

ارائه مدل مفهومی H.E.V. برای ارزیابی ریسک بهمن‌های برفی

(منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز شمشک)

- ❖ **علی رجایی باغسرخی؛** دانشجوی دکتری گروه جنگل، مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- ❖ **بهارک معتمد وزیری*؛** استادیار گروه جنگل، مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- ❖ **علی اکبر نظری سامانی؛** دانشیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ **حسن احمدی؛** استاد گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

بهمن به‌عنوان یکی از مخاطرات دامنه‌ای تهدیدکننده جامعه انسانی و طبیعت در مناطق کوهستانی است. شهرستان شمشک یکی از مناطق بهمن خیز استان تهران است. در دو دهه اخیر نزدیک به ۴۰ نفر در اثر وقوع بهمن‌های برفی در حوزه آبخیز شمشک کشته شده‌اند. در این تحقیق ۱۸ متغیر مؤثر بر وقوع بهمن مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این متغیرها مربوط به شرایط ژئومورفولوژیکی و توپوگرافی، اقلیمی، برف و همچنین برخی فعالیت‌های مرتبط با عوامل انسانی است. در این تحقیق با استفاده از مدل ریسک وارنز (H.E.V.) و استفاده از متغیرهای مؤثر بر وقوع بهمن نقشه ریسک بهمن تهیه و تحلیل شد. با استفاده از سه مدل Garp, A.H.P و MaxEnt نقشه خطر بهمن تهیه شد و بر مبنای سه عامل خطر وقوع بهمن، موانع موجود در مسیر بهمن و همچنین حساسیت به بهمن نقشه ریسک تهیه گردید. مقایسه نتایج با بازدیدهای میدانی و مناطق رخ داده بهمن و آمار و اطلاعات گذشته حاکی از صحت نقشه خطر با دقت ۹۳/۸۵٪ توسط روش A.H.P است. یکی از مهم‌ترین متغیرها در وقوع بهمن در این منطقه شیب است. سپس با استفاده از دو نقشه عناصر در معرض خطر بهمن و نقشه حساسیت در برابر بهمن و نقشه خطر بهمن، نقشه ریسک بهمن برفی تهیه شده است. نتایج نشان داد نقشه خطر بهمن دارای تفاوت ذاتی بسیار با نقشه ریسک بهمن است. مناطقی که در طبقه کم‌خطر در نقشه خطر بهمن واقع شده‌اند در نقشه ریسک بهمن، از اهمیت بیشتری برخوردار شدند. مهم‌ترین دلیل آن وجود عناصر در معرض خطر و توسعه اراضی مسکونی در این منطقه طی چند دهه گذشته است. در واقع ریسک با در نظر گرفتن شرایط خطر، خسارت و درجه حساسیت، درک کمی و مفهومی بهتری را برای مقابله با این مخاطره بیان می‌کند.

واژگان کلیدی: ارزیابی بهمن برفی، خطر بهمن، شمشک، بهمن، شمشک، مدل مفهومی H.E.V.

۱. مقدمه

امروزه بهمن برفی در مناطق کوهستانی برای مردم، خزنه‌ها و ساختمان‌ها، امکانات و جاده‌ها یک خطر جدی محسوب می‌شود. برای مقابله با آن، فقط به حداقل رساندن خطرات بهمن کافی نیست، بلکه می‌بایست رویکردهای اندازه‌گیری و مدیریت در زمان وقوع بهمن نیز مورد توجه قرار گیرد. با این وجود امروزه، مواجه شدن با پدیده‌ای به نام بهمن در مناطق کوهستانی، علی‌رغم تمام فعالیت‌هایی که برای ساکنان مناطق کوهستانی انجام شده است، همچنان طبیعی و معمول است. سال‌ها مردم در مناطق کوهستانی مجبور به مقابله با این تهدید طبیعی بوده‌اند. نحوه و مکان سکونت و نوع ساخت‌وساز، مدیریت جنگل و برنامه‌های کاربری اراضی، تهدیدات بهمن‌ها را در مناطق کوهستانی در دهه‌های اخیر به حداقل رسانده است [۱۷]. تخریب و آسیب منازل مسکونی، تأسیسات صنعتی، بناها، ساختمان‌ها و... اغلب به عملیات مهندسی مربوط نمی‌شود، بلکه بیش از ۹۰٪ خسارات به علت مکان‌یابی و جایگزینی نادرست ساختمان‌ها و بناها است. این موضوع در مناطق بهمن خیز نیز صدق می‌کند و ممکن است بناهای بسیاری در مناطق پرخطر واقع شده باشند [۱۱]. تکنیک‌های کاهش بهمن و مدیریت بلایا در بسیاری از کشورهای جهان ایجاد شده است. قوانین و اصول کلی این تکنیک‌ها از جمله نظارت و جلوگیری از بهمن، مدیریت بهمن و جلوگیری از ساخت‌وساز یا توسعه در مناطق پرخطر در کوتاه‌مدت یا بلندمدت قابل اجرا هستند [۱۲]. در هنگام وقوع بحران‌های طبیعی که با ناهنجاریهای اجتماعی همراه می‌شود می‌بایست از قبل، یک برنامه مدیریتی کارآمد، تهیه و آماده گردد تا اولاً مناطق پرخطر شناسایی شوند و ثانیاً بتوان در استقرار مراکز امداد رسانی، کوتاه‌ترین و امن‌ترین راه‌های دسترسی به مراکز و بهترین تصمیم‌گیری‌ها را انجام داد [۱۶]. در محور میگون - شمشک پیش‌بینی قابلیت رخداد بهمن با استفاده از رگرسیون لجستیک رخدادهای نادر، بررسی شده است و با توجه به نتایج به ترتیب لایه‌ها، شکل دامنه، ارتفاع، رخنمون سنگی، شیب و جهت شیب،

به‌عنوان عوامل مؤثر در منطقه تراکم برف شناخته شده‌اند. همچنین نقشه مناطق حساس به رخداد بهمن به روش رگرسیون لجستیک رخدادهای نادر، در سه کلاس خطر زیاد، خطر متوسط و کم خطر حاصل شده است که کلاس‌های کم‌خطر ۶۷/۳۵٪، خطر متوسط ۲۴/۵۹٪ و خطر زیاد ۸/۰۶٪ از مساحت کل حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج حاصل از این روش مهم‌ترین عامل در تراکم برف را، شکل دامنه شناخته است و نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل برای رگرسیون لجستیک رخدادهایی نادر برابر ۷۵٪ بوده است [۲]. اقدامات مواجهه در برابر بحران در منطقه بهمن به دو شکل است. ابتدا شناسایی منطقه بهمن خیز و مناطق پرخطر در مناطق کوهستانی و علل وقوع بهمن، و سپس پیشگیری و یا کنترل بهمن [۸]. تحقیقات در کوه‌های پیرنه در کشور فرانسه نشان داده است که پوشش‌های گیاهی در منطقه شروع بهمن، باعث افزایش تجمع برف در این منطقه و سنگینی توده‌های برف می‌شود و افزایش احتمال وقوع بهمن‌ها را در پی خواهد داشت [۱۱]. مطالعات برف و بهمن در سراسر جهان پیشرفت چشمگیری داشته است و بسیاری از فعالیت‌های علمی و تخصصی در این زمینه در مراکز معتبر علمی در سراسر جهان انجام می‌شود. مهم‌ترین تحقیقات بنیادی در این زمینه در کشور سوئیس انجام می‌شود که تقریباً دانش قابل توجه و مفیدی از سراسر جهان را در اختیار دارد [۱۴]. در کشور سوئیس ۲ درصد از کل خطرات این کشور مربوط به بهمن‌های برفی است. شکل‌گیری بهمن، شرایط رها شدن بهمن، نظارت بر تجمع و مدل‌سازی‌ها و همچنین پایداری توده برف از جمله مواردی هستند که می‌بایست مدنظر قرار گیرند [۳]. یکی از عواملی که در بررسی بهمن‌های اتفاق افتاده، به عنوان یک خلأ و یا اصطلاحاً گپ می‌توان یافت، این است که نحوه عملکرد، شیوه و تعداد انسان‌ها به عنوان مثال اسکی‌بازان یا کوهنوردان به چه نحوی بوده است؟ بدین منظور در کشور سوئیس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی فعالیت دو گروه از کوهنوردان با استفاده از وب‌سایت آنها بررسی شده است و یک الگوی فضایی طولانی‌مدت از فعالیت‌های گردشگری

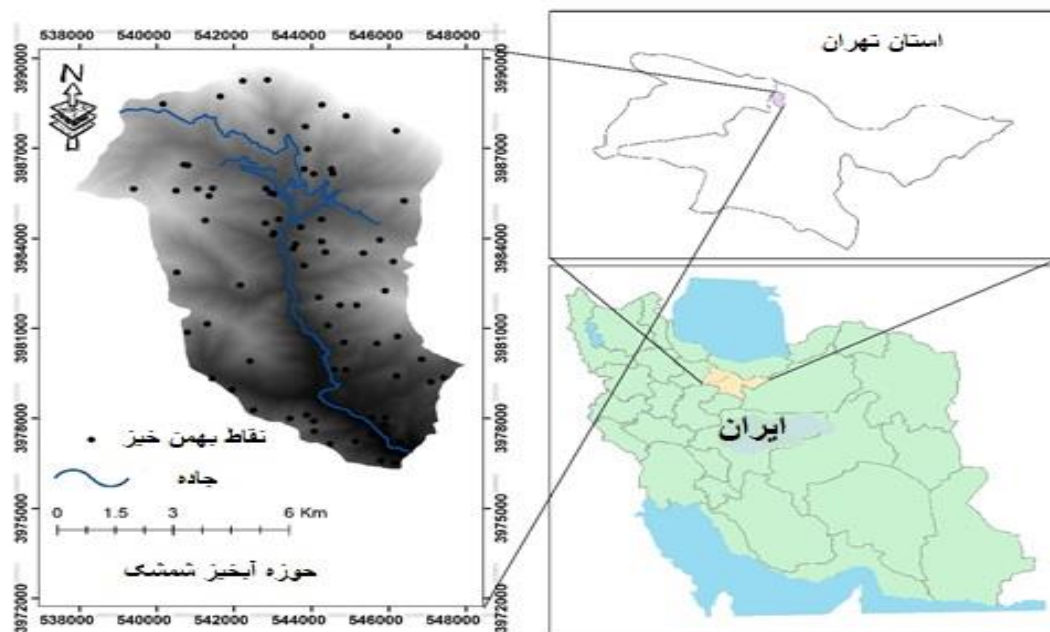
بهمن و ریسک بهمن است که با توجه به آن می‌توان مطالعات بسیار دقیق و مفیدی را در خصوص برنامه‌ریزی‌ها و مدیریت بحران در این منطقه انجام داد.

