

هیدروکلیماتولوژی برف  
و کاربرد آن در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای  
با تأکید بر بهمن در ایران مورد: جاده هراز

اثر: دکتر شهریار خالدی

دانشیار دانشگاه شهید بهشتی

(از ص ۴۶۳ تا ۴۸۰)

چکیده:

هیدروکلیماتولوژی برف از اهمیت زیادی در کشورهای خشک نظیر ایران برخوردار است. ماهیت، توزیع، فرایندهای کنترل‌کننده ذوب، جابه‌جایی برف... از یک سو و پیش‌بینی رواناب، سیل، بهمن از سوی دیگر از جمله مواردی است که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفتند.

از سوی دیگر با توجه به گرم شدن هوا در بهار، ما شاهد وقوع بهمن‌های زیادی خواهیم بود و بنابراین، برنامه‌ریزی در خصوص وقوع سیل و بهمن و جلوگیری از آثار مخرب آنها از جمله موارد مهم تلقی می‌گردد. ایجاد پوشش گیاهی و بویژه جنگل و ایجاد تورهای سیمی... در دامنه‌های بهمن خیز به خوبی نشان داده شده است.

تراکم برف در شهرها و جاده‌های بین‌شهری نیاز به تدارکات گسترده‌ای برای اجتناب از خطرات و خسارات دارد و در این خصوص سرمایه قابل ملاحظه‌ای باید اختصاص یابد.

واژه‌های کلیدی: هیدروکلیماتولوژی برف، رواناب، بهمن، یخبندان، احداث جنگل.

## مقدمه:

در بیشتر پهنه‌های کره زمین، قسمت قابل توجهی از بارش به صورت برف نازل می‌شود و برای دوره‌های زمانی متفاوت از چند ساعت تا چند ماه پیش از ذوب ذخیره می‌گردد و در فاز چرخش هیدرولوژیکی وارد می‌شود. در بسیاری از این پهنه‌ها، ذوب برف منبع اصلی عرضه آب سطحی و شارژ مجدد آبهای زیرزمینی و حتی علت اصلی سیل به شمار می‌رود. در حال حاضر در حوضه‌های رودخانه‌ای نه چندان زیادی در ایران بررسی‌ها و مطالعات در زمینه محاسبه آب معادل ذخایر برفی صورت می‌گیرد. هم اکنون در حوضه‌های رودخانه‌های کرج، لتیان، دز، کارون... برف سنجی‌ها در پایان فصل انباشت برف میزان آب قابل دسترس در فصل ذوب پیش بینی می‌گردد.

اهمیت ذخیره‌های برفی ارتفاعات ایران که تأمین کننده جریان‌های پایه رودهای دائمی کشور و تغذیه کننده منابع آب زیرزمینی و چشمه‌های بزرگ کارستی که منشأ اصلی منابع آب شیرین بوده، بسیار زیاد است.

## هدف اصلی این مقاله:

نشان دادن جنبه‌های اهمیت هیدروکلیماتولوژیک برف و ذوب برف و همچنین اثراتی که به صورت یخ و بهمن بر فعالیتهای انسانی اعمال می‌شوند. سابقه برف سنجی در ایران به ۴۵ سال می‌رسد و توجه به اهمیت این اقدام سازمان‌های مربوطه را بر آن می‌دارد که تمامی سطوح شبکه برف سنجی به منظور پیش بینی حجم آب قابل حصول ناشی از ذوب برف را تحت پوشش قرار دهند. اصولاً به کارگیری مدل‌های ذوب برف مستلزم اندازه‌گیری از عناصر هیدروکلیمای موثر در ذوب برف است. در ضمن شناخت توزیع مکانی و زمانی ریزش‌های جامد از جمله شرایط آغازین به کارگیری این مدل‌ها به شمار می‌رود.

برای اندازه‌گیری برف و ذوب برف عباراتی وجود دارند که باید بیشتر به آنها پرداخته شود:

- بارندگی یا عمق بارش معادل آب برف و دیگر نزولات که در طی یک طوفان یا دوره اندازه‌گیری ارائه می‌گردد،

- بارش برف یا عمق قابل ملاحظه برف و دیگر اشکال بارش به صورت جامد که در ضمن شرایط ناپایدار یا دوره اندازه‌گیری در سطح زمین انباشته می‌شود، پوشش برفی -

- ذوب یا مقدار آب مایع ناشی از ذوب که در یک دوره زمانی پوشش برفی راترک می‌کند،

- سایش (Ablation) یا مجموع پرت، آب (ذوب برف، تبخیر- تصعید)، کل مقدار آب مایع که پوشش برفی را در طی دوره مورد نظر ترک می‌کند.

