پهنه‌بندی خطر رانش زمین در منطقه طالش با استفاده از سیستم‌های هوشمند (شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون)

سید محمود فاطمی عقدا: گروه زمین شناسی دانشگاه تربیت معلم تهران
E.mail: Fatemi@saba.tmu.ac.ir & savane12@yahoo.com
رامین ساریخانی: گروه زمین شناسی دانشگاه لرستان
E.mail: Sarikhani.r@lu.ac.ir & Sarikhani_r@yahoo.com
محمد تشنه لب: دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ: دریافت ۸۱/۷/۱۰ پذیرش ۸۲/۹/۱۶

چکیده

با توجه به توانایی‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی، کاربرد آن‌ها در رشته‌های مختلف مهندسی و علوم زمین گسترش قابل ملاحظه‌ای داشته است. در این مقاله کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در زمین شناسی مهندسی و در پیش بینی خطر زمین لغزش‌های منطقهٔ طالش مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مدل تهیه شده براساس پارامترهای ورودی مؤثر در وقوع زمین لغزش قادر خواهد بود اطلاعات ورودی را پردازش و خطر زمین لغزش را به عنوان خروجی شبکه عصبی اعلام کند. با توجه به نقشهٔ پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه که با استفاده از این سیستم تهیه گردیده است، منطقهٔ طالش جزء مناطق پر خطر از نظر رانش زمین محسوب می‌شود. و مهم‌ترین عوامل موثر در ناپایداری شیب‌های منطقه تغییرات کاربری اراضی، از بین رفتن پوشش گیاهی، زیر شویی دامنه‌ای، فرسایش حاشیه رودخانه‌ها و فعالیت‌های تکتونیکی هستند.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های عصبی مصنوعی، آموزش پس انتشار خطا، زمین لغزش

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]

مـقـدمـه

شبکه‌های عصبی مصنوعی شبیه‌سازی دستگاه عصبی طبیعی هستند که قادر به انجام عملیاتی همانند سیستم‌های طبیعی عصبی با قابلیت‌های بسیارند این شبکه‌ها در واقع تقلیدی از مغز و شبکه اعصاب هستند. در شبکه‌های عصبی مصنوعی سعی براین است که ساختاری مشابه ساختار بیولوژیک مغز انسان و شبکه اعصاب بدن ساخته شود تا همانند مغز قدرت یادگیری، تعمیم‌دهی و تصمیم‌گیری داشته باشد. در این گونه ساختارها هدف این است که با معرفی تاریخچهٔ عملکرد یک سیستم دینامیکی، مدل را آموزش داده، نحوهٔ عملکرد سیستم را در حافظهٔ مدل ذخیره نماییم و از آن برای مواردی که مدل قبلاً با آن مواجه نشده است استفاده کنیم. شبکه‌های عصبی مصنوعی در دو دههٔ اخیر یعنی از سال ۱۹۸٦ با ارائهٔ روش آموزش پس انتشار خطا، پیشرفت چشم‌گیری داشته است و در اکثر رشته‌های علمی- کاربردی از این سیستم آموزش استفاده می‌شود و در همهٔ رشته‌های مهندسی و علوم توسعهٔ چشم‌گیری حاصل کرده است[۱]. در گرایش‌های مختلف زمین‌شناسی نیز مانند زمین‌شناسی مهندسی(برای پیش بینی خطرزمین لغزش، محاسبه میزان نشست ابنیهٔ مهندسی، محاسبه میزان نشت آب از زیر سدها و پیش بینی خطرات ناشی از زلزله نظیر روان‌گرایی و...)، آبهای زیرزمینی و آب‌های سطحی(برای محاسبه ضریب انتقال در آبخوان‌ها، پیش بینی جریان رودخانه)، سنجش از دور R.S و سیستم اطلاعات جغرافیایی G.I.S، زمین شناسی نفت(برای تعیین رخساره‌ها) و زمین‌شناسی محیط زیست،[۱] و[۳] از این تکنیک استفاده شده است.

