نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۱، شماره ۶۱، پاییز ۱۳۹۶، صفحات ۲۰۲-۱۸۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۳۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۱۲/۰۳

تحلیل آماری سینوپتیکی امواج سرمایی خسارت بار شمال‌غرب ایران

یعقوب رضازاده[۱]
بهلول علیجانی[۲]

چکیده

سرما و یخبندان در منطقه‌ی شمال‌غرب کشور، همه‌ساله خسارت‌های جبران‌ناپذیری بر بخش‌های حمل‌ونقل، تصادف‌های جاده‌ای، باغ‌ها و محصول‌های کشاورزی وارد نموده و زندگی عادی مردم را در شهر و روستاها فلج می‌نماید. به‌منظور تبیین و تحلیل همدید امواج فراگیر سرما در شمال‌غرب ایران ابتدا روزهای بسیار سرد ۱۸ ایستگاه مورد مطالعه در دوره آماری ۲۳ساله استخراج شد. سپس از بین این آمار ۴۳ موج شدید و فراگیر انتخاب گردید. برای تحلیل سینوپتیکی امواج سرما در نهایت دو موج نماینده بهمن ۱۳۷۰ و دیماه ۱۳۸۶ تعیین شدند. نقشه‌های فشار سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال این یخبندان‌ها از سایت NCEP استخراج شده و تحلیل گردید. نتایج تحقیق نشان داد که علت بیش‌تر یخبندان‌های شدید سطح بالا ناشی از استقرار یک فرود عمیق در غرب ایران بوده که هوای سرد مناطق قطبی را به ایران هدایت می‌کند. استقرار فراز مانع در شرق این فرود سبب ایستایی نسبی این فرود شده و تداوم سرما را در منطقه تشدید می‌کند. در سطح زمین هم اکثرا پرفشارهای مهاجر غربی و گسترش زبانه پرفشار سیبری بر شدت سرمای هوای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌افزاید. بر این اساس می‌توان حداقل از ۵ روز قبل با استقرار این سیستم‌ها در همسایگی‌های منطقه مورد مطالعه شرایط سرمایی را پیش‌بینی کرده ومدیران و کشاورزان را برای مقابله با سرما آماده نمود.

واژگان کلیدی: امواج سرمایی، شمال‌غرب ایران،الگوهای سینوپتیک، پرفشارهای مهاجر، پرفشار سیبری، یخبندان.

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی تبریز.
۲- عضو هیئت علمی واستاد دانشگاه خوارزمی تهران.

مقدمه

مناطق شمال‌غرب کشور دارای ویژگی‌های خاص اقلیمی خود می‌باشد، توده‌های هوایی که از سمت شمال‌غرب و غرب و شمال به این منطقه وارد می‌شوند در فصل بهار و زمستان موجب بارش‌های برف و باران می‌شوند. یخبندان‌های پاییزه و بهاره، هر سال خسارت‌های فراوانی بر محصولات کشاورزی، امنیت غذایی مردم، اقتصاد جامعه، حمل و نقل و تصادف‌های جاده‌ای وارد می‌نماید. کشاورزان بیش‌تر نقاط ایران به‌ویژه مناطق شمال‌غرب، از این یخبندان‌ها متضرر می‌شوند. برای نمونه، وقوع یخبندان و سرما در سال۱۳۷۰ و ۱۳۸۶، میلیاردها ریال خسارت به محصول‌های باغی و زراعی منطقه وارد نمود در استان اردبیل، موج سرمای سال ۱۳۸۶، باعث وقوع ۱۵۴۰ فقره تصادف‌های فوتی و جرحی و خسارتی و فوت ۲۲۶ نفر و مجروحیت ۵۱۴ نفر گردید شناسایی و بررسی علل ایجاد امواج سرمایی، می‌تواند از دامنه خسارت‌ها بکاهد. بر این اساس هدف اصلی تحقیق، شناسایی وقوع شدیدترین یخبندان‌های منطقه و تبیین و تحلیل آنها با روش سینوپتیکی می‌باشد. یخبندان‌های بهاره و پاییزه به عنوان یک تغییر کوتاه‌مدت آب و هوایی، متأثر از تغییرات فشار در الگوهای سینوپتیک سطوح بالای جو مطرح می‌باشند. تحقیقات نشان می‌دهد یخبندان‌های انتقالی ناشی از الگوهای سینوپتیک به مراتب برای امور کشاورزی و باغداری خسارت بارتر است (علیجانی، بهلول ۱۳۸۱). در زمینه تحلیل سینوپتیکی یخبندان‌ها، تحقیقات متعدد داخلی وخارجی انجام پذیرفته است. درتحقیقات انواع یخبندان‌ها در پنج نقطه ایالت نبراسکا ، مشخص شد ۷ تا ۳۰ درصد آخرین یخبندان‌ها و ۱۷ تا ۴۲ درصد اولین یخبندان‌ها از نوع فرارفتی هستند در بهار پس از آخرین یخبندان فرارفتی ۲ تا ۵ سرمای تابشی رخ می‌دهد و در پاییز قبل از یخبندان فرارفتی ۱ تا ۳ یخبندان تابشی رخ می‌دهد. (روزنبرگ[1]، ۱۹۶۲). در بررسی و تحلیل احتمالات ویژگی تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان در فلوریدای مرکزی و توزیع احتمالی‌آن بر مبنای فرم وزنی تحلیل رگرسیون، ارتفاع بهترین عامل پیش‌بینی‌کننده ویژگی‌های یخبندان و عرض جغرافیایی در درجه بعدی اهمیت قرار

