بررسي مناطق بهمن‌خيز و تعيين عامل‌هاي مؤثر در ايجاد بهمن (بررسي موردي حوضه آبخيز شيان و توريور واقع در استان كردستان)

نسيم آرمان*[1] و علي سلاجقه[2]
[1] دانشجوي كارشناسي ارشد مهندسي آبخيزداري، دانشگاه تهران، ايران
[2] استاديار گروه احياء مناطق خشک و كوهستاني، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران

(تاريخ دريافت: ۸۴/۱۰/۲۰، تاريخ تصويب: ۸۶/۴/۶)

چكيده

بهمن، يعني حركت تند و ناگهاني حجم عظيمي از مواد مختلف همراه با توده برف و يخ، به‌طوري‌كه در مناطق كوهستاني و برفگير ايران مانند ارتفاع‌هاي غربي كردستان نه تنها باعث تخريب اراضي كشاورزي و باغ‌ها، فرسايش خاک دامنه‌ها و افزايش رسوبدهي حوضه مي‌شود بلكه سالانه جان عده‌اي بر اثر سقوط بهمن از دست مي‌رود. اين پژوهش به‌منظور شناسايي عامل‌هاي مؤثر در ايجاد بهمن در حوضه آبخيز شيان و توريور واقع در استان كردستان به عمل آمده است، براي دستيابي به هدف پژوهش ضمن تهيه نقشه گذرگاه‌هاي بهمن و آمار و اطلاعات، عامل‌هاي توپوگرافي، زمين‌شناسي، جمع‌آوري ژئومرفولوژي، هوا و اقليم، برف‌سنجي، خاكشناسي، پوشش گياهي و فرسايش و رسوب همراه با تهيه نقشه‌هاي مربوط جمع‌آوري شد. تجزيه و تحليل اطلاعات بدست آمده با استفاده از روش‌هاي آماري مانند ماتريس همبستگي (نرم‌افزار MSTAT-C) نشان مي‌دهد كه عامل‌هاي زميني اصلي مؤثر در ايجاد بهمن عبارتند از عامل‌هاي توپوگرافي، خاكشناسي، پوشش گياهي، ژئومرفولوژي و زمين‌شناسي و عامل‌هاي اقليم‌شناسي نيز به ترتيب عبارتند از بارش ماهيانه برف (cm)، سرعت باد (m/s)، بارش كل ماهيانه، دماي بيشينه ماهيانه (°C)، ساعت‌هاي آفتابي و تبخير ماهيانه (mm). در بين عامل‌هاي توپوگرافي، سطح گذرگاه، درصد شيب عمومي و ارتفاع به ترتيب اولويت در ايجاد بهمن مؤثرند. همچنين به منظور بررسي رابطه رخداد بهمن و فرسايش و رسوب، با استفاده از آزمون جفتي (T-test) معلوم شد بين ميانگين داده‌ها اختلاف معني‌دار است كه تجزيه و تحليل ياد شده بيانگر اين واقعيت است كه سقوط بهمن در حوضه‌هاي كوهستاني بهمن‌خيز با فرسايش خاك و افزايش رسوبدهي رابطه مستقيمي دارد.

واژه‌هاي كليدي: برف و بهمن، پوشش‌گياهي، خاكشناسي، ژئومرفولوژي، اقليم‌شناسي، فرسايش و رسوب

---

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۲۱-۴۴۹۰۱۸۰۱ فاكس: ۰۲۱-۴۴۹۰۱۸۰۱ Email: nasim_arman2000@yahoo.com

مقدمه

بهمن يعني حركت تند و ناگهاني حجم عظيمي از مواد مختلط و تخته سنگ همراه با برف و يخ، به‌طوري‌كه در مناطق كوهستاني و برفگير لايه‌هاي مختلف برف ناشي از چند مرحله بارش روي دامنه‌ها انباشته مي‌شود و با توجه به شرايط توپوگرافي، اقليمي و ژئومرفولوژي منطقه در اواخر زمستان و اوايل بهار با گرم شدن هوا حالت ناپايداري به‌خود گرفته و پس از گسيخته شدن به‌حركت در مي‌آيد. رخداد بهمن موجب تخريب باغ‌ها، ساختمان‌ها، اراضي كشاورزي و فرسايش خاك مي‌شود و گاهي جان و مال ساكنان حوضه را نيز تهديد مي‌كند. شايان توجه اين كه در بحث بهمن جنبه‌هاي مختلفي مانند حركت مواد مختلف ناشي از ريزش و لغزش خاك نيز وجود دارد كه در اين پژوهش از بررسي آنها با توجه به هدف اصلي پژوهش صرفنظر شده است.

بيان اين نكته ضروري است كه بهمن نوعي فرسايش است، به‌طوري‌كه تخريب منابع (آب و خاك) موجود در حوضه آبخيز كوهستاني را تشديد مي‌نمايد از اين‌رو شناسايي شاخص‌هاي مؤثر در رخداد بهمن و رابطه آن با فرسايش خاك مسأله پايه‌اي اين پژوهش به شمار مي‌آيد البته بررسي‌هاي جنبي آن نيز به‌صورت زير مي‌باشد:

- عامل‌هاي اقليمي، زمين‌شناسي، خاك‌شناسي، پوشش گياهي، ژئومرفولوژي و فرسايش و رسوب در حوضه.
- تعيين مناطق خطر از نظر رخداد بهمن براي برنامه‌ريزي منطقه‌اي.

ارائه پيشنهاد به منظور كنترل بيولوژيكي و مكانيكي بهمن

عمليات بيولوژيكي شامل حفاظت و قرق، بذرپاشي، بوته‌كاري،كپه كاري، درخت‌كاري و عمليات تقويت زمين بوده و عمليات ساختماني شامل حصار برفي، ديواره‌ها، سدها و سازه‌هاي مهار بهمن مي‌باشند. ولي با توجه به رعايت اصول اقتصادي روش بيولوژيك برتري دارد، چون روش مكانيكي پرهزينه است لذا در موارد ويژه‌اي كه شرايط محيط اجازه به ايجاد موانع فعال ندهد توصيه مي‌شود(۳). در حوضه برفگير گذرگاه‌هاي بهمن‌خيز منطقه مورد بررسي، ضمن جلوگيري از بوته‌كني (قرق و حفظ درختچه‌هاي موجود) بر روي دامنه‌هاي برفگير مي‌توان اقدام به كشت درختان و درختچه‌هاي سازگار و بومي منطقه نمود. براي مثال در روي دامنه‌هاي برفگير كشت گون، دافنه، آلبالوي وحشي، تنگرس و در بين دره‌ها و پايين‌دست چشمه‌ها كشت درختان گردو و صنوبر امكان‌پذير است.

بهمن اغلب در يك واحد هيدرولوژيكي كوهستاني و برفگير برخداد مي‌پيوندد كه از نظر مرفولوژي شيبدار و دامنه‌هاي آن نامنظم باشد و حوضه آن داراي ويژگي‌هاي زير است:

- حوضه برفگير
- منطقه شروع حركت
- گذرگاه بهمن يا محدوده حركت بهمن
- نقطه پايان يا توقفگاه

سابقه پژوهش

احمدي (۱۳۸۳)، در طبقه‌بندي عامل‌هاي مؤثر در ايجاد بهمن به ترتيب عامل‌هاي زميني (زمين‌شناسي، ژئومرفولوژي و توپوگرافي)، عامل‌هاي آب هوايي (بارش،دما و باد) و عامل‌هاي پوشش سطح خاك (نوع پوشش گياهي و نوع سطح خاك) را در ايجاد بهمن مؤثر ميدانند (۱).

بنابر نظر بيروديان (۱۳۸۲)، مهم‌ترين عامل‌هايي كه باعث شروع حركت در بهمن‌هاي مخرب مي‌شوند عبارتند از باد، امواج صوتي، ارتعاش‌هاي زلزله‌اي، عبور انسان و جانوران و ناپايداري برف ناشي از سستي لايه‌هاي زيرين در اثر ذوب(۳).

دادخواه (۱۳۷۷)، اعتقاد دارد كه مهم‌ترين عامل جدايي و تحرك توده برف بر روي دامنه‌ها شرايط فيزيكي است، برخي از آنها عبارتند از عمق برف، نوع بلور برف، لايه‌بندي برف، تراكم برف و... كه از ميان عامل‌هاي شركت‌كننده در تشكيل بهمن، عمق توده برف نقش پايه‌اي دارد (۴).

