نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۵۰، پاییز۹۷

تعیین تابع توزیع احتمالاتی یخبندان‌های ایران طی ۲۰۱۰-۱۹۸۱

دریافت مقاله: ۹۶/۸/۱۲ پذیرش نهایی: ۹۷/۱/۱۵

صفحات: ۱۵-۱

محمد دارائی: دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه تبریز، ایران[۱].
daraei_mohammad@yahoo.com
پیمان محمودی: استادیار اقلیم شناسی و عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
p_mahmoudi@gep.usb.ac.ir
بهروز ساری صراف : استاد اقلیم شناسی و عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز، ایران.
sarisarraf@tabrizu.ac.ir
علی محمد خورشیددوست : استاد اقلیم شناسی و عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز، ایران.
khorshid@tabrizu.ac.ir

چکیده

هدف این پژوهش شناسایی بهترین تابع توزیع احتمالاتی برای استخراج ویژگی‌های آماری یخبندان‌های ایران بوده است. بدین منظور تاریخ یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره با استفاده از دمای کمینه‌ی روزانه‌ی ۴۴ ایستگاه همدید ایران برای یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۰ – ۱۹۸۱) استخراج شد. پس از برازش توزیع‌های گوناگون، با استفاده از آزمون نکویی برازش آندرسن-دارلینگ بهترین توزیع انتخاب گردید. نتایج نشان داد که بیشتر ایستگاه‌ها از توزیع ویکبی پیروی می‌کنند. بر اساس محاسبات انجام شده اولین روز یخبندان در ارتفاعات شمال غربی (سقز، همدان، اردبیل و زنجان)، شمال شرقی (بجنورد، تربت حیدریه و بیرجند و همچنین در ارتفاعات زاگرس مرکزی (شهرکرد) به دلیل نزدیکی بیشتر با سرزمین‌های سرد شمالی، همچون سیبری و اروپای شمالی و همچنین ورود زودتر سیستم بادهای غربی اتفاق افتاده و دیرترین رخداد اولین روز یخبندان کمی دورتر از سواحل جنوبی ایران در نوار باریکی موازی با ساحل و قسمت‌هایی از سواحل شمالی (از بابلسر تا بندر انزلی) انجام گردیده و همچنین زودترین رخداد آخرین روز یخبندان در همین ناحیه در اوایل بهمن بوده است. دیرترین روز پایان یخبندان در ایران در آذربایجان، کردستان، خراسان و ارتفاعات استان چهارمحال و بختیاری مشاهده شد.

کلیدواگان: ایران، یخبندان زودرس، یخبندان دیررس، توزیع احتمالاتی, ویکبی.

---

۱. **نویسنده مسئول**: آذربایجان شرقی، تبریز، دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، ۰۹۱۴۱۸۴۵۱۵۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

مقدمه

شرایط آب و هوائی یک منطقه، تعیین کننده‌ی نوع محصولاتی است که در آن منطقه به عمل می آید. یکی از مهمترین عوامل آب و هوائی که تاثیر زیادی در میزان تولید محصولات کشاورزی در یک منطقه دارد عامل یخبندان است. پدیده‌ی یخبندان بر اثر نزول دما به آستانه‌های بحرانی ایجاد می‌گردد و در صورت شدید و طولانی بودن آن می‌تواند خسارات زیادی را به محصولات کشاورزی وارد نماید. از دیدگاه هواشناسی هنگامی‌که دمای کمینه به زیر صفر درجه‌ی سلسیوس برسد یخبندان رخ می‌دهد. اگرچه دماهای صفر و زیر صفر درجه‌ی سلسیوس در فصل سرد سال و در عرض‌های میانی لزوماً یک پدیده حدی به شمار نمی‌آیند، اما ماندگاری طولانی مدت آن‌ها در یک ناحیه‌ی وسیع و یا وقوع ناگهانی آن‌ها در ابتدا و انتهای فصل سرما می‌تواند این دماها را به یک پدیده‌ی حدی تبدیل کند (محمودی، ۱۳۹۱: ۱). با توجه به اینکه اولین سرماهای پاییزه و آخرین سرماهای بهاره به علت غافلگیر نمودن کشاورزان و عدم اتخاذ تدابیرلازم توسط آن‌ها، می‌تواند خسارت بارترین نوع یخبندان‌ها باشد، لذا از دیرباز اطلاع از این تاریخ‌ها، مورد توجه محققین بخش هواشناسی و اقلیم شناسی بوده است(محمودی و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۶). اگرچه پدیده‌ی یخبندان به عنوان پدیده‌ای تصادفی به طور دقیق قابل پیش بینی نیست، ولی از مشاهدات پیاپی آن آگاهی‌های مفیدی به دست می‌آید که از طریق قوانین احتمالاتی قابل تعریف است. بنابراین، فهم بخش مهمی از مکانیزم یخبندان‌ها منوط به شناخت احتمال وقوع این پدیده است (عساکره، ۱۳۸۹: ۲). آگاهی دقیق از احتمال وقوع دمای بحرانی آسیب‌رسان در هر تاریخ معین در بهار و پاییز برای تعیین تاریخ کاشت و برداشت محصولات و نیز انتخاب محل متناسب با طول فصل رشد و اتخاذ سیستم‌های محافظت از یخبندان برای پرهیز از خسارات یخبندان مفید می‌باشد (محمدی، ۱۳۹۱: ۳). از این رو آگاهی از رخداد زمانی آن مورد توجه پژوهشگران بوده است. به طوریکه تام و شاو[1] (۱۹۵۸) با استخراج اولین و آخرین یخبندان های زودرس پاییزه و دیررس بهاره برای ایالت آیوا در ایالات متحده نشان دادند که تاریخ های وقوع این یخبندان ها تصادفی بوده و از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند. روزنبرگ و مایرز[2] (۱۹۶۲) با پذیرفتن نرمال بودن توزیع آماری تاریخ رخداد یخبندان‌ها در دره‌ی پلیت نبراسکا[3] تاریخ رخداد اولین و آخرین یخبندان‌های تابشی و فرارفتی پاییزه و بهاره را مشخص نمودند. کوتیر و لیدوک[4] (۱۹۹۵) در شمال شرق ایالات متحده‌ی آمریکا مشاهده نمودند که یک روند خطی منفی معنادار در تاریخ آغاز یخبندان‌های زودرس وجود دارد. تحلیل ویژگی‌های احتمالاتی یخبندان‌ها در جنوب و مرکز ایالت فلوریدا توسط ویلن[5] (۱۹۸۸) برای ۲۵ ایستگاه مورد مطالعه تعیین شد. سیتادینی[6] و همکاران (۲۰۰۶) در ناحیه‌ی پاتاگونیای آرژانتین توزیع احتمالاتی رخداد یخبندان‌ها را برای شش نقطه‌ی مختلف در منطقه مورد مطالعه برآورد کردند. آناندی و همکاران (۲۰۱۳) تاریخ شروع و خاتمه‌ی یخبندان‌های پاییزه و بهاره‌ی کانزاس ایالت متحده را در سطح احتمال ۵٪ و ۹۵٪ برآورد نمودند.

