مجله علمی و فنی نیوار، شماره 82، 83- پائیز و زمستان 1392 (دو فصلنامه)

بررسی تغییرپذیری تعداد روزهای برفی وعمق برف در ایران، طی دوره آماری 2010-1981

حمید رضا طاهری[1]، فروزان ارکیان[2]

1- رئیس اداره هواشناسی آبعلی،تهران

2- استادیار، گروه هواشناسی، دانشکده علوم فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی

چکیده

در این مطالعه تغییرپذیری تعداد روزهای برفی با عمق برف ≥ 1 cm (بزرگتر و مساوی یک سانتی متر) در کشور، در دو دوره آماری سی ساله (1981-2010) و 15 ساله (1996-2010) مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مورد مطالعه شامل تعداد روزهای برفی، عمق برف، دمای میانگین، دمای بیشینه و دمای کمینه می‌باشد که از بانک اطلاعات سازمان هواشناسی کشور برای ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه استخراج شد. بررسی نقشه‌های تغییرپذیری مکانی پارامترها(که توسط نرم افزار GIS[1] رسم شده‌اند) برای ایستگاه‌هایی که سی سال آمار برف دارند نشان داد بیش‌ترین تعداد روزهای برفی و عمق برف متعلق به ایستگاه آبعلی با مقادیر به ترتیب 2457 روز و 80 سانتی متر در فصل زمستان می‌باشد. اما همین بررسی در بازه زمانی پانزده سال، بیش‌ترین تعداد روزهای برفی و عمق برف را متعلق به ایستگاه کوهرنگ با مقادیر به ترتیب 1346 روز و 69.4 سانتی متر در فصل زمستان نشان داد. طبق نتایج این تحقیق روند معنادار کاهشی در تعداد روزهای برفی و عمق برف در اغلب ایستگاه‌ها به جز ایستگاه‌های کاشان، گرگان، نوشهر و بندر انزلی در بازه زمانی سی سال رخ داده است در صورتیکه فقط در پنج ایستگاه آبعلی، اصفهان، سنندج، تبریز و ارومیه روند افزایشی دما در فصل زمستان مشاهده شده است و در بقیه ایستگاه‌ها در طی سی سال روند خاصی در دمای میانگین رخ نداده است.

کلمات کلیدی: تعداد روز های برفی، عمق برف، تغییر اقلیم، دما ی خشک.

مقدمه

پوشش برف یک پدیده مهم چرخه هیدرولوژی است و آب ناشی از ذوب برف یک منبع حیاتی در بسیاری از نقاط جهان است که سهم چشم‌گیری در آورد رودخانه‌ها دارد. در بعضی فصول پوشش برف بر کیفیت آبی حوضه‌های رودخانه‌ای نیز تاثیرگذار می‌باشد. همچنین در حوضه کوهستانی و برف‌گیر، ذوب برف و رواناب ناشی از آن عامل مهم تغییرات رژیم جریان است که سهم عمده‌ای را در تولید جریان منابع آب داراست. پیش‌بینی توزیع زمان حداکثر جریان رواناب ناشی از ذوب برف با توجه به وضعیت اقلیم منطقه مورد نظر در عرصه‌های مختلفی کاربرد دارد که از آن جمله می‌توان تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعت، مدیریت مخازن تولید برقابی،پیش بینی خشکسالی و کیفیت آب را نام برد.

یک راه منطقی و علمی برای مقابله و یا کاهش خسارت‌های بلایای طبیعی، مدیریت صحیح منابع آب می‌باشد. اطلاع از چگونگی تغییرات عمق و مدت زمان پوشش برف می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های کلان کشور نظیر سدسازی، مدیریت منابع آبی، هشدار برای سیل و ... مفید و ضروری باشد. قائمی و نوحی(1355) در کتاب "تجزیه و تحلیل آماری ریزش برف" دیدبانی‌های سطح زمین برف در یک دوره ده ساله را در 21 ایستگاه مورد مطالعه قرار دادند و به منظور پیش‌بینی ریزش برف پارامترهایی نظیر دما و دمای نقطه شبنم و رابطه تجربی بین دمای نقطه شبنم و اختلاف را بررسی نمودند. در همین راستا مدرس‌پور (1369) سطح یخبندان و ارتباط آن با ریزش‌های جوی را ارائه داده است. در این تحقیق با استفاده از دیاگرام skew_t ogp در طی یک دوره پنج ساله ریزش برف با سطح یخبندان را در ایستگاه تهران مهرآباد مورد بررسی قرار داده است و چنین نتیجه‌گیری نمود که در چهار ماه آذر، دی، بهمن و اسفند اگر سطح یخبندان بالا باشد ریزش صورت می‌گیرد. شفیعی(1367) پایان نامه‌ای تحت عنوان هیدرولوژی برف را در مورد سد امیر کبیر ارائه کرده است. در این تحقیق ساز و کار و عوامل مؤثر در ذوب برف مورد بررسی قرار گرفته است و در نهایت با استفاده از روش برازش چند متغیره، دبی ورودی به سد بر اساس داده‌های ایستگاه‌های برف سنجی برآورد شده است.

فلارز (2004) تغییرپذیری و زمان تداوم و عمق برف را در نواحی وسیعی در هلند در یک دوره آماری صد ساله مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان می‌دهد که عمق برف در طی صد سال روند افزایشی داشته است.این افزایش در نیمه‌ی دوم قرن بیستم، بیش‌تر بوده است.

شلی کونس و همکاران (2009) تغییرات عمق برف را در قطب شمال و قطب جنوب از ژانویه 2005 تا اکتبر 2006 مورد بررسی قرار دادند. نتایج اندازه‌گیری توسط دستگاه‌های اتوماتیک نشان داد تغییر در عمق برف در سراسر دو قطب صورت گرفته است.