در بررسي‌هاي آمسترانگ و ويليامز (۱۹۷۷)، در گذرگاه‌هاي برف‌گير در آمريكا مشخص شده است تا زماني

که عمق برف به ۹۰ cm نرسيده سقوط بهمن بعيد به نظر مي‌رسد که اين عمق در منطقه آلتاي ايالت يوتا حدود ۱۳۲ cm مي‌باشد(۷).

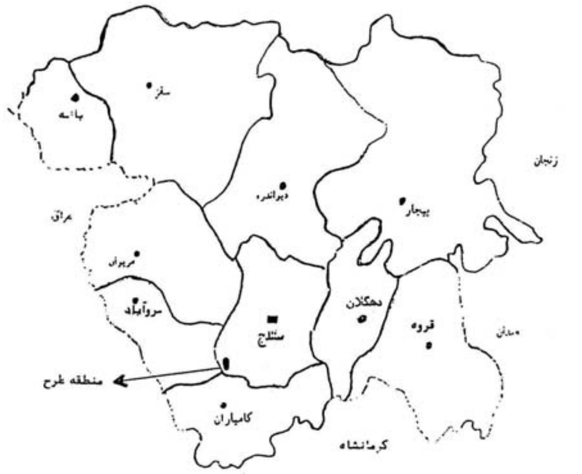
کميته بررسي کاهش بلاياي طبيعي آمريکا (۱۹۹۰) اظهار مي‌دارد که تاکنون هيچ مدل رياضي يا رايانه‌اي براي پيش‌بيني بهمن به‌دست نرسيده است، لذا ضروري است که خطرهاي آن به‌وسيله کاهش اثرات يا تغيير در شدت مهار شود (۳).

بر پايه بررسي‌هاي شيمانسکي (۲۰۰۲)، در کلرادو، شرايط جوي مهم‌ترين نقش را در رخداد بهمن ايجاد مي‌کند(۹).

مواد و روش‌ها

موقعيت عمومي حوضه آبخيز شيان و توريور

حوضه‌آبخيز شيان و توريور با وسعتي معادل ۳۲۵۰ هکتار يکي از زيرحوضه‌هاي آبخيز سيروان مي‌باشد که در ٤۲ کيلومتري جنوب‌غربي شهرستان سنندج قرار گرفته است. حوضه ياد شده به‌طور کامل کوهستاني است و بين مدار جغرافيايي ۴۶°۴۳′۲۰″ تا ۴۶°۴۸′۲۰″ طول شرقي و عرض جغرافيايي ۳۵°۸′۵۰″ تا ۳۵°۱۲′۰۰″ عرضي شمال قرار گرفته است. يکي از مشکلات مهم ساکنان حوضه کوهستاني ياد شده رخداد بهمن است که جان و مال ساکنان را تهديد مي‌کند (۲). موقعيت عمومي منطقه مورد بررسي در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعيت منطقه در نقشه استان کردستان

در اين بررسي با استفاده از نقشه‌هاي توپوگرافي و منابع پايه حوضه از قبيل خاك، پوشش‌گياهي و... و با استفاده از عکس‌هاي هوايي، جهت بررسي گذرگاه‌هاي بهمن به‌همراه بازديدهاي صحرايي، اطلاعات موردنياز تهيه و سپس با کمك روش‌هاي آماري از مانند ماتريس همبستگي (نرم‌افزار MSTAT-C) اقدام به تجزيه و تحليل و تعيين اولويت عامل‌ها و با استفاده از آزمون جفتي رابطه بهمن و رسوبدهي حوضه بررسي شد.

شناسايي شاخص‌هاي مؤثر در ايجاد بهمن

شاخص‌هاي زميني

- عامل توپوگرافي (شامل جهت دامنه و سطح گذرگاه، شيب عمومي و ارتفاع بيشينه)

براي بررسي تأثير عامل‌هاي کمي توپوگرافي با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C همبستگي چند متغيره بين داده‌ها انجام و ضرايب مربوط به آنها محاسبه شد و از طرفي به‌منظور تهيه جدول ماتريس براي متغيرهاي مستقل و وابسته اعم از توپوگرافي و اقليمي دوبه‌دو، ضريب همبستگي محاسبه شد.

- عامل خاکشناسي (شامل بافت خاک، عمق خاك و ميزان زبري سطح خاک)
- عامل پوشش گياهي (شامل تنوع گونه‌ها و شکل رويشي گياهان)
- عامل ژئومرفولوژي و زمين‌شناسي (شامل نوع و جنس سنگ، عامل‌هاي تکتونيک، گسل، شکستگي شيب و پرتگاه، گيلويي يا برجستگي سنگي، نامنظم بودن دامنه).

شاخص‌هاي اقليمي

عامل‌هاي اقليمي که به ترتيب عبارتند از ارتفاع بارش برف، بارش کل ، دما و ساعت‌هاي آفتابي (قابل توجه اينکه سرعت باد در تشکيل بر جستگي برفي و تشديد بهمن نقش دارد).

به‌منظور بررسي رابطه کمي رخداد بهمن با عامل‌هاي

اقليمي شاخص‌هاي مؤثر را در ماه‌هايي كه رخداد بهمن وجود داشته، تنظيم و سپس ماتريس همبستگي براساس ضريب آزمون همبستگي و سطح معني‌دار بودن r محاسبه مي‌شود.

نتايج

- عامل‌هاي زميني

- عامل توپوگرافي

مشخصات ارتفاعي

ارتفاع ميانه حوضه برابر ۲۱۶۰ متر و ارتفاع ميانگين آن ۲۴۰۰ متر از سطح درياست. ميانگين وزني ارتفاع برابر ۲۲۲۷/۰۹ متر و اختلاف ارتفاع سطح ۲۵ درصد و ۷۵ درصد حوزه برابر ٤۱۰ متر مي‌باشد. ارتفاع ميانگين حوضه به روش ميانگين حسابي برابر ۲۳۱۹/۵ متر محاسبه شده است. بيش از ۹۰ درصد سطح حوضه داراي ارتفاع بالاتر از دو هزار متر از سطح درياست.

نتايج بالا بيانگر آن است كه حوضه‌آبخيز توربور و شيان به‌طور كامل كوهستاني و شيبدار بوده كه بيشتر بارش‌هاي آن به‌صورت برف انجام مي‌گيرد، به‌طوري‌كه در بسياري از دامنه‌هاي آن احتمال رخداد بهمن بسيار زياد مي‌باشد.

شيب حوضه

نقشه شيب به روش شبكه‌بندي (مربعات $1\times1\ \mathrm{cm}^2$) تهيه شد: نماي شيب حوضه در طبقه ارتفاعي ۹۰-۱۲۰ درصد واقع شده است و شيب ميانه برابر ۱۰۵ درصد و كمترين طبقه شيب بين ۰-۳۰ درصد مي‌باشد.

بررسي شيب حوضه نشان مي‌دهد كه از نظر ژئومرفولوژي حوضه به‌طور كامل كوهستاني و شيبدار بوده و ۹۲/۵۵ درصد سطح حوضه داراي شيب تند و بالاتر از ۳۰ درصد و مستعد رخداد بهمن است. شيب عمومي حوضه داراي جهت غربي- شرقي است اما بيشتر دامنه‌هاي فرعي آن داراي جهت شمالي يا جنوبي هستند. نظر به اينكه شيب‌هاي جنوبي دماي بيشتري دريافت مي‌كنند، ذخاير برفي موجود بر روي آنها زودتر ذوب مي‌شود و فرسايش سطحي و شياري را به‌وجود مي‌آورد. در دامنه‌هاي شمالي به‌علت جذب دماي كمتر برف در بارش‌هاي مختلف روي هم انباشت شده و در صورت رخ ندادن بهمن به‌تدريج ذوب و در خاک نفوذ مي‌كند و بهمين دليل در دامنه‌هاي شمالي رطوبت زياد و وضعيت پوشش گياهي غني و جذب دما ناچيز مي‌باشد، اما در صورت فراهم شدن شرايط رخداد بهمن فرسايش شديد از نوع خندقي يا در صورت اشباع توده خاک ناپايدار، حركت‌هاي توده‌اي مانند لغزش و سوليفلوكسيون رخ دهد و از نظر هيدرولوژي سيلابهاي بهاره را به‌وجود مي‌آورد، اطلاعات مربوط به طبقه‌هاي شيب حوضه شيان و توربور در جدول۱ آمده است:

جدول ۱- اطلاعات مربوط به طبقه‌هاي شيب حوضه شيان و توربور

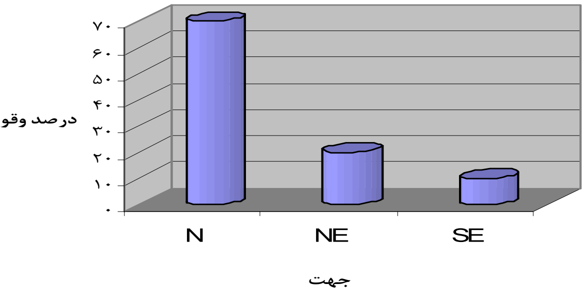
کلاس شيب (درصد)	۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰	۹۰-۱۲۰	۱۲۰-۱۵۰	۱۵۰	جمع
مساحت هر کلاس (هکتار)	۲٤۲	۳۷۳/٤	۳۲۲/٦	۱۰٤۰/۵	۸۹۷/۵	۳۷٤	۳۲۵۰
مساحت هر کلاس (درصد)	۷/٤۵	۱۱/٤۹	۹/۹۳	۳۲	۲۷/٦۲	۱۱/۵۱	۱۰۰

جهت حوزه

دامنه‌هاي شمالي نسبت به جنوبي دماي كمتري دريافت كرده و برفها ديرتر ذوب مي‌شوند. بنابراين ارتفاع برف انباشته شده در دامنه‌هاي شمالي هميشه بيشتر از ارتفاع برف در دامنه‌هاي جنوبي است. بررسي در زمستان نشان مي‌دهد، در بيشتر وقت‌ها بويژه هنگامي‌كه فاصله زماني دو مرحله بارش طولاني مي‌شود و ارتفاع برف در دامنه‌هاي شمالي و غربي به‌حدود ۲۵cm مي‌رسد، برف در دامنه‌هاي

جنوبي و شرقي به‌كلي ذوب شده است. در دامنه‌هاي شمالي به علت دريافت گرماي كمتر، توده‌هاي برف انباشته شده خشك و كم‌آبند و اغلب بهمن‌ها در فصل زمستان از نوع پودري يا گلوله‌اي است. عامل‌هاي چندي باعث سقوط بيشتر بهمن در دامنه‌هاي شمالي، شمال‌شرقي و شرقي نسبت به دامنه‌هاي جنوبي، جنوب‌غربي و غربي مي‌شود. به‌طور معمول در نيمكره شمالي شيب‌هاي شمالي هم داراي برف بيشتر و هم برف سردتري دارند. ازطرفي دگرگوني برف در شيب‌هاي شمالي بيشتر است. بر پايه شرح داده شده و به‌منظور بررسي رابطه جهت دامنه‌ها و ايجاد بهمن با استناد به عكس‌هاي هوايي و استفاده از قطب‌نما ، جهت جغرافيايي دامنه‌ها مشخص و نقشه آن ترسيم شد. نتايج بيانگر اين است كه ۳۸/۸ درصد از سطح حوزه داراي جهت شمالي و ۳۵/۸ درصد سطح حوزه داراي جهت جنوبي مي‌باشد.

برابر شكل۲، ۷۰ درصد جهت جغرافيايي گذرگاه‌ها داراي جهت شمالي و ۲۰% داراي جهت شمال شرقي و ۱۰% داراي جهت جنوب شرقي مي‌باشند:



شكل ۲- هيستوگرام درصد گذرگاه‌ها بر پايه جهت جغرافيايي

جهت تعيين رابطه ايجاد بهمن با عامل‌هاي توپوگرافي، جدول ماتريس ضريب همبستگي تهيه شد كه نتايج آن در جدول ۲، آمده است.

جدول ۲- ماتريس ضريب همبستگي رخداد بهمن با عامل‌هاي توپوگرافي

شاخص‌ها	تعداد رخداد	سطح گذرگاه h_a	درصد شيب عمومي	ارتفاع بيشينه به متر
تعداد رخداد	۱	×	×	×
سطح گذرگاه h_a	۰/۹۶	۱	×	×
درصدشيب عمومي	۰/۷۵	۰/۶۲	۱	×
ارتفاع بيشينه m	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۲۱	۱

نتايج به‌دست آمده از جدول۲ نشان مي‌دهد از بين عامل‌هاي توپوگرافي به‌صورت كمي سطح گذرگاه، درصد شيب عمومي و ارتفاع به ترتيب اولويت در ايجاد بهمن مؤثر هستند.

- عامل خاكشناسي

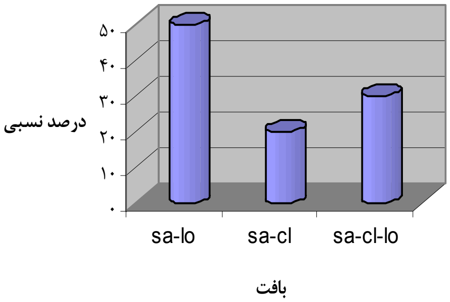
جنس و وضع خاك

به‌طور كلي رده‌هاي مهم موجود خاك منطقه متعلق به (خاك‌هاي تكامل نيافته) رده آنتي‌سول و خاك‌هاي متعلق به (خاك‌هاي تكامل يافته) رده اينسپتي سول در بعضي قسمت‌هاي پايين دست حوضه مي‌باشد. وضعيت خاك مناطق بهمن‌خيز ازنظر دانه‌بندي و بافت قابل اهميت است. هرچه بافت خاك داراي سنگريزه بيشتر و عناصر آن نامتجانس باشد، موجب ايجاد بستري زبر شده و در نهايت حركت بهمن را كند مي‌كند، برعكس خاك‌هاي ريزدانه سطحي صاف و هموار ايجاد نموده كه در حركت برف و ايجاد بهمن مؤثر مي‌باشد (۱). وضع خاك و ميزان زبري سطح خاك دامنه‌ها و حتي دماي خاك در رخداد بهمن نقش دارد. در اين پژوهش كه بافت و عمق خاك به‌طور اجمالي بررسي شده، مي‌توان گفت ۵۰% گذرگاه‌ها شني- لومي، ۲۰% گذرگاه‌ها شني- رسي و ۳۰% داراي بافت شني- رسي- لومي مي‌باشند، همچنين خاك ۴۰%

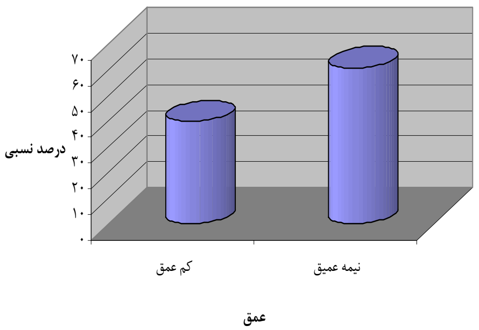
گذرگاه‌ها کم‌عمق و ۶۰% سطح گذرگاه‌ها داراي خاك عميق مي‌باشند. در جدول۳، ويژگي‌هاي خاك (بافت و عمق خاك) مربوط به همه گذرگاه‌ها و در شكل ۳ و ۴ هيستوگرام درصد تأثير آنها در رخداد بهمن آمده است:

جدول ۳- ويژگي‌هاي خاك در گذرگاه‌هاي شيان و توريور

نام گذرگاه	شيخله، نمارز	هلج و بوليان	هيلانه‌دال	قاضي‌بكر	كوه‌كاويان	واجار	شاهنشين	سنگ‌سفيد	كوناي‌مار	توريور كهنه
بافت خاك	Sa.Lo[1]	Sa.Lo	Sa.Lo	Sa.cl.Lo	Sa.Lo[2]	Sa.cl.Lo	Sa.cl[3]	Sa.Lo	Sa.Lo	Sa.cl.Lo
عمق خاك	كم	كم	كم	نيمه‌عميق	كم	نيمه‌عميق	نيمه‌عميق	نيمه‌عميق	نيمه‌عميق	نيمه‌عميق



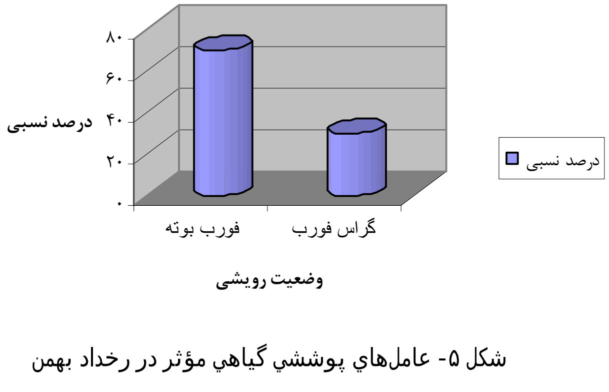
شکل ۳- هیستوگرام درصد تآثیر بافت خاک در رخداد بهمن