۲. روش‌شناسی

۲.۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شمشک واقع در شهرستان شمیرانات در استان تهران است. مساحت این حوزه ۸۱۷۶ هکتار در بخش شمالی استان تهران و در منطقه دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه‌های البرز بین ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۳ دقیقه و ۱۸ ثانیه شمالی، و ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه و ۱۲ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه و ۴۵ ثانیه طول شرقی، و در ۵۷ کیلومتری استان تهران واقع شده است. به‌طور کلی این منطقه با پستی‌وبلندی بسیار زیاد و شیب‌های تند، از تنوع زیاد اقلیم و پوشش گیاهی و همچنین فرسایش شدید خاک برخوردار است. حداقل ارتفاع منطقه از سطح آب‌های آزاد ۲۰۰۰ متر مربوط به زیر حوضه میگون و حداکثر ارتفاع منطقه ۴۲۰۰ متر در بندسر است. اقلیم منطقه مورد مطالعه بر اساس روش آمبرژه و بر اساس روش دومارتن، مرطوب فراسرد است. میانگین دمای سالیانه ۹/۷۸ درجه سانتی‌گراد است و میانگین بارش سالیانه نیز ۶۱۱/۸۶ میلی‌متر است. بیشترین دما در سال مربوط به ماه‌های تیر و مرداد با حداکثر دمای ۲۷ درجه و کمترین دما مربوط به بهمن‌ماه با حداقل دمای ۱۸- درجه است. در این حوضه با توجه به وضعیت دما روزهای یخبندان زیاد است و این روزها از اواخر آبان - اوایل آذر شروع شده و تا آخر فروردین‌ماه ادامه دارد. به طور میانگین ۱۰۰ روز از سال یخبندان در منطقه وجود دارد. بیشترین حد بارش در سال ۱۳۷۰ بوده است که برابر ۱۰۳۸ میلی‌متر بوده است. جمعیت شهر شمشک بر اساس نتایج کلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، ۳۴۲۳ نفر بوده است که ۱۷۵۰ نفر آن مرد و ۱۶۷۳ نفر آن رازن تشکیل می‌دهد [وب‌سایت رسمی فرمانداری شمیرانات].

زمستانی در کوه‌های آلپ سوئیس ارائه شده است و سپس نتایج با بهمن‌ها و اتفاقات رخ داده مقایسه شده‌اند. نتایج نشان داده‌اند که بهمن‌های رخ داده اغلب نزدیک به مراکز اصلی تجمع بوده‌اند که معمولاً در قسمت‌های غرب و شمال واقع شده‌اند [۴]. مدیریت بحران بهمن برفی با استفاده از ارزیابی بهمن‌های برفی و بررسی آنچه که در هنگام وقوع بهمن‌های برفی رخ می‌دهد، امکان‌پذیر شده است [۹]. در کشور ایران مطالعات در خصوص پدیده برف و بهمن‌های برفی نسبت به سایر مطالعات محدودتر است. در بسیاری از مطالعات نیز به اشتباه نقشه خطر بهمن برفی با نقشه ریسک بهمن برفی یکسان در نظر گرفته شده است و از نقشه خطر بهمن برفی برای مدیریت بحران و یا ارائه راهکارها استفاده شده است. این تحقیق نشان می‌دهد که این دو نقشه دارای تفاوت اساسی از یکدیگر هستند و برای مدیریت بحران و برنامه‌ریزی‌ها می‌بایست از نقشه ریسک بهمن برفی استفاده گردد. چه بسا مناطقی در نواحی بالادست حوضه‌ها هستند که بهمن‌های بسیار خطرناک و مهیبی در این مناطق رخ می‌دهد و در نقشه‌های خطر بهمن جزو مناطق پرخطر محسوب می‌شوند، ولی به دلیل اینکه در این نواحی سکونتگاه یا تأسیساتی وجود ندارد دارای ریسک بالایی نیستند، اما در نواحی پایین‌دست ممکن است بهمن‌های متوسط و یا کوچکی رخ دهد که با توجه به نزدیکی به مناطق پرجمعیت یا تأسیسات و موارد زیربنایی باعث بروز خسارات جانی و مالی فراوانی شوند. پس این مناطق از لحاظ ریسک و مدیریت بحران بسیار حائز اهمیت هستند. اگر در مدیریت بحران و ارائه راهکارها به نقشه خطر بهمن توجه کنیم و نقشه ریسک بهمن را در نظر بگیریم، مدیریت بحران و ارائه راهکارها و به طبع آن کاهش خسارات ناشی از بهمن‌های برفی به‌درستی و صحیح انجام نخواهد پذیرفت. شدت خطر بهمن در منطقه شمشک به حدی بوده است که تاکنون بیش از ۴۰ نفر در اثر وقوع بهمن‌های برفی در این منطقه کشته شده‌اند. مناطق مسکونی و باغ‌ها و همچنین تأسیسات و خودروها در این منطقه خسارات زیاد و جبران‌ناپذیری دیده‌اند. هدف از این تحقیق نشان‌دادن تفاوت ذاتی مابین نقشه خطر



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. بیست اسکی بین‌المللی واقع در منطقه شمشک و قله دماوند و نواحی اطراف آن

۲.۲. روش پژوهش و داده‌های مورد نیاز

به منظور ارزیابی ریسک بهمن در مطالعه حاضر، عوامل مؤثر در وقوع بهمن‌های برفی به طور کامل و جامع در نظر گرفته شد؛ به طوری که ۱۸ عامل شامل ۱- شیب، ۲- جهت شیب، ۳- ارتفاع، ۴- پوشش گیاهی، ۵- رخساره‌های فرسایشی، ۶- فاصله از جاده، ۷- فاصله از

آبراهه، ۸- فاصله از گسل، ۹- انحنای عرضی، ۱۰- انحنای طولی، ۱۱- لحنای عمومی، ۱۲- لحنای تانژننتی، ۱۳- سنگ‌شناسی، ۱۴- کاربری اراضی، ۱۵- تأثیر باد، ۱۶- متوسط برف، ۱۷- شاخص TPI و ۱۸- شاخص V.R.M. مورد بررسی قرار گرفت. برای کمی کردن پارامترها از روش A.H.P استفاده شد و با استفاده

کارشناسان محلی وزن‌دهی شده‌اند. به‌عنوان مثال یک جاده عبور و مرور واقع شده در منطقه سقوط بهمن در این نقشه نسبت به یک باغ میوه دارای درجه اهمیت بسیار بیشتری است.

* **V یا VULNERABILITY**: به معنای حساسیت و آسیب‌پذیری در قبال بهمن‌های برفی است و مشخص می‌نماید که هر یک از المان‌های موجود در مناطق بهمن خیز به چه میزان نسبت به یکدیگر در مقابل بهمن‌های برفی آسیب‌پذیر هستند و با توجه به حساسیتشان نسبت به یکدیگر سنجیده می‌شوند و در این مدل مفهومی در قالب یک نقشه مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای محاسبه حساسیت‌پذیری از معادله (۱) استفاده شده است.

$$V = LM \times PM \quad (\text{Saldivar-Sali et al}) \quad (1)$$

در این معادله LM معادل ضریب نوع کاربری و PM معادل ضریب جمعیت مطابق جدول‌های (۱) و (۲) است. **مدل A.H.P**: فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از سیستم‌های تصمیم‌گیری برای معیارهای متعدد است که بر اساس دانش متخصص و نظر کارشناسی طراحی شده است. تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی مبتنی بر مقایسه دو به دو است که قضاوت را آسان می‌کند و دقت محاسبات را افزایش می‌دهد. ورودی روش تحلیل سلسله‌مراتبی یک ماتریس مقایسه دوتایی است که اجزای آن بیانگر اهمیت نسبی معیارها هستند. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی شامل مراحل زیر است:

۱- ایجاد سلسله‌مراتب

۲- مقایسات زوجی

۳- محاسبه وزن

۴- محاسبه نرخ ناسازگاری

در این تحقیق انجام کلیه مراحل این مدل و همچنین محاسبه نرخ ناسازگاری در نرم‌افزار Expert choice انجام پذیرفته است.

از مقایسات زوجی بین طبقات پارامترها با توجه به اهمیت آنها در فرایند وقوع بهمن، پارامترها وزن‌دهی شدند و به‌صورت کمی مورد استفاده در مدل قرار گرفتند. تهیه نقشه‌های این عوامل با استفاده از بازدیدهای میدانی، استفاده از سنجنده oli ماهواره Landsat 8، (پایگاه U.S.G.S)، داده‌ها و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور، شرکت تماب، نقشه‌های موجود در اداره شهرداری شهر شمشک، جداول و شاخص‌های بین‌المللی، و نرم‌افزارها مختلف به همراه استفاده از اطلاعات عمومی مسئولین پیست اسکی و کارشناسان اداره شهرداری شمشک و بازدیدهای میدانی انجام پذیرفته است.

۲.۲.۱. مدل مفهومی H.E.V.

به منظور ارزیابی ریسک بهمن برفی در منطقه شمشک مدل مفهومی H.E.V. شامل سه بخش ذیل ارائه گردیده است:

* **H یا HAZARD**: به معنی خطر بهمن است و در این مدل خطر وقوع بهمن برفی با استفاده از سه مدل A.H.P، MaxEnt و Garp مشخص گردیده است و مناطق بهمن خیز منطقه شمشک در قالب سه نقشه در این مدل‌ها تهیه گردیده است و پس از تطابق با نقشه وقوع خطر بهمن حاصل از بازدیدهای میدانی، مدلی که به واقعیت نزدیک‌تر بوده است برای استفاده در این مدل مفهومی انتخاب گردیده است.

* **E یا ELEMENT**: به معنای عناصر موجود در مسیر بهمن‌های برفی است. در واقع این بخش از مدل مشخص می‌کند که چه المان‌ها یا عناصری در مسیر بهمن‌ها و در مناطق بهمن خیز واقع شده‌اند و همچنین اهمیت آنها نیز نسبت به یکدیگر سنجیده می‌شود. برای مشخص کردن المان‌های واقع شده در مسیر بهمن‌های برفی از نقشه کاربری اراضی ارائه شده توسط شهرداری شمشک (و تدقیق میدانی آن) استفاده گردید. پارامترهای این نقشه با توجه به اهمیتشان در مواجهه با بهمن برفی در مدل A.H.P و با استفاده از مقایسات زوجی توسط

جدول ۱. ضریب جمعیت (Saldivar-Sali et al)

PM	
تعداد جمعیت در هر ناحیه	ضریب جمعیت
۰-۱۰۰۰	۰/۷۵
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰/۸
۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰/۸۵
۳۰۰۰-۴۰۰۰	۰/۹
۴۰۰۰-۵۰۰۰	۰/۹۵
۵۰۰۰	۱

جدول ۲. ضریب کاربری (Saldivar-Sali et al)

LM	
کاربری	ضریب کاربری
دارای ساخت (واحد ساختمانی)	۱
مرتع	۰/۹۵
کشاورزی	۰/۹
متفرقه	۰/۸۵
جنگل	۰/۸

روش فقط حضور است و برای پیش‌بینی توزیع جغرافیایی گونه‌ها از مجموعه‌ای از قوانین یا روابط (در صورت وجود) برای مدل‌ها استفاده می‌کند.

