مجله علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال پنجم- شماره ۱۶- پاییز ۱۳۹۰ Vol. 5, No. 16, Fall 2011

امکان پیش‌بینی احتمال وقوع بهمن با استفاده از روش نزدیکترین همسایه در محیط نرم‌افزار GIS (مطالعه موردی: محورهای بهمن‌خیز استان تهران)

مهدی سلیمانی مطلق[1]، علی طالبی[2] و محمد اکرامی[3]

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۹/۰۱

چکیده

وقوع بهمن یکی از بلایای طبیعی است که هر ساله موجب تلفات جانی و مالی در بیشتر مناطق کوهستانی و صعب‌العبور جهان می‌شود. پدیده ریزش بهمن در ایران نیز به‌ویژه به ساکنان مناطق کوهستانی و مسافران عبوری جاده‌های بهمن‌خیز (محورهای دیزین-گاجره، حاجی‌آباد- دیزین، ابتدای کرج-چالوس، کرج-چالوس میانی، هراز و امامزاده داوود) استان تهران، باعث خسارات جبران‌ناپذیر می‌شود. عدم آگاهی از زمان وقوع بهمن تشدیدکننده خسارات است. از این‌رو پیش‌بینی احتمال وقوع بهمن در محورهای ارتباطی کمک زیادی در کاهش خسارات جانی و مالی مسافران عبوری و ساکنان واقع در محدوده‌های بهمن‌خیز می‌نماید. برای بررسی احتمال وقوع بهمن در این منطقه از روش نزدیکترین همسایه[4] بهره گرفته شد. این روش با استفاده از اطلاعات بهمن و داده‌های روزانه برف ۲۲ ایستگاه برف‌سنجی به مدت ۱۰ سال (از ۷۸-۷۷ تا ۸۸-۸۷) برای پیش‌بینی احتمال وقوع بهمن انجام گرفت. در این روش روزهای برفی مشابهی که بهمن‌های قبلی را ایجاد کرده‌اند، با استفاده از نرم‌افزار Arc/GIS تعیین شد. سپس با پهنه‌بندی برف ماه‌های مختلف در سال مورد پیش‌بینی به روش کریجینگ، دامنه تغییرات برف‌های بهمن‌زا استخراج شد. پس از آن اقدام به تعیین سطح هشدار، نسبت همسایه مثبت و احتمال وقوع بهمن در هر محور ارتباطی گردید؛ زمانی که نسبت همسایه‌های مثبت بیشتر از سطح هشدار گردد، بهمن اتفاق خواهد داد. نتایج نشان داد که در اکثر محورهای ارتباطی، پدیده بهمن در ماه‌های برفی رخ داده و احتمال سقوط آن در کلیه مسیرهای بهمن‌خیز در اسفندماه بیشتر از سایر ماه‌ها است. بطوری‌که نسبت همسایه مثبت و سطح هشدار در اسفندماه برای مسیرهای دیزین -گاجره ۰/۷۷ و ۰/۴۲، حاجی آباد- دیزین ۰/۴۲ و ۰/۳۳، ابتدای کرج-چالوس ۰/۱۵ و ۰/۱، کرج-چالوس میانی ۰/۴۴ و ۰/۲۷، هراز ۰/۱۶ و ۰/۱۱ و امامزاده داوود ۰/۳۹ و ۰/۲۲ بوده که در مقایسه با سایر ماهها، مقادیر پارامترهای مذکور و در کل احتمال وقوع بهمن بیشتر است. دلیل اصلی بروز این پدیده ارتفاع کافی برف و افزایش دما می‌باشد. در نهایت احتمال سقوط بهمن در محور دیزین - گاجره و محور کرج- چالوس به ترتیب با داشتن نسبت همسایه های مثبت ۰/۷۷ و ۰/۴۴ بالاتر از سایر محورها پیش بینی گردید. دلیل این مسأله را می‌توان به شرایط توپوگرافی مناسب (شیب کافی، دامنه رو به آفتاب)، وجود گیلویی و صخره و از همه مهمتر شرایط مساعد اقلیمی (ارتفاع زیاد برف، باد برف و دما) نسبت داد.