شکل ۴- هیستوگرام درصد تآثیرعمق خاک در رخداد بهمن

جدول ۴- ويژگي‌هاي پوشش‌گياهي در گذرگاه‌هاي شيان و توريور

نام گذرگاه	شيخله، نمارز	هلج و بوليان	هيلانه‌دال	قاضي‌بكر	كوه‌كاويان	واجار	شاهنشين	سنگ‌سفيد	كوناي‌مار	توريور كهنه
وضعيت رويش	فورب، بوته	فورب، بوته	فورب، بوته	فورب، علف	فورب، علف	فورب، بوته	فورب، بوته	فورب، بوته	فورب، بوته	فورب، علف
تركيب مرتع	بادام- گون	بادام- گون	دافنه- گون	گندميان- جاشير	گندميان- جاشير	كما- جاشير	جاشير- گون	دافنه- گون	دافنه- گون	جاشير- گون



شكل ۵- عامل‌هاي پوششي گياهي مؤثر در رخداد بهمن

---

[1] شني- لومي

[2] شني- رسي- لومي

[3] شني- رسي

- عامل پوشش گياهي

بررسي‌هاي پوشش‌گياهي نشان مي‌دهد كه تركيب گياهي زير در منطقه وجود دارند:

- *Amygdalus lycioides- Astragalus spp* (بادام- گون) برابر ۱۲۲/۵ *ha*
- *Daphne mucronata- Amygdalus lycioides- Astragalus spp* (دافنه- بادام- گون) برابر ۵۱۳/۷۵*ha*
- *Prangus uloptera- Ferula macrocolea* (كما- جاشير) برابر ۹۰۳/۷ *ha*

از طرفي تنوع گونه‌هاي گياهي موجود در منطقه در شكل‌گيري بهمن مؤثر است به‌طوري‌كه ساقه گياهان علفي بويژه تيره گندميان و يا بقاياي به‌تقريب خشک شده آنها در جهت شيب دامنه روي همديگر خوابيده و به‌علت صاف بودن، عمل افزايش برف و سقوط بهمن را تشديد مي‌نمايد. وجود گونه‌هاي زياد شونده و مهاجم در سطح حوضه و مجاورت روستاهاي شيان و توريور بيانگر تخريب شديد مراتع، ايجاد فرسايش خاک و تشديد رخداد بهمن مي‌باشد. درختان پراكنده به‌هيچ‌وجه نمي‌توانند از سقوط بهمن جلوگيري كنند و گاهي حتي خطر سقوط بهمن را بيشتر مي‌كند، همچنين اراضي شيبداري كه در تابستان از چمن (گونه‌هاي‌گندمي) پوشيده است، در زمستان محل تاخت‌وتاز بهمن‌هاي خطرناك مي‌باشد(۹). بنابر بررسي اجمالي وضعيت پوشش‌گياهي در بيشتر گذرگاه‌هاي بهمن بويژه محدوده تجمع برف، تركيب غالب *Prangus uloptera- Ferula macrocolea* و گونه‌هاي همراه اغلب علف‌هاي چندساله است كه بقاياي آنها در فصل زمستان در كاهش ضريب اصطكاك بين برف و سطح زمين و تشديد رخداد بهمن نقش دارد. با توجه به بررسي‌هاي انجام شده در ۷۰% گذرگاه وضعيت رويشي گياهان فورب، بوته و ۳۰% گذرگاه به‌صورت فورب، علف مي‌باشد كه در جدول۴ نشان داده شده است، همچنين هيستوگرام درصد تأثير وضعيت رويشي بهنگام رخداد بهمن در شكل ۵ آمده است.

- عامل‌هاي ژئومرفولوژي و زمين شناسي

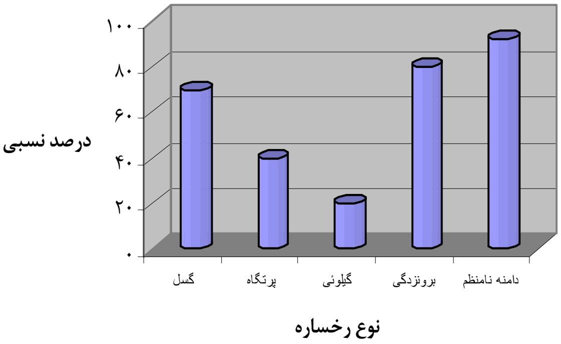
بر پايه كليات زمين‌شناسي منطقه مي‌توان گفت كه حوضه شيان و توريور در زون فعال سنندج- سيرجان قرار دارد و يك منطقه دگرگوني است كه تحت تأثير نيروهاي زمين‌ساخت مي‌باشد، همچنين ريزگسل‌هاي فراواني در محدوده وجود دارد. رخنمون آهكهاي سياه دولوميتي با عدسي‌هاي آهكي، تغيير امتداد لايه‌هاي آنها و پر پيچ و خم بودن آبراهه‌ها دليل ديگر بر وجود گسل است. فشار حركات كوهزايي باعث به‌وجود آمدن گسل‌هاي بيشمار در جهت‌هاي مختلف و روراندگي‌هاي بزرگ در منطقه شده است كه به‌علت مقياس بررسي در نقشه زمين‌شناسي مشخص نمي‌باشد اما بازديدهاي صحرايي و مشاهده شكستگي لايه در جهت مخالف و موافق، وجود سطحي معادل ۲۲/۵ هكتار به‌عنوان پرتگاه و شكستگي شيب دال بر تأييد اين ادعاست. به‌علت جوان و فعال بودن منطقه از نظر زمين‌شناسي منطقه داراي كوه‌هايي با قله‌هاي مرتفع و بيرون‌زدگي‌سنگي و برجستگي‌سنگي فراوان و گسل‌هاي كوچك و بزرگ است كه پرتگاه‌ها و شكستگي ناگهاني شيب دامنه را باعث شده است، به‌طوري‌كه پرتگاه‌ها و شكستگي شيب دامنه محل تجمع و انباشت برف و ايجاد كورنيچ هستند و در ايجاد بهمن نقش مستقيمي دارند، بنابراين گسل‌ها و پرتگاه‌ها و برجستگي‌هاي سنگي (گيلويي) به‌عنوان شاخص‌هاي مورد بررسي در كليات زمين‌شناسي مهم و در رخداد بهمن نقش دارند. سطوح ناهموار مانند اراضي سنگلاخي با سنگهاي بزرگ و پراكنده در زمان كاهش برف قادر به ايجاد بهمن نيستند، ولي وقتي برف زياد انباشته شد اثر ناهمواري كم مي‌شود و احتمال سقوط بهمن زياد است. زمين‌هاي ناصاف و ناهموار با پشته‌هاي برجسته نيز كمتر توانايي توليد بهمن را دارند، درحالي‌كه زمين‌هاي صاف و بدون برجستگي داراي خطر زياد سقوط بهمن حتي در شرايط كاهش برف مي‌باشند(۳).

بر پايه نقشه زمين‌شناسي و ژئومرفولوژي و تطبيق آنها با نقشه گذرگاه‌هاي بهمن از تعداد ۱۰ گذرگاه بهمن‌خيز ، ۷۰% داراي گسل، ۴۰% پرتگاه، ۱۰% گيلويي،۸۰% توده‌سنگي و ۱۰۰% داراي دامنه منظم مي‌باشد، لذا مي‌توان

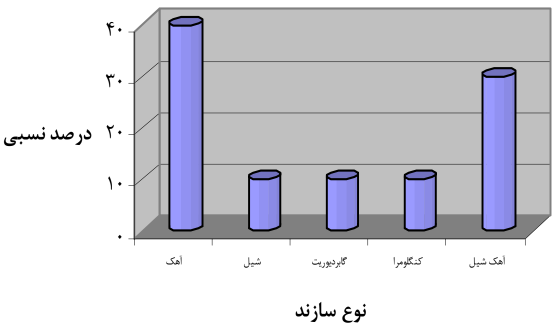
گفت، از بين عامل‌هاي زمين‌شناسي و ژئومرفولوژي به ترتيب اهميت، نامنظم بودن دامنه‌ها، توده‌سنگي، گسل، پرتگاه و گيلويي در ايجاد بهمن نقش داشته‌اند. شايان توجه اينكه جنس سنگ و رنگ آن در جذب دما و انتقال آن به پوشش برف اهميت دارد (۱)، جنس سنگ‌ها در منطقه از نوع آهك، شيل كنگلومرا هستند، به‌طورعموم داراي رنگ سياه تا تيره هستند كه خود در جذب دما، افزايش دما و سقوط بهمن نقش دارند. عامل‌هاي زمين‌شناسي و ژئومرفولوژي مؤثر در ايجاد بهمن به‌شرح جدول۵ مي‌باشد، كه هيستوگرام آن نيز در شكل‌هاي ۶ و ۷ آمده است:

جدول ۵- عامل‌هاي زمين‌شناسي و ژئومرفولوژي مؤثر در ايجاد بهمن در گذرگاه‌هاي شيان و توريور

نام گذرگاه	شيخله، نمارز	هلج و بوليان	هيلانه‌دال	قاضي‌بكر	كوه‌كاويان	واجار	شاهنشين	سنگ‌سفيد	كوناي‌مار	توريور كهنه
نوع سنگ	آهك	آهك	آهك شيلي	آهك شيلي	گابرو- ديوريت	گابرو- ديوريت	آهك زرد	آهك	شيلي	كنگلومرا
گسل	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+
پرتگاه	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-
گيلويي	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
توده‌سنگي	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
دامنه منظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم



شكل ۶- هيستوگرام درصد نسبي تأثير نوع رخساره در رخداد بهمن



شكل ۷- هيستوگرام درصد نسبي تأثير نوع سازند در رخداد بهمن

۲- عامل اقليمي

به‌طوركلي شرايط جوي مهم‌ترين نقش را در رخداد بهمن ايفا مي‌كند(۹)، كه از بين عامل‌هاي اقليمي مؤثر موارد زير آورده مي‌شود:

ارتفاع بارش برف: ضخامت بارش برف در هر مرحله و انباشت شدن آن برروي لايه‌هاي قبلي به‌جا مانده از برف كهنه در رخداد بهمن اهميت دارد. در ارتفاع‌هاي ۳۵۰۰ متري حوضه به‌علت خشن بودن وضعيت ژئومرفولوژي و توپوگرافي چنانچه ارتفاع برف به بيش از ۲۵cm برسد بهمن گلوله‌اي در اثر شيبدار بودن دامنه‌ها و نيروي وزن برف به‌وجود مي‌آيد. اگر ضخامت برف به ۷۰cm برسد خطر بهمن جدي و اگر بيشتر از ۱۱۰cm باشد خطر سقوط بهمن حتمي است. ۷۰ درصد بهمن‌ها در ۲۴ ساعت پس از ريزش برف رخ مي‌دهند و ۱۰ درصد بهمن‌ها بين ۲۴ الي ۷۲ ساعت بعد از ريزش برف صورت مي‌گيرد (۱). ميانگين بارش برف سالانه در ايستگاه‌هاي مجاور حوضه

(پلنگان، علي‌آباد، همدان‌نوژه، سنندج، کرمانشاه و شيلان) مورد تجزيه و تحليل قرار گرفت به‌لحاظ طولاني بودن دوره آماربرداري، دقت داده‌ها و نزديکي محل، آمار ايستگاه سينوپتيك سنندج نسبت به ساير ايستگاه‌ها بيشتر مورد توجه بوده، لذا آمار آن نيز جداگانه تجزيه و تحليل شده است، نتايج آن در جدول۶ آمده است:

جدول ۶- ميانگين ارتفاع بارش برف به‌سانتيمتر در ايستگاه‌هاي مجاور حوضه شيان و توريور

سال	۷۳-۷۴	۷۲-۷۳	۷۱-۷۲	۷۰-۷۱	۶۹-۷۰	۶۸-۶۹	۶۷-۶۸	۶۶-۶۷	۶۵-۶۶	۶۴-۶۵	۶۳-۶۴	۶۲-۶۳	۶۱-۶۲	ميانگين
ارتفاع بارش برف (cm)	۱۴۰	۱۲۰	۱۳۸/۵	۲۳۲/۵	۹۹	۱۰۶	۱۸۱	۱۳۶	۳۰۰	۲۴۵	۱۵۵/۳	۱۳۲	۱۶۶	۱۶۶/۷

ميانگين بارندگي سالانه ايستگاه سنندج ۴۸۴/۳۶ ميلي‌متر در پايه زماني ۲۰ ساله محاسبه شده است، با توجه به ميانگين ارتفاع بارش برف که ۱۶۶/۷ سانتي‌متر مي‌باشد، ضريب برفي سالانه برابر ۳۷/۲۸ برآورد شد که نشان مي‌دهد درصد زيادي از بارش به‌صورت برف مي‌بارد و با انباشت آن بر روي دامنه‌هاي برفگير احتمال ايجاد بهمن وجود خواهد داشت.

مقاومت و دماي لايه‌هاي برف

براي تعيين مقاومت برف با استفاده از سوند ضربه‌اي از وضعيتول $R=\frac{p.n.h}{E}+g+p$ استفاده و همزمان با آن، دماي لايه‌هاي برف اندازه‌گيري شد، که خلاصه عمليات ياد شده (براي يك مرحله اندازه‌گيري) در جدول۷ ارائه شده است.

R: مقاومت برف (کيلوگرم‌نيرو)

h: ارتفاعي‌که وزنه رها مي‌شود (cm)

P: وزن وزنه (۱kg)

x: عمق کل فروگرفتگي (cm)

q: وزن لوله سوند (۲kg)

E: عمق فروگرفتگي در هر دفعه (cm)

n: تعداد ضربات

T: دماي لايه برف (°C)

جدول ۷- اندازه‌گيري شاخص‌هاي مورد نياز تعيين مقاومت برف با سوند ضربه‌اي و تعيين دماي لايه‌هاي برف

تعداد لايه	R	E	x	h	n	P	q	T
۱	۷	۱۰	۱۰	۱۰	۴	۱	۲	۰/۴
۲	۳۳	۴	۱۴	۳۰	۴	۱	۲	۰/۴
۳	۲۸	۶	۲۰	۵۰	۳	۱	۲	۰/۱
۴	۳۹	۵	۲۵	۶۰	۳	۱	۲	۰
۵	۳۶	۱۰	۳۵	۶۵	۵	۱	۲	-۰/۵
۶	۵۳	۳	۳۸	۳۰	۵	۱	۲	-۰/۶
۷	۳۳	۵	۴۳	۳۰	۵	۱	۲	-۰/۴
۸	۵۲	۴	۴۹	۶۵	۳	۱	۲	۰

جدول ۷ نشان مي‌دهد با افزايش ارتفاع برف، دما و مقاومت افزايش داشته است و احتمال رخداد بهمن وجود دارد. در مواردي‌كه با افزايش ارتفاع برف، دما و مقاومت لايه‌هاي برف كاهش مي‌يابد، احتمال سقوط خيلي كم است، همچنين در مواردي‌كه مقاومت لايه‌هاي برف كاهش و دماي برف افزايش مي‌يابد، احتمال سقوط بهمن حتمي است.

ذوب بخشي از برف باعث كاهش مقاومت برف مي‌شود ولي در مورد اينكه تغيير ناگهاني دما، ثبات برف را مختل مي‌نمايد هنوز گزارشي در دست نيست (۸). باقي ماندن برف در هواي سرد باعث كاهش پايداري برف مي‌شود ولي وقتي دما بين ۱۰- و صفر مي‌رسد، برف تثبيت مي‌شود و يا با بالارفتن دماي هوا به بالاي نقطه انجماد بار ديگر خطر بهمن سقوط زياد مي‌شود (۹).

در فصل زمستان اغلب بارش به‌صورت برف و از مهر به بعد از ميزان دما كاسته مي‌شود و تا بهمن ادامه دارد، از بهمن به بعد بار ديگر دما افزايش مي‌يابد كه عامل مؤثر در رخداد بهمن از نيمه دوم زمستان به بعد به شمار مي‌آيد و رخداد بهمن در آخر زمستان تأييد كننده اين ادعا است.

اندازه‌گيري مدت تابش خورشيد

بنابر آمار ثبت شده در ساعت‌هاي آفتابي طبيعي و واقعي در ايستگاه سنندج: از آخر پاييز از ميزان ساعت‌هاي آفتابي كاسته مي‌شود و از نيمه دوم بهمن به بعد بار ديگر افزايش مي‌يابد كه در افزايش دما و رخداد بهمن نقش دارد. بنابراين ماه‌هاي آذر و دي و بهمن انباشت برف و اسفند به بعد ذوب برف و احتمال سقوط بهمن ممكن مي‌باشد.

