

ارزیابی و مدل‌سازی پارامترهای محیطی مؤثر بر وقوع بهمن در محور میگون-شمشک با استفاده از تکنیک‌های آماری چندمتغیره

کاظم نصرتی^{۱*}، سارا کیاشمشکی^۲، محمدمهدی حسین‌زاده^۱

۱. دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۰۵/۰۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۷/۰۷/۱۳)

چکیده

سقوط بهمن یکی از پدیده‌های مناطق کوهستانی و برف‌گیر است، که ممکن است خطرهای فراوان و مشکلات جبران‌ناپذیر به وجود آورد. هدف از پژوهش حاضر، تعیین مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در وقوع بهمن در گذرگاه‌های محور میگون-شمشک است. این محور در حوضه آبخیز شمشک با وسعتی حدود ۳۷/۷۵ کیلومترمربع در شمال شرقی تهران و در شهرستان شمیران واقع است. به منظور ارزیابی گذرگاه‌های بهمن، پارامترهای محیطی مؤثر بر وقوع بهمن شامل طول دره، عرض دره، آزیموت، درصد شیب، ضریب انحنای دره، ارتفاع، رس، سیلت، ماسه، ضریب زبری، درصد پوشش گیاهی، درصد پوشش سنگی، بارش، دما و برف تعیین شد. در منطقه مطالعه شده سه نوع دره دارای بهمن دائمی، آنی و بدون بهمن شناخته شد. نتایج به دست آمده از مقایسه پارامترهای محیطی دره‌های بهمن آنی و دائمی نشان داد درصد شیب، ضریب زبری، میزان رس، سیلت، ماسه، درصد پوشش گیاهی و سنگی تفاوت معناداری بین این دو دره دارند. همچنین، در مقایسه بین گذرگاه‌های این دو دره فقط پارامتر ضریب انحنای دره معنادار شد. نتایج مقایسه هر سه نوع دره نشان داد آزیموت، ضریب انحنای دره، درصد شیب، ضریب زبری، درصد پوشش گیاهی و سنگی دارای تفاوت معناداری است. طی مقایسه گذرگاه‌های هر سه نوع دره، ضریب انحنای دره به عنوان پارامتر معنادار شناخته شد. مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر وقوع بهمن که از نتایج تحلیل عاملی به دست آمد، آزیموت و ضریب زبری است.

کلیدواژگان: بهمن برف، تکنیک‌های آماری چندمتغیره، گذرگاه بهمن، محور میگون-شمشک.

مقدمه

کوهستان جایگاه اصلی برای شکل‌گیری بهمن‌هاست. خصوصیاتمانند ارتفاع، زاویه شیب، پوشش گیاهی و آب‌وهوا مشخص‌کننده قابلیت کوهستان برای تولید بهمن هستند [۱]. بهمن‌ها به‌صورت نتیجه‌ای از تعامل پوشش برف، آب‌وهوا و عوارض زمینی رخ می‌دهند. این سه عامل را مثلث بهمن می‌نامند [۲]. هر سال در سراسر جهان بیش از یک میلیون بهمن اتفاق می‌افتد. وقوع بهمن رخدادی طبیعی در کوهستان است. مناطق پوشیده از برف‌های دائمی نیز بهمن دارند، ولی خسارت آنها چندان درخور توجه نیست، در حالی که در مناطق دارای برف زمستانی، شدت و خسارت بهمن بسیار زیاد است [۳]. بهمن‌ها به‌خصوص هنگامی که از مواد مختلط سنگی انباشته شوند و نیرو بگیرند، خسارت درخور توجهی به ساختمان‌ها، جاده‌ها و دیگر موانع در مسیرشان وارد می‌آورند و اغلب سبب تلفات جانی می‌شوند [۴].

در فصل زمستان و برف، خطر سقوط بهمن جان کسانی که در مناطق کوهستانی قرار دارند را تهدید می‌کند [۵]. از آنجا که در کشور ما، ایران، نزولات آسمانی در نقاط کوهستانی به‌صورت برف است، شرایط تشکیل بهمن نیز وجود دارد و در فصل‌های زمستان و بهار شاهد سقوط بهمن‌های بی‌شماری هستیم [۶]. کشور ما، ایران، توپوگرافی متنوعی دارد. دو رشته‌کوه البرز و زاگرس و قله‌های منفرد، مناطق کوهستانی ما را تشکیل می‌دهند که به‌طور مسلم نزولات آسمانی به‌صورت برف دارند. ریزش برف در مناطق کوهستانی، شرایط تشکیل بهمن را فراهم می‌کند. همان‌طور که می‌دانیم، راه‌ها شریان‌های مهمی برای ارتباطات هستند و از این‌رو برای احداث آنها هزینه‌های هنگفتی صرف می‌شود. ریزش برف و بهمن در مناطق کوهستانی خسارت زیادی بر راه‌ها و تأسیسات جانبی آن وارد می‌کند و هزینه‌های زیادی صرف برف‌روبی خیابان‌ها و جاده‌های اصلی می‌شود [۷].

هیراشیما و همکارانش [۸] با استفاده از مدل برف‌انباشت و داده‌های هواشناسی نشان دادند بهمن‌ها زمانی اتفاق می‌افتند که نقشه‌های شاخص ثبات وضعیت ناپایداری را نشان می‌دهند. در مطالعه مونتانو و همکارانش [۹] در کوه‌های پیاترامیکا در بخش مرکزی رومانی، فاکتورهایی همچون شیب، جهت شیب، ساختار زمین‌شناسی، عوامل

آب‌وهوایی توسط پردازش تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و توریستی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و کارهای میدانی بررسی شد. ویژگی‌های شیب، جهت شیب، بارش، تابش خورشید، پوشش گیاهی و تا حدودی فعالیت‌های انسانی از جمله دلایل وقوع بهمن در این منطقه است. مطالعه دیگری که در منطقه لانگربین در سوآلبارد توسط اکراستروفر و کریستینسن انجام شد، از بازدیدهای میدانی، GPS، داده‌های هواشناسی و نمودارها استفاده شده و یک مدل TIN از منطقه تهیه شد. در تحقیق یادشده علل ریزش بهمن، عبور سیستم‌های جوی کم‌فشار با درجه هوای مثبت، عبور بادهای سریع، از بین رفتن اصطکاک به‌دلیل روان‌سازی آب و وجود یک لایه یخ نفوذناپذیر عنوان شده است [۱۰].

