

پیش بینی سرمای دیررس بهاره و یخبندان زودرس پاییزه برای تعدادی از  
گیاهان زراعی و باغی در استان چهارمحال و بختیاری  
Estimation of Late Spring Cold and Early Autumn Freezing for some  
Crops in Charmahal and Bakhtiari Province

مهدی خلجی

دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۷۹/۳/۴

چکیده

خلجی، م. ۱۳۸۰. پیش بینی سرمای دیررس بهاره و یخبندان زودرس پاییزه برای تعدادی از گیاهان زراعی و باغی در استان چهارمحال و بختیاری. نهال و بدر. ۱۷: ۱۳۹-۱۲۶.

این تحقیق جهت پیش بینی سرمای دیررس بهاره و یخبندان زودرس پاییزه برای برخی گیاهان زراعی و باغی در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. در این بررسی، آمار در دسترس زمان وقوع روزانه درجه حرارت در دامنه تغییرات (۰ تا -۱)، (-۱ تا -۳) و کمتر از -۳ درجه سانتی‌گراد، زمان وقوع حداقل مطلق دما، آخرین و اولین دمای زیر صفر نسبت به بهار و پاییز ایستگاه‌های شهرکرد، پل زمانخان، بروجن، لردگان و کوه‌رنگ جمع آوری گردید و سپس توابع توزیع احتمالی نرمال، لوگ نرمال ۲ پارامتری، لوگ نرمال ۳ پارامتری، پیرسون تیپ III، لوگ پیرسون تیپ III، گاما و گامبل به دو روش گشتاور و حداکثر درشتنمایی بر اطلاعات جمع آوری شده برازش و بر اساس محاسبه مجموع مربعات باقیمانده، مقایسه بین توزیع‌های مختلف انجام و توزیع مناسب انتخاب گردید. با توجه به مناسب‌ترین توزیع آماری، احتمال وقوع دوران سرما و یخبندان برای نقاط مختلف استان مشخص و ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: سرمای بهاره، یخبندان‌های پاییزه، توابع توزیع آماری.

## مقدمه

زارعین و باغداران در بیشتر سال‌ها به خاطر یخبندان‌های زودرس پاییزه و آخرین سرما‌های بهار دچار خسارات و صدمات زیادی می‌شوند. به عنوان مثال در بعضی از سال‌ها باغات بادام شهر سامان از استان چهارمحال و بختیاری به خاطر سرمای بهار تا ۸۰٪ کاهش محصول داشته‌اند، این امر به دلیل حساسیت بادام در قیاس با سایر درختان به سرما می‌باشد که سبب باز شدن زود هنگام شکوفه‌ها و مواجهه با دمای زیر صفر و از بین رفتن شکوفه‌ها می‌شود (رامین، ۱۳۷۸). در سال ۱۳۷۱ با کاهش ناگهانی دما و مواجه شدن گل‌های جوان با هوای نامساعد، بسیاری از نخلستان‌های خرمخیز کشورمان کم و بیش خسارت دیدند. در منطقه بم این میزان خسارت بالغ بر ۲۰ میلیارد ریال بوده است (دامغانی و همکاران، ۱۳۷۲، مجله زیتون).

چغندر قند که دارای اهمیت به خصوص می‌باشد، ممکن است که بر اثر تأخیر در برداشت در معرض خطر یخبندان‌های پاییزه قرار گیرد و این در حالیست که کارخانجات قند، به دلیل تراکم تحویل چغندر قند، زارعین را تشویق می‌کنند که تا حد امکان محصول را دیر برداشت کنند و حتی برای این گونه زارعین جوائز نیز در نظر می‌گیرند. وقوع یخبندان‌های پاییزه در محصول پنبه سبب توقف رشد بوته‌ها و باز نشدن غوزه‌ها می‌گردد. آخرین سرما‌های زمستانه که معمولاً در اوایل بهار به وقوع می‌پیوندد، اگر مصادف با مرحله حساس گیاه به سرما باشد، سبب از بین رفتن شکوفه‌ها، میوه‌های جوان و یا نهال‌های کوچک سبزیجات می‌گردد. برای مقابله با این حوادث

تنش دما‌های پایین عامل اصلی محدودکننده کشت و کار در اقلیم‌های سرد و ایجاد خسارت به گیاهان در حال رشد در نواحی گرمسیری و استوایی می‌باشد. پروتوپلاسم گیاهان زنده فقط در دامنه محدودی از درجه حرارت قادر به ادامه فعالیت‌های خود می‌باشد. اگر درجه حرارت به حدود نقطه انجماد برسد، هیچگونه رشد گیاه حائز اهمیت از لحاظ کشاورزی صورت نمی‌پذیرد (علیزاده و کوچکی، ۱۳۶۸). گیاهان برای رشد مطلوب نیاز به دامنه حرارت مطلوب معینی دارند (Bowers, 1994). اثرات فیزیولوژیکی سرما و تنش‌های ناشی از آن در گیاه و بخصوص سازگاری گیاهان مختلف در مقابل سرما توسط عده کثیری از پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است (Talaie, 1975; 1987; Anonymous, 1975, 1978; levitt, 1980; Burke et al., 1976). چندلر (Chandler, 1913, 1954) نخستین مقالات درباره مقاومت درختان میوه نسبت به سرما را انتشار داد. به طور کلی سرما از دو نظر به گیاه آسیب می‌رساند، یکی صدماتی است که در اثر پایین آمدن درجه حرارت محیط تا دمای صفر درجه سانتی‌گراد (سرمازدگی) و دیگری صدمات حاصله از یخبندان و یا کاهش دما به پایین‌تر از صفر درجه (یخ زدگی) بر گیاه وارد می‌شود (Lin and Sakai, 1981). حساسیت گیاه به سرما بستگی به عوامل مختلفی از جمله نوع گیاه و مرحله رشد دارد (Levitt, 1980). در جدول یک درجه حرارت مضر برای بعضی گیاهان ارائه شده است (Way and White, 1968).