(Lawronce Dingmans, Physical Hydrology)(Water out put)

در این مقاله موارد زیر نیز از اهمیت زیادی برخوردار است

- ۱) توصیف ماهیت برف به عنوان یک ماده،
- ۲) توزیع جهانی برف و نقش آن در چرخش هیدرولوژیکی،
- ۳) فرایندهای کنترل‌کننده ذوب برف،
- ۴) راههایی که آب ذوب شده از پوشش برفی به سطح زمین جابه‌جا می‌گردد،
- ۵) شناخت این فرایندهای اساسی در پیش‌بینی رواناب،
- ۶) بهمن و ارائه راههای علاجبخش با آن،
- ۷) راههایی کلید برای مبارزه با خطرات برف در جاده‌ها و شهرها.
- ۸) مدل‌های ریاضی برف
- ۹) فناوری سنسجش از دور در هیدروکلیماتولوژی برف

### روش بررسی

به منظور برآورد توزیع برف در آغاز رابطه میانگین دمای ماهانه و توپوگرافی، و محاسبه آن در نواحی کوهستانی اهمیت دارد. روابط همبستگی یاد شده با استفاده از آمار و اطلاعات هواشناسی ضروری است.

### روش ترازنامه انرژی

در این روش مؤلفه‌های گوناگون انرژی محیط که در ذوب برف نقش دارد و نیز گرمای نهان ذوب در برآورد مقادیر ذوب برف نقش دارد. معادله ترازنامه انرژی در یک دوره زمانی معین برای محاسبه ذوب برف از این روش به قرار زیر است:

$$M = \frac{H_m}{\lambda_0 Q} = \frac{H_s + H_l + H_e + H_c + H_g + H_p + H_q}{\lambda_0 Q}$$

در جایی که

$M$  برابر آب معادل برف ذوب شده،

$H_m$  انرژی خالص که صرف ذوب برف می‌گردد،

$H_s$  مؤلفه تشعشعات خالص

$H_l$  تشعشعات خالص با طول موج کوتاه،

$H_c$  گرمای ناشی از جریان‌های همرفتی،

$H_e$  گرمای ناشی از عمل میعان،

$H_g$  گرمای تبادلی بین زمین و توده برف،

$H_p$  گرمای منتقل شده به توده برف توسط بارش،

$H_q$  تغییرات گرمای توده برف.

$Q$  کیفیت گرمایی برف....

کلیه مؤلفه‌های انرژی بر حسب کالری در سانتیمتر در طول دوره است.

### اهمیت هیدروکلیماتولوژیک و توزیع برف

بارندگی آرام تحت اشکال و کریستالهای یخی شش گوشه یا ستاره‌ای را برف می‌گویند (George P. Dictionnaire de la Geographie , P.U.F , 1974). برف شامل یخ و فضا‌های منفذدار و خلل و فرج دار است. هنگامی که برف بسیار سرد است (یعنی دمای آن کمتر از نقطه ذوب یخ یا صفر درجه سانتیگراد است)، فضا‌های توام با خلل و فرج‌دار برف تنها شامل هوا می‌شوند (بعلاوه بخار آب). در نقطه ذوب، فضا‌های متخلخل می‌توانند حاوی آب مایع و هوا باشند و اصولاً ذوب برف سه فاز منظم را در بر می‌گیرد.

بارندگی تحت اشکال برف معمولاً برای دوره معینی در سطح زمین ذخیره می‌گردد و تا اینکه ذوب نشود وارد چرخش هیدرولوژیکی نمی‌شود.

به دلیل کاهش عمومی دمای هوا در کوهستانها و سرزمینهای مرتفع بارش برف به نسبت کل نزولات آسمانی قابل ملاحظه است و برف در مقایسه با نواحی پست مجاور به مدت طولانی‌تری در روی زمین باقی می‌ماند (دکتر عبدالحمید رجایی، آب و هوا شناسی، انتشارات دانشگاه تبریز، ۱۳۵۸). تشکیل برف که به تراکم تدریجی هوا وابسته است، به رطوبت زیاد و دمای نسبتاً کم نیاز دارد. به طور معمول، هنگامی برف به فراوانی نازل می‌شود که دما نزدیک به صفر یا کمی پایین‌تر از آن باشد، زیرا دماهای بسیار پایین‌تر از صفر از ظرفیت رطوبتی هوا به شدت می‌کاهند و موجب پایداری آن می‌شوند که برای سازوکار بارندگی چندان مساعد نیست. پراکندگی ریزش برف به تعداد روزهای برفی بستگی دارد. برای مثال تعداد روزهای برفی در ماسیف سانترال فرانسه حداکثر ۵۰ روز، در کانادا ۱۰۰ روز و در مرتفع‌ترین قله‌های آلپ باختری ۱۵۰ روز است (دکتر پردخت مشارکی، جغرافیای اقلیمی، اصول و مبانی اقلیم‌شناسی، انتشارات دانشسرای عالی، ۱۳۵۱).