زارع بیدکی و همکارانش در پژوهشی با عنوان «نقشه خطر بهمن در جاده نسا-گچسر با بهره‌گیری از اطلاعات ژئومورفولوژی و اقلیمی» [۱۱] با بررسی عوامل توپوگرافی بیان کردند که منطقه به‌شدت مستعد تشکیل بهمن است. شیب‌های تند بدون پوشش جنگلی، مهم‌ترین عامل بهمن‌خیز بودن این دامنه‌هاست. اقلیم منطقه و ارتفاع زیاد کوهستان نیز با مهیاکردن پوشش برف ناپایدار به تشکیل بهمن کمک می‌کند. خطر وقوع بهمن در البرز مرکزی و عوامل مؤثر بر وقوع بهمن را طالبی و همکارانش بررسی کردند [۱۲]. در این تحقیق داده‌های به‌دست‌آمده از نقشه‌های خروجی از منطقه، مطالعه شد تا وضعیت بهمن‌خیزی البرز مرکزی (محدوده بین عرض‌های ۳۵۰۰ تا ۳۸۰۰ شمالی و طول‌های ۵۰۰۰ تا ۵۴۰۰ شرقی) بررسی شود. با استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه طبقات ارتفاعی، مقدار و جهت شیب دامنه‌ها و منابع مطالعات مربوط به آن ترسیم شد. سپس، برای اولویت‌بندی خطر وقوع بهمن، جدول‌هایی از نظر شدت خطرزایی و احتمال سقوط بهمن براساس ارتفاع و شیب تشکیل شد. نتایج پژوهش یادشده نشان می‌دهد فراوانی ریزش بهمن در محدوده ارتفاعی سه تا پنج هزار متر و شیب ۱۲۰ درصد است. پهنه‌بندی خطر وقوع بهمن با به‌کارگیری روش سلسله‌مراتبی AHP در حوضه آبخیز مشرف به شهرستان خلخال را کفیلی‌فرد و اسمعیلی‌عوری ارزیابی کردند [۱۳]. برای این تحقیق نقشه‌های مختلفی براساس شاخص‌های توپوگرافی، شرایط جوی و پوشش

بهمن بر اساس پارامترهای محیطی با استفاده از تکنیک‌های آماری چندمتغیره است.

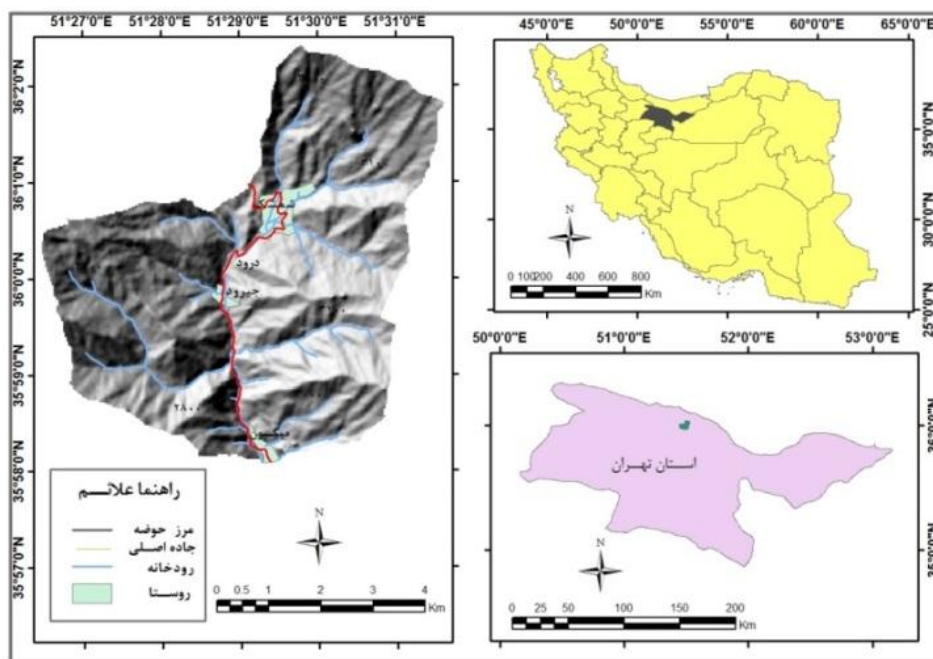
مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه شده

محور میگون-شمشک در حوضه آبخیز شمشک قرار دارد و این منطقه با وسعتی حدود ۳۷/۷۵ کیلومتر مربع و داشتن طول جغرافیایی "۵۱°۲۶'۴۹" تا "۵۱°۳۱'۳۹" و عرض جغرافیایی "۳۵°۵۷'۲۸" تا "۳۶°۳'۱۵" در شمال شرقی تهران در شهرستان شمیران بخش رودبارقصران واقع شده است (شکل ۱). کمترین ارتفاع حوضه در نقطه خروجی برابر با ۲۲۰۰ متر و بیشترین ارتفاع حوضه برابر ۴۲۰۰ متر است. در منطقه مطالعه شده میزان بارش، دما و برفی اهمیت دارد که شرایط وقوع بهمن را فراهم کند، به همین دلیل به بررسی بارش، دما و برف از ماه آبان تا فروردین پرداخته شد. میانگین بارش ده‌ساله با مقدار ۹۸/۱۹ میلی‌متر مربوط به ایستگاه شمشک و همچنین بیشترین میانگین برف ده‌ساله با مقدار ۸۰/۵۵ سانتی‌متر مربوط به ایستگاه شمشک است. میانگین دمای ده‌ساله مربوط به ایستگاه راحت‌آباد با مقدار ۲/۸۲ با ارتفاع ۲۴۵۰ متر است.

