Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هجدهم، شماره‌ی ۶۱
بهار ۱۳۹۷، صفحات ۲۱۹-۲۰۳

*هادی نیری[۱]
محمدرضا کرمی[۲]
بهرام چاره خواه [۳]

پهنه‌بندی گذرگاه‌های بهمن‌خیز حوضه سیروان با تلفیق مدل تحلیل سلسله مراتبی و شبکه‌های عصبی مصنوعی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۰۳

چکیده

یکی از مخاطرات تهدیدکننده مردم نواحی کوهستانی، بهمن برفی است. در این مقاله به پهنه‌بندی بهمن به‌عنوان یک مخاطره با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل سلسله مراتبی اقدام شده است. روش تحلیل سلسله مراتبی برای بهبود نمونه آموزش، در سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است. این روش در حوضه آبریز سیروان در جنوب‌غرب استان کردستان که از پتانسیل بالایی برای این مخاطره برخوردار می‌باشد، اعمال شد. برای این منظور ابتدا از گذرگاه‌های که بهمن در آن اتفاق افتاده، بازدید میدانی به عمل آمد و مختصات آن‌ها برداشت گردید. مطالعات کتابخانه‌ای برای شناسایی معیارهای تأثیرگذار در این فرآیند انجام گرفت بر اساس مطالعات، معیارهای زمینی شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، تحدب و تقعر، فاصله از جاده و کاربری اراضی انتخاب شدند. نقشه حاصل از روش تحلیل سلسله مراتبی طبقه‌بندی و از هر طبقه ۲۰ نمونه برای آموزش شبکه عصبی به‌کار گرفته شد. شبکه عصبی پرسپترون برای ارزیابی این متغیرها با ساختار شش لایه ورودی، یک لایه پنهان و شش گره در هر دولایه با نرخ یادگیری ۰/۰۱ با دو تابع سیگموئید و خطی به‌عنوان ساختار بهینه با آزمون‌وخطا پذیرفته شد. بررسی این متغیرها با استفاده از شبکه عصبی نشان دهنده آن است که بیش از ۸۶ درصد از منطقه مورد مطالعه جزء مناطق با

*۱- گروه ژئومورفولوژی،دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان. (نویسنده مسئول) E-mail: nayyerihadi@yahoo.com
۲- دانشگاه پیام نور، گروه جغرافیا.
۳- دانشجوی کارشناس ارشد مخاطرات محیطی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

قابلیت بهمن‌خیزی بالا است. به‌منظور صحت‌سنجی این مدل‌ها از داده‌های مشاهده‌ای موجود استفاده شده که حاکی از موفقیت و کارایی هر دو تابع با اولویت اندک تابع خطی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: بهمن، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مخاطره، معیارهای زمینی.

مقدمه

خطر بخش اجتناب‌ناپذیر زندگی است برای زیستن در یک منطقه و استفاده از زمین باید میزان سازگاری با خطر و مشکلات آن بررسی شود و تدابیر ایمنی لازم در برابر خطر به‌کار گرفته شود (Moghimi & Goodarzi Nezhad, 2009: 10). بر اساس آمارهای سازمان هواشناسی جهانی، بهمن به‌عنوان هشتمین بلیه طبیعی از سال (۱۹٤۷) تا سال (۱۹۸۰) منجر به مرگ ۵۰۰۰ نفر شده است (Taghizadeh, 1996: 27-36). این پدیده یکی از مخاطرات ویژه مردمان نواحی کوهستانی است و هر ساله در سراسر جهان بیش از یک‌میلیون بار اتفاق می‌افتد (Yusefi et al, 2011: 1). با پهنه‌بندی میزان خطر در نواحی که فرآیند بهمن اتفاق می‌افتد و در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به آن، می توان بهتر به ارزیابی میزان خطر ناشی از آن پرداخت (Choetakhah, 2015: 6) و از خطرات این پدیده در جاده‌ها، مراکز انسانی و گردشگری کاست (Khaledi, 2003: 489). علاوه بر این، مطالعه این فرآیند می‌تواند در تحلیل و پیش‌بینی تحول منطقه مفید باشد زیرا این فرآیند یکی از عوامل تغییردهنده اشکال سطح زمین در مناطق کوهستانی است. پدیده بهمن به خاطر مخاطراتی که ایجاد می‌کند از گذشته توجه محققان را به خود اختصاص داده است. در ایران برای اولین بار Ahmadi et al پیرو مطالعاتشان در سال (1971) در کوه‌های پیرنه فرانسه اقدام به کارهای تحقیقاتی با عنوان بررسی مناطق بهمن‌خیز جاده چالوس و بعضی از راه‌های ارتباطی درجه دو نمودند (Choetakhah, 2015: 8). Mohammadi (2009) ضمن مطالعه عوامل موثر بر وقوع بهمن در حوضه آبریز سیروان به بررسی رابطه بین وقوع این فرآیند و فرسایش پرداخت برای این منظور از دو آبراهه داخل حوضه در طی دو مرحله زمانی پروفیل طولی و عرضی برداشت و نقشه توپوگرافی قبل و بعد از وقوع بهمن را ترسیم کرد. نتایج او نشان داد وقوع بهمن موجب تشدید فرسایش خاک و افزایش رسوب‌دهی حوضه مذکور شده است. Zare Bidaki et al (2009) برای نقشه خطر بهمن در جاده نسا-گچسر از اطلاعات ژئومورفولوژی و اقلیمی بهره گرفتند. نتایج آن‌ها نشان داد که وجود دامنه‌های سنگی شیب‌دار در منطقه بدون پوشش گیاهی مناسب و نگه‌دارنده که بتواند پوشش برف را با بالا بردن زبری در جای خود نگه دارد، سبب شده تا بیش‌تر دامنه‌های حوضه آبخیز کرج مستعد تشکیل و آزاد کردن بهمن شوند. Ghanavati, Karimi (2009) در پهنه‌بندی خطر بهمن در جاده هراز بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی، با تفسیر عکس هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و با کمک نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و بازدیدهای میدانی نقشه نقاط بهمن‌خیز را در منطقه ترسیم نمودند نتایج آن‌ها نشان داد که مدل سلسله مراتبی کارایی