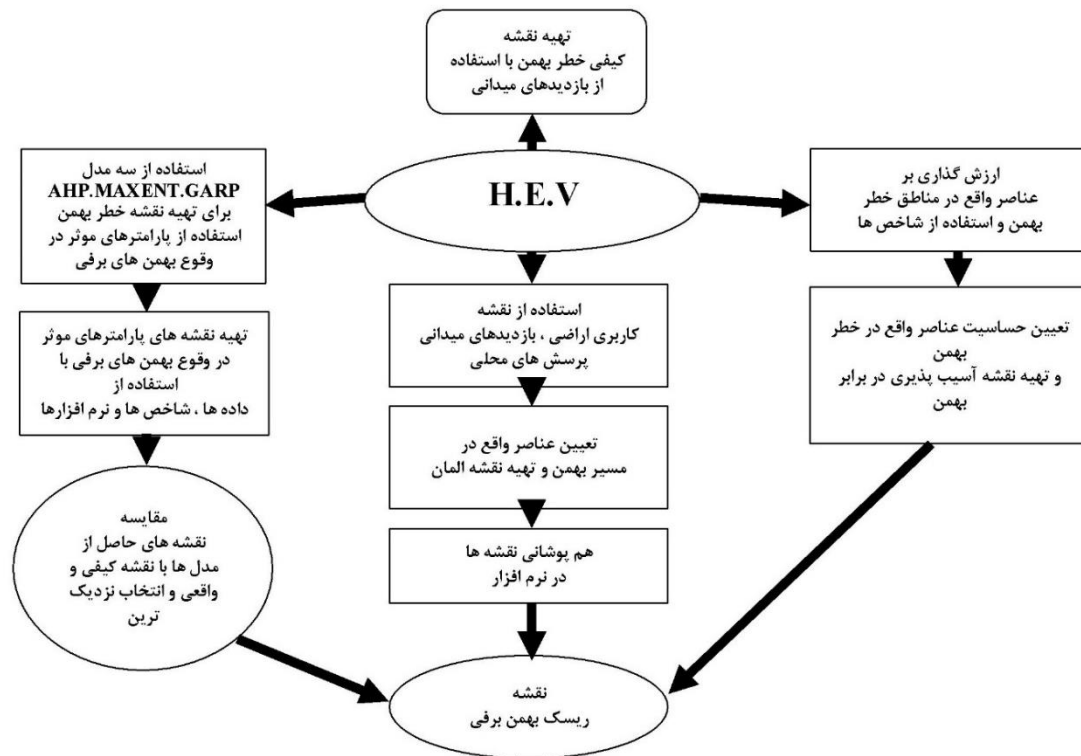
مزیت روش A.H.P این است که بسیاری از پارامترهای مؤثر و مهم را می‌توان در این مدل به کار گرفت و از آنجا که همه پارامترها کمی نیستند و اساساً با یکدیگر تفاوت ذاتی دارند ولی از طریق این مدل می‌توان آنها را با یکدیگر مقایسه نمود و به پارامترهای کمی تبدیل نمود. مزیت روش MaxEnt این است که برای پیش‌بینی رفتار یک گونه یا پدیده نیازی به نقاط عدم وجود آن گونه یا پدیده نیست، بلکه از یک سری عوامل مؤثر در وقوع آن پدیده و همچنین نقاط مشاهده شده از آن پدیده استفاده می‌کند و روش Garp مدلی است که بسیار مؤثر و سریع عمل می‌کند و بسیار منعطف است و با هر نوع تابع هدف محدودیت عمل می‌کند. تمامی پاسخ‌ها دقیق هستند و هیچ تقریبی در آن وجود ندارد. انتخاب سه مدل در انجام

مدل Max.Ent: حداکثر آنتروپی نام قانون دوم ترمودینامیک است که به عنوان قانون افزایش تلاطم نیز شناخته می‌شود. ادوین تامپسون جینز برای اولین بار در سال ۱۹۵۷ از این قانون در نظریه اطلاعات استفاده کرد. در این روش، همبستگی تعداد بهینه عوامل مؤثر در وقوع بهمین با نقاط شواهد بهمین محاسبه و با همبستگی متغیرها با نقاط تصادفی (به عنوان نقاط عدم وقوع بهمین) محاسبه می‌شود [۱۰]. سرانجام، مدلی به دست می‌آید که بیشترین قدرت را برای شناسایی مناطق بهمین دارد. استفاده از مدل MaxEnt به عنوان یک روش وابسته به بهمین می‌تواند بسیاری از ناکارآمدی‌ها را از بین ببرد.

مدل Garp: مدل‌سازی Garp بر اساس الگوریتمی ژنتیکی است که برای اولین بار توسط هلند (۱۹۵۷) ارائه شد. گارپ الگوریتمی برای یادگیری ماشین است که توسط استوک ول و نوبل در سال ۱۹۹۱ برای فرایند مدل‌سازی توزیع گونه تولید شده است. مدل Garp یک

است که در نهایت منجر به تهیه نقشه ریسک دقیق‌تری خواهد شد. مراحل انجام تحقیق به صورت کلی در شکل (۳) نشان داده شده است.

این تحقیق باعث افزایش دقت و کارایی مدل مفهومی H.E.V. پس از مقایسه مدل‌ها با یکدیگر و همچنین صحت‌سنجی آنها با نقشه واقعی وقوع بهمن در منطقه



شکل ۳. فلوجارت مراحل انجام تحقیق

۳. نتایج

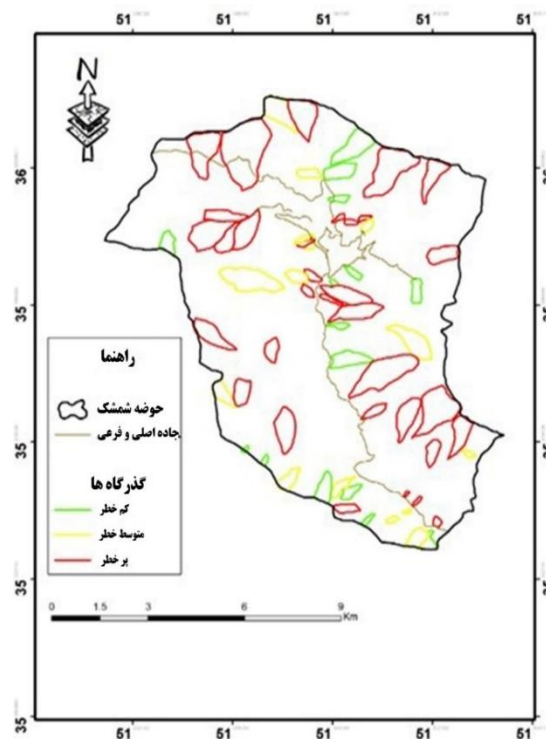
۳.۱. نقشه وقوع خطر بهمن

این نقشه از طریق بازدیدهای میدانی، پرس و جوهای محلی و با استفاده از اطلاعات کارشناسان شهرداری شمشک و برگزاری جلساتی با برخی از نزدیکان قربانیان و بازماندگان بهمن‌های برفی در منطقه به دست آمده است. سپس از طریق دستگاه GPS مناطق خطرناک و مهم نشان گذاری شد. مکان‌های نشان گذاری شده در پایگاه google earth وارد شده و مورد مطالعه و بررسی بیشتر قرار گرفتند و مناطق بالادست که ممکن است بهمن از آنجا آغاز شده باشد شناسایی شدند. در این نقشه سه نکته اصلی و مهم وجود دارد:

- ۱- مناطقی از جاده ورودی به شهر در سال‌های گذشته بهمن سنگینی داشته است که موجب صدمات جانی و مالی شده است. این مناطق در قسمت جنوبی نقشه واقع شده‌اند و با چندضلعی‌های قرمز مشخص شده‌اند.
- ۲- مناطقی که نزدیک به مناطق مسکونی هستند و این مناطق تقریباً در قسمت‌های مرکزی روی نقشه نشان داده شده‌اند. در سال‌های اخیر، این مناطق بهمن‌هایی داشته‌اند که حتی به پنجره‌های طبقه دوم خانه‌های مسکونی رسیده و منجر به خسارت شده است. همچنین برخی باغ‌ها در مسیر این بهمن‌ها واقع شده و تخریب شده‌اند.
- ۳- نواحی نزدیک مرز حوضه که در ارتفاعات واقع شده است و این مناطق طی سال‌های اخیر بهمن‌های

مناطق قرمز رنگ مناطقی هستند که در این نواحی بهمن‌ها به حدی شدید بوده‌اند که باعث خسارات سنگین مالی و جانی شده‌اند و باعث تخریب منازل، باغات، ویلاها و جاده‌ها و مرگ چندین نفر از ساکنین و کوهنوردان و سرنشینان خودروها شده‌اند.

سنگینی داشته‌اند و این بهمن‌ها تا مرکز شهر و معابر اصلی ادامه داشته‌اند. این مناطق در قسمت‌های شمالی و شمال غربی و جنوب شرقی و حاشیه قرار دارند. اساس طبقه‌بندی در این نقشه بر مبنای حجم و شدت بهمن‌های رخ داده در سالیان گذشته بوده است که با استفاده از اطلاعات کارشناسان منطقه و افراد بومی ارائه شده است.



شکل ۴. نقشه بهمن‌های برفی رخ داده



شکل ۵. تصویر سمت راست مخزن ذخیره سیمان، حجم و قدرت بهمن به اندازه‌ای بوده است که باعث آسیب به مخزن شده است. این ناحیه چندین تلفات جانی نیز داشته است. تصویر سمت چپ، قدرت بهمن به حدی بوده است که پنجره بالایی این واحد مسکونی را تخریب و باعث ایجاد خسارات شده است (در حال حاضر بازسازی شده است).



شکل ۶. مناطقی از پیست اسکی که در سالیان گذشته بهمن‌های سنگین در این منطقه رخ داده است.



شکل ۷. تصویر سمت راست محلی در پیست اسکی که در سال‌های گذشته بهمن‌های خطرناکی داشته و ساکنین و مسئولین پیست مجبور به حفر خندق و سپس کانالی در مقابل بهمن شدند تا از میزان قدرت و تخریب آن بکاهند. تصویر چپ یک رستوران کوچک محلی که در اثر سقوط بهمن تخریب گردیده است.



