

## مقدمه

طبیعت در طول تاریخ همواره چهره خشن خود را با پدیده‌های ویران‌گری هم‌چون بهممن، سیل، آتشفشان و زمین‌لرزه به انسان نشان داده است. این بلایا و خطرات بخشی از زندگی بوده و همواره بشر را تهدید می‌کند. با رشد فکری جوامع بشری و درک علل وقوع حوادث، انسان درصدد برآمد تا راه‌های مقابله و کاهش خطرات را بیابد. با وجود این تلاش‌ها بر مبنای آمار و اطلاعات موجود در دهه‌های اخیر روند تلفات جانی و خسارات ناشی از مخاطرات محیطی در مقیاسی جهانی رو به افزایش است. بنابراین اتخاذ تدابیری به منظور کاهش اثرات بلایا و مخاطرات طبیعی ضروری به نظر می‌رسد [۱۲]. پیش‌بینی و در اختیار داشتن اطلاعات و آمار موردنظر از بهممن می‌تواند از وقوع فاجعه‌های دلخراش جانی و مالی جلوگیری به عمل آورد. در نروژ و کانادا به ترتیب ۱۳۵ و ۸۰ سال آمار در مورد بهممن وجود دارد. در زمینه پیش‌بینی بهممن در ایران اقدامات قابل توجهی صورت نگرفته است. بخش عمده‌ای از کشور ایران را مناطق کوهستانی پوشانده است و با توجه به شرایط اقلیمی این‌گونه مناطق و روند رو به گسترش خطوط ارتباطی و دستیابی به مناطق بهممن‌خیز و بهممن‌گیر شناخت بیشتر این پدیده را می‌طلبد [۱۰]. دینی و همکاران [۸]، به منظور شناسایی سطوح برف‌گیر در ارتفاعات البرز مرکزی از اطلاعات داده‌های ماهواره‌ای MODIS و AVHRR و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. در الگوریتم MODIS با استفاده از شاخص NDSI جداسازی برف انجام شد اما به دلیل ناتوانی این شاخص در جداسازی برف از سایر شاخص‌های رطوبتی با تعریف حدود آستانه برای باندهای ۱، ۲، ۴، و ۶ استفاده شد. از الگوریتم AVHRR نیز برای تعیین مساحت سطوح برف‌گیر استفاده شد. قنوتی و همکاران [۱۰]، به منظور پهنه‌بندی خطر بهممن با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در جاده هراز با بهره‌گیری از ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی منطقه‌ی کاری به این نتیجه رسیدند که از بین عوامل ژئومورفولوژیکی شیب و جهت دامنه نقش اساسی را ایفاء می‌کنند. زارع بیدکی و همکاران [۱۶]، برای تهیه نقشه خطر بهممن در جاده نسا-گچسار با بهره‌گیری از اطلاعات ژئومورفولوژی و اقلیم به این نتیجه رسیدند که جاده نسا-گچسار به شدت محلی برای تشکیل و وقوع بهممن است. اسد امراچی و همکاران [۴]، به ارائه‌ی مدلی برای ارزیابی خطر ریزش بهممن در محورهای کوهستانی کرج-چالوس پرداختند. در این تحقیق با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

## پهنه‌بندی خطر بهممن با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: حوزه‌ی آبخیز پيله‌رود، استان اردبیل)

فاطمه قلی‌نیا<sup>۱</sup>، اباذر اسمعیلی<sup>۲</sup>، شکراله اصغری<sup>۳</sup>، موسی عابدینی<sup>۴</sup> و میکایل بدرزاده<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۱/۱۳

## چکیده

سقوط بهممن یکی از پدیده‌های مناطق برف‌گیر است که اگر به صورت علمی با آن برخورد نشود ممکن است خطرات فراوان و مشکلات جبران‌ناپذیری را به وجود آورد. هدف اصلی در این تحقیق بررسی اثر ۹ عامل موثر در وقوع بهممن یعنی درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع، دما، بارش، کاربری اراضی، نوع سازند، نوع خاک و جاده و تعیین اهمیت هر یک از پارامترهای موثر در ریزش بهممن و پهنه‌بندی خطر بهممن با استفاده از روش تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) است. در این تحقیق به منظور بررسی تاثیر عوامل موثر در میزان وقوع بهممن از نرم‌افزار ArcGIS10.1 و از نرم‌افزار Expert choice به منظور وزن‌دهی عوامل مذکور استفاده شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین تاثیر در وقوع بهممن مربوط به عوامل درجه شیب، جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا بوده و حدود ۲۰/۸ درصد از منطقه در معرض خطر بالای بهممن قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، پهنه‌بندی خطر بهممن، حوزه‌ی آبخیز پيله‌رود

۱- نویسنده مسئول و دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی. پست الکترونیک: Fatemegholinia@gmail.com

۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی. پست الکترونیک: esmailiouri@uma.ac.ir

۳- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی. پست الکترونیک: s\_asghari@uma.ac.ir

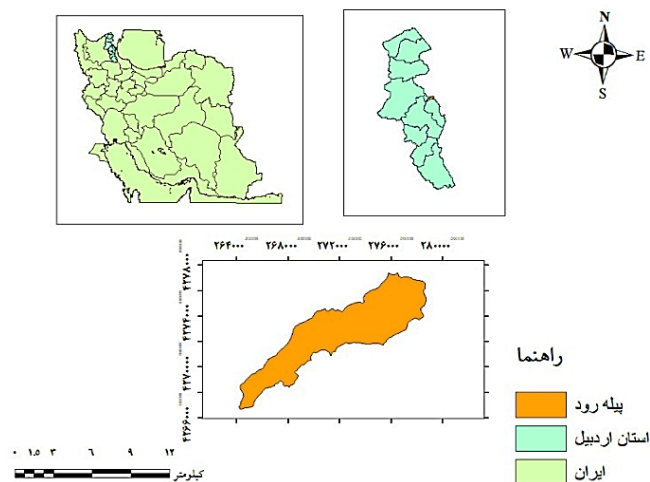
۴- دانشیار دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی. پست الکترونیک: m\_abedini@uma.ac.ir

۵- مربی دانشکده منابع طبیعی و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی. پست الکترونیک: m\_badrzadeh@uma.ac.ir

شرقی حوزه‌ی آبخیز پيله‌رود را قسمتی از مرز ایران و جمهوری آذربایجان تشکیل داده است. محدوده‌ی حوزه‌ی آبخیز مورد مطالعه از ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. [۱۳]. بیش‌ترین ارتفاع منطقه ۲۴۱۰ متر و کم‌ترین ارتفاع معادل ۱۵۱۷/۶ متر از سطح دریا باشد. شکل ۱ موقعیت حوزه‌ی آبخیز پيله‌رود را نشان می‌دهد.

حوزه‌ی آبخیز پيله‌رود از لحاظ زمین‌شناسی در ناحیه‌ای واقع شده که سنگ‌های دوران دوم به صورت دگرشیب در بستر و زیر ولکانیک‌های ائوسن قرار گرفته‌اند. از لحاظ پوشش گیاهی این مراتع شامل تیپ *Astragalus*, *Bromus*, *Festuca* می‌باشد. که سیمای ظاهری این تیپ مرتعی به صورت بوته زار- علفزار می‌باشد و محل رویش این تیپ مرتعی در ارتفاعات ۱۷۰۰ تا ۲۳۵۰ نیز باغاتی مشاهده می‌شود. از لحاظ اقلیم میانگین دمای سالیانه هوا ۷/۵ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالیانه به‌طور طبقه‌بندی دومارتن و آمبرژه، اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌باشد [۱۳]. در این تحقیق به منظور پهنه‌بندی خطر بهمن به بررسی تاثیر عوامل ۹ گانه یعنی شیب، جهت شیب، ارتفاع، دما، بارش، کاربری اراضی، نوع سازند، نوع خاک و جاده در میزان وقوع خطر بهمن پرداخته شد. به طوری‌که ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.1 نقشه‌های عوامل موثر بر وقوع بهمن تهیه گردید. در ابتدا با استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) پرداخته و نقشه شیب و جهت شیب تهیه گردید. به منظور تهیه نقشه بارش از اطلاعات ۹ ایستگاه با دوره‌ی آماری ۲۰ ساله و برای تهیه نقشه‌ی دما از اطلاعات ۴ ایستگاه با دوره‌ی آماری ۱۲ ساله استفاده شد. بدین منظور پس از به دست آوردن مقادیر میانگین آن‌ها این داده‌ها را وارد نرم‌افزار EXCEL کرده و برای هر کدام از ایستگاه‌ها اقدام به برقراری رابطه‌ی رگرسیونی با ارتفاع هر ایستگاه شد. نمودار ۱ رابطه‌ی رگرسیونی بین متوسط دما و ارتفاع را نشان می‌دهد. همچنین نمودار ۲ نیز رابطه‌ی رگرسیونی بین متوسط بارندگی و ارتفاع را نشان می‌دهد. در نهایت با استفاده از فرمول رگرسیونی به دست آمده و نقشه‌ی مدل رقومی ارتفاع منطقه نقشه بارش و دما تهیه گردید.