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

نسبتاً مطلوبی در پهنه‌بندی خطر بهمن دارد. Yusefi et al (2011) با استفاده از نقشه‌های ارتفاع، جهت شیب، شیب، کاربری اراضی و ژئومورفولوژی و با در نظر گرفتن عوامل اقلیمی و بازدید میدانی، گذرگاه‌های بهمن‌خیز در هرکدام از بخش‌های حوضه سامان استان مرکزی را تعیین کردند. نتایج آن‌ها نشان داد، بیش‌ترین سقوط بهمن‌ها درشیب‌های ۳۰ تا ٤٥ درجه اتفاق افتاد و در دامنه‌های جنوبی احتمال وقوع بهمن افزایش می‌یابد. ناجی با استفاده از نقشه‌های شیب، جهت شیب، گسل، ارتفاع، ژئومورفولوژی، فرسایش و با در نظر گرفتن عوامل اقلیمی نقشه پهنه‌بندی خطر سقوط بهمن را تهیه کردند. مطابق نقشه پهنه‌بندی بیش‌ترین سقوط بهمن در قسمت میانی کندوان به دلیل شیب زیاد و ارتفاع اتفاق می‌افتد (Naji, 2013). مرادی نیز به پهنه‌بندی وقوع بهمن با استفاده از مدل شبکه عصبی در کوهستان‌های شمالی استان البرز، اقدام نمود. به‌منظور آموزش مدل، ویژگی‌های ۹۳ دامنه‌ای که بهمن در آن اتفاق افتاده بود به شبکه معرفی شد که در نهایت پس از آزمون و خطا، جهت رسیدن به حداقل خطا و حداکثر دقت، ساختاری با معماری یک لایه ورودی با ٦١ نرون، یک لایه پنهان با ٦١ نرون و یک لایه خروجی برای آموزش دیدن شبکه انتخاب کردند. در این تحقیق داده‌های ۹۳ دامنه‌ای که قبلاً بهمن در آن اتفاق افتاده بود به‌عنوان نقاط سیاه به شبکه معرفی شد. نهایتاً پس از پهنه‌بندی دامنه‌های بهمن خیز با ۸۸/۱ درصد دقت در پهنه‌بندی، عامل جهت شیب، شیب و ارتفاع به ترتیب دارای بیش‌ترین تاثیر در وقوع بهمن در منطقه شناخته شد (Moradi, 2013). از دیگر تحقیقات در این زمینه می‌توان به مطالعات Sobhani (1996)، Taghizadeh (1996) و Soleimani Motlagh (2011) اشاره کرد. در خارج از ایران Cappabianca and et al (2009) در اسپانیا، Garcia and et al, (2009) در کوه‌های پیرنه و Eckert et al (2010) در بخش شرقی آلپ‌های فرانسه این پدیده را مطالعه نمودند و به تاثیر عوامل جوی و زمینی موثر بر آن اشاره نمودند. در وقوع بهمن عوامل زیادی دخیل هستند. در میان عوامل طبیعی تعامل پوشش برف، آب‌وهوا و عوارض زمینی اهمیت دارد که این ۳ عامل را فردستون و فسلر (١٩٩٤) مثلث بهمن نامیدند (Zare Bidaki et al, 2009: 2). علاوه بر عوامل طبیعی، نقش عوامل انسانی نیز درخور توجه است. راه‌سازی غلط و تغییر کاربری ازجمله عوامل انسانی دخیل در این مخاطره تلقی می‌شود با در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های اقلیمی استان کردستان تعامل عوامل طبیعی و نقش عوامل انسانی را می‌توان به‌سادگی مشاهده کرد ارتفاعات زیاد و کوهستانی بودن منطقه همچنین تأثیر سامانه‌های جوی بارشی در فصول سرد سال شرایط لازم را با توجه به عوارض زمینی برای وقوع بهمن مهیا کرده است (Choetakhah, 2015: 1) که این مقاله نیز باهدف پهنه‌بندی این مخاطره در حوضه سیروان و نشان دادن اهمیت مدیریت ریسک بجای مدیریت خطر صورت گرفته است. در این حوضه با توجه به محورهای بهمن‌گیر و کمبود داده میدانی، ضرورت داشت تا این گذرگاه‌ها، پهنه‌بندی و از لحاظ درجه خطرپذیری طبقه‌بندی گردند تا ضمن رعایت حریم نسبت به مناطق خطر از جان و مال و دارایی مردمان این نواحی حفاظت کرد؛ به‌عبارت‌دیگر نوعی ایجاد ایمنی و جلوگیری از وقوع مخاطره فراهم نمود. تفاوت عمده این پژوهش با پژوهش‌های انجام گرفته در این است که فقط از ٦ معیار ثابت زمینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی استفاده

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

شده و نقشه مناطق خطر تهیه گردیده است.

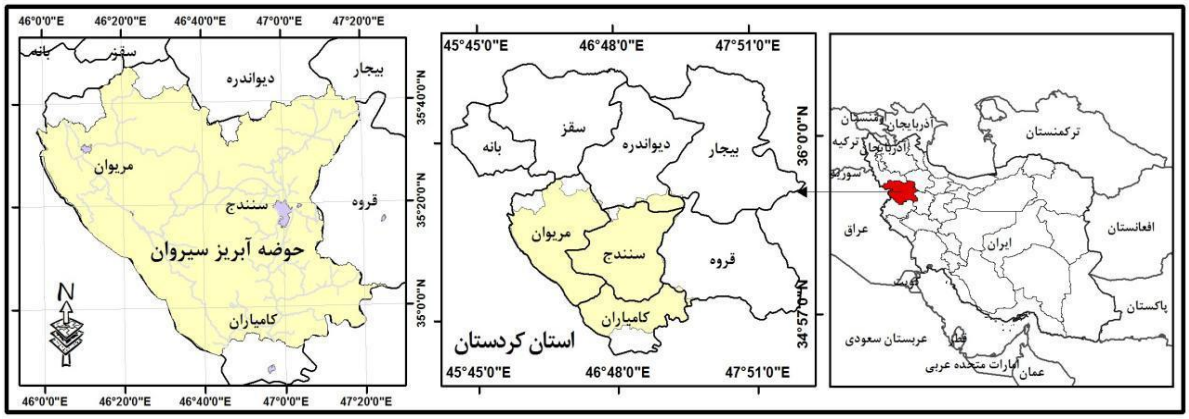
مواد و روش‌ها

حوضه آبریز سیروان در جنوب‌غربی استان کردستان بر اساس محاسبات نگارندگان با مساحتی در حدود ۷۷۶۱/۰۲ کیلومترمربع بین ۳٤ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۰۵ دقیقه عرض شمالی و ٤۵ درجه و ۵۹ دقیقه تا ٤۷ درجه ۲۲ دقیقه طول شرقی قرار دارد. (شکل ۱). به دلیل داشتن ارتفاعات متعدد و بارندگی‌های نسبتاً زیاد از نقاط سردسیر کشور به‌شمار می‌رود. بلندی‌های زاگرس و ایران مرکزی در جهات شمال‌غربی، جنوب‌شرقی به‌صورت رشته‌کوه‌های پراکنده این حوضه را به‌عنوان یک منطقه کوهستانی معرفی می‌کنند حدود ۷۰ درصد از وسعت حوضه را کوه‌ها و تپه‌ها تشکیل داده است. بخشی از حوضه سیروان جز بخش مرطوب ناحیه کوهستانی با بارندگی بیش از ۷۰۰ میلی‌متر که مریوان در داخل ناحیه مذکور قرار می‌گیرد، بخش میان کوهستانی شامل شهرستان‌های سنندج و کامیاران با متوسط بارش ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد (Meteorological department of Kurdistan, province, 1998). با توجه به این‌که در حوضه سیروان ایستگاه‌های هواشناسی سنندج، کامیاران و مریوان قرار می‌گیرند میانگین حسابی بارش در دوره مشترک آماری ۲۳ ساله برای سه شهرستان حدود ۵۵۷ میلی‌متر به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار بارش مربوط به غرب حوضه می‌باشد که از غرب به شرق استان میزان بارش‌ها کاهش می‌یابد. از لحاظ دمایی سردترین دمای حوضه در ایستگاه هواشناسی سنندج دمای منفی ۳۱ درجه، در هفدهم بهمن ماه سال (۱۳۵۲) ثبت گردید. با در نظر گرفتن طول دوره آماری سنندج و مریوان از متوسط تعداد روزهای یخبندان سالانه آن‌ها استفاده شد. متوسط تعداد روزهای یخبندان سالانه در دوره آماری ۱۹٦۰-۲۰۱۰ در سنندج ۱۰۳ روز و در دوره آماری (۱۹۹۲) تا (۲۰۱۰) در مریوان ۹۸ روز دماهای حداقل صفر درجه و کم‌تر از صفر درجه سانتی‌گراد داشته است؛ بنابراین متوسط تعداد روزهای یخبندان سالانه حدود ۱۰۰ روز است. با توجه به نفوذ توده هواهای سرد بارش برف در فصل زمستان در اغلب نقاط حوضه اتفاق می‌افتد اما نواحی غربی بارش بیش‌تری دارند (آمار اداره کل هواشناسی استان کردستان).

برای مطالعه در مورد بهمن‌های حوضه سیروان، ترتیب فرآیند انجام کار به شرح ذیل است.