هدف از این تحقیق بررسی تغییرات تعداد روزهای برفی و عمق برف در کل کشور در بازه زمانی سی سال (2010-1981) می‌باشد. اما با توجه به این که برخی از ایستگاه‌های برف‌خیز کشور آمارکمتر از سی سال دارند در بررسی‌های سی ساله حذف شده‌اند و تحلیل توزیع مکانی تعداد روزهای برفی و عمق برف در بازه زمانی پانزده ساله که شامل ایستگاه‌های بیشتری می‌باشد نیز انجام شده است.

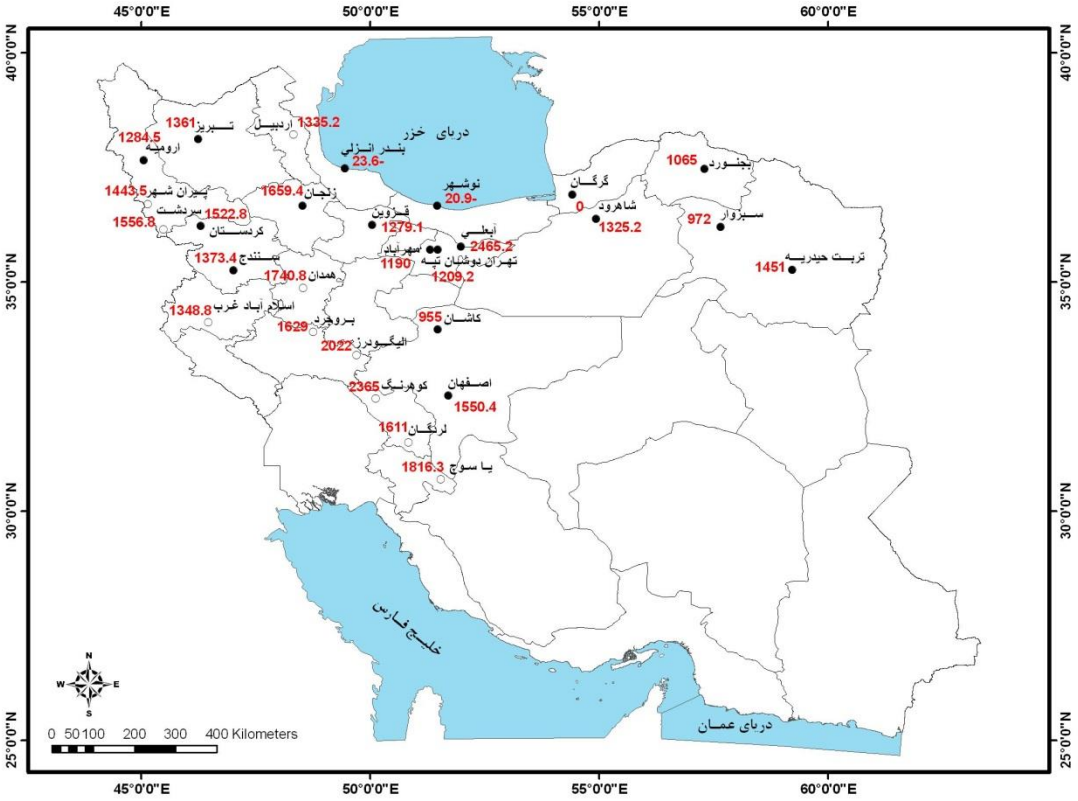
مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای تعیین تغییرپذیری زمانی و مکانی تعداد روزهای برفی و عمق برف بیش‌تر از یک سانتی متر،18 ایستگاه برف‌خیز کشور با آمار سی سال و28 ایستگاه با آمار پانزده سال انتخاب شدند. شکل 1 ارتفاع و محل ایستگاه‌های مورد مطالعه از سطح دریا را نشان می‌دهد. ایستگاه همدیدی آبعلی با بیش‌ترین ارتفاع از سطح دریا و ایستگاه همدیدی بندر انزلی با کم‌ترین ارتفاع از سطح دریا واقع شده‌اند.

پارامترهای مورد مطالعه شامل تعداد روزهای برفی، عمق برف، دمای میانگین، دمای بیشینه و دمای کمینه از آرشیو سازمان هواشناسی کشوری برای ایستگاه‌های مورد نظر برای

ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه استخراج شد. برای تجزیه و تحلیل روند از دو روش شامل برازش خط مستقیم بر سری زمانی و محاسبه شیب خط روند با روش حداقل مربعات و آزمون من-کندال و تعیین معنادار بودن روندااستفاده شد.

توزیع فصلی (زمستان) و مکانی عمق برف، انحراف معیار و ضریب تغییرات برف برای کل کشور در دو بازه زمانی سی ساله و پانزده ساله انجام شد.



شکل شماره 1- ایستگاه‌های مورد مطالعه به همراه ارتفاع از سطح دریا، دایره های توپر ایستگاه‌ها ی دارای آمار سی سال و دایره‌های توخالی ایستگاه‌های دارای آمار پانزده سال می‌باشند.