برای تهیه نقشه‌ی جاده منطقه نیز از راهنمای راه‌های نقشه‌ی توپوگرافی منطقه استفاده شد. به طوری‌که با استفاده از دستور Editor در نرم‌افزار ArcGIS نقشه‌ی جاده‌های منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. نقشه‌های خاک، کاربری اراضی و سازند نیز به ترتیب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای منطقه کاری و نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید [۱۳]. در این تحقیق از بین عوامل موثر ۹ گانه نقشه‌های دما، بارش، درجه شیب، ارتفاع از سطح دریا، جاده دارای ماهیت کمی بودند. بهمن‌های قطعه‌ای اغلب در شیب‌های ۳۰ و ۴۰ درجه شروع می‌شود و با افزایش یا کاهش شیب از فراوانی احتمال وقوع بهمن کاسته می‌شود [۷]. بر این اساس نقشه‌ی شیب منطقه با توجه به



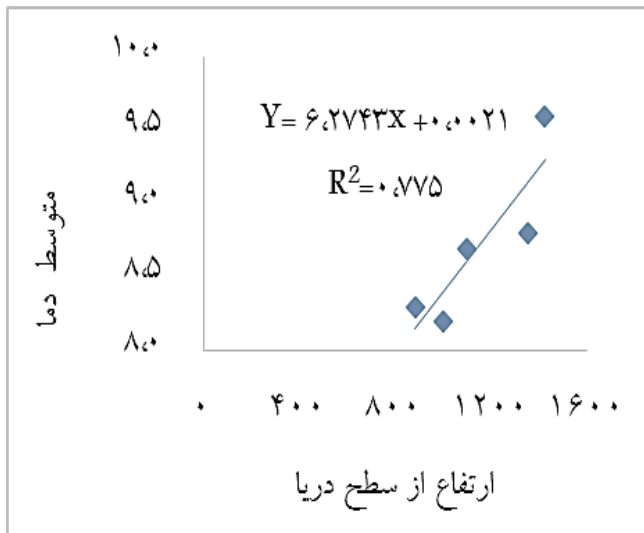
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی در حوزه‌ی آبخیز پيله‌رود

به میزان ریسک ریزش بهمن در نقاط مختلف محورهای کرج-چالوس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بر اساس روش فوق ۱۵ نقطه در جاده کرج-چالوس دارای خطر ریزش بهمن است و اولویت ریسک خطر در نقاط واقع در کیلومتری های ۶۵، ۷۳ و ۶۰ از مبدا کرج خطر ریزش بهمن بیش‌تری را دارند و باید روش‌های ایمن‌سازی در مقابل بهمن برای آن‌ها به کار گرفته شود. کریستین و همکاران [۶]، با بررسی تاثیر فاصله‌ی آرامش بهمن با مدل دینامیک در محیط ArcGIS نشان دادند که ترکیب مدل عددی و GIS در حل مسایل کاربردی بهمن مفید است. سچوک [۱۴]، به ارائه مدل خطر بهمن در استان تبریز ترکیه با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (MDCA) و GIS پرداخت و در این تحقیق از پارامترهایی چون ارتفاع و جهت دامنه و شیب استفاده کرد و به این نتیجه رسید که حدود ۹۰ درصد از اراضی در ارتفاعات بالا با شیب متوسط مستعد خطر بهمن هستند و دامنه‌های جنوب شرقی و مرکز تبریز و شهرستان تاتوان دارای بالاترین خطر بهمن است. سینه‌مانی [۱۵] و همکاران [۱۵]، با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) به بررسی مناطق مستعد بهمن در منطقه‌ی مانالی پرداختند. بدین منظور از تکنیک‌های پیشرفته ژئوانفورماتیک با ترکیب عوامل زمینی نظیر ویژگی‌های زمین، برف و هواشناسی منطقه استفاده کردند. از مدل زمین‌دیجیتال و تصاویر ماهواره‌ای نیز برای تعیین عوامل جغرافیایی مختلف که موجب تحریک منطقه برای بهمن می‌شود استفاده کردند. در نهایت اطلاعات به دست آمده در فرایند تحلیل سلسله مراتبی ترکیب شد و نقشه مناطق مستعد خطر بهمن منطقه تهیه گردید.

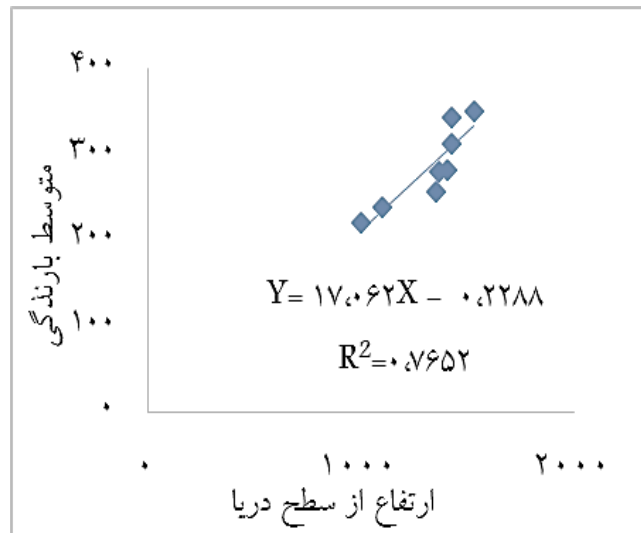
## مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز پيله‌رود به مساحت ۴۶۸۲/۹ هکتار در شمال اردبیل و ۲۷ کیلومتری شهر اردبیل واقع شده است. بخش شمالی و شمال