گیاهی (مانند تندی شیب، ارتفاع، جهت شیب، بارش، دما، کاربری اراضی، سازند، طول جاده و گسل) تهیه شد. وزن‌دهی پارامترهای مؤثر به کمک مدل AHP انجام شد. با این روش به‌طور بهینه عوامل مؤثر بر وقوع بهمن ارزیابی شده و نقاط با پتانسیل زیاد برای وقوع بهمن در این حوضه آبخیز شناسایی شدند. «پهنه‌بندی خطر گذرگاه‌های بهمن خیز استان کردستان» عنوان مقاله‌ای است که نیری و همکارانش ارائه کرده‌اند. آنها در این پژوهش ابتدا گذرگاه‌های بهمن را شناسایی کردند و مورد بازدید میدانی قرار دادند. سپس، معیارهای شیب، جهت شیب، ارتفاع، تحدب و تقعر، فاصله از جاده و کاربری اراضی را بررسی کردند و نقشه‌های خطر بهمن به دست آوردند. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش آنها نشان داد مدل به‌کاررفته صحت زیادی دارد و نقاط بازدیدشده در گروه مناطق پرخطر و بسیار پرخطر قرار گرفتند [۱۴].

به این ترتیب، با مرور پیشینه پژوهش مشخص شد که ارزیابی پارامترهای محیطی مؤثر بر وقوع بهمن و مدل‌سازی آن با استفاده از تکنیک‌های آماری چندمتغیره کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از پژوهش حاضر، تعیین مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در وقوع بهمن در گذرگاه‌های محور میگون-شمشک و مدل‌سازی وقوع



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه شمشک

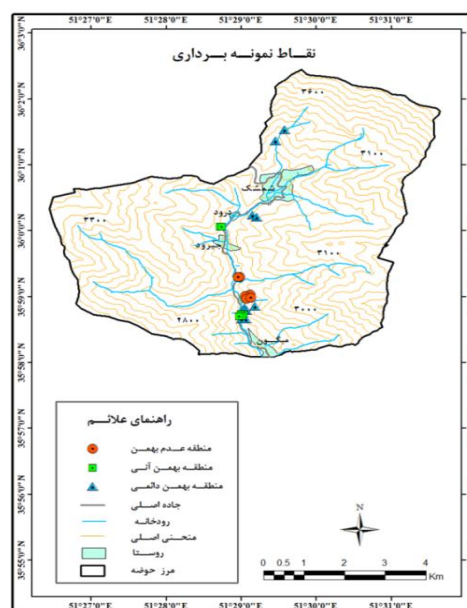
روش انجام تحقیق

به منظور ارزیابی گذرگاه‌های بهمن، پارامترهای محیطی مؤثر بر وقوع بهمن که شامل طول دره، عرض دره، آزمون، درصد شیب، ضریب انحنای دره، ارتفاع، میزان رس، سیلت، ماسه، ضریب زبری، درصد پوشش گیاهی، درصد پوشش سنگی، بارش، دما و برف است، به کمک نرم‌افزار Google Earth و برداشت‌های میدانی به دست آمد. با توجه به شناخت اولیه و پیمایش‌های میدانی، سه نوع دره دارای بهمن دائمی، آبی و بدون بهمن شناخته شد. سپس، نمونه‌برداری از خاک، پوشش گیاهی، شیب، جهت دره، پوشش سنگی و ثبت طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع انجام شد. با استفاده از پلات یک در یک مترمربع و نمونه‌بردار میله‌ای طراحی شده، زبری سطح زمین به دست آمد. هر یک از دره‌ها با توجه به طول آنها به دو قسمت تقسیم شدند و در هر قسمت با توجه به تغییرات در نوع پوشش گیاهی، نمونه‌برداری انجام شد. مختصات جغرافیایی و ارتفاع نیز در کنار هر نمونه‌ای که از خاک و پوشش گیاهی درون پلات برداشت می‌شد، به ثبت رسید. مقدار و جهت شیب نیز در فواصل مختلف اندازه‌گیری شد. شکل ۲ نقشه نقاط نمونه‌برداری از منطقه را نشان می‌دهد. نمونه خاک‌های برداشت شده از منطقه به آزمایشگاه منتقل شده و مقدار گرم خاک الک شده از الک ۲ میلی‌متر وزن شد و تعیین بافت خاک به روش هیدرومتر انجام گرفت [۱۵].

تحلیل‌های آماری

برای انجام محاسبات از نرم‌افزارهای Excel و SPSS بهره گرفته شد. به منظور مقایسه عوامل مؤثر بر رخداد بهمن (پارامترهای محیطی) از آزمون t-test در دو دره بهمن آبی و دائمی و بخش‌های دوگانه گذرگاه‌های بهمن استفاده شد. همچنین، از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای مقایسه پارامترهای محیطی در سه نوع دره دارای بهمن دائمی، آبی و بدون بهمن استفاده شد.