آزمون من-کندال جهت تعیین معنادار بودن روند تغییرات

پس از جمع‌آوری و دسته‌بندی داده‌های هواشناسی مورد نظر، روند تغییرات زمانی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. چنانکه سری زمانی داده‌های هواشناسی به طور یکنواخت سیر صعودی یا نزولی داشته باشند نشان‌دهنده روند در داده‌های مذکور است. هر گونه تغییرات طبیعی یا غیر طبیعی، منجر به تغییر در روند داده‌ها می‌شود. برای آن که وجود یا عدم وجود روند در داده‌ها مشخص شود می‌توان از آزمون‌های آماری استفاده کرد. یکی از آزمون‌هایی که برای تعیین معنادار بودن روند در داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد آزمون من-کندال است. با استفاده از این آزمون و برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Matlab معنادار بودن روند تغییرات پارامترها بررسی شد. در یک سری مشخص از داده‌ها برای تعیین تصادفی بودن آن‌ها از رابطه (1) استفاده می‌شود (کندال،1973):

$$T = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \qquad (1)$$

که T آماره کندال و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگتر از ردیف n_i که بعد از آن قرار می‌گیرند می‌باشد. P از رابطه (2) به دست می‌آید:

$$P = \sum_{i=1}^{n} n_i \qquad (2)$$

این آماره برای $N>10$ به توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $\frac{4N+10}{9(N-1)}$ شبیه است. بنابراین آزمون معنی‌داری آن به صورت رابطه‌ی (3) قابل محاسبه است:

$$(T)_t = \mp tg\sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \qquad (3)$$

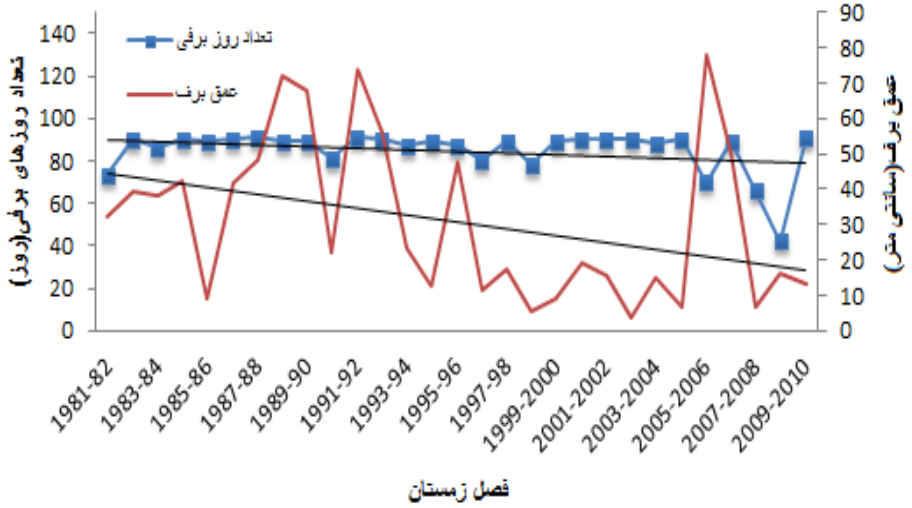
که N تعداد کل سال‌های آماری، tg سطح احتمال معنی‌دار بودن آزمون است که برابر با 1/96 می‌باشد و احتمال معنی‌دار بودن آن 95٪ است، و $(T)_t$ آماره من- کندال می-باشد.

در اینجا tg برابر با مقدار بحرانی توزیع نرمال استاندارد (Z) با سطح احتمال آزمون که بر اساس احتمال 95 درصد برابر با 1/96 می‌باشد. حال اگر $T> -(T)_t$ $(T)t> T> -(T)_t$ هیچ‌گونه روند مهمی در سری‌ها *مشاهده* نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند و اگر $T<- (T)_t$ روند منفی در سری‌ها و اگر $T> (T)_t$ باشد روند مثبت در سری‌ها غالب خواهد بود.

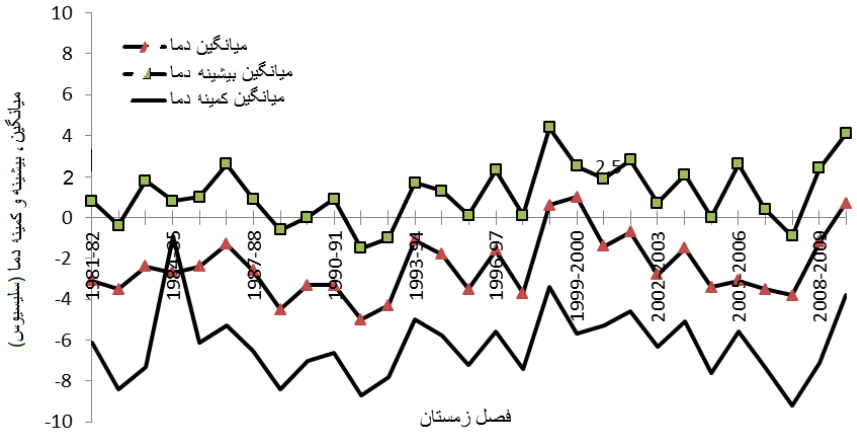
بحث و نتایج

الف) تحلیل روند تغییرات در سری‌های زمانی

روند تغییرات پارامترهای مورد نظر از طریق برازش خط مستقیم بر سری زمانی و محاسبه شیب خط روند با روش حداقل مربعات برای کلیه ایستگاه‌های منتخب بدست آمد. به دلیل زیاد بودن تعداد نمودارها فقط نتایج ایستگاه آبعلی آورده شده است. شکل2 سری زمانی تعداد روزهای برفی و عمق برف را در فصل زمستان طی سی سال برای ایستگاه آبعلی نشان می‌دهد شیب منفی هر دو نمودار بیانگر روند کاهشی در دو پارامتر تعداد روزهای برفی و عمق برف می‌باشد. شکل 3 سری‌های زمانی میانگین، بیشینه و کمینه دما را در ایستگاه آبعلی نشان می‌دهد شیب مثبت خط روند در هر سه دما بیانگر روند افزایشی این سه پارامتر در طی دوره سی سال (2010-1981) می‌باشد.