واژه‌های کلیدی: بهمن، احتمال وقوع، سطح هشدار، نزدیک‌ترین همسایه، استان تهران

مقدمه

بهمن زمانی اتفاق می افتد که برف انباشته شده به‌صورت توده‌ای و تحت تأثیر نیروی ثقل به سمت پایین دامنه حرکت کند. این پدیده موجب تخریب راه‌آهن، پل‌ها، ساختمان‌ها و از همه مهمتر باعث تلفات جانی می‌شود. وقوع بهمن در ایران و به وفور در رشته کوه‌های مرکزی البرز دارای بیشترین تکرار حادثه می باشند و جاده‌هایی مانند چالوس، محور شمشک به دیزین و جاده هراز هر ساله شاهد وقوع این پدیده خطرناک است [۱]. بنابراین لازم به نظر می‌رسد برای پیشگیری از خطرسقوط بهمن و جلوگیری از خسارات جانی و مالی در این جاده ها و سایر محورهای بهمن‌خیز، پیش‌بینی احتمال وقوع بهمن صورت گیرد. این موضوع می‌تواند نقش مهمی در افزایش آگاهی‌های مردم و اطلاع از وضعیت مکانی و زمانی محدوده های بهمن خیز داشته باشد [۱۰]. به منظور پیش بینی احتمال وقوع بهمن در جاده‌های استان تهران از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه با استفاده از اطلاعات بهمن و داده‌های روزانه آب و هواشناسی در سال‌های قبل، روزهای بهمنی را پیش‌بینی

۱- نویسنده‌ی مسئول و دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد. mahdimotlagh@gmail.com
۲- استادیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد. talebisf@yazduni.ac.ir
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد.

4- Nearest Neighbor

Archive of SID
www.SID.ir

می‌کند [٤]. عمق برف از اساسی ترین داده‌هایی است که به مدل نزدیکترین همسایه بایستی داده شود تا پیش بینی بهمن صورت گیرد. در مکان های مختلف عمق برف قابل تغییر بوده و با تعداد کم نقاط برف‌سنجی نمی‌توان برآورد دقیقی از میانگین عمق برف منطقه داشت لذا با پهنه بندی عمق برف ایستگاه‌های موجود و با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ می‌توان عمق برف را در نقاطی که فاقد آمار مشاهده‌ای هستند، برآورد نمود [۳]. پژوهش‌هایزیادی در راستای پهنه‌بندی برف و پیش بینی احتمال وقوع بهمن صورت گرفته است از جمله می توان به مطالعات زیر اشاره نمود: شریفی و همکاران [۱۳] در حوزه آبخیز صمصامی، برتری روش کریجینگ معمولی را نسبت به روش همبستگی خطی در نشان دادن تغییرات تدریجی عمق برف جهت تهیه نقشه‌های مکانی، نتیجه گرفته‌اند. نتایج پژوهش‌های وفاخواه و همکاران [۱۵] در منطقه طالقان حاکی از آن است که روش زمین آمار با تحلیل واریوگرام به روش کریجینگ در برآورد چگالی و عمق برف مناسب می‌باشد. گاسنر و برابس [٦] از دو مدل NXD۲۰۰۰ (مدل پیش‌بینی بهمن در مقیاس محلی) و NXD-REG (مدل پیش‌بینی بهمن در مقیاس منطقه ای)، برای پیش‌بینی وقوع بهمن‌های محلی و منطقه‌ای در کشور سویس استفاده کردند. این دو مدل برمبنای مدل نزدیک‌ترین همسایه قادر به برآورد احتمال وقوع و تعیین ریسک خطر بهمن هستند و توانایی تولید نقشه‌های پهنه‌بندی خطر را دارند. سینگ و همکاران [١٤] از مدل نزدیک‌ترین همسایه برای پیش‌بینی وضعیت آب و هوایی در یک ایستگاه در شمال هند در روزهای برفی و غیربرفی استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که پیش‌بینی روزانه ریزش برف دارای دقت بالایی است. همچنین با بررسی روزهای بهمنی و غیربهمنی با استفاده از اطلاعات آب وهوایی