1- Thom and Shaw
2 -Rosenberg and Myers
3- Platte Valley of Nebraska
4 -Cooter and Leduc
5- Waylen
6 -Cittadini

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

در ایران نیز پژوهش‌هایی در این راستا انجام شده است. پیش بینی سرماهای دیررس بهاره و زودرس پاییزه در سطوح مختلف احتمالاتی برای ایستگاه‌های استان چهارمحال و بختیاری به‌وسیله‌ی خلجی (۱۳۸۰) انجام شد. کمالی و نوخندان (۱۳۸۴) با استفاده از تابع احتمال ویبول تاریخ آغاز و پایان یخبندان‌های ایران را به منظور تعیین نقش آن‌ها در حمل و نقل جاده‌ای در ایران شناسایی کردند. برازش داده‌های دماهای کمینه‌ی استان فارس بر توابع توزیع‌های مختلف نشان داد که دو تابع توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ و تابع توزیع پیرسون تیپ ۳ بهترین برازش را بر داده‌ها دارند (ضیایی و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۳). در تجزیه و تحلیل یخبندان در استان لرستان مشخص شد که توزیع نرمال نسبت به بقیه‌ی توزیع‌ها با سری‌های موجود تناسب بیشتری دارد. زودترین رخداد یخبندان در ایستگاه‌های ناصرالدین و الیگودرز در روزهای ۱۲ و ۱۳ آبان و دیرترین روز در خرم‌آباد ۲۲ آذر رخ داده است. در مورد خاتمه‌ی یخبندان نیز زودترین ایستگاهی که در آن یخبندان پایان می‌یابد مربوط به ایستگاه خرم آباد ۲۵ بهمن ماه است و دیرترین ایستگاه الیگودرز ۱۰ اردیبهشت است (حجازی‌زاده و ناصرزاده، ۱۳۸۶: ۳۹). نوحی و همکاران (۱۳۸۷) مشخص نمودند که سری‌های تاریخ‌های شروع و خاتمه‌ی یخبندان‌های فرارفتی در نواحی زنجان، قزوین و تهران تصادفی بوده و با توزیع نرمال برازش خوبی دارند. نتایج پژوهش اقتداری و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد که در استان خراسان رضوی زودترین و دیرترین میانگین تاریخ آغاز یخبندان فرارفتی به ترتیب در ۲۹ آبان و ۲۶ آذر در ایستگاه‌های قوچان و بشرویه بوده و یخبندان‌های فرارفتی در ۲۰ اسفند در ایستگاه بشرویه، زودتر و در ۱۸ فروردین در ایستگاه قوچان دیرتر پایان می‌پذیرد. همچنین میان آبادی و همکاران (۱۳۸۸) دریافتند که رخداد یخبندان‌های پاییزه از شمال استان خراسان رضوی آغاز و سپس مناطق جنوبی را در بر می‌گیرد. علاوه براین یخبندان‌های بهاره در جنوب استان زودتر به پایان می‌رسد. در تهران محدوده‌ی تاریخ سرمازدگی در پاییز از ۸ آذر تا ۲۱ آذر و در بهار از ۱۳ فروردین تا ۲۵ فروردین اتفاق می‌افتد (کمالی، ۱۳۸۸: ۱۵۰). بررسی رضایی و عابد (۱۳۸۹) نشان داد که تاریخ‌های شروع یخبندان پاییزه و پایان یخبندان بهاره‌ی رشت از تابع توزیع احتمال نرمال تبعیت می‌نماید. زمان متوسط وقوع یخبندان زودرس پاییزه روز ۲۳ آذر است و تاریخ متوسط وقوع یخبندان دیررس بهاره ۱۴ اسفند هر سال است. حسینی و همکاران (۲۰۱۲) با مدل اتورگرسیو فصلی برای برآورد احتمال یخبندان در رفسنجان به این نتیجه رسیدند که یخبندان پس از ۱۰ روز گرم در دوره‌ی رشد اتفاق می‌افتد. براساس بررسی های انجام شده بر روی احتمال وقوع یخبندان‌های کرج، اولین یخبندان زودرس پاییزه بعد از ۱۶ آذر و قبل از ۲۹ آبان ,۲۰ درصد و همچنین احتمال وقوع آخرین یخبندان بهاره بعد از ۲۲ فروردین و قبل از ۲۶ اسفند ۲۰ در صد می باشد (محمدی و گزل خو، ۱۳۸۹ : ۹۳). طاوسی و درخشی (۱۳۸۹) توزیع پیرسون تیپ ۳ را بهترین توزیع برازش داده شده بر داده‌های ژولیوسی اولین یخبندان‌های زودرس پاییزه و آخرین یخبندان‌های دیررس بهاره ایستگاه زاهدان تشخیص داده‌اند. وقوع یخبندان‌های دو ماه اکتبر و مه در ایران، که به ترتیب به یخبندان‌های زودرس پاییزی و یخبندان‌های دیررس بهاری مشهور هستند، دارای ویژگی زنجیره‌ی مارکوف مرتبه اول دوحالته‌اند؛ یعنی وقوع یخبندان فقط به شرایط اقلیمی روز گذشته مرتبط است. به عبارت دیگر، حاکمیت با تداوم‌های دو روزه است (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱). یخبندان‌های استان زنجان در فصل پاییز بین ۷ مهر تا ۲۴ آبان رخ می‌دهند و میانگین خاتمه‌ی یخبندان‌ها از ۲۰

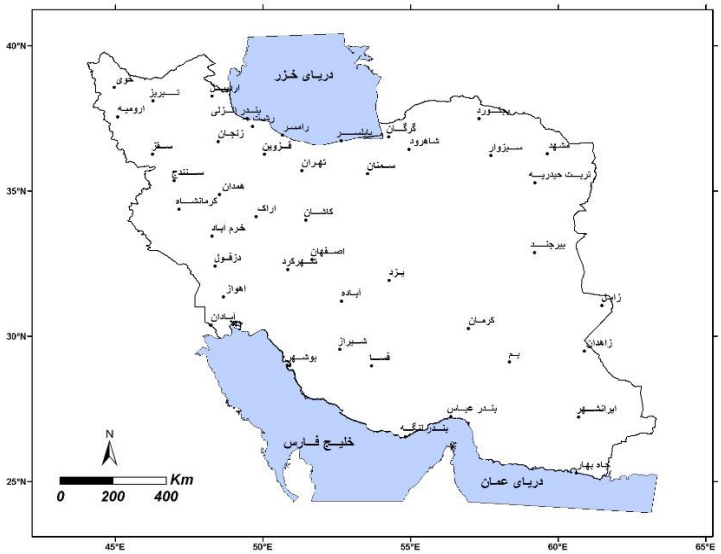
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

فروردین تا ۳۰ اردیبهشت است (میرموسوی و بابایی، ۱۳۹۰: ۱۶۷). یافته‌های مولی‌نژاد (۱۳۹۳) حاکی از آن است که در سقز بین تاریخ شروع یخبندان‌های پاییزه با تاریخ خاتمه‌ی یخبندان‌های بهاره، حداقل دمای ماه سپتامبر و آوریل همان سال همبستگی معناداری وجود دارد. همچنین، مشخص شد که زودترین یخبندان پاییزه و دیرترین یخبندان بهاره در چه تاریخ‌هایی رخ داده است.