شکل شماره 2- تغییرات تعداد روزهای برفی و عمق برف در فصل زمستان در ایستگاه آبعلی در بازه زمانی (2010-1981)



شکل شماره 3- تغییرات میانگین، بیشینه و کمینه دما ایستگاه آبعلی در بازه زمانی (1981-2010)

ب) روند تغییرات تعداد روزهای برفی، عمق برف و دما در طی سی سال

در جدول 1 روند تغییرات مشاهده شده در سری زمانی پارامترهای تعداد روزهای برفی، عمق برف و دما آورده شده است. معنادار بودن روند با استفاده از آزمون من-کندال بررسی شده است. عدد 1 با علامت مثبت به معنی روند صعودی در داده‌ها، عدد 1 با علامت منفی به معنی روند نزولی در داده‌ها و صفر به معنی ثابت بودن روند می‌باشد. طبق جدول 1 روند کاهشی در تعداد روزهای برفی در اغلب ایستگاه‌ها بجز ایستگاه‌های کاشان، گرگان، نوشهر و بندر انزلی در بازه سی سال (1981-2010) مشاهده شده است. در مورد پارامتر عمق برف نیز روند کاهشی در اغلب ایستگاه‌ها بجز چهار ایستگاه مذکور دیده می‌شود. ایستگاه‌های ساحلی از قبیل گرگان با ارتفاع صفر و نوشهر با ارتفاع منفی 20.9 متر و بندر انزلی با ارتفاع منفی 23.6 متر ایستگاه‌های ساحلی حاشیه دریای خزر می‌باشند و همچنین ایستگاه‌های از قبیل کاشان با ارتفاع 955 متر برخلاف ایستگاه‌های کوهستانی بارش برف به صورت منقطع و موردی است و در طی این بازه سی ساله تغییری در تعداد روزهای برفی و عمق برف مشاهده نشده است. با توجه به این که در دو پارامتر تعداد روزهای برفی و عمق برف در اغلب ایستگاه‌ها کاهش مشاهده شده انتظار می‌رود که در مهم‌ترین پارامتر تاثیرگذار بر برف یعنی دما تغییر حاصل شده باشد ولی طبق نتایج آورده شده در جدول 1 فقط در پنج ایستگاه آبعلی، اصفهان، سنندج، تبریز و ارومیه روند افزایشی در میانگین دمای فصل زمستان مشاهده شده است. با توجه به بررسی انجام شده (ارکیان و ضیائی،1391) در مورد ایستگاه‌های مجاور دریاچه ارومیه، اقلیم شهر تبریز از نیمه خشک به خشک در طی شصت سال اخیر تغییر یافته است ولی تغییری در نوع اقلیم شهر ارومیه در این بازه رخ نداده است.

ج) توزیع مکانی تعداد روزهای برفی و عمق برف با استفاده از سامانه GIS

در این پژوهش به منظور تحلیل توزیع مکانی خصوصیات برف در سطح کشور از تکنیک GIS استفاده شده است. با توجه به اینکه تعداد قابل ملاحظه‌ای از ایستگاه‌ها در سطح کشور دارای آمار پوشش برف در بازه سی سال نیستند در نتیجه این ایستگاه‌ها که اغلب در رشته کوه زاگرس قرار دارند در این تحلیل حذف شده‌اند بنابراین جهت لحاظ شدن این ایستگاه‌ها، تحلیل توزیع مکانی پوشش برف در بازه زمانی پانزده سال نیز

انجام شده است. شکل 4- الف، تعداد روزهای برفی را در دوره آماری سی سال (1981-2010) در کل کشور نشان می‌دهد. بیش‌ترین روزهای برفی در رشته کوه‌های البرز در ایستگاه آبعلی با 2457 روز و کم‌ترین آن در شهر نوشهر با 35 روز برفی در فصل زمستان می‌باشد. شکل 4- ب، تعداد روزهای برفی را در دوره آماری پانزده سال (1996-2010) نشان می‌دهد. در تحلیل 15 ساله بیش‌ترین تعداد روزهای برفی در ایستگاه کوهرنگ با 1346 روز و کمترین روز برفی در گرگان با 18 روز در فصل زمستان می‌باشد. شکل 5- الف، میانگین عمق برف در دوره آماری سی سال (1981-2010) نشان می‌دهد. بیش‌ترین عمق برف متعلق به ایستگاه آبعلی در رشته کوه البرز با عمق 80 سانتی متر می‌باشد و کم‌ترین عمق برف متعلق به استان‌های جنوبی‌تر مثل اصفهان ایستگاه اوزن سنجی است. شکل 5- ب میانگین عمق برف را در دوره آماری پانزده سال (1996-2010) نشان می‌دهد. بیش‌ترین عمق برف متعلق به ایستگاه کوهرنگ در رشته کوه زاگرس با عمق 69.4 سانتی متر در فصل زمستان است این ایستگاه در تحلیل سی سال به دلیل کم بودن آمار حذف شده بود ولی پس از تجزیه و تحلیل آمار در بازه‌ی پانزده سال، مشخص شد که این ایستگاه از نظر تعداد روزهای برفی و عمق برف دارای رتبه یک و پس از آن ایستگاه آبعلی دارای رتبه دو در سطح کشور می‌باشند.

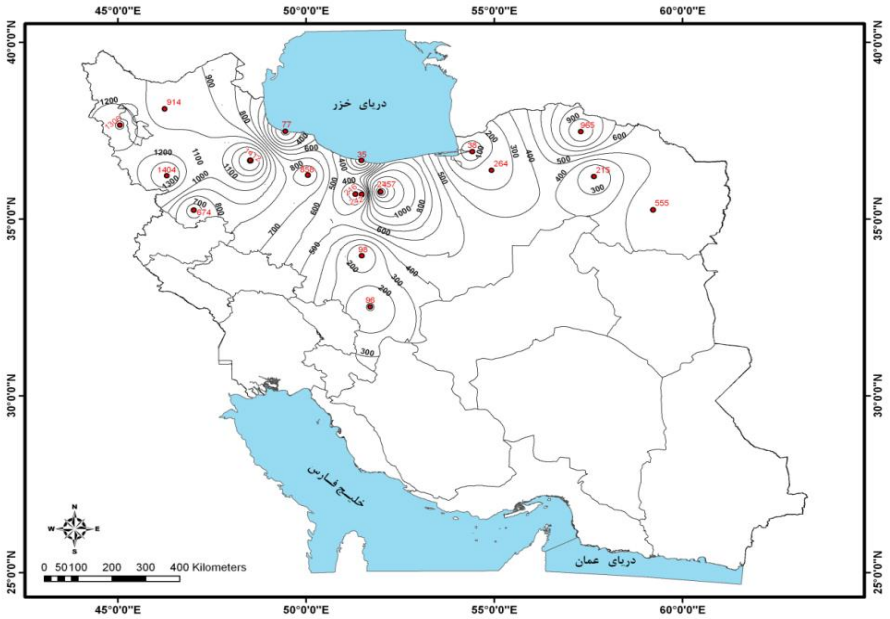
جدول شماره 1- روند تغییرات تعداد روزهای برفی، عمق برف و دما در فصل زمستان در دوره آماری 2010-1981

