

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۶، تابستان ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۰۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۱۸

صفحات: ۲۴۱ - ۲۵۸

شناسایی قلمروهای برفی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای

مجید منتظری^{۱*}، راضیه فنایی^۲

چکیده

برف از منابع اصلی بیلان آب، جریان‌های سطحی بهاری، سفره‌های آب زیرزمینی، رودخانه‌ها و چشمه‌ها محسوب می‌شود و در مناطق کوهستانی و عرض‌های جغرافیایی بالا اهمیت زیادی دارد. به دلیل اهمیت این موضوع پژوهش حاضر با هدف شناسایی و خوشه‌بندی ایستگاه‌های برفی کشور انجام شد. در این راستا شناسه‌های هوای حاضر از ۳۰۴ ایستگاه همدید طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۵۱ مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا ۱۶ شناسه که صرفاً متعلق به برف بود جداسازی و سپس نقشه‌های توزیع مکانی هر شناسه ترسیم و از نظر مکانی بررسی شدند. نتایج حاکی از آن است که بارش برف تنها در ۲۵۱ ایستگاه رخ داده و تراکم آنها عمدتاً در محور شمال غرب - جنوب شرق و محور کوهستانی البرز و زاگرس می‌باشد. در این میان شناسه‌های ۷۰، ۷۱، ۷۳، ۷۲ و ۷۲ به ترتیب دارای بیشترین فراوانی ثبت در ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده‌اند. در نهایت با اعمال تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی بر روی داده‌های درصد فراوانی برف، ایستگاه‌های همدید به سه خوشه اصلی تفکیک شدند. این تحلیل نشان داد که ایستگاه‌های برفی ایران عمدتاً در سه خوشه اصلی شامل خوشه کوهستانی مرتفع، کوهستانی کم ارتفاع و پایکوهی دسته‌بندی می‌شود. لازم به ذکر است خوشه سوم به دلیل پراکندگی زیاد به دو زیرخوشه پایکوهی و کم ارتفاع پایکوهی و ساحلی قابل تفکیک است. بررسی‌ها نشان داد که در ایران بارش برف بشدت تابع ارتفاع و عرض جغرافیایی است بین ارتفاع و عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها رابطه معکوس معنادار وجود دارد از سوی دیگر بین ارتفاع و درصد فراوانی برف رابطه مستقیم معنادار وجود دارد؛ اما درصد فراوانی برف با عرض جغرافیایی رابطه معناداری نشان نمی‌دهد این موضوع حاکی از آنست که نقش ارتفاع در بارش برف به مراتب بیشتر از عرض جغرافیایی است.

واژگان کلیدی: شناسه‌های برف، درصد فراوانی برف، تحلیل خوشه‌ای، رگرسیون خطی، ایران.

m.montazeri@geo.ui.ac.ir

fanaie2005@yahoo.com

^۱- استادیار آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان (نویسنده مسئول)

^۲- کارشناس ارشد آب و هواشناسی

مقدمه

شرایط آب و هوایی گرم و خشک عرض میانه توأم با رژیم بارش مدیترانه‌ای حاکم بر ایران از یک سو و وجود رشته کوه‌های مرتفع، موجب شده که ریزش نزولات جوی بصورت برف برای محیط طبیعی کشور ما بسیار سودمند و با ارزش باشد. زیرا علاوه بر اثرات ناشی از سپیدایی که موجب تغییرات در موازنه تابش و دما می‌شود، در دوره سرد که رویش رستنی‌ها محدود شده و نیاز آبی کشور کاهش می‌یابد، موجب انبارش منابع آبی بصورت طبیعی و روباز بر تارک کوهستان‌های مرتفع کشور شده و همزمان با گرم شدن هوا و شروع دوره رویش رستنی‌ها و افزایش نیاز آبی، بتدریج ذوب شده و زمینه ساز تغذیه جریان‌های سطحی و منابع آب زیرزمینی را فراهم می‌آورد.

از این رو آگاهی از وضعیت بارش برف در گستره پهناور ایران زمین در راستای مدیریت صحیح، برنامه‌ریزی و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی سرزمین، بسیار مهم و حائز اهمیت است.

اهمیت کاربرد برف در تعاملات انسان و محیط به انجام تحقیقات فراوانی در جهان انجامیده است. دنیس^۱ (۲۰۰۲) تغییرپذیری بارش برف سالانه در عرض‌های جغرافیایی بالا و نواحی مرتفع نیمکره شمالی را مورد بررسی قرار داد و معتقد است مناطقی که در اواخر بهار و هفته‌های اول پاییز، بارش برف دارند، هسته اصلی پهنه‌های پوشش برفی محسوب می‌شوند. زیرا در فصل زمستان بطور معمول بارش برف در این مناطق بیشتر است.

میکی ویز^۲ (۲۰۰۴) پهنه‌بندی برف از ماه اکتبر تا می در اروپای شرقی را به صورت ماهانه انجام و در تحقیقاتش به ارتباطی قوی بین فراوانی روزهای سالانه دارای پوشش برف و فراوانی روزهای سالانه که متوسط دما کمتر از صفر درجه بود، دست یافت.

موت^۳ و همکاران (۲۰۰۵) روند تغییرات بارش برف را طی دوره ۲۰۰۲-۱۹۱۶ در شمال غرب ایالات متحده آمریکا بررسی و نشان دادند در بیشتر مناطق برف بهاره کاهش داشته و بیشترین کاهش در سال‌هایی اتفاق افتاده که دمای زمستان معتدل بوده است.

استبان^۴ و همکاران (۲۰۰۵) بارش برف سنگین در ناحیه آندورا را در ارتباط با الگوهای گردشی هواسپهر بررسی و هفت الگوی گردشی را در این زمینه شناسایی کردند. آنها نشان دادند که بیشتر این الگوها از جریان‌های اطلس شمالی نشأت گرفته و بقیه با فرارفت دمایی منطقه مدیترانه مرتبط است.

سین^۵ و همکاران (۲۰۰۹) ارتباط سطح پوشش برف و متوسط دمای حوضه هیمالیا را بررسی و بین آنها رابطه‌ای با ضریب همبستگی بالا (۹۸ درصد) بدست آوردند.

1 - Denis

2 - Mickiewicz

3- Mote

4- Esteban

5- Singh

جین^۱ و همکاران (۲۰۰۹) اثر ارتفاع و زاویه شیب را بر توزیع برف در حوضه‌ای در منطقه هیمالیا بررسی و نتیجه گرفتند که تأثیر زاویه شیب بر میزان انباشت برف در ارتفاعات بالا، بیشتر است.

وانگ^۲ و همکاران (۲۰۱۲) دقت تصاویر حاصل از سنجنده‌های ماهواره مودیس را در آشکارسازی سطوح برفی منطقه توندرا، مورد بررسی قرار دادند و دریافتند طی دوره برفپوشان میزان خطای ناشی از سپیدایی در چندین منطقه توندرای آلاسکا، کمتر از ۰/۰۴۷ می‌باشد.

کلین^۳ و همکاران (۲۰۱۶) وضعیت برفپوشان منطقه آلپ سوییس را از ۱۹۷۰ مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند تعداد روزهای برفی در همه ارتفاعات، همه نواحی و همه آستانه‌ها از ۱ تا ۱۰۰ سانتی متر، کاهش معناداری داشته است.

هانگ^۴ و همکاران (۲۰۱۷) اثرات بارش برف و ارتفاع را بر پوشش برف در فلات تبت بررسی و دریافتند بارش برف در این نواحی در سطوح ارتفاعی پایین تر از ۲۰۰۰ متری روند افزایشی نشان می‌دهد.

طبری و همکاران (۲۰۱۰) به منظور برآورد توزیع مکانی عمق برف و آب معادل برف در حوضه صمصامی، خروجی سه روش شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک-شبکه عصبی مصنوعی و روش رگرسیون خطی چند متغیره را با هم مقایسه و نشان دادند که هر سه روش قادر به پیش‌بینی مقدار آب معادل ذوب برف با دقت مطلوب می‌باشد. با این حال برآورد روش ترکیبی الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی مصنوعی از خطای کمتری برخوردار است.

شریفی و همکاران (۱۳۸۶)، به بررسی تأثیر ارتفاع، جهت و تندی شیب، بر عمق برف در حوضه صمصامی پرداختند و با استفاده از روش تحلیل همبستگی نشان دادند که همبستگی ارتفاع با عمق برف تا ارتفاع ۲۷۸۰ متری مستقیم و در سطح ۵ درصد معنادار است.