جدول ۱ - درجه حرارت مضر برای بعضی از گیاهان زراعی در مراحل مختلف رشد (Way and White, 1968)

Table 1. Harmful temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) for different crops in different development stages (Way and White, 1968)

Crop	نوع گیاه	مرحله رشد		
		Development of stages		
		جوانه زنی	گلدهی	میوه دهی
		Germination	Flowering	Fruiting
Wheat	گندم	(-2,-1)	(-2,-1)	(-5,-2)
Spring wheat	گندم بهاره	(-10,-9)	(-2,-1)	(-2,-1)
Barley	جو	(-8,-7)	(-2,-1)	(-4,-3)
Sugar beat	چغندر قند	(-7,-6)	(-3,-2)	-3
Fruit trees	درختان میوه	(-1,0)	(-2,-1)	(-3,-2)
Cotton	پنبه	(-2,-1)	(-2,-1)	(-3,-2)
Watermelon	هندوانه	(-1,-0.5)	(-1,-0.5)	-1

نرمال دانسته‌اند، حال آنکه گامبل (Gumbel, 1958) معتقد است درجه حرارت‌های حداقل از توزیع اکستریم تیپ III تبعیت می‌کنند و لذا کاربرد توزیع نرمال را مردود دانسته است. کایت (Kite, 1958) معتقد است داده‌ها با توابع توزیع مختلف برازش داده شوند و سپس با روش‌های مقایسه‌ای تحلیل ریسک‌ها بهترین تابع توزیع انتخاب و بر اساس آن احتمال وقوع سرما و یخبندان محاسبه گردد. هاشمی (۱۳۴۸) با جمع‌آوری آمار ۶۰ ساله تهران، احتمالات وقوع سرما و یخبندان را با استفاده از توزیع نرمال برآورد کرده است. براتی (۱۳۷۵) الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های بهاره را در ایران مورد مطالعه قرار داده است.

معمولاً دو روش کنترل وجود دارد. روش اول کنترل فعال است که در آن از تکنیک‌های مختلفی نظیر وسایل گرم‌کننده، سیستم‌های آبیاری بارانی، مواد شیمیایی و غیره بهره‌گیری می‌شود. روش دوم استفاده از اطلاعات اقلیمی جهت تصمیم‌گیری در مدیریت مزرعه است (رسول زادگان، ۱۳۷۰). در همه روش‌های فوق نیاز به دانستن احتمال وقوع زمان یخبندان و سرما می‌باشد تا با توجه به نوع محصول از نظر اقتصادی و استراتژیکی، تصمیم‌گیری لازم در مورد مدیریت کشت، حفاظت از مزرعه و برداشت محصول انجام شود. عده‌ای از پژوهشگران (and Shaw, 1958; Anonymus, 1983; Waylen, 1988; Thom) توزیع احتمال وقوع اولین یخبندان‌ها را از نوع

۳- درجه سانتی‌گراد و حداقل مطلق دما به عنوان سرحد‌های حرارتی مضر در نظر گرفته شد و احتمال تاریخ وقوع آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور، آمار روزانه درجه حرارت حداقل مطلق مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی شهرکرد، پل زمانخان، بروجن، لردگان و کوه‌رنگ مورد بررسی قرار گرفتند. پس از بررسی‌های لازم جدیدترین آمار قابل اعتماد و متوالی برای این ایستگاه‌ها به شرح جدول ۲ انتخاب شدند.

از آنجا که در استان چهارمحال و بختیاری اغلب محصولات زراعی و باغی از سرمای دیررس بهاره و یخبندان زودرس پاییزه دچار خسارات و صدمات شدیدی می‌شوند، این تحقیق جهت تعیین تاریخ احتمالی وقوع سرمای دیررس بهاره و یخبندان زودرس پاییزه در منطقه انجام شده است.

### مواد و روش‌ها

در این بررسی درجه حرارت‌های ۱۰، ۱- و

جدول ۲ - ایستگاه‌های منتخب جهت تحلیل آماری

Table 2. Acrosses Stations for statistical analysis

Station	ایستگاه	Type	نوع	Year	سال
Shahre Kord	شهرکرد	Sinoptic	سینوپتیک	1981-2000	۱۳۶۰-۷۹
Pole Zamankhan	پل زمانخان	Climatology	کلیماتولوژی	1987-1995	۱۳۶۶-۷۴
Boroujen	بروجن	Climatology	کلیماتولوژی	1989-2000	۱۳۶۸-۷۹
Koohrang	کوه‌رنگ	Climatology	کلیماتولوژی	1987-2000	۱۳۶۶-۷۹
Lordegan	لردگان	Climatology	کلیماتولوژی	1994-2000	۱۳۷۳-۷۹

(Weibull) به شرح زیر محاسبه گردید:

$$P = \frac{m}{n+1}$$

که در آن:  $P$  = احتمال تجربی وقوع داده‌ها،  $m$  = شماره ردیف داده‌ها زمانی که به ترتیب نزولی مرتب شده باشند و  $n$  = تعداد کل داده‌ها سپس توزیع‌های احتمالاتی نرمال، لوگ - نرمال ۲ پارامتری، لوگ نرمال ۳ پارامتری، پیرسون تیپ III، لوگ پیرسون III، گامبل و گاما بر روی اطلاعات به دو روش گشتاورها و حداکثر درشت‌نمایی (Moments and Maximum Likelihood) برآزش و بر اساس محاسبه مجموع