ایستگاه	تعداد روز برفی	عمق برف	دما
آبعلی	1(روند کاهشی)	1	1(روند افزایشی)
زتجان	1	1	0(روند ایستایی)
اصفهان	1	1	1
کردستان	1	1	0
تربت حیدریه فردوس	1	1	0
سنندج	1	1	1
تبریز	1	1	1
شاهرود	1	1	0
ارومیه	1	1	1
قزوین	1	1	0
تهران دوشان تپه	1	1	0
تهران مهرآباد	1	1	0
بجنورد	1	1	0
سبزوار	1	1	0
کاشان	0	0	0
گرگان	0	0	0
نوشهر	0	0	0
بندر انزلی	0	0	0

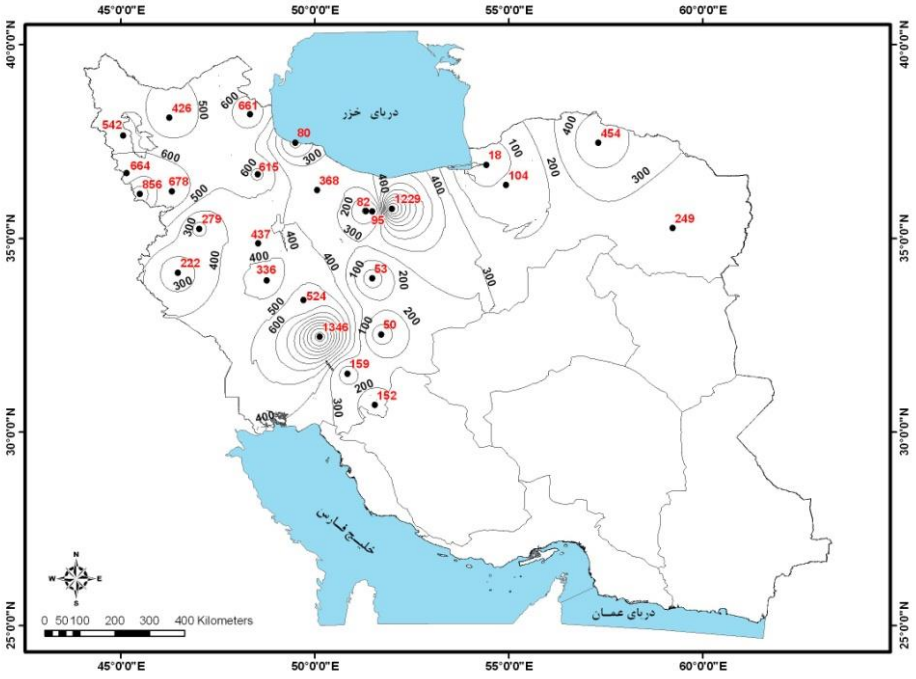
طبق نتایج بررسی روند در سری‌های زمانی، عمق برف در 72 درصد ایستگاه‌های مورد بررسی در سطح کشور در طی سی سال اخیر کاهش یافته است. یکی از عواملی که سبب کاهش عمق برف می‌شود کاهش میانگین دما است. قابل ذکر است طبق نتایج این مطالعه، تنها در پنج ایستگاه کاهش دما در طی سی سال اخیر مشاهده شده است، بنابراین کاهش دما نمی‌تواند تنها عامل مؤثر در کاهش عمق برف در کل ایستگاه‌ها باشد. عامل دیگر، می‌تواند کاهش بارش برف در مناطق باشد. با توجه به این که روند کاهشی در تعداد روزهای برفی همزمان با کاهش در عمق برف مشاهده شده است بنابراین به نظر می‌آید کاهش برف در سال‌های اخیر عامل مؤثر اصلی باشد.

شکل6 – الف میزان انحراف از معیار عمق برف را در دوره آماری سی سال (1981-2010) نشان می‌دهد بیشترین انحراف از معیار عمق برف در رشته کوه البرز به مقدار 43.7 سانتی متر برای ایستگاه آبعلی و سپس متعلق به ایستگاه سردشت در استان آذربایجان غربی و ایستگاه کوهرنگ به ترتیب با مقادیر 43.4 و 38.6 سانتی متر می‌باشد. کم‌ترین انحراف از معیار عمق برف نیز مربوط به ایستگاه گرگان به مقدار 4.44 سانتی‌متر می‌باشد. شکل6- ب میزان انحراف از معیار عمق برف را در دوره آماری پانزده سال (2010-1996) نشان می‌دهد. نتایج مشابه آمار سی سال است. با توجه به این که مقدار انحراف از معیار عمق برف در سه ایستگاه بیشتر از 50 درصد مقدار میانگین ضخامت عمق برف می‌باشد بیانگر این مطلب است که پراگندگی حول مقدار میانگین زیاد می‌باشد و در برخی از سال‌ها احتمالا میانگین عمق برف در زمستان دارای بی‌هنجاری‌هایی بوده است.