چنانکه از بررسی کارهای انجام شده در زمینه تعیین توزیع احتمال رخداد تاریخ شروع و پایان یخبندان‌ها بر می‌آید به صورت نقطه‌ای با یک یا چند ایستگاه بوده است و یا با توزیع‌های محدودی چون نرمال، پیرسون تیپ ۳، گامبل و ویبول صورت گرفته است اما توزیع‌های احتمالات دیگری نیز وجود دارد که قابلیت برازش آن‌ها با داده‌های یخبندان وجود دارد. هدف این پژوهش بررسی بیش از ۱۲ توزیع احتمالاتی و ارزیابی میزان برازش آن‌ها با داده‌های تاریخ ژولیوسی آغاز و پایان یخبندان‌ها و برآورد تاریخ رخداد آن‌ها در سطوح احتمالاتی مورد نظر است. زیرا با آگاهی از تاریخ رخداد آن‌ها، می‌توان زمان کاشت محصول و گونه‌های مناسب جهت کاشت در هر منطقه‌ای را تعیین نمود و به علاوه با روش‌های مختلف، محصولات کشاورزی را در برابر یخبندان محافظت کرد.

روش تحقیق

برای تعیین بهترین تابع توزیع احتمالاتی یخبندان‌های ایران داده‌های مربوط به دمای حداقل روزانه‌ی ۴۴ ایستگاه همدید برای یک دوره‌ی ۳۰ ساله (۲۰۱۰ – ۱۹۸۱) از سازمان هواشناسی ایران دریافت گردید. پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح ایران در شکل شماره (۱) نشان داده شده است. ایستگاه‌های بندرعباس، بندرلنگه، بوشهر و چابهار بدون یخبندان هستند و ایستگاه‌های آبادان، اهواز و ایرانشهر که دارای میانگین کمتر از یک روز در سال در بازه‌ی زمانی مورد بررسی بودند، از محاسبات حذف شدند و برازش توزیع-های احتمالاتی بر روی تاریخ آغاز و پایان رخداد یخبندان‌های ایران، با ۳۷ ایستگاه انجام شد.



شکل (۱): پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

بعد از تشکیل بانک اطلاعاتی، بازه‌ی زمانی ۳۰۳ روزه جهت مطالعه انتخاب شد. یعنی روز اول شهریور (۲۳ سپتامبر) به عنوان روز مبنا انتخاب و روزهای دیگر به ترتیب، نسبت به این مبدأ شمارش شدند و آخرین روز ۳۱ خرداد (۲۱ جولای) در نظر گرفته شد. پس از تنظیم داده‌ها بر اساس روز ژولیوسی، دو شاخص یخبندان شامل: نخستین روز و واپسین روز یخبندان (آستانه‌ی دمایی صفر و زیر صفر درجه سلسیوس) برای هر ایستگاه به صورت جداگانه استخراج گردیدند. سپس ۱۲مورد از توزیع‌های احتمالاتی نرمال، لوگ نرمال، پیرسون، گامبل، گاما، ویکبی و ... جدول(۱) بر روی اطلاعات هر کدام از ایستگاه‌ها برازش داده شد. با استفاده از آزمون نکویی برازش آندرسن دارلینگ بهترین توزیع انتخاب گردید. آزمون آندرسن دارلینگ[1] به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود (آندرسن، ۲۰۱۰: ۳):

H_0: داده‌ها از توزیع مشخصی پیروی می‌کنند.

H_1: داده ها از توزیع مشخصی پیروی نمی‌کنند.

$$A^2 = -N-S$$

$$S = \sum_{i=1}^{n} \frac{(2i-1)}{N}\left[1nF(Yi) + 1n\left(1 - F(Y_{n+1-i})\right)\right]$$ رابطه (۱)

A^2 آماره‌ی آزمون، N حجم نمونه، F تابع توزیع تجمعی و Y_i داده‌های مرتب شده هستند.

جدول (۱): تابع چگالی احتمال و دامنه‌ی توزیع‌های منتخب

توزیع	تابع چگالی احتمال	دامنه
ویکبی	$x(F) = \xi + \frac{\alpha}{\beta}(1-(1-F)^{\beta}) - \frac{\gamma}{\delta}(1-(1-F)^{-\delta})$	$\alpha \neq 0 \; or \; \gamma \neq 0$ $\beta + \delta > 0 \;\; or$ $\beta' = \gamma = \delta = 0$
حدی تعمیم یافته	$fx = \begin{cases} \frac{1}{\sigma}\exp(-(1+kz)^{-\frac{1}{k}})(1+k)^{-1-\frac{1}{k}} & k \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma}\exp(-z - exp9 - z)) & k = 0 \end{cases}$	$1 + k\frac{(x-\mu)}{\sigma} > 0 \;\; for\; k \neq 0$ $-\infty < x < +\infty \;\; for \;\; k = 0$
گامبل (حد اقل و حداکثر)	$f(x) = \frac{1}{\sigma}\exp(-z - \exp(-z))$	$-\infty < x < +\infty$
نرمال	$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}{\sigma\sqrt{2\pi}}$	$-\infty < x < +\infty$
بتا	$f(x) = \frac{1}{B(\alpha_1, \alpha_2)} \frac{(x-a)^{\alpha_1 - 1}(b-x)^{\alpha_2 - 1}}{(b-a)^{\alpha_1 + \alpha_2 - 1}}$	$a \leq x \leq b$