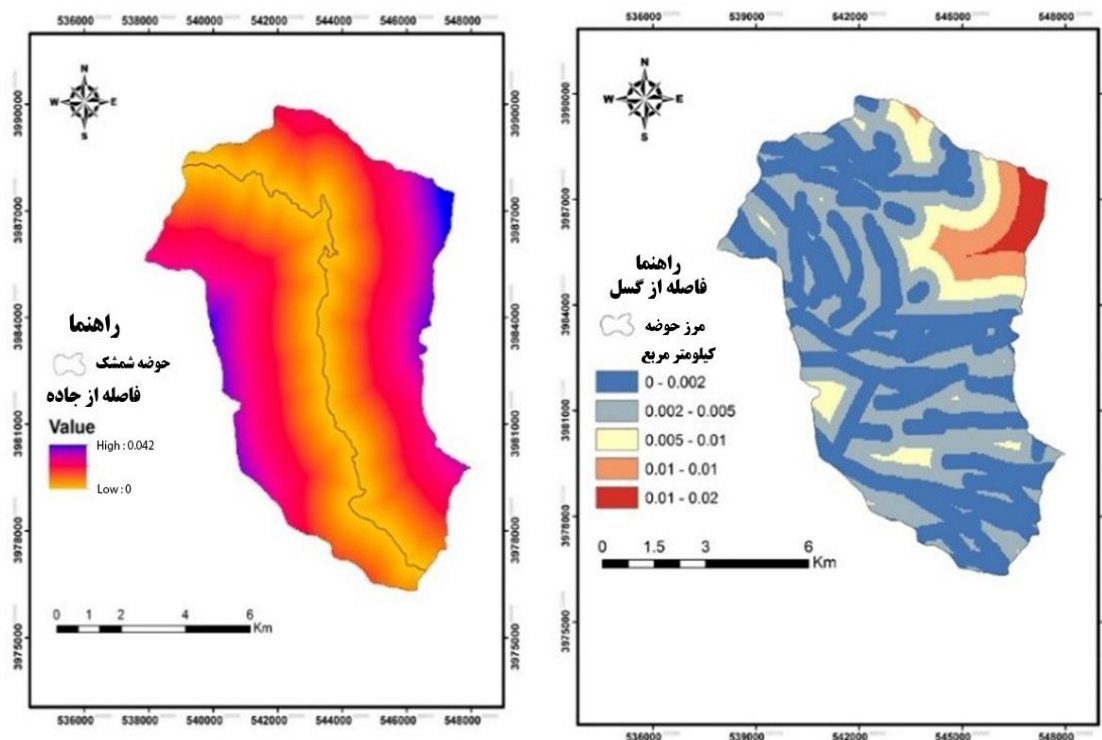
شکل ۸. تصویر سمت راست ابتدای جاده ورودی به شهر شمشک که بهمن‌های خطرناکی در این گذرگاه رخ داده است و ساکنین محلی خندقی را در جلوی مسیر بهمن حفر کرده‌اند و مسیر عبور بهمن را میله‌گذاری کرده‌اند. تصویر سمت چپ راه‌های تردد در شهر شمشک که در این منطقه نیز بهمن‌هایی رخ داده و باعث مسدود شدن جاده شده است.

محدود و موردی بوده‌اند و در سال‌هایی که بارش‌های برف سنگین بوده است بهمن رخ داده است که با توجه به موقعیت مکانی تلفات و خسارات جانی و مالی سنگین نداشته‌اند و در مواردی باعث مسدود شدن راه‌ها و مسیرهای دسترسی محلی و یا مسدود شدن موقت جاده اصلی شده‌اند، اما با توجه به شیب و توپوگرافی منطقه تجمع برف سنگین نداشته‌اند و همچنین قدرت و سرعت بهمن‌ها با توجه به شیب نسبتاً ملایم‌تر از مناطق دیگر بوده است.

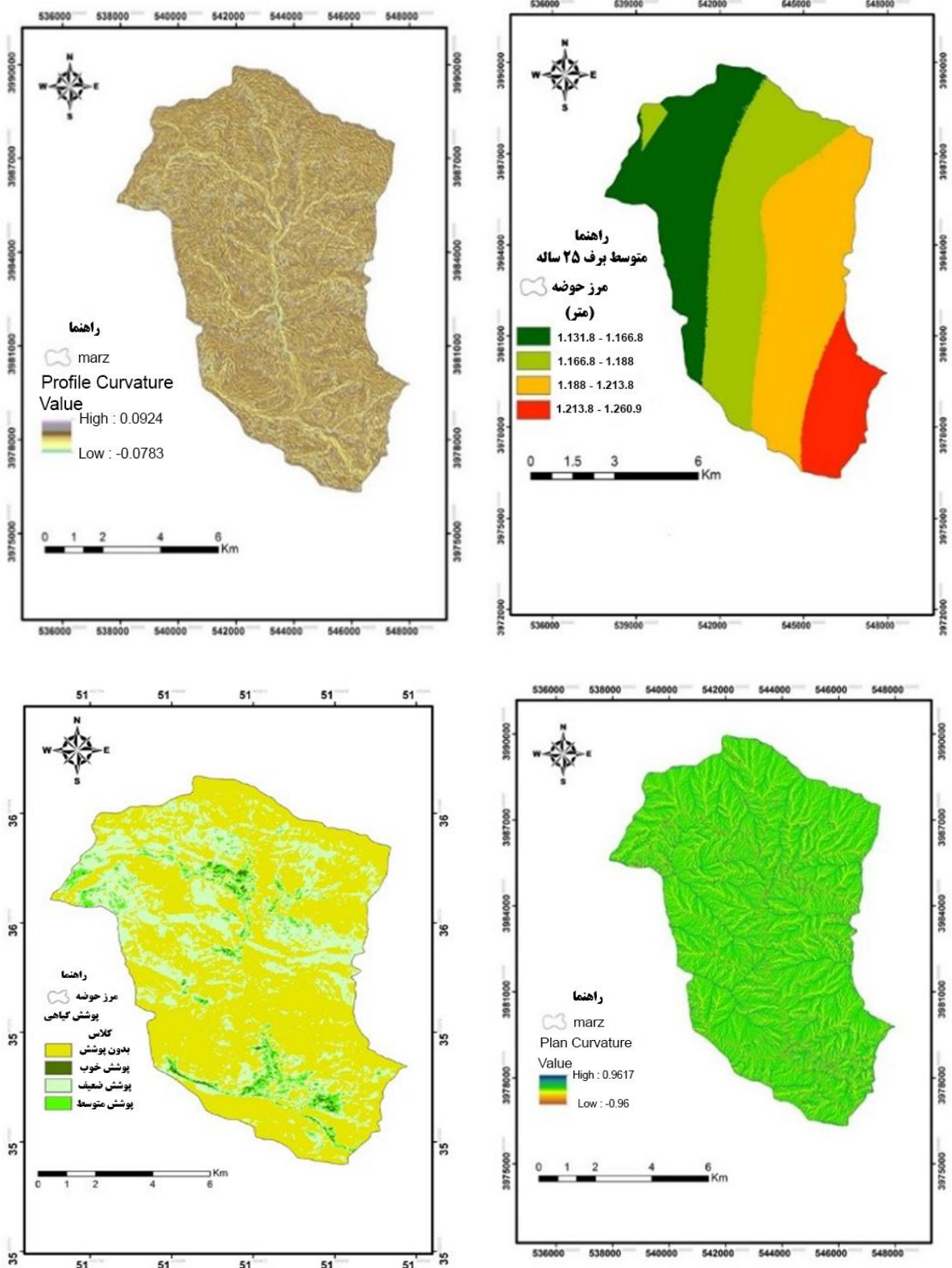
۳.۲. نقشه متغیرهای مؤثر بر وقوع بهمن

نقشه‌های پارامترهای مؤثر بر وقوع بهمن برفی در منطقه شمشک با استفاده از نرم‌افزار Arc Gis تهیه گردید. این نقشه‌ها با استفاده از روش‌های توضیح داده شده برای تهیه نقشه خطر بهمن برفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تمامی نقشه‌ها و همچنین طبقات جزئی‌تر آنها با استفاده از مدل‌ها وزن‌دار و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در شکل‌های صفحات بعد این نقشه‌ها نشان داده شده‌اند.

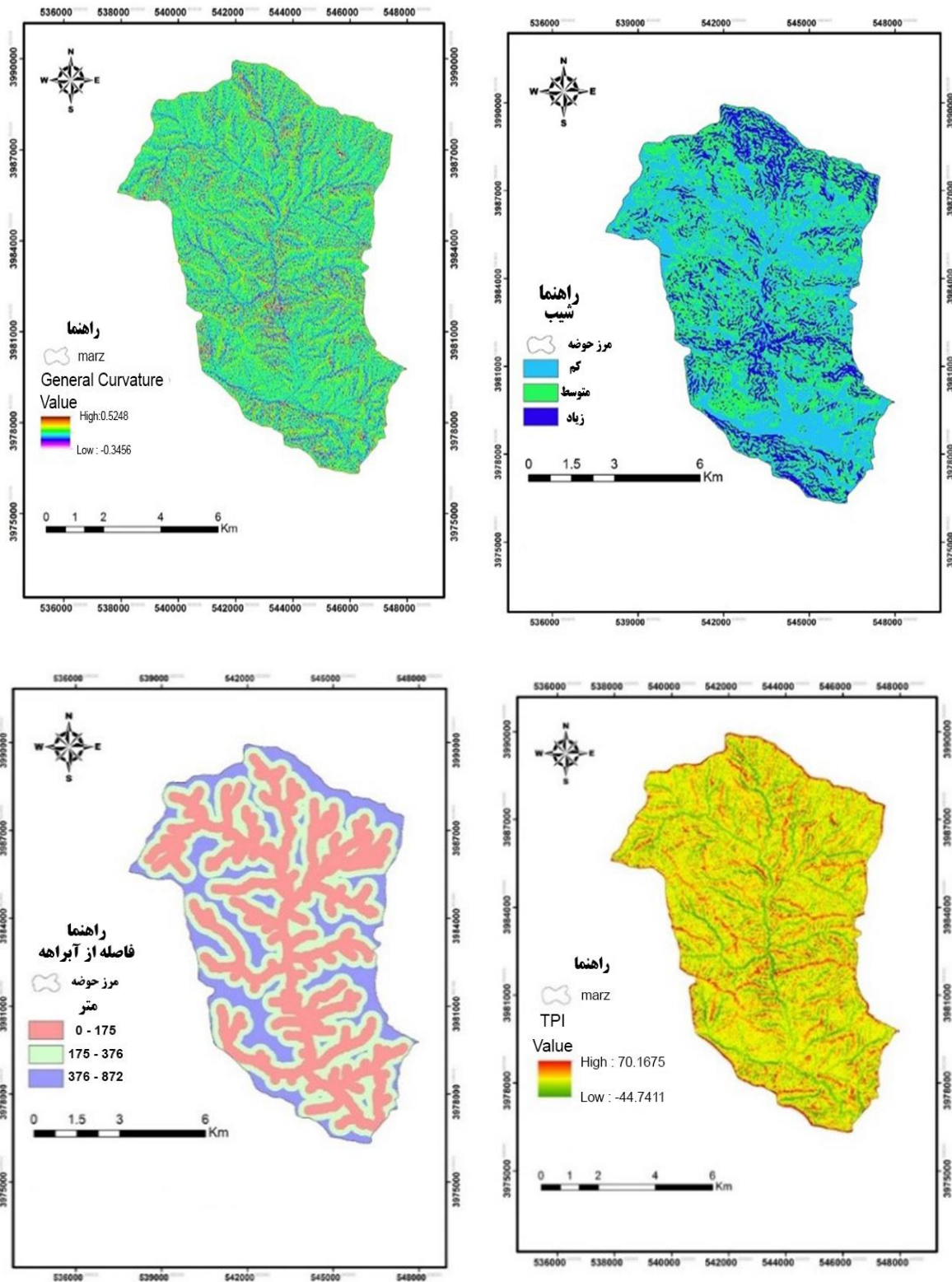
برخی از این مناطق در قسمت‌های مرتفع‌تر حوضه واقع شده‌اند و بهمن‌های سنگینی بوده‌اند که تا مناطق پایین‌دست نیز رسیده‌اند و شدت و بزرگی آنها به حدی بوده است که تا طبقه دوم منازل مسکونی و حتی تا نزدیکی انتهای مخزن سیمان نیز رسیده‌اند. برخی مناطق خطرناک نیز در نواحی پایین‌دست واقع شده‌اند که با توجه به شیب زیاد و تجمع برف کافی این مناطق نیز دارای بهمن‌های خطرناک بوده‌اند، به نحوی که حتی باعث واژگونی یک دستگاه مینی‌بوس در مسیر تردد و مرگ چندین نفر شده است. مناطق زردرنگ مناطقی هستند که بهمن‌های برفی در این مناطق به حدی بوده‌اند که باعث خسارات مالی نسبتاً شدیدی شده‌اند، ولی تلفات جانی در این مناطق رخ نداده است و شدت و بزرگی بهمن‌ها در حد متوسط بوده است؛ اغلب باعث تخریب زمین‌ها و محصولات کشاورزی و یا باغات شده‌اند و یا مسیرهای تردد را مسدود کرده‌اند و در حد متوسط از لحاظ شدت و بزرگی بهمن بوده‌اند. مناطق سبزرنگ مکان‌هایی هستند که دارای بهمن‌های برفی