شکل7- الف و ب میزان ضریب تغییرات عمق برف را به ترتیب در دوره‌های آماری سی سال (1981-2010) و پانزده سال(1996-2010) نشان می‌دهند. طبق این دو شکل بیش‌ترین ضریب تغییرات در ایستگاه‌های ساحلی مانند نوشهر و بندر انزلی با مقادیر به ترتیب 247.9 و 231.4 مشاهده می‌شود. این دو ایستگاه از نظر تعداد روزهای برفی و عمق برف دارای مقادیر کمی بودند. کم‌ترین ضریب تغییرات در مناطقی که بیش‌ترین عمق برف را دارند، مانند ایستگاه‌های آبعلی و کوهرنگ مشاهده می‌شود.

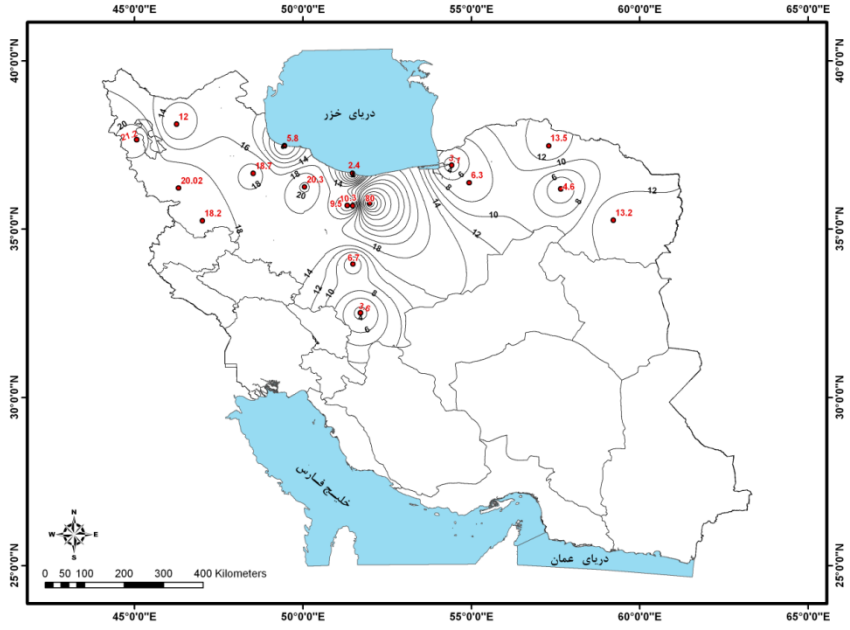


(الف)

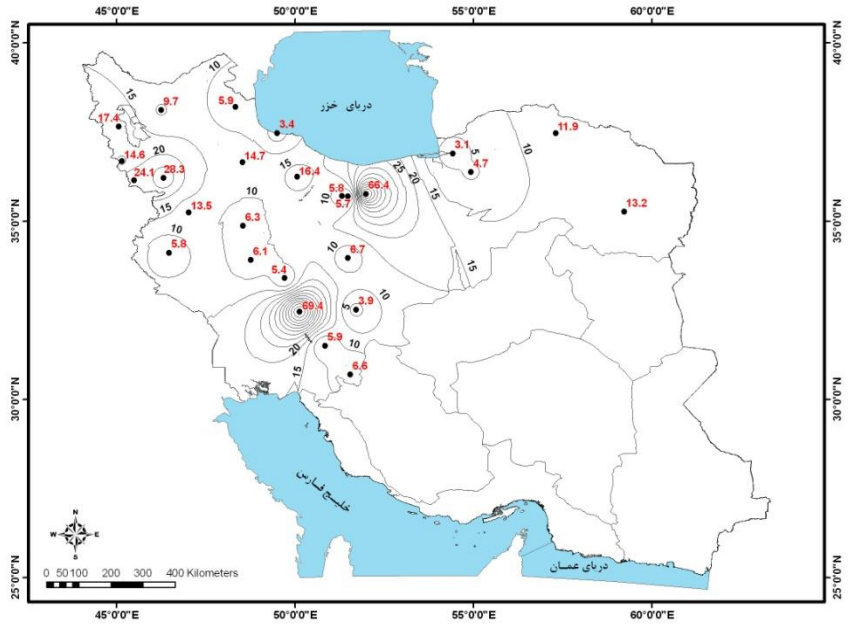


(ب)

شکل شماره 4- توزیع مکانی میانگین تعداد روزهای برفی (الف) دوره آماری سی سال (1981-2010) ب) دوره آماری پانزده سال (1996-2010)

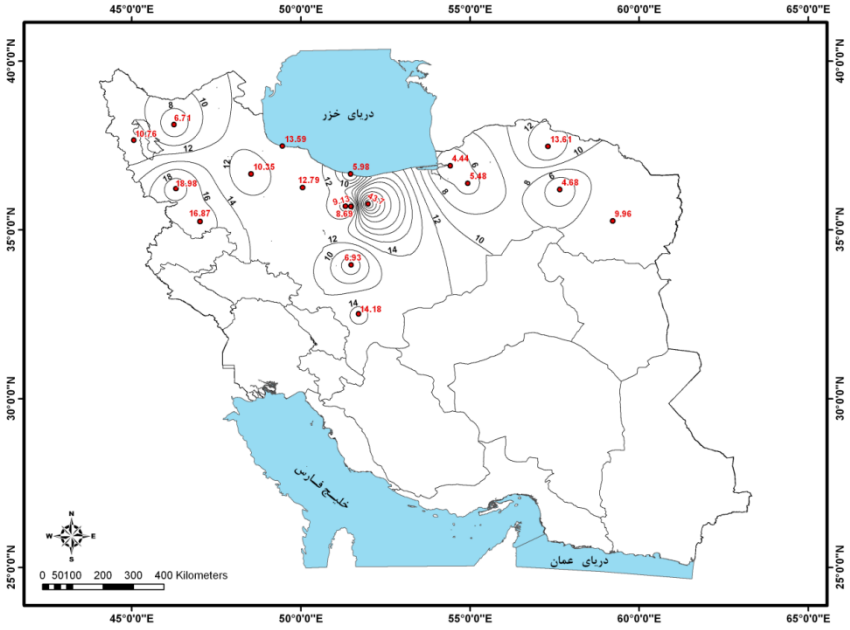


(الف)