پدرام و همکاران (۱۳۹۰) ریزش برف و ارتباط آن با دما در استان کردستان را بررسی و دریافتند هنگام ریزش برف، دما به طور میانگین در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه، منفی است و به سبب گذر دما از فاز مثبت به منفی فراوانی بارش برف در بازه دمایی ۰/۵ - ۰ درجه سلسیوس، بیش از گستره‌های دیگر است.

فتاحی و شیرواند (۱۳۹۳) الگوهای گردش روزهای همراه با برف سنگین در غرب ایران را بررسی و نتیجه گرفتند در بیشتر مواقع پرفشار سیبری گسترش وسیعی داشته و زبانه‌ای از آن به شرق آرال و زبانه دیگری به سمت جنوب تا تبت گسترش و در مواردی نیز زبانه آن از طریق دریای خزر و نیمه شمالی ایران به سمت اروپا امتداد یافته در این صورت شرایط دمایی سطح زمین را برای ریزش برف فراهم می‌سازد.

^۱- Jain

^۲- Wang

^۳- Klein

^۴- Huang

درگاهیان و علیجانی (۱۳۹۶) در واکاوی همدیدی پوشی بارش برف بهمن ۹۲، دریافتند ایران در این ماه تحت تأثیر استقرار ترف قوی و عمیق جلو بلوکینگ اُمگایی با یک پشته بسیار پر ارتفاع که تا عرض ۷۰ درجه شمالی گسترش یافته، قرار دارد.

کیخسروی کیانی و مسعودیان (۱۳۹۵) در بررسی پیوند روزهای برفپوشان با ارتفاع، شیب و وجه شیب در ایران به کمک داده‌های مودیس نشان دادند که ارتباط بین روزهای برفپوشان با ارتفاع، از ۱۷۰۰ تا ۳۲۰۰ متری خطی بوده و از آن پس نظم نخستین خود را از دست می‌دهد.

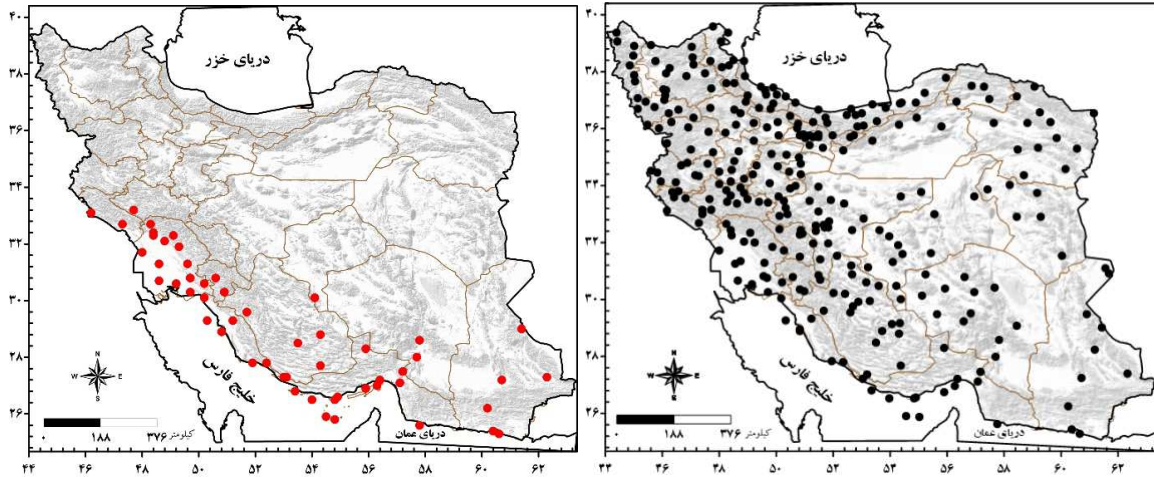
مسعودیان و کیخسروی کیانی (۱۳۹۶) تغییرات روزهای همراه با برف در حوضه زاینده رود را با استفاده از داده‌های مودیس بررسی و دریافتند روزهای برفپوشان در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در کمربندهای ارتفاعی بلند حوضه کاهشی، در ماه‌های آبان و آذر در بسیاری از کمربندهای ارتفاعی افزایشی و طی ماه‌های دی و بهمن در بسیاری از کمربندهای ارتفاعی، کاهشی بوده است.

با عنایت به توضیحات ارائه شده موضوع برف از جنبه‌های گوناگون بوسیله پژوهشگران مختلف واکاوی شده اما کمتر به موضوع شناسایی نواحی برفی کشور پرداخته شده است. درحالی‌که پوشش برف به‌عنوان یکی از نمودهای فیزیکی سطح زمین در شکل‌گیری آب و هواهای متنوع، نقش اساسی ایفا می‌کند و مطالعه شرایط فیزیکی برف به‌عنوان یکی از جلوه‌های مهم سطح زمین و عامل نوع ویژه‌ای از خرد آب و هوا، دارای اهمیت فراوان است. لذا پژوهش حاضر با این نگرش آب و هوایی، به شناسایی نواحی برفی کشور و خوشه‌بندی آنها پرداخته است.

داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش برای شناسایی و خوشه‌بندی قلمروهای برفی کشور داده‌های هوای حاضر ۳۰۴ ایستگاه همدید طی مقطع زمانی ۱۳۲۹/۱۰/۱۱ تا ۸۹/۱۰/۱۱ (برابر با ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰ میلادی) در مقیاس روزانه و ساعتی (سه‌ساعته) از پایگاه داده‌های سازمان هواشناسی کشور استخراج شد. سپس داده‌های ۲۷ شناسه که به نوعی با برف مرتبط بود، جدا شد و پس از کنترل کیفی داده‌ها ابتدا فراوانی هر شناسه برای هر ایستگاه محاسبه گردید. از آنجا که طول دوره-های آماری ایستگاه‌ها یکنواخت نبود عملاً امکان مقایسه داده‌ها فراهم نیست. برای این منظور درصد فراوانی ۲۷ شناسه مربوط به بارش برف برای هر ایستگاه نیز محاسبه شد. تصویر نمونه‌ای از آرایه‌های مورد استفاده، در شکل ۳ آورده شده است.

برای خوشه‌بندی ایستگاه‌های برفگیر کشور، داده‌های هوای حاضر مربوط به ۳۰۴ ایستگاه همدید مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که از این بین فقط ۲۵۱ ایستگاه بارش برف را به ثبت رسانده‌اند و در ۵۳ ایستگاه که بیشتر در بخش‌های جنوبی کشور در کرانه‌ها و پسکرانه‌های خلیج فارس و دریای عمان پراکنده‌اند، طی دوره مورد مطالعه، بارش برف گزارش نشده است (شکل ۲). به‌طور کلی شناسه‌های برف به ۵ خوشه تقسیم می‌گردد که وجه تمایز آن‌ها نوع بارش و یا تغییر برف است. هر خوشه تعدادی شناسه را شامل می‌شود (جدول ۱).



شکل ۲: موقعیت مکانی ایستگاه‌های بدون بارش برف

شکل ۱: موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه

از مجموع شناسه‌های هوای حاضر که مورد بررسی قرار گرفت ۲۷ شناسه مرتبط با بارش برف بودند که هم شامل تغییر برف بر روی زمین و هم بارش برف می‌شود. اما در این پژوهش فقط ۱۶ شناسه که دارای بارش برف بودند مورد بررسی و طبقه‌بندی قرار گرفتند. در تحلیل خوشه‌ای ایستگاه‌هایی که طی دوره مورد مطالعه دارای یک فراوانی بودند از گردونه محاسبات حذف گردید. زیرا یکبار بارش برف جزو رویدادهای نادر اقلیمی تلقی شده و نمی‌توان آنرا یک خصیصه‌ی آب‌وهوایی به حساب آورد. فاصله‌ی ایستگاه‌ها از همدیگر می‌تواند بر روی نتایج تأثیر بگذارد قطعاً هرچه تراکم ایستگاه‌ها بیشتر باشد نتیجه مطلوب‌تر خواهد بود اما با توجه به شرایط محیطی و انسانی ممکن است این فاصله‌ها کم و یا زیاد باشند. در نهایت فقط ۱۶ شناسه که مربوط به بارش برف می‌باشند در ۲۵۱ ایستگاه مورد تحلیل قرار گرفت.