با بررسی داده‌های روزانه برای هر سال تاریخ وقوع زمان‌هایی که درجه حرارت از سرحد‌های حرارتی ۱۰، ۱- و ۳- درجه سانتی‌گراد عبور نموده بود، یادداشت گردید. همچنین تاریخ‌هایی که درجه حرارت حداقل مطلق، آخرین و اولین دمای زیر صفر نسبت به اول فروردین و مهر ماه اتفاق افتاده بود، استخراج و مبنای محاسبات و تجزیه و تحلیل‌های آماری در نظر گرفته شد. بدین ترتیب که تاریخ وقوع یخبندان‌ها نسبت به اول مهر ماه به عنوان یک عدد در نظر گرفته شد و احتمال تجربی وقوع زمان یخبندان‌ها با استفاده از فرمول ویبول

مربعات باقیمانده (Residual sum of square)،

مقایسه بین توزیع های مختلف انجام و مناسب ترین توزیع انتخاب گردید. مجموع مربعات باقیمانده از

رابطه زیر محاسبه می شود (مهدوی، ۱۳۷۱):

$$R.S.S. = \left[ \frac{\sum(QE-Q_0)^2}{n-m} \right]^{0.5}$$

که در آن: QE: مقدار برآورده شده متغیر

Q0 = مقدار مشاهده شده متغیر

n = تعداد داده ها

m = تعداد پارامترهای تابع توزیع

بهترین توزیع آماری آن است

که دارای کمترین مجموع مربعات

باقیمانده باشد.

### نتایج

با توجه به مجموع مربعات عملیات انجام شده برای مناطق مختلف مورد بررسی استان، بهترین تابع توزیع تعیین دوران آخرین سرمای بهاره و یخبندان زودرس پاییزه برای سرردهای حرارتی مضر در جدول های ۳ و ۴ ارائه شده اند. همچنین زمان وقوع آخرین سرمای بهاره و اولین یخبندان پاییزه در سرردهای حرارتی مضر برای نقاط مختلف استان، با احتمالات مختلف در شکل های ۱ تا ۱۰ ارائه شده اند.

جدول ۳ - بهترین تابع توزیع برای مناطق مختلف استان جهت تعیین زمان وقوع سرمای بهاره

Table 3. The best distribution function for different parts of province to select time of spring cold

Region	منطقه	محدود مضر حرارتی (°C)			نسبت به حداقل	نسبت به آخرین
		T<-3	-3<T<0	-1<T<0	مطلق دما	دمای زیر صفر
					Absolute	Last freezing
					minimum(°c)	temperature
Shahre Kord	شهرکرد	1*	1	1	1	1
Pole Zamankhan	پل زمانخان	3	2	2	3	2
Boroujen	بروجن	1	4	4	4	4
Koohrang	کوه رنگ	2	5	2	6	5
Lordegan	لردگان	-	6	3	5	5

- = Not occurred

\*1= Log pearson type III, 2= Pearson type III, 3= Gamma 2 parameter, 4= Log normal type III,

5= Normal, 6= Gumbel

که برای منطقه شهرکرد بهترین تابع توزیع جهت تحلیل سرمای بهاره و یخبندان پاییزه، لوگ

### بحث

بر اساس جدول های ۳ و ۴ ملاحظه می شود

جدول ۴ - بهترین تابع توزیع برای مناطق مختلف استان جهت تعیین زمان وقوع یخبندان‌های پاییزه

Table 4. The best distribution function for different parts of province to select time of autumn freezing

Region	منطقه	محدود مضر حرارتی (°C)			نسبت به حداقل	نسبت به آخرین
		T<-3	-3<T<0	-1<T<0	مطلق دما	دمای زیر صفر
					Absolute minimum (°c)	Last freezing temperature
Shahre Kord	شهرکرد	1*	1	1	1	1
Pole Zamankhan	پل زمانخان	2	2	2	2	2
Boroujen	بروجن	2	2	2	2	2
Koohrang	کوه‌رنگ	1	1	1	1	1
Lordegan	لردگان	5	5	5	5	5

- = Not occurred

\*1= Log pearson type III, 2= Pearson type III, 3= Gamma 2 parameter, 4= Log normal type III,

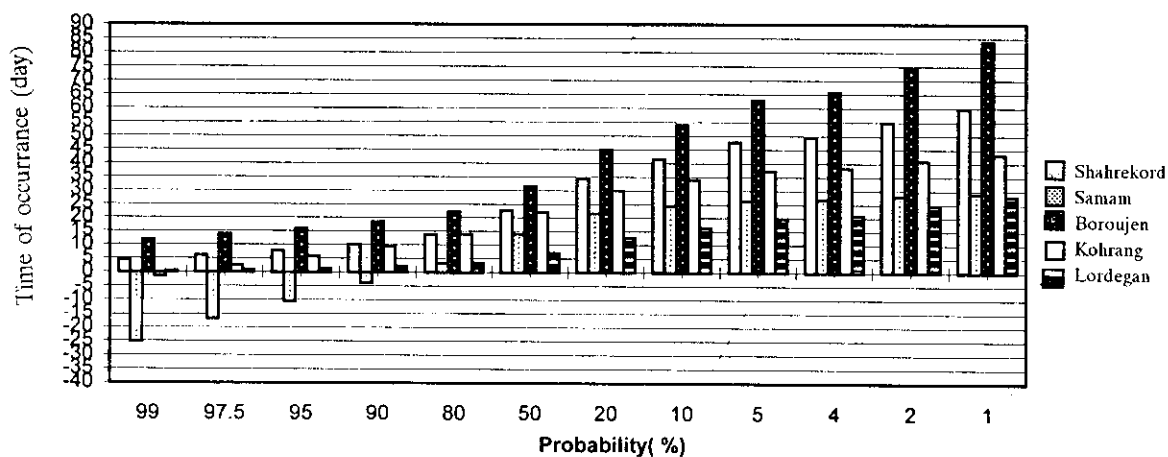
5= Normal, 6= Gumbel

برای دوران سرمای بهاره از یک روند صعودی و برای دوران یخبندان پاییزه از یک روند نزولی در مقابل کاهش درصد احتمالات وقوع پیروی می‌کنند. این مطلب گویای آن است که با درصد احتمال بیشتر زمان وقوع سرردهای مضر حرارتی در اوائل بهار یا قبل از آن خواهد بود که باید در بحث مدیریت باغ‌ها و زمان کاشت محصولات یک ساله مناطق مورد توجه قرار گیرد.