1- Rosenberg

می‌گیرند (ویلن[۴]، ۱۹۸۸). در سال (۱۹۷۱) وستال[۵] احتمال وقوع اولین و آخرین یخبندان‌ها در پاییز و بهار در ایالت های ساحلی و جنوب شرقی اقیانوس اطلس مورد بررسی قرار داد او یا استفاده از یک مثال عددی یخبندان‌های پاییزه و دیررس بهاره را با توزیع نرمال مورد بررسی قرار داده است. با استفاده از روش‌های آماری و رگرسیون خطی و پردازش داده‌ها، تاریخ اولین و آخرین درجه حرارت روزانه، صفر و کم‌تر از آن در انگلستان بررسی شد روز شمار آن بر مبنای اول ژانویه قرار داده شد تاریخ وقوع اولین و آخرین یخبندان‌ها، به تدریج یخبندان‌های بهاره زودتر خاتمه یافته و یخبندان‌های پاییزه دیرتر شروع شده و در هر دهه دو روز از طول فصل یخبندان‌کاسته شده است (واتکیز[۶]، ۱۹۹۱). در بررسی اثر پر فشار سیبری، مشخص نمود این پر فشار، پدیده غالب دوره سرد سال آسیا بوده که در اوایل دوره سرد در اطراف دریاچه بایکال تشکیل می‌شود و به‌تدریج همزمان با پیشرفت زمستان قوی‌تر و گسترده‌تر شده و در اوج فعالیت خود، زبانه‌هایی به خاورمیانه می‌فرستد و اقلیم منطقه و ایران را کنترل می‌کند (علیجانی، ۱۳۶۹). و بر همین پایه است‌که جابجایی سامانه‌های فشار از عرض‌های بالا به سمت ایران، یخبندان‌های شدید و فراگیر را به‌خصوص در فصل بهار به‌وجود می‌آورند (براتی، ۱۳۷۵). در بررسی چگونگی توزیع مکانی بارندگی در آذربایجان مشخص گردید که ناهمواری‌ها و جهت‌گیری‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در انتقال توده‌های هوا و بارندگی این منطقه به‌عهده دارند. (ساری‌صراف و ذوالفقاری، ۱۳۷۷). یخبندان‌های بهاری شصت ایستگاه هواشناسی ایران در دوره آماری بیست ساله با استفاده از آمار روزانه، ازطریق نقشه‌های هم فشار سطح زمین و هم ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال و نقشه‌های ضخامت هوا بررسی گردید منشأ و مسیر سیستم‌های فشار مولد یخبندان، از نوع انتقالی (سینو پتیکی) بوده و جابجایی محور فرود سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال نقش اساسی داشته است (براتی ۱۳۷۸). در بررسی یخبندان‌های بهاری و پاییزی ایستگاه‌های هواشناسی آذربایجان غربی در یک دوره آماری بیست ساله مشخص شد هر قدر آغاز یخبندان‌ها در پاییز زودتر از میانگین

4- Waylen
5- Vestal
6- Watkis

کلی آغازها رخ دهد خاتمه آن نیز در بهار دیرتر از میانگین پایان‌ها رخ خواهد داد (مجرد قره باغ، ۱۳۷۶). در تحلیل الگوهای همدیدی ایجادکننده یخبندان‌های بهاره ایران، مشخص شد جابجایی سامانه‌های فشار از عرض‌های بالاتر به‌سوی ایران و استقرار ناوه در ساحل شرقی دریای مدیترانه غالباً نشانه ورود موج یخبندان در همان روز به ایران است و جابجایی محورهای فرود در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال و پرفشار مهاجر در سطح زمین از غرب مدیترانه به‌سوی ایران و سپس ادغام آن با فرود و پرفشار معمول و شدید سیبری به‌وقوع یخبندان‌های بهاره می‌انجامد (براتی، ۱۳۷۷). سیستم کم ارتفاع شمال دریای خزر در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال، رخداد یخبندان‌های نیمه غربی ایران را توجیه می‌نماید، این سیستم با سیستم کم ارتفاع نسبتاً قوی در غرب خود و بر روی مدیترانه، همراه بوده و در روزهای یخبندان خطوط هم دمای ۱۵- تا۳۰- درجه سانتی‌گراد در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال از روی ایران عبور می‌کند (عزیزی،۱۳۸۳). یخبندان‌های استان اردبیل در دوره سرد سال بیش‌تر از نوع یخبندان‌های وزشی بوده‌که از آبان تا فروردین اتفاق می‌افتد، استقرار یک پرفشار در سطح دریا و یک ناوه‌ی عمیق در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال، عامل ایجاد یخبندان‌های شدید و فراگیر است (هژبرپور و علیجانی، ۱۳۸۶). در تحلیل همدیدی موج سرمای شدید دی ماه ۱۳۸۶ ایران به‌طور مداوم، سامانه بندالی حاکمیت داشته به‌طوری که تشکیل سامانه بندالی زوجی در پنجه چهارم (روزهای شانزدهم تا بیستم) و پنجه دوم (روزهای ششم تا دهم) به‌خوبی مشاهده می‌شود. با بررسی باد گرمایی در لایه ضخامت ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال، نیمه شمالی کشور در معرض فرارفت شدید هوای سردی است که از مناطق قطبی و شمال منطقه سرد سیبری می‌گذرد و با خود هوای سرد و خشک را به داخل کشور منتقل می‌کند (عزیزی، ۱۳۸۶). هماهنگی و انطباق سامانه‌ها در ترازهای زیرین و میانی جو باعث سرمای فراگیری بخش اعظم کشور در سال ۱۳۸۲ شد. عامل اصلی افت شدید دما، نفوذ زبانه‌های پرفشار سیبری در امتداد شمالی-جنوبی بر روی ایران و حتی تا عربستان بوده است (لشکری، ۱۳۸۷). در تحلیل الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال‌غرب ایران ۷۰ درصد از موارد سرماهای شدید به‌علت استقرار ناوه‌ای عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در قسمت عقب آن و هم‌چنین وجود یک پرفشار در سطح زمین

می‌باشد. در بقیه موارد سرمایش تابشی سطح زمین عامل اصلی سرماهای شدید می‌باشد (رسولی،۱۳۸۸). تیپ‌های هوای پرفشار اروپای شمالی، پر فشار سیبری و پر فشار اروپای شرقی، بیش‌ترین تأثیر را در رخداد یخبندان‌های شدید و فراگیر ایران داشته‌اند به‌طوری که این تیپ‌های هوا جریانات هوای سـرد قطبی را از عـرض‌های جغرافیایی بالا به‌سوی عرض‌های پایین منتقل کرده و به‌دنبال آن یخبندان‌های شدید و فراگیر در ایران به‌وقوع می‌پیوندد (فتاحی وصالحی ،۱۳۸۸). طی دوره زمانی۲۳ تا۲۶ فروردین ۱۳۸۸ فعالیت یک سامانه پرفشار در شمال دریای خزر باعث ریزش هوای سرد عرض‌های بالا به کشور و وقوع یخبندان در بیش‌تر ایستگاه‌های کشور گردید (رحیمی،قویدل، ۱۳۹۳). در تحلیل همدید امواج سرماهای فراگیر ایران مورد سرمای دی و بهمن ۱۳۸۳چهار محال نفود زبانه‌ای از پرفشار سیبری به کشور که در اطراف دریاچه بایکال شکل گرفته باعث افت شدید دما قابل ملاحظه‌ای در ایران و در این منطقه شده است (کریمی و صادق، ۱۳۹۱) در ادامه این تحقیقات، پژوهش حاضر بر آن است تا با استفاده از الگوهای سینوپتیک اتمسفری به بررسی و تحلیل سرماها و یـخبندان‌های شدید منطقه شـمال‌غرب پرداخته تا بتواند مدلی برای پیش‌بینی سرماهای شدید منطقه در فاصله زمانی طولانی‌تر ارائه دهد.

داده‌ها و روش کار

برای انجام این تحقیق در منطقه شمال‌غرب ایران (آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی، اردبیل، زنجان و کردستان) (شکل ۱) ایستگاه‌های سینوپتیک ارومیه، خوی، ماکو، سردشت، تکاب، پارس‌آباد، خلخال، اردبیل، اهر، کلیبر، جلفا، میانه، مراغه، تبریز، زنجان، خدابنده، سقز، بیجار انتخاب گردید. دمای روزانه ایستگاه‌های منتخب از دی ماه ۱۳۷۰ تا پایان شهریور سال ۱۳۹۳ شمسی برابر با ژانویه ۱۹۹۱ لغایت سپتامبر ۲۰۱۴ میلادی از سایت سازمان هوشناسی کشور تهیه گردید.

شکل (۱) موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه شمال‌غرب

موج‌های سرما از روی دماهای روزانه به‌روش زیر استخراج گردید:

الف) وقوع دمای روزانه ۴- درجه سانتی‌گراد و کم‌تر در حداقل دو ایستگاه.

ب) فراگیری موج سرما در حداقل ۷۵ درصد ایستگاه‌ها.

ج) امواج سرمایی با تداوم بیش از ۵ روز متوالی در منطقه.

د) افت دمایی ۱۰ درجه سلسیوس نسبت به روز قبل در ایستگاه‌ها.

بر اساس شرایط فوق تعداد ۴۳ موج سرما شناسایی گردید. و از بین این امواج در نهایت سه موج سرمای برجسته از نظر شدت، تداوم زمانی و گسترش مکانی انتخاب شدند. نقشه‌های هوای سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال این سه موج از سایت NCEP تهیه شدند.

جدول (۱) تیپ غالب امواج سرمایی شمال غرب کشور

تیپ امواج سرمایی		طولانی	۱۳۸۶/۱۰/۱۶	۱۸ روز
	تداوم	متوسط	۱۳۸۱/۹/۳۰	۱۰ روز
		کوتاه	۱۳۸۴/۱۲/۲۹	۳ روز
	شدت	زیاد	۱۳۸۸/۱۲/۲۵	dt(۲۰/۹/C)
		متوسط	۱۳۸۵/۸/۱۶	dt(۱۰.۰۰ /C)
		کم	۱۳۹۱/۹/۷	dt(۴/۰۰ /C)
	گسترش	تمام مناطق	۱۳۷۰/۱۱/۲	۱۰۰ درصد
		غالب مناطق	۱۳۹۳/۱/۹	۸۵ درصد

		نسبتاً کم	۱۳۷۲/۲/۴	۵۵ درصد

نتایج و بحث

امواج سرمایی منتخب بر اساس روند نزولی افت دمایی آنها در مقایسه با روز قبل درج شده است. طبق این جدول شدیدترین موج سرمایی در اسفند ۱۳۸۸ رخ داده است در این دوره ۵ روزه میانگین دمای روزانه حدود ۲۱ درجه نسبت به روز قبل کاهش داشته است. ملایم‌ترین موج سرما با دوره قبلی خود حدود ۴ درجه تفاوت داشته است. طولانی‌ترین دوره سرمایی ۱۸ روز دوام داشته که در دی‌ماه ۱۳۸۶ رخ داده است. زمستان ۱۳۸۶ از سردترین سال‌ها در تاریخ کشور ایران است که در اکثر نقاط آن به‌دلیل موج سرمایی شدید و فراگیر تعطیلی بوده است. زودترین سرماها در ۴ آبان ۱۳۷۱ رخ داده است در صورتی که دیرترین آن‌ها در دوم اردیبهشت ۱۳۷۲ با ۶ روز تدوام اتفاق افتاده است (جدول ۲).

جدول (۲) ویژگی های امواج سرمایی منتخب

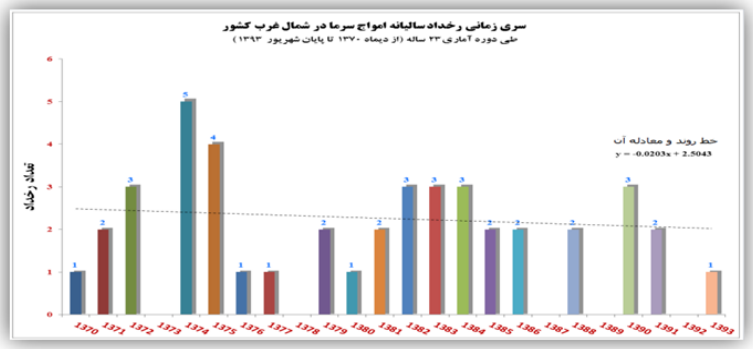
ردیف	سال	ماه	روز شروع سرما	روز خاتمه سرما	تداوم روزهای سرد	میانگین افت دمای دوره	سال میلادی	ماه میلادی
۱	۱۳۸۸	۱۲	۲۵	۳۰	۵	۲۰/۹	۲۰۱۰	۳
۲	۱۳۷۰	۱۱	۲	۱۶	۱۴	۱۷/۳	۱۹۹۲	۱
۳	۱۳۹۳	۱	۹	۱۳	۴	۱۶/۶	۲۰۱۴	۳
۴	۱۳۹۱	۱۲	۱۴	۱۹	۵	۱۵/۹	۲۰۱۳	۳
۵	۱۳۹۰	۸	۱۵	۱۹	۴	۱۵/۳	۲۰۱۱	۱۱
۶	۱۳۷۲	۸	۲۲	۳۰	۸	۱۳/۸	۱۹۹۳	۱۱
۷	۱۳۸۱	۹	۳۰	۸	۹	۱۳/۶	۲۰۰۲	۱۲
۸	۱۳۸۰	۸	۲۶	۲۶	۴	۱۳/۳	۲۰۰۱	۱۱
۹	۱۳۷۴	۱۱	۱۰	۱۶	۶	۱۳	۱۹۹۶	۱
۱۰	۱۳۸۵	۱۰	۶	۱۱	۵	۱۲/۲	۲۰۰۶	۱۲
۱۱	۱۳۷۴	۸	۱۹	۲۳	۴	۱۲/۱	۱۹۹۵	۱۱
۱۲	۱۳۸۲	۹	۱۹	۲۵	۶	۱۲	۲۰۰۳	۱۲

۱۳	۱۳۷۷	۱	۴	۱۲	۸	۱۱/۹	۱۹۹۸	۳
۱۴	۱۳۷۲	۲	۲	۶	۴	۱۱/۸	۱۹۹۳	۴
۱۵	۱۳۸۴	۱	۳	۷	۴	۱۱/۶	۲۰۰۵	۳
۱۶	۱۳۸۲	۱۲	۱۶	۲۲	۶	۱۱/۲	۲۰۰۴	۳
۱۷	۱۳۷۵	۱۱	۱۷	۲۱	۴	۱۱/۱	۱۹۹۷	۲
۱۸	۱۳۷۵	۱۲	۱۶	۲۱	۵	۱۱/۱	۱۹۹۷	۳
۱۹	۱۳۸۶	۱۰	۱۶	۴	۱۸	۱۰/۸	۲۰۰۸	۱
۲۰	۱۳۸۳	۱	۱۵	۱۵	۴	۱۰/۶	۲۰۰۴	۴
۲۱	۱۳۸۵	۸	۱۶	۲۰	۴	۱۰	۲۰۰۶	۱۱
۲۲	۱۳۸۲	۱	۵	۱۲	۷	۹/۹	۲۰۰۳	۳
۲۳	۱۳۷۱	۱۰	۲۰	۴	۱۵	۹/۵	۱۹۹۳	۱
۲۴	۱۳۸۳	۱	۲۷	۳۱	۴	۹/۳	۲۰۰۴	۴
۲۵	۱۳۷۵	۸	۵	۹	۴	۸/۸	۱۹۹۶	۱۰
۲۶	۱۳۸۱	۹	۳۰	۹	۱۰	۸/۸	۲۰۰۲	۱۲
۲۷	۱۳۷۱	۸	۴	۷	۳	۸/۷	۱۹۹۲	۱۰
۲۸	۱۳۸۶	۹	۱	۷	۶	۸/۶	۲۰۰۷	۱۱
۲۹	۱۳۷۲	۸	۱۹	۲۲	۳	۸/۳	۱۹۹۳	۱۱
۳۰	۱۳۷۶	۱	۱۸	۲۴	۶	۸/۲	۱۹۹۷	۴
۳۱	۱۳۸۳	۱۱	۱۹	۲۵	۶	۸/۲	۲۰۰۵	۲
۳۲	۱۳۷۹	۱	۳	۹	۶	۷/۷	۲۰۰۰	۳
۳۳	۱۳۸۴	۱	۱۳	۱۸	۵	۷/۷	۲۰۰۵	۴
۳۴	۱۳۷۵	۱	۱۲	۱۸	۶	۷/۴	۱۹۹۶	۳
۳۵	۱۳۷۴	۷	۱۱	۱۵	۴	۷/۳	۱۹۹۵	۱۰
۳۶	۱۳۷۴	۱	۱۵	۱۹	۴	۷/۱	۱۹۹۵	۴
۳۷	۱۳۷۴	۱	۵	۹	۴	۵/۷	۱۹۹۵	۳
۳۸	۱۳۷۹	۱۱	۷	۱۲	۵	۵/۷	۲۰۰۱	۱
۳۹	۱۳۸۸	۸	۳۰	۳	۳	۵/۶	۲۰۰۹	۱۱

۴۰	۱۳۹۰	۱	۲	۷	۵	۵/۵	۲۰۱۱	۳
۴۱	۱۳۹۰	۱	۲۴	۲۷	۳	۵/۳	۲۰۱۱	۴
۴۲	۱۳۸۴	۱۲	۲۹	۳	۳	۴	۲۰۰۶	۳
۴۳	۱۳۹۱	۹	۷	۱۲	۵	۴	۲۰۱۲	۱۱

الف) فراوانی سالانه امواج سرمایی

براساس این شکل بیش‌ترین سرماها با تعداد ۵ موج در سال ۱۳۷۴ و تعداد ۴ موج در سال ۱۳۷۵ رخ داده است. در صورتی که بعضی از سال‌ها مانند سال ۱۳۷۳ و سال ۱۳۹۲ اصلاً موج سرمای شدید وجود نداشته است. بر اساس این شکل سال‌های بدون موج به طرف سال‌های اخیر بیش‌تر شده و فراوانی سالانه، در سال‌های اخیر کم‌تر شده است (شکل ۲).

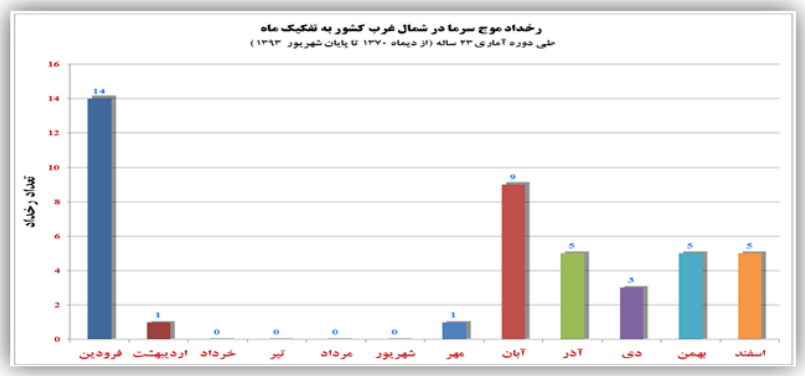


شکل (۲) فراوانی سالانه امواج سرمایی

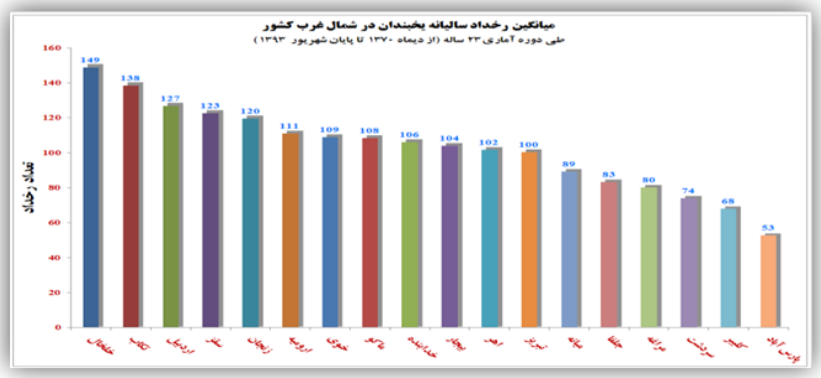
ب) فراوانی ماهانه و پراکندگی مکانی امواج سرمایی

بر اساس این شکل امواج سرمایی شدید و فراگیر منطقه در دوره مهر تا اردیبهشت پخش شده است. بیش‌ترین این امواج با تعداد ۱۴موج در فروردین ماه رخ داده است. این امر ناپایداری شدید در فصل بهار و تأخیر زمستان به طرف دوره گرم سال باشد. برخلاف انتظار ماه آبان با تعداد ۹ موج به‌عنوان آغاز دوره سرد بیش‌ترین فراوانی را دارد. این نمودار نشان

می‌دهد که امواج شدید و فراگیر در دوره کاملاً سرد رخ نمی‌دهند بلکه در روزهای آغازین و پایانی دوره سرما زمانی که اتمسفر در شرایط گذار بوده و خیلی نامنظم و غیرقابل پیش‌بینی است رخ می‌دهد (شکل ۳).



شکل (۳) فراوانی ماهانه امواج سرمایی



شکل (٤) فراوانی امواج سرما در ایستگاه‌های منطقه در کل دوره مطالعه

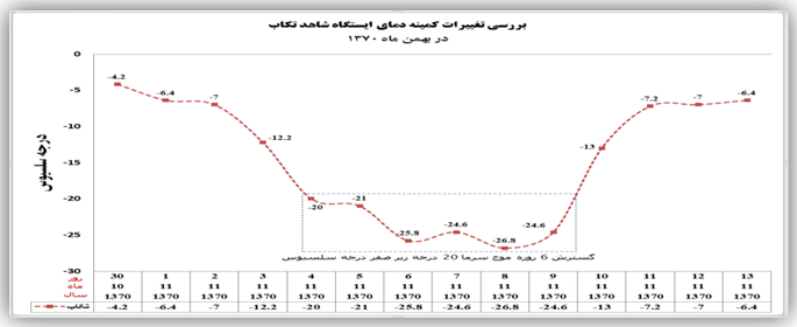
مقایسه فراوانی امواج سرما در ایستگاه‌های منطقه نمایش داده شده است. از نظر پراکندگی مکانی روزهای یخبندان به‌صورت فراوانی کل، شهرستان خلخال در استان اردبیل با۱۴۹ روز و شهرستان تکاب در استان آذربایجان‌غربی با ۱۳۹روز بیش‌ترین روزهای یخبندان و شهرستان‌های سردشت با ۷۴ روز و پارس‌آباد مغان با تعداد ۵۳ روز کم‌ترین دوره یخبندان را در منطقه مورد مطالعه داشته است (شکل ۴).

تحلیل سینوپتکی

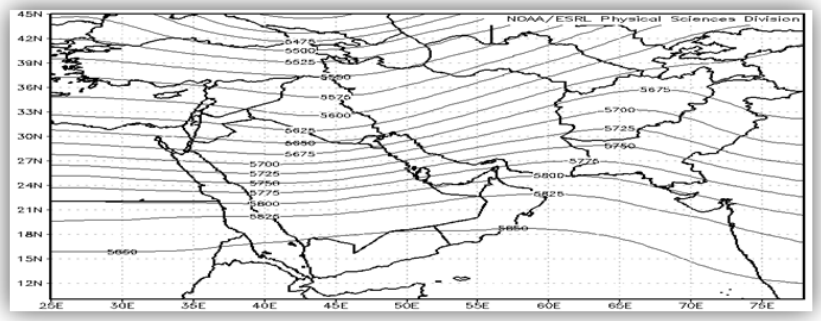
برای تحلیل سینوپتیکی یخبندان‌ها دو موج شدید و گسترده بهمن ۱۳۷۰ و دیماه ۱۳۸۶ انتخاب شدند.

۱ـ موج سرمای بهمن ۱۳۷۰

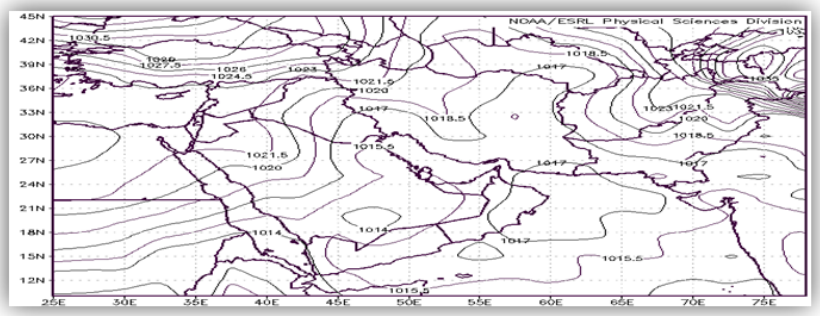
این موج سرما از روز ۳۰ دی ماه شروع و در روز۱۶ بهمن پایان یافت. افت دما نسبت به روزهای قبل از سرما ۱۷.۴ درجه سلسیوس بوده است. در این روز دما به ۴.۲- درجه سانتی‌گراد رسید و بعد از آن به تدریج کاهش پیدا کرده در روز ۲ بهمن دما به ۷- درجه رسید. از روز ۲ بهمن به بعد دمای هوا سریع کاهش پیداکرده و در ۸ بهمن، تغییرات دمای ایستگاه تکاب به‌عنوان ایستگاه شاهد دما به ۲۶.۸- درجه رسیده است (شکل ۵).



شکل (۵) تغییرات دمای ایستگاه تکاب در موج سرمای بهمن ۱۳۷۰

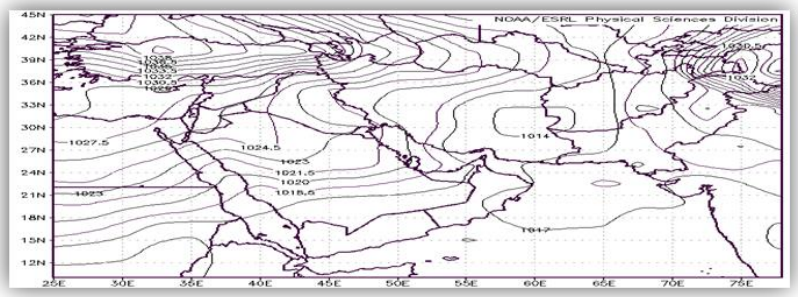


آرایش توپوگرافی ۵۰۰ هکتوپاسکالی در روز اول بهمن نشان می‌دهد یک فرود بر روی آذربایجان قرار گرفته است در سطح زمین هم پرفشار روی دریای سیاه تا منطقه کشیده شده است. جریان عمومی هوا در این روز به‌صورت شمالی می‌باشد. پرفشار سیبری بر روی افغانستان متمرکز است. در مجموع بر روی آذربایجان هوای سرد متمرکز شده است (شکل۶).



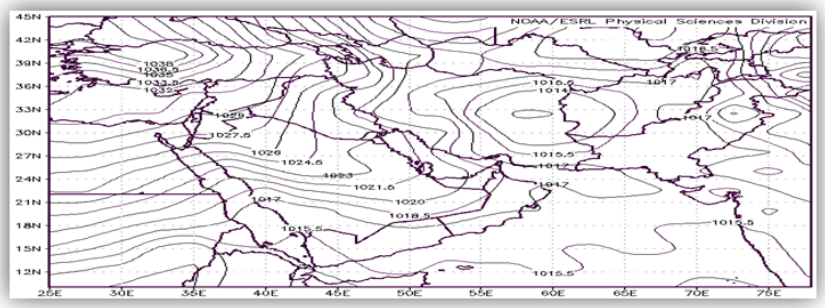
شکل (٦) آرایش سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و زمین در روز اول بهمن ۱۳۷۰

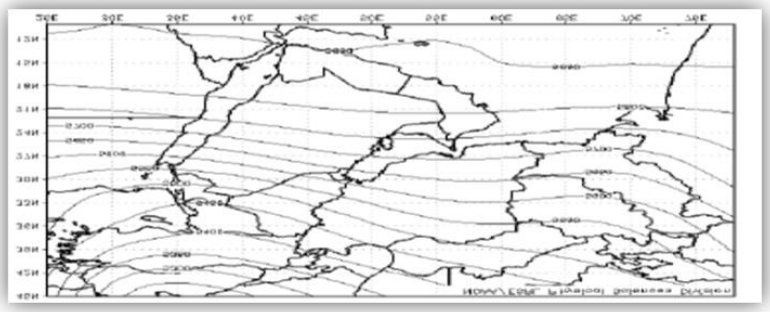
در روز دوم بهمن با پیشروی فرود سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال به طرف شرق، پرفشار سطح زمین هم به‌طرف شرق کشیده شده است در نتیجه در قسمت شرقی این پرفشار هوای سرد عرض‌های بالاتر به‌سوی منطقه سرازیر شده است (شکل ۷).



شکل (۷) نقشه هوای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین در روز دوم بهمن ۱۳۷۰

روز سوم بهمن در روز اوج سرما فرود سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال عمیق‌تر شده و به‌طرف شرق پیشروی نموده است این پیشروی سبب شده است که هوای سردتری به منطقه مورد مطالعه وارد شود. علاوه براین شرایط پایداری در منطقه مطالعه شدیدتر شده است. تمرکز متوالی هوای سرد بر روی منطقه در روزهای بیش‌تر سبب انباشت هوای سرد و نهایتاً سرمای شدید گردیده است. در روز سوم مرکز کم فشار واقع بر مرکز ایران به طرف جنوب سرازیر شده و سبب گردیده که پرفشار مهاجر غرب ایران با پرفشار سیبری به هم نزدیک شده و کل شمال ایران را هوای پایدار و سرد فراگیرد (شکل ۸).



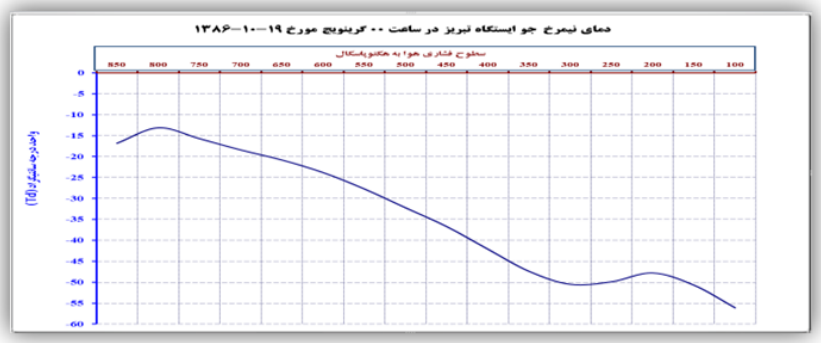


شکل (۸) نقشه هوای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین در روز سوم بهمن ۱۳۷۰

این پرفشار تا روز سیزدهم بهمن در منطقه مستقر بوده و سبب شده بود بر اثر فرایند انباشت تدریجی سرمای منطقه روزبه‌روز سردتر شود. به‌طوری‌که در ایستگاه تکاب دما در روز ۸ بهمن به ۲۸.۵- درجه سلسیوس برسد.

۲ـ موج سرمای دی ماه سال ۱۳۸۶

سرمای دیماه ۱۳۸۶ طولانی‌ترین و فراگیرترین سرمای دوره مطالعه بود. موج سرما از روز ۸ دی ماه آغاز شد و در کوتاه‌مدت کشور را فراگرفت. اما موج سرمای واقعی از ۱۶ دی ماه تا ۴ بهمن ادامه داشت. دماها در اکثر ایستگاه ها به زیر ۱۰- درجه سلسیوس رسید. دما در ایستگاه تبریز در روز ۱۹ دی در شدیدترین روز سرما به ۱۶.۸- درجه رسید. بر اساس آمار رادیو سوئد جو بالای تبریز دمای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال هم از میانگین درازمدت آن حدود ۱۰ درجه سردتر شده و به ۳۲.۲- درجه رسیده بود. موج سرما علاوه بر گسترش و فراگیری افقی از گسترش عمودی برخوردار بود. (شکل ۹).



شکل (۹) نیمرخ عمودی دمای ایستگاه تبریز در روز ۱۹ بهمن ۱۳۸٦

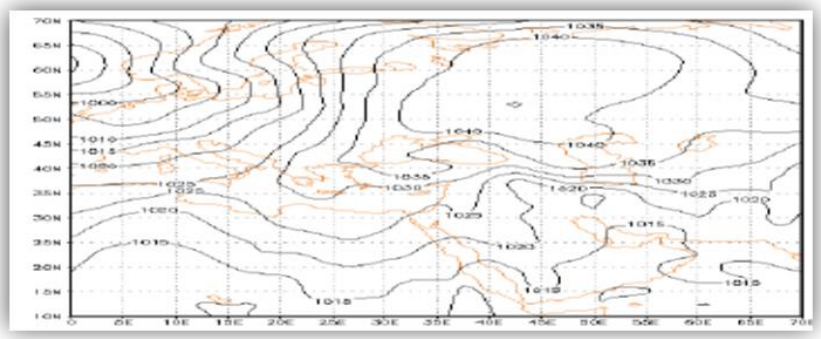
به‌طوری‌که دما از روز ۲۱ دیماه روند کاهشی بسیار شدیدی داشته و در روزهای آخر ماه دی سردترین دماها به ۳۱.۴- درجه سلسیوس هم رسید (شکل ۱۰).

شکل (۱۰) روند تغییرات دمای ساعتی در دوره ۲۱ تا ۲٦ دیماه ۱۳۸٦ در ایستگاه اردبیل

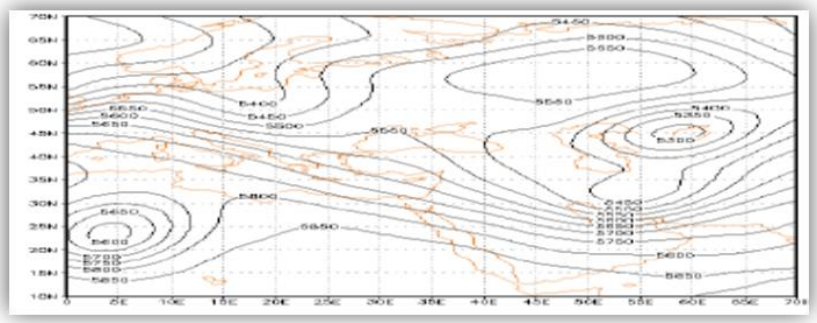
الف) تحلیل سینوپتیکی

تحلیل سینوپتیکی این موج سرما را از روز ۱۶ دی‌ماه آغاز می‌کنیم. در این روز در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال یک فراز بلوکه شده در شمال دریای خزر مستقر شده است. استقرار این فراز مانع، مرکز پرفشار گسترده و شدیدی در سطح زمین ایجاد کرده است. این پرفشار کل منطقه شمال دریای خزر تا قطب شمال را فراگرفته است. زبانه آن با منحنی همفشار

۱۰۲۰ تمام شمال‌غرب ایران را پوشانده است و در روی منطقه مورد مطالعه، شدت فشار تا ۱۰۳۲ هکتوپاسکال می‌رسد. گسترش این پرفشار به‌طرف قطب‌شمال سبب شده است که هوای بسیار سرد از طریق منطقه قفقاز به آذربایجان بریزد و دماها را خیلی سرد کند و وجود حالت مانع باعث شده است که این سیستم به‌مدت طولانی بر روی منطقه باقی بماند (شکل ۱۱).



شکل (۱۱) نقشه‌های هوای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین در روز ۱۶ دیماه ۱۳۸۶



شکل (۱۲) نقشه هوای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین در روز ۱۷ دیماه ۱۳۸۶

شرایط روز ۱۶ دی ماه در روزهای بعد تداوم داشته است. به‌طوری که در روز ۱۷ دیماه همان وضعیت با تفاوت این‌که سیستم‌ها به‌طرف شرق جابجا شده‌اند وجود دارد. بنابراین هنوز هوای سرد از عرض‌های شمالی به منطقه سرازیر است و هوا به‌دلیل انباشته شدن هوای سرد روزبه‌روز سردتر می‌شود (شکل ۱۲).

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی فراوانی و سینوپتیکی امواج طولانی و شدید نشان داد:

۱- بیش‌ترین فراوانی امواج سرما در دوره مورد مطالعه سال‌های دهه ۱۳۸۰ بوده است و فراوانی دهه ۱۳۷۰ در درجه دوم قرار داشته فراوانی این امواج در دهه ۱۳۹۰ رو به کاهش گذاشته است نکته جالب فراوانی ماهانه آن‌ها در ماه‌های گذار آبان و فروردین است. این دوماه بیش‌تر از ماه‌های دیگر امواج سرمای شدید و فراگیر را تجربه کرده‌اند. که شاید دلیل آن رخداد تغییر اقلیم و گرمایش هوا است و سامانه اقلیم بی‌نظم شده است. این بی‌نظمی در ماه‌های گذار مانند بهار و پاییز رخ می‌دهد. وآن به دلیل استقرار بادهای غربی در عرض‌های بالاتر است هر سیستمی نمی‌تواند به ایران بیاید. اما هر سیستمی که می‌آید خیلی قوی است و نتیجه آن فراوانی این امواج شدید می‌باشد.

۲- ریزش سرماهای شدید در منطقه از نوع فرارفتی (جبهه‌ای) بوده، و علت آن نفوذ چرخندی (یا ناوه ژرف آن) با منشأ دریای مدیترانه و گاهی دریای سیاه، با افت قابل ملاحظه ارتفاع فشار و گرادیان شدید خطوط هم ارتفاع در لایه‌های میانی جو و هماهنگ با ریزش پرفشار در سطح زمین رخ می‌دهد.

۳- با گذر جبهه سرد از منطقه و صاف شدن آسمان به‌ویژه در طول شب‌های زمستان، یخبندان‌های تابشی شدید در شمال‌غرب کشور رخ می‌دهد.

۴- از نظر سیستم‌های ایجادکننده سرما در سطح زمین پرفشارهای مهاجر و در سطح بالا هم یک فرود عمیق یا یک فراز مانع می‌باشد.

۵- نقش پرفشار سیبری در سرماهای منطقه به اندازه پرفشارهای مهاجر نیست. پس برای جلوگیری از خسارت‌های احتمالی این امواج و پیش‌بینی دقیق آن‌ها باید به بادهای غربی و مسیر سامانه‌های آن‌ها به‌ویژه پرفشارهای مهاجر توجه خاص شود.

منابع

ـ براتی، غلامرضا (۱۳۷۵)، «طراحی و پیش‌بینی الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های بهاره ایران»، رساله دکترا دانشگاه تربیت مدرس.

ـ براتی، غلامرضا (۱۳۷۷)، «***بررسی و ارائه مدل‌های سینوپتیکی بارش‌های سنگین در شمال‌غرب ایران***»، دانشگاه تربیت مدرس.

ـ علیجانی، بهلول (۱۳۶۹)، «چگونگی تشکیل فرابار سیبری و اثرات آن بر اقلیم شرق ایران»، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، سال پنجم، شماره ۱۷.

ـ علیجانی، بهلول غلامرضا براتی (۱۳۷۵)، «***تحلیل سینوپتیک یخبندان فروردین ۱۳٦٦***».

ـ علیجانی، بهلول (۱۳۸۱)، «اقلیم‌شناسی سینوپتیک»، تهران، انتشارات سمت، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***.

ـ عزیزی، قاسم و حسن یوسفی (۱۳۸۳)، «***زمان‌یابی ورود پر فشار سیبری بر سواحل جنوبی دریای خزر***».

ـ علیجانی، بهلول و قاسم هژبرپور (۱۳۸۶)، «تحلیل همدید یخبندان‌های استان اردبیل»، ***فصلنامه جغرافیا و توسعه***.

ـ علیجانی، بهلول و محمود هوشیار (۱۳۸۷)، «شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرمای شدید شمال-غرب ایران»، ***مجله پژوهش جغرافیای طبیعی ایران***.

ـ عزیزی، قاسم (۱۳۸۶)، «ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمه غربی ایران»، ***مجله مدرس***، تهران.

ـ عزیزی، قاسم و محمود اکبری (۱۳۸۶)، «تحلیل همدیدی موج سرمای شدید دی ماه ۱۳۸۶ ایران»، ***پژوهش‌های جغرافیای***، زمستان ۱۳۸۸، دوره ۴۱، شماره ۷۰ ، صفحه ۱ تا صفحه ۱۹.

ـ کریمی، صادق و بهلول علیجانی (۱۳۹۱)، «تحلیل همدید امواج سرماهای فراگیر ایران مورد: موج سرمای دی و بهمن ۱۳۸۳ استان چهار محال و بختیاری»، ***نشریه جغرافیا و توسعه***.

ـ مجرد قره‌باغ، فیروز (۱۳۷۶)، «تحلیل و پیش‌بینی یخبندان آذربایجان»، پایان‌نامه دکتری تخصصی جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

ـ فتاحی، ابراهیم و تهمینه صالحی (۱۳۸۸)، «تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران»، ***جغرافیا و توسعه***، بهار ۱۳۸۸، دوره ۷، شماره پیاپی ۱۳، صفحه ۱۲۷ تا صفحه ۱۳۶.

ـ لشکری، حسن (۱۳۸۷)، «تحلیل سینوپتیکی موج سرمای فراگیر ۱۳۸۲ در ایران»، ***مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی***.

ـ رحیمی، قوی‌دل (۱۳۹۳)، «بررسی اثر الگوی پیوند از دور دریای شمال–خزر بر نوسانات بارش‌های پاییزی مناطق غرب و شمال‌غرب ایران»، ***نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز***، شماره ۴۹، صص ۲۱۷–۲۳۰ .

ـ رسولی، علی‌اکبر (۱۳۸۸)، «تهیه اطلس اقلیمی آذربایجان»، ***نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه–تبریز***، شماره ۲۷ ، ص ۲۱۵ –۲۳۰.

-Vestal, (1971), "Design and Forecasting of Synoptic Patterns Spring Frosts Human Sciences Departmet".

- Rosenberg, N.J, (1963), "***Micro Climate to the Biological***", PP. 504-615.

-Waylen, P.R. (1988), "Statistical analysis of freezing temperatures in centural and Souther n Florida", ***J. Climatol***, 8(6): PP.607-628

-Watkis, S.C. (1991), "The annualPeriod of Freezing Temperaturesin Centurial England, 1850-1959", ***inter. J. Climatol***, 11(8), PP.889-896.