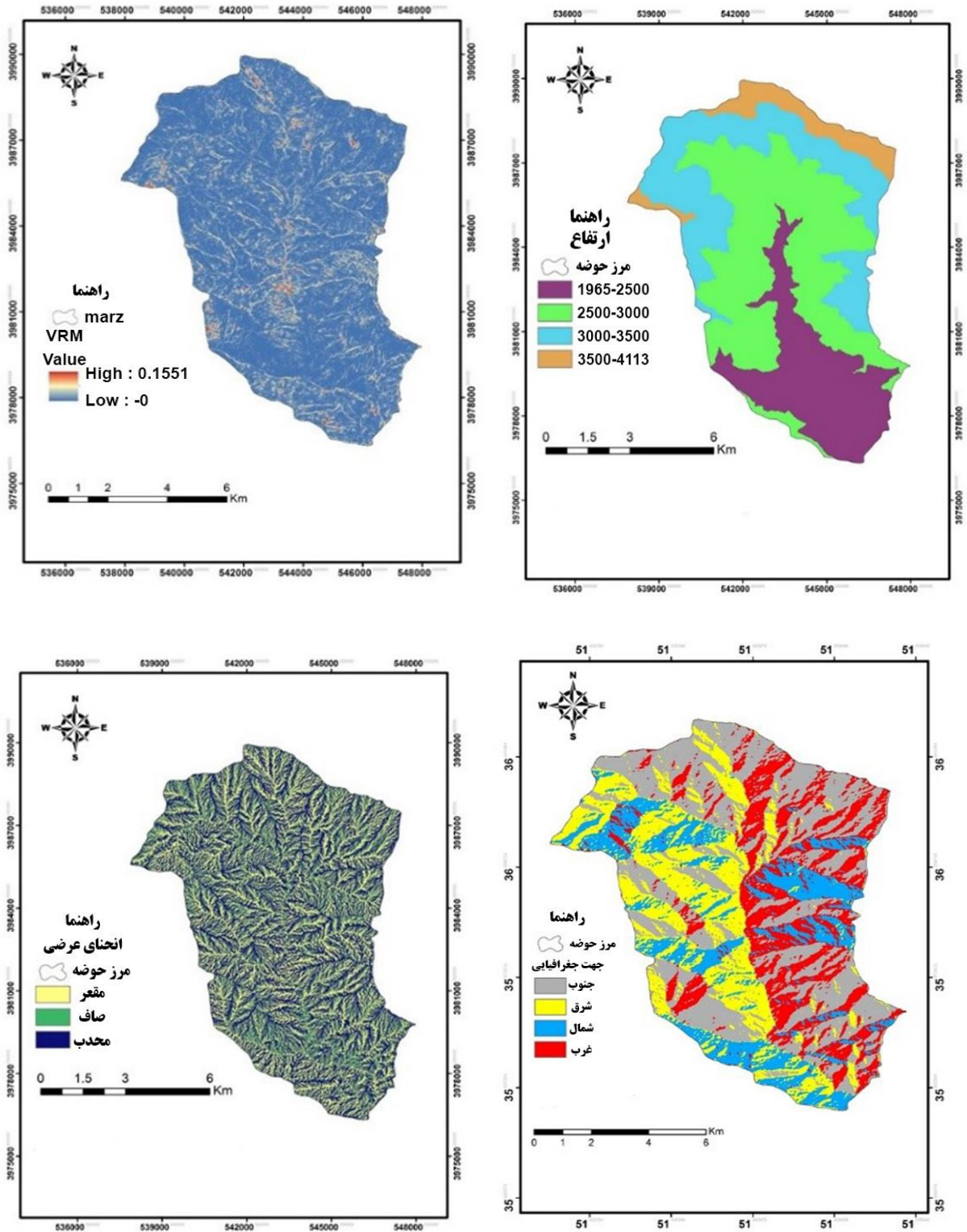
شکل ۹. نقشه‌های متغیرهای مؤثر بر وقوع بهمن برفی در منطقه شمشک



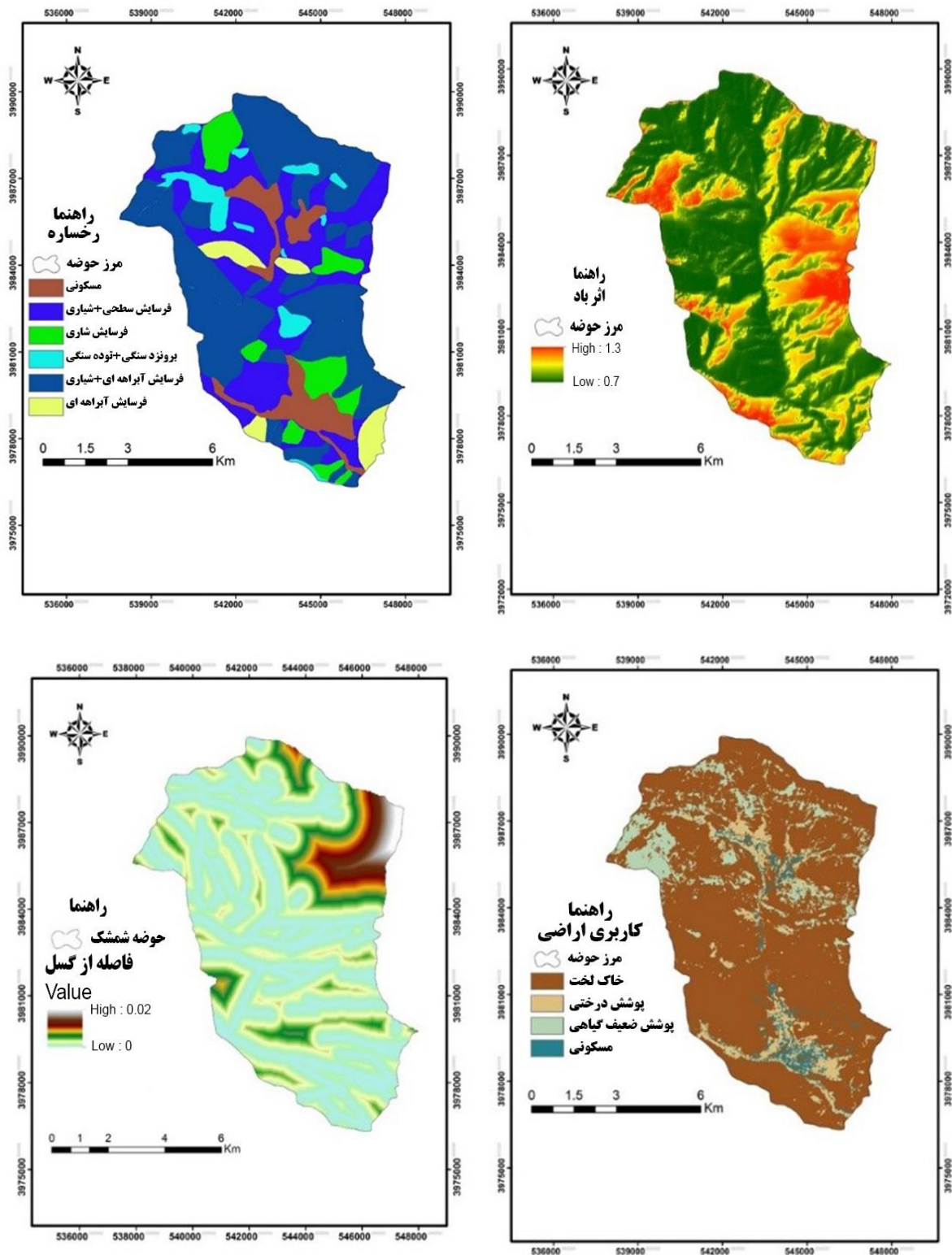
شکل ۱۰. نقشه‌های متغیرهای مؤثر بر وقوع بهمن برفی در منطقه شمشک



شکل ۱۱. نقشه‌های متغیرهای مؤثر بر وقوع بهمن برفی در منطقه شمشک



شکل ۱۲. نقشه‌های متغیرهای مؤثر بر وقوع بهمن برفی در منطقه شمشک

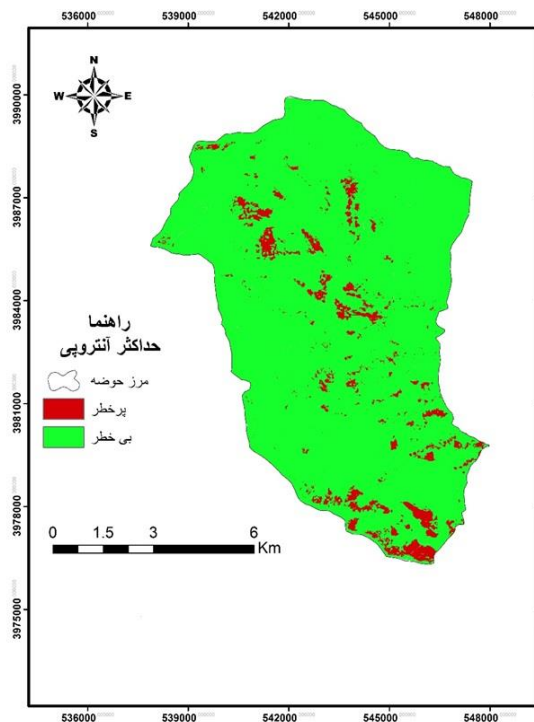


شکل ۱۳. نقشه‌های متغیرهای مؤثر بر وقوع بیهمن برفی در منطقه شمشک

برخوردارند و به دلیل تطابق بالای این نقشه نسبت به نقشه‌های حاصل از دو مدل دیگر، این نقشه در مدل H.E.V. استفاده شد.

۳.۴. نقشه خطر بهمن با حداکثر آنتروپی

همان‌طور که در شکل (۱۵) نشان داده شده است، نقشه خطر بهمن در مدل حداکثر آنتروپی با دو مدل دیگر متفاوت است. در این نقشه، مناطق امن به رنگ سبز نشان داده شده است که بخش وسیع‌تری از مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد و مناطق پرخطر با رنگ قرمز نشان داده شده است که مناطق با سطح کمتری را نشان می‌دهد.

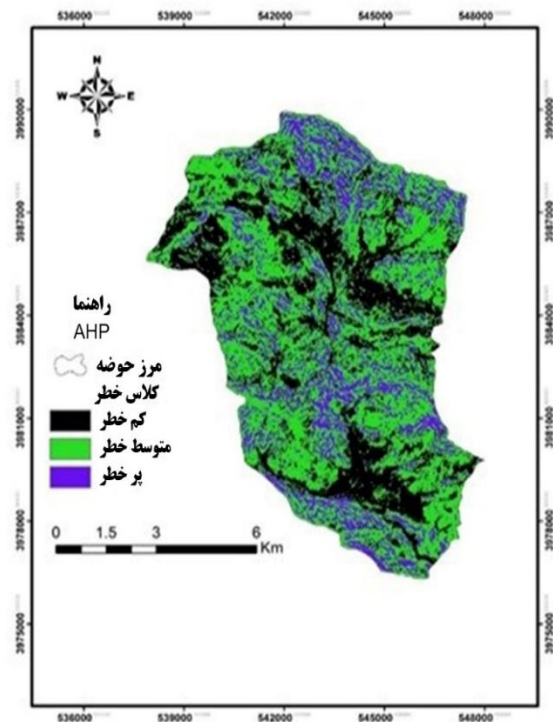


شکل ۱۵. نقشه خطر بهمن برفی در مدل حداکثر آنتروپی

در حد متوسط یا زیاد باشند. مناطق نسبتاً خطرناک و متوسط خطر در نقشه‌های قبلی، ممکن است در این نقشه (۰) تنظیم شده باشند و مناطق امن در نظر گرفته شوند؛ بنابراین، از معایب این مدل عدم توانایی در نشان دادن مناطق با خطر متوسط است. در این مدل،

۳.۳. نقشه A.H.P خطر بهمن

این نقشه مطابقت بیشتری با نقشه وقوع خطر بهمن به دست آمده از بازبازرسی میدانی دارد. مناطق کم خطر را به رنگ سیاه نشان می‌دهد. این مناطق عمدتاً شیب کمتری نسبت به مناطق دیگر دارند و به مناطق شهری و پایین دست نزدیک هستند. مناطق با خطر متوسط به رنگ سبز نشان داده شده‌اند و با نقشه وقوع خطر بهمن سازگاری زیادی دارند. مناطق پرخطر نیز به رنگ آبی نشان داده شده‌اند که از تطابق قابل قبولی با نتایج حاصل از بازبازرسی میدانی و نقشه وقوع بهمن در منطقه



شکل ۱۴. نقشه خطر بهمن برفی در مدل A.H.P.

این نقشه با نقشه‌های به دست آمده از دو مدل دیگر متفاوت است و دلیل آن نوع مدل است. در مدل حداکثر آنتروپی، خطر بهمن ۰ و ۱ است، به این معنی که یا بهمن در حالت (۱) وجود دارد یا اینکه، بهمن در حالت (۰) وجود ندارد، بنابراین بسیاری از مناطق ممکن است

کم‌خطر و بدون بهمن در هر دو مدل تقریباً مناطق یکسانی را در نقشه نشان دادند و نتایج هر دو مدل با یکدیگر مطابقت داشتند.

۳.۶. نقشه عناصر در معرض خطر

نقشه کاربری اراضی با نام نقشه جامع جهت برنامه‌ریزی از شهرداری شهر شمشک گرفته شد (شهرداری شمشک ۱۳۹۴). نقشه المان از نقشه کاربری اراضی تهیه شده است و مهم‌ترین مناطقی را نشان می‌دهد که ممکن است خطرناک باشند و در هنگام سقوط بهمن به خسارات مالی و جانی دچار شوند.

به منظور تهیه نقشه عناصر در معرض خطر بهمن از مدل A.H.P استفاده شده است و با توجه به اهمیت هر عنصر و انجام مقایسات زوجی وزن‌دهی انجام شده است که در جدول (۴) نتایج نشان داده شده است. به عنوان مثال یک مدرسه و یا بیمارستان در مواجهه با بهمن برفی دارای اهمیت و وزن بیشتری نسبت به یک باغ میوه یا زمین کشاورزی هستند.

به دلیل شرایط منطقه، قسمت‌های کوهستانی فاقد سازه و امکانات و مناطق حساس هستند و در بازدیدهای میدانی مشاهده شد که به جز کوه‌های پوشیده از برف، مورد خاصی در این مناطق یافت نمی‌شود. این مناطق طبق نقشه المان مناطق کم‌خطر محسوب می‌شوند. برخی مناطق ممکن است شامل درختان یا درختچه‌هایی باشند که ممکن است در اثر بهمن شکسته شوند. مناطق با خطر متوسط در این نقشه مناطقی هستند که عمدتاً زمین‌های کشاورزی یا زمین‌های نزدیک به خانه‌های مسکونی و یا ویلاها هستند. مناطق پرخطر این نقشه شامل جاده‌ها، مناطق مسکونی، مراکز امدادی و کمک‌رسانی و مدارس، امکانات زیرساختی مانند خطوط انتقال نیرو و... می‌باشد. این مناطق از نظر آسیب‌پذیری در برابر بهمن‌های برفی در رده‌های پرخطر قرار دارند، زیرا هم از نظر جمعیت بسیار متراکم هستند و هم از نظر ساختاری به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در صورت تخریب بیشترین خسارت

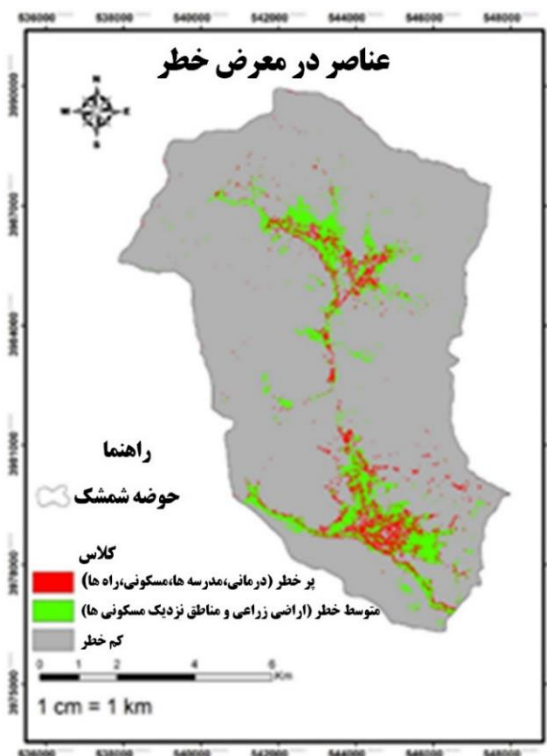
مناطق با خطر متوسط ممکن است برخی به عنوان مناطق ایمن در نظر گرفته شوند و برخی در مناطق پرخطر واقع شوند. از این مدل و نقشه می‌توان برای شناسایی مناطق پرخطر استفاده کرد، اما در نشان دادن مناطق متوسط یا کم‌خطر کمبود دارد و ممکن است مناطقی با بهمن خطر متوسط وجود داشته باشد که در این مدل یا جز مناطق بی‌خطر محسوب می‌شوند و یا جز مناطق پرخطر، بنابراین، در مطالعات دقیق و جامع، این مدل کافی و مناسب نیست.

۳.۵. نقشه خطر بهمن با الگوریتم ژنتیک

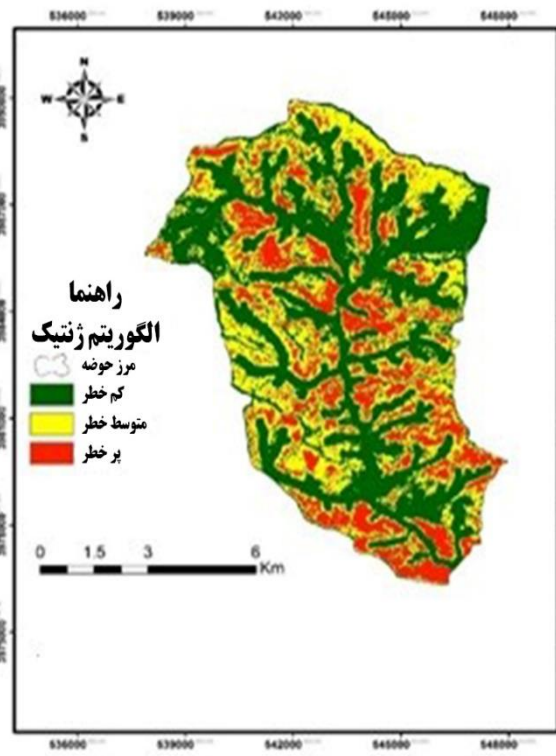
این نقشه نیز دارای سازگاری قابل قبولی با نقشه کیفی خطر بهمن و همچنین نقشه به‌دست‌آمده از مدل A.H.P در مورد وقوع پدیده بهمن است. با توجه به مدل و پارامترهای دخیل در وقوع بهمن، نقشه حاصل به صورت نقشه‌ای با دو کلاس ایمن و پرخطر به دست آمد. در این نقشه، مناطق پایین‌دست شهری که شامل مناطق مسکونی و مسیرهای ترافیکی و به طور کلی بافت شهری بود، دارای شیب‌ها و معابر با شرایط مطلوب‌تر بود و مناطق کم‌خطر در نظر گرفته شد و سایر مناطق موجود در این مدل به عنوان مناطق مرتفع و پرخطر شناخته شدند. با نگاهی به نقشه‌های قبلی، مشخص شد که بین این دو مدل سازگاری وجود دارد، با این تفاوت که در مدل A.H.P، برخی مناطق با خطر بهمن به عنوان مناطق با خطر متوسط شناسایی شدند. اما در این مدل، نقشه حاصل از تمام این مناطق با رنگ قرمز، به عنوان مناطق دارای بهمن برفی را نشان می‌دهد که با نقشه‌های قبلی سازگار است. انطباق این نقشه با نقشه به‌دست‌آمده از مدل A.H.P برای مناطق در معرض خطر بهمن و همچنین مناطق ایمن یا کم‌خطر بیشتر از انطباق با نقشه کیفی خطر بهمن بود. این امر به دلیل دخیل بودن پارامترهای مهم و مؤثر در وقوع بهمن‌هایی است که در مدل تحت تأثیر قرار گرفته‌اند ولی نقشه کیفی مبتنی بر مشاهدات ساکنان محلی و بازدیدهای میدانی بود. مناطق

پارامتر E استفاده شده است.