1 -Anderson Darling

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

لوجستیک تعمیم یافته	$f(x)=\begin{cases}\dfrac{(1+k\,z)^{-1-1/k}}{\sigma\left(1+(1+k\,z)^{-1/k}\right)^2} & k\neq 0\\ \dfrac{\exp(-z)}{\sigma\,(1+\exp(-z))^2} & k=0\end{cases}$	$1+k\dfrac{(x-\mu)}{\sigma}>0$ for $k\neq 0$ $-\infty<x<+\infty$ for $k=0$
گاما	$f(x)=\dfrac{(x-\gamma)^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}\,\Gamma(\alpha)}\exp(-(x-\gamma)/\beta)$	$\gamma\leq x<+\infty$
گاما تعمیم یافته(4p)	$f(x)=\dfrac{k(x-\gamma)^{k\alpha-1}}{\beta^{k\alpha}\Gamma(\alpha)}\exp(-((x-\gamma)/\beta)^k)$	$\gamma\leq x<+\infty$
لوجستیک	$f(x)=\dfrac{\exp(-z)}{\sigma\,(1+\exp(-z))^2}$	$-\infty<x<+\infty$
لوگ لوجستیک	$f(x)=\dfrac{\alpha}{\beta}\left(\dfrac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1}\left(1+\left(\dfrac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right)^{-2}$	$\gamma\leq x<+\infty$
ویبول(3p)	$f(x)=\dfrac{\alpha}{\beta}\left(\dfrac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1}\exp\left(-\left(\dfrac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right)$	$\gamma\leq x<+\infty$

پس از انتخاب بهترین توزیع برای هر ایستگاه بر اساس آن‌ها در سطوح احتمالاتی ۵۰٪، ۷۵٪ و ۹۵٪ روز آغاز و خاتمه‌ی یخبندان‌های ایران برآورد و نقشه‌های پهنه‌بندی آن‌ها بر مبنای داده‌های ایستگاهی تهیه و نتایج به صورت نقطه‌ای تحلیل شد.

نتایج

نتایج برازش توزیع‌های مورد نظر روی داده‌های ژولیوسی تاریخ آغاز و پایان رخداد یخبندان‌های ایران بیانگر این است که بیشتر ایستگاه‌ها از توزیع ویکبی[1] پیروی می‌کنند و این توزیع با داده‌های مشاهداتی در منطقه‌ی مورد مطالعه برازش بهتری دارد و توزیع منتخب بیشتر از ۵۰ ٪ ایستگاه‌ها می‌باشد. به علاوه در بقیه‌ی ایستگاه-ها در رتبه‌های بالا قرار دارد. لذا می‌توان در تحلیل‌های پیش‌بینی تاریخ احتمالی رخداد یخبندان از این توزیع بهره جست. توزیع ویکبی یک توزیع ۵ عاملی است و به همین دلیل نسبت به توزیع‌های دیگر که دارای عوامل کمتری هستند، انعطاف‌پذیری بیشتری دارد (ملکی نژاد و ملکشاهی، ۱۳۹۲: ۲۱). در رتبه‌ی بعدی توزیع‌های حدی تعمیم‌یافته[2] و لوجستیک تعمیم‌یافته[3] و لوگ‌لوجستیک[4] (3p) با فراوانی به ترتیب با ۱۲/۵، ۱۲/۵ و ۱۰ درصد قرار دارند جدول (۲).

1- Wakeby
2 -Gen. Extreme value
3- Gen. Logistic
4- Log Logistic

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

جدول(۲): بهترین توزیع گزینش شده‌ی روزهای آغاز و پایان یخبندان‌های ایر

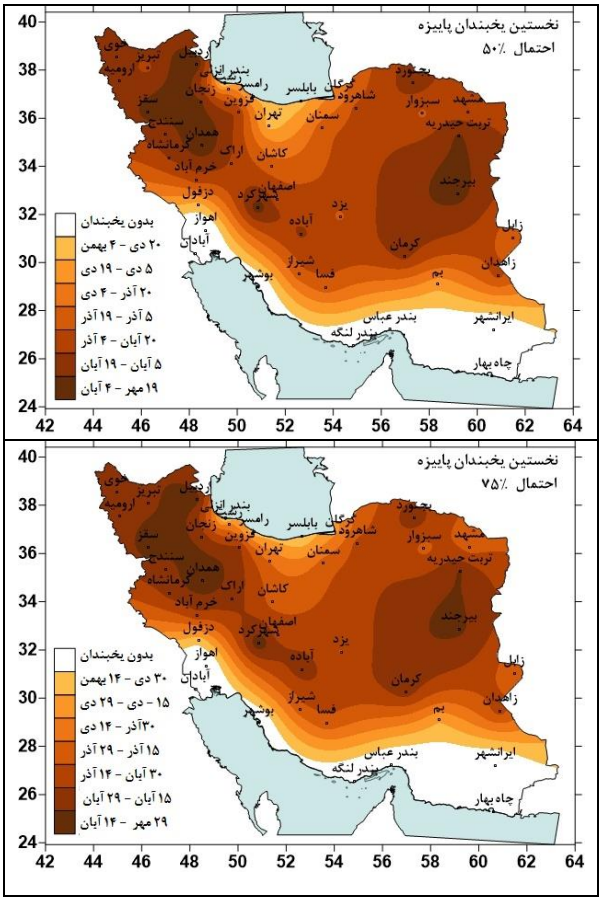
ایستگاه	آغاز یخبندان	پایان یخبندان	ایستگاه	آغاز یخبندان	پایان یخبندان
خوی	ویکبی	گاما	تربت حیدریه	حدی تعمیم یافته	ویکبی
تبریز	ویکبی	ویکبی	کرمانشاه	لوجستیک تعمیم یافته	لوگ لوجستیک(3p)
اردبیل	ویکبی	ویکبی	همدان	ویکبی	ویکبی
ارومیه	ویکبی	ویبول (3p)	اراک	ویکبی	ویکبی
انزلی	ویکبی	لوگ لوجستیک(3p)	خرم آباد	ویکبی	ویکبی
رشت	لوجستیک تعمیم یافته	لوجستیک تعمیم یافته	کاشان	لوجستیک تعمیم یافته	ویکبی
بجنورد	ویکبی	ویبول (3p)	دزفول	لوجستیک تعمیم یافته	ویکبی
سقز	حدی تعمیم یافته	ویکبی	شهرکرد	ویکبی	گاما تعمیم یافته (4p)
زنجان	ویکبی	ویکبی	اصفهان	ویکبی	ویکبی
قزوین	ویکبی	لوگ لوجستیک(3p)	بیرجند	ویکبی	لوگ لوجستیک(3p)
رامسر	ویکبی	ویکبی	آباده	ویکبی	ویکبی
بابلسر	ویکبی	گامبل حداقل	یزد	ویبول(3p)	لوجستیک
گرگان	گامبل حداکثر	حدی تعمیم یافته	زابل	ویکبی	ویکبی
شاهرود	لوگ لوجستیک(3p)	حدی تعمیم یافته	کرمان	ویکبی	ویکبی
سبزوار	لوگ لوجستیک(3p)	ویبول	شیراز	لوگ لوجستیک	گامبل حداکثر
مشهد	بتا	گاما(3p)	بم	نرمال	حدی تعمیم یافته
سنندج	ویکبی	ویکبی	زاهدان	ویکبی	بتا
تهران	حدی تعمیم یافته	ویکبی	فسا	لوجستیک تعمیم یافته	ویکبی
سمنان	ویبول	ویبول	*	*	*