همچنین احتمال وقوع سرردهای مضر حرارتی در پاییز در نیمه دوم اتفاق می‌افتد که باید در بحث برداشت محصولات مورد توجه قرار گیرد. به عنوان مثال، در منطقه شهرکرد با احتمال ۸۰٪ سرحد حرارتی مضر صفر تا منفی یک درجه سانتی‌گراد در چهاردهم فروردین اتفاق خواهد افتاد و قبل از آن احتمال وقوع بیشتر است. بنابراین اگر باغدار بخواهد که در این سرحد حرارتی با

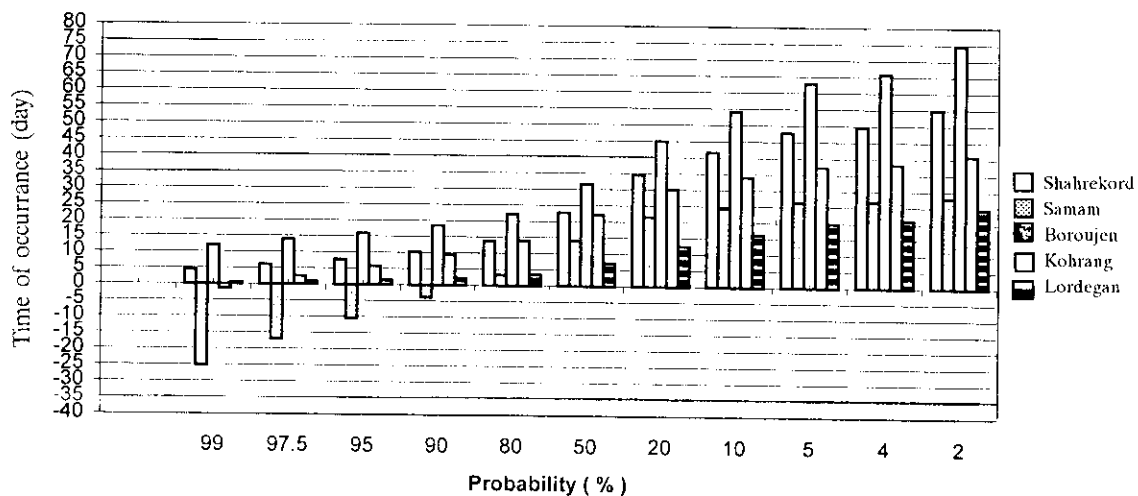
پیرسون III مناسب می‌باشد، حال آنکه برای منطقه پل زمانخان جهت تحلیل یخبندان‌های پاییزه تابع توزیع پیرسون III و برای سایر مناطق، توابع توزیع دیگر مناسب‌تر تشخیص داده شده‌اند. بنابراین در داده‌های آماری قضاوت و ارائه حکم مبنی بر استفاده از تابع توزیع خاص جهت تحلیل یک پارامتر در شرائط زمانی و مکانی مختلف امری ناصحیح بوده و باید اطلاعات بر توابع توزیع مختلف برازش و بر اساس تابع توزیع منتخب نتیجه‌گیری نمود.

با دقت در شکل‌ها ملاحظه می‌شود که زمان وقوع سرردهای مضر حرارتی بعضاً منفی شده است. این امر به مفهوم آن است که روز وقوع سرحد مضر حرارتی قبل از زمان مبناء حادث می‌شود. با توجه به این شکل‌ها مشاهده می‌شود که روند تغییرات زمان وقوع سرردهای مضر حرارتی



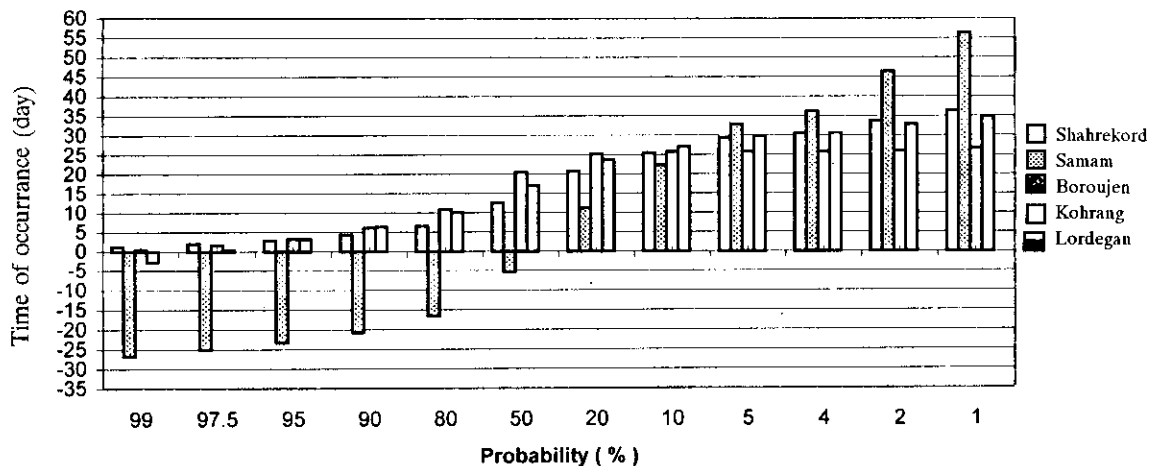
شکل ۱ - درصد احتمال و فاصله زمانی وقوع دما  $(-1 < T < 0)$  نسبت به اول فروردین ماه

Fig. 1. Probability and distance occurrence of  $(-1 < T < 0)$  from first Farvardin (March 21st)