1- Elcho  
2-Snehman



نمودار ۱- رابطه بین متوسط دما و ارتفاع ایستگاه‌های معرف



نمودار ۱- رابطه بین بارندگی و ارتفاع ایستگاه‌های معرف

جهت شیب، کاربری اراضی، نوع سازند و نوع خاک جزء نقشه‌های کیفی هستند که ماهیت طبقه‌بندی شده دارند. بنابراین این نقشه‌ها نیازی به طبقه‌بندی مجدد نداشته و فقط براساس میزان تاثیرشان در وقوع بهمن امتیازدهی شدند. عواملی وجود دارد که باعث سقوط بیش‌تر بهمن در دامنه‌های شمال، شمال شرق و شرقی نسبت به دامنه‌های جنوبی، جنوب غربی و غربی می‌شود. معمولاً در نمیکره شمالی، شیب‌های شمالی برف بیش‌تر و حاوی برف سردترند و از طرفی دگرگونی برف در شیب شمالی بیشتر است. در حالی که در مناطق جنوبی میزان برف کم و دما هم بالاتر مشاهده می‌شود [۲]. بر این اساس در نقشه‌ی جهت شیب بیش‌ترین امتیاز مربوط به بخش‌های شمالی و کم‌ترین امتیاز نیز به بخش‌های جنوبی تعلق گرفت. در مورد عامل سازند میزان نفوذپذیری سازند مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی هر چه میزان نفوذپذیری سازند بیش‌تر باشد به‌علت نفوذ برف توسط سازندها از احتمال وقوع خطر بهمن کاسته می‌شود. سازندهای حوزه‌ی مورد مطالعه از قدیم به جدید عبارت‌اند از: Jb, JI, Ku1, Pev, Ev, Qt2, Qal که سازندهای کواترنری شامل نهشته‌های رودخانه‌ای و پادگانه‌های رسوبی هستند، در نتیجه بیش‌ترین نفوذپذیری و کم‌ترین خطر ریزش بهمن را دارند و سازند JB که مربوط به سازندهای دوران ژوراسیک می‌باشد و چون ساختار بازالتی دارد کم‌ترین نفوذپذیری و بیش‌ترین خطر ریزش بهمن را دارا می‌باشد [۱۳]. از لحاظ نوع خاک نیز اراضی حوزه‌ی آبخیز پله‌رود به پنج قسمت تقسیم می‌شود. اراضی که دارای خاک لومی و شنی که بیش‌تر در مناطقی با شیب ۵ تا ۸ درصد دیده می‌شوند و اراضی با خاک‌های لومی سیلتی که بیشتر در مناطق با شیب ۲۵ تا ۴۰ درصد دیده می‌شود و خاک‌های لومی-شنی که در مناطق با شیب ۸ تا ۲۵ درصد دیده می‌شود و اراضی با تپ صخره که همان اراضی تماماً سنگی و یا بیش از ۷۵ درصد سنگی می‌باشد. در مورد خاک نیز همانند سازند نفوذ پذیری مورد بررسی قرار

میزان درجات شیب منطقه کاری در سه کلاس کم و متوسط و زیاد در خطر وقوع بهمن طبقه‌بندی گردید. برای طبقه‌بندی مجدد نقشه‌ی جاده تاثیر فاصله از جاده در ریزش خطر بهمن مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ابتدا نقشه‌ی فاصله از جاده با استفاده از دستور Euclidean Distance تهیه گردید و بر اساس این که هر چه منطقه در فواصل دورتر نسبت به جاده قرار گیرد خطر بهمن در آن منطقه کم‌تر است، در سه کلاس کم و متوسط و زیاد طبقه‌بندی شد. عوامل اقلیمی نیز دارای اهمیت فراوانی در وقوع بهمن و تغییر و تحولات برف دارند به طوری که با افزایش دما به بالای صفر درجه خطر وقوع بهمن بیش‌تر می‌شود. در حالی که برای تشکیل خود برف دمای زیر صفر درجه مهم می‌باشد. بنابراین با توجه به این موارد هم کاهش دما به زیر صفر درجه (تشکیل برف) و هم افزایش دما به بالای صفر درجه (وقوع بهمن) در تشکیل بهمن تأثیرگذار می‌باشد [۱۰]. با توجه به این که متوسط دمای سالانه منطقه حدود ۷/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداقل دمای منطقه ۲/۵ درجه سانتی‌گراد و حداکثر متوسط دمای سالانه ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد است. در نتیجه از لحاظ دمایی احتمال ریزش برفی در منطقه وجود ندارد تا بهمنی رخ دهد. بر این اساس نقشه دما در یک کلاس با کم‌ترین تاثیر در خطر بهمن کلاسه‌بندی شد. باران سبک باعث به‌وجود آمدن یک لایه لغزشی در زیر برف می‌شود. در حالی که باران‌های سنگین بیشتر از ۲۵ میلی‌متر باعث سستی برف شده و خطر بهمن را تشدید می‌کند [۱]. در نتیجه هر چه میزان بارندگی در منطقه بیش‌تر باشد احتمال ریزش بهمن نیز زیادتر خواهد بود. بنابراین نقشه‌ی بارندگی نیز در سه کلاس کم و متوسط و زیاد در تاثیر خطر ریزش بهمن طبقه‌بندی شد. هر چه ارتفاع از سطح دریا بیش‌تر باشد به‌علت کاهش دما و احتمال ریزش بارندگی به صورت برف خطر وقوع بهمن نیز بیش‌تر خواهد شد. نقشه‌ی ارتفاع از سطح دریا نیز در سه کلاس کم و متوسط و زیاد طبقه‌بندی گردید. از بین عوامل ۹ گانه نقشه‌های