برآورد رخداد اولین روز یخبندان

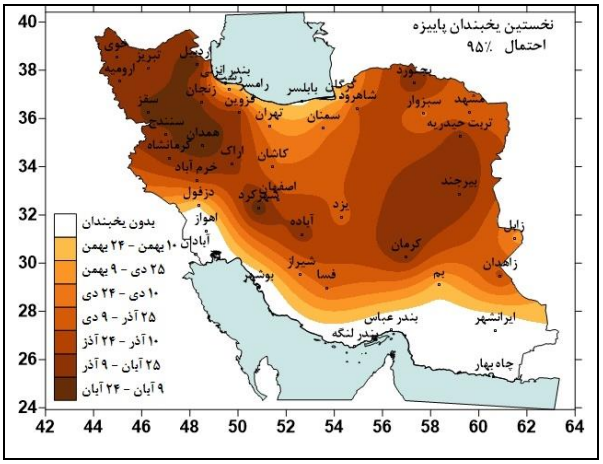
بر اساس محاسبات انجام شده در سطح احتمالاتی ۵۰٪ (میانگین سالانه‌ی رخداد یخبندان) میانگین رخداد اولین روز یخبندان در حد فاصل ۱۹ مهر تا ۴ آبان در ارتفاعات شمال غربی (سقز، همدان، اردبیل و زنجان)، شمال شرقی (بجنورد، تربت حیدریه و بیرجند) و همچنین در ارتفاعات زاگرس مرکزی (شهرکرد) رخ می‌دهد. بیشترین یخبندان‌های محور کوهستانی شمال غرب-جنوب‌شرق از نوع یخبندان‌های تابشی است و یخبندان-های شمال‌شرق نتیجه‌ی پرفشار سیبری است و عمدتاً از نوع یخبندان‌های وزشی است (مسعودیان،۱۳۹۰: ۹۹). دیرترین میانگین آن نیز در حدفاصل۲۰ دی تا ۴ بهمن کمی دورتر از سواحل جنوبی ایران در نوار باریکی موازی با ساحل و قسمت‌هایی از سواحل شمالی (از بابلسر تا بندر انزلی) رخ می‌دهد. بیشتر بخش‌های سواحل

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

جنوبی ایران بدون یخبندان هستند. نتایج پژوهش محمودی و همکاران (۱۳۹۲) مشابهت زیادی با نتایج این پژوهش دارد. چنانچه از بررسی نقشه‌های پراکنش فضایی رخداد تاریخ یخبندان‌های زودرس و دیررس برمی-آید، پراکنش فضایی آن‌ها در سطوح مورد بررسی تفاوت ملموسی ندارد فقط در تاریخ رخداد آن‌ها تفاوت وجود دارد به گونه‌ای که در سطح احتمالاتی ۷۵ درصد زودترین یخبندان (زودرس پاییزه)، در ایستگاه‌های مذکور با ۱۰ روز تأخیر نسبت به میانگین (سطح ۵۰ ٪) تا ۲۹ مهر الی ۱۴ آبان اتفاق می‌افتد. دیرترین یخبندان زودرس در ایستگاه‌های یادشده در فاصله‌ی ۳۰ دی تا ۱۴ بهمن رخ خواهد داد. در سطح ۹۵ درصد زودترین یخبندان زودرس پاییزه، در ایستگاه‌های مذکور با ۲۰ روز تأخیر نسبت به میانگین (سطح ۵۰ ٪) از ۹ آبان تا ۲۴ آبان اتفاق می‌افتد. دیرترین یخبندان زودرس در ایستگاه‌های یاد شده از ۱۰ بهمن تا ۲۴ بهمن می‌باشد شکل (۲) و جدول(۳).



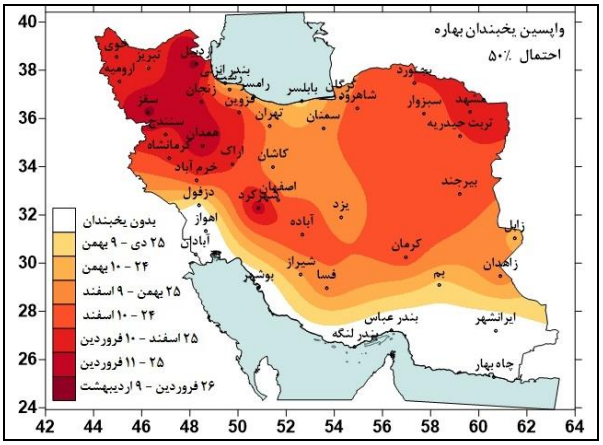
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]



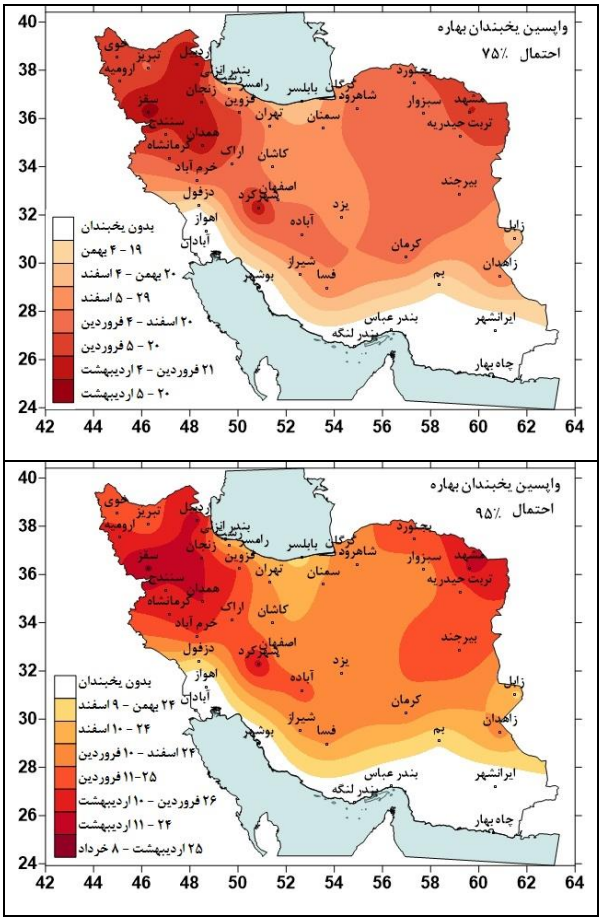
شکل(۲):تاریخ احتمال رخداد یخبندان زودرس پاییزه، در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۹۵ درصد