مالی یا جانی را به بار آورند. شکل (۱۷) نقشه المان را نشان می‌دهد. این نقشه در مدل H.E.V. به عنوان



شکل ۱۷. نقشه عناصر در معرض تهیه شده بر پایه نقشه کاربری اراضی



شکل ۱۶. نقشه خطر بهمن برفی در مدل الگوریتم ژنتیک

جدول ۳. وزن پارامترهای عناصر در معرض خطر بهمن برفی

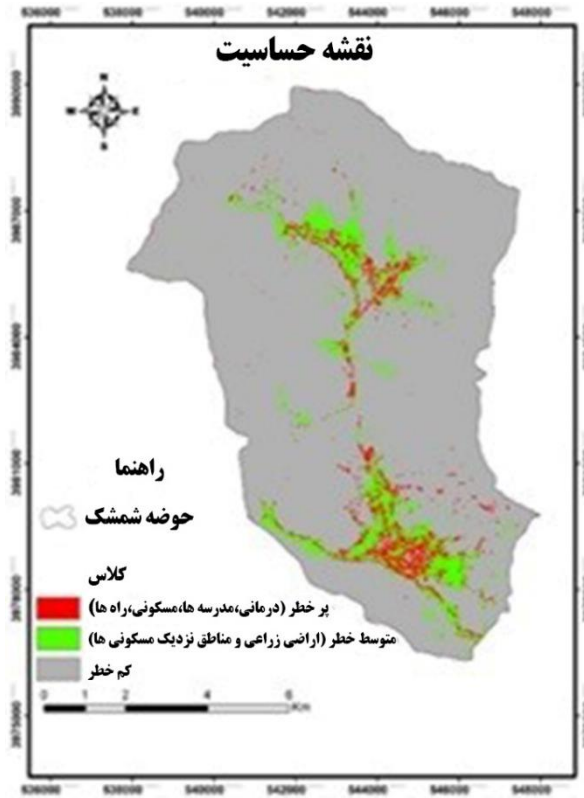
کاربری اراضی	وزن هر طبقه	وزن متغیر	وزن نهایی
خاک لخت	۰/۰۵۲	۰/۱۱۲	۰/۰۰۵
کشاورزی، باغ	۰/۳۵۷	۰/۱۱۲	۰/۰۴۰
راه، مراکز اداری، مدارس، مراکز فرهنگی، بیمارستان، پارکینگ، مراکز تجاری، مرکز خرید، مناطق مسکونی، تأسیسات، مراکز امداد و درمان	۰/۵۹۱	۰/۱۱۲	۰/۰۶۶

داده شده است و نقشه حساسیت به دست‌آمده در مدل H.E.V. به منظور تهیه نقشه ریسک بهمن برفی حاصل گردیده است. در این نقشه مناطقی که دارای جمعیت بیشتری هستند با توجه به جدول از حساسیت بیشتری برخوردار هستند و وزن بیشتری را به خود اختصاص

۳.۷. نقشه حساسیت

نقشه حساسیت یا همان پارامتر ۷ به استفاده شده در مدل H.E.V. با استفاده از نقشه کاربری اراضی و معادله (۱) و استفاده از جداول استاندارد (۱) و (۲) حاصل شده است. نتایج استفاده از معادله و جداول در جدول (۵) نشان

می‌دهند. همچنین تأسیسات دارای ساخت نیز در مواجهه با بهمن‌های برفی از حساسیت بیشتری نسبت به مناطقی مانند باغ‌ها یا زمین‌های کشاورزی و... برخوردار هستند.



شکل ۱۸. نقشه حساسیت

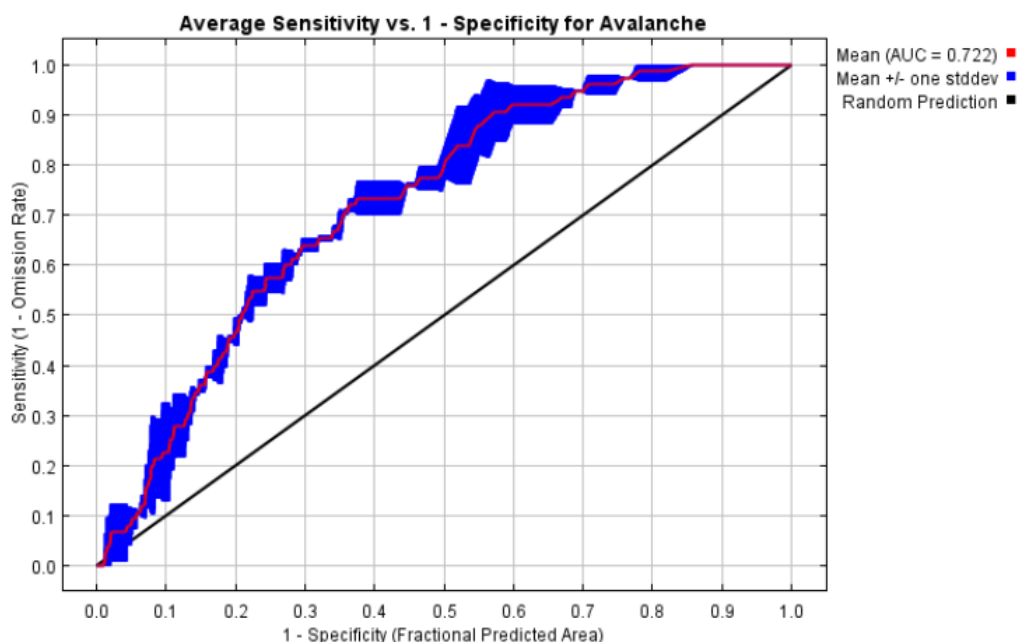
جدول ۴. جدول وزن پارامترهای نقشه حساسیت

نوع کاربری	LM	PM	V
مناطق مسکونی	۱	۰/۷۵	۰/۷۵
مراکز خرید	۱	۰/۷۵	۰/۷۵
مراکز آموزشی	۱	۰/۷۵	۰/۷۵
مراکز فرهنگی	۱	۰/۸	۰/۸
مراکز درمانی	۱	۰/۸	۰/۸
پارکینگ	۱	۰/۷۵	۰/۷۵
مراکز اداری	۱	۰/۷۵	۰/۷۵
بیمارستان	۱	۰/۸	۰/۸
تأسیسات	۱	۰/۷۵	۰/۷۵
مراکز تجاری	۱	۰/۸۵	۰/۸۵
مدارس	۱	۰/۷۵	۰/۷۵
کشاورزی	۰/۹	۰/۷۵	۰/۶۷
باغ	۰/۸	۰/۷۵	۰/۶۰
خاک لخت	۰/۷	۰/۷۵	۰/۵۲
رودخانه	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۶۳

۳.۸. نقشه ریسک بهمن

این نقشه نتیجه هم‌پوشانی سه نقشه خطر بهمن، نقشه عناصر و نقشه حساسیت به بهمن برفی است. از سه مدل ارائه شده، همان‌طور که قبلاً نشان داده شد، مدل A.H.P با نقشه کیفی خطر بهمن سازگارتر است. با توجه به نتایج اعتبارسنجی، این مدل از دو مدل دیگر دقیق‌تر بوده است و بیش از ۹۳٪ با نقشه بهمن‌های رخ داده در منطقه شمشک مطابقت دارد، در نتیجه از نقشه خطر بهمن این مدل برای تهیه نقشه ریسک استفاده شد. در

مدل مکسنت ۷۵٪ داده‌ها برای ساختن مدل و ۲۵٪ دیگر برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد. مساحت زیر منحنی (AUC) برای ارزیابی کیفیت کلی مدل مورد استفاده قرار گرفت، به طوری که AUC بین ۰/۷ تا ۰/۸ بیانگر یک مدل خوب، بین ۰/۸ تا ۰/۹ مدل عالی و بیش از ۰/۹ بیانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است (Giovanelli et al., 2010). در این تحقیق AUC برابر با ۰/۷۲ به دست آمد که بیانگر یک مدل خوب برای پیش‌بینی بهمن است (شکل ۱۹).



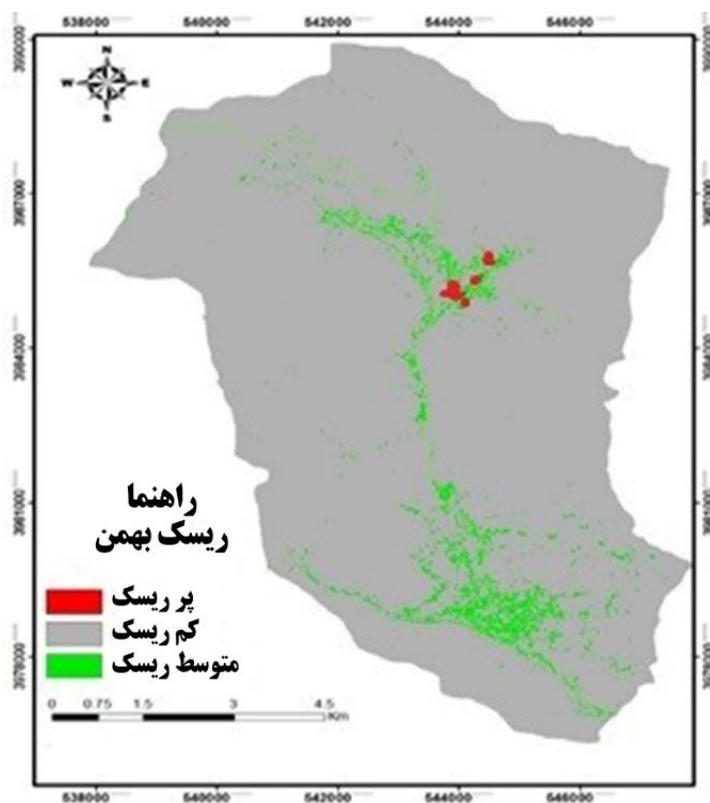
شکل ۱۹. مقدار سطح زیر نمودار برای ارزیابی مدل حداکثر آنتروپی

و ۱۰٪ کم‌خطر هستند. نقشه خطر نشان داد که برخی مناطق پرخطر که به صورت موردی نمایش داده می‌شدند، در مناطق با خطر متوسط قرار داشتند. این مناطق شامل مراکزی مانند مراکز درمانی، مدارس و... بود که از نظر جمعیت از تراکم بیشتری نسبت به سایر مراکز برخوردار بودند و همچنین از نظر حساسیت در صورت آسیب دیدن خسارات زیادی را متحمل می‌شوند. این مناطق ممکن است از نظر توپوگرافی، آب‌وهوا، شرایط برف و سایر

نقشه الگوریتم ژنتیک در قیاس با نقشه A.H.P از تطابق نسبتاً کمتری با نقشه بهمن‌های رخ داده منطقه شمشک برخوردار است. نقشه ریسک بهمن برفی برای منطقه شمشک از طریق مدل H.E.V. به دست آمد. در نقشه ریسک بهمن ۹۵٪ مناطق جزو مناطق کم‌ریسک، ۴٪ جزو مناطق ریسک متوسط و ۱٪ جزو مناطق پرریسک محسوب می‌شوند. در حالی که در نقشه خطر بهمن ۷۵٪ مناطق جزو مناطق خطر متوسط، ۱۵٪ پرخطر

و امکانات و مکان‌های شلوغی به دلیل عدم دسترسی وجود ندارد و حتی ممکن است گاهی اوقات بهمن وجود داشته باشد و حتی وقوع آنها برای ساکنان محلی مهم نیست. این مناطق در این نقشه کم‌خطر بوده‌اند. برخی از زمین‌های کشاورزی و باغ‌ها در اطراف خلنه‌ها و مناطق مسکونی واقع شده‌اند. در برخی موارد، از نظر شرایط توپوگرافی و آب‌وهوایی و شرایط برفی، ممکن است این مناطق در نقشه خطر جزو مناطق کم‌خطر و متوسط بهمن گنجانده شوند، اما در نقشه ریسک، این مناطق نیز از جمله مناطق خطرناک هستند. این مناطق به دلیل اهمیت محصولات کشاورزی و باغی در مناطق پرخطر ریسک بهمن در نظر گرفته می‌شوند. این نقشه به همراه نقشه خطر بهمن در بسیاری از مدیریت‌ها و برنامه‌ریزی‌ها قابل استفاده است و همیشه باید در نظر داشت که این دو نقشه تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند و نباید به اشتباه به جای یکدیگر به کار برده شوند.