در این بررسی، از سیستم شبکه‌های عصبی، برای پیش‌بینی خطر رانش زمین در منطقهٔ طالش گیلان استفاده شده است. اطلاعات داده شده به سیستم شبکهٔ عصبی مصنوعی شامل سنگ شناسی، کاربری اراضی، بارندگی، شتاب زلزله، شیب زمین، عامل رودخانه، عوامل ساختاری و نیز داده‌های مربوط به زمین لغزش‌های موجود در منطقه است. سیستم طراحی شده با دریافت اطلاعات ورودی و پردازش آن‌ها، خروجی مورد نظر را که همان خطر رانش زمین است محاسبه می‌کند. و با مقایسهٔ خروجی مشاهده‌ای با خروجی محاسبه شده، میزان

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]

خطای آن را به حد قابل قبول می‌رساند. با آموزش شبکه برای منطقه‌ای با ورودی و خروجی مشخص، سیستم برای مناطق فاقد اطلاعات خروجی، نتیجهٔ مطلوب را به دست می‌دهد.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقهٔ مورد بررسی در شمال ایران، غرب استان گیلان، بین طول جغرافیایی ٤٩–٤٨/٤٥ شرقی و عرض جغرافیایی ٣٨–٣٧/٤٥ شمالی واقع شده است. منطقهٔ هشت پر طوالش از نظر اقلیم جزء نواحی پر باران استان و جزء اقلیم مرطوب خزری به حساب می‌آید. بر اساس نقشه‌های منحنی هم باران سالانه، میانگین بارش در منطقه ٦٠٠ الی ١٠٠٠ میلی‌متر است. موقعیت جغرافیایی منطقه در شکل ١ آورده شده است.

.



شکل ١: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]

ویژگی‌های زمین‌شناسی عمومی منطقه

محدودهٔ مورد بررسی جزئی از زون البرز غربی وآذربایجان است. در این منطقه نهشته‌هایی با سن کرتاسه شامل سه بخش به این شرح قابل توجه است :

بخش شرقی اساساً سنگهای تخریبی همراه با مواد آذرآواری، بخش مرکزی رخساره‌ها از نوع کولابی و پشت ریفی و تحتانی ترین بخش از ماسه سنگ‌های گلاکونیتی و آهک‌های مطبق گلاکونیتی به وجود آمده است. در بخش غربی منطقه رخساره‌های ریفی برتری داشته و رخساره مزبور در سمت شرق رخساره کولابی به پشت ریفی و در سمت غرب به تدریج نازک شده و به صورت زبانه‌ای ناپدید می‌شود.

گسل‌های محدوده مورد مطالعه شامل گسل آستارا و گسل نور می‌باشد. گسل آستارا، گسلی است شمالی جنوبی، پیچشی، که در طول بیش از ۱۰۰ کیلومتر از پونل تا آستارا در امتداد شهرهای پونل ـ اسالم ـ هشتپرـ آستارا دیده می شود. این گسل دارای شیب تند نزدیک به قائم می‌باشد و وجود کانون‌های متعددی از زلزله‌های سده اخیر در امتداد روند آن بیانگرجنبا بودن آن است [٤]

گسل نور گسلی است جنبا با شیب قائم که در مرز بین استان گیلان و استان اردبیل قرار دارد. این گسل در طی زمین لرزه های عهد حاضر فعال بوده است [٤]

ساختار کلی شبکهٔ عصبی مصنوعی

عملکرد کلی شبکه‌های عصبی به این ترتیب است که اطلاعات ورودی از طریق گره‌های لایهٔ ورودی به شبکه وارد می‌شود. این گره‌ها به وسیله رابطهایی وزن دار به هم ارتباط دارند. از همین رو هر رابط برای خود دارای وزن است و اطلاعات ورودی به وسیله این رابطها از لایه ورودی به لایه میانی یا همان لایه پنهان- انتقال داده می‌شود. در این لایه، گره‌ها همانند یک پردازش‌گر عمل می‌کنند یعنی از طریق رابطها با دریافت اطلاعات از لایه ورودی بر روی آن‌ها عملیات انجام می‌دهند و از یک گره به گره لایهٔ بعدی می‌فرستند و نتیجه را به صورت لایهٔ خروجی از شبکه خارج می‌کنند ، همان گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است تمامی این گره‌ها اطلاعات را به صورت همزمان پردازش می‌کنند[۵].

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]