جدول ۱- شاخص تصادفی بر اساس تعداد معیارها

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.45	1.45

جدول ۲- ماتریس ارزش گذاری در هر یک از معیارها

معیار	شیب	ارتفاع	جهت	دما	بارش	کاربری	جاده	خاک	سازند
شیب	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ارتفاع	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
جهت	0.33	0.5	1	2	3	4	5	6	7
دما	0.25	0.33	0.5	1	2	3	4	5	6
بارش	0.2	0.25	0.33	0.5	1	2	3	4	5
کاربری	0.16	0.2	0.25	0.33	0.5	1	2	3	4
جاده	0.42	0.16	0.2	0.25	0.33	0.5	1	2	3
خاک	0.12	0.42	0.16	0.2	0.25	0.33	0.5	1	2
سازند	0.11	0.12	0.42	0.16	0.2	0.25	0.33	0.5	1

۹ ارائه گردید، تا به ترتیب اثر گذاری هر لایه و میزان تأثیر آن در مکان‌یابی خطر وقوع بهمن مشخص شود. در روش AHP پس از وزن‌دهی معیارها، نرخ سازگاری (CR) معیارها مشخص می‌شود. نرخ سازگاری در واقع گویای صحت و درستی مقایسات زوجی می‌باشد. اگر  $CR \leq 0.1$  باشد مقایسات خوب و با دقت بوده در غیر این صورت نیاز به اصلاح داشته است [۱۲]. مقدار نرخ سازگاری از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$CR = CI/RI$$

CI: شاخص سازگاری می باشد که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n(n-1)}$$

که  $\lambda_{max}$  عنصر بردار ویژه و n تعداد معیارهای می‌باشد. RI: شاخص تصادفی است که متناسب با تعداد معیارها از جدول ۱ به دست می‌آید. در جدول ۱ میزان شاخص تصادفی را براساس تعداد معیارها نشان داده شده است. در نهایت عملیات محاسبه وزن دهی در محیط Expert choice انجام شد و سپس وزن نهایی هر یک از معیارها در نقشه‌های معیارها اعمال و هم پوشانی شدند و در نهایت نقشه خطر بهمن منطبقه کاری حاصل شد.

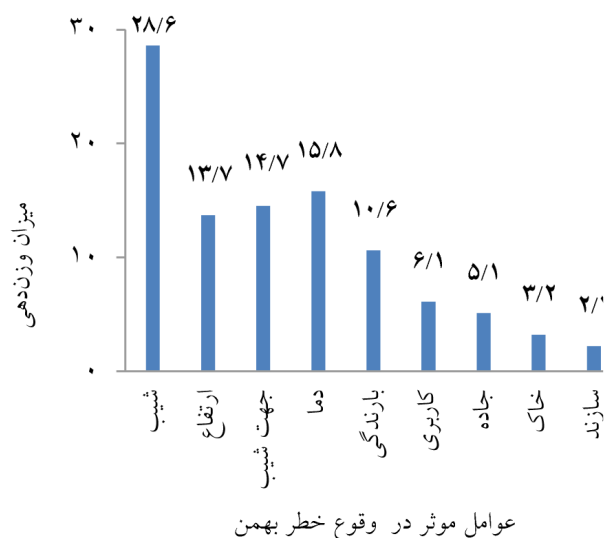
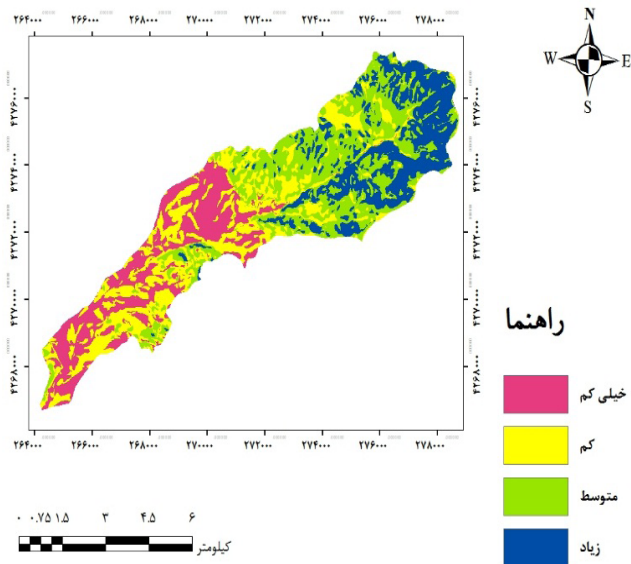
### نتایج