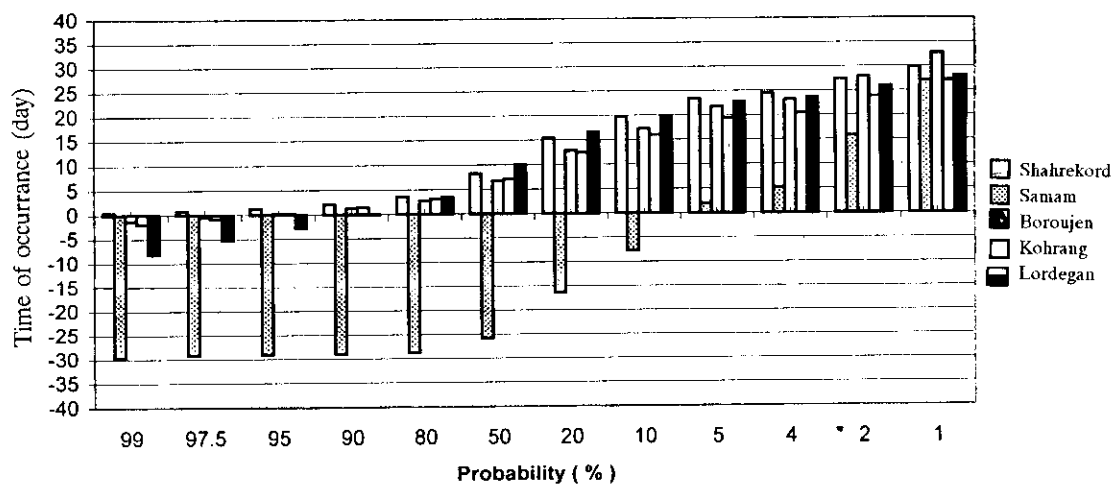
شکل ۲ - درصد احتمال و فاصله زمانی وقوع دما  $(-3 < T < -1)$  نسبت به اول فروردین ماه

Fig. 2. Probability and distance occurrence of  $(-3 < T < -1)$  from first Farvardin (March 21st)



شکل ۳ - درصد احتمال و فاصله زمانی وقوع دما ( $T < -3$ ) نسبت به اول فروردین ماه

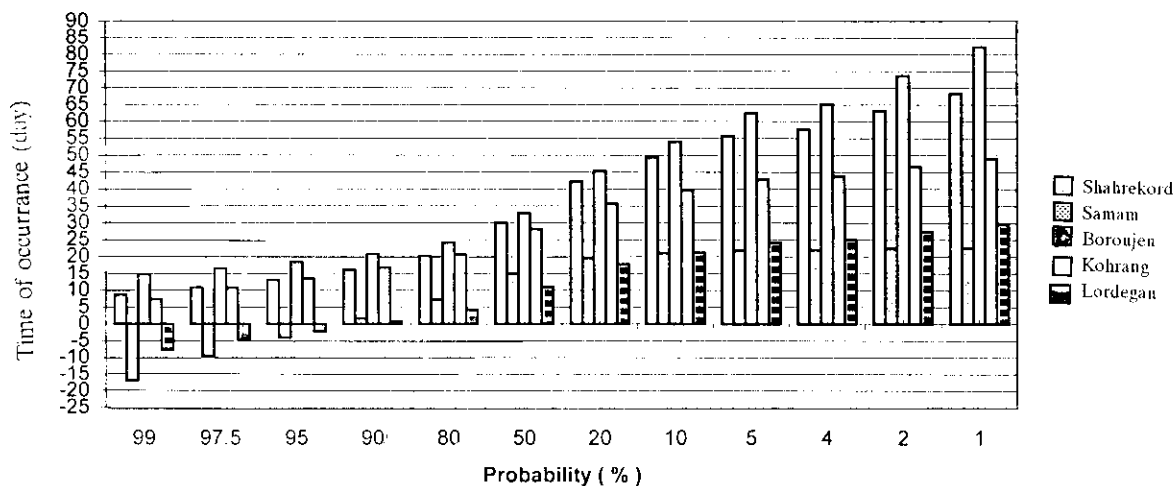
Fig. 3. Probability and distance occurrence of ( $T < -3$ ) from first Farvardin (March 21st)



شکل ۴ - درصد احتمال و فاصله زمانی وقوع حداقل مطلق دما نسبت به اول فروردین ماه

Fig. 4. Probability and distance occurrence of absolute minimum temperature from first Farvardin (March 21st)

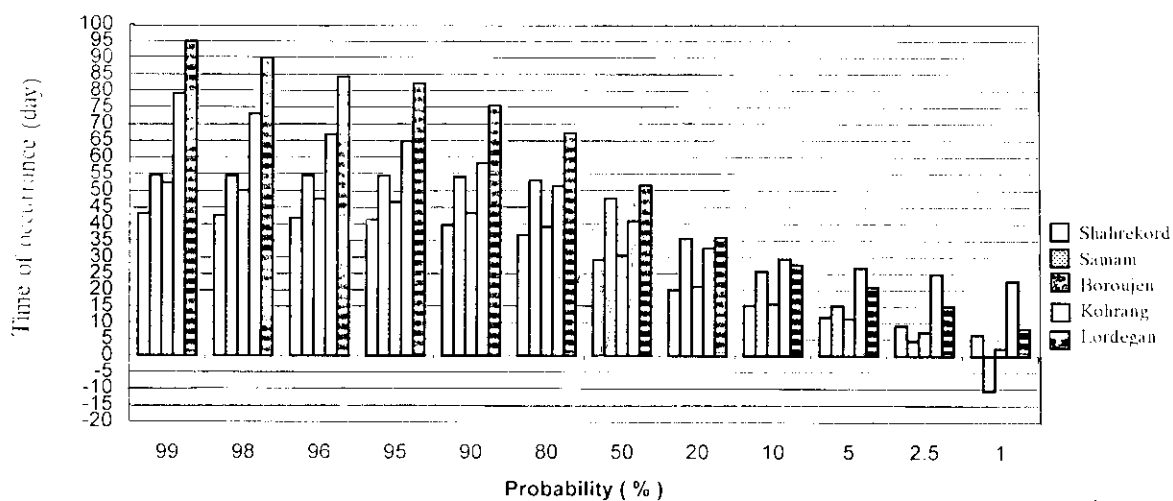




شکل ۵ - درصد احتمال و فاصله زمانی وقوع آخرین دمای زیر صفر نسبت به اول فروردین ماه