طی سه مرحله، مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر وقوع بهمن و مدل‌سازی آن براساس پارامترهای محیطی با استفاده از تکنیک‌های آماری چندمتغیره انجام شد. در مرحله نخست، مقدار بار یا وزن ویژه هر عامل با استفاده از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی تعیین شد. در مرحله دوم فاکتورهایی که مقدار ویژه بیش از یک داشتند، انتخاب شدند. پس از انتخاب اولیه وزن‌های عاملی، باید عواملی را به دست آورد که به آسانی تفسیر شوند. اگر بردار عوامل از چپ در یک ماتریس متعامد ضرب کنیم، دوران عوامل صورت می‌گیرد. مزیت تبدیل مایل این است که عوامل به دست آمده، ساده‌تر تفسیر می‌شوند. روش وریماکس عمومی‌ترین روش دوران متعامد است که مربعات عناصر ستونی برآورد ماتریس وزن‌های عاملی را ماکزیمم می‌سازند. داخل هر عامل انتخاب شده که مقدار ویژه بیش از یک داشتند، وزن فاکتورهای محیطی در آن عوامل بررسی شد و خصوصیتی که وزن بیشتری برای آن عوامل داشتند به عنوان شاخص آن عامل انتخاب شدند. در مرحله آخر، با استفاده از روش امتیاز یا score و روش تحلیل واریانس یک‌طرفه برای هر عامل براساس فاکتورهای محیطی مقدار امتیاز یا رتبه آن محاسبه شد. تحلیل توابع تشخیص روی عوامل جدا شده دارای مقادیر ویژه بیشتر از یک صورت گرفت و عواملی که بیشترین مقدار توجیه واریانس و همچنین بیشترین ضریب در معادله را داشتند، به عنوان عامل مؤثر بر وقوع بهمن جدا شدند. سپس دوباره روی عوامل محیطی ای که بیشترین وزن را در آن عامل داشتند، تحلیل توابع تشخیص صورت گرفت و خصوصیتی که بیشترین ضریب را در توابع به دست آمده داشتند، به عنوان مهم‌ترین خصوصیتی انتخاب شدند که در وقوع بهمن مؤثرند [۱۶].



شکل ۲. نقشه نقاط نمونه‌برداری حوضه شمشک

نتایج و بحث

پارامترهای محیطی شامل طول دره، عرض دره، آزیموت، ضریب انحنای دره، درصد شیب، ارتفاع، ضریب زبری، رس، سیلت، ماسه، درصد پوشش گیاهی، درصد پوشش سنگی، بارش، دما و برف است.

مقایسه پارامترهای محیطی در مناطق بهمن آنی و دائمی به‌منظور تعیین عوامل مؤثر بر رخداد بهمن، ابتدا به مقایسه پارامترهای محیطی که در دو دره بهمن آنی و دائمی و همچنین بخش‌های آنها وجود دارد، پرداخته شد.

جدول ۱. مقدار p- مربوط به آزمون t در مناطق بهمن آنی و دائمی

پارامتر	نوع بهمن	تعداد	میانگین	انحراف معیار	مقدار t
طول دره	دائمی	۱۰	۳۰۵/۸۹	۳۱۹/۵۰	۱/۷۶
	آنی	۶	۷۲/۱۵	۲۹/۵۲	
عرض دره	دائمی	۱۰	۵۷/۷۷	۳۶/۳۰	۱/۶۳
	آنی	۶	۳۰/۴۲	۲۴/۵۹	
آزیموت	دائمی	۱۰	۹۶/۲۲	۲۹/۶۶	-۱/۸۳
	آنی	۶	۱۵۱/۶۵	۹۰/۰۴	
ضریب انحنای دره	دائمی	۱۰	۱/۱۶	۰/۰۸	-۱/۷۹
	آنی	۶	۱/۲۵	۰/۱۲	
*درصد شیب	دائمی	۱۰	۶۵/۵۰	۲۷/۰۰	-۳/۱۷
	آنی	۶	۱۰۴/۱۸	۱۵/۷۶	
ارتفاع	دائمی	۱۰	۲۶۴۰/۰۰	۲۳۰/۷۸	۱/۴۵
	آنی	۶	۲۴۹۵/۳۳	۹۱/۳۶	
*ضریب زبری	دائمی	۱۰	۱/۲۰	۰/۲۱	۱۱/۸۳
	آنی	۶	۰/۱۳	۰/۰۵	
*رس	دائمی	۱۰	۲۳/۰۸	۸/۸۲	۶/۳۲
	آنی	۶	۰/۰۰	۰/۰۰	
*سیلت	دائمی	۱۰	۲۹/۰۲	۹/۷۲	۷/۲۱
	آنی	۶	۰/۰۰	۰/۰۰	
*ماسه	دائمی	۱۰	۴۷/۹۰	۱۲/۸۷	۸/۹۹
	آنی	۶	۰/۰۰	۰/۰۰	
*درصد پوشش گیاهی	دائمی	۱۰	۱۳/۸۰	۷/۶۷	۴/۳۵
	آنی	۶	۰/۰۰	۰/۰۰	
*درصد پوشش سنگی	دائمی	۱۰	۲۶/۴۰	۲۴/۴۸	-۷/۲۶
	آنی	۶	۱۰۰/۰۰	۰/۰۰	
بارش	دائمی	۱۰	۹۷/۳۶	۵/۲۲	۱/۴۵
	آنی	۶	۹۳/۹۹	۲/۰۶	
دما	دائمی	۱۰	-۳/۷۹	۲/۵۲	-۱/۴۵
	آنی	۶	-۲/۲۲	۱/۰۰	
برف	دائمی	۱۰	۷۹/۰۸	۱۶/۵۷	۱/۴۵
	آنی	۶	۶۸/۶۹	۶/۵۶	

* معنادار در سطح ۹۵ درصد.

درصد پوشش گیاهی، درصد پوشش سنگی تحت تأثیر هر دو حالت دره‌های بهمن دائمی و آبی قرار دارد.

با توجه به جدول ۲ این نتیجه به دست آمد که میزان پارامتر ضریب انحنای دره با معناداری ۰/۰۱ تحت تأثیر هر دو بخش دره‌های بهمن دائمی و آبی قرار دارد، ولی میزان پارامترهای طول دره، عرض دره، آزیموت، درصد شیب، ارتفاع، ضریب زبری، رس، سیلت، ماسه، درصد پوشش گیاهی، درصد پوشش سنگی، بارندگی، دما و برف در هر دو بخش دره‌های بهمن دائمی و آبی یکسان است.