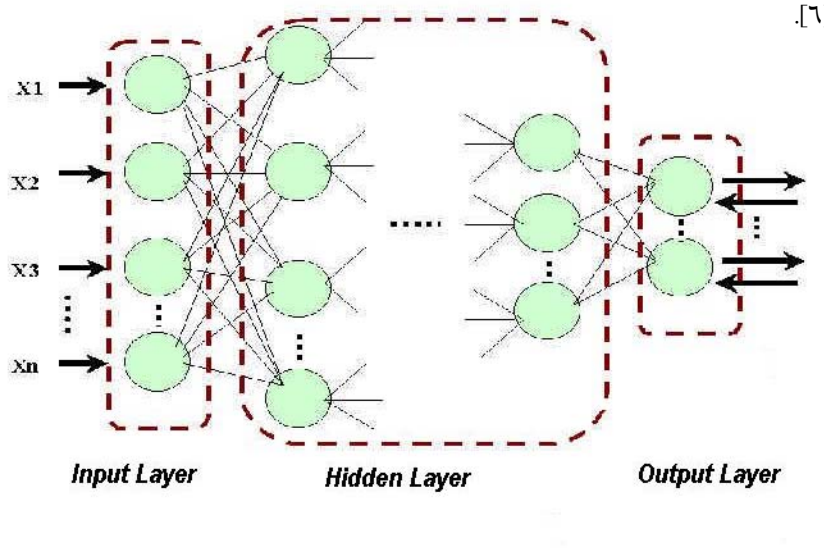
با توجه به شکل ۲ Xها ورودی شبکهٔ عصبی مصنوعی‌اند، سپس هر پارامتر ورودی (X) در وزن اتصال گره ضرب می‌شود و از طریق تابع شبکه (تابع جمع کنندهٔ خطی) وارد گره میانی می‌شود. سپس این اطلاعات از یک تابع تحریک عبور می‌کند و به لایهٔ بعدی می‌رسد، خروجی از تابع تحریک به عنوان ورودی به گره لایه بعدی فرستاده می‌شود.

برای ساخت یک مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی مراحل زیر را باید طی کرد:

۱- مشخص کردن توپولوژی شبکه: در این مرحله تعداد لایه‌ها وگره‌های شبکه، نوع شبکه و توابع تحریک مشخص می‌گردد.

۲- آموزش شبکه: منظور از آموزش شبکه اصلاح مقادیر وزن‌های شبکه برای نمونه‌های متعدد است که اطلاعات ورودی را به شبکه داده و به عنوان دادهٔ آموزشی بر روی آن فرایند یادگیری و اصلاح وزن‌ها صورت می‌گیرد. به طورکلی دو نوع آموزش در شبکه امکان‌پذیر است: آموزش با مربی و بدون مربی.

۳- آزمایش شبکه: بعد از آن که مرحله آموزش کامل شد شبکه برای مجموعه‌ای از اطلاعات معلوم امتحان و نقایص آن رفع میشود. از این پس، شبکه آمادهٔ استفاده خواهد بود[۵] و[٦].



شکل ۲ : ساختار کلی یک شبکهٔ عصبی چند لایه با واحدهای پردازش‌کننده

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]

مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی خطر زمین لغزش

در این بررسی جهت طراحی وساخت مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی، ابتدا توپولوژی شبکه عصبی مصنوعی مشخص گردید. این مرحله شامل تعیین تعداد لایه‌ها، گره‌های شبکه، نوع شبکه و توابع تحریک است. سپس ساختار شبکه پرسپترون چند لایه طراحی و اجرا گردید. همچنین پارامترهای مؤثر در پیش‌بینی خطر زمین لغزش به عنوان ورودی شبکه مشخص گردیدند. عواملی که برای ساخت شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفتند عبارتند از: تعداد لایه‌ها، تعداد گره‌ها در هرلایه، حد آستانهٔ خطا و نوع تابع فعالیت هرگره. در شبکه مورد استفاده، لایهٔ خروجی همواره شامل یک گره است که همان مقدار پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش است. تابع انتقال شبکه از نوع جمع‌کننده خطی و تابع فعالیت گره‌ها همگی از نوع سیگموئید هستند. از برنامهٔ Matlab برای تهیهٔ برنامهٔ آموزش و آزمایش شبکه استفاده شده است که منطق آن بر اساس شبکهٔ عصبی پرسپترون چندلایه (mlp) و روش آموزش پس انتشار (BP) است. این دو برنامه شامل Train برای آموزش شبکه ومحاسبه وزن‌های سیناپی و Test جهت آموزش شبکه و انجام پیش‌بینی‌هاست. ساختار شبکهٔ عصبی مورد نظر در شکل ۳ نشان داده شده است.همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده شد شبکهٔ مورد استفاده از یک لایهٔ ورودی، تعدادی لایهٔ پنهان (میانی) و یک لایه خروجی تشکیل شده است. در لایهٔ ورودی گره‌های۱ تا n مربوط به پارامترهای ورودی۱ تا n می‌باشند. تابع پایهٔ شبکه که یک تابع جمع‌کنندهٔ خطی است عبارت است از:

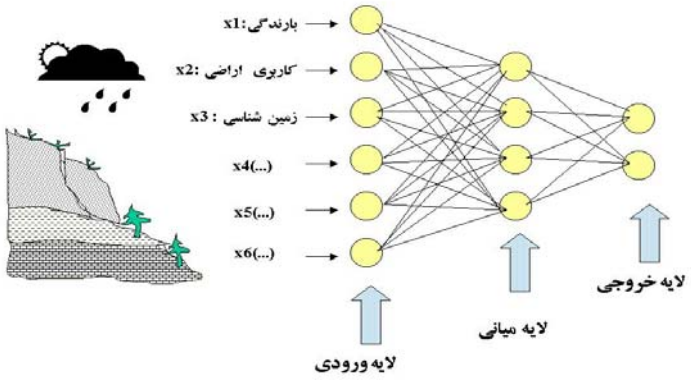
$$U_j = \sum_{i=1}^{n} X_i w_{ij} \qquad (۱)$$ رابطه

که در آن i شاخص گره لایهٔ قبل، j شاخص گره لایهٔ مورد نظر، n تعداد گره‌های لایهٔ قبل، x_i خروجی گره j ام لایه قبل، w_{ij} وزن اتصال دهندهٔ گرم j ام لایهٔ قبل به گره j ام لایهٔ حاضر، u_j ورودی گره j ام لایهٔ حاضر است. تابع فعالیت شبکه (تابع سیگموئید) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$F(x) = \frac{1}{1+\exp(-x)} \qquad (۲)$$ رابطه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]



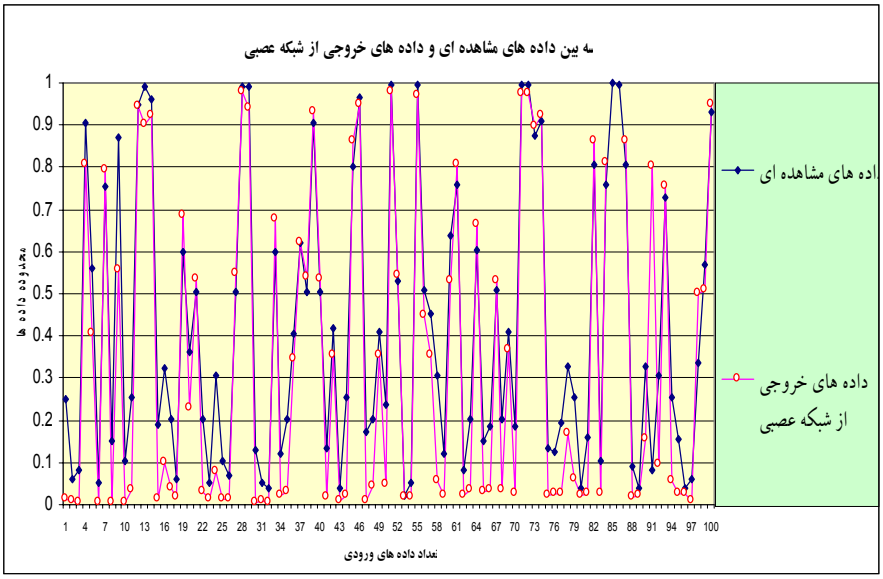
شکل ۳ : شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی خطر زمین لغزش

داده‌های مورد استفاده برای آموزش شبکه که شامل اطلاعات حاصل از بازدید صحرایی، بررسی عکس‌های هوایی و نقشه پراکنش زمین لغزش‌های منطقه هستند در برنامه *Exel* ذخیره شده است. به منظور هم مقیاس نمودن اطلاعات ورودی، همهٔ داده‌ها نرمالیز شده و سپس مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در برنامهٔ شبکهٔ عصبی مصنوعی این داده‌ها به عنوان داده‌های ورودی وارد برنامه شده و با اجرای برنامهٔ آموزش و خواندن داده‌های آموزش شبکهٔ تعلیم دیده، وزن‌های خود را اصلاح کرده و با مقایسهٔ داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های خروجی محاسبه شده از شبکه عصبی، میزان خطای محاسبات را به حداقل قبول می‌رساند. محاسبه میزان خطای سیستم با استفاده از تابع خطا صورت می‌گیرد. اشکال ٤ و ٥ نتایج حاصل از مقایسهٔ داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های خروجی از شبکهٔ عصبی مصنوعی (مرحلهٔ آموزش) و همچنین ضریب همبستگی این داده‌ها را نشان می‌دهند. بعد از مرحله آموزش، آزمون شبکه با مجموعه‌ای از داده‌های آموزش دیده وسپس با مجموعه‌ای از داده‌های دیگر انجام می‌گردد. شکل ٦ بیان‌گر ضریب همبستگی بین داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های محاسبه شده توسط شبکه عصبی مصنوعی (مرحله آزمایش) است.