Fig. 5. Probability and distance occurrence of the end ( $T < 0$ )

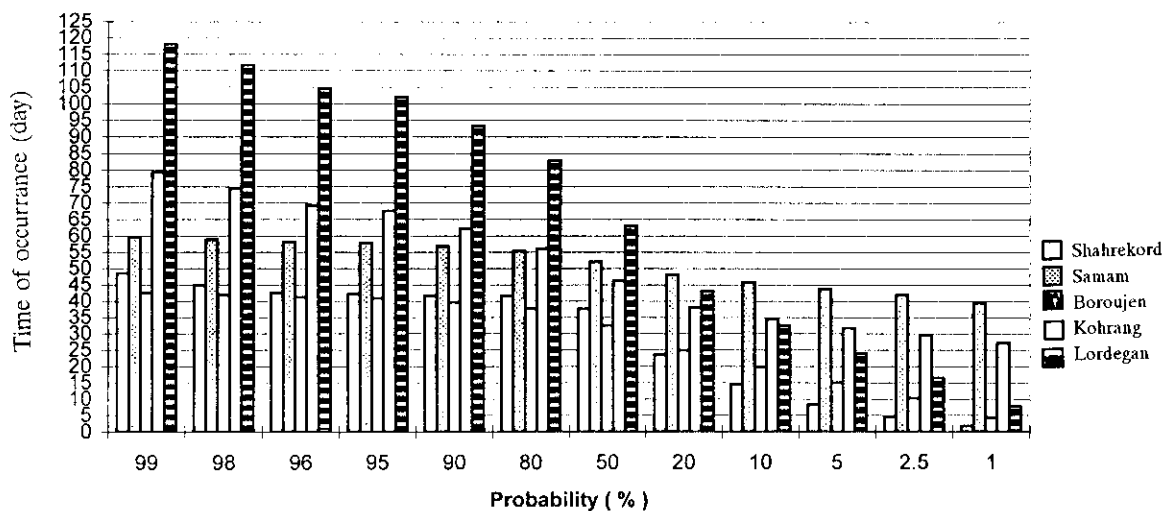
from first Farvardin (March 21st)



شکل ۶ - درصد احتمال و فاصله زمانی وقوع دما  $(-1 < T < 0)$  نسبت به اول مهر ماه

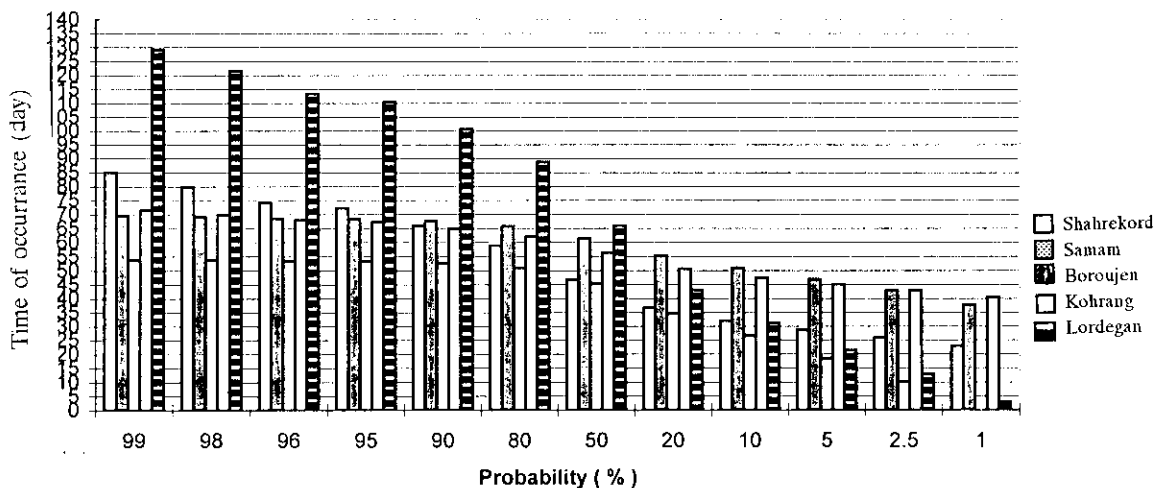
Fig. 6. Probability and distance occurrence of  $(-1 < T < 0)$  from first

Mehr (September 23rd)