در آزمون مقایسه میزان پارامترهای دره‌های بهمن دائمی و آبی براساس روش t در صورتی که p- مقدار کمتر از سطح معناداری ۰/۰۵ باشد، فرض برابری میزان پارامترهای مؤثر بر رخداد بهمن براساس نوع بهمن آبی و یا دائمی پذیرفته نخواهد شد. بنابراین، با توجه به جدول ۱ این نتیجه به دست آمد که میزان پارامترهای طول دره، عرض دره، آزیموت، ضریب انحنای دره، ارتفاع، بارش، دما و برف در هر دو حالت دره‌های بهمن دائمی و آبی یکسان است، ولی میزان پارامترهای درصد شیب، ضریب زبری، رس، سیلت، ماسه،

جدول ۲. مقدار p - مربوط به آزمون t در مناطق بخش‌های گذرگاه‌های بهمن آبی و دائمی

پارامتر	بخش دره	تعداد	میانگین	انحراف معیار	مقدار t
طول دره	۱	۸	۲۳۲/۷۳	۳۱۸/۲۵	۰/۲۱
	۲	۸	۲۰۳/۷۴	۲۴۳/۶۶	
عرض دره	۱	۸	۴۵/۵۶	۳۳/۱۰	-۰/۲۲
	۲	۸	۴۹/۴۷	۳۷/۷۲	
آزیموت	۱	۸	۱۲۲/۴۰	۶۰/۷۸	۰/۳۳
	۲	۸	۱۱۱/۶۰	۶۹/۳۳	
* ضریب انحنای دره	۱	۸	۱/۱۳	۰/۰۷	-۲/۲۹
	۲	۸	۱/۲۶	۰/۱۰	
درصد شیب	۱	۸	۷۳/۲۵	۲۶/۹۳	-۰/۰۹
	۲	۸	۸۶/۷۵	۳۲/۹۶	
ارتفاع	۱	۸	۲۵۳۴/۱۳	۱۶۷/۹۹	-۱/۰۴
	۲	۸	۲۶۳۷/۳۸	۲۲۶/۵۹	
ضریب زبری	۱	۸	۰/۷۵	۰/۵۲	-۰/۳۶
	۲	۸	۰/۸۵	۰/۶۳	
رس	۱	۸	۱۵/۸۰	۱۴/۸۰	۰/۴
	۲	۸	۱۳/۰۵	۱۲/۷۲	
سیلت	۱	۸	۱۷/۶۸	۱۷/۵۹	-۰/۱۱
	۲	۸	۱۸/۵۹	۱۶/۲۱	
ماسه	۱	۸	۲۹/۰۲	۲۵/۹۵	-۰/۱۴
	۲	۸	۳۰/۸۶	۲۷/۷۰	
درصد پوشش گیاهی	۱	۸	۸/۳۸	۹/۱۰	-۰/۱۱
	۲	۸	۸/۸۸	۹/۷۳	
درصد پوشش سنگی	۱	۸	۴۸/۱۳	۴۴/۰۰	-۰/۵۵
	۲	۸	۵۹/۸۸	۴۰/۷۱	
بارش	۱	۸	۹۴/۸۷	۳/۸۰	-۱/۰۴
	۲	۸	۹۷/۲۰	۵/۱۲	
دما	۱	۸	-۲/۶۴	۱/۸۳	۱/۰۳
	۲	۸	-۳/۷۶	۲/۴۷	
برف	۱	۸	۷۱/۴۸	۱۲/۰۶	-۱/۰۴
	۲	۸	۷۸/۹۰	۱۶/۲۷	

* معنادار در سطح ۹۵ درصد.

در هر سه دره بهمن آبی، دائمی و بدون بهمن دارای اختلاف معنادارند. در دیگر پارامترهای ارزیابی شده نظیر طول دره، عرض دره، ارتفاع، بارش، دما و برف در این سه نوع دره اختلاف معناداری وجود ندارد. برای مقایسه پارامترهای محیطی مؤثر بر وقوع بهمن در بخش‌های دوگانه این گذرگاه‌ها از آزمون t استفاده شد که هر چه مقدار p کمتر از ۰/۰۵ باشد، معناداری بیشتر است (جدول ۴).

مقایسه پارامترها در سه منطقه بهمن آبی، دائمی و بدون بهمن به منظور مقایسه میان پارامترهای محیطی سه نوع دره مد نظر، ابتدا میانگین و واریانس نمونه‌های هر یک از گروه‌ها مشخص شد و سپس مقایسه‌ای بین میانگین‌ها انجام گرفت تا معناداری آنها تعیین شود. جدول ۳ نتایج تحلیل واریانس را نشان می‌دهد که پارامترهای آزیموت، ضریب انحنای دره، درصد شیب، ضریب زبری، درصد پوشش گیاهی و درصد پوشش سنگی

جدول ۳. نتایج آزمون واریانس یکطرفه one-way ANOVA

معناداری	F	میانگین	خصوصیات
۰/۱۱	۲/۴۹	۱۹۲/۳۷	طول دره
۰/۱۹	۱/۸۰	۴۴/۷۴	عرض دره
۰/۰۴*	۳/۷۷	۱۰۴/۷۵	آزیموت
۰/۰۳*	۴/۷۰	۱/۲۳	ضریب انحنای دره
۰/۰۳*	۴/۸۳	۸۰/۶۴	درصد شیب
۰/۱۸	۱/۸۹	۲۵۶۴/۵۰	ارتفاع
۰/۰۰۱*	۱۰۶/۸۹	۰/۹۴	ضریب زبری
۰/۰۰۱*	۹/۳۰	۸/۹۵	درصد پوشش گیاهی
۰/۰۰۱*	۲۰/۳۴	۵۴/۹۱	درصد پوشش سنگی
۰/۱۸	۱/۸۹	۹۵/۵۵	بارش
۰/۱۸	۱/۸۹	-۲/۹۷	دما
۰/۱۸	۱/۸۹	۷۳/۶۶	برف

* معنادار در سطح ۹۵ درصد.