شکل ۱- نقشه موقعیت ایستگاه‌های برف‌سنجی و محدوده‌های بهمن‌خیز استان تهران

و با به‌کارگیری طبقه‌بندی شاخه درختی در نروژ غربی مشخص گردید که کلیه انواع بهمن ها در ۱۵٪ از کل روزهای برفی رخ داده و همچنین به‌ترتیب ۱۸٪ و ۱۳٪ از کل روزهای برفی، انواع بهمن‌های خشک و مرطوب بوقوع پیوسته است. در این مطالعه دما به‌عنوان مهمترین عامل طبقه‌بندی روزهای بهمنی و غیربهمنی محسوب شد [۹]. شرمر و همکاران [۱۱] پیش بینی آماری خطر بهمن را با استفاده از داده‌های آماری پوشش برف شبیه سازی نمودند، دراین شبیه سازی روش‌های مختلفی از قبیل الگوریتم شاخه درختی، مدل شبکه عصبی‌مصنوعی، مدل زنجیره مارکوف و روش نزدیکترین همسایه برای تعیین خطر بهمن مورد آزمون واقع شد. با بررسی نتایج مشخص شد که، روش نزدیک‌ترین همسایه با دقت ۷۳ درصد، به‌عنوان بهترین روش انتخاب گردید. در پژوهشی که توسط کردی و همکاران [۵] انجام گرفت، مدل نزدیک‌ترین همسایه را در دو بزرگراه سرپوشیده در بریتانیا، کلمبیا و کانلی مورد استفاده قرار دادند و احتمال وقوع بهمن‌هایی که در ۱۲ ساعت اتفاق می‌افتند را پیش‌بینی کردند. با توجه به بررسی منابع موجود، دیده می‌شود که روش نزدیکترین همسایه توانسته است به خوبی وقوع بهمن را پیش بینی کند. لذا در این پژوهش نیز سعی بر آن است تا سطح هشدار و پیش بینی احتمال رخداد بهمن در محورهای بهمن خیز استان تهران بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

برای این مطالعه از آمار ۲۲ ایستگاه برف‌سنجی در استان تهران که از سازمان منابع آب ایران گرفته شده است، اطلاعات مربوط به ارتفاع برف در مدت ۱۲ سال از ۱۳۷٦تا ۱۳۸۷ استخراج گردید. با در نظر گرفتن محدوده‌های ریزش بهمن که توسط اداره راهداری کشور شناسایی شده‌اند، تعداد بهمن‌های اتفاق افتاده در هر یک از این محورها نیز در طی مدت ذکر شده استخراج شد. موقعیت هر یک از ایستگاه‌ها و محورهای مواصلاتی در معرض ریزش بهمن در شکل (۱) آمده است. محدوده‌های بهمن‌خیز در مناطق کوهستانی و در رشته کوه مرکزی البرز واقع شده‌اند. در این مناطق ریزش جوی بیشتر به‌صورت برف بوده و مقدار آن قابل ملاحظه است.

روش مورد استفاده در این پژوهش الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه است این روش برای اولین بار توسط بوسر [٤] در سال ۱۹۸۳ ابداع شد که، با استفاده از اطلاعات بهمن و داده‌های روزانه آب و هواشناسی در سال‌های قبل، روزهای بهمنی را پیش‌بینی می‌کند. در این روش ابتدا روی داده‌های برف نرمال‌سازی انجام شد که رابطه آن به صورت زیر می‌باشد [۷] :

$$X_N = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \qquad (۱)$$

که X_N: داده نرمال شده X_{min} و X_{max}: مقادیر بالا و پایین داده های هرعامل و X : داده مورد نظر. سپس برای تعیین سطح هشدار و پیش‌بینی احتمال وقوع روزهای بهمنی در ماه‌های برفی می‌بایست از داده‌های تاریخی برف‌هایی که در زمان‌های قبل بهمن ایجاد