برآورد رخداد واپسین روز یخبندان

در سطح احتمال ۵۰ درصد زودترین میانگین رخداد آخرین روز یخبندان در ایران در نوار باریکی کمی دورتر از سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان و موازی با سواحل در بازه‌ی زمانی ۲۵ دی تا ۹ بهمن‌ماه رخ می-دهد. همچنین دیرترین روز میانگین سالانه‌ی پایان یخبندان در ایران در اردبیل، سقز، همدان و شهرکرد در غرب و شمال‌غرب و مشهد در شمال شرق کشور رخ می‌دهد. به طوریکه در این مناطق رخداد آخرین روز یخبندان گاهی تا اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت به تعویق می‌افتد. یافته‌های محمودی و همکاران (۱۳۹۲) در این زمینه تا حدود زیادی منطبق با نتایج پژوهش فعلی است. در سطح احتمالاتی ۷۵ درصد زودترین رخداد آخرین روز یخبندان، در ایستگاه‌های مذکور با ۱۱ روز تأخیر نسبت به میانگین (سطح ۵۰ ٪) تا ۱۹ الی۴ بهمن ماه اتفاق می‌افتد. دیرترین یخبندان زودرس تا ۲۰-۵ اردیبهشت رخ خواهدداد. در سطح ۹۵ درصد زودترین یخبندان زودرس پاییزه، در ایستگاه‌های مذکور با ۱۶ روز تأخیر نسبت به میانگین (سطح ۵۰ ٪)، ۲۴ بهمن الی ۹ اسفند اتفاق می‌افتد. دیرترین یخبندان نهایتاً از ۲۵ اردیبهشت تا ۸ خرداد رخ می‌دهد (شکل۳ و جدول ۳).



[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]



شکل (۳): تاریخ احتمال رخداد یخبندان دیررس بهاره، در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۹۵ درصد

جدول(۳): تاریخ احتمال رخداد یخبندان زودرس پاییزه و دیررس بهاره بر اساس روز ژولیوسی، در سطوح احتمالاتی۵۰، ۷۵ و ۹۵ درصد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

ایستگاه	روزشمار آغاز یخبندان			روزشمار پایان یخبندان		
	۹۵٪	۷۵٪	۵۰٪	۹۵٪	۷۵٪	۵۰٪
خوی	۹۰	۸۱	۷۴	۲۴۷	۲۳۴	۲۲۶
تبریز	۱۰۱	۸۰	۸۳	۲۳۸	۲۲۸	۲۱۹
اردبیل	۷۸	۶۷	۵۲	۲۷۱	۲۶۱	۲۵۴
ارومیه	۹۳	۸۳	۷۸	۲۵۶	۲۳۸	۲۲۷
بندر انزلی	۱۸۰	۱۷۲	۱۶۳	۲۰۶	۱۸۷	۱۷۵
رشت	۱۵۲	۱۳۰	۱۱۹	۲۲۱	۲۰۶	۱۹۵
بجنورد	۸۸	۸۱	۷۰	۲۴۳	۲۲۸	۲۲۰
سقز	۸۱	۶۸	۵۹	۲۸۳	۲۶۶	۲۵۴
زنجان	۸۶	۸۲	۶۳	۲۶۷	۲۵۳	۲۳۹
قزوین	۹۶	۸۷	۸۳	۲۴۹	۲۳۱	۲۲۳
رامسر	۱۷۶	۱۶۰	۱۴۱	۲۱۱	۱۹۹	۱۸۵
بابلسر	۱۸۰	۱۶۵	۱۴۶	۱۹۹	۱۸۴	۱۶۹
گرگان	۱۶۲	۱۳۳	۱۱۸	۲۲۷	۲۱۱	۱۹۸
شاهرود	۱۱۵	۱۰۰	۹۱	۲۳۴	۲۲۳	۲۱۴
سبزوار	۱۳۳	۱۱۰	۹۸	۲۲۶	۲۱۶	۲۰۷
مشهد	۱۳۰	۱۱۳	۸۹	۲۶۹	۲۴۶	۲۳۲
سنندج	۸۸	۸۲	۷۵	۲۵۹	۲۳۸	۲۲۷
تهران	۱۴۵	۱۲۱	۱۴۵	۲۲۱	۲۱۲	۲۰۲
سمنان	۱۳۵	۱۱۳	۱۰۱	۲۲۲	۲۱۰	۲۰۱
تربت حیدریه	۹۱	۷۴	۶۳	۲۴۱	۲۲۶	۲۱۸
کرمانشاه	۹۱	۸۵	۷۹	۲۵۵	۲۳۳	۲۲۴
همدان	۷۷	۶۵	۵۵	۲۶۵	۲۵۲	۲۴۳
اراک	۹۵	۸۵	۸۲	۲۳۸	۲۲۶	۲۲۱
خرم آباد	۱۰۸	۹۵	۸۸	۲۴۹	۲۲۳	۲۱۶
کاشان	۱۲۸	۱۱۱	۱۰۳	۲۲۲	۲۰۶	۱۹۴
دزفول	۱۷۳	۱۵۹	۱۴۵	۱۹۹	۱۷۳	۱۵۶
شهرکرد	۷۱	۶۳	۵۵	۲۷۲	۲۵۸	۲۴۷
اصفهان	۱۱۲	۹۷	۸۸	۲۲۵	۲۱۴	۲۰۷
بیرجند	۸۸	۷۲	۶۰	۲۴۹	۲۲۶	۲۱۵
آباده	۹۳	۸۳	۷۸	۲۳۹	۲۲۷	۲۲۰
یزد	۱۲۰	۱۰۶	۹۷	۲۲۴	۲۰۶	۱۹۶
زابل	۱۴۸	۱۱۹	۱۰۸	۲۰۳	۱۹۳	۱۸۵
کرمان	۸۸	۸۱	۷۵	۲۳۰	۲۲۳	۲۱۵
شیراز	۱۳۳	۱۱۱	۱۰۰	۲۲۴	۲۰۱	۱۸۹
بم	۱۶۷	۱۴۸	۱۳۵	۱۹۲	۱۷۳	۱۵۷
زاهدان	۱۱۱	۹۸	۹۰	۲۲۷	۲۱۴	۲۰۱