جدول ۴. مقدار p - مربوط به آزمون t در مناطق بخش‌های گذرگاه‌های بهمن آبی، دائمی و بدون بهمن

مقدار t	انحراف معیار	میانگین	تعداد	بخش دره	پارامتر
۰/۲۸	۲۷۰/۶۲	۲۰۶/۸۸	۱۱	۱	طول دره
	۲۰۹/۳۱	۱۷۷/۸۶	۱۱	۲	
-۰/۰۴	۲۹/۹۵	۴۴/۴۹	۱۱	۱	عرض دره
	۳۳/۸۷	۴۴/۹۹	۱۱	۲	
۰/۲۰	۵۷/۹۴	۱۰۷/۲۸	۱۱	۱	آزیموت
	۶۱/۵۷	۱۰۲/۲۲	۱۱	۲	
-۲/۴۸	۰/۱۰	۱/۱۷	۱۱	۱	ضریب انحنای دره
	۰/۱۲	۱/۲۹	۱۱	۲	
-۰/۳۹	۲۸/۵۴	۷۸/۲۸	۱۱	۱	درصد شیب
	۲۹/۰۶	۸۳/۰۱	۱۱	۲	
-۱/۲۷	۱۴۳/۳۵	۲۵۱۸/۰۰	۱۱	۱	ارتفاع
	۱۹۵/۱۱	۲۶۱۱/۰۰	۱۱	۲	
-۰/۳۷	۰/۵۰	۰/۹۰	۱۱	۱	ضریب زبری
	۰/۵۷	۰/۹۸	۱۱	۲	
-۰/۸۹	۷/۸۶	۷/۳۶	۱۱	۱	درصد پوشش گیاهی
	۸/۸۵	۱۰/۵۵	۱۱	۲	
۰/۰۹	۴۱/۲۶	۵۵/۶۴	۱۱	۱	درصد پوشش سنگی
	۳۵/۸۹	۵۴/۱۸	۱۱	۲	
-۱/۲۸	۳/۲۴	۹۴/۵۰	۱۱	۱	بارش
	۴/۴۱	۹۶/۶۰	۱۱	۲	
۱/۲۷	۱/۵۶	-۲/۴۶	۱۱	۱	دما
	۲/۱۳	-۳/۴۷	۱۱	۲	
-۱/۲۸	۱۰/۲۹	۷۰/۳۲	۱۱	۱	برف
	۱۴/۰۱	۷۷/۰۰	۱۱	۲	

*. معنادار در سطح ۹۵ درصد.

(۰/۸۴) و توجیه ۱۹/۹۴ درصد از واریانس کل، به ضریب انحنای دره داده شد. به این ترتیب، عامل دیگر یعنی ضریب زبری با توجیه ۱۹/۲۳ درصد از کل واریانس با بار وزنی (۰/۸۷) به عنوان عامل سوم انتخاب شد.

جدول ۵. نتایج تحلیل عاملی و بار عوامل براساس روش واریماکس

پارامترها	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳
طول دره	۰/۸۵	-۰/۲	۰/۱۶
عرض دره	۰/۵۷	-۰/۵۵	۰/۱۴
آزیموت	۰/۰۴	-۰/۱۴	-۰/۸۱
ضریب انحنای دره	-۰/۰۹	۰/۸۴	۰/۲۳
درصد شیب	-۰/۵	۰/۵۷	-۰/۳۵
ارتفاع	۰/۹۸	-۰/۱۶	۰/۰۸
ضریب زبری	۰/۲۲	-۰/۱۹	۰/۸۷
درصد پوشش گیاهی	۰/۱۹	-۰/۵۹	۰/۶۲
درصد پوشش سنگی	-۰/۲۵	۰/۷۲	-۰/۵۲
بارش	۰/۹۸	-۰/۱۶	۰/۰۸
دما	-۰/۹۸	۰/۱۶	-۰/۰۸
برف	۰/۹۸	-۰/۱۶	۰/۰۸
مقدار ویژه	۵/۲۸	۲/۳۹	۲/۳۱
درصد واریانس	۴۳/۹۸	۱۹/۹۴	۱۹/۲۳
درصد واریانس تجمعی	۴۳/۹۸	۶۳/۹۲	۸۳/۱۵

انجام تحلیل عوامل بر داده‌های مربوط به ویژگی‌های مؤثر بر رخداد بهمن در منطقه مطالعه شده سبب ایجاد سه عامل با مقادیر ویژه بیش از یک شد. مقادیر ویژه نشان‌دهنده واریانس نسبی هر عامل است. با توجه به اینکه از داده‌های استاندارد شده با میانگین صفر و واریانس یک در تحلیل عوامل استفاده شده است، بنابراین، اگر مقدار ویژه عامل انتخاب شده کمتر از یک باشد، به این معناست که واریانس عامل بررسی شده کمتر از واریانس تک‌تک اجزای تشکیل‌دهنده عامل است و استفاده از آن عامل در مراحل بعدی مطالعه مناسب نیست [۱۷].