به علت جرم مخصوص کم برف، سرعت میانگین ریزش آن در حدود یک متر بر ثانیه است. البته هرچه برف بیشتر در روی زمین بماند، سنگینی ویژه آن زیادتر می شود و گاه تا ۰/۳ می رسد. از سوی دیگر قابلیت هدایت گرمایی برف کم است (به عنوان مثال دوهزار بار کمتر از مس و ده بار کمتر از یخ). بنابراین، هنگامی که بر روی زمین قرار می گیرد به مانند یک پوشش یا عایق عمل می کند. سطح برف به دلیل تشعشع زودتر سرد می گردد، ولی این کاهش دما به لایه های زیرین برف نمی تواند سرایت کند: مبادلات گرمایی زمین پوشیده از برف با محیط خارج آن کمتر است، یعنی زمین پوشیده از برف یخ نمی بندد (دکتر محمد منجمی، هواشناسی، انتشارات دمخدا، ۱۳۵۴). این پدیده به عنوان بهترین عمل در محافظت خاک به شمار می رود.

آب شدن تدریجی و آرام برف در کوهها ذخایر قابل ملاحظه و مداومی را در بیشتر مواقع سال و بویژه فصل گرم که با کاهش بارش مواجه هستیم در نواحی دشتی فراهم می نماید.

برف پدیده ای است که اندازه گیری آن به دلیل جابجایی، وزش باد و انبوه شدن آن به میزان قابل ملاحظه مشکل است.

بطور معمول اندازه گیری برف از مقدار برف انباشته شده در زمین صورت می گیرد و بطور معمول یک دهم ارتفاع برف معادل مقدار باران است و در صورت خشک بودن برف تا یک بیستم آن تقلیل می یابد. اغلب، برف اندازه گیری شده را ذوب می کنند و مقدار معادل بارش باران حساب می شود. بهرحال ترسیم کردن توزیع برف بسیار مشکل بنظر میرسد، زیرا داده های بارش برف ناکافی هستند و عمق برف در روی زمین در مسافتهای کوتاه بسیار متغیر است.

حد یا خط برف در سالهای پربارش در آغاز زمستان بسرعت پایین می آید و در مدت طولانی در پایین ترین حد قرار می گیرد و در بهار به آرامی افزایش می یابد. حد برف در نواحی

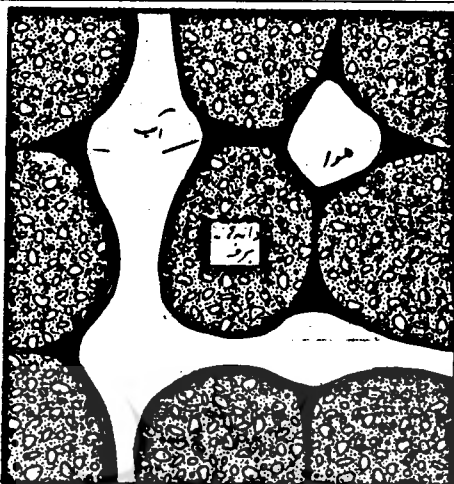
مرطوب در مقابل بادهای بارانی و همچنین در قسمتهای پشت به آفتاب پایین است  
(Oliver J.E Climatology , An Introduction , Merrill Publishing Company , 1984)

حد برف دایمی در نواحی استوایی در ارتفاع ۴۷۰۰ متر است و تا بطور تقریب  
۵۲۰۰ متر در نواحی خشک جنب گرمسیری افزایش می یابد، زیرا در نواحی  
کوهستانی گرمسیری بارش برف بسیار است و در عرض های جغرافیایی ۴۵ و ۶۰ درجه  
شمالی این ارتفاع به ترتیب تا ۳۰۰۰ و ۱۴۰۰ متر کاهش می یابد. در نیمکره جنوبی این ارقام  
پایین تر هستند. بهر حال ارتفاع حد برف دایمی همچنین به جهت شیب بستگی دارد  
(Griffiths J.F. , Applied Climatology , Oxford University Press , 1976).

در نواحی کوهستانی، حدود ۸۵٪ از روانابهای سالانه ممکن است از ذوب برف  
منتج گردند (شفرودزمن ۱۹۸۲).

**شرایط محلی:** بطور کلی خواص برف وابستگی زیادی به عوامل چشم  
اندازهای محلی از جمله پدیده های مختلف و پوشش گیاهی دارد. اختلافات در  
آب معادل و عمق بارش برف ممکن است به وسیله توزیع مجدد برف توسط باد و  
تا اختلاف در مقدار برف موجود بر روی گیاهان و تغییرات در نرخ متامرفوزهای  
پوشش برفی مدلل و ذوب تحت شرایط میکروکلیمایی متغیر نتیجه می شوند.

اختلاف در تراکم توسط شرایط، باد در زمان بارش برف و ارتفاع پوشش برفی بوجود  
می آیند. عموماً، تغییر پذیری محلی در نواحی که دوره های ذوب برف در طی زمستان و  
جایی که بیشتر گرمای وارده به برف از پرتوافکنی خورشیدی می رسد در حد بالایی قرار  
دارد. (Mather J.R , Climatology , Fundamentals and Applications)



شکل ۱. مقطع ایده آل برف، دانه‌های برف، آب موجود در کشش سطحی و خلل و فرج‌های مداوم مملو از هوا را نشان می‌دهد.