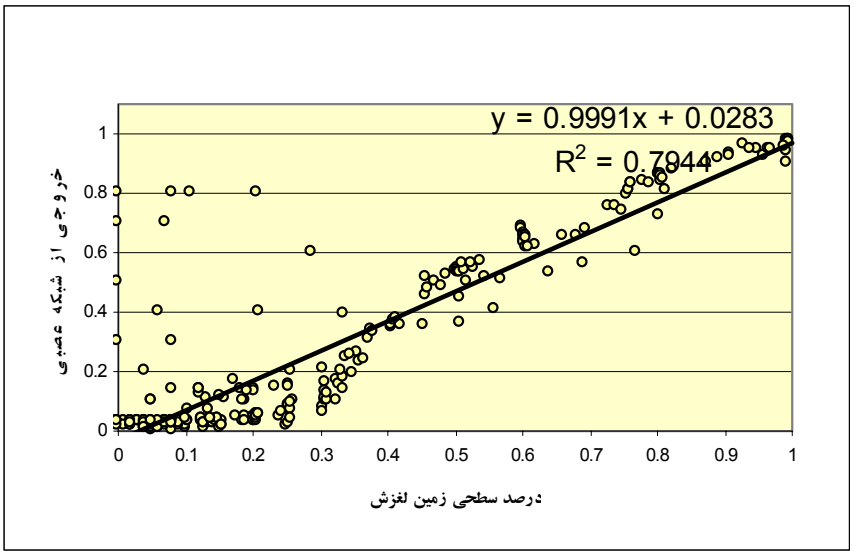
پس از مرحله یادگیری و آزمون، از این مدل آموزش دیده برای پیش‌بینی خطر رانش زمین در دیگر مناطق استفاده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]

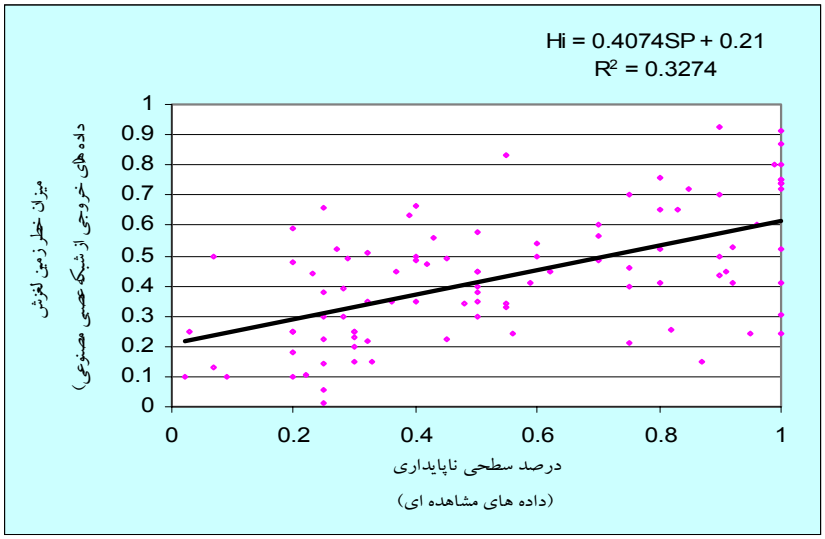


شکل ٤ : مقایسه بین داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های خروجی ازشبکه عصبی مصنوعی



شکل ٥ : ضریب همبستگی بین داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های خروجی از شبکهٔ عصبی مصنوعی (مرحلهٔ آموزش)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]



شکل ٦ : ضریب همبستگی بین داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های خروجی از شبکهٔ عصبی مصنوعی (مرحلهٔ آزمایش)