بارهای عامل را می‌توان به صورت قوی، متوسط و ضعیف به ترتیب براساس مقادیر عددی بیش از ۰/۷۵، ۰/۵-۰/۷۵ و ۰/۳-۰/۵ طبقه‌بندی کرد. عامل نخست بیشترین سهم واریانس کل (۴۳/۹۸ درصد) را توجیه می‌کند. بار عامل طول دره، ارتفاع، بارش، و برف در عامل اول مثبت و دما با بار منفی است. از آنجا که تعداد عوامل اقلیمی در عامل نخست بیشتر است، عامل اقلیمی نامیده

با توجه به جدول ۴، این نتیجه به دست آمد که میزان پارامتر ضریب انحنای دره با معناداری ۰/۰۲ تحت تأثیر هر دو بخش دره‌های بهمن دائمی، آبی و بدون بهمن قرار دارد، ولی میزان پارامترهای طول دره، عرض دره، آزیموت، درصد شیب، ارتفاع، ضریب زبری، رس، سیلت، ماسه، درصد پوشش گیاهی، درصد پوشش سنگی، بارندگی، دما و برف در هر دو بخش دره‌ها یکسان است.

تعیین ارتباط مناطق بهمن خیز با پارامترهای محیطی و مدل‌سازی آن

در مطالعه حاضر تجزیه و تحلیل عاملی برای ۱۲ متغیر اندازه‌گیری شده در سه دره بهمن آبی، دائمی و بدون بهمن در حوضه شمشک با استفاده از نرم‌افزار SPSS به کار برده شد. متغیرهای عرض دره، طول دره، آزیموت، ارتفاع، درصد شیب، ضریب انحنای دره، ضریب زبری، درصد پوشش گیاهی، درصد پوشش سنگی، بارندگی، دما و برف را شامل می‌شوند. با توجه به آنکه نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل عاملی ابتدا پیچیده است و راه حل بهینه‌ای به دست نمی‌دهد، به‌منظور به حداکثر رساندن واریانس بارهای هر یک از عامل‌ها و تسهیل در تفسیر ساختار عاملی، محورهای عاملی با دوران واریماکس که یکی از روش‌های مرسوم است، دوران می‌یابد تا آنکه عوامل به‌صورت مستقل درآیند، ضمن آنکه نامگذاری عوامل نیز براساس بارهای عاملی دوران‌یافته صورت می‌گیرد. همچنین، برای تعیین میزان تناسب تعداد عامل‌های انتخابی و صحت عمل از آماره KMO (kaiser-Meyer-Olkin) استفاده شد. KMO معیاری از کفایت نمونه‌برداری است که صلاحیت کاهش داده‌ها به گروه‌های کوچک‌تر را تعیین می‌کند. با در نظر گرفتن $KMO = ۰/۷۰$ تمام ۱۲ متغیر مورد مطالعه انتخاب شدند.

تجزیه عاملی متغیرها نشان داد براساس سه عامل و ۱۲ متغیر در مجموع ۸۳/۱۵ درصد از واریانس، داده‌ها را در بر گرفته‌اند و به این ترتیب اطلاعات حول سه عامل خلاصه می‌شوند. براساس جدول ۵، درصد واریانس هر یک از عامل‌ها به ترتیب عبارت‌اند از: ۴۳/۹۸، ۱۹/۹۴، ۱۹/۲۳. با توجه به جدول ۵ متغیر ارتفاع برف با بیشترین بار وزنی (۰/۹۷۸) روی عامل نخست و توجیه بیشترین درصد از کل واریانس یعنی مقدار ۴۳/۹۸ به عنوان فاکتور نخست انتخاب شد. همچنین، عامل دوم با توجه به بار وزنی

زبری مهم‌ترین خصوصیات محیطی مؤثر بر وقوع بهمن هستند، که در رابطه ۲ نشان داده شده است.

$$(۲) \quad \text{ضریب زبری} = ۱/۰۲۱ + (\text{آزیموت})/۰۰۴۷ + (\text{ضریب انحنای دره})/۰۰۱۹ - ۰/۰۱۹$$

نتیجه‌گیری

به‌منظور ارزیابی پارامترهای محیطی مؤثر بر وقوع بهمن در منطقه مطالعه‌شده سه نوع دره دارای بهمن دائمی، آنی و بدون بهمن شناخته شد که هر دره نیز خود به دو بخش بالایی و پایینی تقسیم شد. ویژگی‌های هر گذرگاه به دست آمد و مورد تحلیل‌های آماری قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه دره بهمن آنی و دائمی که به کمک t-test انجام شد، نشان می‌دهد درصد شیب، ضریب زبری، رس، سیلت، ماسه، درصد پوشش گیاهی و سنگی تفاوت معناداری بین این دو دره دارند. همچنین، در مقایسه بین گذرگاه‌های این دو دره، فقط پارامتر ضریب انحنای دره معنادار شده است. طی مقایسه هر سه نوع دره، آزیموت، ضریب انحنای دره، درصد شیب، ضریب زبری، درصد پوشش گیاهی و سنگی معنادار شناخته شدند. در نتایج بین گذرگاه‌های هر سه نوع دره، ضریب انحنای دره به عنوان پارامتر معنادار شناخته شد. مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر وقوع بهمن که از نتایج تحلیل‌های آماری چندمتغیره به‌دست آمدند، آزیموت، ضریب انحنای دره و ضریب زبری هستند.

منابع

- [1]. Armstrong B.R, Knox W. The avalanche book (M. Dadkhah, Trans.). 1st ed. Tehran: University of Tehran ; 1977 (Persian).
- [2]. Yousefi S, Vafakhah M, Abdollahi Z. Avalanche Zoning Using GIS. Geomatic Conference. 15-19 May 2011, Iran National Cartographic Center, Tehran, Iran (Persian).
- [3]. Biroudian N. Snow and Avalanche, Snowy Areas Management. 1st ed. Mashhad: Imam Reza University; 2003 (Persian).
- [4]. Cooke R.U, Doornkamp J.C. Geomorphology in Enviromental Management (Sh. Gudarzinejad Trans). 1 st. Vol. 2. Tehran: SAMT; 1999 (Persian).
- [5]. Tilton B. The Basic Essentials of Avalanche Safety. (R. Danaei, Trans.). Tehran: Ravan; 2001 (Persian).