### بهمن<sup>(۱)</sup>

ریزش شدید برف در روی دامنه‌ها بهمین منجر به انباشش برف و کندن ذرات و مواد موجود در مسیر حرکت خود می‌شود (خاک، سنگ و گیاهان)، یا بعبارت دیگر به مانند زمین لغزه‌ها، کوه‌های برفی می‌توانند بر روی شیبها و بصورت مختلف عمل کند. باد نیز بر روی برف اثر قابل ملاحظه‌ای بر جا می‌گذارد. تپه‌های برف به صورت غیر منظم ایجاد می‌شوند و در پایین مسیرهای بهمین، ضخامت برف می‌تواند بطور استثنایی چندین ده متر باشد. ضخامت برف از یک سال تا سال دیگر بسیار متغیر است.

(Oliver J.E, Climatology, An Introduction, Merrill Publishing Company, 1984)

ذوب برف به دو عامل دما و توده برف بستگی دارد. اگر برف کهنه شود، به دلیل

واژه لاتین بهمین منشأ زبان فرانسه سوییسی دارد ۱- Avalanche



تغییر آلبدو (نسبت بازتاب خورشید) عمل ذوب آرام تر صورت می گیرد. هنگامی که بارانهای شدید بر روی پوشش برف نازل گردند، برف نرم می شود و چسبندگی بین ذرات کاهش می یابد و در عمل ذوب تسریع حاصل می گردد.

انفجارهایی را می توان برای بر هم زدن پایداری پوشش برفی به کار برد، ولی در اغلب موارد، بهمن های کنترل شده، ممکن است شیبهای اسکی را به صورت بر آمده در آورد. انفجارها در هنگامی که در منطقه شروع یعنی نزدیک مرکز بهمن صورت می گیرند می توانند موثر واقع گردند، عبارت دیگر موقعی که رابطه بین فشار و نیروی منطقه برفی بطور قابل ملاحظه ای توازن داشته باشد، ولی پیش از اینکه برف به قدر کافی برای ایجاد یک، بهمن عمده ضخامت پیدا کرده باشد. بطور واضح، این اقدامات می توانند با آگاهی دادن از پایداری برف و خدمات پیش بینی در ارتباط باشند. برای مثال استفاده از یک کیلوگرم تی.ان.تی می تواند در یک پهنه قابل دسترسی اسکی به صورت موفقیت آمیز مورد استفاده قرار گیرد.

با وجود اقداماتی که در خصوص سست شدن برف انجام می پذیرد، ترجیح داده می شود که منطقه برفی دست نخورده باقی بماند. البته آزمایشهای شیمیایی نیز برای تأخیر در پیدایش بهمن وجود دارند. در منطقه آغازین، که برف به وسیله چوبهای اسکی یا چکمه می تواند متراکم و فشرده شود، به کاربردن ساختارهای دفاعی معمول ترین تصدیق مورد پذیرش در رابطه با بهمن در جهان محسوب می گردد (راسلی، ۱۹۷۴). این ساختار یا به نگاهداری برف در کوه منجر می شود، یا اگر بهمن به وقوع بپیوندد، حرکت برف را بروی شیبهای پایینی دورتر از تجمع انسانی و اقدامات آن منحرف می کند. مهمترین موارد ساختارهای حفاظتی و دفاعی مربوط اند که می توانند به قرار زیر طبقه بندی گردند:

(۱) نرده های برف در بالای منطقه آغازین،

(۲) ساختارهای حمایتی در منطقه آغازین،

۳) ساختارهای تأخیری و انحرافی در مسیر جاده‌ها و منطقه خارج از آن،

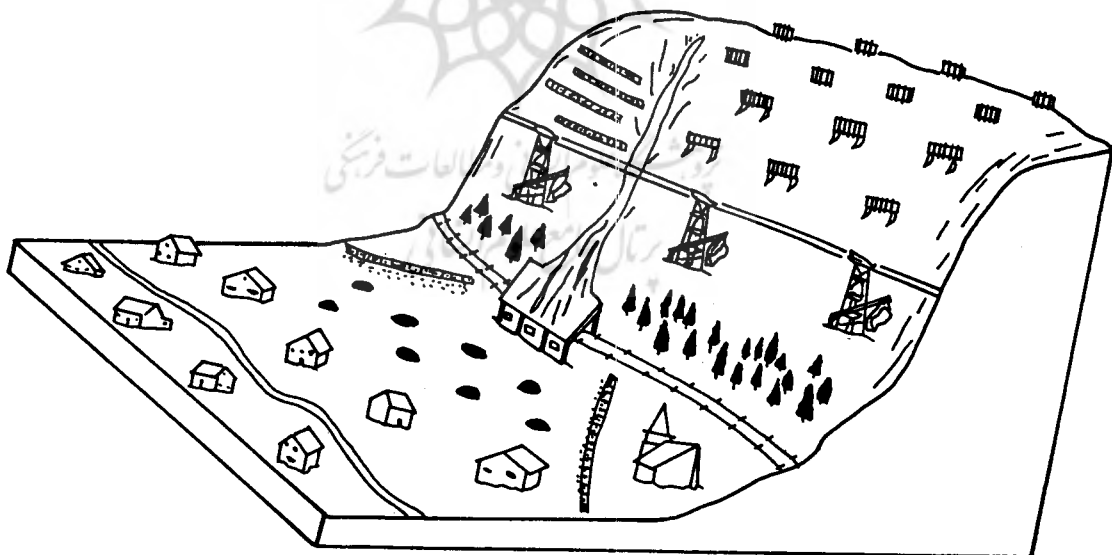
۴) ساختارهای سیستم حمایتی از جاده‌ها و منطقه اطراف.