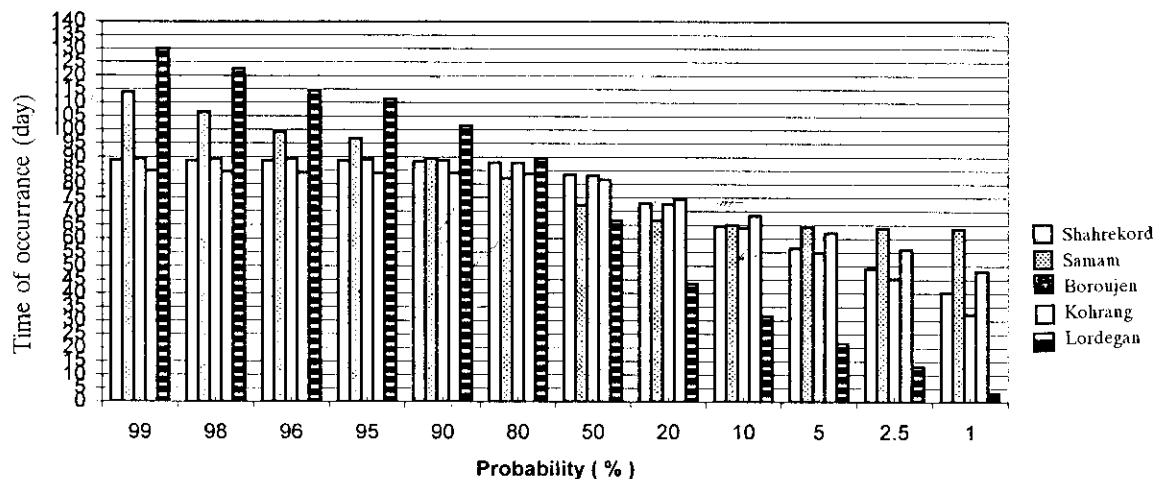
شکل ۷ - درصد احتمال و فاصله زمانی وقوع دما  $(-3 < T < -1)$  نسبت به اول مهر ماه

Fig. 7. Probability and distance occurrence of  $(-3 < T < -1)$  from first Mehr (September 23rd)



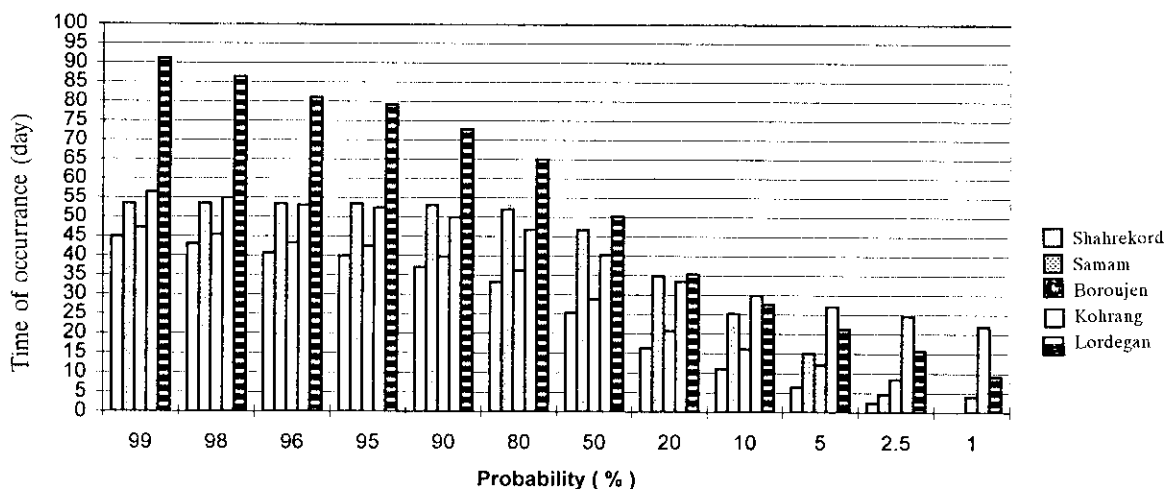
شکل ۸ - درصد احتمال و فاصله زمانی وقوع دما  $(T < -3)$  نسبت به اول مهر ماه

Fig. 8. Probability and distance occurrence of  $(T < -3)$  from first Mehr (September 23rd)



شکل ۹ - درصد احتمال و فاصله زمانی وقوع حداقل مطلق دما نسبت به اول مهر ماه

Fig. 9. Probability and distance occurrence of absolute minimum temperature from first Mehr (September 23rd)



شکل ۱۰ - درصد احتمال و فاصله زمانی وقوع اولین دمای زیر صفر نسبت به اول مهر ماه

Fig. 10. Probability and distance occurrence of the first (T<0) from first Mehr (September 23rd)

اوائل بهار و پاییز به ترتیب در جدول‌های پنج و شش ارائه شده است.

تاریخ‌های پیش‌بینی شده در این تحقیق می‌تواند به عنوان مبنایی برای انجام برنامه ریزی‌های مختلف خصوصاً برنامه ریزی‌های زراعی و باغی در منطقه باشد.

بنابراین توصیه می‌شود که با توجه به سیاست‌گذاری‌های دولت مبنی بر اهمیت بیش از پیش به خودکفایی و افزایش کیفی محصولات کشاورزی:

اولاً: جهت احداث باغات جدید در مناطق مختلف استان با عنایت به سرردهای حرارتی مضر و زمان وقوع آن‌ها، انتخاب وارسته مناسب صورت گیرد.

ثانیاً: با عنایت به زمان‌های وقوع دماهای مضر

احتمال ۸۰٪ آسیمی به باغ وی نرسد باید که تا چهاردهم فروردین مترصد اوقات و مراقب تغییرات دمایی محیط خصوصاً از نیمه شب تا اوائل صبح که بیلان انرژی حرارتی اتمسفر کاهش می‌یابد و در صورت بروز دمای زیر صفر با توجه به امکانات و توانمندی‌های خود یکی از تدابیر لازم را که بیشتر در بخش باغبانی توصیه می‌شود، به کار گیرد.

با دقت در شکل‌های ۱ تا ۱۰ ملاحظه می‌شود که برای هر احتمال می‌توان زمان وقوع سرردهای مضر حرارتی را در نقاط مختلف استان با هم مقایسه و نتیجه‌گیری کرد.