روزهاي يخبندان

به تعداد روزهايي از ماه‌هاي سال كه در طول دوره آماري دماي مطلق آنها به كمتر از صفر رسيده است روزهاي يخبندان گفته مي‌شود كه بسته به منطقه از مهر و آبان شروع و تا اواخر فروردين ادامه مي‌يابد. تعداد روزهاي يخبندان به‌طور ميانگين بين ۱۰۰ الي ۱۰۶ روز در سال متغير مي‌باشد.

رطوبت

وجود هواي مرطوب اطراف برف در اثر سرماي منطقه باعث قرارگيري قطرات آب روي بلورهاي برف شده و بارش برف بعدي شده و گاهي ريزش باران تشكيل لايه‌هاي صاف و لغزنده و ايجاد بهمن يا تشديد رخداد آنرا ممكن مي‌سازد.

باران سبك باعث به‌وجود آمدن يك لايه لغزشي در زير برف‌هاي جديد مي‌شود، درحالي‌كه باران‌هاي سنگين يعني بيشتر از ۲۵mm باعث سستي برف شده و خطر ريزش بهمن را تشديد مي‌كند(۷). نتايج نشان مي‌دهد كه ماه‌هاي فصل زمستان نسبت به ساير ماه‌ها بيشترين نم نسبي را دارند لذا افزايش رطوبت به عنوان عاملي جنبي در ايجاد بهمن نقش دارد.

سرعت و جهت باد

با توجه به نبود رابطه مستقيم بين تغييرات سرعت باد با ارتفاع از معادله زير استفاده شد:

$$v_۱ = v_۲ (\frac{H_۱}{H_۲})^{۰/۱۵}$$

سرعت ميانگين باد در ماه‌هاي مختلف بويژه در فصل بارش برف در تجمع و انباشت برف و ايجاد برجستگي برف نقش دارد كه خود به‌عنوان عاملي در رخداد بهمن به شمار مي‌آيد. سرعت ميانگين ماهانه در حوضه مورد بررسي بين ۲/۹۴ الي ۴/۶۳ متر بر ثانيه تغيير مي‌نمايد و بيشينه سرعت باد برابر ۱۵/۳۶ متر بر ثانيه مي‌باشد. سرعت باد يكي از عامل‌هاي مهم در تشكيل برجستگي برفي به شمار مي‌رود. باد در جابجايي توده‌هاي هواي مرطوب، ايجاد بارندگي و تبخير و تعرق نقش مهمي دارد و باعث جابجايي دما و رطوبت مي‌شود لذا باد به‌عنوان عامل مهمي در ايجاد بهمن به شمار مي‌رود. ايجاد توده‌هاي برفي بستگي به‌وجود گيلويي در روي دامنه دارد، به‌طوري‌كه توده برف در روي دامنه در جهت باد شيب ملايمي داشته و در روي دامنه مخالف باد شيب تندي پيدا مي‌كند و حفره‌اي در ابتداي دامنه خلاف باد ايجاد مي‌شود. اين توده چون در زير گيلويي است از فشردگي زيادي نداشته و درنتيجه كوچكترين نيرو با ايجاد كوچكترين شكستگي در توده برف

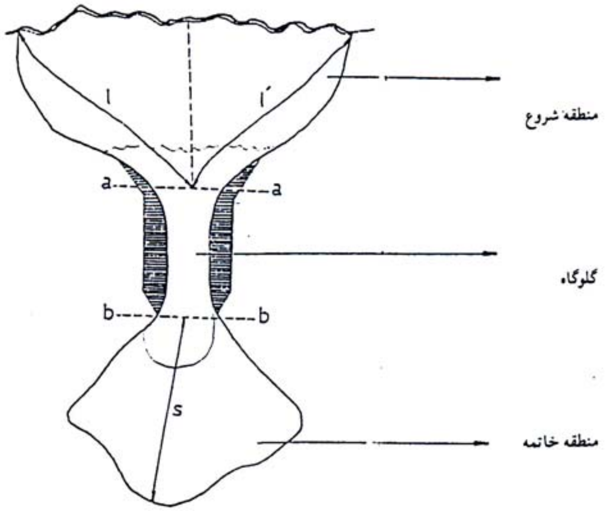
ريزش مي‌كند ودرصورت عبور كوهنورد يا اسكي باز، در داخل حفره مدفون مي‌شود. باد دو اثر متفاوت در تشكيل بهمن دارد: اول برداشت برف از سطوح بزرگ و نشاندن در سطوح كوچكتر و دوم فشرده نمودن برف در محل جديد كه علت اصلي آن تغيير اندازه‌ها و شكل دانه‌هاي برف است. با توجه به جدول ٨ بيشترين تعداد تكرار باد غالب، در جهت جنوبي و جنوب غربي است.

جدول ٨- ميانگين تكرار باد در جهت‌هاي مختلف در حوضه شيان و توريور

شمال‌غربي	غربي	جنوب غربي	جنوبي	جنوب شرقي	شرقي	شمال شرقي	شمالي
٨٧/٣٥	٩٢/۴٢	١۵۶	١۵٧/۶٧	١١٠/٢٧	۵٩	۶۵/٨۴	۵٨/٣٨

ويژگي‌هاي گذرگاه‌هاي بهمن و زون‌بندي

زماني خسارت بهمن آشكار مي‌شود كه سرعت بهمن به حد آستانه تخريب برسد و اين سرعت اغلب در فاصله‌اي به ميزان ۴٠ برابر ارتفاع برف از نقطه شروع ايجاد مي‌شود (١). با توجه به شكل ٨ (يكي از گذرگاه‌هاي منطقه مورد بررسي)، گذرگاه‌هايي كه داراي سه بخش كامل (منطقه تجمع و شروع، گذرگاه، توقفگاه) باشد و يا دست‌كم طول گذرگاه ٢٠٠ متر باشد گذرگاه كامل به شمار مي‌آيد. گذرگاه‌هاي طويل باعث افزايش سرعت بهمن مي‌شود و گاهي قادر به پيشروي و بالا رفتن برروي شيب‌هاي مقابل مسير خود بوده و ايجاد خسارت زياد مي‌شود. اين موضوع در حوضه توريور و شيان در بيشتر گذرگاه‌هاي شمالي با نام‌هاي محلي نمارز، بوليانه، هيلانه دال، قاضي‌بكر و كوه‌كاويان (گذرگاه‌هاي شماره ١ تا ۵) و توريور كهنه (گذرگاه‌هاي شماره ١٠) به‌علت كم بودن وسعت توقفگاه و منتهي شدن آن به دره به‌وضوح ديده مي‌شود و رخداد بهمن باعث شكستن درختان مثمر و مدفون نمودن مزارع توت فرنگي در گذرگاه‌هاي ياد شده مي‌شود. ويژگي‌هاي گذرگاه‌هاي حوضه توريور و شيان در جدول ٩ آمده است (٢).

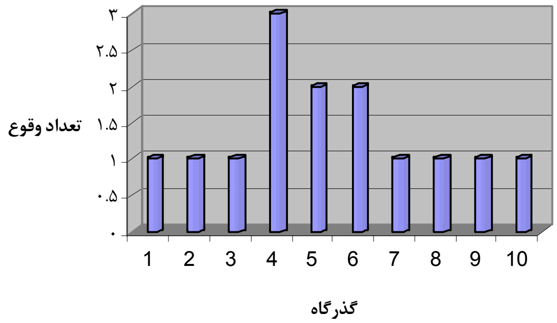


شكل ٨- ويژگي‌هاي گذرگاه كامل بهمن

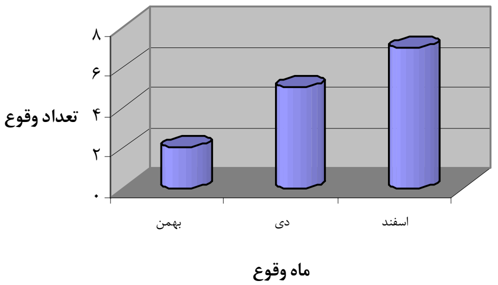
جدول ۹- ويژگي‌هاي گذرگاه‌هاي بهمن حوضه شيان و توريور