جدول زیر نتایج حاصل از ماتریس ارزش گذاری معیارها را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۱ مقدار RI بسته به تعداد معیارها برابر با ۱/۴۵ است. هم چنین مقدار CP نیز از رابطه ذکر شده و محاسبات نرم‌افزار Expert choice 06/0 می‌باشد. با توجه به این‌که مقدار CP کمتر از ۰/۱ می‌باشد. بنابراین صحت مقایسات زوجی را نشان می‌دهد. همچنین طبق نتایج حاصل از وزن‌دهی نرم‌افزار Expert choice مشخص شد که بیش‌ترین تأثیر در وقوع خطر بهمن مربوط به عامل شیب با وزن ۲۷/۲ درصد و کم‌ترین تأثیر خطر ریزش بهمن به عامل

گرفت. بیرون زدگی‌های سنگی به علت نفوذ پذیری کم بیش‌ترین خطر ریزش بهمن را دارا هستند و بعد از بیرون زدگی‌های سنگی به ترتیب خاک‌های لومی سیلتی، سیلتی و لومی شنی بیش‌ترین خطر را دارند و کمترین خطر بهمن مربوط به خاک‌های شنی با بیش‌ترین مقدار نفوذپذیری می‌باشد [۱۳]. کاربری اراضی منطقه شامل اراضی زراعی، مرتع، صخره، روستا و در حواشی جنوبی نیز شامل باغاتی می‌باشد. بنابراین چون اراضی باغ پوشش گیاهی هم‌چون جنگل دارند. به علت بیش‌ترین تراکم پوشش گیاهی کمترین خطر ریزش بهمن را نیز دارا هستند و بیش‌ترین خطر بهمن شامل مناطقی است که دارای صخره و برونزدهای سنگی هستند چون این مناطق می‌تواند محلی برای تجمع برف پشته‌ها باشد و احتمال خطر بهمن را تشدید کند. اراضی زراعی به علت این‌که در زمستان فاقد پوشش گیاهی هستند بعد از صخره بیش‌ترین احتمال خطر ریزش بهمن را دارا هستند [۵]. پس از تهیه‌ی لایه‌های نقشه‌ای عوامل موثر در خطر بهمن در مرحله‌ی بعدی از روش AHP به منظور محاسبه وزن‌های معیارها در محیط نرم‌افزار Expert choice استفاده شد. به طور کلی در این مرحله به‌منظور تعیین میزان اهمیت هر یک از پارامترهای موثر در خطر بهمن از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. در فرایند تحلیل سلسله مراتبی عناصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آن‌ها محاسبه می‌شود که این وزن‌ها را وزن محلی<sup>۱</sup> می‌نامیم سپس با تلفیق وزن‌های محلی وزن کل<sup>۲</sup> هر گزینه مشخص می‌شود که آن را وزن مطلق می‌نامیم. همه‌ی مقایسه‌ها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد [۶]. به طور کلی هدف در این مرحله تعیین وزن برای جفت جفت سنجه‌هاست، به عبارت دیگر به هر یک از لایه‌ها و سنجه‌های مورد نظر با توجه تأثیرشان در خطر وقوع بهمن وزنی را از ۱ تا

1- Local priority  
2- Overall priority



نمودار ۱- میزان وزن دهی حاصل از نرم افزار Expert choice در هر یک از معیارها

شکل ۲- نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر بهمن در حوزه‌ی آبخیز پيله رود

جدول ۳- طبقات مختلف خطرپذیری بهمن در حوزه‌ی آبخیز پيله رود

خطر پذیری	مساحت به متر مربع	درصد منطقه
زیاد	1/966779	8/20
متوسط	15309603	90/32
کم	15784306	93/33
خیلی کم	5758368	37/12