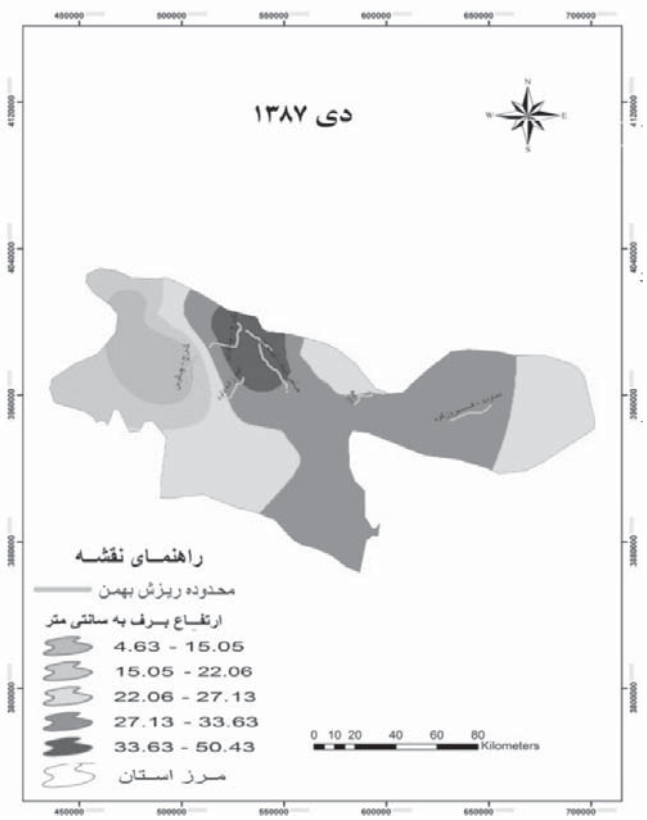
Archive of SID
www.SID.ir

کرده‌اند، استفاده نمود. برای هر محور ارتباطی، داده‌های بارش قبل مشابه با داده‌های برف در سال آبی که قرار است پیش‌بینی احتمال بهمن صورت گیرد، استخراج می‌شوند. برای این کار نیاز است که با محاسبه مقدار فاصله، نزدیک‌ترین ایستگاه‌های برف‌سنجی به هر محور(جاده) استخراج شود؛ این کار در نرم افزار Arc/GIS انجام می‌شود. آنگاه تعداد کل روزهای نزدیک[1] و ارتفاع برف مربوط به هر یک از آن روزها در تمام ایستگاه‌های مجاور به محورهای ارتباطی که از قبل توسط الگوی نزدیکترین همسایه در نرم افزار Arc/GIS تعیین شده‌اند، ردیف می‌شوند. در مرحله بعد دامنه‌ای از اعداد در نظر گرفته می‌شود بطوری‌که ارتفاع برف در روزهای ثبت شده سال آبی مورد پیش بینی در بین آن دامنه قرار گیرد. به‌همین منظور برای تسهیل و تدقیق تعیین این دامنه اعداد و همچنین تعیین ارتفاع برف در محدوده ریزش بهمن، روش میان‌یابی کریجینگ در نرم‌افزار Arc/GIS به‌کار گرفته می‌شود. در این روش با استفاده از اطلاعات ارتفاع برف هر یک از ایستگاه‌ها درتاریخ های ثبت شده‌ی سال آبی مورد پیش‌بینی، اقدام به پهنه‌بندی برف می‌گردد. دامنه تغییرات ارتفاع برف با استفاده از نقشه‌های پهنه‌بندی به‌دست آمده در هر یک از محدوده‌های ریزش بهمن (جاده) در ماه‌های مختلف استخراج می‌شوند. اکنون تعداد روزهای نزدیکی که ارتفاع برف آنها در دامنه تغییرات ارتفاع برف هر یک از محدوده‌های بهمن‌خیز قرار می‌گیرند، استخراج و نسبت آن به کل روزهای نزدیک تعیین می‌گردد. این نسبت نمایانگر وابستگی مثبت همسایه‌های نزدیک با وقوع بهمن هستند [۵]. میانگین نسبت محاسبه شده در کل تاریخ های پیش بینی به‌عنوان سطح هشدار (ضریب آستانه) در نظرگرفته می‌شود. احتمال وقوع بهمن نیز از تجزیه و تحلیل دو پارامتر نسبت همسایه‌های مثبت[2] (NN) و سطح هشدار بدست می آید و زمانی که نسبت همسایه های مثبت بیشتر از سطح هشدار گردد، برآورد می شود [۵].

نتایج و بحث

تعیین سطح هشدار و پیش‌بینی احتمال وقوع بهمن درهر یک از محورهای بهمن‌خیز استان تهران انجام گرفت. عامل‌های فوق با استفاده از ارتفاع برف های بهمن زا قبل از سال ۸۷-۸۸ و ارتفاع روزهای برفی همان سال محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بدین صورت که با شناسایی ایستگاه‌های نزدیک، ابتدا نقشه‌های پهنه بندی برف برای تعیین دامنه تغییرات ارتفاع برف محدودهای بهمن‌خیز استان تهران (محورهای دیزین -گاجره، حاجی آباد- دیزین، ابتدای کرج- چالوس، کرج- چالوس میانی، هراز و امامزاده داوود) تهیه شد (شکل های ۲ و ۳).