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

نتیجه گیری

نتایج برازش توزیع‌های گوناگون، با استفاده از آزمون نکویی برازش آندرسن-دارلینگ، بیانگر این است که بیشتر ایستگاه‌ها از توزیع ویکبی پیروی می‌کنند. پراکنش فضایی تاریخ شروع و پایان یخبندان در سطوح مورد بررسی تفاوت ملموسی ندارد فقط در تاریخ رخداد آن‌ها تفاوت وجود دارد به گونه‌ای که بر اساس محاسبات انجام شده در سطح احتمالاتی ۵۰٪ (میانگین سالانه‌ی رخداد یخبندان) میانگین رخداد اولین روز یخبندان در حد فاصل ۱۹ مهر تا ۴ آبان در ارتفاعات شمال غربی (سقز، همدان، اردبیل و زنجان)، شمال شرقی (بجنورد، تربت حیدریه و بیرجند و همچنین در ارتفاعات زاگرس مرکزی (شهرکرد) رخ می‌دهد. دیرترین میانگین آن نیز در حدفاصل۲۰ دی تا ۴ بهمن کمی دورتر از سواحل جنوبی ایران در نوار باریکی موازی با ساحل و قسمت-هایی از سواحل شمالی (از بابلسر تا بندر انزلی) اتفاق افتاده است. در سطح احتمالاتی ۷۵ درصد زودترین یخبندان (زودرس پاییزه)، در ایستگاه‌های مذکور با ۱۰ روز تأخیر و در سطح ۹۵ درصد زودترین یخبندان زودرس پاییزه، با ۲۰ روز تأخیر نسبت به میانگین (سطح ۵۰ ٪) می باشد. زودترین رخداد آخرین روز یخبندان در ایران در سطح احتمال ۵۰ درصد در نوار باریکی کمی دورتر از سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان و موازی با سواحل در بازه‌ی زمانی ۲۵ دی تا ۹ بهمن‌ماه به وقوع می پیوندد. همچنین دیرترین روز میانگین سالانه‌ی پایان یخبندان در ایران در اردبیل، سقز، همدان و شهرکرد در غرب و شمال‌غرب و مشهد مربوط به شمال شرق کشور است. به طوریکه در این مناطق رخداد آخرین روز یخبندان گاهی تا اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت به تعویق می‌افتد. در سطح احتمالاتی ۷۵ درصد زودترین رخداد آخرین روز یخبندان، در ایستگاه-های مذکور با ۱۱ روز تأخیر و در سطح ۹۵ درصد زودترین یخبندان زودرس پاییزه، با ۱۶ روز تأخیر نسبت به میانگین (سطح ۵۰ ٪) می باشد.

آرایش فضایی این ویژگی‌ها در ایران نشان داد که توزیع مکانی آن‌ها تابعی از عرض جغرافیایی و ارتفاع است. به‌طوریکه از جنوب تا مرکز ایران که ارتفاعات مرتفع در آن کمتر است، دارای آرایش منظم غربی-شرقی است، اما از مرکز ایران به سمت شمال که ارتفاعات مرتفع نقش بارزتری پیدا می‌کنند، این آرایش وجود نداشته و بیشتر تابع ارتفاعات می‌گردند. علاوه بر این دو عامل زمین- اقلیم، شروع و خاتمه‌ی یخبندان‌ها در ایران تابعی از شرایط سینوپتیکی حاکم بر منطقه نیز می‌باشد. به طوریکه شمال‌غرب، شمال‌شرق و غرب ایران به دلیل نزدیکی بیشتر با سرزمین‌های سرد شمالی، همچون سیبری و اروپای شمالی و همچنین ورود زودتر سیستم بادهای غربی به این مناطق در مقایسه با دیگر مناطق ایران باعث شده است که دارای شرایط متفاوتی از لحاظ ویژگی‌های آماری یخبندان باشند. بنابراین آرایش ویژگی آماری یخبندان در ایران هم تابع عوامل زمین-اقلیم و هم تابع سیستم‌های سینوپتیکی وارد شده به کشور است (محمودی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴-۶۳).

یکی از مواردی که نتایج این پژوهش را از پژوهش‌های مشابه قبلی متمایز می‌کند تفاوت نتایج آن با پژوهش-های پیشین است که با چند توزیع متداول انجام گرفته بود. این تفاوت‌ها مربوط به طول دوره‌ی آماری و گزینش تابع مورد استفاده جهت برآورد تاریخ رخداد یخبندان‌هاست. به نحوی که کمالی و نوخندان (۱۳۸۴) با استفاده از تابع احتمال ویبول تاریخ آغاز و پایان یخبندان‌های ایران را به منظور تعیین نقش آن‌ها در حمل و نقل جاده‌ای در ایران شناسایی کردند. در حالی که در پژوهش فعلی تابع ویبول فقط بر داده‌های ایستگاه‌های

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

سبزوار، یزد و سمنان بهترین برازش را دارد. حجازی‌زاده و ناصرزاده (۱۳۸۶) در تجزیه و تحلیل یخبندان در استان لرستان مشخص نمودند که توزیع نرمال نسبت به بقیه توزیع‌ها با سری‌های موجود تناسب بیشتری دارد و در این پژوهش توزیع ویکبی تناسب بیشتری بر داده‌های ایستگاه خرم‌آباد دارد. نوحی و همکاران (۱۳۸۷) مشخص نمودند که سری‌های تاریخ‌های شروع و خاتمه‌ی یخبندان‌های فرارفتی در نواحی زنجان، قزوین و تهران تصادفی بوده و با توزیع نرمال برازش خوبی دارند. محاسبات کنونی بیانگر این است که تاریخ یخبندان‌های زودرس و دیررس زنجان از توزیع ویکبی و در قزوین از ویکبی و لوگ لوجستیک 3p و در تهران از توابع حدی تعمیم‌یافته و ویکبی تبعیت می‌نمایند. رضایی و عابد (۱۳۸۹) دریافتند که تاریخ‌های شروع یخبندان پاییزه و پایان یخبندان بهاره‌ی رشت از تابع توزیع احتمال نرمال تبعیت می‌نماید. در محاسبات انجام گرفته‌ی فعلی توزیع لوجستیک تعمیم یافته انتخاب شده‌است. طاوسی و درخشی (۱۳۸۹) توزیع پیرسون تیپ ۳ را بهترین توزیع برازش داده شده بر داده‌های ژولیوسی اولین یخبندان‌های زودرس پاییزه و آخرین یخبندان-های دیررس بهاره‌ی ایستگاه زاهدان تشخیص داده‌اند. در حالی که در ایستگاه زاهدان یخبندان‌های زودرس پاییزه از توزیع ویکبی و آخرین یخبندان‌های دیررس بهاره از توزیع بتا تبعیت می‌نمایند.

مقایسه‌ی نتایج به دست آمده با پژوهش‌های قبلی و بررسی مجدد آن نشان می‌دهد که توزیع‌های جدید برازش مناسبتری با داده‌ها دارند در نتیجه دقت بیشتری در برآورد متغیرهای وجود دارد. بنابراین پیشنهاد می-شود در تحقیقات بعدی با آزمون توزیع‌های متعدد احتمالاتی آماری که وجود دارد توزیع‌های بهینه را شناسایی شده و با دقت بیشتری به برآورد متغیرهای مورد نظر برای دوره‌ها و سطوح احتمالاتی مختلف اقدام گردد.