برف و تجمع زیاد آن دارای بیشترین خطر و جهت جنوبی کمترین نقش را در خطر وقوع بهمن ایفا می‌کند. با افزایش ارتفاع از دریا نیز به علت افزایش میزان بارندگی به صورت برف در ارتفاعات میزان وقوع بهمن زیادتر می‌شود. با توجه با این که در حوزه‌ی آبخیز پيله رود دمای متوسط سالانه بین ۵ تا ۹ درجه می‌باشد. این دما تاثیر چندانی در ریزش برف و در نتیجه وقوع بهمن نداشت. از لحاظ کاربری اراضی حواشی جنوبی حوزه‌ی آبخیز پيله رود به علت وجود باغاتی که بیشترین پوشش گیاهی را دارا بود کمترین خطر بهمن را داشت و راضی با برندهای سنگی به علت این که محلی برای ذخیره‌ی برف پشته‌ها هستند بیشترین نقش را در خطر بهمن دارند. از لحاظ نوع خاک نیز خاک‌های سیلتی به علت نفوذپذیری کمی که دارند و همچنین به علت این که بیشتر در مناطقی با شیب ۲۰ تا ۴۵ درجه قرار دارند خطر وقوع بهمن را در این قسمت از حوزه‌ی آبخیز پيله رود تشدید می‌کند. با توجه با نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر بهمن در منطقه حدود ۲۰/۸ درصد از منطقه در خطر وقوع بهمن قرار دارد. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیقات قنوتی و همکاران [۱۰]. نتایجی یکسانی داشت. به طوری که در هر دو تحقیق دو عامل شیب و جهت شیب به عنوان مهمترین عوامل در وقوع خطر بهمن شناخته شده‌اند. همچنین نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیقات سلچوک [۱۴] که بیشترین

سازند با وزنی برابر ۲/۲ درصد تعلق گرفت. نمودار ۳ وزن‌دهی حاصل از نرم‌افزار Expert choice برای هر یک از ۹ عامل موثر در خطر وقوع بهمن را نشان می‌دهد.

پس از تلفیق لایه‌های حاصل از نرم‌افزار ARCGIS و انجام عملیات محاسبه وزن هر یک از ۹ معیار در نرم‌افزار Expert choice نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر بهمن در حوزه‌ی آبخیز پيله رود تهیه شد. نقشه‌ی ۲ پهنه‌بندی خطر بهمن را در حوزه‌ی آبخیز پيله رود را نشان می‌دهد. در جدول ۳ نیز طبقات مختلف خطر بهمن و میزان مساحت هر یک از طبقات در خطرپذیری بهمن بر حسب مترمربع نشان داده شده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که پارامترهای شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا نقش اساسی را در خطر وقوع بهمن در حوزه‌ی آبخیز پيله رود ایفا می‌کند. به طوری که شیب بین ۰ تا ۱۵ درجه کمترین خطر بهمن را دارا هستند و شیب بین ۳۰ تا ۴۵ درجه جزو مناطقی است که شدیدترین خطر بهمن محسوب می‌شوند. به طور کلی می‌توان گفت در منطقه مورد مطالعه در شیب‌های متوسط خطر وقوع بهمن نسبت به شیب‌های کم و شیب‌های خیلی زیاد بیشتر است. همچنین جهت‌های شمالی منطقه به علت عدم ذوب

conference Mexico. 11p.

7-dadakhah, m. 1999. Snow book. First Edition. Translated (Armstrong, Beti and Williams, Nax). Publications Tehran University. NO.2384, PP. 304 (in Persian).

8-Dini, G., Zeiyianfiruzabadi, p., Alimohamadisarab, A., Dadashikhangahi, S. 2007. Evaluation snowy surfaces in the central Alborz using satellite data. Journal of Natural Resources. 3(3): 1-8 (in Persian).

9-fakhari, H. 1995. Weather conditions avalanche in the Haraz. Snow and hydrology seminar proceedings. Orumieh (in Persian).

10-ganavati, E. 2009. Haraz road avalanche hazard zonation based on geomorphologic feature. Journal of geographical. 9(12): 1-18 (in Persian).

11-Karami, F. 2006. Natural hazards and environmental disasters. Journal of Geography, No. 4 (in Persian).

12- Karam, A., Safarian, A., Foroshnia, sh. 2010. Estimation and zonig Soil Eeosion watershed mamlou (East Tehran) using Analytical Hierarchy Process (AHP) Model. Journal of Soil science research. NO 2, 73-86p, (in Persian).

13-Nepta Advisory Coopeation. 2001. Detail project of Ardebil pilehrood Watershed, Jihadand Agriculture Organization of Ardebil Province, 75p.

14-Salchok, L. 2013. An avalanche model for Bitlis province, Turkey, using GIS based multicriteria decision analyzes. Journal of Earth science. 22: 523-535.

15-Snehmani., Kumar Singh, M., Gupta, R.D., Ganju, A. 2013. DTM Generation and Avalanche Hazard Mapping using Large Format DigitalPhotogrammetric Data and Geometrics Technique. Journal of Remote Sensing & GIS Volume 4, Issue 2, ISSN: 2230 -7990.