پارامترها در مناطق با خطر متوسط قرار داشته باشند، اما از نظر ریسک بهمن، اگر بهمن رخ دهد، ممکن است بیشترین آسیب‌ها را ببینند. برخی از جاده‌ها و راه‌های دسترسی که در نقشه خطر بهمن در مناطق با خطر متوسط قرار داشتند نیز در این نقشه در مناطق با ریسک متوسط قرار داشتند. زیرا از نظر ساختار، امکانات و جمعیت در اولویت بعدی در مقایسه با مناطق مسکونی، اداری، درمانی و... هستند و برخی از جاده‌ها و مناطق دسترسی نیز در نقشه خطر بهمن در منطقه خطر متوسط قرار دارند. اما در نقشه ریسک بهمن، آنها در مناطق پرخطر واقع شده‌اند و دلیل آن نزدیکی این جاده‌ها به مناطق پرجمعیت و پرتردد است. برخی از مناطق کوهستانی که در ارتفاعات به دلیل شیب تند و سایر موارد مربوط به وقوع بهمن، در نقشه‌های خطر مناطق خطرناکی محسوب می‌شوند، در این نقشه جزو مناطق کم‌خطر هستند و دلیل این امر آن است که در این مناطق به دلیل کوهستانی بودن و ارتفاع زیاد و شرایط سخت، هیچ سازه



شکل ۲۰. نقشه ریسک بهمن برفی

و صحت مناسبی است، اما در قیاس با مدل A.H.P از تطابق کمتری در نواحی پرخطر با نقشه وقوع بهمن واقعی است. همچنین مدل حداکثر آنتروپی به دلیل عدم توانایی در نشان دادن مناطق متوسط خطر دارای ضعف است که از دقت تحقیق در مراحل بعدی خواهد کاست. با توجه به این موارد از نقشه خطر حاصل از مدل A.H.P در ادامه مراحل کار استفاده گردید. در تهیه نقشه عناصر موجود در معرض خطر بهمن برفی، عناصری که دارای قابلیت تخریب بیشتری بودند و خطرناک‌تر بودند وزن بیشتری را به خود اختصاص دادند. به‌عنوان مثال یک مدرسه یا بیمارستان در هنگام مواجهه با بهمن برفی ممکن است از لحاظ ساختاری خسارات شدیدتر و خطرناک‌تری را نسبت به یک زمین کشاورزی یا یک جاده متحمل شود. در نقشه حساسیت مناطقی که دارای جمعیت بیشتر و همچنین بافت ساختاری بیشتری بودند وزن بیشتری را به خود اختصاص دادند. به‌عنوان مثال یک ساختمان اداری با چند طبقه ساختاری و جمعیت نسبتاً زیاد در هنگام مواجهه با بهمن برفی ممکن است از لحاظ جمعیتی و ساختاری صدمات بیشتری را نسبت به یک سوپرمارکت یا مثلاً یک باغ میوه متحمل شود. همچنین استفاده از مدل H.E.V. نشان داد که نقشه ریسک بهمن دارای تفاوت ذاتی و اساسی با نقشه خطر بهمن برفی است و در بسیاری از مطالعات از جمله مطالعات مرتبط با مدیریت ریسک و بحران نقشه خطر بهمن به‌اشتباه به جای ریسک بهمن به کار گرفته شده است. نتایج نشان داد برخی از مناطق بالادست که دارای خطر بهمن زیاد هستند، عملاً از لحاظ ریسک چندان حائز اهمیت نمی‌باشند، زیرا که در این مناطق تأسیسات یا موارد مهمی که در اثر وقوع بهمن متحمل خسارت و صدمه شدید شوند، وجود ندارد و وقوع این بهمن‌ها یک پدیده طبیعی بوده است که خساراتی نیز نداشته است. اما در مناطق پایین‌دست، مناطقی که در نقشه خطر بهمن جزو مناطق کم‌خطر یا متوسط‌خطر واقع شده‌اند، در نقشه ریسک با توجه به پارامترهای حساسیت و عناصر جزو مناطق پرریسک بوده‌اند. در واقع

زیرا ممکن است مناطقی در نقشه خطر بهمن جزو مناطق کم‌خطر باشند، اما آن‌قدر تأسیسات، تجهیزات و... در این مناطق وجود داشته باشد که در هنگام وقوع بهمن برفی خسارات بسیار بیشتر و سنگین‌تری را نسبت به دیگر مناطق پرخطر بهمن برفی متحمل شوند؛ بنابراین این مناطق در نقشه ریسک بهمن برفی در مناطق پرخطر واقع می‌شوند اما در نقشه خطر بهمن جزو مناطق کم‌خطر؛ بنابراین برای تمامی برنامه‌ریزی‌ها و مدیریت‌ها در مناطق بهمن خیز وجود هر دو نقشه لازم و ضروری است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در منطقه شمشک تاکنون حدود ۴۰ نفر بر اثر وقوع بهمن برفی جان خود را از دست داده‌اند، اما هیچ‌گونه اقدام عملی و تخصصی برای کنترل بهمن در این منطقه انجام نشده است. یکی از دلایل این موضوع عدم مطالعه جامع و کامل در این منطقه است. مطالعات صورت‌گرفته در خصوص بهمن برفی در این منطقه به پهنه‌بندی خطر بهمن با استفاده از متغیرهای مؤثر بر وقوع بهمن، محدود بوده است. در این تحقیق با استفاده از ۱۸ متغیر مؤثر بر وقوع بهمن، مطالعه جامع‌تر و کامل‌تری را نسبت به مطالعات گذشته انجام داده‌ایم. شیب مهم‌ترین عامل در وقوع بهمن در بین متغیرهای مؤثر بوده است و در وزن‌دهی وزن تقریبی معادل با ۰/۰۷ را از بین سایر متغیرها دارا است. زیرا اگر شیب در حدی نباشد که در اثر سنگینی برف، سقوط انجام شود، بهمنی نیز رخ نخواهد داد. همچنین استفاده از سه مدل در تهیه نقشه خطر بهمن برفی و مقایسه آنها با نقشه واقعی رخ داد بهمن که با استفاده از مستندات قبلی و بازدیدهای میدانی بود، نشان داد که مدل A.H.P علی‌رغم نظر برخی از محققین، مدلی کارآمد و دارای دقت و صحت نسبتاً خوبی است و در این مدل می‌توان متغیرها و عوامل مختلف را استفاده نمود. مدل الگوریتم ژنتیک دارای دقت

در این منطقه نیز ایستگاه هواشناسی و مرکزی در خصوص بررسی اوضاع جوی و شرایط وقوع بهمن‌های برفی تأسیس گردد تا علاوه بر کاستن میزان خطرات، آماده اطلاع‌رسانی و آگاهی دادن و آموزش دادن به گردشگران و مسافران و ورزشکاران نیز باشد.

۵. سپاسگزاری

در پایان این تحقیق لازم می‌دانیم کمال تشکر و قدردانی خود را از ساکنین و افراد محلی شهر شمشک و همچنین مسئولین پیست اسکی شمشک، کارشناسان شهرداری شهر شمشک، کارشناسان سازمان هواشناسی، اداره منابع طبیعی، سازمان جغرافیا و همچنین بخش آمار و اطلاعات شرکت تماب تهران که ما را در تهیه آمار و اطلاعات و مستندات و برخی نقشه‌ها یاری رساندند ابراز نماییم. امید است نتایج این تحقیق و زحمات این عزیزان در راستای رفع مشکلات و حوادث ناشی از وقوع بهمن‌های برفی در این منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

در این مناطق اگر بهمن متوسطی هم رخ دهد ممکن است خسارات و صدمات جانی و مالی بسیاری بر جای گذاشته شود که ناشی از وجود عناصر واقع در این منطقه و حساسیت آنها از لحاظ ساختاری و جمعیتی است. در بسیاری از مطالعات وقتی که نقشه خطر بهمن به جای نقشه ریسک بهمن برای مدیریت بحران به کار گرفته شود، این مناطق در درجه اهمیت کمتر با توجه به خطر قرار می‌گیرند، در صورتی که آنچه که حائز اهمیت است ریسک است. امید است نتایج این تحقیق راه‌گشای مطالعات صحیح‌تر و دقیق‌تری در این منطقه به‌منظور کاهش صدمات و خسارات ناشی از وقوع بهمن‌های برفی باشد.

با توجه به وجود یک پیست اسکی بین‌المللی در محدوده شمشک، این منطقه به یکی از مراکز گردشگری و تفریحی ورزشی تبدیل شده است و علاوه بر آن دارای پتانسیل بسیار زیادتری در آینده برای جذب توریست و گردشگر نیز است. با توجه به این شرایط پیشنهاد می‌گردد به‌منظور رسیدن به شرایط استاندارد بین‌المللی

References

- [1] Abedini, M. and Moghimi, E. (2013). The role of geomorphological straits in the physical development of Tabriz metropolis for optimal use. *Journal of Geography and Environmental Planning*, vol.23, N0,1
- [2] Blaikie, P., Cannon, T., Davies, I. and Wisner, B. (1994) *At Risk. Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge, New York, 284pp.
- [3] Cappabianca, F, Barbolini, M, and Natale, L. (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 Regions Science and Technology*, 54, pp. 193–205.
- [4] Covasnianu, A. (2011). Mapping Snow Avalanche Risk Using GIS Technique and 3D Modeling: Case Study Ceahlau National Park (July 12, 2011). Available at <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1884082>
- [5] Brundi, M. (2004). IFKIS- a basis for managing avalanche risk in settlements and on roads in Switzerland. *Natural hazards and earth system sciences Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 4, 257–262, 2004
- [6] McClung, D. (2002). Guidelines for snow avalanche risk determination and mapping in Canada Canadian Avalanche Association, Revel stoke, British Columbia, Canada. pp 3-4.-
- [7] Nayyeri, H., Karami, M. and Charehkhah, B. (2016). Zonation of Avalanche Pathways of Kurdistan Province. *Jsaeh*. 3, 35-50. <https://doi: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.2.35>
- [8] Nosrati, K. (2016). Prediction of avalanche occurrence in Meghun-Shemshak axis using logistic regression of rare geographical events and environmental hazards, No. 17, Spring 2016

- [9] Schweizerl. J, Bartelt. P, and Herwijnen. A. (2015). Snow avalanches: WSL Institute for snow and avalanches research SLF, Davos, Switzerland
- [10] Techel, F., Zweifel, B. and Winkler, K. (2015). Analysis of avalanche risk factors in backcountry terrain based on usage
- [11] Van Den Eeckhaut, M., Vanwalleghem, T., Poesen, J., Govers, G., Verstraeten, G. and Vandekerckhove, L. (2006). Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: A case-study in the Flemish Ardennes (Belgium) frequency and accident data in Switzerland. *Natural Hazards and Earth System Science*. 15, 1985-1997
- [12] Yousefi, S., Vafakhah, M., and Abdollahi, Z. (2011). Avalanche zoning using Geographic Information System (GIS), *Geomatics conference*. 90: 27-25.