نام گذرگاه	شيخله، نمارز	هلج و بوليان	هيلانه‌دال	قاضي‌بكر	كوه‌كاويان	واجار	شاهنشين	سنگ‌سفيد	كوناي‌مار	توريور كهنه
شيب (درصد)	۹۰-۱۲۰	۹۰-۱۲۰	۹۰-۱۲۰	۱۲۰-۱۵۰	۹۰-۱۲۰	۹۰-۱۲۰	۱۲۰-۱۵۰	۹۰-۱۲۰	۹۰-۱۲۰	۱۲۰-۱۵۰
جهت	شمالي	شمالي	شمالي	شمالي	شمالي	شمال شرقي	شمال شرقي	شمالي	جنوب شرقي	شمالي
ارتفاع ميانه (m)	۲۱۵۰	۲۴۵۰	۲۴۵۰	۲۱۵۰	۲۴۵۰	۲۶۵۰	۲۵۵۰	۲۵۵۰	۲۶۵۰	۲۲۵۰
سطح (ha)	۱۲۲/۵	۹۴/۴	۷۸/۲	۴۷۶/۹	۲۰۵	۲۴۰	۱۰۸/۲	۱۵۸/۸	۱۲۱/۳	۱۰۱/۹
نوع سنگ	آهك	آهك	آهك شيلي	آهك شيلي	گابرو-ديوريت	گابرو-ديوريت	آهك زرد	آهك	شيلي	كنگلومرا
گسل	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+
پرتگاه	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-
گيلويي	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
توده‌سنگي	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
دامنه منظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم	نامنظم
وضعيت‌رويش	فورب، بوته	فورب، بوته	فورب، بوته	فورب، علف	فورب، علف	فورب، بوته	فورب، بوته	فورب، بوته	فورب، بوته	فورب، علف
تركيب‌مرتع	بادام- گون	بادام- گون	دافنه- گون	گندميان- جاشير	گندميان- جاشير	كما- جاشير	جاشير- گون	دافنه- گون	دافنه- گون	جاشير- گون
بافت خاك	Sa.Lo	Sa.cl	Sa.Lo	Sa.cl.Lo	Sa.Lo	Sa.cl.Lo	Sa.cl	Sa.Lo	Sa.Lo	Sa.cl.Lo
عمق خاك	كم	كم	كم	نيمه‌عميق	كم	نيمه‌عميق	نيمه‌عميق	نيمه‌عميق	نيمه‌عميق	نيمه‌عميق
تعداد رخداد در سال	۱	۱	۱	۳	۲	۲	۱	۱	۱	۱

گذرگاه شماره ۴ بر پایه بازدیدهاي مداوم در طول این بررسي بیشترین تعداد رخداد بهمن را به خود اختصاص داده است. زیرا در سال زراعي ۷۴-۱۳۷۳ به‌علت بارش کم برف تعداد رخداد بهمن در گذرگاه‌ها محدود شد و در تمام سال از ۱۰ گذرگاه تعداد ۱۴ بار بهمن رخ داده و بیشترین تکرار رخداد مربوط به گذرگاه شماره ۴ بوده که تعداد ۳ بار ثبت شده است(۲). در عرصه این بررسي بر پایه بازدیدهاي صحرايي از تعداد ۱۴ مرحله سقوط بهمن ثبت شده، ۷ مرحله سقوط مربوط به ماه اسفند، ۵ مرحله مربوط به ماه بهمن و ۲ مرحله مربوط به ماه دي مي‌باشد که بیانگر آن است در ماه اسفند با افزایش دما تعداد سقوط نسبت به ساير ماه‌ها بیشتر بوده است. در شکل‌هاي ۹ و ۱۰ هیستوگرام تعداد رخداد بهمن به تفکیک گذرگاه و ماه رخداد نشان آورده شده است:



شکل ۹- هیستوگرام تعداد رخداد بهمن به تفکیک گذرگاه



شکل ۱۰- هیستوگرام تعداد رخداد بهمن به تفکیک ماه‌هاي سال

به‌منظور بررسي کمي رابطه عامل‌هاي اقلیمي با ایجاد بهمن، شاخص‌هاي مؤثر را در ماه‌هايي که بهمن رخ داده است، برابر جدول ۱۰ تنظیم و سپس بر پایه ضریب آزمون همبستگي و سطح معني‌دار بودن r ، نتایج آن در جدول آمده است:

جدول ۱۰- ماتریس ضریب همبستگي رخداد بهمن و عامل‌هاي اقلیمي در سه ماهه زمستان

شاخص	تعداد رخداد	بارش ماهیانه برف **(cm)**	سرعت باد **(m/s)**	بارش کل ماهیانه **(mm)**	دماي بیشینه ماهیانه ($^\circ C$)	ساعت آفتابي	تبخیر ماهیانه **(mm)**
تعداد رخداد	۱	×	×	×	×	×	×
بارش ماهیانه برف (cm)	۰/۹۹	۱	×	×	×	×	×
سرعت باد (m/s)	۰/۹۷	۰/۹۹	۱	×	×	×	×
بارش کل ماهیانه	۰/۹۶	۰/۹۰	۰/۸۵	۱	×	×	×
درجه حرارت بیشینه ماهیانه ($^\circ C$)	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۹۹	۱	×	×
ساعت آفتابي	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۸۴	۰/۹۹	۱	×	×
تبخیر ماهیانه (mm)	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۶۳	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۵	۱

نتایج بدست آمده از جدول ۱۰ نشان مي‌دهد که از بین عامل‌هاي اقلیمي به ترتیب اولویت بارش ماهیانه برف،

سرعت باد، بارش کل ماهانه (باران و برف)، دما و بیشینه و ساعت‌هاي آفتابي در سقوط بهمن مؤثر هستند.

تعیین رابطه رخداد بهمن و فرسایش و رسوب

به منظور بررسي رابطه رخداد بهمن و فرسایش و رسوب از دو آبراهه داخل حوضه در دو مرحله زماني، پروفیل طولي و عرضي برداشت و نقشه توپوگرافي قبل و بعد از رخداد بهمن تهیه و ترسیم شد، همچنین در فصل ذوب از جریان سطحي ناشي از ذوب برف تعداد ۱۵ نمونه در سراب و ۱۵ نمونه آب در پایاب در محل توقفگاه بهمن‌ها برداشت و گل آلودگي آنها تعیین شد. مقایسه نمونه‌هاي برداشت شده و حجم خاک فرسایش یافته قبل و بعد از رخداد گذرگاه بهمن و مقایسه گل‌آلودگي نمونه‌هاي سراب و پایاب نشان مي‌دهد که رخداد بهمن موجب تشدید فرسایش خاک و افزایش رسوبدهي حوضه شده است و براي داشتن اطمینان بیشتر، بین نمونه‌هاي بدست آمده (حجم پروفیل عرضي گذرگاه بهمن قبل و بعد از و حجم گل‌آلودگي نمونه‌هاي سراب و پایاب) آزمون جفتي انجام و معلوم شد بین میانگین داده‌ها اختلاف معني‌دار است، تجزیه و تحلیل یاد شده بیانگر این واقعیت است که سقوط بهمن در حوضه‌هاي کوهستاني و بهمن‌خیز با فرسایش خاک و افزایش رسوبدهي رابطه مستقیمي داردکه نتایج آن در جداول ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است.

بحث

نتایج بدست آمده از این بررسي جامع انجام شده در حوضه‌آبخیز شیان و توریور نشان مي‌دهد که گذرگاه اصلي رخداد بهمن در منطقه گذرگاه‌هاي شماره ۱ تا ۵ (با نام‌هاي محلي نمارز، بولیانه، هیلانه دال، قاضي‌بکر و کوه‌کاویان) و گذرگاه شماره ۱۰ (توریور کهنه) مي‌باشد. البته گذرگاه شماره ۴ بر پایه بازدیدهاي مداوم در طول دوره بررسي بیشترین تعداد رخداد را به‌خود اختصاص داده است. همچنین استفاده از روش‌هاي آماري مانند ماتریس همبستگي (نرم‌افزار MSTAT-C)، عامل‌هاي مؤثر در ایجاد بهمن را به‌ترتیب در شاخص‌هاي ادافیکي: سطح گذرگاه، درصد شیب عمومي و در شاخص‌هاي اقلیم شناسي: بارش ماهیانه برف (cm)، سرعت باد (m/s)، بارش کل ماهیانه، دماي بیشینه ماهیانه(°c)، ساعت‌هاي آفتابي و تبخیر ماهیانه (mm) تعیین مي‌نماید که این نتایج با آنچه که توسط آمسترانگ و ویلیامز (۱۹۷۷)، پرلا و مارتینلي (۱۹۷۶) و شیمانسکي (۲۰۰۲) در کلرادو به‌دست آمده است برابري دارد. از طرفي این بررسي نقش ایجاد بهمن را در امور آبخیزداري بویژه هدررفت خاك به‌خوبي مشخص مي‌نماید. همچنین به منظور بررسي رابطه رخداد بهمن و فرسایش و رسوب، با استفاده از آزمون جفتي (T-test) معلوم شد بین میانگین داده‌ها اختلاف معني‌دار است، تجزیه و تحلیل یاد شده بیانگر این واقعیت است که سقوط بهمن در حوضه‌هاي کوهستاني بهمن‌خیز با فرسایش خاك و افزایش رسوبدهي رابطه مستقیمي دارد.