16-Zarebeiki, R. Ahmadi, H., Mahdavi, M., sedaghatkarder, E. 2012. Mapping of avalanche danger on the road nesa-gajsar benefiting from the geomorphology and climate information. Journal of Range and Watershed. Iranian Journal of Natural Resources. 64(3): 295 (in Persian).

احتمال وقوع بهمن را در مناطقی با شیب متوسط بیان کرده بود نیز هم خوانی داشت. نتایج به دست آمده در این تحقیق همانند تحقیقات زارع بیدکی و همکاران [۱۶] نشان داد که ارتفاعات زیاد به علت مهیا بودن پوشش برف ناپایدار به تشکیل بهمن کمک می کند و احتمال خطر بهمن در ارتفاعات زیاد بیشتر است. به طور کلی هر منطقه ای با توجه به برخی از ویژگی ها و موقعیت هایی که دارد امکان وقوع انواع بهمن را دارا هست. بنابراین با بررسی های مداوم و کامل می توانیم با میزان تاثیر هر یک از پارامترهای موثر در وقوع بهمن آشنا شویم. که از این پیش بینی ها و بخش عمده ای از این اطلاعات می توان برای عملیاتی چون بررسی ریزش مصنوعی بهمن که خود نوعی عملیات حفاظتی محسوب می شود استفاده کرد. بنابراین ضروری است این بررسی ها ادامه یافته و به مرور اصلاح شوند [۳]. به منظور بررسی دقیق خطر بهمن می توان علاوه بر ویژگی های ژئومورفولوژیکی و اقلیمی از عوامل دیگری چون اثرات مشخصات فیزیکی برف نظیر عمق برف، لایه بندی برف، نوع بلور برف، تراکم برف نیز در بررسی خطر بهمن استفاده کرد. تا بدین ترتیب تاثیر این عوامل نیز در خطر سقوط بهمن مشخص شود. با توجه به نتایج حاصل می توان گفت روش سلسله مراتبی (AHP) کارایی نسبتا مطلوبی در پهنه بندی خطر بهمن دارد. بنابراین می توان از این مدل برای پهنه بندی مناطق دیگر نیز استفاده کرد.

## منابع

1-Armastrong, B.R. 1977. Avalanche hazard in Quarry County, Colorado: 1877-1976. University of Colorado. Institute of Arctic and Alpine Research. NO.24, PP.125.

2-Armstrong, B.R. and William. 1977. The avalanche book. P.185.

3- Ahmadi, H., Taheri, S. 2010. Strategic studies for mapping areas at risk of avalanche-prone watershed (The case of road chalus). Fifth National Conference Watershed of Science and Engineering (Sustainable management of natural disasters) (in Persian).

4-Asadamraji, M., Saffarzade, M., Hasanpur, S., Rasuli, N. 2014. Provide a model for risk assessment of avalanche in mountainous roads Karaj-Chalus. Journal of omran modares. 14(4): 1-14 (in Persian).

5-Biroudian, N. 2004. Snowpack Management. Publication of Imam reza University (AS). PP. 230 (in Persian).

6-Cristen, M., Bartelt, P., Gurber, U., 2005. Numerical calculation of snow avalanche run out distances. Computing in civil engineering international

*Abstract*

## Avalanche hazard using Analytical Hierarchy Process (AHP) Model Case Study: Pilerood Watershed, Ardabil Province)

F. Gholinia<sup>\*1</sup>, A. Esmali<sup>2</sup>, Sh. Asghari<sup>3</sup>, M. Abedini<sup>4</sup>, M. Badrzadeh<sup>5</sup>

Received: 2014/03/14 Accepted: 2015/04/02

Avalanche is one of the events snowy areas that if science does not deal with it possible dangers and problems caused irreparable. The main objective of this study was to evaluate the effect of 9 effective factor in avalanche slope, aspect, elevation, temperature, rainfall, land use, type Formation, type of soil and road and determine the importance of each of these parameters in falling avalanches and avalanche hazard zonation in each area of work using analytical Hierarchy Process Model (AHP) is. In order to study impact of the factors in the avalanche of software ARCGIS10.1 for mapping parameters of the avalanche and software Expert choice for the weighting factors were used in the avalanche. The results showed that most of the factors that affect the avalanche slope, aspect, elevation. And about 20.8% of the area is in danger of avalanche.

**Keywords:** *Avalanche, Analytical Hierarchy Process (AHP), Avalanche Hazard, ArcGIS, Pilerood Watershed*

---

1. M.Sc. Student of Watershed Management, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili. \* Fatemegholinia@gmail.com

2. Associate Professor, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili.

3. Assistant Professor, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili.

4. Associate Professor, Faculty of Human Sciences, University of Mohaghegh Ardabili.

5. Lecturer, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili.