

ارزیابی شاخصهای یخبندان و شروع پاییزه آن در ایران (مطالعه موردی ایستگاه اکباتان همدان)

محسن توکلی^۱، مهرداد حسینی^۲

(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۵/۱/۱۵)

در این تحقیق به منظور بررسی یخبندانهای رخ داده در ایستگاه اکباتان (همدان)، حداقل دماهای روزانه این ایستگاه مورد مطالعه قرار گرفت که بطور کلی یخبندانها به سه دسته ضعیف (ملایم)، متوسط و شدید تقسیم شد. سپس محدوده تغییرات زمانی وقوع این یخبندانها تعیین و فراوانی وقوع آنها نیز محاسبه شده است. همچنین با بدست آوردن یک مدل، تاریخ اولین یخبندان پاییزه با توجه به تاریخ وقوع آخرین یخبندان بهار همان سال، پیش بینی شده است. با محاسبه پارامترهای آماری مختلف، احتمال وقوع آستانه‌های دمایی بین صفر تا ۱۵- درجه سلسیوس نیز در ماه‌های سال تعیین گردید. علاوه براین با تقسیم طول سال به ۳۶ دهه مختلف سعی شده است، دماهایی که با احتمالات مختلف، امکان وقوع دارند نیز محاسبه گردد. نتایج نشان می‌دهد که حداقل دمای ایستگاه اکباتان طی دو دهه اخیر روند افزایشی داشته است و در این بین اسفند و اردیبهشت ماه به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار افزایش دما را نشان می‌دهند. یخبندانهای شدید در ماههای دی و بهمن، یخبندانهای متوسط در مهر، آبان، بهمن و اسفند و یخبندانهای ملایم در آبان ماه رخ می‌دهد. برای پیش بینی یخبندانهای پاییزه مدلی ارائه شده است که بررسی آن همبستگی خطی خوبی بین یخبندانهای بهار و پاییزه را نشان می‌دهد که می‌توان با داشتن یخبندان بهار، تاریخ یخبندان پاییزه را پیش بینی کرد که این رابطه در سطح ۵ درصد معنی دار است.

چکیده

*

*

*

۱- دانشگاه ایلام

۲- هواشناسی استان ایلام

کلمات کلیدی: حداقل دما، یخبندان، مدل همبستگی، تاریخ وقوع، فراوانی، ایستگاه اکباتان.

مقدمه

تأثیرگذاری عوامل آب و هوایی در بهبود ساختار اقتصادی کشور از اهمیت بسزایی برخوردار است. از بخشهای تأثیرپذیر که رابطه مستقیمی با پدیده‌های آب و هوایی دارد بخش کشاورزی می‌باشد. در صورتی که در برنامه ریزیهای کشاورزی نسبت به نقش عناصر جوی آگاهی کافی وجود نداشته باشد، توفیق چندانی حاصل نخواهد شد زیرا اثبات شده است که در بیشتر موارد بازده کم محصولات کشاورزی نتیجه عدم آگاهی و برنامه ریزی متناسب با شرایط جوی است. با وجود اینکه کنترل عوامل جوی و اقلیمی توسط انسان ناممکن است ولی انسان با تلاش خود در جهت ارتقاء دانش، نسبت به اثرات عوامل جوی و با مطالعات روند تغییرات اقلیمی سعی در کاهش میزان خسارات وارده با ابداع روشهایی نوین داشته است [۱۱]. بطور کلی یخبندان به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن دمای هوا در ارتفاع حدود یک تا دو متری از سطح زمین به صفر یا زیر صفر درجه سلسیوس می‌رسد. یخبندان و کاهش درجه حرارت در مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای دارای اهمیت زیادی است، بخصوص که به دلیل بارشهای مناسب در این مناطق کشاورزی نقش اساسی را در اقتصاد منطقه به عهده دارد.

از دیدگاه هواشناسی کشاورزی، یخبندان به وقوع درجه حرارت‌های پایین در حدی که منجر به خسارت به بافت‌های گیاهی شود اطلاق می‌گردد که این نوع یخبندان با توجه به درجات حرارت بحرانی برای هر محصولی متفاوت است. افت شدید درجه حرارت (حداقل دما) و وقوع یخبندان در مراحل مختلف رویشی برای محصولات کشاورزی از اهمیت بسزایی برخوردار است که در صورت وقوع، منجر به محدودیت تولید می‌شود، زیرا گیاهان حساس به سرما مانند گیاهان یکساله و همچنین اندامهای حساس به سرما مانند گل‌های درختان میوه در دماهای زیر صفر به شدت صدمه می‌بینند. یخبندان و سرما باعث کاهش دمای خاک شده که چنانچه شدید باشد گاهی باعث قطع ریشه در خاک نیز می‌شود. علاوه بر آن رطوبت خاک و باد نیز بر این امر تأثیر زیادی دارند که چنانچه محصول کشاورزی مقاوم به سرما نباشد باعث زیانهای فراوانی به محصولات خواهد شد. از آنجایی که هر ساله خسارات زیادی به کشاورزان و باغداران از طریق وقوع یخبندان و در نتیجه سرمازدگی محصولات وارد می‌شود شناخت و بررسی راهکارهای مناسبی جهت کاهش خسارات ناشی از این امر در اولویت قرار می‌گیرد.

مجرد قره باغ [۵] در پایان نامه دکتری خود یخبندانهای استان آذربایجان را بطور کامل پیش بینی کرد و مدلهایی را برای پیش بینی یخبندان از طریق روشهای آماری ارائه نمود. هاشمی [۶] با استفاده از آمار دمای تهران نسبت به تجزیه و تحلیل آماری سرما و یخبندان اقدام نمود و پارامترهای مختلف مرتبط با دمای حداقل را محاسبه و زمان وقوع برخی پارامترها را از نظر آماری پیش بینی کرد. رحیمی [۲] با توجه به آمار دمایی ثبت شده در ایستگاههای البرز مرکزی احتمال وقوع یخبندان و همچنین یخبندانهای دیررس بهاره و زودرس پاییزه را با توجه به اهمیت آنها در کشاورزی بررسی و تاریخهای وقوع آنها را پیش بینی نمود. هوم^۱ [۷] نیز نسبت به توزیع زمانی فصلی و سالانه یخبندان با توجه به روند وقوع آن در سالهای گذشته اقدام نمود. تام و همکاران^۲ [۱۰] نیز در آیوا به بررسی کلیماتولوژیکی یخبندان پرداخته و زمان وقوع آن را با احتمالات مختلف بررسی نمودند. شاو^۳ [۹] به تجزیه تحلیل یخبندان و مخصوصاً ارتباط آن با فیزیولوژی گیاهان پرداخته و تاثیر یخ بر برگ گیاهان را بررسی نمود. کارل^۴ [۸] در تحقیقی به بررسی منطقه‌ای درجه حرارت حداقل و حداکثر و بارندگی پرداخت و به این نتیجه رسید که درجه حرارت حداقل و حداکثر و بارندگی از نظر آماری قابل پیش بینی می‌باشد. در این تحقیق به دلیل اهمیت و کاربرد فراوان حداقل دما در برنامه ریزیهای عمرانی، کشاورزی و اقتصادی منطقه، حداقل دمای روزانه در منطقه اکباتان (همدان) با توجه به داده‌های مناسب نسبت به دیگر ایستگاههای استان همدان مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

در این بررسی، داده‌های حداقل دمای روزانه ایستگاه اکباتان طی دوره آماری ۲۳ ساله (۱۳۶۰ تا ۱۳۸۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. به منظور مطالعه یخبندان در ایستگاه مذکور، یخبندانها به سه دسته ضعیف یا ملایم (دمای بین صفر تا ۱/۱- درجه سلسیوس) متوسط (بین ۱/۱- تا ۳/۳- درجه سلسیوس) و شدید (کمتر از ۳/۳- درجه سلسیوس) تقسیم شده اند که گیاهان زراعی برحسب مقاومت در برابر سرما می‌توانند در این طبقات قرار گیرند. جدول ۱ فراوانی وقوع

1. Hom H. C. S

2. Thom & et. al

3. Show R. H.

4. Karl T. R.

یخبندانهای مختلف را در طول دوره آماری مورد بررسی، نشان می‌دهد. بر این اساس شروع یخبندانهای ملایم اکثراً در مهر ماه (۱۶ مورد) و بقیه در آبان ماه (۷ مورد) اتفاق افتاده است که زودترین تاریخ وقوع یخبندانهای پاییزه در چهارم مهر ماه سال ۱۳۶۰ و دیرترین تاریخ شروع یخبندان پاییزه در هیجدهم آبان ماه سال ۱۳۷۸ رخ داده است. آخرین یخبندانهای ملایم ایستگاه اکباتان بیشتر در فروردین ماه (۱۴ مورد) و اردیبهشت ماه (۸ مورد) اتفاق افتاده است و در یک مورد نیز این امر در اسفند ماه سال قبل رخ داده است. محدوده تغییرات زمانی وقوع یخبندان ملایم نیز بین بیست و هشتم اسفند در سال ۱۳۷۶ تا بیست و هشتم اردیبهشت سال ۱۳۶۰ متفاوت بوده است (یک دوره شصت روزه).

از بررسی یخبندانهای متوسط ملاحظه می‌شود که تاریخ شروع این یخبندانها عمدتاً در آبان ماه (۱۴ مورد) و پس از آن در مهر ماه (۹ مورد) بوده است. زودترین شروع یخبندان متوسط طی این دوره آماری در سوم مهر سال ۱۳۶۰ و دیرترین آن را در بیست و هفتم آبان سال ۱۳۸۱ اتفاق افتاده است. خاتمه یخبندانهای متوسط نیز بیشتر در فروردین ماه (۱۷ مورد) و پس از آن در اردیبهشت ماه و اسفند ماه سال قبل (هر کدام ۳ مورد) اتفاق افتاده است که محدوده تغییرات زمانی زودترین و دیرترین تاریخ وقوع آنها، بین بیست و ششم اسفند تا سیزدهم اردیبهشت (یک دوره ۴۷ روزه) متغیر بوده است.

شروع یخبندانهای شدید رخ داده در ایستگاه مورد بررسی نیز اکثراً در آبان ماه (۱۷ مورد) و پس از آن در آذر ماه (۴ مورد) و مهر ماه (۲ مورد) بوده است. زودترین یخبندان شدید در هفدهم مهر ماه سال ۱۳۶۲ و دیرترین شروع یخبندان شدید پاییزه در هشتم آذر ماه سال ۱۳۷۸ اتفاق افتاده است. خاتمه یخبندانهای شدید این ایستگاه نیز اکثراً در فروردین ماه (۱۶ مورد) و بقیه در اسفند ماه سال قبل رخ داده است، زودترین تاریخ وقوع آخرین یخبندانهای شدید بهار به شانزدهم اسفند سال ۱۳۷۴ و دیرترین آن مربوط به تاریخ بیست و چهارم فروردین ماه سالهای ۱۳۶۲ و ۱۳۷۶ می‌باشد.

ایستگاه اکباتان بطور میانگین ۱۲۷ روز یخبندان در سال را در طول ۲۳ سال گذشته تجربه کرده است که سهم یخبندان ملایم در این ایستگاه بطور متوسط حدود ۲۰ روز در سال می‌باشد. در این بین سال ۱۳۶۱ با ۹ روز و سال ۱۳۶۳ با ۳۱ روز به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد روزهای یخبندان ملایم را داشته‌اند. یخبندان متوسط در این ایستگاه دارای میانگینی در حدود ۲۹ روز در

سال می‌باشد که کمترین تعداد روزهای همراه با یخبندان متوسط در سال ۱۳۷۰ (۱۰ روز) و بیشترین آن در سال ۱۳۶۶ (۴۶ روز) رخ داده است. یخبندانهای شدید این ایستگاه نیز بطور میانگین حدود ۷۸ روز از سال را در برمی گیرند که در این میان سال ۱۳۸۰ با ۶۰ روز کمترین فراوانی و سال ۱۳۶۱ با ۱۱۱ روز، بیشترین فراوانی تعداد روزهای همراه با یخبندان شدید را داشته است.

جدول ۱- فراوانی وقوع یخبندانهای مختلف [۴]

جمع	یخبندان شدید	یخبندان متوسط	یخبندان ملایم	سال	جمع	یخبندان شدید	یخبندان متوسط	یخبندان ملایم	سال
۱۲۳	۶۳	۳۶	۲۴	۱۳۷۲	۱۴۴	۹۰	۲۹	۲۵	۱۳۶۰
۱۱۶	۷۲	۲۰	۲۴	۱۳۷۳	۱۴۲	۱۱۱	۲۲	۹	۱۳۶۱
۱۴۰	۷۷	۳۲	۳۱	۱۳۷۴	۱۵۳	۸۵	۴۲	۲۶	۱۳۶۲
۱۲۸	۷۶	۳۴	۱۸	۱۳۷۵	۱۴۸	۸۴	۳۳	۳۱	۱۳۶۳
۱۳۰	۷۴	۳۳	۲۳	۱۳۷۶	۱۳۰	۷۵	۳۱	۲۴	۱۳۶۴
۱۱۱	۶۷	۲۸	۱۶	۱۳۷۷	۱۱۶	۷۱	۲۱	۲۴	۱۳۶۵
۱۲۳	۸۲	۲۸	۱۳	۱۳۷۸	۱۳۵	۶۸	۴۶	۲۱	۱۳۶۶
۱۲۱	۷۳	۲۸	۲۰	۱۳۷۹	۱۳۲	۹۹	۲۱	۱۲	۱۳۶۷
۹۸	۶۰	۲۱	۱۷	۱۳۸۰	۱۲۴	۷۸	۳۳	۱۳	۱۳۶۸
۱۰۳	۶۱	۲۹	۱۳	۱۳۸۱	۱۳۶	۷۶	۳۶	۲۴	۱۳۶۹
۱۰۱	۶۲	۲۳	۱۶	۱۳۸۲	۱۲۴	۹۸	۱۰	۱۶	۱۳۷۰
					۱۳۳	۶۸	۴۰	۲۵	۱۳۷۱

با بررسی تاریخهای وقوع اولین و آخرین یخبندان در طول دوره آماری می‌توان رابطه همبستگی معنی داری بین تاریخ شروع اولین یخبندان پاییزه با تاریخ آخرین یخبندان بهاره آن سال بدست آورد [۹]. براساس این رابطه می‌توان با داشتن تاریخ آخرین یخبندان بهاره (X)، تاریخ اولین یخبندان پاییزه (Y) در آن سال را پیش بینی کرد.

$$Y = 231/8 - 0/575X \quad (1)$$

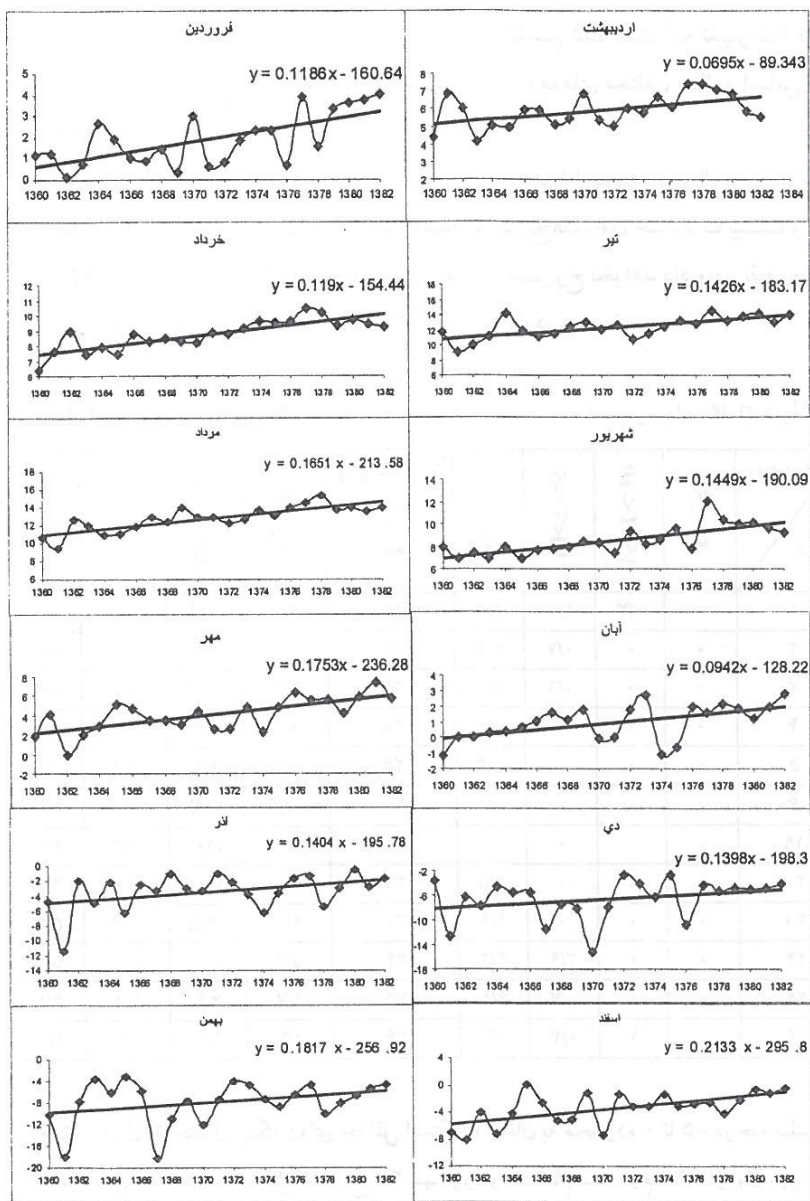
در این معادله X و Y برحسب شماره تعداد روزهای گذشت سال است که مبنای محاسبه روز اول سال می‌باشد و در سالهایی که آخرین یخبندان بهاره در اسفند ماه سال قبل رخ داده است این

عدد بصورت منفی در نظر گرفته می‌شود. مبنای علمی معادله فوق رابطه بین شروع یخبندانهای بهاره و پاییزه می‌باشد که در سطح ۵ درصد معنی دار بوده و متوسط خطای تاریخیهای پیش بینی شده توسط این رابطه در حدود ۱۱ روز می‌باشد [۱ و ۳].

طبق جدول ۲ ملاحظه می‌شود دامنه تغییرات دمای حداقل در بهمن ماه از دیگر ماههای سال بیشتر است (۵۵/۴ درجه) و در مرداد ماه این پارامتر کمترین مقدار را دارد (۱۵/۸ درجه). ضریب تغییرات دمای حداقل در آبان، فروردین و آذر به ترتیب با مقادیر ۴۳۲/۱، ۲۱۱/۷ و ۱۵۷/۱- نسبتاً زیاد می‌باشد که دلیل آن را می‌توان تغییرات وضعیت جوی طی فصول بهار و پاییز دانست. شکل ۱ روند تغییرات میانگین ماهیانه حداقل دما را طی دوره آماری مورد بررسی، نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود تغییرات دما در تمام ماههای سال روند افزایشی داشته است که بیشترین ضریب افزایش دما مربوط به اسفند ماه و کمترین آن مربوط به اردیبهشت ماه است. همچنین ضریب تغییرات دمای حداقل نیز در ماههای مربوط به فصول پاییز و بهار به دلیل تغییرات روند دما قابل ملاحظه می‌باشد.

جدول ۲- پارامترهای آماری حداقل دمای ایستگاه اکباتان [۴]

سالانه	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مهر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین
۲/۸	-۳/۳	-۷/۷	-۶/۶	-۳/۴	۰/۹	۴	۸/۵	۱۲/۸	۱۲/۴	۸/۸	۵/۹	۱/۹	میانگین
۲۳	۱۴	۲۱/۶	۷/۴	۱۲	۱۴/۶	۱۷/۸	۱۸	۲۱/۸	۲۳	۲۰	۱۶	۱۴	بیشترین
-۳۳/۸	-۲۵	-۳۳/۸	-۲۶/۸	-۲۵/۲	-۱۲/۶	-۵	۱/۴	۶	۰/۸	۰/۴	-۲/۲	-۱۱	کمترین
۵۶/۸	۳۹	۵۵/۴	۳۴/۲	۳۷/۲	۲۷/۲	۲۲/۸	۱۶/۶	۱۵/۸	۲۲/۲	۱۹/۶	۱۸/۲	۲۵	دامنه تغییرات
۸/۱	۵/۴	۷/۱	۶/۲	۵/۴	۴	۳/۵	۲/۸	۲/۶	۲/۸	۲/۵	۳/۱	۴	انحراف معیار
-۰/۶	-۰/۷	-۰/۹	-۰/۹	-۰/۹	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۱	چولگی
۲۸۴/۴	-۱۶۱/۲	-۹۲/۳	-۹۳/۶	-۱۵۷/۱	۴۳۲/۱	۸۶/۹	۳۳/۳	۲۰/۱	۲۲/۸	۲۸/۵	۵۳	۲۱۱/۷	ضریب تغییرات



شکل ۱- تغییرات میانگین ماهیانه حداقل دمای ایستگاه اکباتان (محور افقی سال و محور عمودی دما برحسب درجه سلسیوس)

جهت تجزیه و تحلیل دقیقتر و مناسبتر، سال به ۳۶ دهه تقسیم شده است که تغییرات احتمال وقوع آستانه‌های دمایی بین صفر تا ۱۵- درجه سلسیوس طی دهه‌های مختلف سال براساس آمار ۲۳ ساله ایستگاه، در جدول ۳ نشان داده شده است.

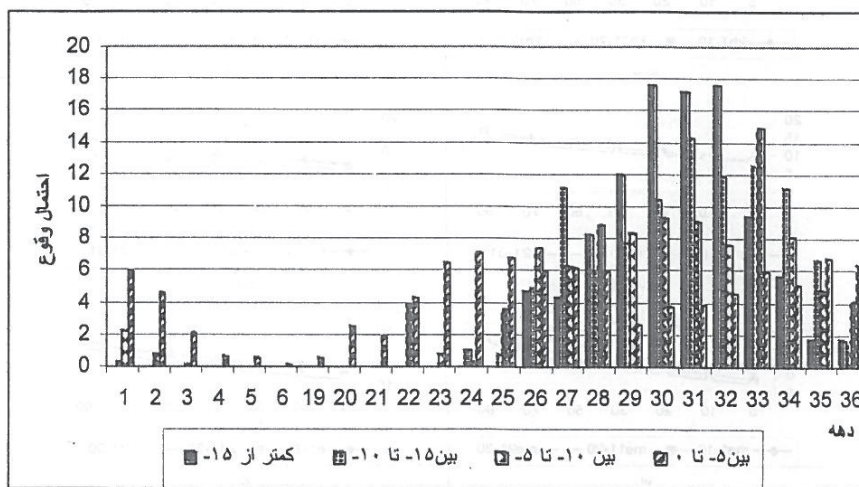
از آنجایی که دماهای صفر و کمتر از آن در دهه‌های هفتم تا هیجدهم سال رخ نمی‌دهند می‌توان با اطمینان بسیار زیادی بیان کرد که در فاصله بین تاریخ‌های اول خرداد تا بیست و یک شهریور (۱۱۴ روز) در ایستگاه اکباتان هیچ دمای پایینتر از صفر رخ نخواهد داد و در بقیه روزهای سال انتظار رسیدن حداقل دما به صفر یا کمتر از آن وجود دارد.

جدول ۳- تغییرات احتمال وقوع آستانه‌های دمایی بین ۰ تا ۱۵- درجه سلسیوس در ایستگاه اکباتان [۴]

رنج دما دهه	$T < 15$	$-15 < T < -10$	$-10 < T < -5$	$-5 < T < 0$	رنج دما دهه	$T < 15$	$-15 < T < -10$	$-10 < T < -5$	$-5 < T < 0$
۱	۰	۰/۳	۲/۲	۵/۹	۲۵	۰	۰/۷	۳/۵	۶/۸
۲	۰	۰	۰/۷	۴/۶	۲۶	۴/۷	۴/۹	۷/۴	۵/۹
۳	۰	۰	۰/۱	۲/۱	۲۷	۴/۳	۱۱/۱	۶/۲	۶/۲
۴	۰	۰	۰	۰/۶	۲۸	۸/۲	۵/۹	۸/۹	۵/۹
۵	۰	۰	۰	۰/۵	۲۹	۱۲	۷/۷	۸/۳	۲/۶
۶	۰	۰	۰	۰/۱	۳۰	۱۷/۶	۱۰/۵	۹/۳	۳/۷
۱۹	۰	۰	۰	۰/۵	۳۱	۱۷/۲	۱۴/۳	۹/۱	۳/۹
۲۰	۰	۰	۰	۲/۵	۳۲	۱۷/۶	۱۱/۸	۷/۶	۴/۶
۲۱	۰	۰	۰	۱/۹	۳۳	۹/۴	۱۲/۵	۱۴/۹	۵/۹
۲۲	۰	۰	۳/۹	۴/۳	۳۴	۵/۶	۱۱/۱	۸/۱	۵/۱
۲۳	۰	۰	۰/۷	۶/۴	۳۵	۱/۷	۶/۶	۴/۸	۶/۸
۲۴	۰	۱	۰/۳	۷	۳۶	۱/۷	۱/۴	۴/۱	۶/۴

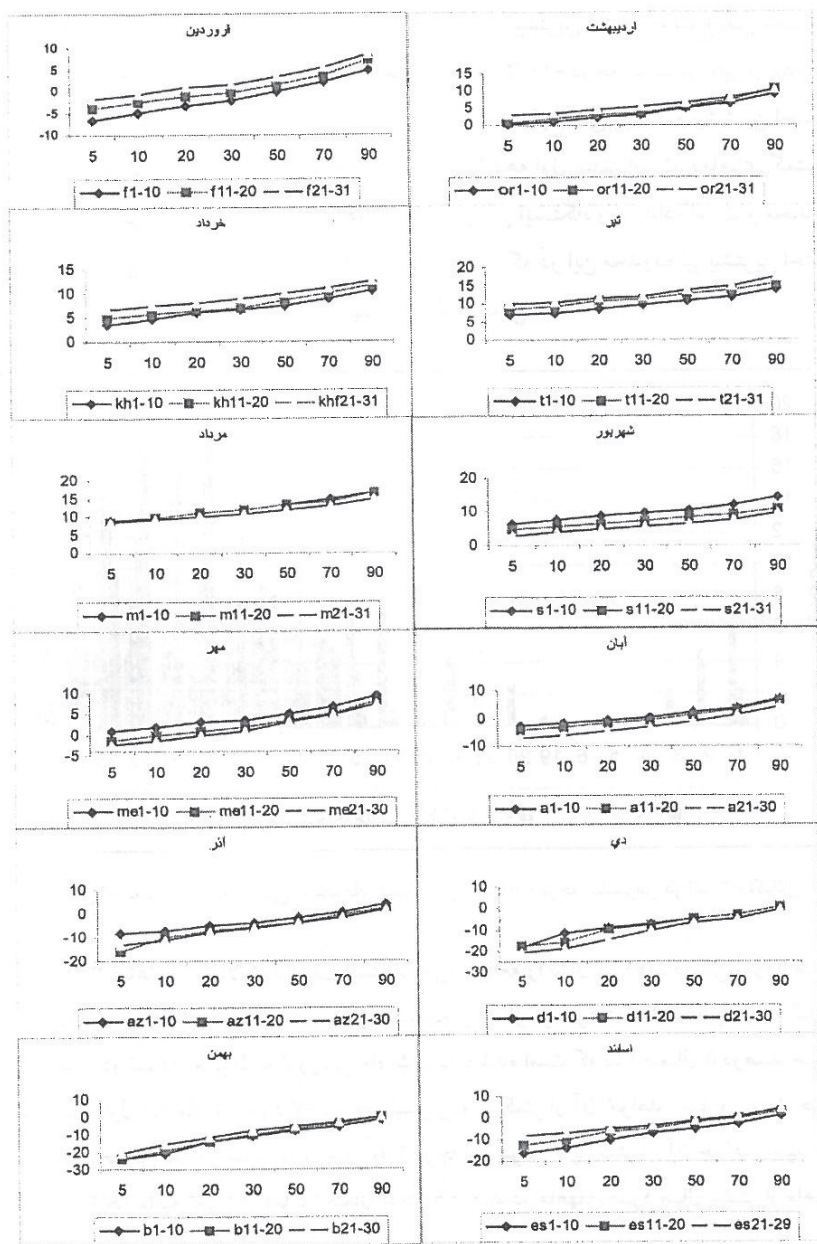
طبق جدول ۳ احتمال اینکه دمای حداقل ایستگاه اکباتان به محدوده ۰ تا ۵- درجه سلسیوس برسد در شش دهه اول سال (قبل از تاریخ ۲۱ شهریور) و در تمام نیمه دوم سال (از اول مهر تا آخر اسفند) وجود دارد که بیشترین احتمال وقوع این محدوده دمایی مربوط به آبان، آذر، اواخر اسفند و اوایل فروردین می‌باشد. حداقل دماهای محدوده ۱۰- تا ۵- درجه سلسیوس بیشتر از اول آبان به

بعد رخ می‌دهد که تا ۲۱ فروردین سال بعد نیز ادامه دارند و بیشترین احتمال وقوع این محدوده دمایی به دهه آخر بهمن ماه مربوط می‌باشد. دمای بین ۱۵- تا ۱۰- درجه سلسیوس غیر از دهه اول سال که با ۰/۳ درصد احتمال وقوع دارد، تا دهه آخر آبان به وقوع نمی‌پیوندد و بیشترین احتمال وقوع این دماها مربوط به دهه آخر آذر و دهه آخر دی تا دهه اول اسفند است. دماهای کمتر از ۱۵- درجه سلسیوس نیز هیچگاه قبل از دهه دوم آذر در این ایستگاه رخ نداده است و محدوده وقوع این دماها بین دهه دوم آذر تا آخر اسفند ماه می‌باشد که در این محدوده نیز بیشترین احتمال وقوع مربوط به دهه آخر دی تا دهه دوم بهمن می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲- تغییرات احتمال وقوع آستانه‌های دمایی بین ۰ تا ۱۵- درجه سلسیوس در ایستگاه اکباتان

شکل ۳ دماهای احتمالات مختلف ایستگاه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این نمودارها هر ماه به سه دهه جداگانه تقسیم شده است و با استفاده از آمار موجود دماها محاسبه شده‌اند. به عنوان مثال در نمودار مربوط به فروردین ماه نشان داده شده است که با احتمال ۵ درصد حداقل دما در دهه اول این ماه به حدود ۷- درجه سلسیوس و یا کمتر از آن خواهد رسید و یا با احتمال ۹۰ درصد حداقل دما در همین بازه زمانی به ۲ درجه سلسیوس و یا کمتر از آن خواهد رسید. نکته قابل ذکر آنکه دامنه تغییرات دما با احتمال ۵ تا ۹۰ درصد در ماههای سرد سال بیشتر از ماههای گرم سال است.



شکل ۳- احتمالات مختلف دمایی ایستگاه اکباتان (محور افقی احتمال و محور عمودی دما)

بحث و نتیجه گیری

بطور کلی از مطالعات انجام شده بر روی بیش از ۸۰۰۰ داده مربوط به حداقل دمای روزانه ایستگاه اکباتان طی ۲۳ سال اخیر مشخص گردید که حداقل دمای ایستگاه اکباتان طی دو دهه اخیر روند افزایشی داشته است، که این روند طی ۵ سال اخیر شدیدتر بوده است و در این بین اسفند ماه و اردیبهشت ماه به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار افزایش دما را نشان می دهند. که این خود نشان دهنده گرم شدن منطقه در سالهای اخیر است که می تواند دلایل متعددی همچون گرم شدن کره زمین بطور طبیعی یا تاثیر فعالیت های انسانی داشته باشد، البته خشکسالیهای اخیر نیز می تواند بر این افزایش دما تاثیر داشته باشند.

یخبندان های شدید ایستگاه اکباتان اکثراً در ماههای دی و بهمن، یخبندان های متوسط این ایستگاه بیشتر در ماههای مهر، آبان، بهمن و اسفند و یخبندانهای ملایم نیز بیشتر در آبان ماه رخ می دهند. همچنین مشخص شد که فراوانی وقوع یخبندانهای سه گانه فوق در سالهای اخیر روند کاهشی داشته است که بیشترین ضریب کاهش فراوانی مربوط به یخبندان های شدید و کمترین آن مربوط به یخبندانهای متوسط می باشد. علاوه بر آن طول دوره وقوع یخبندان نیز در سالهای اخیر نسبت به دو دهه قبل به شدت کاهش یافته که خود بیانگر تغییر اقلیم و افزایش دما است.

نکته حائز اهمیت دیگری که در مطالعه یخبندان های ایستگاه اکباتان به چشم می خورد این است که در این ایستگاه تاریخ شروع یخبندانهای پاییزه با تاریخ خاتمه یخبندان های بهاره همان سال همبستگی خوبی دارد، بطوریکه هرچه یخبندان های بهاره زودتر خاتمه یافته باشند می توان انتظار داشت که یخبندان های پاییزه دیرتر شروع شوند و بالعکس، هرچه یخبندان های بهاره دیرتر خاتمه یابند یخبندان های پاییزه زودتر شروع خواهند شد. بررسی معادله فوق نشان دهنده رابطه خطی بین شروع یخبندان های بهاره و پاییزه است که این رابطه در سطح ۵ درصد معنی دار بوده و از دقت بالایی برخوردار می باشد. بطوری که محاسبات نشان می دهد بالاترین مقدار خطای پیش بینی این معادله حدود ۱۱ روز است که از نظر آماری قابل قبول می باشد.

منابع

- ۱- بهبودیان، ج.، ۱۳۸۲، آمار و احتمال مقدماتی، چاپ هیجدهم، آستان قدس رضوی.
- ۲- رحیمی، م.، ۱۳۷۸، بررسی احتمال زمانی وقوع یخبندان های دیررس بهاره و زودرس پاییزه در البرز مرکزی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

- ۳- رضائی، ع.، ۱۳۸۱، مفاهیم آمار و احتمالات، چاپ سوم، نشر مشهد.
- ۴- سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۳، آمار هواشناسی ایستگاه اکباتان.
- ۵- مجرد قره باغ، ف.، ۱۳۷۶، تحلیل و پیش بینی یخبندان در آذربایجان، پایان نامه دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- هاشمی، فریدون، ۱۳۴۸، تجزیه و تحلیل استاتیستیکی از سرمای تهران، انتشارات تحقیقات و بررسی های علمی هواشناسی کل کشور.

7. Hom, H., C., S., 1959, The Distribution of Freezing Data and Years, mon. wea.
8. Karl, T., R., 1998, A Regional Trends and Variation of Temperature and Precipitation in the Regional Impacts of Climate Change, Cambridge University Press.
9. Show, R., H., 1954, Leaf and Air Temperature under Freezing Plant Physiol.
10. Thom, H., C., S. and R., H., Show, 1958, Climatological Analysis of Freezing Data for Iowa, mon. Rev, 86(7):251-257.
11. World Meteorological Organization, 1983, Guide to Climatological Practices, WMO-No. 100.