۱- اخذ داده‌های بهمن از اداره راه و شهرسازی استان کردستان،
۲- بازدید میدانی و برداشت مختصات آن‌ها، جهت افزایش دقت و حصول اطمینان از موقعیت دقیق بهمن‌ها
۳- انتخاب متغیرهای تأثیرگذار بر روی بهمن با مرور مطالعات قبلی و تهیه نقشه رستری آن‌ها
٤- به‌کارگیری مدل سلسله مراتبی و شبکه عصبی
۵- تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی و صحت سنجی مدل شبکه عصبی مصنوعی

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سیروان

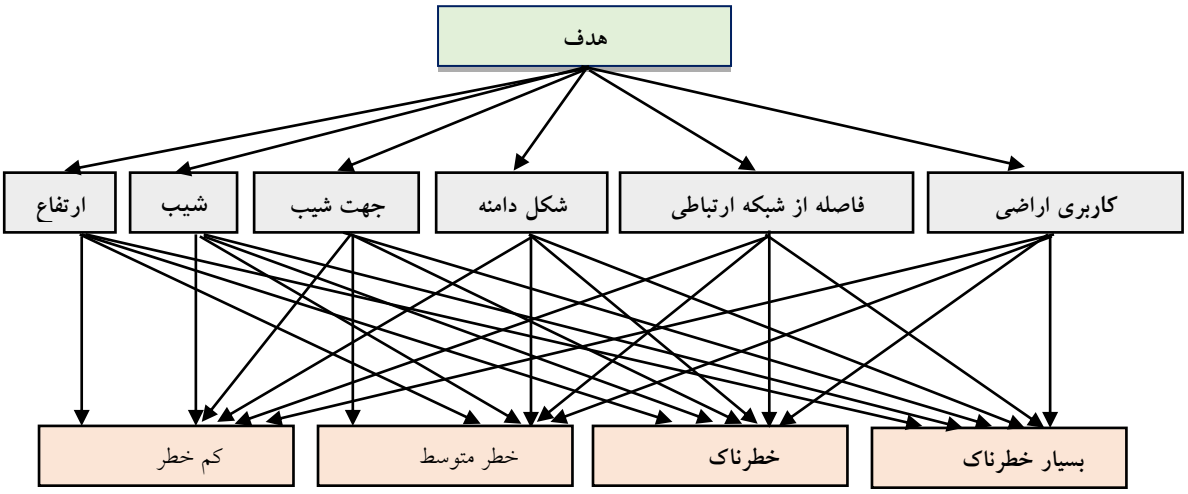
فرآیند تحلیل سلسه‌مراتبی

نقشه حساسیت مناطق به مخاطره ابزار مهم برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی است. بااین‌حال، بسیاری از موضوعات در شکل‌گیری مخاطرات وجود دارد که با توجه به پیچیدگی فرآیندهای طبیعی که ناشی از ارتباط بین پیامد (متغیر وابسته) و عوامل (متغیرهای مستقل) می‌باشد مشکلاتی را برای پهنه‌بندی کلی چنین نواحی فراهم می‌نماید. برای تبیین رابطه در شرایطی که تعداد متغیرهای توضیحی زیاد بوده و دارای تنوع فراوان باشند، روش‌های مختلفی ابداع و توسعه یافته است. این روش‌ها متناسب با ماهیت متغیر وابسته و چگونگی متغیرهای مستقل بسیار متنوع‌اند. در این میان روش‌های که نیاز به پیش‌شرط‌های کم‌تری و با سرعت بالا و انجام محاسبات کم‌تر به نتایج قابل قبول دست یابند ارجحیت دارند. در سال‌های اخیر، توسعه سیستم اطلاعاتی جغرافیایی و تکنیک‌های تجزیه‌وتحلیل فضایی افزایش یافته که این مسئله سبب بهبود پهنه‌بندی غیرمستقیم خطر شده است. در همین راستا شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌تواند بخش قابل توجهی از این نیازها را پوشش دهد. این مدل داده محور، جهانی و دارای تابع غیرخطی تقریبی است که توانایی آموزش توابع غیرخطی با استفاده از داده‌ها، از ویژگی‌های مهم آن‌ها است. استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌تواند مدلی برای پهنه‌بندی غیرمستقیم مناطق خطر باشد. زمانی که عوامل تأثیرگذار توزیع نرمال ندارند و به‌شدت همبسته هستند در واقع، پهنه‌بندی غیرمستقیم بهمن باید بر اساس روابط پیچیده، ناشناخته و غیرخطی بین توزیع این فرآیند و تأثیر عوامل در آن صورت گیرد. به‌منظور انجام مدل شبکه عصبی برای پهنه‌بندی مناطق مستعد بهمن به دلیل عدم طبقه‌بندی مناطق آموزشی (آموزش شبکه) برای اجرای مدل شبکه‌های عصبی که نیازمند نقاط آموزشی[4] است. نقاط رخداد بهمن از اداره راه و شهرسازی استان کردستان اخذ شدند؛ اما به علت کمبود تعداد آن‌ها و نیاز به استفاده از مجموعه‌ای از داده‌های دارای ارزش (برچسب) برای آموزش، می‌بایستی نقاط مذکور دارای کد یا ارزش طبقه‌بندی‌شده باشند. به‌علاوه هرچقدر تعداد نقاط با ارزش طبقه نسبت داده شده از

4- Site Train

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

نظر تعداد زیاد و شرایط نرمال و یکسانی را دارا باشند نتیجه به‌دست آمده دقیق‌تر خواهد بود؛ به همین منظور از روش تحلیل سلسله مراتبی جهت ایجاد طیف‌های طبقه‌بندی استفاده گردید. استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی برای مناطق که در آن بهمن هنوز رخ نداده است بر اساس این فرض که برچسب ندارند و مجموعه داده شامل تعداد کمی از نمونه‌های مثبت و تعدادی زیادی از نمونه منفی است چندان درست نیست؛ بنابراین استفاده از روش بدون نظارت برای پیدا کردن توزیع نمونه‌ها در مجموعه داده، به‌منظور مشارکت درست داده‌ها جهت بهبود عملکرد شبکه صورت گرفت (Nayeri & Karami, 2016). برای اجرای روش سلسله مراتبی در این مقاله شش معیار ثابت ارتفاع، شیب، جهت شیب، شکل دامنه (تحدب و تقعر)، کاربری اراضی و فاصله از جاده به کار رفت. اولین گام در فرآیند سلسله مراتبی، نمایش مسئله به‌طور گرافیکی است. هر فرآیند سلسله مراتبی یک خوشه هدف، خوشه معیارها و خوشه انتخاب‌ها را در ساختار خود دارا است. گره هدف در داخل خوشه هدف، گره‌های معیار در داخل خوشه معیار و گره‌های انتخاب یا گزینه در داخل خوشه انتخاب‌ها قرار می‌گیرند و باید گره‌ها را به هم ارتباط داد و با توجه به گره‌های داخل خوشه بالاتر از خودشان، گره‌ها را باهم مقایسه کرد (شکل ۲). در هر مقایسه زوجی شاخص ناسازگاری هم‌زمان توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود و پیشنهاد بهترین عدد را برای سازگاری می‌توان از نرم‌افزار به‌دست آورد (Choetakhah, 2015: 43).



شکل ۲: نحوه نمایش گره هدف، معیارها و انتخاب‌ها و ارتباط بین آن‌ها در فرآیند سلسله مراتبی

معیارها در این فرآیند با استفاده از اعداد ساعتی نسبت به هم مقایسه زوجی شدند همچنین انتخاب‌ها (کم‌خطر، خطر متوسط، خطرناک و بسیار خطرناک) در هر بار نسبت به معیارها مقایسه زوجی شدند. ضریب ناسازگاری توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود که باید از ۰/۱ کم‌تر باشد. در نهایت با استفاده از گزینه محاسبات و انتخاب اولویت‌ها در نرم‌افزار، وزن معیارها به‌دست می‌آید (جدول ۱). لازم به ذکر است که این مدل در محیط ArcGIS و با

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

استفاده از بسط دهنده Ahp 2.0 انجام گرفته است. به علاوه نرخ سازگاری به‌دست آمده در مدل برابر با ۰/٦٨٤ بوده که مورد تایید می‌باشد.

جدول ۱- ماتریس معیارها نسبت به گره هدف

	ارتفاع	جهت شیب	شیب	شکل دامنه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
ارتفاع	۱	۳	۳	۵	٦	۷
جهت شیب	۰/۳۳۳	۱	۲	۲	٤	٦
شیب	۰/۳۳۳	۰/۵	۱	۳	٦	۷
شکل دامنه	۰/۲	۰/۵	۰/۳۳۳	۱	۲	۵
فاصله از جاده	۰/۱٦۷	۰/۲۵	۰/۱٦۷	۰/۵	۱	٤
کاربری اراضی	/۱٤۳	۰/۱٦۷	۰/۱٤۳	۰/۲	۰/۲۵	۱

- شبکه عصبی

شبکه‌های عصبی مصنوعی تقریباً با تابع غیرخطی به‌طور گسترده برای تشخیص الگو و طبقه‌بندی استفاده می‌شود. شبکه‌های عصبی مجموعه‌ای از واحدی کلی، موسوم به نورون، محاسبات تابع و ورودی است. هر ورودی دارای یک وزن اختصاص داده شده است که تأثیر این ورودی را بر روی خروجی کلی نشان می‌دهد. هر متغیر در وزن گره ضرب شده و از طریق تابع شبکه وارد گره میانی می‌شود سپس این اطلاعات از یک تابع تحریک عبور کرده و به لایه بعدی می‌رسد، خروجی تابع تحریک به‌عنوان ورودی به گره لایه بعدی فرستاده می‌شود. با اتصال تعداد مناسب از گره‌ها به شیوه مناسب و با تنظیم وزن به مقادیر مناسب، یک شبکه عصبی می‌تواند هر تابع را با دقت دلخواه تقریبی به‌دست آورد. این ساختار گره‌ها و اتصالات، به‌عنوان توپولوژی شبکه شناخته شده و همراه با وزن اتصالات، رفتار نهایی شبکه را تعیین می‌کنند. توپولوژی یک شبکه عصبی خواه‌ناخواه نقش مهمی را در آموزش برای یادگیری یک مجموعه داده خاص دارد. توپولوژی ساده در یک شبکه است نمی‌توانند یک تابع پیچیده تقریبی را یاد بگیرد، درحالی‌که یک توپولوژی پیچیده ممکن است قابلیت تعمیم را از دست بدهد. این از دست دادن کلیت نتیجه Over Fitting داده‌های آموزشی نامیده می‌شود، به‌جای تخمین یک تابع موجود، شبکه‌های عصبی، مجموعه آموزش را حفظ می‌کند در نتیجه پیش‌بینی‌های نادرست بر روی نمونه‌های آینده خواهد داشت. در این مقاله ضمن صحت و ویرایش لایه‌ها، مدل شبکه عصبی با روش طبقه‌بندی[5] و اعمال دو نوع تابع (خطی و سیگموئیدی[6]) اجرا شد. سپس با استفاده از روش آزمون و خطا و بررسی میزان خطای مربعات و نیز دوره تکرار و تغییر در تعداد لایه‌ها پنهان و

5- Classification
6- Linear and Sigmoidal

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

وزن‌ها، هر دو تابع اجرا شدند در نهایت تابع خطی که به نتیجه بهتری رسیده بود به‌عنوان تابع پیشنهادی و نهایی انتخاب گردید برای بهبود تعمیم با استفاده از روش توقف زودهنگام جلوی آموزش قبل از شروع نویزها در شبکه داده یادگیری به‌عنوان بخشی از مدل گرفته شد. به‌منظور صحت‌سنجی (دقت) نقشه به‌دست آمده با نقاط بهمن‌خیز موجود نقشه نهایی حاصل از مدل شبکه عصبی مجدداً به نرم‌افزار ArcGIS انتقال داده شدند سپس نقاط بهمن‌خیز بر روی نتایج طبقه‌بندی حاصل از شبکه عصبی انطباق داده شده، ضمن مقایسه، درصد و میزان هرکدام از طبقات به‌دست آمدند.

- تهیه لایه رستری معیارها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

از معیارهای شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از جاده و کاربری اراضی که در پژوهش‌های قبلی اغلب استفاده شده بود، همچنین از معیار شکل دامنه نیز استفاده گردید. عوامل آب‌وهوایی به‌ویژه برف به دلیل تغییرات زیاد آن استفاده نشد. تحلیل فرآیند سلسله مراتبی برای تعیین نقشه‌های خطر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS انجام گرفت. جهت تهیه نقشه‌های شیب، جهت شیب، ارتفاع، تحدب و تقعر از لایه مدل رقومی ارتفاع با اندازه سلول ۳۰ ×۳۰ متر استفاده گردید. به‌منظور تأثیر فاصله از جاده، لایه‌برداری جاده‌های استان به‌کار رفت، حریم آن ترسیم و تبدیل به لایه رستری شد. به‌منظور تهیه لایه رستری کاربری اراضی از لایه‌برداری کاربری اراضی استان کردستان و با تعریف کدها با توجه به نوع کاربری در جدول اطلاعات توصیفی، کدهای ۱ تا ٤ نام‌گذاری (کدبندی خطر) گردید، سپس لایه رستری آن ساخته شد. برای کلاس‌بندی خطر با استفاده از تابع Reclassify به کلاس‌بندی نقشه‌ها به چهار کلاس کم‌خطر، خطر متوسط، پرخطر و بسیار پرخطر اقدام شد (شکل ٤).

- کلاس‌بندی خطر شیب

حداقل شیبی که از آن بهمن آزاد شده، شیب ۱۷ درجه است به‌ندرت بهمن در زمین‌های بالای ٤٥ درجه رخ می‌دهد زیرا در حین بارش برف بار دامنه به‌صورت بهمن‌های نرم و شل به سمت پایین خالی می‌شود (Ahmadi & Taheri, 2008: 16). بیش‌ترین سقوط بهمن‌ها در شیب ۳۰ تا ٤٥ درجه اتفاق می‌افتد (Yousefi et al, 2011: 5). شیب ۱۵ تا ٤٥ درجه دارای بیش‌ترین خطر برای بهمن و ٦۰ تا ۹۰ درجه دارای کم‌ترین خطر در وقوع بهمن می‌باشند (Ghanavati, Karimi, 2009: 98). با در نظر گرفتن همه جنبه‌های تأثیر شیب در سقوط بهمن، کلاس‌بندی خطر شیب‌هایی که باعث ایجاد بهمن می‌شوند، به‌صورت (جدول ۲) برای منطقه مورد مطالعه درجه‌بندی گردید و نقشه رستری آن فراهم شد (شکل ٤).

- کلاس‌بندی خطر جهت شیب

در دامنه‌های جنوبی، وجود لایه‌های برف مرطوب سبب می‌شود که برف در سطح زمین بیش‌تر سر بخورد. در دامنه‌های شرقی یا شمالی میزان پرتوگیری کم‌تر است، در این دامنه‌ها بهمن‌های پودری خطرناکی به وقوع می‌پیوندد

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

(Ahmadi & Taheri, 2008: 30). بادها ضخامت برف را روی دامنه‌های شرقی افزایش داده و در نتیجه سبب سقوط بهمن در گذرگاه‌ها می‌گردند. برعکس دامنه‌های غربی از نظر تشکیل بهمن خطر چندانی ندارند (Sobhani, 1996: 49). در دامنه‌های شرقی و شمال که پرتوگیری کم‌تر است، بهمن‌های پودری خطرناکی به وقوع می‌پیوندد (Yousefi et al, 2011: 5). نحوه کلاس‌بندی خطر جهت‌های شیب دامنه‌های حوضه بر طبق (جدول ۲) و نقشه آن در (شکل ٤) ارائه شده است.

- کلاس‌بندی خطر ارتفاع

ارتفاعات زیاد به علت پایین بودن درجه حرارت و انباشته شدن برف در آن‌ها از عوامل مهم توپوگرافی هستند که همراه سایر عوامل جوی در سقوط بهمن مؤثر می‌باشند (Ahmadi & Taheri, 2008: 22). محدوده مورد مطالعه در این پژوهش دارای ارتفاع بالا است به‌طوری که حداقل ارتفاع حوضه ۷۰۳ متر و حداکثر ۳۰۱۲ متر می‌باشد براساس مدل رقومی ارتفاع[7] محدوده ۳۰ متر حاصل از سنجنده استر تهیه شده است، محدوده به پنج کلاس ارتفاعی مطابق (شکل ٤) و (جدول ۲) طبقه‌بندی شد.

- کلاس‌بندی خطر تحدب و تقعر

بهمن برفی دارای سه منطقه شروع، گذرگاه و توقف‌گاه است. شاخص توپوگرافی منطقه شروع میزان تحدب دامنه‌ها، نوع سنگ‌ها و موانع بر روی زمین است (Ahmadi & Taheri, 2008: 39). در دامنه‌های محدب، میزان کل حرکت‌های برف به سمت پایین دامنه افزایش پیدا می‌کند، منظور مجموع حرکات خزشی برف و حرکات ناشی از سرخوردن آن‌هاست. وقتی شرایط برای سقوط بهمن مناسب است و لایه‌ای با مقاومت برشی کم وجود دارد ابتدا در دامنه‌های محدب که در پوشش برف نیروی کششی وجود دارد، شکستگی اتفاق می‌افتد (Ahmadi & Taheri, 2008: 30). مقادیر مثبت در (جدول ۲) نشان می‌دهد که در آن سلول، سطح به‌طرف بالا محدب یا کوژ است. انحنا منفی نشان می‌دهد که در آن سلول سطح به‌طرف بالا مقعر یا کاو است. مقدار صفر نشان می‌دهد که سطح هموار است.

- کلاس‌بندی خطر فاصله از جاده

در مناطق کوهستانی با احداث جاده‌ها و بریدن دامنه‌ها شرایط برای ناپایداری دامنه‌ای ایجاد می‌گردد. همچنین جاده‌ها سبب شکستگی شیب می‌شوند. هر چه فاصله از جاده کم‌تر باشد ناپایداری بیش‌تر است. دامنه‌های بهمن خیزی که به جاده یا گردنه‌های کوهستانی نزدیک‌تر باشند خطرناک‌تر هستند، بر این اساس کلاس‌بندی خطر فاصله

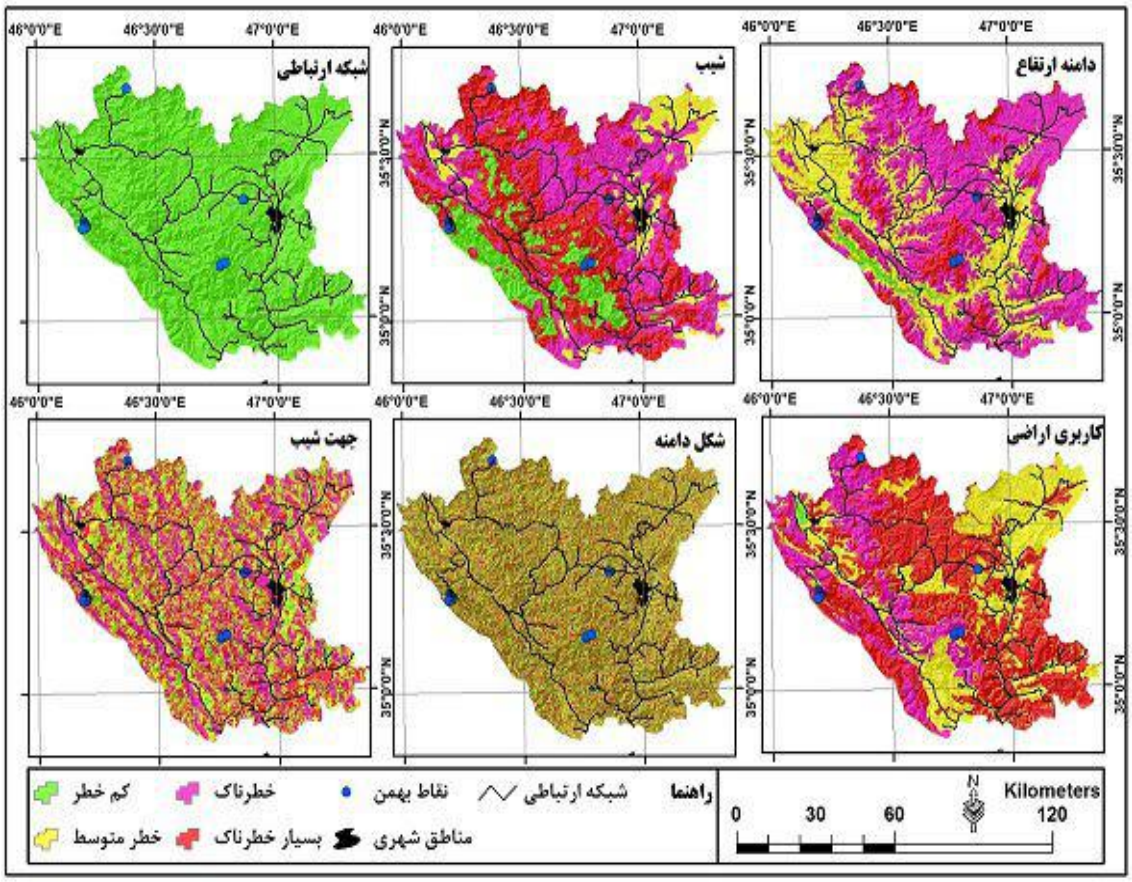
7- Digital Elevation Model

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

از جاده انجام شد بیش‌ترین امتیاز خطر به فاصله ۰ تا ۱۰۰ متر و کم‌ترین امتیاز خطر به فاصله ۳۰۰ متر و بیش‌تر داده شد (جدول ۲) سپس نقشه مناسبت این متغییر برای وقوع بهمن به‌صورت پیوسته تهیه گردید (شکل ۳).

– کلاس‌بندی خطر کاربری اراضی

در رخساره‌های بیرون‌زدگی سنگی و صخره‌ها، پوشش برف ضخامت زیادی پیدا نمی‌کند؛ زیرا سنگ‌های تیره با جذب حرارت موجب ذوب برف می‌شوند که باعث تشکیل بهمن‌های قطعه‌ای می‌شود. تا زمانی که بوته‌های کوتاه در زیر برف مدفون نشده‌اند، سبب اتصال برف به دامنه شده و احتمال وقوع بهمن کاهش می‌یابد؛ اما همین‌که توسط برف پوشیده شد خطر بهمن به‌سرعت افزایش می‌یابد. در مورد جنگل‌ها تا زمانی که ارتفاع درختان جنگل از حداکثر ارتفاع برف بلندتر باشد، تنه آن‌ها برف را به‌خوبی بر روی دامنه نگه می‌دارد (Ahmadi & Taheri, 2008: 30-34). اطلاعات توصیفی کاربری اراضی حوضه سیروان دارای پوشش‌های مختلف در (جدول ۲) طبقه‌بندی شده است.



شکل ٤: نقشه‌های خطر معیارهای بهمن استان کردستان

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

جدول ۲- طبقه‌بندی معیارها بر اساس درجه خطر

کلاس خطر / معیار	کم خطر	خطر متوسط	خطرناک	بسیار خطرناک
میزان شیب	۴۵-۸۱	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۳۰-۴۵
جهت شیب	مسطح، غربی	شمال‌غربی، جنوب‌غرب، جنوب‌شرق	شمال‌شرق، شرق	شمال، جنوب
ارتفاع	۷۳۰-۱۲۰۰	۱۲۰۰-۱۷۰۰	۱۷۰۰-۲۲۰۰	۲۲۰۰-۳۰۱۲
شکل دامنه	۰/۰۰۴ تا ۲۹/۳۹۵	۰/۰۰۴ تا ۰/۰۰۲	۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۸	۲۹/۳۹۵- تا ۰/۰۰۸
فاصله از جاده	۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰>
کاربری اراضی	شهری، دریاچه و سد، تالاب	زراعت دیم و آبی و اراضی	جنگل	مرتع، بیشه‌زار، رخنمون سنگی

یافته‌ها و بحث

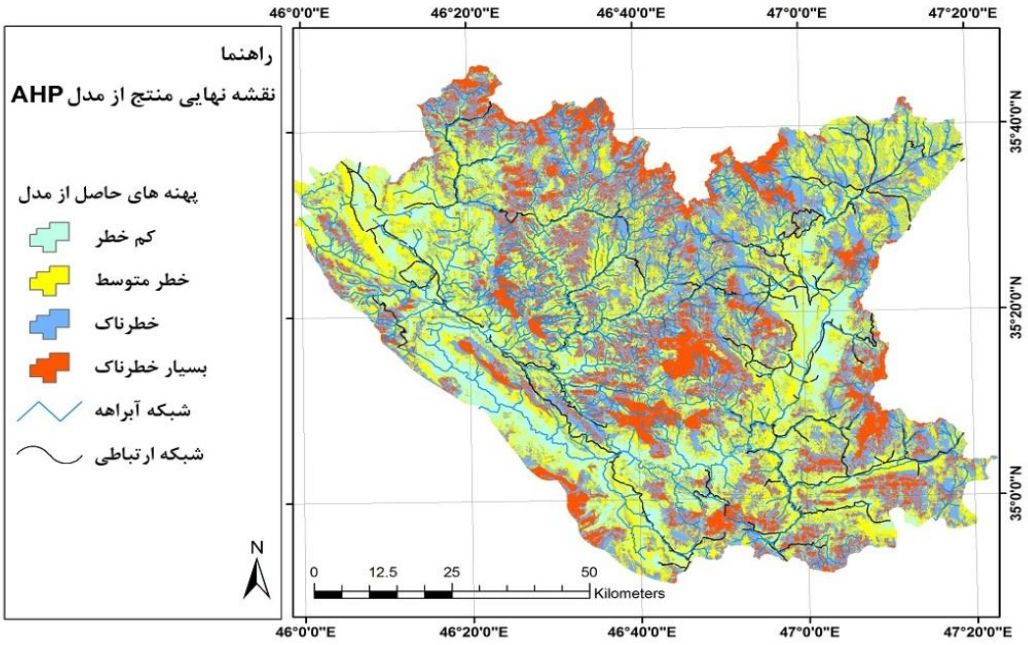
شبکه عصبی جهت طراحی نیازمند سه دسته داده آموزشی، آزمایشی و صحت سنجی است، داده‌های آموزشی به‌منظور پیدا کردن رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌های مشاهده شده توسط مدل استفاده می‌شود. از آنجا که در این تحقیق پیکسل‌های بدون بهمن برای آموزشی شبکه به‌درستی تعریف نشده است از روش AHP برای تعریف پیکسل‌های بدون بهمن و طبقه‌بندی محدوده کمک گرفته شد. برای اجرای این روش، شش متغیر در محدوده کم‌خطر تا بسیار خطرناک مقیاس‌بندی شدند با استفاده از مقایسه زوجی توماس ساعتی وزن نهایی این متغیرها به دست آمد (جدول ۳)، محدوده مورد مطالعه به چهار طبقه مطابق (شکل ٤) به لحاظ بهمن‌خیزی تقسیم شدند. از هر طبقه با توجه به نقاط بهمن‌خیز و پهنه‌بندی حاصل از مدل AHP پیکسل‌های برای آموزش شبکه به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب گردید. لازم به ذکر است که برای پیکسل‌ها آموزشی تأکید بر نقاط رخداد بهمن‌خیز بوده درجاهایی که تعداد نقاط مشاهده با طیف پهنه‌بندی، کم‌تر از تعداد مورد نظر (۲۰ پیکسل آموزشی) بوده از پهنه‌های AHP استفاده گردید که در مجموع ۱۰۰ پیکسل برای آموزش شبکه در نظر گرفته شد. استفاده از این روش نمونه‌گیری اجازه شناسایی پیکسل‌های که بهمن در آن‌ها اتفاق نیفتاده را به‌درستی می‌دهد. در واقع، پیکسل‌هایی که نماینده بهتری از شرایط بی‌ثباتی هستند به‌کار گرفته شدند. نمونه‌گیری تصادفی اجازه نمی‌دهد تا طبقه‌بندی پیکسل ناپایدار را انجام داد، از آنجایی که شبکه قادر به استخراج ویژگی بی‌ثباتی دامنه از داده‌ها نیست. انتخاب داده‌های به کمک روش AHP اجازه می‌دهد تا شبکه‌های عصبی مصنوعی با درک ساختار داده‌های پنهان قادر به بهبود طبقه‌بندی

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

مناطق ناپایدار گردند. در اینجا تأکید می‌شود که وزن به ورودی مدل اختصاص داده نشده، طوری که آن‌ها نشان‌دهنده اهمیت وزن عوامل برای بهمن باشند. تنها داده‌های روش AHP برای آموزش شبکه در نظر گرفته شد.

جدول ۳- اولویت معیارهای بهمن بر اساس فرآیند سلسله مراتبی

ارتفاع	شیب	جهت شیب	شکل دامنه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
۰/٤۱۱	۰/۲۵۷	۰/۱٤۸	۰/۱۰۰	۰/۰۵٤	۰/۰۲۸



شکل ٤: نقشه سلسله مراتبی مناطق خطر بهمن حوضه سیروان

برای تشکیل شبکه عصبی مصنوعی داده‌های آموزشی با استفاده از یک شبکه پرسپترون چندلایه MLP با الگوریتم یادگیری لونبرگ-مارکوارت پیشنهاد شده، آموزش دید. این نوع شبکه مصنوعی کاربردی‌ترین نوع شبکه مصنوعی است (Hagan, 1994). بیش‌تر پیش‌بینی‌ها با استفاده از این نوع شبکه صورت گرفته است به نظر می‌رسد توانایی این نوع شبکه در تقریب مناسب توابع مختلف دلیل استفاده از آن باشد. متغیرهای شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، فاصله از جاده، کاربری اراضی و شکل دامنه که در محدوده کم خطر تا بسیار خطرناک مقیاس‌بندی شده بودند به‌عنوان ورودی به شبکه داده شد. با استفاده از روش توقف زود هنگام برای بهبود تعمیم شبکه اقدام گردید. چندین لایه پنهان برای پیدا کردن بهترین نوع نتایج آزمایش شدند. لازم به ذکر است که در ساختار تمامی شبکه‌ها

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

حداقل طراحی بهینه با یک‌لایه میانی صورت می‌پذیرد اما در ترکیب ساختاری آن‌ها از شبکه‌های با دو لایه میانی نیز استفاده شده است که در این مقاله استفاده از یک لایه میانی نتایج بهتری را نشان داد. بهترین شبکه در این مقاله، شبکه‌ای در نظر گرفته شده که بهترین برازش با کم‌ترین خطا را داشته باشد. برای این منظور تعداد زیادی شبکه عصبی ایجاد شدند که در تعداد نرون‌های موجود در لایه پنهان و ضریب یادگیری متفاوت بودند و برای به‌دست آوردن مقدار بهینه هر پارامتر شبکه، شبیه‌سازی‌های متعددی صورت گرفت که در آن برای تعداد معینی تکرار یک پارامتر ثابت و پارامترهای دیگر متغیر در نظر گرفته شد. در تمامی شبیه‌سازی‌ها صورت گرفته شاخص متوسط مجذور خطا به‌عنوان یک شاخص راهنما، بیانگر کارایی شبکه در یادگیری الگوی موجود است، با تغییر تعداد نرون میانی و تغییر وزن‌ها به‌صورت سعی و خطا، مناسب‌ترین مدل شبکه برای مسئله مورد نظر به‌دست آمد که در این پژوهش شبکه‌های با تعداد ۱۰۰۰۰ بار تکرار با ویژگی‌های زیر به‌عنوان ساختار نهایی پذیرفته شدند.