با توجه به مجموعه شکل‌های ۱ تا ۵ و ۶ تا ۱۰ برای مناطق مورد مطالعه زمان وقوع سرردهای مضر حرارتی با احتمال ۸۰٪ نسبت به

جدول ۵ - آخرین زمان وقوع سرردهای مضر حرارتی برای نقاط مختلف استان

با احتمال ۸۰٪ نسبت به اوّل بهار

Table 5. Late spring harmful temperature (°C) occurrence by probability of 80% for different parts of province

		زمان وقوع نسبت به سرحد حرارتی (روز)				
		Time of occurrence (day)				
		محدود مضر حرارتی (°C)			Absolute	Last freezing
Region	منطقه	T<-3	-3<T<0	-1<T<0	minimum (c)	temperature
Shahre Kord	شهرکرد	14	15	7	4	21
Pole Zamankhan	پل زمانخان	3	4	-17	-29	16
Boroujen	بروجن	22	22	11	3	25
Koohrang	کوهرنگ	14	15	10	3	21
Lordegan	لردگان	3	4	-	4	5

جدول ۶ - زمان وقوع سرردهای مضر حرارتی برای نقاط مختلف استان

با احتمال ۸۰٪ نسبت به اول پاییز

Table 6. Early autumn harmful temperature (°C) occurrence by probability of 80% for different parts of province

Region	منطقه	زمان وقوع نسبت به سرحد حرارتی (روز)				
		Time of occurrence (day)				
		محدود مضر حرارتی (°C)			نسبت به حداقل	نسبت به آخرین
T<-3	-3<T<0	-1<T<0	Absolute minimum (°C)	Last freezing temperature	دمای زیر صفر مطلق دما	
Shahre Kord	شهرکرد	37	42	59	88	33
Pole Zamankhan	پل زمانخان	53	55	66	82	52
Boroujen	بروجن	39	38	51	88	36
Koohrang	کوهرنگ	51	15	62	84	46
Lordegan	لردگان	67	65	88	89	65

درجه ریسک پذیری صدمه به محصولات جلوگیری شود.

#### سپاسگزاری

از معاونت محترم امور پژوهشی دانشگاه شهرکرد به جهت تصویب و تأمین اعتبار طرح و اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری به جهت همکاری در ارائه آمار هواشناسی تقدیر و تشکر می‌گردد.

حرارتی و یا مساعدت بخش ترویج سازمان جهاد کشاورزی از طریق رسانه‌های جمعی امر آموزش، اطلاع رسانی دقیق و ترویج فرهنگ استفاده از روش‌های پیشگیری و مبارزه با سرماهای بهاره به باغداران انجام تا از خسارات سرمازدگی‌ها جلوگیری شود.

ثالثاً: با توجه به زمان‌های وقوع سرردهای مضر حرارتی و اولین یخبندان‌های پاییزه نسبت به برداشت محصولات در زمان مناسب اقدام تا از

#### References

- منابع مورد استفاده
- برواتی، غ. ۱۳۷۵. طراحی و پیش بینی الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های بهاره در ایران. رساله دکتری اقلیم‌شناسی. گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- رامین، ع. ۱۳۷۸. عوامل مؤثر بر کاهش یخ زدگی بهاره در بادام (تنظیم کننده‌های رشد). خلاصه مقالات اولین همایش ملی بادام، شهرکرد، ۲ - ۵ شهریور ۱۳۷۸.
- رسول زادگان، ی. ۱۳۷۰. میوه کاری در مناطق معتدله (ترجمه). انتشارات اردکان (شفق نشر). ۷۵۹ صفحه.
- علیزاده، ا. و کوچکی، ع. ۱۳۶۸. کشاورزی و آب و هوا. انتشارات جاوید، ۴۶۲ صفحه.

- مهدوی، م. ۱۳۷۱. هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۷ صفحه.
- هاشمی، ف. ۱۳۴۸. تجزیه و تحلیل استاتستیکی از سرمای تهران. انتشارات دفتر تحقیقات و بررسی های علمی هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور.
- Anonymous. 1975. Economical Benefits of Climatological Services. W.M.O., No. 24. Geneva, Switzerland.
- Anonymous. 1978. Techniques of Frost Prediction and Methods of Frost and Protection, W. M. O., No. 487. Geneva, Switzerland.
- Anonymous. 1983. Guide to Climatological Practice. W. M. O., No. 100. Geneva. Switzerland.
- Bowers, M. C. 1994. Environmental effects of cold on plants. pp. 391-413. In: Wilkinson, R. E. (ed.). Plant Environmental Interaction, Marcel Dekker Inc. NewYork.
- Burke, M., Gusta, Y., Quamme, H. A., Weiser, C., and Lin, P. 1976. Freezing and injury in plants. Annual Review of Plant Physiology 27: 507-528.
- Chandler, W. H. 1913. Missouri Agr. Exp. Sta. Research Bull. 8: 1-309.
- Chandler, W. H. 1954. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64: 552-572.
- Gumbel, E. J. 1958. Statistics of Extremes. Columbia. University Press, New York.
- Kite, G. W. 1985. Frequency and Risk analysis in Hydrology. WRP, U.S.A.
- Levitt, J. 1980. Responses of Plant to Environmental Stress. Vol. 1, Chilling, Freezing and High Temperature Stresses, Academic Press, NewYork.
- Lin, P., and Sakai, A. 1981. Plant Cold Hardness and Freezing Stress. Vol. 2, Academic Press, New York.
- Talaie, A. 1975. Growth and yield of faragria. A varietal comparison. M.Sc. Thesis, Manchester University.
- Talaie, A. 1987. The interaction between leaf growth, flowering and yield of temperature friut crops. Ph.D. Thesis Thesis, Manchester Uniersity.
- Thom, H. C. S., and Shaw, R. H. 1958. Climatological analysis of freeze data for Iowa. Mon. Wea. Rev. 86(7): 251-257.
- Way, D. W., and White, G. C. 1968. The influence of vigour and nitrogen status on the fruitfulness of talisma strawberry plants. Journal of Horticultural Sciences 3: 409-419.
- Waylen, P. R. 1988. Statistical analysis of freezing temperatures in central and southern Florida. Journal of Climatology 8: 607-628.