سپس عامل‌ها بر اساس روش کار تعیین شدند. نتایج مدل شامل محاسبه پارامترهای سطح هشدار (ضریب آستانه)، نسبت همسایه‌های مثبت در ماه‌های برفی دی، بهمن، اسفند و فروردین است



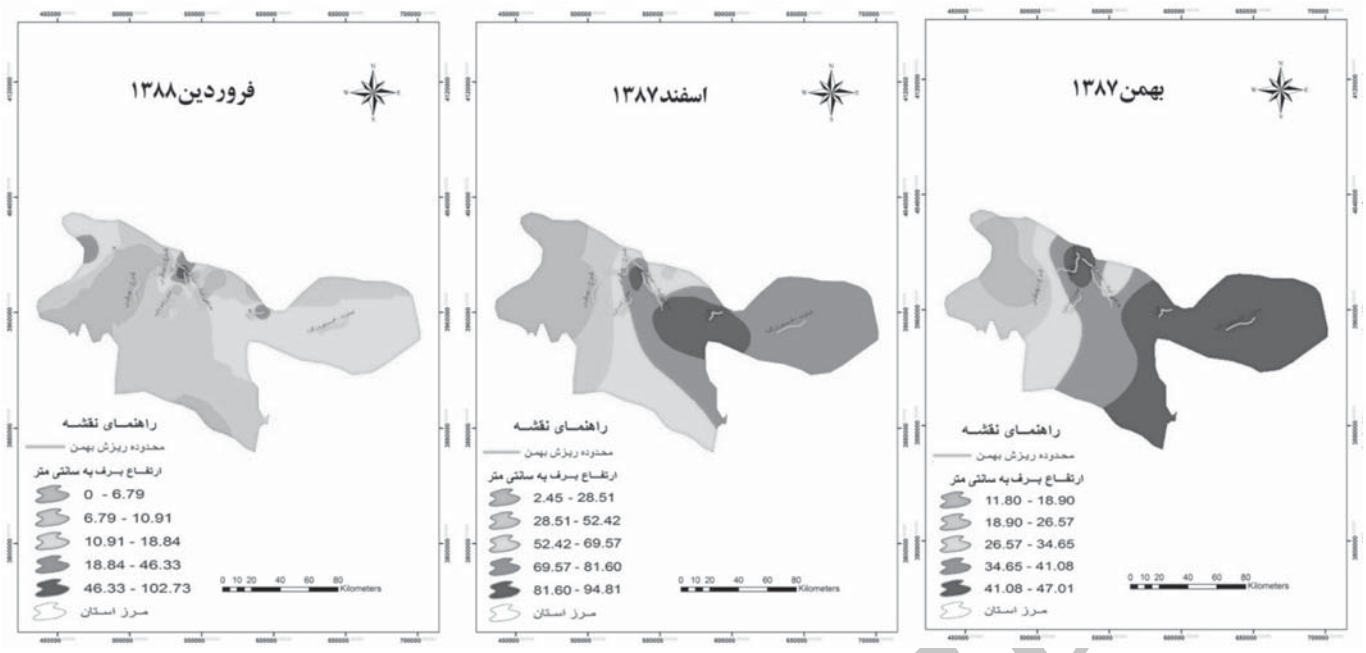
شکل۲- نقشه پهنه‌بندی برف در دی ماه ۸۷

(جدول ۱). طبق رابطه کردی و همکاران [۵] اگر، نسبت همسایه‌های مثبت بیشتر از سطح هشدار (ضریب آستانه) گردد، بهمن اتفاق خواهد افتاد و احتمال آن وجود خواهد داشت. همان‌طور که از جدول (۱) و شکل (٤) مشاهده می‌شود، در محور دیزین- گاجره بترتیب در ماه‌های اسفند و فروردین، نسبت همسایه‌های مثبت بیشتر از سطح هشدار است که در این صورت وقوع بهمن حتمی خواهد بود. همچنین در محور میانی کرج - چالوس احتمال بهمن در ماه‌های اسفند و دی با شرایط ذکر شده وجود دارد. این دو محور نسبت به محورهای دیگر در اولویت رخداد بهمن هستند. اما ابتدای محور کرج- چالوس از لحاظ وقوع بهمن نسبت به همه محورها در پایین‌ترین سطح اولویت قرار می‌گیرد.

دلایل زیادی می‌تواند عامل تفاوت مقادیر بدست آمده باشد از جمله می‌توان به موقعیت محورهای مورد پیش‌بینی بهمن از لحاظ صعب العبور بودن، برف‌گیر بودن منطقه، شرایط پستی وبلندی (شیب زیاد یا کم، جهت رو به آفتاب یا پشت به آفتاب، ارتفاع بالا یا پایین) و وجود یا عدم پوشش گیاهی اشاره نمود. بررسی این عوامل از طریق بازدیدهای صحرایی و مطالعات سنجش از دور نشان دهنده شرایط مساعد محیطی برای احتمال بالای وقوع بهمن در محور میانی کرج - چالوس و محور دیزین - گاجره است. بررسی کلی نتایج حاکی از آن است که احتمال وقوع بهمن در کلیه محورها در اسفند ماه بیشتر از سایر ماه‌ها است. دلیل این امر بخاطر دو علت است: یکی ارتفاع کافی برف می‌باشد؛ همانطور در شکل

۱ . تعداد کل روزهای برفی و تاریخی مربوط به ایستگاه‌های مجاور به هر محور
2-. Nearest Neighbour Ratio

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۳- نقشه پهنه‌بندی برف در بهمن ماه، اسفندماه ۱۳۸۷ و فروردین ماه ۱۳۸۸

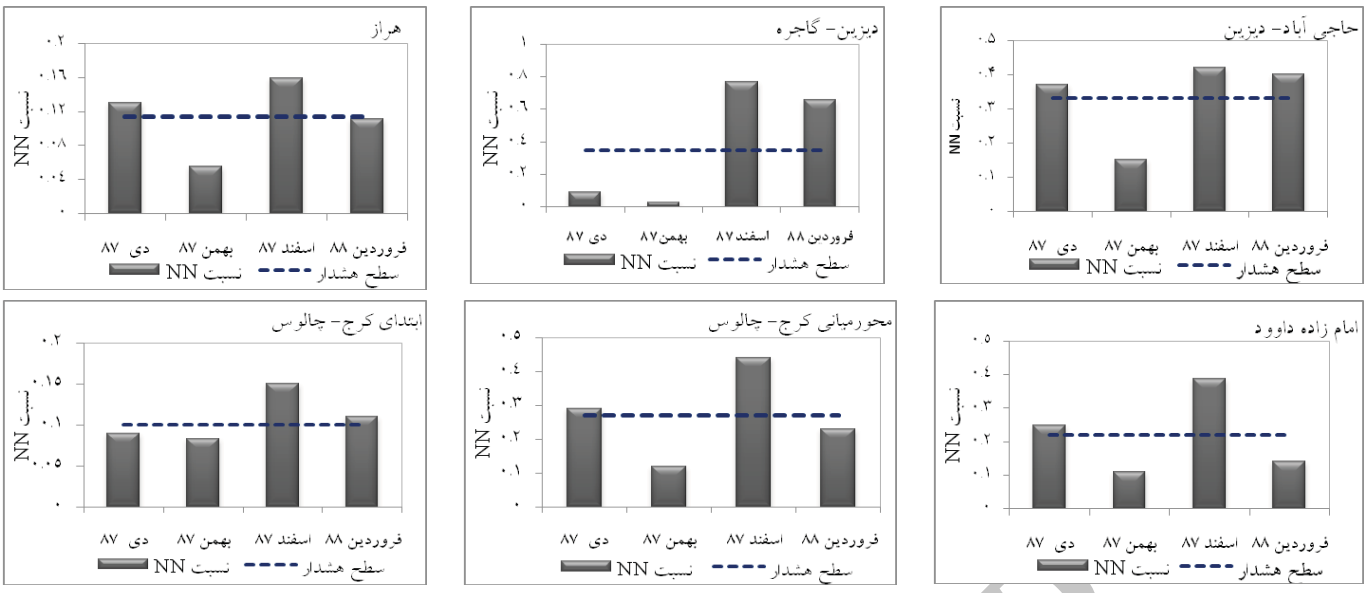
جدول۱- مقادیر عامل‌های مربوط به پیش‌بینی بهمن در ماه‌های برفی

محورهای مواصلاتی	پارامتر	فروردین	دی	بهمن	اسفند
حاجی آباد-دیزین	نسبت همسایه های مثبت	۰/٤	۰/۳۷	۰/۱۵	۰/٤۲
	سطح هشدار	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳
دیزین -گاجره	نسبت همسایه های مثبت	۰/٦٦	۰	۰	۰/۷۷
	سطح هشدار	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵
امام زاده داود	نسبت همسایه های مثبت	۰/۱٤	۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۳۹
	سطح هشدار	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲
هراز	نسبت همسایه های مثبت	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۱٦
	سطح هشدار	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱
کرج-چالوس (ابتدای محور)	نسبت همسایه های مثبت	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۵
	سطح هشدار	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
کرج-چالوس (محور میانی)	نسبت همسایه های مثبت	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۱۲	۰/٤٤
	سطح هشدار	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷

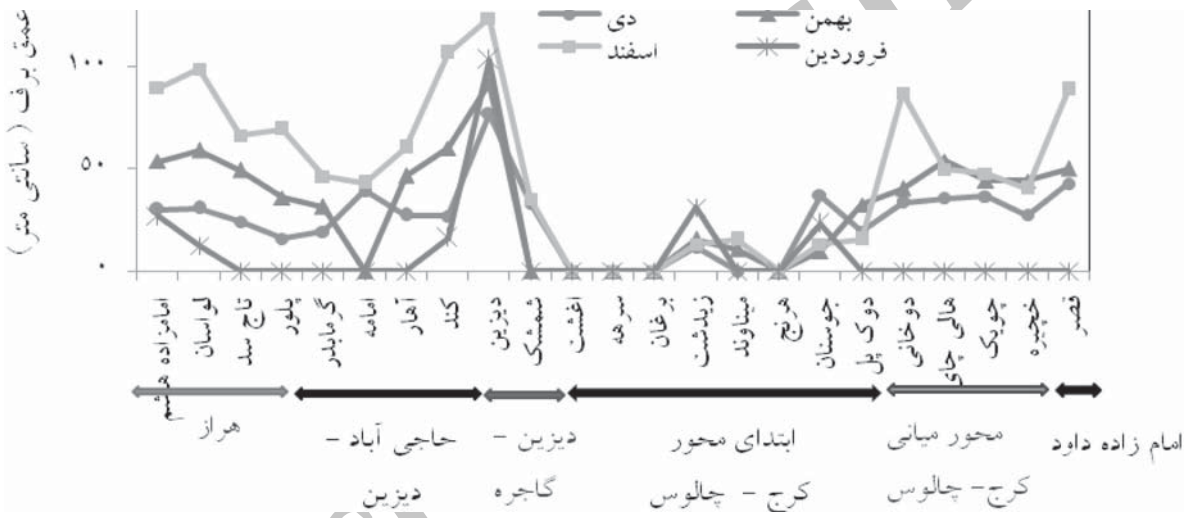
(۵) ملاحظه می‌شود؛ ارتفاع برف در اکثر ایستگاه های نزدیک به محورهای بهمن‌خیز در اسفندماه بیشتر از سایر ماه‌هاست که این خود در وقوع بهمن عامل مهمی محسوب می شود. عامل دوم تغییر در پایداری برف بعلت افزایش دمای هوا در اسفندماه است، زیرا رفته‌رفته با گرم شدن هوا در آخرین ماه زمستان عمل ذوب برف صورت گرفته و همواره شکستگی در لایه‌های برف انجام می شود که این خود نیز عامل تحریک کننده بهمن محسوب می‌گردد، خالدی [۸] نیز عامل دما را مهم‌ترین دلیل بر وجود بهمن در جاده هراز ذکر می‌نماید که این موضوع، خود استدلال فوق را تأیید می‌نماید.

برخی دیگر از پژوهشگران ابتدا انسان را با عمل اسکی روی برف عامل بهمن های خطرناکی می دانند [۱۲] و به طور عام عامل دما یا بارش باران قبل از برف به تولید بهمن کمک می‌نمایند [۲] که نتایج

Archive of SID
www.SID.ir



شکل٤- نمودار ستونی مقادیر پیش بینی بهمن در محورهای مختلف



شکل ٥- تغییرات ارتفاع برف در ایستگاه‌های برف سنجی مشرف به محورها

این بررسی‌ها نیز با مطالعه حاضر مطابقت دارد. در کل بایستی این نکته را یادآور شد که نتایج این پژوهش بر مبنای روش نزدیک‌ترین همسایه با عنایت به مطالعه شرمر و همکاران [۱۱] که دقت این روش را در تعیین سطح خطر بهمن ۷۳ درصد برآورد کرده است و همچنین مطالعه کردی و همکاران [٥] که روش نزدیک‌ترین همسایه را پایه و اساس مدل AFS [1] (سامانه پیش بینی بهمن) قرار داده، بدست آمده است. شایان ذکر است که دقت این روش در پیش بینی احتمال وقوع بهمن محورهای بهمن خیز استان تهران حدود ۷٥ درصد به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری

وقوع بهمن یکی از مهمترین مشکلاتی است که همواره در بیشتر مناطق کوهستانی و برف‌گیر استان تهران موجب خسارت جانی و مالی به ساکنان آن مناطق و مسافران عبوری جاده های کوهستانی می‌شود. به همین دلیل از روشی که توانایی پیش‌بینی احتمال بهمن را برای هشدار به ساکنان مناطق کوهستانی و مسافران عبوری محورهای بهمن‌خیز داشته باشد، استفاده می‌شود. نتایج کلی نشان داد که روش نزدیکترین همسایه روش مناسبی جهت تعیین سطح هشدار (ضریب آستانه) و پیش بینی احتمال وقوع بهمن در محورهای بهمن‌خیز استان تهران است. با بکارگیری روش ذکر شده احتمال وقوع بهمن در محور دیزین-گاجره و محور میانی کرج-چالوس نسبت به سایر محورها به دلایل موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی مساعد، بیشتر برآورد شد. همچنین احتمال بالای وقوع بهمن در اسفندماه در اکثر ایستگاه‌ها مدنظر می‌باشد که دلیل آن ارتفاع

1- Avalanche forecast system

www.SID.ir

کافی برف و تغییر در پایداری برف بعلت افزایش دمای هوا در اسفندماه است. در کل این موضوع به برنامه‌ریزی مدیران راهداری و منابع طبیعی در راستای کنترل بهمن و رهاسازی آن قبل از وقوع طبیعی آن کمک می‌نماید از طرفی دیگر به مسافرین عبوری مناطق بهمن‌خیز هشدار می دهد که در اسفندماه از مسافرت‌های غیر ضروری در محورهای بهمن‌خیز استان تهران به ویژه محور دیزین- گاجره و کرج- چالوس اجتناب کنند.

منابع

1- Ahmadi, H., Nasri, M. 2007. Investigation of avalanches condition in Sepestan watershed using GIS techniques, Journal of Natural resources of Iran. 60(1): 13-32.

2- Baggi, S. Schweizer, j. 2009. Characteristics of wet-snow avalanche activity: 20 year of observations from a high alpine valley (Dischma, Switzerland). Nat Hazards. 50:97-108

3- Balk, B. and Elder, K. 2000. Combining binary decision tree and geostatistical methods to estimate snow distribution in a amountain watershed, Water Resources Research. 36:13-26.

4- Buser, O. 1983. Avalanche forecasting with the method of nearest neighbours: an interactive approach. Cold Regions Science and Technology. 8 (2):155–163.

5- Cordy, P. McClung. D. M. Hawkins, C.J. and Weick, T. 2009. Computer assisted avalanche prediction using electronic weather sensor data. Cold Regions Science and Technology. 59: 227 - 233.

6- Gassner, M. and Brabes, B,. 2002. Nearest neighbor models for local and regional avalanche orecasting. Natural Hazards and Earth System Sciences. 2: 247- 253.

7- Joshi, J. C. Gunju. A. and Sharma. 2010. A new approach to avalanche prediction over Indian Western Himalaya. Current science. 98 (1,10).

8-Khaledi, Sh. 2002. Snow hydroclimatology and its application on regional planning with emphasis on avalanche (case: Haraz road). Journal of Humanities Faculty of Tehran university, 463-480.

9- Kronholm, K. Vikhamar – Schuler, D. Jaedicke, C. Isaksen, K.,Sorteberg. A. and Kristensen. K. 2006. Forecasting snow avalanche days meteorological data using classification trees; Grasdalen, western Norway. Proceedings, International Snow ScienceWorkshop, Telluride, Colorado.

10- McClung, D. M. 2002. The elements of applied avalanche forecasting, Part I: The human issues. Natural Hazards 26 (2) : 111–129.

11- Schirmer, M. Lehning, M.and Schirmer, J. 2009. Statistical forecasting of regional avalanche danger using simulated snow-cover data. Journal of Glaciology 55(193): 761-768.

12- Schweizer, J. Lutschg, M., 2001. Characteristics of human-triggered avalanches. Cold Reg. Sci. Technol. 33 (2–3): 147–162.

13-Sharifi, M.R., AkhoundAli, A., Parhemmet, J., Mohammadi, J. 2007. Evaluation of two methods of linear regression and kirijing for estimating the spatial distribution of snow depth in Samsami watershed. Journal of Watershed Management science & Engineering. 1(1), 24-38.

14- Singh, D. Ganju, A. and Singh, A. 2005. Weather prediction using nearest-neighbor model. Current science. 88: (8,25).

15- Vafakhah, M., Mohseni Saravi, M., Mahdavi, M., Alavipanah, S.K. 2008. Application of geostatistic on estimating the snow depth and density in Ourazan watershed. Journal of Watershed Management Science & Engineering. 2(4), 49-55.

Archive of SID

www.SID.ir