جدول ٤- اطلاعات مربوط به شبکه‌های عصبی بکار رفته در این پژوهش

نوع تابع	تعداد گره لایه اول	تعداد لایه پنهان	نرخ یادگیری	فاکتورممنتم	صحت مدل	خطای آموزشی	خطای آزمایشی
خطی	٦	١	٠/٠١	٠/٥	٠/٩٣	٠/١٠٣	٠/٢٠٢
سیگموئید	٦	١	٠/٠١	٠/٥	٠/٩٠	٠/٠٧٦	٠/٢٠١

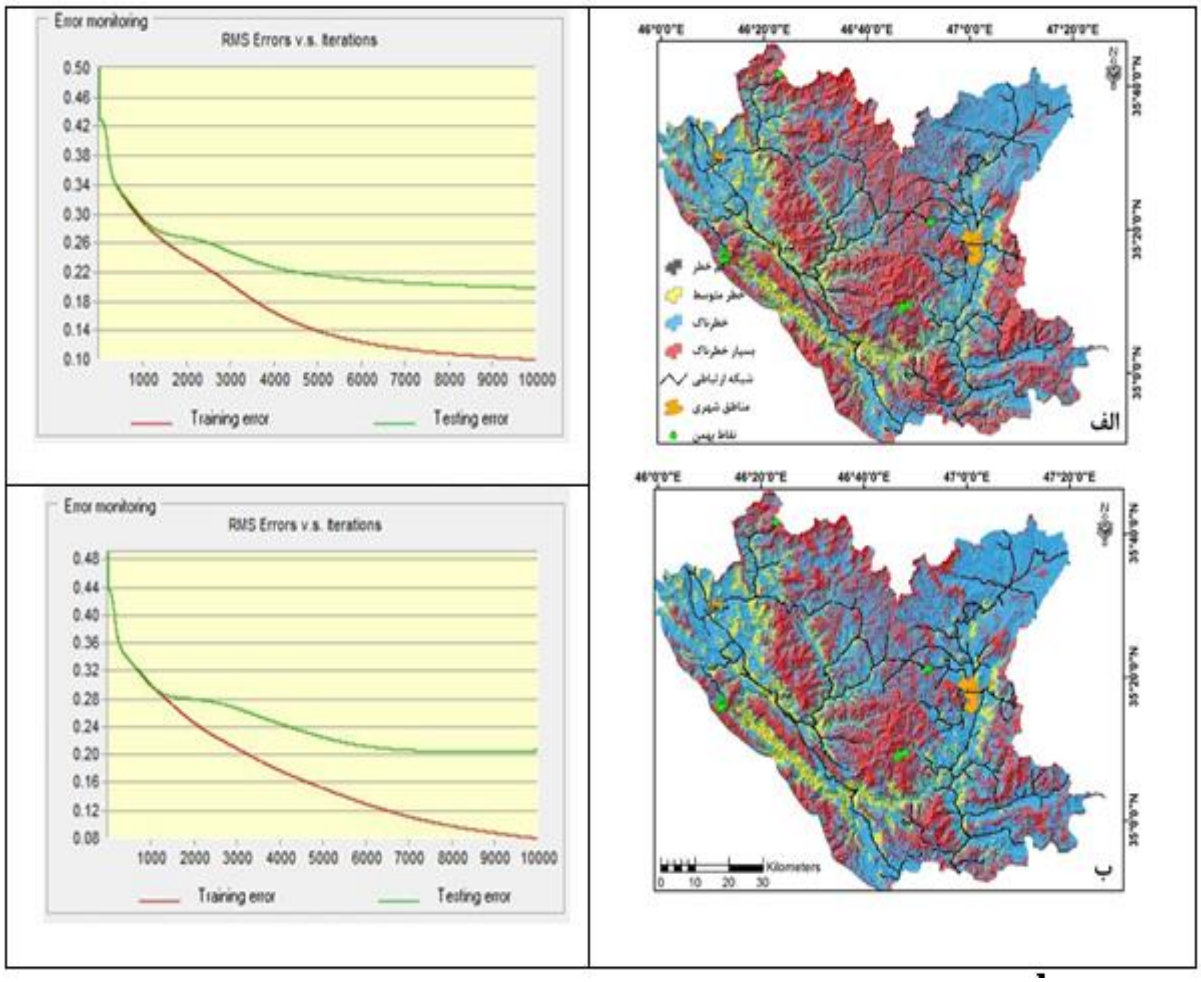
ساختار اصلی شبکه عصبی با دو تابع خطی و سیگموئید با رسیدن به خطای قابل قبول آماده شد (جدول ٤) و محدوده مورد مطالعه به مساحت ٧٧٦١ کیلومترمربع با ٦ متغیر ورودی که تبدیل به داده‌های رستری با اندازه پیکسل‌های ۳۰×۳۰ شدند مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج تحلیل به‌وسیله هر دو تابع به‌صورت نقشه آورده شده است (شکل ٦) که از نظر شدت خطر این نقشه‌ها به چهار طبقه کم‌خطر تا بسیار خطرناک تقسیم شدند. از مجموع ٧٧٦١/٠٢ کیلومتر مربع بر اساس هر دو تابع درصد بالایی از محدوده در منطقه بسیار خطرناک و خطرناک که احتمال خطر بهمن در آن‌ها زیاد است، قرار می‌گیرد. در هر دو شبکه محدوده‌های بسیار ناچیزی در کم خطر قرار گرفتند که نشان از استعداد بالای منطقه برای وقوع بهمن به‌عنوان یک مخاطره است (جدول ٥).

- صحت‌سنجی مدل

برای ارزیابی کارایی و صحت مدل از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. برای این منظور گذرگاه‌های که بهمن در آن‌ها مشاهده شده و نقشه پهنه‌بندی باهم تلفیق، مقایسه و تحلیل گردید. نتایج به‌دست آمد، نشان‌دهنده این است که در هر دو تابع ١٥ مورد از گذرگاه‌های مشاهده شده، در محدوده بسیار خطرناک واقع شده است و تنها دو مورد در محدوده خطرناک واقع شده است که در هر دو مدل گذرگاه شیان[۲] در منطقه خطرناک و در تابع خطی گذرگاه

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

توریور و در تابع سیگموئید گذرگاه آریز در منطقه خطرناک قرار گرفتند این نتایج حاکی از موفقیت مدل‌های طراحی شده در شبکه‌های عصبی (MLP) است (شکل ٦).



شکل ۵: پهنه‌بندی مناطق مستعد بهمن با استفاده از الف تابع خطی و ب تابع سیگموئید

جدول ۵- درصد هر یک از پهنه‌های خطر در حوضه سیروان

نوع تابع	کم‌خطر	خطر متوسط	خطرناک	پرخطر
خطی	۳/۷	۱۱	٥٤/۷	۳۰/٦
سیگموئید	۱۱/٤	۱۱/۹	٤۹/٦	۳۷/۱

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

نتیجه‌گیری

طراحی اجزاء فنی شبکه بر پایه دو روش آستانه میانگین مربعات خطا و روش اعتبار سنجی[8] انجام گرفت. از قوانین یادگیری پرسپترون چند لایه برای انتخاب اجزای مناسب شبکه استفاده شد در ادامه با شناسایی اجزاء فنی مدل مناسب، آموزش نهایی به‌وسیله دو تابع خطی و سیگموئید مدل صورت گرفت. مدل آموزش دیده برای انجام پهنه‌بندی از عوامل زمینی از جمله میزان شیب، جهت شیب، ارتفاع، تحدب و تقعر، فاصله از جاده و کاربری اراضی که با هم نقش مهمی را در مخاطره بهمن برفی بازی می‌کنند، به‌عنوان متغیر ورودی استفاده شد که بر اساس نقشه‌های خطر بهمن بیش از ۸٦ درصد از حوضه در منطقه بسیار خطرناک و خطرناک واقع شده است که می‌توان چنین استدلال کرد، دامنه‌های متعددی از حوضه سیروان مستعد سقوط بهمن می‌باشند.