در بالای منطقه آغازین، نرده‌های برف برای حبس کردن و نگاهداشتن برف که به نوبه خود بر روی شیب بهمن قرار دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۲). در سطوح برآمده شیبهای ملایم، حجم‌های قابل ملاحظه برف می‌توانند با این روش از هم جدا شوند یا در مقابل نگاهداشته شوند. صاف کردن یا متوقف ساختن برف در منطقه آغازین می‌تواند برای ایجاد حمایت خارجی برای منطقه برفی مورد استفاده قرار گیرد، بنابراین این فشارهای داخلی کاهش می‌یابند. این موارد ممکن است، بهمن‌های کوچک را پیش از اینکه به اندازه کافی به کسب قدرت تمایل پیدا کند و به تخریب دست یابند، از کار بیاندازند. یک چنین روشهایی حداقل در سالهای آغازین قرن نوزدهم در اروپا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ولی هم اکنون از چوب، فولاد، آلومینوم و بتون‌های پیش ساخته تهیه می‌شوند.

در مسیر بهمن و منطقه خارج از آن، مسیرهای انحرافی مختلف و تدابیر تأخیری را می‌توان به مورد اجرا قرار داد. دیوارهای بزرگ، ساخته شده از گل، سنگ یا بتون می‌توانند برای جلوگیری از حرکت برف از یک مسیر مورد انتخاب مورد استفاده قرار گیرند. البته وسعت آنها برای انحراف محدود است، بهر حال خمیدگی‌های بیش از ۲۰-۱۵ درجه از منشاء مسیر بهمن رانده می‌شوند، بنابراین در اغلب موارد موفقیت‌آمیز تلقی می‌گردند. بعلاوه گوه‌ها (Wedges) در قسمتهای توأم با شیب می‌توانند برای آرام ساختن و دو قسمت کردن یک بهمن مورد استفاده قرار گیرند و سپس به قسمتهایی در اطراف تجهیزات و تاسیسات آسیب‌پذیر تقسیم گردند، به عبارت دیگر خطوط نیروی ساختمانهای منفرد. در قسمتهای پایین دست دیگر اقدامات از جمله احداث خاکریزها یا تپه‌های کوچک یا سدهای کوچک می‌توانند به عنوان کاهش دهنده زاویه شیب و کاهش انرژی بهمن مورد استفاده قرار گیرند.

معمولاً تپه‌های کوچک یا خاکریزها در شیبهای کمتر از ۲۰ درجه موثر واقع خواهند شد. تمام این اقدامات در رابطه با بهمن‌های مربوط با برف مرطوب می‌تواند بهترین اثر را داشته باشد و ممکن است در رابطه با برفهایی که به صورت پودر درآمده‌اند کمترین تاثیر را داشته باشند.

کامل‌ترین حمایت در برابر تمام انواع بهمن با احداث ساختمانهایی که حفاظت مستقیم را ارائه می‌دهند، از جمله گالریها و کانالها و پناهگاه‌هایی در برابر بهمن، یعنی قسمتهای سرپوشیده و چتری توام با بام در بالای جاده‌ها یا خطوط آهن عمل می‌کنند و بهمن از روی آنها بدون هیچ‌گونه تهدید و خطر به حرکت درمی‌آید. احداث این ساختمانها اغلب گران تمام می‌شود و باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند حداکثر وزن برف را در بام تحمل کنند.



شکل ۲. این نمودار یک بلوک ایده آل را با روشهای مختلفی که برای تغییر فیزیکی بهمن مورد استفاده قرار می‌گیرند نشان می‌دهد. هدف اصلی حفظ تأسیسات و تجهیزات آسیب‌پذیر است. (Smith K. Environmental Hazards, 1992)

احداث جنگل بر روی شیبها نیز می تواند به عنوان اقدامات دراز مدت برای کنترل بهمن محسوب گردد. البته مشکل اساسی این است که در پهنه بهمن، نهالکاری و درختکاری و رشد آنها با مشکل مواجه می شود. در این شیبها، فرسایش اغلب باعث شده که ضخامت کمی از خاک وجود داشته باشد. می توان نسبت به حاصلخیزی خاکهای موجود در این شیبها اقدام نمود. معمولاً بایستی سالهای زیادی طی شود تا درختان پس از رشد کوتاه، نیروی قابل ملاحظه ای را در برابر بهمن پیدا کنند. در طی این سالها باید برف را در قسمت های بالای نهالکاری به گونه ای متوقف سازند (Smith K. Principles of Applied Climatology Me Grow - Hill , 1975)

بنابراین خطرهای بهمن هنگامی ایجاد می شوند که موارد زیر اتفاق افتند:

- ریزش های برف بسیار مهم هستند (بیش از ۳۰۰ mm)،
- افزایش شدید دما صورت می گیرد،
- بارانهای شدید دامنه برفی را اشباع می کنند،
- چسبندگی برف از بین می رود (دکتر شهریار خالدي، آب و هوا و محیط زیست، نشر قدس،

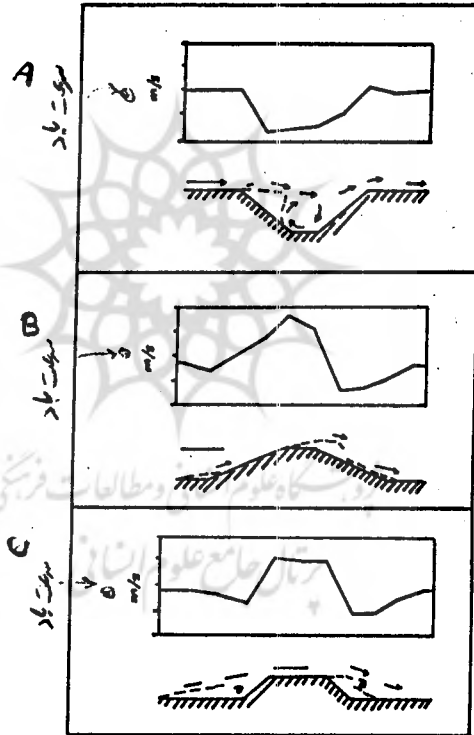
(۱۳۷۲)

بادهای شدید نیز موجب ریزش برف از دامنه ها به سوی دره ها می شوند و حرکت هلیکوپترها در ارتفاع پایین نیز این عمل را تسریع می کند.

اگر تدارکات و اقدامات ناچیز باشند، بارش یک مقدار کم برف در شهر، موجب خرابی و ویرانی زیاد می شود و ضررهای هنگفتی را به بار می آورد: توقف ماشینها و شاهراهها، تصادفات، یا توقف کار و فعالیتهای صنعتی و غیره.<sup>(۹)</sup>

استفاده از نمک یا دیگر مواد شیمیایی از انبارش نمک و برف جلوگیری می کنند و ریختن شن به کشش ماشینها بر روی یخ و برف کمک می نماید. به کار بردن نمک بدون شک منجر به بهبود شرایط حمل و نقل جاده ها در زمستان شده است و در بسیاری از شهرهای دنیا مبادرت به استفاده از آن می کنند. ولی مسایل عمده ای از

جمله فرسایش ماشینها، خیابانها و آلودگی محلی به بار می آید<sup>(۱۰)</sup>. این بدان علت است که در شهرهایی که جاده‌ها بخوبی زیرسازی نشده‌اند، آرام کننده حرکت بهمن منطقه خروج بهمن پناهگاه بهمن جاده گالی بهمن منطقه شروع منطقه انبارش دیوارها نرده‌ها موانع پایدار گوه جنگلکاری حفاظت مستقیم مانع انحرافی



شکل ۳- رابطه بین سرعت باد و انبارش برف در فراگر و موانع مختلف

(A) با شیب تند

(B) با مانع بلند

(C) با مانع کوتاه

شکافها و گودالهایی ایجاد می‌گردند: نمک به دلیل قابلیت انحلالی که دارد در لابلای درزها و شکافهای آسفالت قرار گرفته و سپس متبلور می‌گردد.

قدرت تخریب متبلور شدن نمک به گونه‌ای است که بتدریج چاله‌های بزرگی در خیابانها و جاده‌ها به وجود می‌آید. بنابراین استفاده از لاستیکهای یخ شکن و مجهز شدن به زنجیر چرخ بهتر از پاشیدن نمک در جاده‌های نامناسب است.

شکل ۳، الگوی جریان هوا و ناحیه گردباد در پشت مانع عمودی با ارتفاع ۱/۲ متر با تراکم ۵۰٪ را نشان می‌دهد (مانع قابل نفوذ). همان‌گونه که در این شکل اشاره شده، ناحیه گردباد از هر حیث انباشت برف و شکل بعدی توده‌های برف که در بالای ناحیه گردباد ایجاد می‌شود، موثر است.

در بریتانیا نیز در اغلب موارد از نرده‌های مجهز به تورهای سیمی بویژه در جهت باد در فاصله تقریباً ۵ (برابر ارتفاع نرده از جاده استفاده می‌کنند) (Smith I. Principales of Applied Climatology Mc Grow - Hill , 1975). یکی از ویژگیهای حجم زیادی از برف بر جاده می‌ریزد و مسایل عدیده‌ای ببار می‌آورد (Oliver J.E , Climatology , An Introduction , merril Publishing Company , 1984).

احداث برف در حقیقت از انباشته شدن برف بویژه در نواحی حساس از جمله جاده‌ها جلوگیری می‌کنند. نرده‌های سنگفرشی را در بالادست و با فاصله‌ای از جاده احداث می‌کنند. چون هوای توفانی از جمله بوران برف با یک مانع برخورد می‌کند، سرعت آن در برابر یک نوار حفاظتی کاهش می‌یابد. این کاهش سرعت از قابلیت حمل برف توسط باد می‌کاهد و برف در قسمت پایین باد نرده انباشته می‌شوند (Henderson A. Contemporarg Climatology , Longman , 1987).

از سوی دیگر ایجاد پوشش درختی در دامنه تپه‌ها و کوههای مشرف به جاده تا حدودی قادر به جلوگیری از حرکت بهمن می‌تواند باشد.

با توجه به خسارات جانی و مالی که در مناطق برف خیز کشورمان بویژه در

اواخر فصل زمستان وارد می‌شود، جا دارد که در خصوص جلوگیری از تخریب بهمن به احداث نرده‌های برفگیر و دیگر اقدامات مقتضی مبادرت نموده و انجام طرحهای پژوهشی در زمینه جلوگیری از ضررهای بهمن ضروری بنظر می‌رسد. در غیر اینصورت، نزولات برف کوهها، نواحی روستایی و شهری که از اهمیت زیادی در منابع طبیعی و کشاورزی برخوردارند، به مانند سیل که می‌توان آن را مهار کرد، به عنوان بلایا و خطرهای طبیعی مطرح خواهند شد.

۹۰ درصد ایران در فلات ایران قرار دارد و بیش از نیمی از آن را کوهها و ارتفاعات در بر گرفته است. طبق شواهد تاریخیچه اولین اندازه‌گیری‌های برف به سال‌های ۱۳۳۶، ۱۳۳۷ می‌رسد. یعنی قدمت مطالعه برف در ایران بسیار کم است. بهر حال تا به امروز حدود ۲۰۰ ایستگاه برف سنجی از طرف سازمان‌های مختلف گزارش شده است. اندازه‌گیری برف از طریق عملیات برف سنجی و عکس‌های ماهواره‌ای میسر است (رشتی زاله، معرفی شبکه ایستگاههای برف سنجی کشور، ۱۳۷۳).

### سقوط بهمن در جاده هراز

پیش بینی اطلاعات و آمار مورد نظر از بهمن می‌تواند از وقوع فاجعه‌های دلخراش و مالی جلوگیری به عمل آورد. در نروژ و کانادا به ترتیب ۱۳۵ و ۸۰ سال آمار در مورد بهمن وجود دارد. متأسفانه در زمینه پیش بینی بهمن در ایران اقدام قابل توجهی صورت نگرفته است.

جاده هراز از سمت خاور کوه دماوند می‌گذرد و در قسمت‌های مرتفع این راه می‌توان شاهد وقوع بهمن بود. پدیده فون در این مسیر و یا بسیاری از نواحی کوهستانی ایران اغلب به وجود می‌آید و نزول هوای گرم را در طرف دیگر یک کوه که کمک زیاد به ذوب برف می‌کند می‌توان شاهد بود.

در سال ۱۳۶۴، ۱۴ مورد بهمن در این جاده اتفاق افتاد. در زمستان کاهش دما به

زیر صفر می‌رسد و بارش به صورت برف دیده بانی می‌شود. وزش باد شدید و کولاک و جابه‌جایی برف وقوع بهمن را تشدید کرد. ماه بهمن نیز بیشترین فراوانی را مشخص می‌کند. در حالی که ماههای اسفند، دی و آذر بعد از بهمن به ترتیب با ریزش برف کمتری همراه است.

در طی سال‌های ۶۸-۱۳۶۴، ۳۷ مورد بهمن در این جاده گزارش شد. به طور کلی اوضاع سینوپتیکی که در آن شرایط وقوع بهمن هموارتر می‌شود به قرار زیر است:

۱. به علت عبور قطاع گرم جبهه بیشتر از دیگر سیستم‌ها است. در این هنگام فشار هوا شروع به کاهش می‌کند (قبل از وقوع بهمن). این در حالی است که پس از وقوع بهمن فشار هوا روبه افزایش می‌رود.
۲. عبور جبهه گرم با بارندگی، باد و افزایش دما همراه است. بنابراین شرایط وقوع بهمن روبه افزایش خواهد رفت.
۳. باد شدید یکی از عوامل مهم در کولاک برف و سقوط بهمن است.
۴. سنگینی برف. برف تازه بر سنگینی برف کهنه می‌افزاید و در نتیجه لایه‌های برف زیرین شکسته شده و خطر سقوط بهمن افزایش می‌یابد. البته گاه اغلب بارندگی با کولاک برف و در نتیجه بهمن همراه می‌شود. به همین دلیل ۷۶ درصد بهمن‌ها در سرعت باد بیش از ۱۰ گره اتفاق می‌افتد (فخاری، حسین، شرایط جوی سقوط بهمن در راه هراز، ۱۳۷۳)

مجموع	عبور قطاع گرم	کولاک	جبهه گرم	افزایش ارتفاع برف	ذکر نشده
۳۷	۱۶	۱۳	۳	۳	۲

موارد مربوط به وقوع بهمن از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۶۸ در جاده هراز



### نتیجه:

توجه به برف و فواید مسائل آن در برنامه ریزی ناحیه‌ای از اهمیت زیادی برخوردار است و با توجه به بارش زیاد برف بویژه در کوهستان‌های کشورمان می‌توان به حل مشکلات کم آبی دشت‌های خشک جنوب البرز و شرق زاگرس اقدام نمود. استقرار برف و یخبندان در عین حال می‌تواند در جاده‌ها و شهرها ایجاد مشکلات زیادی نماید که تدارکات قابل توجهی در این امر مورد نیاز است. برنامه ریزی در نواحی بهمن خیز و بویژه در کشورمان می‌تواند از خطرهای بهمن در جاده‌ها و مراکز انسانی و گردشگری بکاهد. بنابراین از تجارت مطالعه رفتار برف و بهمن از اهمیت خاصی برخوردار است.

اصولاً به کارگیری مدل‌های ذوب برف مستلزم اندازه‌گیری از عناصر هیدروکلیمایی موثر در ذوب برف است. در ضمن شناخت توزیع مکانی و زمانی ریزش‌های جامد از حمله شرایط آغازین به کارگیری این مدل‌ها به شمار می‌رود. استفاده از فناوری نوین از قبیل ایستگاههای ماهواره‌ای و به کاربردن عکس‌های ماهواره‌ای ضروری به نظر می‌رسد

آمار به هنگام مربوط به شبکه برف سنجی از جمله دبی - باران و رسوب در اختیار متقاضیان و پژوهشگران قرار گیرد تا بهتر بتوان از مدل‌های کامپیوتری برای پیش بینی رواناب‌های ناشی از ذوب برف در حوضه‌ها استفاده نمود.

به کارگیری فناوری سنجش از دور در بسیاری از کشورها توانسته نیاز آبشناسان، برنامه ریزان منابع آب به داده‌های برف و یخ و مدل‌های پیش بینی متکی به تلفیق داده‌های سنجش از دور و آمارهای هواشناسی به یک کار بنیادین تبدیل گردد.

### منابع:

- ۱- خالدی شهریار: ۱۳۷۷، آب و هوا و شهر، انتشارات طبیعی، تهران
- ۲- خالدی شهریار: ۱۳۷۲، آب و هوا و محیط زیست، نشر قومس، تهران

- ۳- خالدی شهریار: ۱۳۸۰، حمل و نقل، بلایای آب و هوایی و آلودگی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی
- ۴- رجایی عبدالحمید: ۱۳۵۸، آب و هواشناسی، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز
- ۵- رشتچی ژاله: ۱۳۷۳، معرفی شبکه ایستگاههای برف سنجی کشور، مجموعه مقالات سمینار هیدرولوژی برف و یخ، ارومیه.
- ۶- فخاری حسین: ۱۳۷۳، شرایط جوی سقوط بهمن در راه هراز، مجموعه مقالات سمینار هیدرولوژی برف و یخ، ارومیه.
- ۷- فشارگی پریدخت: ۱۳۷۵، جغرافیای اقلیمی، اصول و مبانی اقلیم‌شناسی، انتشارات کلمه، تهران
- ۸- منجمی محمد. ۱۳۵۴، هواشناسی انتشارات دهخدا، تهران
- ۹- موحد دانش علی اصغر، ۱۳۶۷، مقدمه‌ای بر هیدرولوژی، سمت.
- 10- George p: 1974 , Dictionnaire de la Geographic , P.U.F
- 11- Griffiths J.F. 1976 , Applied Climatology , Oxford University press
- 12- Henderson A: 1987 , Contemporary Climatology longman
- 13- Lawrence Dingman s: 1994 , Physical Hydrology University New Hampshire.
- 14- Mather J.R. , : 1974 , Climatology , Fundamentals and Applications , Mc. Graw - Hill.
- 15- Oliver J.E.: 1954 , Climatology , An Introduction. Merrill Publishing Company , 1.
- 16- Smith k. : 1992 , Environmental Hazards , Assessing Risk & Reducing Disaster , Routledge.
- 17- Smith k.:1975 Principles of Applied Climatology, Mc Graw- Hill.