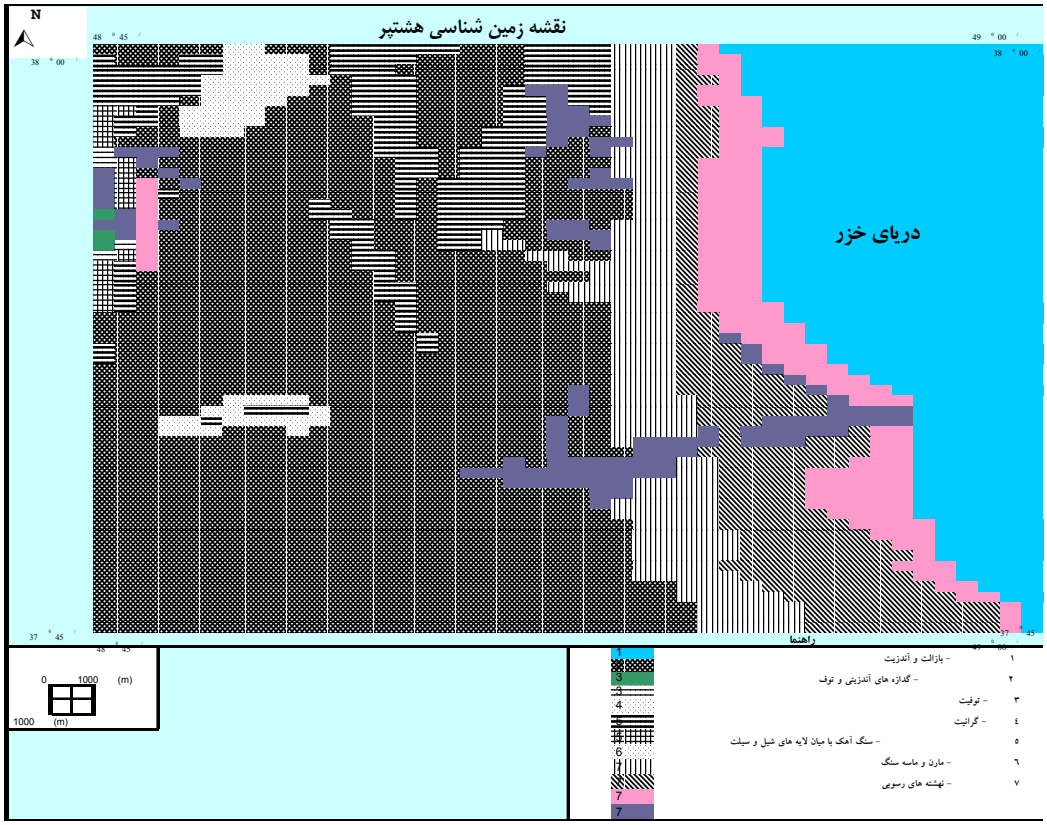
پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقهٔ طالش با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

با توجه به توضیحات بالا از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مدل سازی پیش بینی خطر زمین لغزش استفاده گردید. در این مدل از روش پرسپترون چند لایه استفاده شده است .با توجه به شکل۳ ورودی‌های سیستم شامل عواملی هستند که در حرکت زمین لغزش‌ها در منطقه مؤثر هستند. این عوامل عبارتند از (بارندگی، زمین شناسی (سنگ شناسی)، پوشش گیاهی، شتاب زلزله، شیب زمین، کاربری اراضی، عامل رودخانه و عوامل ساختاری.

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد نظر، همهٔ اطلاعات شامل داده‌های ورودی و مشاهده‌ای با مقیاس**۱:۵۰۰۰۰** برای **۲٤۲۰** شبکه **۵۰۰×۵۰۰** متر برداشت گردیدند. این اطلاعات برداشت شده به صورت لایه‌های اطلاعاتی بارندگی، سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی، شتاب زلزله، شیب زمین، رودخانه، عوامل ساختاری و طول گسل مورد استفاده

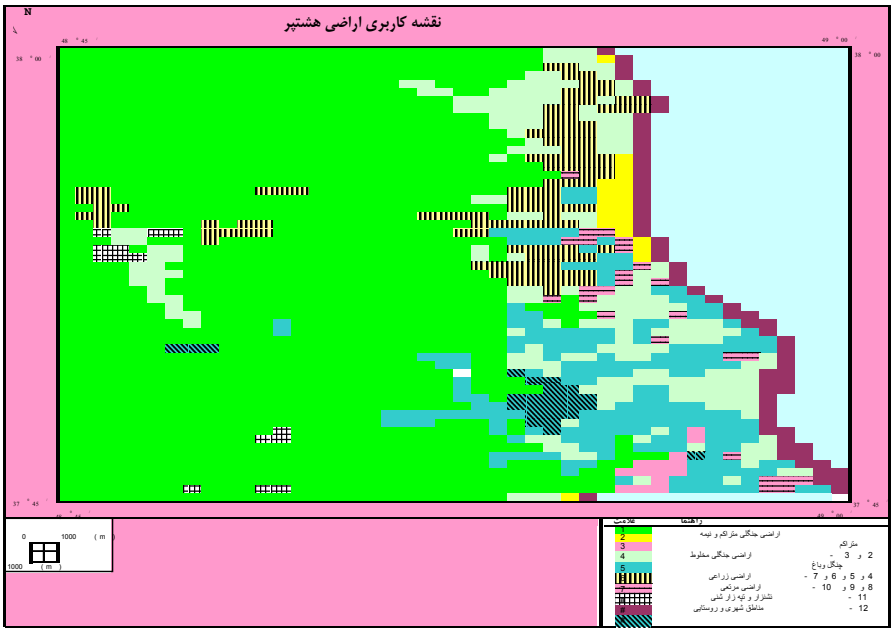
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]