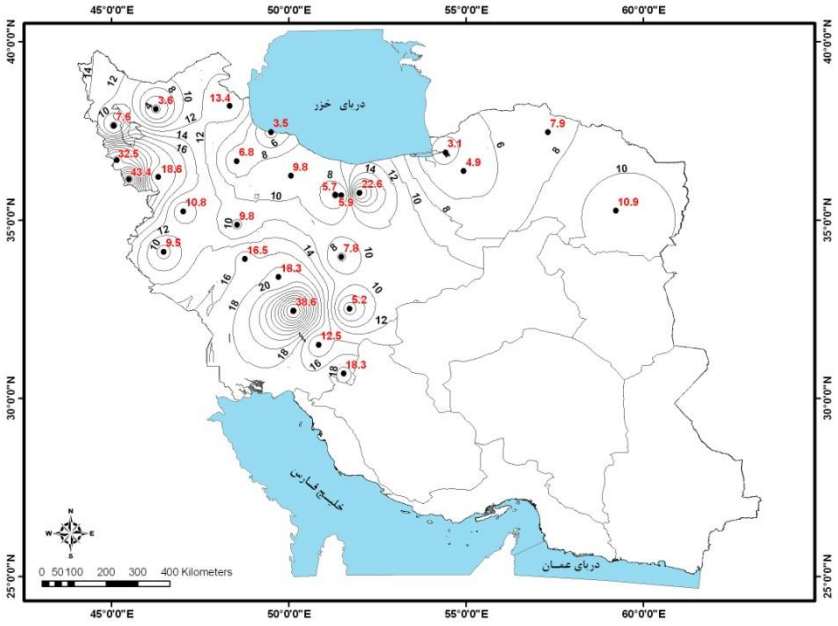


(ب)

شکل شماره 5- توزیع مکانی عمق برف (الف) دوره آماری سی سال (1981-2010) ب) دوره آماری پانزده سال (1996-2010)

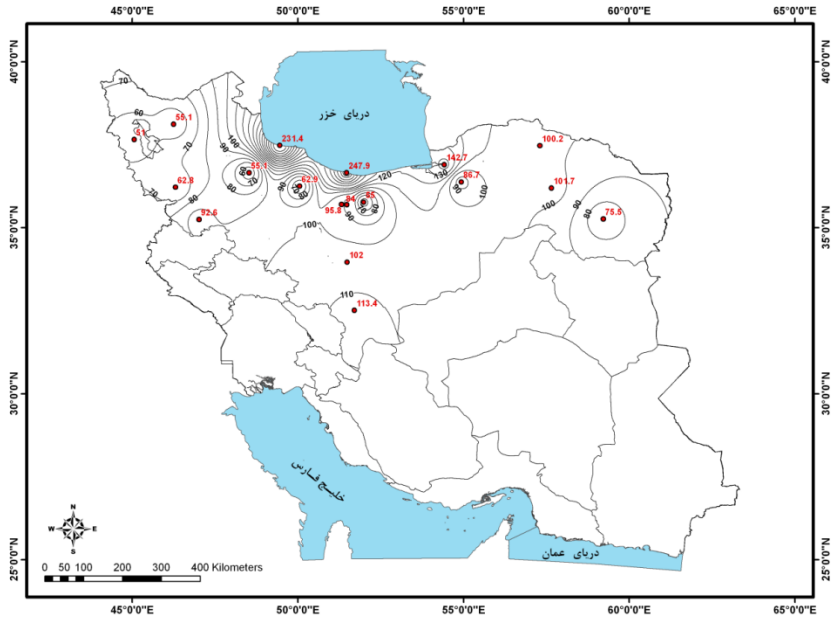


(الف)

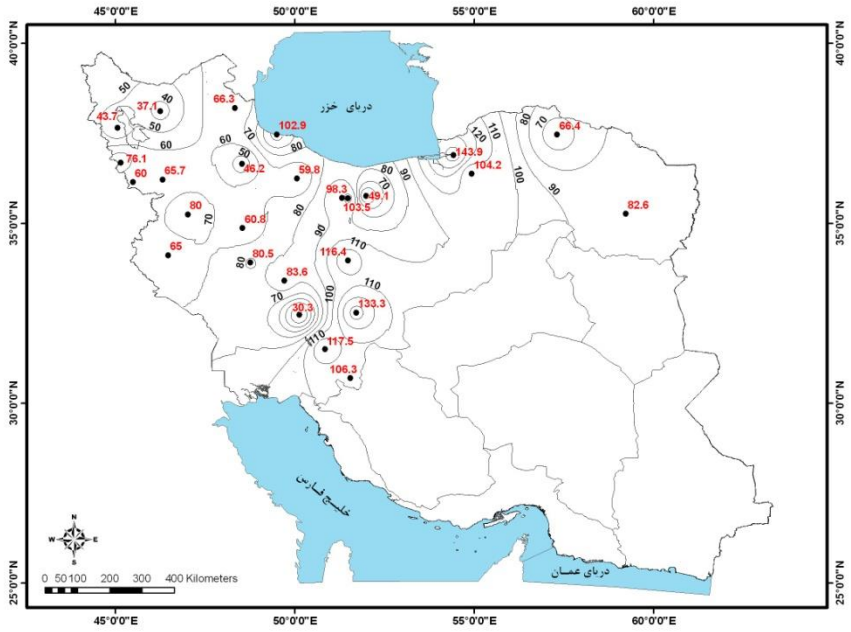


(ب)

شکل شماره 6- توزیع مکانی انحراف معیار عمق برف (الف) دوره آماری سی سال (1981-2010) ب) دوره آماری پانزده سال (2010-1996)



(الف)



(ب)

شکل شماره 7- توزیع مکانی ضریب تغییرات عمق برف (الف) دوره آماری سی سال (1981-2010) ب) دوره آماری پانزده سال (1996-2010)

نتیجه گیری

در این مطالعه به بررسی بلندمدت میانگین تعداد روزهای برفی و عمق برف با پوشش بیش تر از یک سانتی‌متر در فصل زمستان برای کل ایستگاه‌های برف‌خیز کشور پرداخته شد.