منابع

اقتداری، مهرنوش، سید محمد موسوی بایگی، غلامعلی کمالی و امین علیزاده (۱۳۸۶). **بررسی و تعیین نوع یخبندان در استان خراسان رضوی**. پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ، ۷ (۴):۱۵۱-۱۴۱.

حجازی‌زاده، زهرا و محمدحسین ناصرزاده (۱۳۸۶). **تجزیه و تحلیل یخبندان در استان لرستان**. نشریه علوم جغرافیایی، (۶)۸ : ۴۷-۳۱.

رضایی، پرویز و حسین عابد (۱۳۸۹). **بررسی روند تغییرات دمای حداقل درایستگاه همدیدی شهر رشت با تاکید بردوره یخبندان**. فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی،۴ (۲): ۴۸-۳۹.

ریچارد ال، اسنایدر و ژوت. پاولو ملو- آبرئو، ۱۳۹۱، **محافظت از یخبندان در کشاورزی (اصول کاربردها و تحلیل اقتصادی)**. محمد رحیمی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه سمنان، ۲، ص ۳.

طاوسی، تقی و جعفر درخشی (۱۳۸۹). **تحلیل آماری احتمال رخداد و دوره های برگشت یخبندان های زودرس و دیررس زاهدان در دوره آماری (۱۳۸۶-۱۳۶۰)**. مجله علمی – پژوهشی فضای جغرافیایی، ۳۰(۱۰): ۱۰۴-۸۹.

ضیایی، علیرضا، علی اکبر کامگار حقیقی، علیرضا سپاسخواه و سعید رنجبر (۱۳۸۵). **تعیین اطلس احتمال رخداد کمینه دمای استان فارس با استفاده از آمار هواشناسی**. فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، (۱۰)۳ : ۲۶-۱۳.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

عساکره، حسین (۱۳۸۹). **احتمال تواتر و تداوم یخبندان های زودرس و دیررس در شهر زنجـان**. مجلـه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳۷(۲۱) : ۱۶-۱.

علیجانی، بهلول، پیمان محمودی، الهبخش ریگی چاهی و پرویز خسروی (۱۳۸۹). **بررسـی تـداوم روزهـای یخبندان در ایران، با استفاده از مدل زنجیره مارکوف**. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۷۳: ۲۰-۱.

کمالی، غلـامعلی (۱۳۸۱). **سرماهای زیانبخش به کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالاتی مطالعـه موردی: تهران**. فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، ۱۷-۱۶ (۶۴-۶۳): ۱۶۵-۱۴۹.

کمالی، غلامعلی و مجید حبیبی نوخندان (۱۳۸۴). **بررسی توزیع زمانی- مکانی یخبندان در ایران و نقش آن در حمل و نقل جاده‌ای**. پژوهش‌نامه‌ی حمل و نقل، ۲: ۱۳۵-۱۲۶.

محمدی، حسین و مجید گزل خو (۱۳۸۹). **تاثیر یخبندان های زودرس پاییزه و دیررس بهاره بر کشـت غلات در شهرستان کرج**. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۲۷(۷): ۱۰۹-۹۳.

محمودی، پیمان (۱۳۹۱). **پهنه‌بندی و پایش یخبندان‌هـای ایـران**. پایـان‌نامـه‌ی دکتـری اقلـیم‌شناسـی، دانشکده‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. دانشگاه سیستان و بلوچستان، مهر۹۱.

محمودی، پیمان، محمود خسروی، سید ابوالفضل مسعودیان و بهلول علیجانی (۱۳۹۲). **اطلس اقلیم شناسی ویژگیهای آماری یخبندان‌های ایران**. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۸ (۴): ۶۶-۵۵.

مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰). **آب و هوای ایران**. چاپ اول، انتشارات شریعه توس، مشهد.

ملکی نژاد، حسین و محمد ملکشاهی (۱۳۹۲). **شناسایی بهترین توزیع احتمالاتی برای تحلیـل فراوانـی دبی های کمینه (مطالعه موردی: رودخانه های استان لرستان)**. نشریه علمی-پژوهشی علـوم مهندسـی و آبخیزداری ایران. ۲۲(۷): ۲۸-۱۵.

مولی‌نژاد، محمود (۱۳۹۳). **مطالعه‌ی آماری ویژگی‌های یخبندان در ایستگاه سینوپتیک سقز**. محیط، ۴۰(۴): ۸۹۱-۹۰۰.

میان آبادی، آمنه، محمد موسوی بایگی، حسین ثنایی نژاد و احمد نظامی (۱۳۸۸). **بررسی و پهنه بندی یخبندان های زود هنگام پاییزه، دیر هنگام بهاره و زمستانه با استفاده از GIS در استان خراسان رضوی**. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳(۱): ۹۰-۷۹.

میرموسوی, سیدحسن، مصطفی حسین بابایی (۱۳۹۰). **مطالعه توزیع زمانی-مکانی احتمال وقوع یخبندان در استان زنجان**. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۲(۳): ۱۸۴-۱۶۷.

Anandhi, A., Perumal, S., Gowda, P. H., Knapp, M., Hutchinson, S., Harrington Jr, J., ... & Rice, C. W. (2013). **Long-term spatial and temporal trends in frost indices in Kansas, USA.** Climatic Change, 120(1-2), 169-181.

Anderson, T. W. (2011). **Anderson–Darling tests of goodness-of-fit.** In International Encyclopedia of Statistical Science (pp. 52-54). Springer Berlin Heidelberg.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]

Cittadini, E. D., N. De Ridder, P. L. Peri, and H. V. Keulen (2006**). A method for assessing frost damage risk in sweet cherry orchards of South Patagonia**. Agricultural and forest meteorology, 141, 235-243

Cooter, E. J., S. K. Leduc (1995). **Recent frost date trends in the North-Eastern USA.** International journal of climatology, 15, 65-75.

Hosseini, A., Fallahnezhad, M. S., Zare-Mehrjardi, Y., & Hosseini, R. (2012). **Seasonal autoregressive models for estimating the probability of frost in Rafsanjan**. J. of Nut. Relat. Sci, 3(2), 45-52.

Rosenberg, N. J., and R. E. Myers (1962). **The nature of growing season frosts in and along the Platte Valley of Nebraska.** Monthly weather review, 90(11): 471-476.

Thom, H. C. S., and R. H. Shaw (1958). **Climatological analysis of freeze data for Iowa.** Monthly weather review, 86(7), 251-257.

Waylen, P. R (1988). **Statistical analysis of freezing temperatures in central and southern Florida**. Journal of climatology, 8: 607-628.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.10.5]

[DOI: 10.29252/jgs.18.50.1]