جدول ۱۱- انجام آزمون **T-test** (آزمون جفتي) بر روي نمونه‌هاي حجم پروفيل عرضي گذرگاه بهمن قبل و بعد از رخداد بهمن

تعداد نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	جمع
حجم‌سال ۷۳ به مترمکعب	۱۲/۱۸	۱۲/۵۴	۱۱/۹	۸/۰۹	۱۳/۲	۱۱/۷۶	۱۷/۰۹	۷/۴	۷/۳	۱۱/۴	۱۶/۸	۱۳/۹۱	۱۶/۶۷	۱۵/۷	۱/۶۵	۱/۳	۱/۲۷	۵/۲۷	۱۸۵/۵۱
حجم‌سال ۷۳ به مترمکعب	۱۳/۲	۱۲/۹	۱۳/۶۳	۸/۳	۱۴	۱۳/۲	۱۷/۹۴	۸/۱۹	۸/۱	۱۳/۰۹	۱۷/۳۶	۱۷/۷	۱۹/۹۵	۲۲/۲	۳/۲۴	۳/۵۸	۲/۵۷	۴/۸۸	۲۱۴
di	۱/۰۲	۰/۳۶	۱/۷۳	۰/۲۱	۰/۸	۱/۴۴	۰/۸۵	۰/۷۹	۰/۷۲	۱/۶۹	۰/۵۶	۳/۷۹	۳/۲۸	۶/۵	۱/۵۹	۲/۲۸	۱/۳	-۰/۳۹	۲۸/۴۹
di^2	۱/۰۴	۰/۱۳	۲/۹۹	۰/۰۴	۰/۶۴	۲/۰۷	۰/۷۲	۰/۶۲	۰/۵۲	۲/۸۶	۰/۳۱	۴/۳۶	۱۰/۷۶	۴۲/۲۵	۲/۵۳	۵/۲	۱/۶۹	۰/۱۵	۸۸/۹

r=۰/۹۷۸، معادله همبستگي y=۱/۱۹x-۱/۰۴، t=۴/۲۲، s^2d=۲/۵۷

H_0: میانگین حجم پروفیل عرضي قبل و بعد از رخداد بهمن برابرند.

H_1: میانگین حجم پروفیل عرضي بعد از رخداد بیشتر از رخداد مي‌باشد.

با توجه به درجه آزادي (df) برابر ۱۷ در سطح ۹۵% اطمینان t جدول از T محاسباتي کوچکتر است لذا H_0 را رد مي‌کنیم و با ۹۵% اعتماد مي‌توانیم بگوییم بین میانگین داده‌ها اختلاف هست و رخداد بهمن در افزایش رسوب حوضه و تشدید فرسایش خاك نقش دارد.

جدول ۱۲- آزمون **T-test** (آزمون جفتي) بر روي نمونه‌هاي آب برداشت شده از سراب و پاياب توقفگاه بر حسب گرم در ليتر

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
نمونه‌سراب (mg/li)	۶۸	۸۵	۹۳	۱۰۹	۱۱۲	۱۳۰	۲۶۵	۲۸۳	۲۳۵	۲۰۴	۱۵۱	۱۵۶	۲۳۲	۱۴۵	۱۳۹
نمونه پاياب (mg/li)	۷۱	۹۲	۱۰۲	۱۱۵	۱۲۹	۱۴۵	۲۸۵	۱۹۸	۱۴۹	۲۱۲	۱۵۸	۱۷۳	۲۴۴	۱۴۸	۱۵۱
di	۳	۷	۹	۶	۱۷	۱۵	۲۰	۱۵	۱۴	۸	۷	۱۷	۱۲	۳	۱۲
di^2	۹	۴۹	۸۱	۳۶	۲۸۹	۲۲۵	۴۰۰	۲۲۵	۱۹۶	۶۴	۴۹	۲۸۹	۱۴۴	۹	۱۴۴

معادله همبستگي: y=۰/۹۶x-۱/۰۴، r=۰/۹۹، t=۲/۹۷۷، s^2d=۲۸/۱۴، S_d=۵/۳

چون t جدول از T محاسباتي كوچكتر است لذا فرض H_0 رد مي‌شود و با ۹۹% اعتماد مي‌توان گفت بين ميانگين داده‌ها اختلاف است و رخداد بهمن در افزايش رسوب حوضه و تشديد فرسايش خاك نقش دارد.

H_0: ميانگين گل‌آلودگي بالادست و پايين‌دست برابر است.

H_1: ميانگين گل‌آلودگي پايين‌دست بيشتر از بالادست است.

منابع

۱- احمدي، حسن. (۱۳۸۳) جزوه درسي برف و بهمن، استاد دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران

۲- امور آب منطقه‌اي استان كردستان، آمار و اطلاعات مربوط به حوضه آبخيز شيان و توريور، (۱۳۷۴).

۳- بيروديان، ن. (۱۳۸۲)، برف و بهمن (مديريت مناطق برف‌گير)، انتشارات آستان قدس رضوي، ص ۱۸۰-۱۶۶ .

۴- دادخواه، م. (۱۳۷۷)، بهمن. ترجمه (آمسترانگ، بتسي و ويليامز، ناكس). چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران. شماره ۲۳۸۴.

۵- مركز بررسي منابع طبيعي استان كردستان، آمار و اطلاعات مربوط به حوضه آبخيز شيان و توريور، (۱۳۷۴).

۶- مهدوي، م. (۱۳۷۴)، هيدرولوژي كاربردي، انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم.

7- Armstrong , B.R. & K. Willham.1977. The avalanche book. P. 185.

8- Perla , R. & M. Martinelli, jr.1976. Avalanche handbook. Agriculture handbook 489, USDA.U.S. Forest service, Fort Collins, Colorado.238p.

9- Shimanski, Charley.2002. Avalanche Rescue Operations. US.Mountain Rescue Association, Colorado, USA. (Internet source), P.12.

Journal of the Iranian Natural Res., Vol. 60, No. 4, 2008, pp.1099-1116

The survey of avalanche- pron regions for determining the effective factors
(Case study: Shian & Torivar basin of Kordestan province)

N. Arman[*1] **and A. Salajegheh**[2]
[1] M. Sc. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[2] Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
(Received 10 January 2006, Accepted 27 June 2007)

Abstract

The word˝AVALANCHE˝ means a suddenly and quick movement of a huge mass composed of different materials along with ice and snowmass, so that in mountains and snow areas of Iran like western hights of Kordestan, not only causes destruction landforming, gardens, erosion of soil, increasing of sediment, but also a lot of people are annually killed because of avalanches . In order to investigate the effective factors in generating avalanche and its relationship with erosion and sediment of the basin, this researche was conducted to find out the effect of parameters including topography, geology, geomorphology, climate, snow sample, pedology, plant cover, sediment and erosion with related maps. The parameters affecting avalanche were deivided into the fallowing categories which were studies using MSTAT-C software and the appropriate statistical tests were applied to data. The Results showed the important edaphical factors such as topography, pedology, plant cover, geomorphology, geology and climatological parameters such as snowfall depth (cm), wind velocity (m/s), total montly precipitation, maximum montly temperature, sunny hours, montly evaporation (mm). In case of topographic factors, passage area, general gradient and maximum high are the most effective factors respectively. In order to investigate the relationship between avalanche and erosion and topography on the basin, a T-test analysis was conducted and results showed that the occurance of avalanche is directly connected to the increase in the basin sediment.

Keywords: Snow, Avalanche, Plant cover, Pedology,Geomorphology, Climatology, Sediment & Erosion, Kordestan

---

* Corresponding author: Tel: 021-44901801 , Fax: 021-44901801 ,E-mail: nasim_arman2000@yahoo.com