قرار دادن نقاط شاهد بر روی نقشه‌ها تهیه شده به‌وسیله شبکه عصبی، همپوشانی خیلی خوبی را نشان داد به طوری که اغلب این نقاط در مناطق بسیار خطرناک قرار گرفتند. با توجه به صحت مدل‌ها، میانگین مربعات خطا و انطباق نتایج به‌دست آمده از شبکه‌های MLP، با داده‌های مشاهده‌ای، استفاده از روش AHP به‌منظور تشخیص و جدا کردن مناطق خطر و در نتیجه شناسایی پیکسل‌های فاقد برچسب، در نقاطی که داده‌های مشاهده‌ای کم است، به محققان توصیه می‌شود. این روش امکان انتخاب نمونه‌های بهتری را برای آموزش داده است. در واقع، استفاده از این روش به محقق اجازه انتخاب داده‌ها و شرایط مکانی را می‌دهد و محقق می‌تواند بر نمونه‌گیری کنترل داشته باشد. در نتیجه شبکه عصبی در نهایت، نقشه پهنه‌بندی قوی‌تری فراهم نماید. همچنین استفاده از تکنیک نظارت به‌منظور بهبود نتایج حاصل از طبقه‌بندی شبکه عصبی استفاده از دانش کارشناسان به همراه مدل‌های عصبی جعبه سیاه اجازه به‌کارگیری این روش در مناطق مختلف با شرایط مختلف خطر را می‌دهد زیرا استفاده از این روش نیاز به دانش تخصصی از شرایط فرایند و تجزیه‌وتحلیل مقدماتی از هر یک از عوامل تأثیرگذار دارد.

مناطق مخاطره‌آمیز عمدتاً در مناطق مرتفع و شیب‌های زیاد قرار گرفته است که با نتایج Charehkhah (2015) که استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه‌ای به پهنه‌بندی مخاطرات بهمن در استان کردستان پرداختند و نتایج Naji (2013) در محور چالوس–کرج همخوانی دارد. به‌طور کلی ارتفاع بالا سبب کاهش دما و افزایش بارش به‌صورت برف و یخزدگی می‌گردد این فرآیند همراه با شیب مناسب سبب سطح لغزش برای برف می‌گردد و شرایط برای این مخاطره فراهم می‌شود. بنابراین در احداث هرگونه مراکز تفریحی کوهستانی، جاده و گسترش ساخت‌وسازها بایستی بیش‌ترین تاکید بر روی این دو متغیر شود تا زمینه مدیریت ریسک بهمن فراهم می‌شود.

8- Cross Validation

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

References

- Ahmadi, H., Taheri, S., (2008), "***Snow and avalanche control***", FAO Compilation of Soil Conservation Section, Tehran: Tehran University Press. [In Persian].
- Cappabianca, F., Barbolini, M., Natale, I., (2008), "Snow avalanche risk assessment and mapping: a new method based on a combination of statistical analysis, avalanche dynamics simulation and empirically-based vulnerability relations integrated in a GIS platform", ***Cold region science and technology***, 54: 193-205.
- Charehkhah, B., (2015), "Analysis and zonation avalanche in Kurdistan province, submitted to partial fulfillment of the requirements", Thesis of M.A, University of Kurdistan, Faculty of Natural Resources. [In Persian].
- Choetakhah, B., (2015), "Analysis and zoning of avalanches in Kurdistan province", Thesis of Master's, Faculty of Natural Resources, Kurdistan University. [In Persian].
- Eckert, N., Coleou, Casterbrunet, H., Deschatres, M., Giraud, G., Gaume, J., (2010), "Cross-comparison of meteorological and avalanche data for characterizing avalanche cycles: The example of December 2008 in the eastern part of the French Alps", ***Cold region science and technology***, 64: 119-136.
- Garcia, C., Gloria, M., Oller, P., Moner, I., Gavalda, J., Martinez, P., Carlos Pena, J., (2009), "Major avalanches occurrence at regional scale and related atmospheric circulation patterns in Eastern Pyrenees", ***Cold region science and technology***, 59: 106-118.
- Ghanavati, A., Karimi, J., (2009), "Hazard zonation of avalanche on the haraz road , based on geomorphologic characteristics", ***Journal of Applied Researches of Geosciences***, 9 (12): 100-83. [In Persian].
- Hagan, M. T., Menhaj, M., Training., G., (1994), "Feed-forward networks with the marquardt Algorithm", ***IEEE Transactions on Neural Networks***, 5: 989-993
- Khaledi, Sh., (2003),"Hydroclimate of snow and its application in regional planning with an emphasis on avalanche in Iran. Case study: Haraz Road", ***Scientific Journal Research Faculty of Literature & Humanities***, 164: 480-463. [In Persian].
- Meteorological department of Kurdistan province, (1998), "***Second stage of the meteorological study of Kurdistan province***", Sanandaj, Meteorological of Kurdistan province.
- Moghimi, A., Goodarzi Nezhad, SH., (2011), "***Environmental hazards***", samt Publication, Tehran. [In Persian].
- Mohammadi, A., (1995), "Investigation of avalanche and identification of its passage in the Cherwan Basin", Thesis of Master's, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran. [In Persian].
- Moradi, M., (2013), "Zoning of avalanche occurrence using a neural network model, a case study of the northern mountains of Alborz province", Thesis of Master's, Faculty of Geography, Tabriz University. [In Persian].
- Naji, S., (2013), "Landslides hazard zonation of Karaj-Chalous axis using GIS", dissertation for obtaining a master's degree in geography, Geomorphology tendency, Islamic Azad University, Tehran Branch. [In Persian].

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:40 IRDT on Sunday June 14th 2026

- Naji, S., (2013), "Excavation risk zoning of Karaj-Chalous road using GIS", Thesis of Master's, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Central Tehran Branch. [In Persian].
- Nayeri, H., Karami, M. R., (2016), "Integration of the analytical hierarchy process and neural networks process model for landslide hazard zoning, case study Bijar city", ***Geological Journal of Kharazmi University***, under print. [In Persian].
- Hayki, S., (1994), "***Neural networks: a comprehensive foundation***", Macmillan: london.
- Sobhani, M., (1996), "Investigation of the stability of bridges and snowstands and their performance in control of avalanches", Thesis of Master's, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. [In Persian].
- Soleimani Motlagh, M., Talebi, A., Akrami, M., (2011), "Possibility of predicting the probability of occurrence of avalanches using the nearest neighbor method in GIS software environment, Case Study: avalanche lines of Tehran province", ***Iranian Journal Of Water Management Sciences And Engineering***, 16: 38-33. [In Persian].
-Taghizadeh,T., (1996), "Bahman", ***Nivar Scientific and Technical Journal of Meteorological Organization Country***, 29: 27-36. [In Persian].
- Yousefi, S., Vafakhah, M., Abdollahi, Z., (2011), "Avalanche zoning using Geographic Information System (GIS)", ***Geomatics conference***, 90: 27-25. [In Persian].
- Zare Bidaki, R., Ahmadi, H., Mahdavi, M., (2009), "Review of the avalanche condition of the central Alborz areas", Fifth National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering, Iran, Watershed Management Organization of Iran. 2 May 2009. [In Persian].