar 2000).

منطقه می‌باشد. با مطالعات صورت گرفته، ۴۹ زمین لغزش و پهنه لغزشی تشخیص داده شد که از اطلاعات مربوط به این مناطق در آموزش و آزمایش شبکه استفاده می‌گردد. مرحله بعدی شامل تهیه پایگاه اطلاعاتی از عوامل موثر در زمین لغزش می‌باشد. در این مرحله ۷ عامل موثر مورد بررسی قرار گرفت. این عوامل عبارتند از: شیب، جهت شیب، مدل ارتفاعی رقومی، لیتولوژی، بارندگی، فاصله از گسل و کاربری اراضی منطقه. نقشه این عوامل توسط نرم افزارهای GIS تهیه و برای آموزش شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱- عملکرد قاعده پس انتشار خطا (BP).

۱- میزان شیب دامنه‌ها

از نظر تئوری، با فرض یکسان بودن سایر عوامل احتمال خطر لغزش در مناطقی که شیب بیشتری داشته باشند، بیشتر است و بعنوان یک پیش فرض، در شیبهای کمتر از ۵ درجه لغزش اتفاق نخواهد افتاد (Gomez et al. 2002). در روشهای مختلف پهنه‌بندی برای تقسیم بندی شیب دامنه‌ها، مقادیر متفاوتی ارائه شده است ولی در روش پیشنهادی، برای جلوگیری از هرگونه پیش داوری، منطقه با اختلاف 5° به گروه‌های مختلف از ۵ تا 70° درجه تقسیم گردید.

۲- جهت شیب دامنه

در نیمکره شمالی، دامنه‌هایی که جهت شیب آنها به سمت جنوب باشد، نور خورشید را در طول سال بیشتر دریافت می‌کنند و تبخیر در آنها بیشتر است. با توجه به اهمیت این موضوع در پدیده لغزش منطقه به ۹ گروه شمال، شمال غربی، غرب، جنوب غربی، جنوب، جنوب شرقی، شرق، شمال شرقی و مناطق مسطح تقسیم شد.

۳- لیتولوژی

ناحیه مورد مطالعه از لیتولوژی متنوعی برخوردار است و این عامل که

در این تحقیق شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد مطالعه قرار گرفت و هدف از آن، استفاده از این روش برای پهنه بندی منطقه مورد مطالعه، ناحیه سفیدارگله در استان سمنان با طولهای جغرافیایی 53° تا $15'$ 53° شمالی و عرضهای جغرافیایی $35'$ 45° تا 36° شرقی، بود که در اینحالت روابط ذاتی بین عوامل موثر در لغزش توسط سیستم شبکه عصبی مصنوعی استخراج شده و از آن در تشخیص درجه خطر مناطق مختلف استفاده گردید.

شبکه‌های عصبی الگوریتم‌های کامپیوتری هستند که می‌توانند روابط مهم ما بین تعداد زیادی پارامتر خطی و غیرخطی را از یک بانک داده استخراج نموده و همچنین قادر هستند این دانش را بمنظور پیشگویی یا طبقه بندی یک مورد جدید همانند یک سیستم خبره بکار ببندند (Clifford 1992). بواسطه قابلیت منحصر به فرد شبکه‌های عصبی در تعمیم دادن عمومیت های حاکم در پایگاه داده در حین آموزش، از شبکه عصبی می‌توان برای تصمیم گیری در موارد جدید که قبلاً در اختیار شبکه قرار نگرفته استفاده کرد. عبارت دیگر شبکه‌های عصبی مصنوعی قادر به انجام عملیاتی همانند سیستم‌های عصبی طبیعی می‌باشند و قادرند بر اساس محاسبات رویدادهای تجربی، قانون نهفته موجود در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل نمایند بدین دلیل به آنها سیستم‌های هوشمند اطلاق می‌شود (منهاج ۱۳۷۹).

مدل‌های مختلفی از شبکه‌های عصبی بر حسب کاربرد و عملکرد آنها وجود دارد. یکی از انواع آنها شبکه پرسپترون چند لایه است که نرون‌ها بصورت موازی با هم قرار گرفته‌اند و نرون‌های موجود در یک لایه با نرون‌های لایه‌های دیگر در ارتباط هستند که میزان تاثیر این ارتباطات، توسط پارامتری بنام وزن (connection weight) تعیین می‌شود. شبکه پرسپترون چند لایه به ترتیب شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است و تابع آستانه به شکل تابع سیگموئید یا تانژانت هیپربولیک در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱). تعداد لایه‌های پنهان، تعداد نرون‌های موجود در هر لایه پنهان و نیز نوع تابع فعالیت به کار رفته در هر نرون می‌تواند تغییر نماید. برای تعیین تعداد هر یک از این پارامترها قاعده خاصی وجود ندارد. مناسب‌ترین راه برای انتخاب هر یک از این پارامترها، انتخاب حالات مختلف برای هر یک و بررسی کارایی شبکه‌های بدست آمده می‌باشد تا در نهایت ساختاری که نسبت به دیگر ساختارها نتایج بهتری ارائه می‌کند، انتخاب گردد.

پایگاه داده‌ها

اولین قدم برای پهنه‌بندی تعیین زمین لغزشهای اتفاق افتاده در

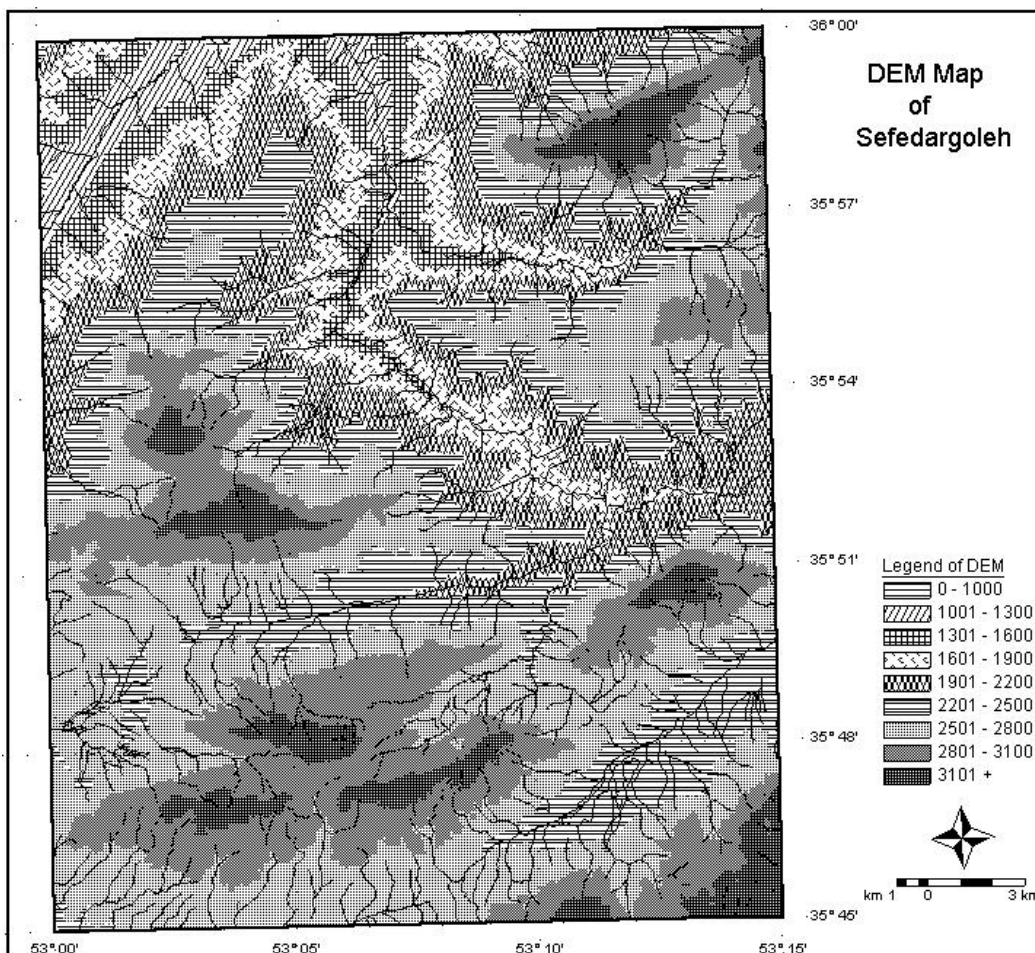
سفیدارگله بدون تقسیم بندی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مبنای آن نقشه لیتولوژی منطقه سمنان بود.

۴- مدل ارتفاعی رقومی: (Digital Elevation Model, DEM)

برای تهیه نقشه DEM منطقه از نقشه رقومی شده مربوط به نقشه توپوگرافی منطقه سفیدارگله در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ استفاده شد و منطقه به ۹ زیرگروه با اختلافهای ۳۰۰ متر تقسیم شد (شکل ۲).

شاید بتوان آنرا بنوعی مهمترین عامل برشمرد، تاثیر بسزایی در پهنه بندی دارد. بیشتر این تاثیر در مناطقی است که سازندها و رسوبات حاوی سنگهای ماری و رسی می باشند که در اثر جذب آب و رطوبت در کانیهای رسی، علاوه بر افزایش وزن، انبساط حجم نیز پیدا کرده و موجب اکثر لغزشها می شوند.

از آنجایی که دسته بندی لیتولوژی سازندهای منطقه مستلزم انجام مطالعات وقت گیر و دقیق ژئومکانیکی می باشد، در این مطالعه منطقه



شکل ۲- نقشه DEM منطقه سفیدارگله.

۵- کاربری اراضی

با توجه به پوشش گیاهی و نوع کاربری زمین های این ناحیه، منطقه به ۵ ناحیه تقسیم گردید که مبنای آن مطالعاتی بود که در سازمان زمین شناسی انجام گردید (شکل ۳).

کلاس A شامل: جنگل متراکم، جنگل نیمه متراکم.

کلاس B شامل: مخلوط جنگل و باغ و مجتمع درختان.

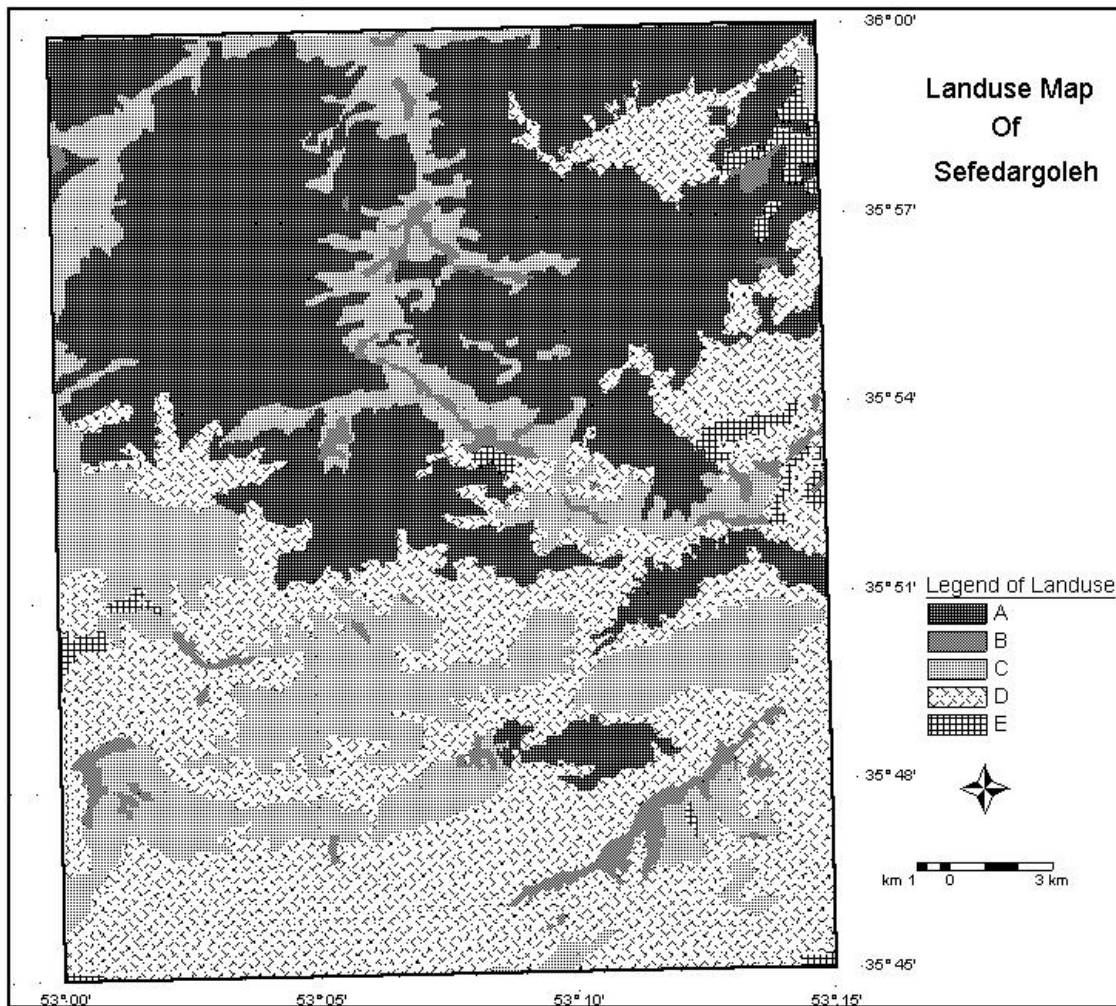
کلاس C شامل: دیم، مخلوط مرتع و دیم، اراضی مرتعی متراکم.

کلاس D شامل: اراضی زراعی آبی، اراضی مرتعی نیمه متراکم و کم متراکم.

کلاس E شامل: اراضی بایر فاقد پوشش گیاهی یا پوشش کم.

۶- فاصله از گسل

برای عامل گسل اثرات مختلفی را در بروز لغزش در دامنه ها می توان تصور شد. خردشدگی و برشی شدن در مناطق گسلی، نفوذ آب از این مناطق به داخل دامنه ها، بروز ناپیوستگی در اطراف گسل ها و اختلاف فرسایش در دامنه ها از جمله اثراتی است که می توان به آنها اشاره کرد. حرکت گسل می تواند به نوعی شروع لغزش در دامنه باشد. بروز تعداد زیادی زمین لغزش بعد از زلزله، می تواند موید نقش آن در بروز



شکل ۳- نقشه کاربری منطقه سفیدارگله.

مناطق جنوبی البرز که از سیستم نیمه خشک تبعیت می کند، یک معادله از نوع درجه اول است (رابطه ۲).

البرز شمالی:

$$y = (2.9844 \times 10^{-8})x^3 - (1.302 \times 10^{-4})x^2 - 0.0485x + 1160.4831 \quad (1)$$

البرز جنوبی:

$$y = 0.288x - 193.71 \quad (2)$$

(y) میزان بارندگی بر حسب میلیمتر و (x) ارتفاع سطح زمین بر حسب متر.

طبقه بندی میزان بارندگی با اختلاف ۱۰۰ میلیمتر انجام گردید.

شبکه بندی منطقه

هرچه واحد بندی منطقه با ابعاد کوچک صورت گیرد اطلاعات موجود در پایگاه داده ها از دقت فراوانی برخوردار می شود، در این تحقیق ابعاد واحدها از ۵۰۰ متر تا کمتر از ۳۰ متر تغییر داده شد و نتایج

زمین لغزش باشد. در حقیقت حرکت گسلها موجب رسیدن به حد آستانه حرکت در دامنهها می شود. در این تحقیق نقشه فاصله از گسل (بافر گسل) تهیه و به ۵ زیر گروه با فواصل ۳۰۰ متر دسته بندی گردید. برای این عامل نقش دو گانه می توان متصور شد که در بعضی مواقع اثرات متفاوتی را بجای می گذارد.

۷- بارندگی

بارندگی به سبب بالابردن سطح ایستابی آبهای زیرزمینی که این افزایش به نوبه خود موجب افزایش فشار استاتیکی و فشار آب حفره ای در مصالح دامنهها می شود، نقش بسزایی در لغزش ایفا می کند (معماریان ۱۳۷۴). در منطقه مورد مطالعه بعلت نبودن ایستگاههای باران سنجی کافی رابطه ای بین ارتفاع و میزان بارندگی در ایستگاههای موجود بدست آمد که با استفاده از این رابطه نقشه بارندگی منطقه تهیه گردید. این معادله رگرسیون در مناطق شمالی که از سیستم خزری تبعیت می کند، بصورت معادله درجه دوم (رابطه ۱) و در

آزمایش شبکه مورد استفاده قرار گرفت.

ساختار مناسب مورد استفاده برای مدل کردن مسئله پهنه‌بندی شبکه‌هایی با ساختار پیشرو (feed forward) می‌باشد و در این تحقیق از شبکه پرسپترون چندلایه (MLP) استفاده گردید. با افزایش تعداد لایه‌های اطلاعاتی میزان توانایی شبکه برای پهنه‌بندی افزایش می‌یابد بنحوی که با افزایش تعداد این عوامل از ۴ عامل به ۷ عامل میزان خطای شبکه از ۴۲ به ۱۷ در مقیاس MSE (Main Square Error) رسید. بنابراین، در این تحقیق لایه ورودی شامل ۷ نرون می‌باشد که بیانگر تعداد عوامل موثر می‌باشد و لایه میانی شامل ۲۰ نرون می‌باشد که تعداد آن توسط آزمون سعی و خطا مشخص گردید و لایه خروجی شامل ۱ نرون می‌باشد که خروجی بین صفر و یک تولید می‌کند.

با استفاده از یک فضای کاری کاملاً تصادفی عناصر ماتریس‌های وزن لایه اول و دوم در دامنه (۰/۲۵ تا -۰/۲۵) تعبیه گردید. تابع سیگموئید بعنوان تابع فعالسازی برای هر واحد پردازشگر در شبکه انتخاب گردید.

به منظور تعیین بهترین ساختار برای شبکه عصبی تعداد زیادی شبکه عصبی ایجاد گردید که در تعداد نرون‌های موجود در لایه پنهان و ضریب یادگیری متفاوت بودند و برای بدست آوردن مقدار بهینه هر پارامتر شبکه، شبیه سازی متعددی صورت پذیرفت که در طی آن برای تعداد معینی تکرار یک پارامتر ثابت و پارامتر دیگر متغیر در نظر گرفته شد. در تمامی شبیه‌سازی صورت پذیرفته شاخص متوسط مجذور مجموع خطا (Main Square Error) بعنوان یک شاخص راهنما، بیانگر کارایی شبکه در یادگیری الگوهای موجود، استفاده گردید.

سیستم‌های عصبی مصنوعی دارای قوانین مختلف یادگیری هستند که یکی از آن‌ها، قانون یادگیری پس انتشار خطا (Back Error propagation) می‌باشد که در این تحقیق از آن استفاده شده است. در این قانون هیچ ارتباطی بین نرون‌های یک لایه وجود ندارد ولی خروجی هر نرون به ورودی نرون‌های لایه بعد متصل می‌شود. زمانیکه مقادیر معلوم در مسئله (x_i) به لایه ورودی ارائه می‌شود، در وزن اتصال‌های بین لایه ورودی و لایه بعد (w_{ij}) ضرب شده و به نرون‌های لایه بعدی منتقل می‌شود. در لایه بعدی تمام ورودی‌های هر نرون با هم جمع شده ضمن اینکه می‌توان مقدار ثابتی به عنوان بایاس (w_0) نیز به این مقدار اضافه کرد (رابطه ۴) و مجموع بدست آمده از یک تابع به نام تابع فعالیت می‌گذرد تا خروجی نرون بدست آید.

$$f(net_j) = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ij}x_i + w_0\right) \quad (4)$$

پس از عرضه نمونه‌های آموزشی به شبکه، وزن‌های شبکه (پارامترهای آزاد) به گونه ای اصلاح می‌شوند که تفاوت پاسخ مطلوب و خروجی واقعی شبکه کمینه شود. این فرآیند با نمونه‌های ورودی تکرار می‌شود

نشان داد در مقادیر بزرگ برای واحدها دقت مشخصات عوامل خیلی کم و در مقادیر خیلی کوچک نیز میزان اطلاعات در پایگاه داده‌ها فوق‌العاده زیاد و پردازش آنها مشکل و وقت‌گیر می‌گردد. در این تحقیق مقدار ۸۶/۴ متر مناسب تشخیص داده شد. لذا برای تغذیه این اطلاعات به شبکه عصبی، منطقه مورد مطالعه با واحدهای مربع شکل با اضلاع ۸۶/۴ متری شبکه‌بندی گردید. بدین ترتیب کل منطقه به ۸۳۷۸۱ واحد تقسیم شد. اطلاعات موجود در هر واحد نشانگر مشخصات عوامل موثر در آنها می‌باشد و شامل ۷ لایه اطلاعاتی است. این لایه‌های اطلاعاتی توسط برنامه‌های کامپیوتری متعدد منظم گردیدند.

شبکه عصبی مورد استفاده

بعد از انتخاب عوامل و تهیه نقشه‌های رقومی شده برای هر کدام از این عوامل، دو سری اطلاعات برای تحلیل در سیستم عصبی مورد استفاده قرار گرفت.

۱- مناطقی که لغزش در آن مناطق اتفاق افتاده بود، که همان نقشه فهرست زمین لغزشها می‌باشد. نقشه فهرست زمین لغزشهای موجود در منطقه از اهمیت فراوانی برخوردار است، زیرا این نقشه مبنای تصمیم گیری‌های بعدی است و بدین خاطر در تهیه نقشه فهرست زمین لغزشها و پیاده کردن آن‌ها بر روی نقشه توپوگرافی، بایستی دقت فراوان مبذول گردد. امروزه محققین بدین منظور از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس بزرگ و استفاده از عکسهای ماهواره‌ای و ابزارهایی همچون GPS استفاده می‌کنند تاثیر این مطلب زمانی است که مشاهده می‌شود در بعضی موارد محدوده زمین لغزشهای ثبت گردیده در مناطق کاملاً پایدار قرار می‌گیرند که آموزش شبکه را با اشکال همراه می‌کند و ناگزیر به اصلاحات در پایگاه داده‌ها می‌کند.

۲- مناطقی که احتمال لغزش در آن مناطق خیلی کم در نظر گرفته شد. این مناطق در شبیه‌های کمتر از ۵ درجه و داخل آبراهه قرار می‌گیرند (Gomez et al. 2002).

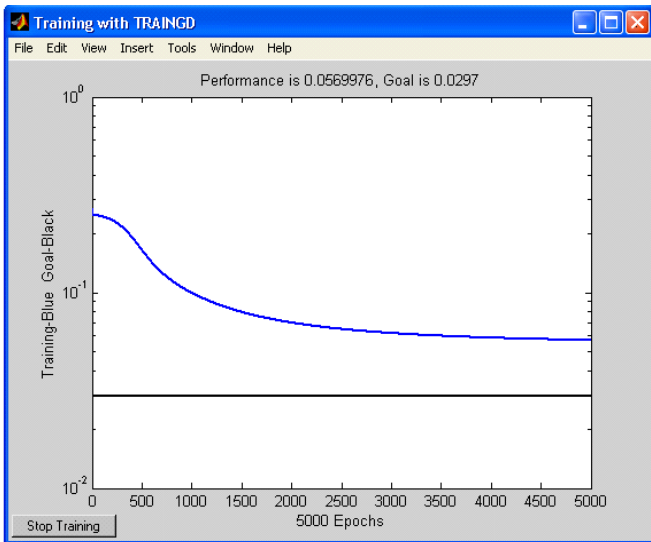
این دو نقشه اولیه برای آموزش شبکه عصبی ضروری هستند. جهت تسهیل در همگرایی شبکه عصبی، مقادیر مربوط به نرونهای ورودی نرمالیزه شدند. برای نرمالیزه کردن داده‌ها از چندین روش استفاده گردید از جمله روش نرمالیزه کردن در برنامه MATLAB، ولی با توجه به نتایج بدست آمده از رابطه ۳ استفاده گردید:

$$x_i = \frac{z_i - z_i(\min)}{z_i(\max) - z_i(\min)} \quad (3)$$

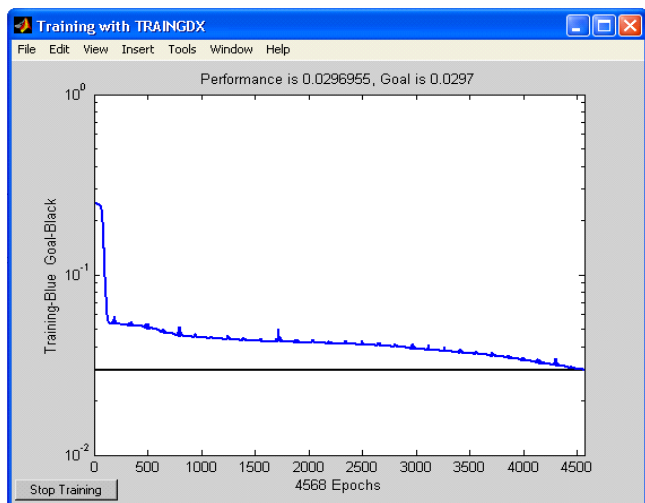
که بطور خلاصه با تقسیم مقادیر مورد نظر بر ماکزیمم مقدار در هر ستون بدست می‌آید.

برای مرحله آموزش شبکه از تعداد ۱۶۲۶ نمونه که حدود ۸۰٪ از اطلاعات را شامل می‌شد استفاده گردید و ۴۰۰ نمونه باقی برای مرحله

تا اینکه شبکه به حالت پایداری برسد و تغییر قابل توجهی در وزن‌ها اتفاق نیافتد. در این مرحله با مقایسه مقادیر خروجی که توسط شبکه تخمین زده می‌شود با مقادیر مطلوب که به شبکه ارائه شده است، میزان خطا تعیین شده و به لایه‌های ماقبل هم تعمیم داده می‌شود تا در تنظیم وزن‌ها مورد استفاده قرار گیرد و به تعبیر دیگر وزن‌ها در تمامی لایه‌ها قابل تغییر بوده و در فرایند یادگیری تعیین می‌شوند (شکل ۱).



شکل ۴- منحنی کاهش خطای مرحله آموزش در الگوریتم (traingd).



شکل ۵- منحنی کاهش خطای شبکه با الگوریتم (traingdX).

با بررسی پاسخ‌های خروجی شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آموزش، مشخص گردید که شبکه عصبی ایجاد شده قادر است از میان ۲۰۰ مورد پیکسل لغزشی، ۱۸۲ مورد را به درستی گزارش دهد که نشان‌دهنده حساسیت تشخیص معادل ۹۱٪ می‌باشد. همچنین از میان ۲۰۰ مورد پیکسل غیرلغزشی، شبکه قادر به تشخیص ۱۸۳ مورد از نمونه‌های آزمایشی گردید که بیانگر ویژگی تشخیص معادل ۹۱٪ می‌باشد (جدول ۱). بنابر این دقت کل شبکه برابر با ۹۱٪/۲۵ محاسبه گردید.

با تغییر توابع انتقال، تعداد نرونهای میانی و عوامل مؤثر در تغییر وزن‌ها بصورت سعی و خطا، مناسب‌ترین مدل شبکه عصبی برای مسئله مورد نظر بدست می‌آید. مدل بهینه زمانی حاصل می‌شود که شبکه عصبی بهترین پردازش را با کمترین خطا انجام دهد. بدین منظور توابع انتقال مختلف در لایه میانی و خروجی مورد آزمایش قرار گرفت و بعلاوه وجود روابط غیرخطی در پدیده زمین‌لغزش از توابع انتقال سیگموئید در هر دو لایه استفاده گردید. برای این تحقیق تعداد نرون در لایه میانی از ۵ تا ۲۵ تغییر داده شد و با تعداد ۲۰ نرون شبکه به کمترین خطا در مرحله آموزش و آزمایش رسید. ضریب یادگیری که میزان تغییر وزن‌ها را در کنترل دارد، از ۰/۱ تا ۰/۵ مورد بررسی قرار گرفت و با مقدار ۰/۳ شبکه به بهترین یادگیری دست یافت. همچنین مقدار مومنتم نیز ۰/۹۵ در نظر گرفته شد.

روشهای یادگیری شبکه MLP بر پایه الگوریتم یادگیری پس‌انتشار خطا (BP) می‌باشد. سه الگوریتم یادگیری برای این منظور وجود دارد: شبکه با ضریب یادگیری ساده (trainbp)، شبکه با ضریب یادگیری متغیر (trainbpx) و شبکه MLP که از روش لئونبرگ-مارکوارت (trainlm) استفاده می‌کند.

در این تحقیق از الگوریتم (trainbp) به جهت همگرا نشدن و نرسیدن به میزان خطای قابل قبول صرف‌نظر شد (شکل ۴). از الگوریتم (trainlm) نیز با وجود آنکه مدت زمان آموزش بسیار کمتر می‌باشد، ولی نتایج بدست آمده در مرحله آموزش همراه با خطای زیاد بود و در مناسب‌ترین حالت یعنی با تعداد نرون میانی ۲۰ و ضریب یادگیری ۰/۳، میزان خطای مرحله آموزش برابر ۲۷ گردید که در مقایسه با خطای شبکه با الگوریتم (trainbpx) که ۱۷ می‌باشد بسیار بیشتر است.

با توجه به مواردی که ذکر گردید از الگوریتم (trainbpx) که تغییرات ضریب یادگیری بصورت دینامیک می‌باشد استفاده گردید (شکل ۵).

مطلبی که در کار با شبکه‌های عصبی از اهمیت فراوانی برخوردار است، جلوگیری از یادگیری بیش از حد شبکه است زیرا در این حالت شبکه بجای یادگیری و درک روابط مابین پارامترها شروع به از بر کردن اطلاعاتی می‌کند که در اختیار آن قرار گذاشته می‌شود

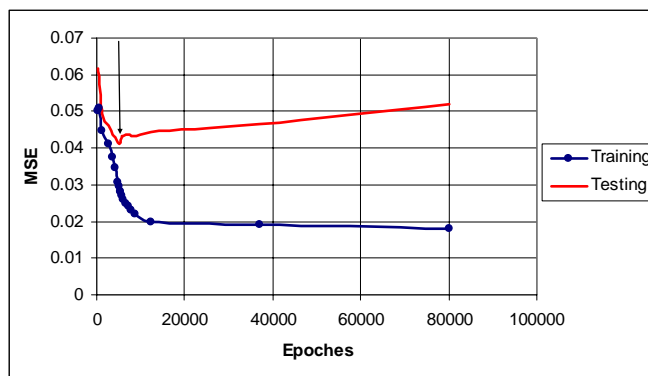
پارامترهای لغزش همانند: شیب، جهت شیب، مدل ارتفاعی رقومی، لیتولوژی، بارندگی، فاصله از گسل و کاربری اراضی منطقه می‌تواند اطلاعات مفیدی جهت پهنه‌بندی نمودن منطقه از نظر استعداد لغزش فراهم نماید. لحاظ کردن تاثیر مقیاس نقشه های عوامل حائز اهمیت است، زیرا با افزایش مقیاس، جزئیات بیشتری در نقشه‌ها آورده می‌شود و اطلاعات موجود از دقت زیادی برخوردار می‌شوند.

در ارتباط با ساختمان و عملکرد شبکه عصبی، این تحقیق نشان داد که اگر تعداد تکرار خیلی زیاد باشد قابلیت حفظ کردن (از بر کردن) شبکه زیاد و تعمیم دادن یادگیری در اطلاعات غیر آموزشی (آزمایشی) کاهش می‌یابد و اگر تعداد تکرار خیلی کم باشد شبکه قادر به یادگیری نیست و پردازش اطلاعات خوب نیست. همچنین اگر اندازه نمونه‌های آموزشی خیلی زیاد باشد، قابلیت سیستم افزایش می‌یابد و اگر خیلی کم باشد، شبکه قادر به تشریح خوب مسئله نیست و قابلیت آن کاهش می‌یابد. همچنین اگر اندازه مجموعه آزمایشی خیلی زیاد باشد توانایی شبکه در تعمیم دادن یادگیری خوب فهمیده می‌شود و اگر خیلی کم باشد، میزان یادگیری و جواب شبکه مشخص نمی‌شود و نکته آخر در مورد نرخ یادگیری است که اگر میزان آن خیلی زیاد باشد شبکه ناپایدار است (Unstable ANN) و اگر خیلی کم باشد مدت زمان آموزش زیاد است.

نقشه نهایی پهنه‌بندی نشان می‌دهد که بیشتر مناطق با خطر خیلی زیاد در مناطق شمالی منطقه قرار می‌گیرند، که با توجه به شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی حاکم بر این منطقه این موضوع قابل تایید است چراکه این مناطق از سیستم هموار دشتی به مناطق با سیستم کوهستانی البرز مرکزی تبدیل می‌شوند و دارای اقلیم آب و هوایی خزری می‌باشد این مناطق دارای پوشش گیاهی جنگلی است و با وجود تاثیرات مثبت این نوع پوشش گیاهی در پایداری دامنه‌ها، بخاطر تاثیر سایر عوامل شبکه این مناطق را دارای خطر زیاد تشخیص داده است. میزان خطر بالای این مناطق با بازدیدهای محلی مورد تایید قرار گرفت.

تشکر و قدردانی:

با تشکر فراوان از گروه مهندسی و گروه GIS سازمان زمین‌شناسی که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند.



شکل ۶- منحنی‌های مربوط به پهنه تکرار.

جدول ۱- میزان درجه حساسیت شبکه عصبی مورد استفاده.

تعداد کل	پیکسل‌های به اشتباه پهنه بندی شده	پیکسل‌های به درستی پهنه بندی شده	کلاسه بندی	درجه حساسیت
۲۰۰	۱۷	۱۷۳	غیر لغزشی	٪۹۱/۵
۲۰۰	۱۸	۱۸۲	لغزشی	٪۹۱

نقشه نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش

بعد از مشخص کردن ساختار اصلی شبکه عصبی و فراهم آوردن اطلاعات مورد نیاز برای آموزش شبکه عصبی، همچنین رسیدن به خطای قابل قبول، شبکه آماده شده است تا تحلیل مناطقی را که قبلاً با آنها مواجه نشده است انجام دهد. به این منظور با در دست داشتن وزنهای مرحله پایانی مربوط به آموزش شبکه، کل منطقه که مشتمل بر ۸۳۷۸۱ پیکسل بود در اختیار شبکه قرار گرفت. خروجی که از این شبکه بدست می‌آید بین ۱ و ۵ صفر قرار دارد. این بازه به ۵ گروه با اختلاف ۰/۲ تقسیم گردید. نتیجه این تقسیم‌بندی، مشخص شدن ۵ منطقه با خطرات خیلی کم تا خیلی زیاد است (جدول ۲).

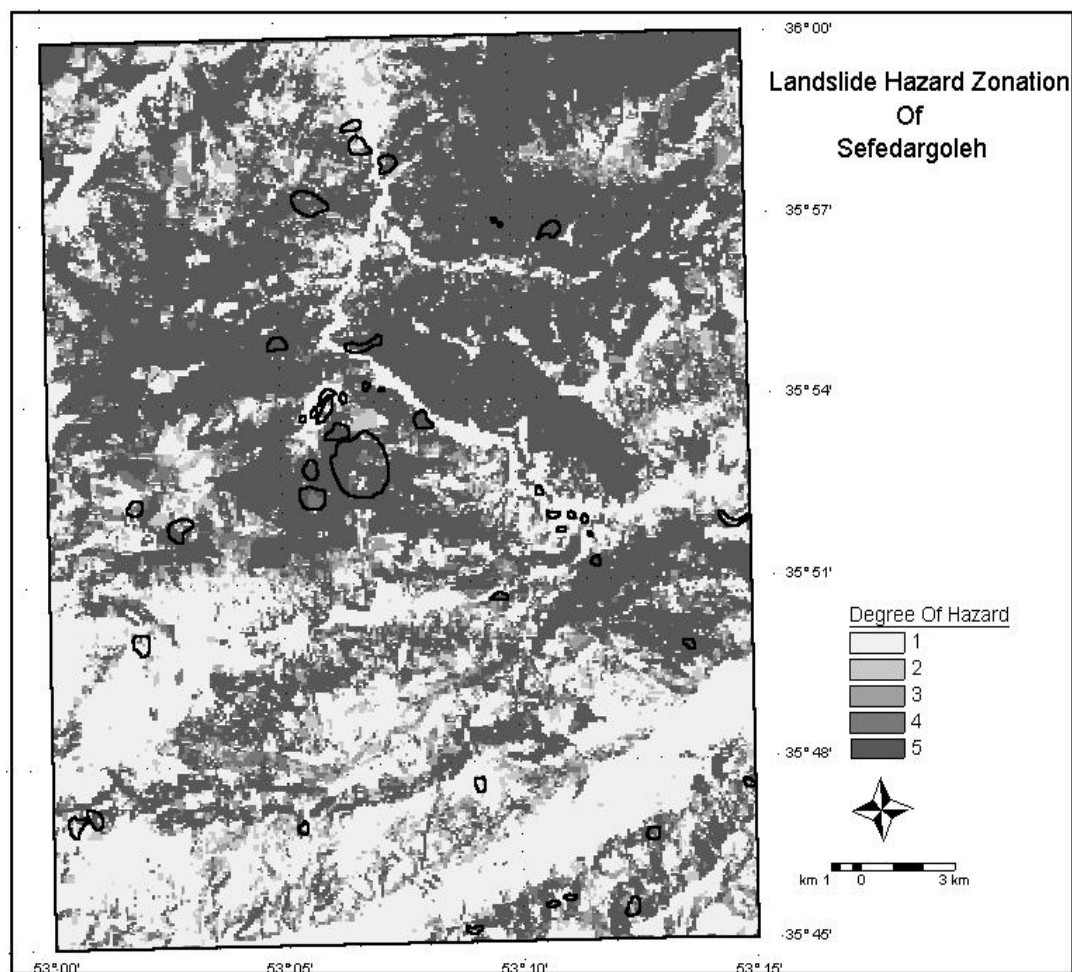
جدول ۲- مقادیر متناظر با درجه خطر لغزش.

مبنای تقسیم‌بندی	۰-۰/۲	۰/۲-۰/۴	۰/۴-۰/۶	۰/۶-۰/۸	۰/۸-۱
درجه خطر	پایدار	کم خطر	متوسط	خطر زیاد	ناپایدار

نقشه نهایی پهنه‌بندی در برگیرنده ۵ ناحیه است که مناطق با خطر زیاد معمولاً در مناطق نیمه شمالی منطقه و مناطق پایدار در نواحی با شیب کم و نواحی جنوبی منطقه قرار گرفته‌اند (شکل ۷).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق نتایج کاربرد یک شبکه عصبی مصنوعی که به منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش طراحی شده است، گزارش شد. مطالعه



شکل ۷- نقشه نهایی پهنه‌بندی به‌مراه لغزش‌های ثبت شده.

منابع:

- شریعت جعفری م. ۱۳۷۶: زمین لغزش (اصول و پایداری شیبه‌های طبیعی). انتشارات سازه. ۲۱۸ صفحه.
- کمک‌پناه ع.، منتظرالقائم س.، چدنی ا.ج. ۱۳۷۳: پهنه بندی زمین لغزه در ایران، جلد اول: زمین لغزه و مروری بر زمینلغزه های ایران. موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله. ۶۵ صفحه.
- کمک پناه ع.، منتظرالقائم س. ۱۳۷۳: مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی بررسی راهبردهای کاهش خسارات زمینلغزه در کشور. موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- معماریان ح. ۱۳۷۴: زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران.
- منه‌اج م.ب. ۱۳۷۹: مبانی شبکه‌های عصبی. جلد اول. دانشگاه امیرکبیر.
- Aleotti P., Chawdhury R. 1999: landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bull. Eng. Geol. Environ.* **58**: 21-44.
- Anabalagan R. 1992: Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. *Eng. Geol.* **32**: 269-227.
- Anabalagan R., Singh B. 1996: Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains- a case study from kumaun himalaya, India. *Eng. Geo.* **43**: 237-246.
- CRED (Centre for Research in the Epidemiology of Disasters) 2000: <http://www.cred.be/emdat/intro.html>.
- Gomez H., Kavzoglu T., Mather P. 2002: Artificial neural network application in landslide hazard zonation in the Venezuelan Andes. Abstracts of 15th International Conference on Geomorphology, Tokyo, Japan, 23-28 August 2001. *Trans. Japan. Geomorph. Uni.* 22(4): C - 76.
- IFRC (International federation of Red Crescent Societies) 2000: World Disasters, Report 2000. <http://www.ifrc.org>.
- Uromeihy A., Mahdavi MR. 2000: Landslide hazard zonation of Khorshrostan area, Iran. *Bull. Eng. Geol. Environ.* **58**: 207-213.