جدول ۱: معرفی شناسه‌های مربوط به بارش برف

شناسه‌های مربوطه	عنوان خوشه‌ها	خوشه‌های برفی
۲۶-۲۳-۲۲	(۱) بارش در ساعت گذشته	
۳۹-۳۸-۳۷-۳۶	(۲) کولاک	
۶۹-۶۸	(۳) برف‌باران	
۷۸-۷۷-۷۵-۷۴-۷۳-۷۲-۷۱-۷۰	(۴) بارش برف	
۹۴-۹۳-۹۰-۸۹-۸۸-۸۷-۸۶-۸۵-۸۴-۸۳	(۵) بارش رگباری	

Name	C22	C26	C36	C37	C38	C39	C70	C71	C72	C73	C74	C75	C77	C78	C85	C86
'ABALI'	390	136	121	180	26	85	453	834	79	519	12	90	180	54	169	79
'ZARINEH OBATO'	205	75	313	104	85	50	378	476	50	212	14	49	40	8	169	40
'KOOHRANG'	295	103	124	57	19	18	604	692	92	560	28	130	9	3	164	83
'ARDEBIL'	272	5	125	55	57	28	554	1134	85	347	20	58	220	6	9	2
'SARDASHT'	170	5	79	50	20	29	400	380	92	295	13	178	103	4	26	16
'KHALKHAL'	494	14	98	39	76	22	433	332	116	172	14	17	106	24	1	5
'BIJAR'	63	107	95	37	33	15	347	250	65	191	9	12	81	9	151	33
'FIROUZKOOH (PC	42	56	30	20	4	14	198	321	55	166	19	16	69	9	134	7
'GHORVEH'	31	56	49	19	34	43	166	129	105	67	48	15	35	3	147	41
'MAKOO'	128	76	57	19	6	22	267	559	38	208	1	9	56	43	206	35

Name	C22	C26	C36	C37	C38	C39	C70	C71	C72	C73	C74	C75	C77	C78	C85	C86
'ABALI'	4/2725679	1/4899211	1/3255916	1/9719544	0/2848379	0/9312007	4/962752	9/1367222	0/8654689	5/6858019	0/1314636	0/9859772	1/9719544	0/5915863	1/8514461	0/8654689
'ZARINEH OBATO'	2/7329689	0/9998667	4/172777	1/3864818	1/1331822	0/6665778	5/0393281	6/3458206	0/6665778	2/8262898	0/1866418	0/6532462	0/5332622	0/1066524	2/2530329	0/5332622
'TALAGHAN'	2/238806	0/7462687	0/1865672	0/7462687	0	0	5/2238806	1/6791045	1/119403	1/8656716	0/3731343	0	0/1865672	0	1/4925373	0/7462687
'GHARGH ABAD'	0/1112347	0/1112347	2/2246941	0/6674082	0	0/2780868	0/8342603	1/3348165	0/2780868	0/3893215	0/0556174	0	0/0556174	0	0/1668521	0
'KOOHRANG'	3/3412618	1/16661	1/4044626	0/6455997	0/2151999	0/2038736	6/8410919	7/8378072	1/0420206	6/3427342	0/3171367	1/4724204	0/1019368	0/0339789	1/857515	0/9400838
'KHEIRABAD'	0/2115656	0/4231312	0/3526093	0/5641749	0/0705219	0/0705219	3/3145275	0/493653	0/1410437	0/3526093	0/1410437	0/1410437	0/0705219	0/0705219	2/7503526	0/5641749
'KHALKHAL'	6/7652698	0/1917283	1/3420981	0/5341002	1/0408107	0/3012873	5/9298822	4/5466995	1/5886059	2/355519	0/1917283	0/2328129	1/4516571	0/3286771	0/0136949	0/0684744
'SARDASHT'	1/575825	0/0463478	0/7322951	0/4634779	0/1853912	0/2688172	3/7078235	3/5224323	0/8527994	2/7345198	0/1205043	1/6499815	0/9547646	0/0370782	0/2410085	0/1483129
'FIROUZKOOH (PC	0/9118541	1/2158055	0/6513244	0/4342162	0/0868432	0/3039514	4/2987408	6/9691706	1/1940947	3/6039948	0/4125054	0/347373	1/498046	0/1953973	2/9092488	0/1519757

شکل ۳: نمونه‌ای از آرایه فراوانی مطلق و درصد فراوانی شناسه‌های برف در ایستگاه‌های مورد مطالعه

واکاوی خوشه‌ای

واکاوی خوشه‌ای یک عنوان کلی برای یک سری از روش‌های ریاضی است که برای پیدا کردن همانندی میان افراد یک مجموعه به کار می‌رود. آرایه داده‌های خام به آرایه همانندی‌ها یا فاصله‌ها تبدیل شده و با استفاده از یکی از فنون طبقه‌بندی، افراد را بر اساس همانندی بین آن‌ها گروه‌بندی می‌کند.

برای محاسبه‌ی درجه‌ی همانندی روش‌های گوناگونی پیشنهاد شده است لیکن در مطالعات آب و هواشناختی بیشتر برای محاسبه‌ی درجه‌ی ناهمانندی (همانندی) از فاصله‌ی اقلیدسی استفاده می‌شود. فاصله‌ی اقلیدسی بین دو فرد به اسم‌های i و j و طبق رابطه (۱) عبارت است از:

$$d_{i,j} = \sqrt{\sum_{p=1}^n (x_{i,p} - x_{j,p})^2} \quad (1)$$

در این فرمول، n = شمار افراد، $x_{i,p}$ = مقدار متغیر p ام در روز i ام، $x_{j,p}$ = مقدار متغیر p ام در روز j ام پس از اندازه‌گیری درجه‌ی همانندی باید شیوه‌ای برای ادغام اقلیمی که بالاترین همانندی را نشان داده‌اند، به کار برد. شیوه‌های گوناگونی برای پیوند داده‌ها (ادغام) معرفی شده‌اند لیکن در مطالعات آب و هواشناختی بیشتر از روش ادغام وارد^۱ استفاده می‌شود، زیرا در این صورت میزان پراش درون‌گروهی کمینه شده و همگنی گروه‌های حاصله بیشینه می‌شود (مسعودیان: ۱۳۸۶: ۷).

به‌طور کلی روش خوشه‌بندی وارد از طریق رابطه‌ی (۲) محاسبه می‌شود:

$$d(C_i \cup C_j, C_k) = \frac{T_{B_i} + T_{B_k}}{T_{B_i} + T_{B_j} + T_{B_k}} d(C_i, C_k) + \frac{T_{B_j} + T_{B_k}}{T_{B_i} + T_{B_j} + T_{B_k}} d(C_j, C_k) - \frac{T_{B_k}}{T_{B_i} + T_{B_j} + T_{B_k}} d(C_i, C_j). \quad (2)$$

در این فرمول، i و j و k هرکدام یک خوشه هستند و n شمار افراد هر خوشه می‌باشد.

یافته‌های تحقیق

با توجه به اهمیت موضوع ابتدا ویژگی‌های رخدادهای فراوانی شناسه‌های برفی، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. با عنایت به جدول (۲) مشاهده می‌شود که بارش برف در ساعت گذشته (شناسه ۲۲) در ۲۳۷ ایستگاه به وقوع پیوسته و تراکم آنها در شمال غرب کشور و محورهای کوهستانی البرز و زاگرس می‌باشد. ایستگاه زنجان بیشترین فراوانی وقوع این شناسه را داشته در حالی که در ۶۷ ایستگاه کشور این شناسه مشاهده نشده است. بارش رگبار برف یا رگبار برف و باران مخلوط در ساعت گذشته (شناسه ۲۶) نیز در ۱۶۷ ایستگاه کشور به ثبت رسیده و تراکم فراوانی ایستگاه‌های ثبت‌کننده، در نیمه‌ی غربی و شمال و بر روی ارتفاعات به‌خوبی نمایان است. بیشترین فراوانی وقوع این شناسه نیز در ایستگاه اراک مشاهده شده است (جدول ۲). طبق مطالعات صورت گرفته کولاک خفیف یا متوسط برف زیر سطح افقی چشم دیدبان (شناسه ۳۶) در ۱۰۸ ایستگاه کشور رخ داده و به لحاظ مکانی در مناطق کوهستانی شمال غرب بیشترین تراکم را داشته است. بیشترین فراوانی این شناسه نیز در ایستگاه زرینه اوباتو مشاهده شده است (جدول ۲). کولاک شدید برف زیر سطح افقی چشم دیدبان (شناسه ۳۷) به‌طور عمده در شمال غربی کشور و رشته کوه‌های البرز و زاگرس به وقوع پیوسته و بیشترین فراوانی وقوع آن نیز در ایستگاه آبعلی مشاهده شده است (جدول ۲).

طبق بررسی‌های صورت گرفته کولاک خفیف یا متوسط برف بالاتر از سطح افقی چشم دیدبان (شناسه ۳۸) در ۷۳ ایستگاه کشور رخ داده و عمدتاً در شمال غرب کشور و ارتفاعات زاگرس و البرز غربی به وقوع پیوسته است. بیشترین فراوانی این شناسه نیز در زرینه اوباتو مشاهده شده است (جدول ۲). کولاک شدید برف بالاتر از سطح افقی چشم دیدبان (شناسه ۳۹) فقط در ۵۸ ایستگاه کشور ثبت شده و به لحاظ مکانی نیز در مناطق کوهستانی شمال غرب و کوه‌های زاگرس و تا حدودی البرز مشاهده شده است. بیشترین فراوانی رخدادهای آن نیز در ایستگاه آبعلی رخ داده است (جدول ۲). در رابطه با برفی که به‌طور ناپیوسته با ریزش ملایم می‌بارد (شناسه ۷۰) مطالعات صورت گرفته حاکی از آن است که در ۲۴۷ ایستگاه کشور رخ داده و عمدتاً در ارتفاعات و مناطق کوهستانی به خصوص محور زاگرس و ارتفاعات شمال و شمال شرق مشاهده شده و بیشترین فراوانی وقوع آن نیز در ایستگاه تبریز ثبت شده است (جدول ۲). بارش برف پیوسته با ریزش ملایم (شناسه ۷۱) در ۲۴۲ ایستگاه کشور رخ داده است. پراکنش آن بیشتر در محور کوهستانی شمال غرب به جنوب شرق، محور البرز و ارتفاعات شمال شرق کشور به وقوع پیوسته و با حرکت به سمت مناطق کم ارتفاع جنوب کشور از تراکم آنها کم می‌شود. بیشترین فراوانی وقوع آن نیز در ایستگاه مشهد ثبت شده است (جدول ۲).

جدول ۲: ویژگی‌های رخداد برف برای ۱۶ شناسه برف

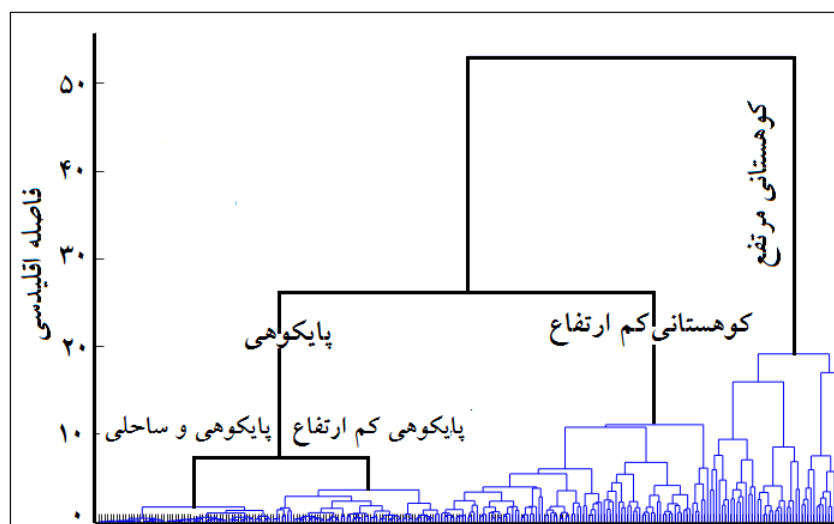
ردیف	شماره شناسه	تعداد رخداد	تعداد ایستگاه‌های ثبت‌کننده	بیشینه رخداد	بیشینه فراوانی دما	بیشینه فراوانی دمای شبانه	بیشینه زمان رخداد	بیشترین ساعت رخداد	سهم هر شناسه از هوای حاصل
۱	۲۲	۱۵۱۴۶	۲۳۷	۵۲۱	۰	۰	بهمن	۷-۱۰	۰/۳۲۲
۲	۲۶	۳۷۲۵	۱۶۷	۳۷۹	۱	-۱	بهمن	۱۵-۱۸	۰/۰۷۹
۳	۳۶	۱۸۵۳	۱۰۸	۳۱۳	-۴	-۶	بهمن	۶-۱۲	۰/۰۳۹
۴	۳۷	۸۲۲	۷۲	۱۸۰	-۲	-۵	بهمن	۶	۰/۰۱۸
۵	۳۸	۶۵۶	۷۳	۸۵	-۵	-۸	دی و بهمن	۷-۱۳	۰/۰۱۴
۶	۳۹	۵۰۸	۵۸	۸۵	-۳	-۵	بهمن	۶	۰/۰۱۱
۷	۷۰	۲۶۲۷۶	۲۴۷	۹۵۳	۰	۰	بهمن	۶-۹	۰/۵۵۹
۸	۷۱	۳۳۷۷۷	۲۴۲	۱۲۷۲	۱	۰	بهمن	۶-۷	۰/۷۱۸
۹	۷۲	۴۳۷۸	۲۱۹	۱۱۶	۰	۰	بهمن	۹	۰/۰۹۳
۱۰	۷۳	۱۸۰۰۰	۲۳۸	۵۸۰	۱	۰	بهمن	۸-۱۰	۰/۳۸۳
۱۱	۷۴	۸۹۶	۱۳۸	۴۸	۱	۰	بهمن	۹	۰/۰۱۹
۱۲	۷۵	۳۰۲۷	۱۷۹	۱۷۸	۰	۰	دی	۱۵	۰/۰۶۴
۱۳	۷۷	۴۰۲۰	۱۶۸	۲۶۲	۰	-۱	دی و بهمن	۸-۱۰	۰/۰۸۶
۱۴	۷۸	۸۹۷	۹۶	۱۳۴	-۳	-۲	دی و بهمن	۹	۰/۰۱۹
۱۵	۸۵	۵۱۴۸	۱۷۴	۳۷۴	۰	-۱	بهمن	۱۴-۱۷	۰/۰۱۹
۱۶	۸۶	۱۳۰۸	۱۱۹	۸۳	۰	۰	بهمن	۱۴-۱۵	۰/۰۲۸

با عنایت به (جدول ۲) بارش برف به‌طور ناپیوسته و با ریزش متوسط (شناسه ۷۲) طی دوره آماری مورد مطالعه در ۲۱۹ ایستگاه کشور به ثبت رسیده و ایستگاه خلخال از بیشترین فراوانی این شناسه برخوردار می‌باشد. بارش برف پیوسته با ریزش متوسط (شناسه ۷۳) نیز در ۲۳۸ ایستگاه کشور رخ داده و در ایستگاه ارومیه و پس از آن ایستگاه های آبعلی و کوه‌رنگ بیش از سایر ایستگاه‌ها به ثبت رسیده است (جدول ۲). در رابطه با بارش برف به‌طور ناپیوسته با ریزش شدید (شناسه ۷۴) می‌توان بیان نمود که در ۱۳۸ ایستگاه کشور به وقوع پیوسته و ایستگاه قروه از بیشترین فراوانی این شناسه برخوردار می‌باشد (جدول ۲). بارش برف پیوسته با ریزش شدید (شناسه ۷۵) نیز در ۱۷۹ ایستگاه کشور مشاهده شده و ایستگاه سردشت بیشترین فراوانی این شناسه را به خود اختصاص داده است (جدول ۲).

طبق (جدول ۲) برف دانه‌دانه (شناسه ۷۷) در ۱۶۸ ایستگاه کشور رخ داده و ایستگاه خوی بیشترین فراوانی وقوع آن را داشته است. بلورهای مجزای ستاره‌ای شکل برف با مه و یا بدون مه (شناسه ۷۸) نیز در ۹۶ ایستگاه کشور ثبت شده و بیشترین فراوانی وقوع آن در ایستگاه اهر مشاهده شده است (جدول ۲). بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که

رگبار برف با ریزش ملایم (شناسه ۸۵) در ۱۷۴ ایستگاه کشور روی داده و ایستگاه اراک از بیشترین فراوانی آن برخوردار می‌باشد (جدول ۲). رگبار برف با ریزش متوسط و یا شدید (شناسه ۸۶) نیز در ۱۱۹ ایستگاه ثبت شده و بیشترین فراوانی آن در ایستگاه کوه‌رنگ مشاهده شده است (جدول ۲).

اعمال تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی بر روی داده‌های درصد فراوانی ۱۶ شناسه برفی، نشان داد که ایستگاه‌های همدید کشور به ۳ گروه اصلی قابل تفکیک بوده که عبارت از ایستگاه‌های کوهستانی، ایستگاه‌های کوهستانی کم ارتفاع و ایستگاه‌های پایکوهی است. پراکنندگی جغرافیایی قلمرو این خوشه‌ها نشان می‌دهد که تفاوت این خوشه‌ها عمدتاً متأثر از عامل ارتفاع و عرض جغرافیایی است (جدول ۳). از آنجا که پراکنش مکانی خوشه سوم بسیار زیاد است به ناچار این گروه نیز به دو گروه ایستگاه‌های پایکوهی کم ارتفاع و ایستگاه‌های پایکوهی و ساحلی تفکیک شد و در نهایت در ۴ خوشه مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۴).

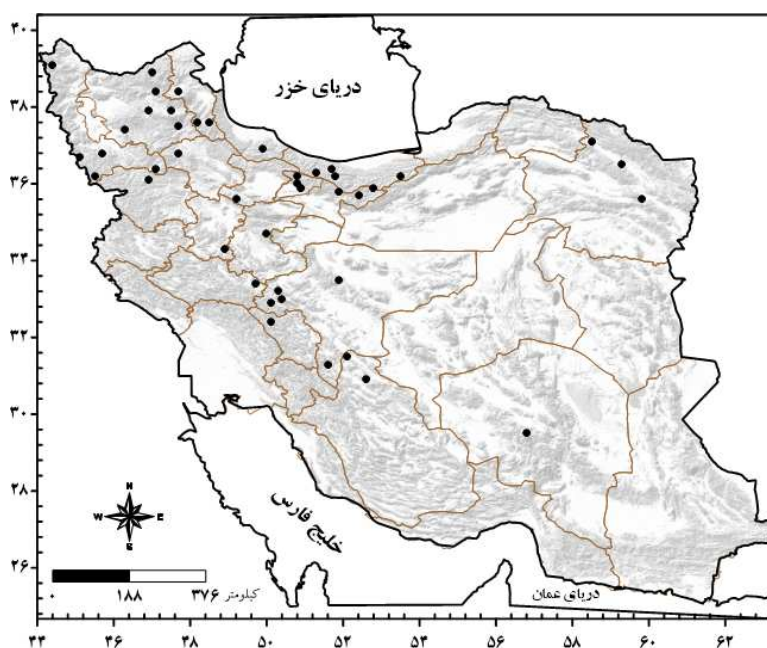


شکل ۴: دارنمای خوشه‌بندی روزهای برفی

۱: خوشه کوهستانی و مرتفع

ایستگاه‌های این خوشه بیشتر در شمال غربی، رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس و ارتفاعات خراسان پراکنده شده‌اند. متوسط درصد فراوانی بارش برف این خوشه ۱/۲ درصد و مجموع متوسط فراوانی ایستگاه‌های این خوشه ۱۹/۲ درصد است. این خوشه شامل ۴۴ ایستگاه است که در ۱۸ استان کشور پراکنده شده‌اند. استان آذربایجان شرقی با ۶ ایستگاه دارای بیشترین فراوانی است. ایستگاه فیروزکوه با متوسط فراوانی ۲/۳۳ درصد دارای بیشترین درصد فراوانی بارش برف می‌باشد. ایستگاه فیروزکوه (پل) با ارتفاع ۲۹۸۵/۷ متر از سطح دریا، مرتفع‌ترین ایستگاه کشور است. پس از فیروزکوه ایستگاه‌های لاله‌زار، فریدون‌شهر و آبعلی به ترتیب با ارتفاع ۲۷۷۵، ۲۴۹۰ و ۲۴۶۵ متر در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. میانگین ارتفاع ایستگاه‌های این خوشه حدود ۱۸۰۰ متر بوده و ارتفاع ۲۱ ایستگاه از میانگین بیشتر

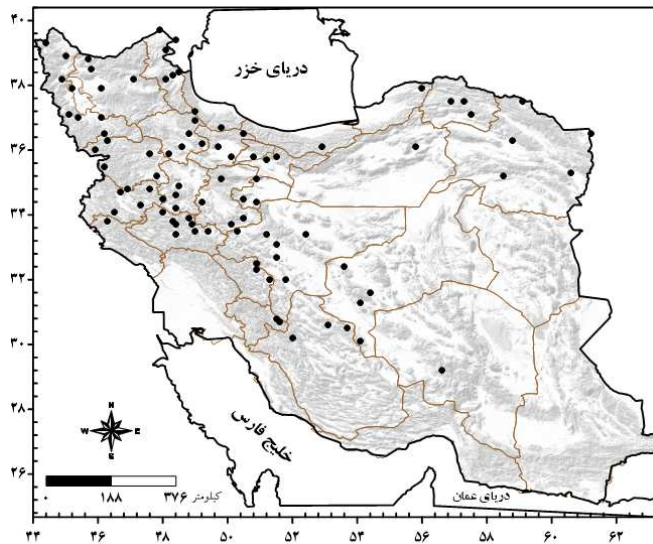
است. پایین‌ترین ارتفاع این گروه مربوط به ایستگاه میانه با ارتفاع ۱۱۱۰ متر و در عرض جغرافیایی ۳۷/۵ درجه است. برفگیرترین ایستگاه‌های کشور در این خوشه جای گرفته‌اند (شکل ۵).



شکل ۵: نقشه توزیع مکانی ایستگاه‌های خوشه

۲: خوشه کوهستانی کم ارتفاع

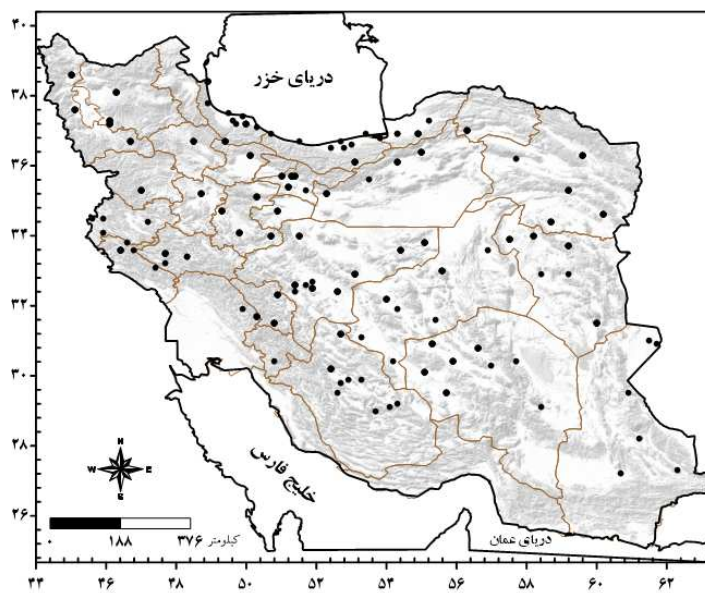
این خوشه شامل ۹۱ ایستگاه است که در ۲۵ استان کشور توزیع شده‌اند (شکل ۶). استان‌های آذربایجان غربی و لرستان با ۸ ایستگاه دارای بیشترین فراوانی هستند. بیشترین درصد فراوانی بارش برف مربوط به ایستگاه خدابنده در استان زنجان با متوسط فراوانی ۱/۲۹ درصد و ایستگاه‌های بیجار و خرمدره در استان کردستان با فراوانی ۰/۹۶ درصد، دومین و سومین ایستگاه پربارش این خوشه محسوب می‌شوند. متوسط درصد فراوانی بارش برف این خوشه ۰/۵۲ درصد است. ایستگاه بافت در استان کرمان با ارتفاع ۲۲۸۰ متر از سطح دریا مرتفع‌ترین ایستگاه این خوشه است. ایستگاه‌های صفاشهر، بوانات و سپیدان در استان فارس نیز از ارتفاع بالایی برخوردارند. میانگین ارتفاع ایستگاه‌های این خوشه ۱۴۵۰ متر است که ارتفاع ۵۰ ایستگاه بیشتر از میانگین است. ایستگاه پارس‌آباد مغان در استان اردبیل با ارتفاع ۳۲ متر و عرض جغرافیایی ۳۹/۷ درجه پست‌ترین و در عین حال بالاترین ایستگاه این خوشه است.



شکل ۶: نقشه توزیع مکانی ایستگاه‌های خوشه

۳: خوشه پایکوهی

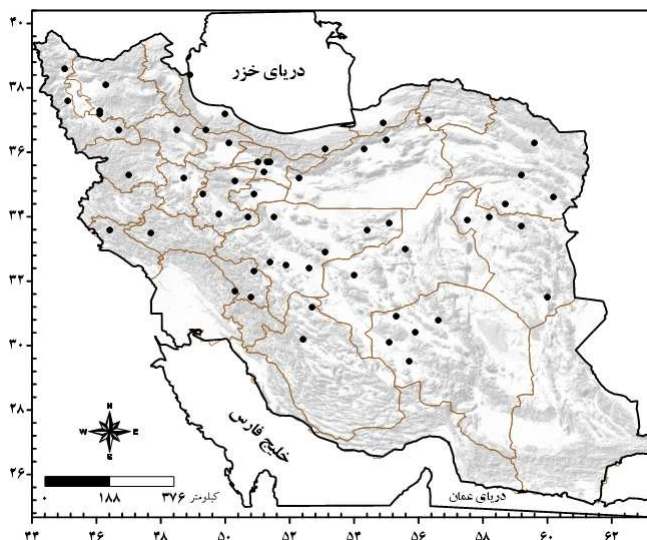
این خوشه در مجموع ۱۱۶ ایستگاه را در بر می‌گیرد و ایستگاه‌های آن هم از ارتفاع پایین و هم از بارش کم‌تری نسبت به دو خوشه‌ی قبلی برخوردار است مهمتر اینکه بسیار پراکنده بوده و الگوی جغرافیایی خاصی را نشان نمی‌دهد (شکل ۷). این ناهمگنی و پراکنش زیاد موجب شد که برای آسان‌تر شدن درک موضوع این خوشه به دو بخش تفکیک شود که هر شناسه دارای ویژگی و شرایط خاصی می‌باشند.



شکل ۷: نقشه توزیع مکانی ایستگاه‌های خوشه

۳-۱: ایستگاه‌های پایکوهی و کم ارتفاع

این خوشه شامل ۵۷ ایستگاه است (شکل ۸). متوسط فراوانی بارش برف حدود $0/2$ درصد و مجموع متوسط فراوانی بارش برف آن ۳ درصد می‌باشد.



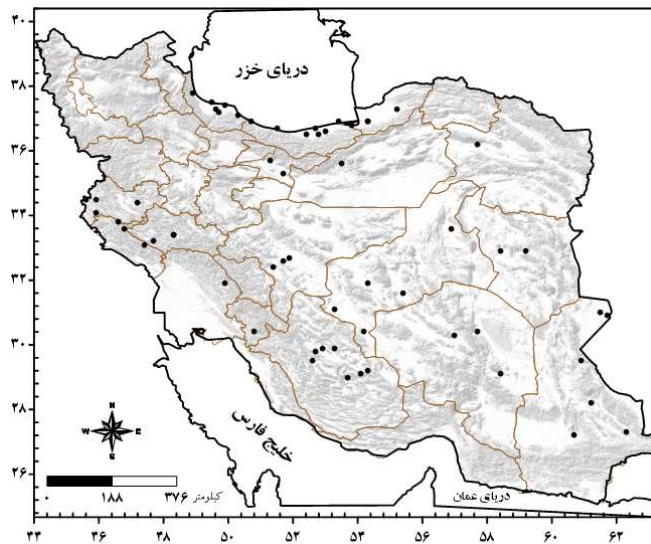
شکل ۸: نقشه توزیع مکانی ایستگاه‌های خوشه ۳-۱

استان اصفهان با ۷ ایستگاه دارای بیشترین ایستگاه است. استان‌های ایلام، خراسان شمالی، خوزستان، زنجان، قزوین، قم، کردستان، گلستان، لرستان، مازندران و همدان هر کدام فقط دارای یک ایستگاه می‌باشند. ایستگاه کمیجان با متوسط فراوانی $0/37$ درصد بارش برف، پربارش‌ترین ایستگاه این خوشه محسوب می‌شود. پس از کمیجان ایستگاه‌های دامغان و قائن به ترتیب با فراوانی $0/32$ و $0/3$ درصد در جایگاه‌های بعدی قرار می‌گیرند. متوسط فراوانی بارش این دسته $0/19$ درصد و فراوانی ۲۹ ایستگاه بالاتر از میانگین است. ایستگاه بشرویه با $0/09$ درصد دارای کمترین بارش می‌باشد. مرتفع‌ترین ایستگاه در این خوشه، ایستگاه شهرکرد با ارتفاع $2048/9$ متر از سطح دریا است. ایستگاه‌های آباده و شهرباک دومین و سومین ایستگاه مرتفع این خوشه هستند. متوسط ارتفاع این خوشه ۱۲۵۰ متر است و ۳۷ ایستگاه ارتفاع بیشتر از میانگین دارند. پست‌ترین و کم ارتفاع‌ترین ایستگاه این خوشه، ایستگاه آستارا با ارتفاع $20/35$ - متر از تراز دریا می‌باشد.

۳-۲: ایستگاه‌های کم ارتفاع پایکوهی و ساحلی

این خوشه با مجموع بارش $0/6$ درصد دارای کمترین فراوانی بارش است و شامل ۵۹ ایستگاه می‌باشد. این ایستگاه‌ها در مناطق پست و کم ارتفاع کشور و همچنین در منطقه خزری قرار دارند (شکل ۹). در بسیاری از ایستگاه‌های این خوشه بارش برف بصورت پدیده‌ای نادر بوده و هر چند سال یکبار رخ می‌دهد و صرفاً ایستگاه‌هایی هستند که بارش

برف را تجربه نموده‌اند اما شرایط ریزش آن دیر به دیر فراهم می‌شود. لذا نمی‌توان ایستگاه‌های این خوشه را برفگیر تلقی نمود.



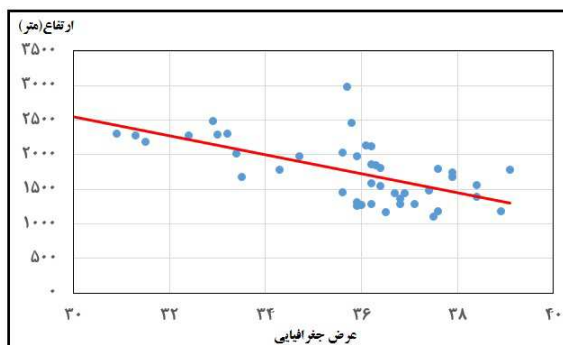
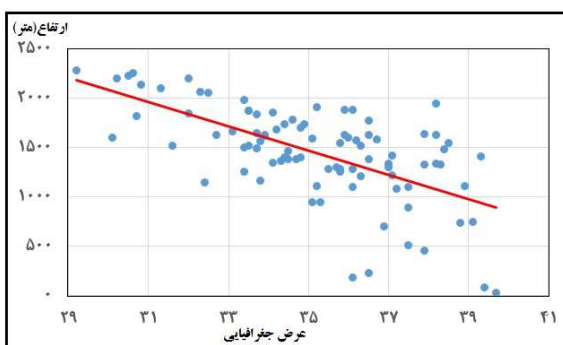
شکل ۹: نقشه توزیع مکانی ایستگاه‌های خوشه ۳-۲

استان مازندران با ۸ ایستگاه و فارس با ۷ ایستگاه به ترتیب دارای بیشترین ایستگاه‌ها می‌باشند. ایستگاه کرمانشاه با میانگین بارش برف ۰/۱ درصد پربارش‌ترین ایستگاه این خوشه است. متوسط فراوانی بارش برف ۰/۰۴ درصد است و ۲۹ ایستگاه بارش بیش از میانگین دارند. ایستگاه‌های زاہل با میانگین فراوانی ۰/۰۰۲، سراوان ۰/۰۰۱ و ایرانشهر ۰/۰۰۰۲ همگی در استان سیستان و بلوچستان، جزو سه ایستگاه پایانی از نظر بارش برف در کشور محسوب می‌شوند. مرتفع‌ترین ایستگاه در این دسته، ایستگاه کرمان با ارتفاع ۱۳۵۴ متر است. میانگین ارتفاع این خوشه ۸۰۴ متر است و ۳۲ ایستگاه بالاتر از میانگین قرار دارند. تعداد ایستگاه‌هایی که ارتفاع پایین‌تر از سطح دریا دارند ۹ ایستگاه است که ۸ ایستگاه^۱ آن در این خوشه جای دارند. ایستگاه بندر انزلی با ارتفاع ۲۵/۲۱- متر، کم ارتفاع‌ترین ایستگاه کشور محسوب می‌گردد.

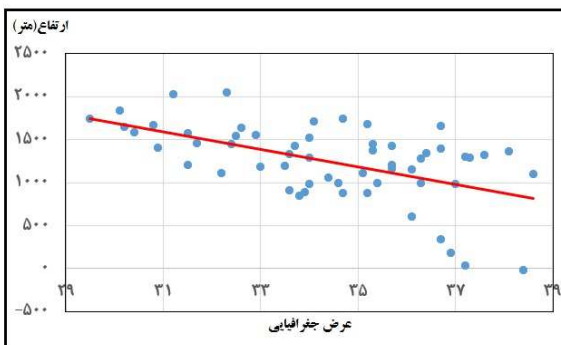
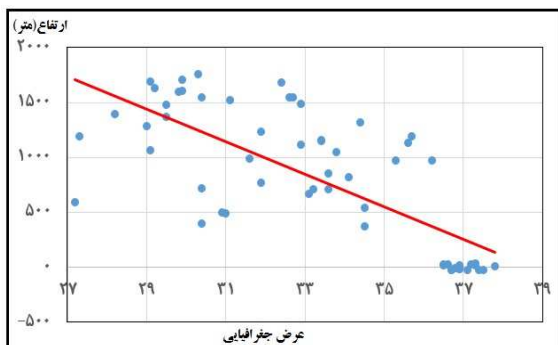
بررسی‌ها نشان داد که بارش برف در ایران بشدت تابع ارتفاع و در مرحله بعد به عرض جغرافیایی وابسته است. این دو عامل نسبت به هم رابطه معکوس نشان می‌دهند. بدین ترتیب که با افزایش عرض جغرافیایی، از ارتفاع ایستگاه‌های برفگیر کاسته می‌شود و برعکس. به منظور ارزیابی این موضوع نمودار رگرسیون عرض جغرافیایی و ارتفاع برای هر یک از خوشه‌ها ترسیم (شکل‌های ۱۰ تا ۱۳) و مؤلفه‌های همبستگی و رگرسیون آنها برآورد گردید (جدول ۳). با توجه به صفر بودن مقدار معناداری، این رابطه برای تمامی خوشه‌ها معنادار است. نکته مهم دیگری که از این

^۱ - گلوگاه (با ارتفاع ۱۰- متر)، بندر امیرآباد (۲۰-)، رامسر (۲۰-)، نوشهر (۲۰/۹-)، بابلسر (۲۱-)، رودسر (۲۲-)، کیشهر (۲۲-)، بندرانزلی (۲۵/۲۱-).

بررسی استنباط می‌شود درصد فراوانی وقوع بارش برف است که از خوشه اول به خوشه چهارم بشدت کاهش می‌یابد. بطوریکه می‌توان گفت بارش برف برای ایستگاه‌های خوشه اول یک ویژگی آب و هوایی محسوب می‌شود در حالیکه برای ایستگاه‌های خوشه چهارم، یک رویداد اتفاقی و کم و بیش نادر تلقی می‌شود که هر چند سال یکبار روی می‌دهد و از این‌رو جزو خصیصه‌های آب و هوایی این ایستگاه‌ها به حساب نمی‌آید.



شکل ۱۰: رابطه عرض جغرافیایی و ارتفاع در خوشه اول شکل ۱۱: رابطه عرض جغرافیایی و ارتفاع در خوشه دوم



شکل ۱۲: رابطه عرض جغرافیایی و ارتفاع در خوشه سوم شکل ۱۳: رابطه عرض جغرافیایی و ارتفاع در خوشه چهارم

جدول ۳: ویژگی‌های آماری و مؤلفه‌های رگرسیونی عرض جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه‌های هریک از خوشه‌ها

ردیف	نام خوشه	تعداد ایستگاه	متوسط ارتفاع (متر)	متوسط درصد فراوانی	مجموع متوسط درصد فراوانی	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	سطح معناداری	معادله رگرسیون
خوشه ۱	کوهستانی مرتفع	۴۴	۱۷۸۰	۱/۲	۱۹/۲	-۰/۶۶	۰/۴۳۵	۰/۰	$Y=6671.52(\pm 1739.19)-137.25(\pm 48.69)x$
خوشه ۲	کوهستانی کم ارتفاع	۹۱	۱۴۵۰	۰/۵۱۲	۸/۳	-۰/۶۳	۰/۳۹۵	۰/۰	$Y=57771.1(\pm 1130.81)-123.05(\pm 32.09)x$
خوشه ۳	پایکوهی	۵۷	۱۲۵۰	۰/۱۹	۳	-۰/۵۵	۰/۲۹۸	۰/۰	$Y=4751.4(\pm 1456.1)-101.87(\pm 42.24)x$
خوشه ۴	پایکوهی کم ارتفاع و ساحلی	۵۹	۸۰۵	۰/۰۴	۰/۶	-۰/۷۴	۰/۵۴۷	۰/۰	$Y=5737.7(\pm 1195.89)-148.12(\pm 35.76)x$

بیشتر ایستگاه‌های خوشه اول بین عرض جغرافیایی ۳۶ تا ۳۸ درجه و ارتفاع ۱۵۰۰ متری قرار دارند. ایستگاه‌های بالای ۲۰۰۰ متر اغلب در عرض جغرافیایی کمتر از ۳۴ درجه هستند. به عنوان مثال ایستگاه لاله زار کرمان در عرض ۲۹/۵ درجه و ارتفاع ۲۸۰۰ متری است. متوسط درصد فراوانی بارش برف ایستگاه‌های این خوشه ۱/۲ درصد است و بیشتر ایستگاه‌های برفگیر کشور در این خوشه جای گرفته‌اند. در این خوشه رابطه بین ارتفاع و درصد فراوانی بارش برف (سطح معناداری ۰/۰۸۰۹) در سطح ۹۰ درصد معنادار است.

در خوشه دوم ایستگاه‌های بالای ۲۰۰۰ متر در عرض کمتر از ۳۳ درجه واقع‌اند و ایستگاه‌هایی که در ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ متر قرار دارند در عرض‌های بالاتر از ۳۵ درجه هستند. بیشتر ایستگاه‌های این خوشه بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر و عرض ۳۳ تا ۳۷ درجه قرار دارند. بالاترین ایستگاه این خوشه ایستگاه بافت کرمان در ارتفاع ۲۲۸۰ متری و در عرض ۲۹/۲ درجه و کم ارتفاع‌ترین، ایستگاه، پارس آباد مغان با ارتفاع ۳۲ متر و عرض ۳۹/۷ درجه است. در این خوشه بین ارتفاع ایستگاه‌ها و درصد فراوانی بارش برف رابطه وجود دارد (سطح معناداری ۰/۰۰۴۴) که در سطح ۹۵ درصد معنادار است.

در خوشه سوم مرتفع‌ترین ایستگاه‌ها شهرکرد و آبادیه با ارتفاع حدود ۲۰۴۰ متر و کم ارتفاع‌ترین، لاهیجان و آستارا که در منطقه خزری واقع‌اند. بیشتر ایستگاه‌های این خوشه در دامنه ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر مستقراند. رابطه بین ارتفاع و درصد فراوانی بارش برف (سطح معناداری ۰/۰۷۱۷) در سطح ۹۰ درصد معنادار است.

ایستگاه‌های خوشه چهارم بسیار پراکنده‌اند این موضوع را می‌توان از شکل‌های ۲۳ و ۲۷ استنباط نمود. ۱۷ ایستگاه این خوشه در ناحیه ساحلی خزر و ارتفاع نزدیک صفر واقع است. از آنجا که متوسط درصد فراوانی برف در ایستگاه‌های این خوشه ۰/۰۴ درصد است می‌توان گفت بارش برف در ایستگاه‌های این خوشه بیشتر بصورت اتفاقی حادث می‌شود. از این‌رو بین ارتفاع ایستگاه‌ها و درصد فراوانی بارش برف (سطح معناداری ۰/۱۴۱۱) رابطه معناداری مشاهده نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

بررسی فراوانی شناسه‌های دیدبانی شده برف نشان داد که به ترتیب شناسه‌های ۷۰، ۷۱، ۷۳، ۷۲ و ۷۲ از بیشترین ثبت در ایستگاه‌های مورد مطالعه برخوردار بوده‌اند. در مقابل کمترین شناسه‌های ثبت شده به ترتیب شناسه ۳۹، ۳۷، ۳۸ و ۷۸ بوده‌اند. از نظر مکانی نیز شناسه‌های ۲۲، ۲۶، ۳۶، ۳۷، ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴ و ۷۶ بیشتر در محور کوهستانی شمال غرب تا جنوب شرق کشور و بر روی ارتفاعات زاگرس و در محور کوهستانی شمال کشور واقع در کوه‌های البرز و همچنین تا حدودی در شمال شرق کشور و در ارتفاعات خراسان مشاهده شده‌اند. شناسه‌های ۳۸، ۳۹، ۷۸ و ۸۶ نیز تنها در مناطق کمی از شمال غرب و غرب کشور به وقوع پیوسته‌اند. لازم به ذکر است در بین ایستگاه‌ها و شناسه‌های مورد مطالعه، ایستگاه کوه‌رنگ جزو ایستگاه‌های است که تمامی شناسه‌های مورد مطالعه در آن گزارش شده و بطور تقریب هر ساله تمامی شناسه‌های برف را تجربه می‌کند.

در ایران بارش برف بشدت تابع ارتفاع و عرض جغرافیایی است با توجه به اینکه کشورمان از نظر عرض جغرافیایی و بویژه ارتفاع از تنوع قابل توجهی برخوردار است، لذا نمی‌توان آنگونه که برای سایر متغیرهای آب و هوایی انجام شده، مرزبندی منطقی از پهنه‌های برف‌گیر کشور ارائه نمود. از این رو ۲۵۱ ایستگاه همدید کشور که شناسه‌های بارش برف در آنها گزارش شده بود براساس داده‌های درصد فراوانی بارش برف و به کمک روش تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی به ۳ گروه عمده، خوشه‌بندی گردید. این خوشه‌ها شامل ایستگاه‌های کوهستانی مرتفع، کوهستانی کم ارتفاع و پایکوهی می‌باشد. لازم به ذکر است با توجه به این که خوشه سوم از پراکندگی و ناهمگنی زیادی برخوردار بود به دو زیرخوشه مجزای ایستگاه‌های پایکوهی و ایستگاه‌های پایکوهی کم ارتفاع و ساحلی تفکیک شد. در بسیاری از ایستگاه‌های خوشه سوم بویژه ایستگاه‌های پایکوهی کم ارتفاع و ساحلی، بارش برف بصورت پدیده‌ای نادر و اتفاقی بوده و ممکن است هر چند سال یکبار حادث شود.

بررسی‌ها نشان داد که بین ارتفاع و عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها رابطه معکوس و معنادار وجود دارد ($r = -0.35$) بدین معنا که ایستگاه‌های برف‌گیر در عرض‌های پایین در ارتفاع بالاتر و در عرض‌های بالا از ارتفاع کمتری برخوردارند. از سوی دیگر بین ارتفاع و درصد فراوانی برف رابطه مستقیم و معنادار ($r^2 = 0.27$) وجود دارد. بطوریکه با افزایش ارتفاع، درصد فراوانی وقوع برف نیز افزایش می‌یابد اما درصد فراوانی برف با عرض جغرافیایی رابطه معناداری ($r^2 = 0.064$) نشان نمی‌دهد. بررسی‌های اخیر با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای نیز این موضوع را تأیید می‌کند بطوریکه کیخسروی و مسعودیان (۱۳۹۵) نشان دادند که بین روزهای برف‌پوشان و ارتفاع رابطه خطی برقرار است اما این رابطه تنها در بازه ارتفاعی ۱۷۰۰ تا ۳۲۰۰ متری معتبر است. در مجموع می‌توان گفت که نقش ارتفاع در بارش برف به مراتب بیشتر از عرض جغرافیایی است. با این وجود ترکیب ارتفاع زیاد و عرض جغرافیایی بالا، تضمین‌کننده بارش و انبارش برف و پشتوانه محکمی جهت تأمین منابع آبی کشور است.

لازم به ذکر است در این پژوهش مبنای قضاوت پیرامون بارش برف در کشور، اطلاعات کسب شده از ایستگاه‌های هواسنجی است که مرتفع‌ترین آن حدود ۳۰۰۰ متری است و عملاً از این طریق از وضعیت بارش برف در ارتفاع بالاتر اطلاعی در دست نیست و می‌بایست به اطلاعات بدست آمده از ماهواره‌ها تکیه کرد.

منابع

- پدرام؛ مزده، قائمی، هوشنگ، هدایتی درفولی، اکرم، مرتضوی، افسانه (۱۳۹۰). ریزش برف و ارتباط آن با دما در استان کردستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۵، شماره ۱۰۰، صص ۷۰-۵۶.
- درگاهیان؛ فاطمه، علیجانی، بهلول (۱۳۹۲). بررسی اثر بلاکینگ بر رخداد برف‌های سنگین و مداوم ایران، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال دهم، شماره ۳۸، صص ۱۵-۱.
- شریفی؛ محمدرضا، آخوندعلی، علی محمد، پرهمت، جهانگیر، محمدی، جهانگرد (۱۳۸۶). بررسی تأثیر ارتفاع، جهت و تندی شیب بر عمق برف در حوضه صمصامی، تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم شماره ۳، صص ۶۹-۷۲.
- فتاحی؛ ابراهیم، شیرواند، هنگامه (۱۳۹۳). بررسی الگوهای گردش جوی روزهای همراه با بارش برف سنگین در غرب ایران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال اول، شماره پیاپی ۱، صص ۱۰۷-۹۷.

کیخسروی کیانی؛ محمدصادق، مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۹۵). واکاوی پیوند روزهای برفپوشان با ارتفاع، شیب و وجه شیب در ایران زمین، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۸ شماره ۱، صص ۱۴-۱.

مسعودیان؛ سیدابوالفضل، کیخسروی کیانی، محمدصادق (۱۳۹۶). ارزیابی تغییرات همراه با پوشش برف در گروه‌های ارتفاعی حوضه زاینده رود، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ششم، شماره ۱۱، صص ۳۳-۴۶.

مسعودیان؛ سیدابوالفضل، (۱۳۸۶). شناسایی تیپ‌های همدید اصفهان، گزارش نهایی طرح پژوهشی، معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه اصفهان.

Denis, A, 2002, GDye variability and Trend in the Annual snow cover cycle in Northern Hemisphere land Areas. Report no: 6, pp 1-13.

Esteban, P Jones.PD, Martin.J, and Masem.M,2005, Atmosphere circulation patterns related to heavy snowfall days in Andorra, Pyrenees, International Journal of Climatology, No 25, pp 319-329.

Huang, Xiaodong, Deng, Jie, Wang, Wei, Feng, Qisheng, Liang, Tiangang, 2017, Impact of climate and elevation on snow cover using integrated remote sensing snow products in Tibetan Plateau, Remote Sensing of Environment, Volume 190, PP 274-288.

Klein, Geoffrey, Vitesse, Yann, Rixen, Christian, Marty, Christoph, Rebetez, Martine, 2016, Shorter snow cover duration since 1970 in the Swiss Alps due to earlier snowmelt more than to later snow onset, Climatic Change, Volume 139, pp 637-649,

Jain, S.K., Goswami, A., and Saraf, A.K. 2009. Role of elevation and aspect in snow distribution in western Himalaya. Water Resour Management. 23, pp 71-83.

Mote, PW. Hamlet, AF. Clark, MP. and Lettenmaier, DP., 2005. Declining Mountain Snowpack in Western North America. Bulletin of the American Meteorological Society. 86, pp 39-49.

Mickiewicz, Adam, 2004, University of Pozna institute of Physical Geography and Environment. 11p

Qing Ke, C., Yu, T., Yu, K., Dong Tang, G., King, L., 2009. Snowfall trends and variability in Qinghai, China. Theor Appl Climatol. 98, pp 251-258.

Tabari, H., Marofi, S., Zare Abyane, H., and Sharifi, M.R. 2010. Comparison of artificial neural network and combined models in estimating the spatial distribution of snow depth and snow water equivalent in Samsami basin of Iran. Neural Computing and Applications. 19, pp 625-635.

Wang, Zhuosen, Schaaf, Crystal B., Chopping, Mark J. Strahler, Alan H., Wang, Jindi, Román, Miguel O., Rocha, Adrian V., Woodcock, Curtis E., Shuai, Yanmin, 2012, Evaluation of Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) snow albedo product (MCD43A) over tundra, Remote Sensing of Environment, 117, pp 264-280.

Identification of Snowfall Areas in Iran using Cluster Analysis

Majid Montazeri^{1*}, Razieh Fanaei²

Received: 23-08-2017

Accepted: 09-12-2017

Abstract

Snow is one of the main sources of water budget, spring currents, groundwater aquifers, rivers, springs and it's important in mountainous areas and high latitudes. Due to the importance of this topic, the present study was conducted with the aim of identifying and clustering of snow in Iran. In this regard, present weather codes of 304 synoptic stations were surveyed during the period of 1951-2010. Initially, 16 codes that belonged solely to the snow were separated and then spatial distribution maps of each code were mapped and spatially surveyed. The results indicate that snowfall occurs only in 251 stations and their density is mainly in the north-west and south-east axis and the mountain axis of Alborz and Zagros chain. The codes 70, 71, 73, 22 and 72 respectively have the highest frequency of recording at the stations studied. Finally, by applying a hierarchical cluster analysis on the percentage of snow frequency, the stations were divided into three main clusters. This analysis showed that synoptic stations in Iran are mainly classified into three main clusters, High Mountain, low mountains and foot of the mountain clusters. It should be noted that the third cluster is distinguishable due to its large dispersion to two submerged subsurface and low-altitude mountain and coastal areas. Studies have shown that snowfall in Iran is strongly dependent on elevation and latitude. There is a significant inverse relationship between the elevation and latitude of the stations. On the other hand, there is a significant direct relationship between height and percentage frequency of snow. However, the percentage frequency of snowfall with latitude is not significant. This indicates that elevation in snowfall is more important than latitude.

Keywords: snow codes, percentage frequency of snow, cluster analysis, linear regression, Iran.

^{1*}- Assistant Professor of Climatology, University of Isfahan, Iran

²- M.A Graduate in Climatology, Iran

Email: m.montazri@geo.ui.ac.ir