طبق نتایج بدست آمده بیش‌ترین تعداد روزهای برفی در ایستگاه آبعلی با 2457 روز و کم‌ترین آن در شهر نوشهر با 35 روز برفی در فصل زمستان در طی سی سال(2010-1981) می‌باشد. تجزیه و تحلیل در بازه پانزده سال (2010-1996) نشان داد بیش‌ترین تعداد روزهای برفی متعلق به ایستگاه کوهرنگ با 1346 روز و کم‌ترین روز برفی در گرگان با 18 روز در فصل زمستان می‌باشد.

میانگین بیش‌ترین عمق برف متعلق به ایستگاه آبعلی در رشته کوه البرز با عمق 80 سانتی‌متر بوده و کم‌ترین عمق برف متعلق به استان‌های جنوبی‌تر مثل اصفهان در بازه سی‌سال است. تجزیه و تحلیل در بازه پانزده سال نشان داد بیش‌ترین عمق برف متعلق به ایستگاه گوهرنگ در رشته کوه زاگرس با عمق 69.4 سانتی متر و پس از آن متعلق به ایستگاه آبعلی با عمق برف 66.4 در فصل زمستان میباشد.

در اکثر ایستگاه‌ها روند معنادار کاهشی در عمق برف و تعداد روزهای برفی مشاهده شده است به جز ایستگاه‌هایی که در ارتفاعات کم واقعند از قبیل ایستگاه کاشان و یا از نوع ساحلی هستند از قبیل ایستگاه‌های،گرگان، نوشهر و بندر انزلی که روند خاصی مشاهده نشده است. در اکثر ایستگاه‌ها تغییرپذیری در دمای میانگین فصل زمستان مشاهده نشده است به جز در پنج ایستگاه شامل آبعلی، اصفهان، سنندج، تبریز و ارومیه که روند معنادار افزایشی در میانگین دمای فصل زمستان در سی سال اخیر رخ داده است. بنابراین احتمالاً افزایش دما نمی‌تواند عامل اصلی در کاهش عمق برف و تعداد روزهای برفی در کلیه ایستگاه‌ها باشد.

بررسی توزیع مکانی برف با استفاده از تحلیل نقشه‌های GIS نشان داد عمق برف با ضریب تغییرات رابطه عکس دارد در مکان‌هایی که حداکثر عمق برف مشاهده شده است ضریب تغییرات کم‌تر است.

منابع

1- ارکیان، ف. و ب. ضیائی، 1391، بررسی بلند مدت اقلیم دریاچه ارومیه و عوامل موثر بر کاهش آب دریاچه، پایان نامه کارشناسی ارشد.واحد تهران شمال دانشگاه آزاد اسلامی.

2- احمدی، حسن و طاهری، سمیه،1387، کنترل برف و بهمن،انتشارات دانشگاه تهران،صفحه.336.

3- رحیم زاده، ف. ،1390، روش های آماری در مطالعات هواشناسی و اقلیم شناسی،انتشارات رجاء سید باقر حسینی، صفحه.423.

4- قائمی و نوحی، 1355، تجزیه و تحلیل آماری ریزش برف، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، صفحه.73.

5- گنجی،م.،1349،تقسیمات اقلیمی کشور، تحقیق.

6- موسوی بایگی، محمد.، 1382، برف و بهمن (مدیریت مناطق برف گیر)، انتشارات آستان قدس رضوی، صفحه.230.

7- پژوهشکده هواشناسی، 1378، آشکارسازی تغییر اقلیم در ایران مجموعه گزارشات.

8- مدرس‌پور،1369، پایان نامه.

9- Brun,E.,Vionnet,V.,Boone,A.,Decharme, B.,Peings,Y.,Valette,R.,2012,Simulation of Northern Eurasian Local Snow Depth,Mass,and Density Using a Detailed SnowpackModeand Meteorological analyses.doi://http://dx/.doi.org.

10- Fischer,A., 2010, the Measuremcnt Factors in Estimating Snowfall Derived From Snow Cover Surfaces Using Acoustic Snow Depth Sensors.Fischer. p681-699.

11- Ghatak,D.,Gong,G.,Frei,A.,2009, Noth American Temperature,Snowfall,and Snow,Depth Response to Winter Climate Modes. Journal of Climat. p2320-2332.

12- Knuth,S.,Tripol,G.,Tam,G.,Weidner,G.,20 09,the Influencc of Blowing Snow and Precipitation on Snow Depth Change Across the Ross Ice Shelf and Ross Sea Regions of Antarctieca.Journal of Applied Meteorology and Climatology. P1306-1321.

13- Sturm,M.,Taras,B.,Liston,G.,Derksen,C.,J onas,T.,Lea,j.,2010,Estimating Snow Water Fquivalent Using Depth Data and Climate Classes. Journal of Hydrometeorology. P1380-1394.

14- Falarz, M., 2004, Variabilityand Trends inthe Duration and Depth of Snow Cover inPolandinthe20thCentury. International Journal of Climatology.p1713-1724.