شد. عامل دوم میزان معناداری از واریانس کل یعنی ۱۹/۹۴ درصد را توجیه می‌کند. این عامل برای خصوصیات ضریب انحنای دره بار عاملی قوی و مثبت دارد. عامل دوم، عامل ضریب انحنای دره نامیده شد. درصد پوشش سنگی دارای بار عاملی متوسط و مثبت است. فاکتور سوم مقدار ۱۹/۲۳ درصد از کل واریانس را توجیه می‌کند. در عامل سوم ضریب زبری بار قوی و مثبت و آزیموت بار عاملی قوی و منفی دارد. با توجه به اینکه عامل مشترکی بین این دو متغیر برای نام‌گذاری آنها وجود ندارد و مقدار ضریب زبری بیشتر است، این عامل، عامل ضریب زبری نامیده شد.

به‌منظور به‌دست‌آوردن ضرایب هر یک از عوامل روی سه عامل به‌دست‌آمده، تحلیل تشخیص (DA) انجام شد. با توجه به ضریب هر عامل، تابع تشخیص کانونیکال نوشته شد. آنالیز مازاد داده و تحلیل توابع تشخیص سه عامل بررسی شده نشان داد ضرایب کانونیک توابع تشخیص ۸۹/۳۰ درصد واریانس را توجیه می‌کند. ضرایب حاصل از این آنالیزها در رابطه ۱ نشان داده شده است.

$$(۱) \quad Y_1 = ۰/۳۴۶(\text{Factor}1) - ۰/۷۳۸(\text{Factor}۲) + ۱/۰۹۴(\text{Factor}۳)$$

Factor1 = عامل اقلیمی = Factor2 = عامل ضریب انحنای دره = Factor3 = عامل ضریب زبری
 بین فاکتورها و هر سه نوع دره تجزیه واریانس یکطرفه انجام شد و مشخص شد که هر دو عامل ضریب انحنای دره و ضریب زبری تفاوت معناداری بین سه نوع دره دارند. بنابراین، متغیرهایی که درون این دو فاکتور بار عاملی قوی‌تری داشتند، انتخاب شدند تا مدل رخداد بهمن براساس آنها تهیه شود و دوباره تحلیل تشخیص روی متغیرها (که بار عاملی قوی‌تری داشتند) انجام شود و ضرایب مدل به دست آید.

ضریب کانونیک برای عامل ضریب زبری بیشتر از ضریب عوامل اقلیمی و ضریب انحنای دره است. نتایج به‌دست‌آمده از طریق تجزیه واریانس امتیازهای حاصل از تحلیل توابع تشخیص تأیید می‌کند که تغییرات و اهمیت این عوامل کمتر از عامل ضریب زبری است.

آنالیز مازاد داده و تحلیل کانونیک توابع تشخیص بر خصوصیات که در عامل ضریب زبری و ضریب انحنای دره مشارکت دارند، انجام گرفت و نشان داد آزیموت و ضریب

- [6]. Ahmadi H, Nasri M. An Investigation on avalanche zoning in Se Pestan valley watershed (Fereidunshahr, Isfahan province) using GIS techniques. *Journal of the Iranian Natural Res.* 2007; 60(1): 13-32 (Persian).
- [7]. Ahmadi H, Taheri S. Strategic Studies for Avalanche High Risk Areas in Watershed case study: Chalous road. 5th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering. 22-23 Apr. 2009, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran (Persian).
- [8]. Hirashima H, Nishimura K, Yamaguchi S, Sato A, Lehning M. Avalanche forecasting in a heavy snowfall area using the snowpack model. *Cold Regions Science and Technology.* 2008; 51(2-3): 191-203.
- [9]. Munteanu A, Nedelea A, Comanescu L. The dynamics of the snow avalanche affected areas in Piatra Mica mountains (Romania). *Comptes Rendus Geoscience* 2011; 343(10): 691-700.
- [10]. Eckerstorfer M, Christiansen H.H. Meteorology, Topography and Snowpack Conditions causing Two Extreme Mid-Winter Slush and Wet Slab Avalanche Periods in High Arctic Maritime Svalbard. *Permafrost and Periglacial Processes.* 2012; 23(1): 15-25.
- [11]. Zare Bidaki R, Ahmadi H, Mahdavi M, Sedaghatkardar A. Avalanche hazard mapping in Nesa -Gachsar road using geomorphologic and climatic data. *Journal of Range and Watershed Management, Journal of Natural Resources* 2011; 64(3): 295-306 (Persian).
- [12]. Talebi M, Hoseinzadeh R, Barandeh R. Avalanche Hazard Zoning in Central Alborz. The 1st National Conference on Application of Sciences and Modern Technologies in Agricultural and Natural Resources. 6 Mar. 2014, Islamic Azad University Meybod Branch, Meybod, Iran (Persian).
- [13]. Kofeilifard R, Esmaliouri A. Avalanche Hazard Zoning using AHP case study: Khalkhal watershed. 1st National Conference on Agricultural and Environmental Sciences. 17 June 2015. Zaminkav Research Centre, Ardabil, Iran (Persian).
- [14]. Nayyeri H, Charehkhah B, Karami M. Zonation of Avalanche Pathways of Kurdistan Province. International Conference on Sustainable Development with a Focus on Agriculture, Environment and Tourism. 16-17 Sep. 2015, Tabriz, Iran (Persian).
- [15]. Kroetsch D. Particle size distribution: Soil sampling and methods of analysis. (2nd Ed). CRC Press, Boca Raton. FL; 2008. p. 747-56.
- [16]. Nosrati K, Majdi M. Soil Quality Assessment in Western Part of Tehran using Minimum Data set Method. *J. Water and Soil Sci (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)* 2018; 21(4): 177-88 (Persian).
- [17]. Nosrati K. Applied methods in scientific research. 1st ed. Tehran: Jahad-e Daneshgahi Shahid Beheshti Branch; 2013 (Persian).