قرار گرفته‌اند. اطلاعاتی از این لایه‌هادر اشکال۷،۸،۹،۱۰ آمده است. سپس با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی تهیه شده، نقشهٔ پهنه‌بندی خطر زمین لغزش منطقه به دست آمده است. شکل ۱۱ نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش منطقهٔ مورد بررسی را نشان می‌دهد. در این نقشه میزان خطر زمین لغزش از بسیار کم تا زیاد رده‌بندی شده است.



شکل ۷ : نقشهٔ سنگ شناسی در واحد شبکه در محدودهٔ مورد بررسی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]



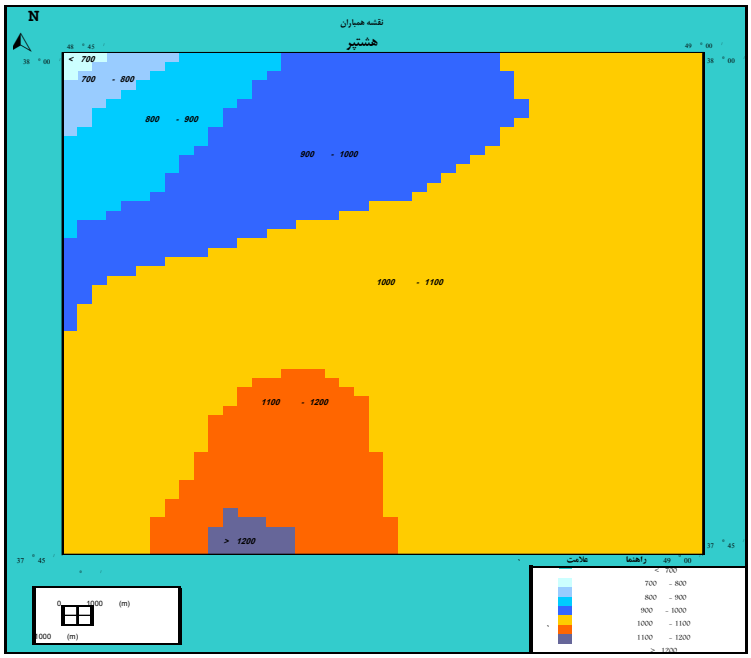
شکل۸ : نقشهٔ کاربری اراضی در واحد شبکه در محدودهٔ مورد بررسی



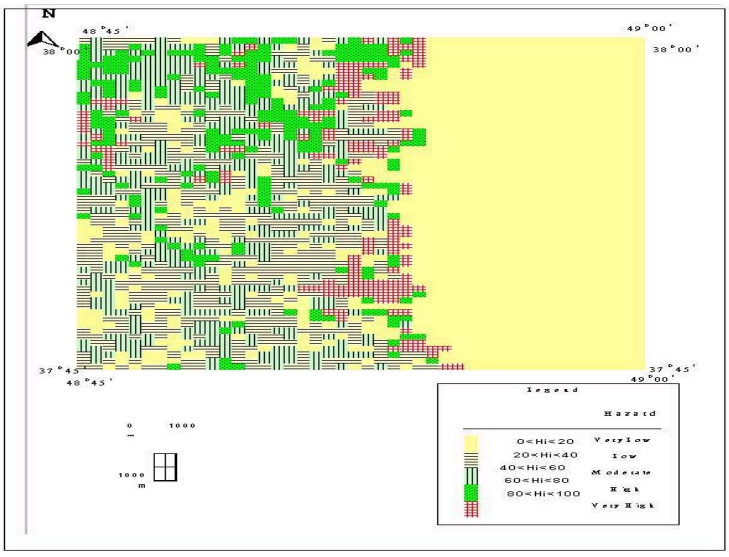
شکل ۹: نقشهٔ منحنی‌های هم شتاب در واحد شبکه در محدودهٔ مورد بررسی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]



شکل ۱۰: نقشهٔ منحنی‌های هم باران در واحد شبکه در محدودهٔ مورد بررسی



شکل ۱۱: نقشهٔ پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که هر ساله حرکات دامنه‌ای در مناطق مختلف کشور زیان‌ها و خسارت‌های زیادی به بار می‌آورد لازم است پژوهش‌های مطالعات ویژه‌ای برای شناسایی عوامل مؤثر در وقوع آن‌ها، تجربه و تحلیل این عوامل، برآورد خطر وقوع این پدیده و پهنه‌بندی کشور بر مبنای پتانسیل خطر زمین لغزش صورت گیرد. در این پژوهش، زمین لغزش‌های منطقهٔ طالش مورد بررسی قرار گرفته و عوامل مؤثر در وقوع لغزش‌ها مشخص شده و با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. شبکهٔ عصبی مصنوعی مورد استفاده، شبکه پرسپترون چند لایه است که ورودی‌های آن را سنگ شناسی منطقه، تأثیر خطر نسبی زلزله، تأثیر پوشش گیاهی و کاربری اراضی، تأثیر بارندگی و هیدرولوژی، تأثیر شیب زمین، عامل رودخانه و عوامل ساختاری و طول گسل و خروجی آن را لغزش‌های موجود تشکیل می‌دهند.

سیستم طراحی شده در مرحله آموزش با استفاده از داده‌های ورودی و خروجی، وزن‌های مطلوب را به دست آورده و بعد از آموزش شبکه، مرحلهٔ آزمایش سیستم. با استفاده از مجموعه‌ای از داده‌های حاصل از نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها انجام گردیده است. با مقایسهٔ داده‌های خروجی محاسبه شده توسط شبکهٔ عصبی با داده‌های مشاهده‌ای حاصل از نقشهٔ پراکنش زمین لغزش‌های منطقه، میزان همبستگی آن‌ها برآورد شده است. با توجه به نتایج بررسی‌ها مشخص گردید که سیستم شبکهٔ عصبی مصنوعی طراحی شده را می‌توان به‌عنوان یک مدل قطعی پیش‌بینی خطر زمین لغزش محسوب کرد. به خصوص این‌که، این سیستم می‌تواند از روی تاریخچهٔ عملکرد سیستم، ساختار آن را به گونه‌ای مشخص نماید که با ارائهٔ ورودی‌های لازم، خروجی‌های مورد نظر حاصل شود. در منطقهٔ مورد بررسی، با توجه به نقشهٔ پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، مشخص گردید که منطقهٔ طالش جزء مناطق پر خطر از نظر رانش‌زمین است و مهم‌ترین عوامل مؤثر در ناپایداری شیب‌های منطقه تغییر کاربری اراضی و از بین رفتن پوشش گیاهی، زیرشویی دامنه‌ها و فرسایش حاشیهٔ رودخانه‌ها و فعالیت‌های تکتونیکی منطقه است و اکثر مناطق با خطر زیاد رانش در اطراف گسل‌های اصلی منطقه توزیع شده‌اند. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقادیر خطر محاسبه شده توسط سیستم

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]

شبکهٔ عصبی مصنوعی برای منطقه نسبتاً قابل قبول است و می‌توان از این روش جهت ارزیابی خطر زمین لغزش استفاده کرد.

منابع

۱- جغتایی عبدالرضا، «شبکه‌های عصبی و مهندسی عمران» نشریهٔ عمران شریف ،شمارهٔ۲۰، زمستان ۱۳۷۵

۲- ساری‌خانی رامین، سمینار کارشناسی ارشد ؛ کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش بینی خطر زمین لغزش، اردیبهشت ۱۳۸۰

۳- نوگل سادات م. وهمکاران (۱۳۷۵)، طرح جامع خطر رانش استان گیلان، کمیته ملی کاهش اثرات بلایای طبیعی، کمیته فرعی- تخصصی مقابله با خطرات ناشی از زلزله و لغزش لایه‌های زمین.

4. Fatemi Aghda ,S.M and Teshnehlab, M and Suzuki,A and Akiyoshi ,T and Kitazono,Y "Liquifaction Potential assasement using Multilayer Artificial Neural Network, J.Sc,I.R.Iran Vol.9 No.3 Sum.1998

5. Carol Burger, M.S and Richard O,Traver Ph.D "Appling Neural Networks to Risk Assesement " University of Illinois , Oct. 2000

6. Schuster.H.G. "Application of neural networks " 1992

7. Hsien- cheng Chang, David C Kospaska-Merkel,Hui-Chuan Chen,S. Rocky Durrans "Lithofacies identification using multiple adaptive resonance theory neural networks and group decision expert system" J.Computers & Geoscience ,Vol.26, Dec.1999,

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.2.5.8]