پیش‌بینی کوتاه مدت سرمازدگی محصولات کشاورزی با استفاده از رابطهٔ دمای نقطهٔ شبنم و دمای حداقل در شهر مشهد

علیرضا شهاب‌فر
کارشناس ارشد پژوهشکده اقلیم‌شناسی
کوروش احترامیان
کارشناس ارشد پژوهشکده اقلیم‌شناسی
دکتر محمد معتمدی
استادیار گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیروان

چکیده

در این تحقیق به منظور بررسی امکان پیش‌بینی کوتاه‌مدت سرمازدگی با استفاده از داده‌های درجهٔ حرارت روزانه و رطوبت نسبی ساعت ۶/۵ بعد از ظهر ایستگاه سینوپتیک مشهد برای ماههای آذر تا اسفند سالهای ۸۰-۱۳۶۳، مقادیر نقطه شبنم روزانه محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های موجود و آزمونهای برازش آماری نشان داد که بین پارامترهای رطوبت نسبی و تفاضل دمای حداقل و نقطه شبنم، یک رابطهٔ همبستگی معنی‌دار بصورت Min-Dew = 30.9 - 0.325 RH با ضریب همبستگی ۷۰٪ وجود دارد. بنابراین نتیجه‌گیری شد در روزهایی که مقدار رطوبت نسبی در هنگام عصر کمتر از ۷۵٪ می‌باشد احتمال وقوع سرمازدگی کم بوده و برای تعیین مقدار دقیق حداقل دمای فردای آن روز می‌توان از رابطهٔ استخراج شده استفاده نمود. اما در روزهایی که مقدار این پارامتر بین ۱۰۰٪ - ۷۵٪ باشد، احتمال بروز سرمازدگی بسیار جدی بوده و بایستی با اعلام پیش‌آگاهی‌های لازم به کشاورزان منطقه در حد امکان از بروز خسارات بیشتر جلوگیری نمود.

واژگان کلیدی: سرمازدگی، نقطه شبنم، رطوبت، پیش‌بینی، دمای حداقل.

مقدمه

سرمازدگی و یخزدگی از مشکلات مهم و خسارت‌بار در بخش کشاورزی کشور قلمداد می‌شود. سرمازدگی به شرایط از آب و هوا گفته می‌شود که دمای محیط برای یک زمان معین، کمتر از مقدار دمای بهینه برای رشد گیاهان باشد(۵). در این شرایط، کاهش سریع دمای محیطی باعث اختلال در فعالیت‌های متابولیکی و سلولی گیاهان شده و در پی آن افت چشمگیر در بازده محصولات زراعی و باغی ملاحظه می‌شود (۴). در واقع علایم سرمازدگی هنگامی قابل رؤیت است که خسارت آن به گیاه وارد شده است. یکی از اولین تأثیرات سرمازدگی در سطح سلول، توقف جریان پروتوپلاسمیک (حرکت فعال سلول برای انتقال مواد) و متعاقب آن کاهش فعالیت سلول‌های گیاه است. دومین تأثیر سرمازدگی بر گیاه،کاهش یا افت محسوس فتوسنتز در بافت‌های گیاهی بوده و بعنوان اولین تأثیر قابل رؤیت و مشهود سرما در گیاه است. در این زمان بافت‌های گیاهی با رنگ سبز روشن و پژمرده دیده می‌شوند. این مسئله در گیاهان زراعی و باغی باعث کاهش چشمگیر عملکرد و محصول آن‌ها می‌شود (۳و۴).

از لحاظ هواشناسی کشاورزی، سرمازدگی و یخزدگی محصولات زراعی و باغی یا حاصل حرکت توده‌های هوای سرد از سطح زمین (سرمازدگی انتقالی) بوده یا از برگشت طول موج‌های حرارتی طیف الکترومغناطیسی در شب‌های صاف و بدون پوشش ابر به جو (سرمازدگی تابشی) حاصل می‌شود. پیش‌بینی سرمازدگی انتقالی و یخزدگی حاصل از حرکت توده‌های هوای سرد به‌وسیله تجزیه و تحلیل نقشه‌های سینوپتیکی میسر بوده، اما پیش‌بینی سرمازدگی و یخزدگی محصولات که از بازگشت تشعشع حرارتی به جو حاصل می‌شود، مشکل است (۲و۷).

برای پیش‌بینی سرمازدگی تابشی، روش‌های مختلفی وجود دارند. لیکن کاربرد نقطهٔ شبنم برای تخمین دمای حداقل روز بعد می‌تواند بیان دقیق‌تری از وقوع سرمازدگی یا یخ زدگی در یک منطقه باشد. در این رابطه موران و مورگان (۸) طی تحقیقی دریافتند که نقطه شبنم در عصر روز i ام، یک عامل مناسب برای پیش‌بینی حداقل دما در روز بعد (i+۱) به‌شمار می‌رود. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که برای شب‌های طولانی زمستان و هنگامی که کاهش دما در اثر تابش برگشتی از زمین باشد، می‌توان از این رابطه سرمازدگی را مدتی پیش از وقوع پیش‌بینی نموده و هشدارهای لازم را به کشاورزان ارائه نمود.

ناظم‌السادات و همکاران (۲) با استفاده از رابطه دمای نقطه شبنم روزانه و دمای حداقل روز بعد، در منطقه جهرم استان فارس سرمازدگی را پیش‌بینی کردند. آن‌ها ضمن این پژوهش نتیجه گرفتند که هنگامی رطوبت نسبی عصر روز i در محدوده ۴۵٪ تا ۵۵٪ باشد، تفاوت حداقل دما در روز i+1 و نقطه شبنم در روز i به کمترین مقدار خود می‌رسد. در حالتی که رطوبت نسبی بیشتر یا کمتر از این مقدار باشد، معمولاً مقدار حداقل دما در روز i+1 به ترتیب کمتر یا بیشتر از نقطه شبنم روز i است.

آلن (۳) معادله ساده‌ای برای برآورد حداقل دمای هوا به کمک دمای نقطهٔ شبنم و دمای هوای اندازه‌گیری شده در حدود ساعت پنج بعد از ظهر ارائه کرد. معادله دیگری نیز توسط اسمیت (۹) برای برآورد دمای حداقل با استفاده از دمای نقطهٔ شبنم و دمای هوای اندازه‌گیری شده در حدود ساعت سه بعد از ظهر پیشنهاد شد.

در شب‌های طولانی پاییز و زمستان مشهد اگر هوا صاف و آرام باشد، نزول ناگهانی دما شدید بوده و سرمای تابشی موجب سرمازدگی شدید و یا یخزدگی گیاهان خواهد شد. در حالتی که رطوبت هوا کم باشد، میزان خسارت به محصولات زراعی و باغی افزایش می‌یابد.

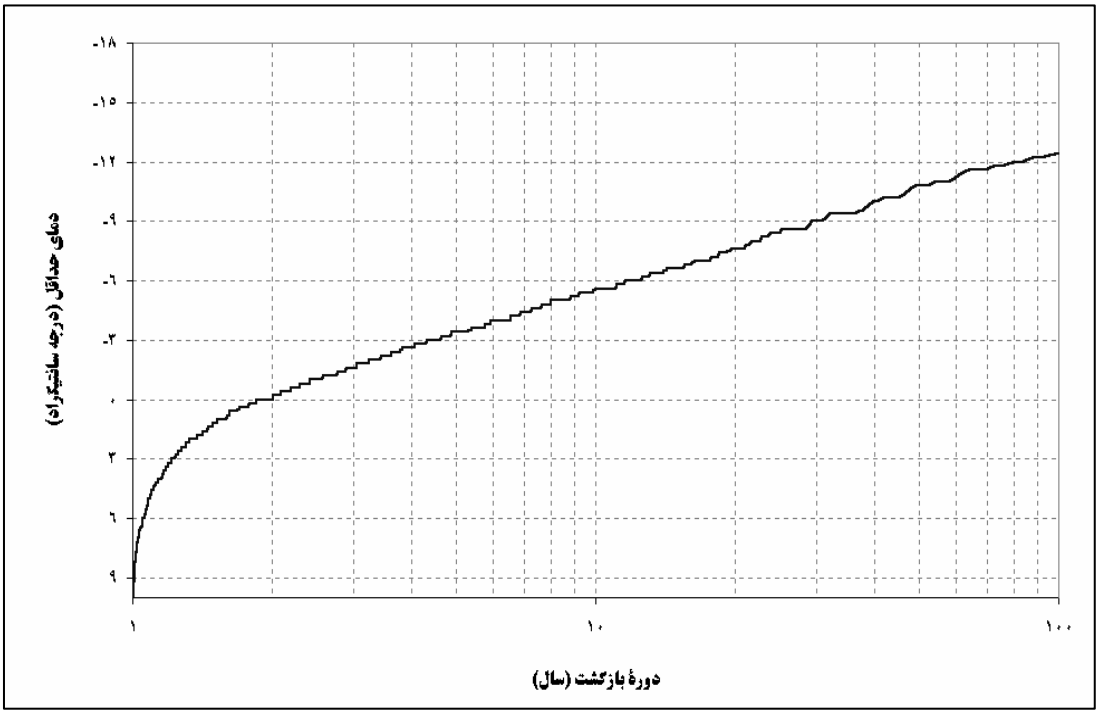
شهابفر و همکاران (۱) تحت عنوان بررسی تغییرات زمانی روزهای یخبندان مشهد نتیجه گرفتند که با استناد به آمار ۵۰ ساله اخیر شهر مشهد مشخص شده است که به رغم تأثیرات تغییر اقلیم بر افزایش درجه حرارت منطقه، در چند سال اخیر تعداد روزهای یخبندان در مشهد یک روند صعودی معنی‌دار را پیش گرفته است. بر طبق آمار ۵۰ ساله تعداد روزهای یخبندان مشهد به طور میانگین ۹۲ روز در سال بوده و این امر مؤید این مطلب است که در حدود ۲۵٪ روزهای سال در مشهد شرایط یخبندان حاکم است.

بنابراین سرمازدگی محصولات زراعی و باغی یکی از خسارات مرسوم در مشهد به‌شمار رفته و از این‌رو پیش‌بینی کوتاه مدت شرایط یخبندان در منطقه، می‌تواند نقش مهمی در کاهش خسارت به زارعین و باغداران داشته باشد. پیش آگاهی از سرمازدگی به کشاورزان و باغداران امکان استفاده از روش‌های معمول مبارزه با سرمازدگی گیاهان را می‌دهد. با آگاهی از وقوع یخبندان، زراعین و باغداران می‌توانند تمهیداتی نظیر نصب بخاری باغی در سطح باغ و بین درختان، روشن کردن سوخت‌های جامد (مثل موم نفتی یا لاستیک) در زیر درختان، ریختن فضولات حیوانی در بین ردیف‌های کاشت و درختان در سطح خاک، آبیاری شبانه (که باعث انتقال گرما از عمق به سطح خاک می‌شود) و توربین‌های بادی (که با به حرکت در آوردن هوا در سطح مزرعه و باغ ، لایه وارونگی دما را بهم زده و باعث اختلاط هوای سرد مجاور سطح زمین با هوای گرم لایه بالاتر می‌شود و دمای هوا را در سطح باغ و مزرعه تعدیل می‌کند) را اتخاذ کنند (۵).

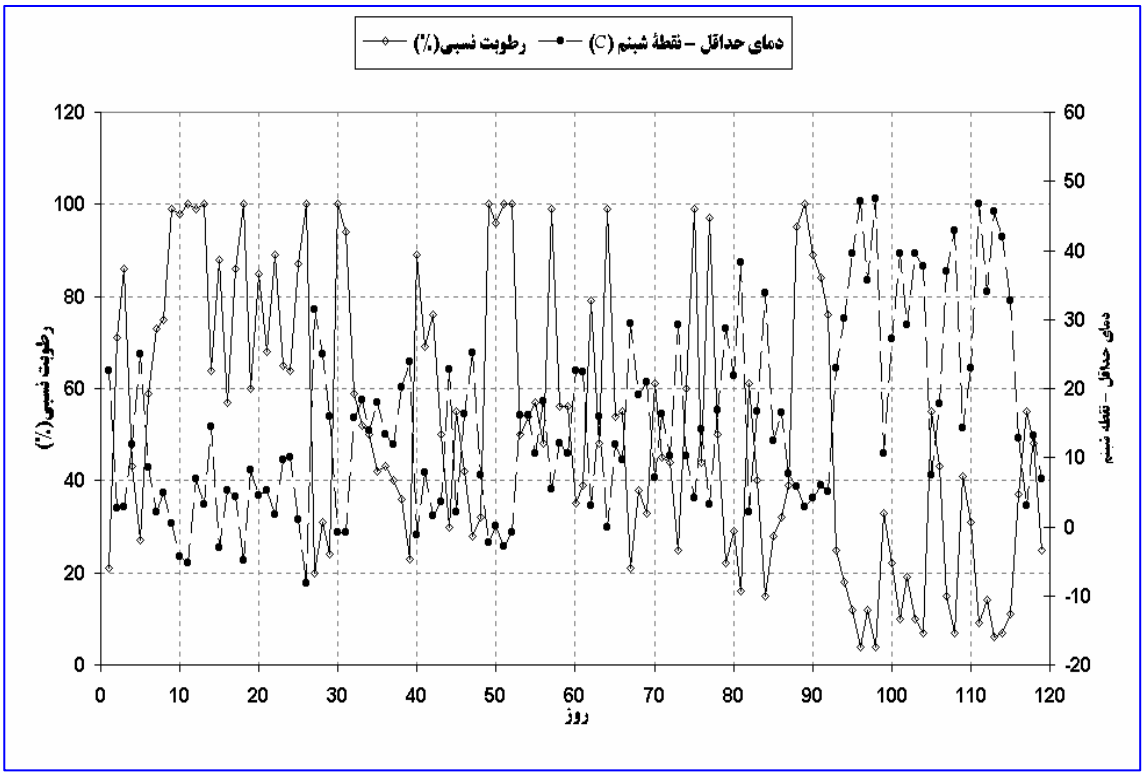
هدف از انجام این تحقیق پیش‌بینی سرمازدگی و یخزدگی محصولات کشاورزی به صورت کوتاه مدت با استفاده از دمای نقطه شبنم و رطوبت نسبی روز قبل در شهر مشهد است.

مواد و روش‌ها

در این مقاله به‌طور موردی داده‌های مربوط به ایستگاه سینوپتیک مشهد بررسی و تجزیه و تحلیل شد. به این



نمودار۱:توزیع احتمال تجربی دمای حداقل با دورهٔ بازگشت‌های مختلف در شهر مشهد



نمودار۲: نمودار تغییرات تفاضل دمای حداقل و نقطهٔ شبنم بر حسب رطوبت نسبی برای آخر سال ۱۳۸۰ مشهد

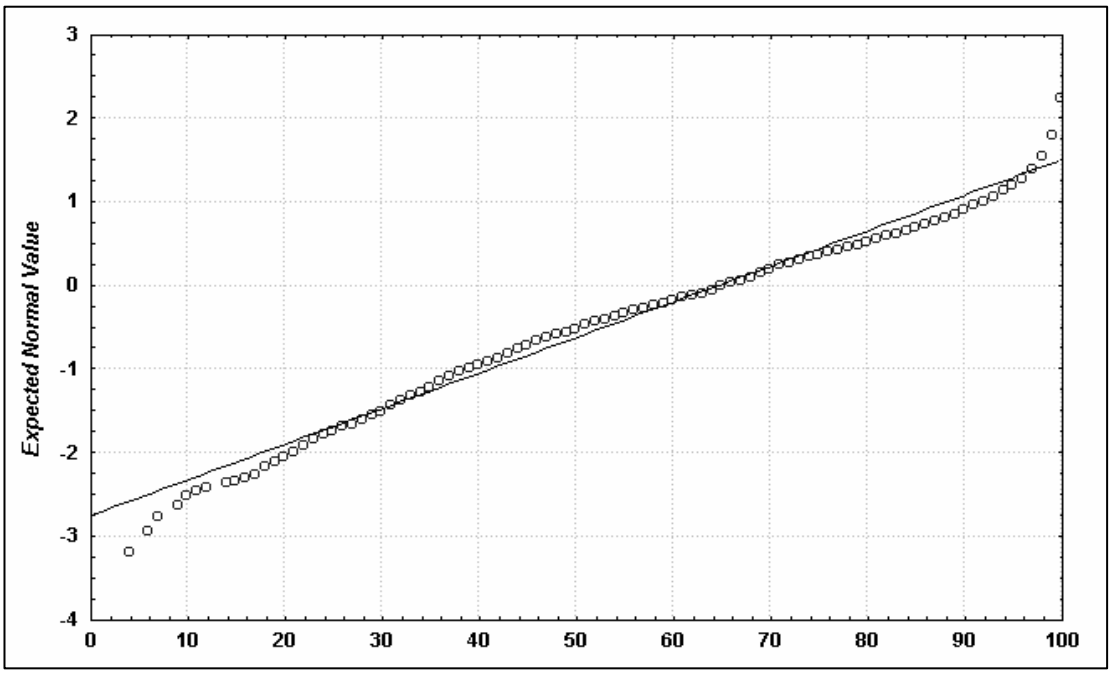
منظور آمار روزهای مربوط به ماه‌های آذر تا اسفند سال‌های ۸۰-۱۳۶۳ استخراج گردید. با استفاده از آمار مربوط به درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه و رطوبت نسبی، دمای نقطه شبنم برای همهٔ روزها محاسبه گردید.

در مرحلهٔ اول به منظور بررسی احتمال وقوع سرمازدگی و دامنهٔ تغییرات دمای حداقل با توجه به دورهٔ برگشت آن‌ها به روشهای آماری، تجزیه و تحلیل شد. در مرحلهٔ بعد به منظور تحقیق در مورد وجود همبستگی بین متغیرهای موجود، ابتدا نرمال بودن توزیع آن‌ها به کمک منحنی‌های توزیع نرمال و منحنی‌های P-P بررسی و مورد تأیید قرار گرفت و در نهایت یک رگرسیون خطی معنی‌دار بین مقادیر رطوبت نسبی به عنوان شاخص رطوبت هوا در روز i ام و تفاضل دمای حداقل روز i+1 ام و نقطهٔ شبنم روز i ام برقرار گردید.

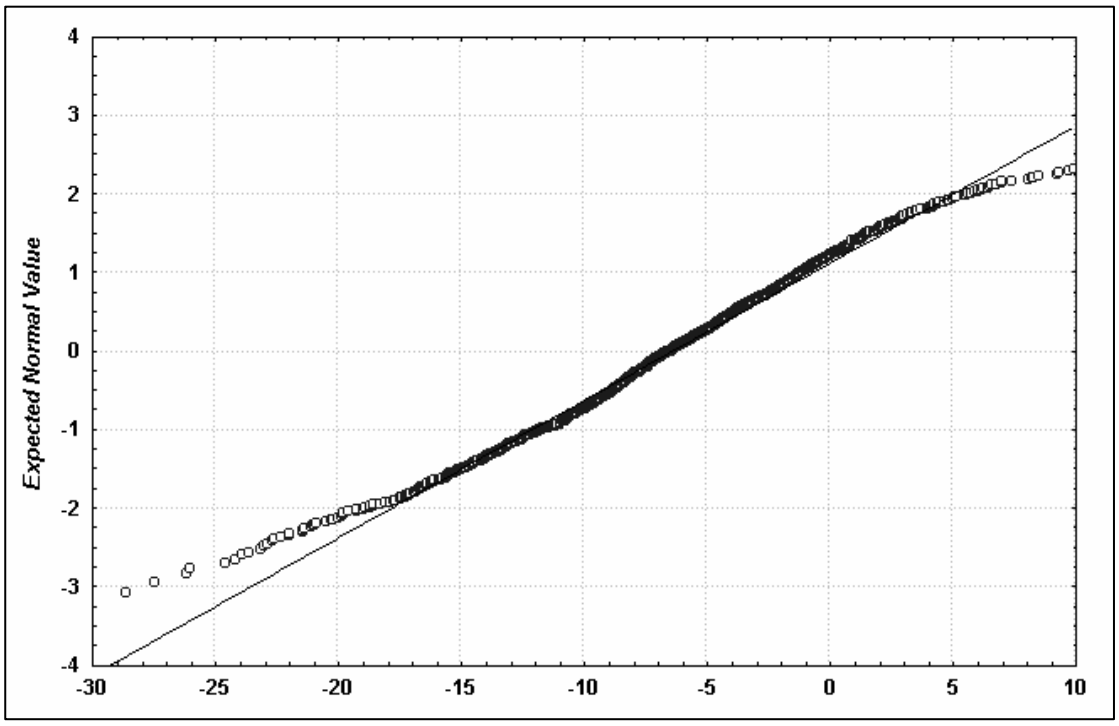
تجزیه و تحلیل اولیه آمار موجود

در نمودار ۱ منحنی توزیع احتمال تجربی دمای حداقل ماه‌های آذر تا اسفند شهر مشهد با دورهٔ برگشت‌های ۱ تا ۱۰۰ ساله رسم شده است. همانطور که در این نمودار ملاحظه می‌شود، احتمال وقوع دمای بالای صفر در شهر مشهد بسیار بالا می‌باشد. اما در عوض احتمال وقوع دمای بین ۰ تا ۵- درجهٔ سانتیگراد نیز که برای گیاه بسیار خطرناک می‌باشد، و باعث بروز سرمازدگی و مرگ سلول‌های بافت گیاهان می‌باشد نیز غیرقابل اغماض است و برای مقابله با آن و کاهش خسارات احتمالی بایستی تمهیدات خاصی اتخاذ شود.

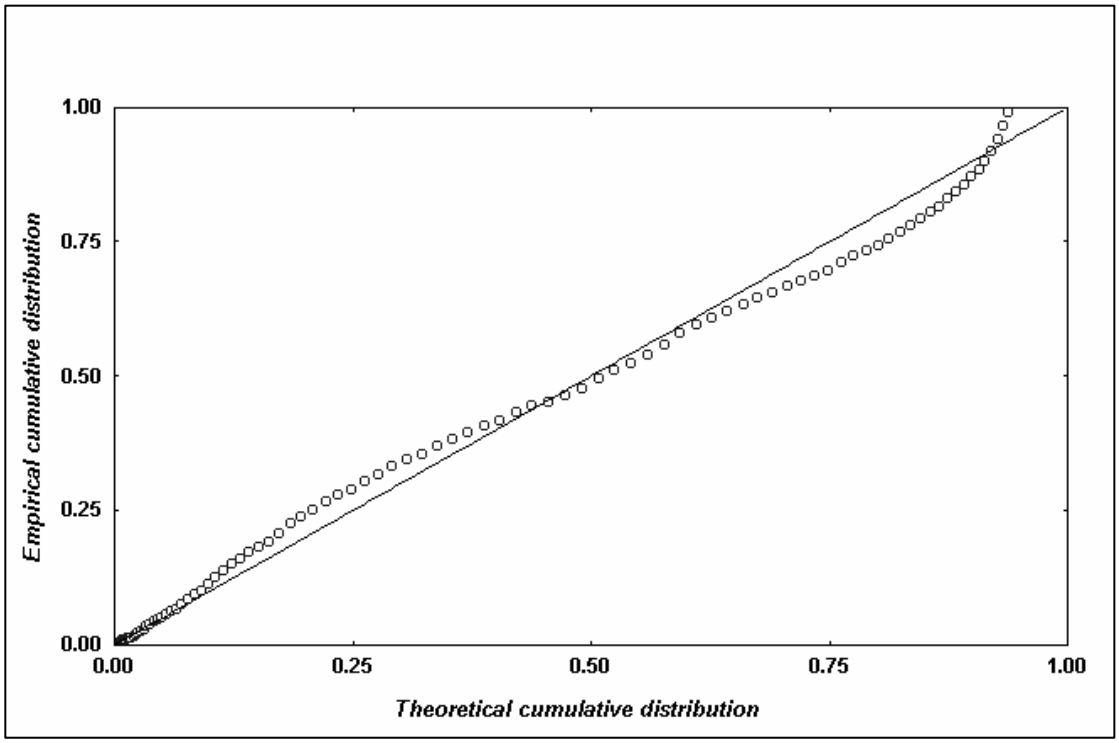
به منظور تجزیه و تحلیل اولیه داده‌ها، نمودار تغییرات تفاضل دمای حداقل و نقطهٔ شبنم (برحسب درجهٔ سانتیگراد) در مقابل مقادیر رطوبت نسبی(برحسب درصد) به‌طور روزانه برای ماه‌های آذر تا اسفند سال۱۳۸۰ در



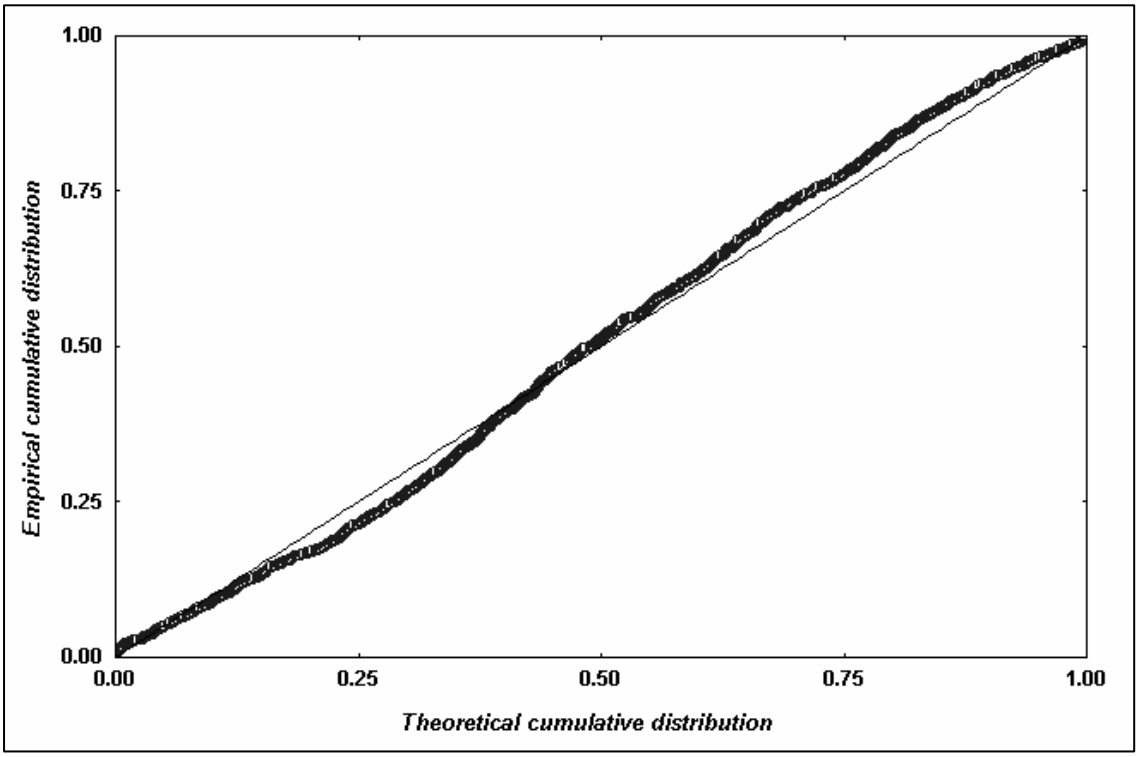
نمودار۳: منحنی توزیع نرمال مقادیر رطوبت نسبی



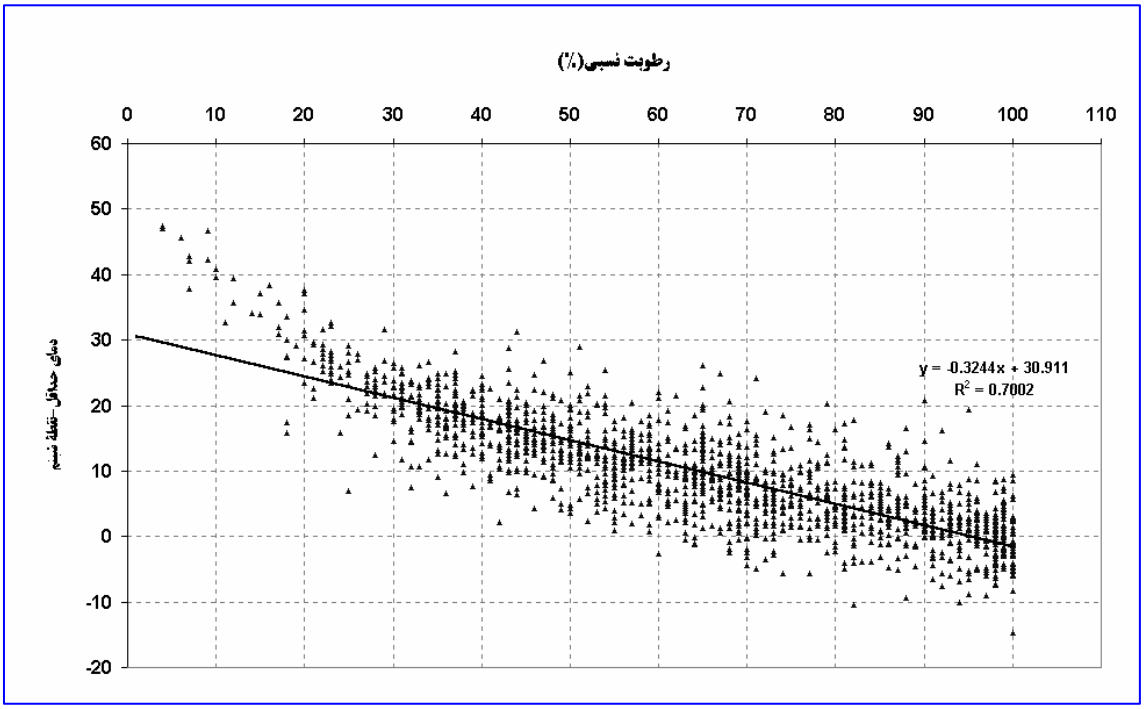
نمودار۴:منحنی توزیع نرمال مقادیر تفاضل دمای حداقل و نقطهٔ شبنم



نمودار ۵: منحنی P-P مربوط به مقادیر رطوبت نسبی



نمودار ۶: منحنی P-P مربوط به مقادیر تفاضل دمای حداقل و نقطهٔ شبنم



نمودار۷: رابطهٔ همبستگی خطی بین پارامترهای رطوبت نسبی و تفاضل دمای حداقل و نقطهٔ شبنم

شکل (۲) نمایش داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود پارامترهای موجود در این نمودار را می‌توان به سه بخش تقسیم نمود:

الف– نقاطی که مقادیر Min-Dew منفی است یا به عبارت دیگر $Dew_i > Min_{i+1}$ و دمای حداقل روز i+1 کوچکتر ازنقطهٔ شبنم روز i ام است.

ب– نقاطی که مقادیر Min-Dew برابر صفر است یا به عبارت دیگر $Min_{i+1} = Dew_i$ و حداقل دمای روز i+1 و نقطهٔ شبنم روز i ام با هم برابرند.

ج– نقاطی که مقادیر Min-Dew مثبت است یا به عبارت دیگر $Dew_i < Min_{i+1}$ و حداقل دمای روز i+1 بزرگتر از نقطهٔ شبنم روز i ام است.

همانطور که ملاحظه می‌شود فقط در حالت (ب) به راحتی می‌توان با اندازه‌گیری مقدار نقطهٔ شبنم در هر روز، مقدار حداقل دمای روز بعد را محاسبه نمود اما متأسفانه احتمال وقوع این چنین حالتی بسیار کم است به‌طوریکه در طول کل دورهٔ آماری مورد مطالعه فقط در ۵ روز این حالت رخ داده است.

در حالت (پ) مقادیر Min-Dew مقادیر مثبتی می‌باشند یا به عبارت دیگر حداقل دما در روز بعد بیشتر از دمای نقطهٔ شبنم روز قبل خود می‌باشد و در این حالت می‌توان با اطمینان زیادی اینگونه پیش‌بینی نمود که دمای حداقل در روز بعد، بیشتر از حد بحرانی بوده و خطر بروز سرمازدگی نیز کمتر می‌باشد و فقط در حالت (الف) وضعیت بحرانی بوده و احتمال وقوع سرمازدگی در روز بعد بسیار زیاد است و بایستی با اعلام پیش‌آگاهی‌های لازم به کشاورزان منطقه، از بروز خسارات سرمازدگی گیاهان تا حد امکان جلوگیری نمود.

همان‌طور که می‌دانید، یکی از عوامل مهم تعدیل دمای جو، مقدار رطوبت و یا به عبارت دیگر بخار آب موجود در هوا می‌باشد که به دو طریق می‌توان نقش رطوبت را در تعدیل دمای جو و جلوگیری از سرمازدگی توجیه نمود: اول آن‌که مولکول‌های بخار آب موجود در هوا به صورت یک مانع در مقابل تابش‌های انعکاسی

طول موج بلند زمین عمل نموده و از سرد شدن سطح خاک در طول شب جلوگیری می‌کند و دوم آنکه به علت بالا بودن ظرفیت گرمای ویژهٔ مولکول‌های آب، برای تغییر دمای یک واحد حجم بخار آب، مقدار زیادی انرژی باید مبادله شود که این خود به تنهایی عامل مهمی در تعدیل شرایط دمای جو می‌باشد.

بنابرآنچه گفته شد، می‌توان از پارامتر رطوبت هوا به عنوان یک پارامتر مؤثر می‌توان استفاده نمود و در علم هواشناسی نیز به منظور تعیین میزان رطوبت هوا از پارامتر رطوبت نسبی استفاده می‌شود. در اینجا باید به این نکته دقت داشت که بنا به تعریف، مقدار رطوبت نسبی با نسبت مقدار رطوبت موجود در واحد حجم هوا به حداکثر میزان رطوبتی برابر است که می‌تواند در واحد حجم هوا در همان شرایط دمایی وجود داشته باشد. بنابراین بالا بودن مقدار رطوبت نسبی به تنهایی نمی‌تواند بیانگر بالا بودن مقدار رطوبت موجود در جو باشد. بلکه در این موارد بایستی شرایط دمایی را نیز در نظر گرفت که این نکته در نمودار ۲ به خوبی قابل مشاهده می‌باشد. به‌طوری که ملاحظه می‌شود، در بیشتر موارد نقاط بیشینه رطوبت نسبی با نقاط کمینه تفاضل حداقل دما و نقطهٔ شبنم منطبق می‌باشد.

بررسی امکان پیش‌بینی کوتاه‌مدت سرمازدگی

در این بخش به منظور بررسی امکان پیش‌بینی کوتاه‌مدت سرمازدگی در شهر مشهد، یک رابطه همبستگی خطی بین مقادیر رطوبت نسبی و تفاضل دمای حداقل و نقطه شبنم بدست آمد. بنابراین در مرحله اول نرمال بودن توزیع پارامترهای موجود در مورد همبستگی را اثبات نمودیم. به این منظور دو روش منحنی‌های توزیع نرمال و منحنی‌های P-P به‌کار گرفته شدند.

در نمودارهای ۳ و ۴ منحنی‌های توزیع نرمال پارامترهای مورد مطالعه برای تمامی مقادیر روزانهٔ مربوط به ماه‌های آذر تا اسفند سال‌های ۸۰-۱۳۶۳ رسم شده‌اند. در نمودار۳ محور افقی مربوط به مقادیر رطوبت نسبی و در نمودار۴ نیز محور افقی مربوط به مقادیر تفاضل دمای حداقل و نقطهٔ شبنم می‌باشند و محور قائم در هر دو شکل مقادیر مورد انتظار در توزیع نرمال می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود به جز مقادیر ابتدایی و انتهایی سایر نقاط توزیع نرمال برازش قابل قبولی بر این پارامترها داشته است.

به همین ترتیب در نمودارهای ۵ و ۶ منحنی‌های P-P مربوط به پارامترهای مورد مطالعه رسم شده‌اند. در این منحنی‌ها محور افقی بیانگر توزیع احتمال تجمعی محاسباتی و محور قائم نیز بیانگر توزیع احتمال تجمعی مشاهداتی پارامترهای رطوبت نسبی و تفاضل دمای حداقل و نقطه شبنم می‌باشد. همانطور که در این نمودارها نیز ملاحظه می‌شود، مقادیر موجود تقریباً بر روی خط نیمساز محورها منطق شده‌اند. بنابراین می‌توان با توجه به هر دو روش اینگونه نتیجه‌گیری نمود که پارامترهای مورد مطالعه در حد قابل قبولی از توزیع نرمال تبعیت می‌نمایند.

در نمودار۷ مقادیر رطوبت نسبی و تفاضل دمای حداقل و نقطه شبنم برای تمامی داده‌ها در مقابل یکدیگر نمایش داده شده‌اند. معادله رگرسیون در مورد رابطه میان تفاضل دمای حداقل و نقطه شبنم و رطوبت نسبی که به ترتیب برحسب درجه سانتیگراد و درصد بیان شده‌اند، به صورت رابطه زیر است :

$$Min\text{-}Dew = 30.9 - 0.325\,RH \qquad (۱)$$

$R^2 = ٪۷۰$

$SE = ۸۸۲/۴\ ,\ n = ۱۶۷۰\ ,\ P < ۰۰۰۱/۰$

بنابراین با توجه به آمارهای ارائه شده، این معادله از نظر آماری قابل اطمینان می‌باشد و پیش‌بینی کوتاه‌مدت سرمازدگی به کمک این رابطه امکان‌پذیر می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق به اهمیت سرمازدگی و نقش آن در اقتصاد کشاورزی اشاره گردید. پس از تجزیه و تحلیل آماری داده‌های درجه حرارت و رطوبت نسبی مربوط به دوره آماری ۸۰-۱۳۶۳ ایستگاه سینوپتیک مشهد و آزمون‌های به عمل آمده بر روی این داده‌ها، مشخص شد که به هدف پیش‌بینی کوتاه‌مدت سرمازدگی، می‌توان دمای حداقل در هر روز را به کمک نقطهٔ شبنم عصر روز قبل که توسط برخی پژوهشگران نیز توصیه شده است، در حد اعتماد قابل قبولی استفاده نمود. همچنین مشخص شد که به منظور پیدا کردن یک راه حل منطقی برای پیش بینی حداقل دما، بایستی رطوبت نسبی هوا به عنوان یک شاخص مهم مورد توجه قرار گیرد.

پس از استخراج رابطه همبستگی معنی‌دار بین رطوبت نسبی و تفاضل حداقل دما و نقطه شبنم در مورد شهر مشهد اینگونه می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در مواردی که مقدار رطوبت نسبی در عصر هر روز کمتر ۷۵٪ باشد احتمال وقوع سرمازدگی در روز بعد کم می‌باشد و برای محاسبه دقیق مقدار حداقل دمای فردا می‌توان از رابطه رگرسیونی استخراج شده استفاده نمود. اما در مواردی که مقدار رطوبت نسبی در هر روز بیش از ۷۵٪ باشد، احتمال وقوع سرمازدگی بسیار زیاد است و بایستی با اعلام پیش‌آگاهی‌های لازم به کشاورزان منطقه در حد امکان از بروز خسارات بیشتر جلوگیری نمود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری‌های علمی اساتید محترم جناب آقای دکتر ناظم‌السادات و آقای دکتر جواد بداق‌جمالی در انجام و ویرایش این مقاله کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

منابع

۱- شهاب‌فر، ع.، محمدنیا قرایی. س.، و جاودانی خلیفه. ن.، ۱۳۸۲. بررسی نوسانات زمانی روزهای یخبندان در مشهد، سومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم (پذیرفته شده).

۲- ناظم‌السادات، م. ج.، سپاسخواه، ع.، و محمدی، ش.، ۱۳۸۰. بررسی رابطه دمای نقطه شبنم روزانه و دمای کمینه روز بعد در منطقه جهرم فارس (مطالعه موردی). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان. جلد پنجم، شماره سوم، صفحات:۹- ۱۶.

3- Allen, C. C. 1957. A Simplified Equation for Minimum Temperature Prediction. Monthly Weather review, April 1957:119-120.

4- Dickey, W. W. 1960. Forecasting of Maximum and Minimum Temperature. US Dc. Weather Bureau. Washington D. C.

5- Levitt, J. 1980. Responses of Plant to Environmental Stress. Vol. 1, Chilling, Freezing and High Temperature Stresses. Academic Press, New York.

6- Lyons, j. m. 1973. Chilling Injury in Plant. Ann. Rev. Plant Physical. 24: 445-466.

7- McColloch, L. P. 1953. Injuries from Chilling and Freezing. In: USDA Yearbook Agric. PP: 826-830.

8- Moran, J. and M. D. Morgan. 1995. Essential of Weather. Prentice Hall, New York.

9-Smith, R. M. 1973. Frost Forecasting for Christchurch. New Zealand Meteorological Service, Tech. Note 217:1-5.

10-Wang, C. Y. 1982. Physiological and Biochemical Responses of Plants to Chilling Stress. HortScience. 17: 173- 186