




Selection of the Best Probability Fit for Hailfall Occurrence in Northwestern Iran (1992–2009)

Zahra Heydari Monfared   ¹ | Seysd Hossein Mirmousavi  ²

1. Ph.D. Student of Hydrology and Meteorology, Zanjan University
2. Associate Professor, Faculty Member of Zanjan University

Article Info:

Article type:

Research Article

Date:

Received: 2024.02.01

Accepted: 2024.02.08

Keywords:

Poisson distribution, the negative binomial distribution business, hail, North West

Abstract: Northwestern Iran, as the country's most important agricultural hub and the region with the highest frequency of hail occurrence, experiences the greatest level of damage associated with this phenomenon. The present study was conducted with the aim of selecting a probability distribution best fitted to the data on hail days and planning to reduce vulnerability to this phenomenon. Based on goodness-of-fit tests, except for Bernoulli and hypergeometric distributions, other discrete distributions including Poisson, negative binomial, discrete uniform, geometric, and binomial were able to represent the observed frequency pattern with varying degrees of accuracy. The goodness-of-fit test confirmed the significant superiority of the Poisson distribution at a confidence level of 99%. Marivan station, which has the highest frequency of hail in the entire region, shows the greatest probability of hail occurrence. Following the Poisson distribution, the negative binomial model is introduced as the second most efficient fit. These findings provide a valid statistical basis for designing risk management strategies and reducing hail-related damage in Northwest Iran.

Cite this article: Heydari Monfared, Z, Mirmousavi, H. (2024). Selection of the Best Probability Fit for Hailfall Occurrence in Northwestern Iran (1992–2009). *Climate Change and Climate Disasters*, 3(6), 102-126.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan.



Extended Abstract

Introduction

Extreme atmospheric phenomena constitute one of the most significant manifestations of climate variability, producing extensive economic, social, and environmental impacts. Among these phenomena, hail is considered a major hazardous event due to its sudden occurrence, high destructive intensity, and spatially localized yet severe impacts. Hail-related damages are primarily observed in the agricultural sector, resulting in reduced crop yields, destruction of orchards and greenhouses, damage to livestock, and infrastructure losses. Northwestern Iran, owing to its mountainous topography, interaction of Mediterranean synoptic systems, and the convergence of cold and warm air masses that intensify convective uplift, represents one of the primary hail-prone regions in the country. The concentration of major agricultural hubs in this region amplifies the economic consequences of hail events. Given that the exact timing of extreme weather events

cannot be predicted deterministically, statistical analysis of historical records and probabilistic modeling provide a scientific framework for risk management. Identifying an appropriate probability distribution for modeling the annual number of hail days can support agricultural planning, crop insurance schemes, disaster management strategies, and mitigation policies aimed at reducing vulnerability. Accordingly, the present study seeks to determine the most suitable discrete probability distribution for fitting the annual frequency of hail days in northwestern Iran, thereby enabling more reliable probability estimations of hail occurrence.

Data and Methods

The dataset consists of hail occurrence records from 25 synoptic meteorological stations located in northwestern Iran for the statistical period 1992–2009, obtained from the Iran Meteorological Organization. Hail events were extracted based on relevant present weather (WW) codes

corresponding to hail phenomena. Due to low occurrence frequencies at several stations, only 12 stations demonstrated sufficient distributional suitability for statistical modeling. Given that the variable under investigation is the annual count of hail days, discrete probability distributions were examined, including Poisson, negative binomial, binomial, geometric, discrete uniform, Bernoulli, and hypergeometric distributions. Goodness-of-fit was evaluated using the Kolmogorov–Smirnov (KS) and Anderson–Darling (AD) statistical tests. Data processing, parameter estimation, and model ranking were performed using Excel, EasyFit, and StatAssist software. Model selection criteria were based on minimizing test statistics and validation at predefined significance levels.

Results & Discussion

The results indicate that the Bernoulli, binomial, and hypergeometric distributions do not adequately describe the annual hail frequency data. In contrast, the Poisson and

negative binomial distributions exhibited the highest levels of conformity with observed records. A detailed analysis of the Marivan station, which recorded the highest hail frequency within the region, revealed that the probability of three hail occurrences per year was the most dominant. The probabilities of four and six occurrences per year ranked subsequently. The estimated probability of zero hail days in Marivan was relatively low, reflecting the persistent nature of hail activity in this station. The Anderson–Darling test produced the smallest test statistic for the Poisson distribution, confirming its validity at the 0.01 significance level. The Kolmogorov–Smirnov test yielded consistent results, although the Anderson–Darling test demonstrated greater discriminative power. In most distribution-compatible stations, more than 90 percent of observed frequencies were satisfactorily fitted by the Poisson model, with an estimated error rate below 5 percent. The negative binomial distribution ranked second in most stations and, in

certain cases, showed performance comparable to the Poisson model. The geometric and discrete uniform distributions exhibited weaker conformity across the majority of stations.

Conclusion

The findings suggest that the annual hail occurrence pattern in northwestern Iran follows the behavior of a stochastic counting process with an approximately constant average rate over time, consistent with the assumptions underlying the Poisson distribution. The superiority of the Poisson model over other distributions indicates that hail events in this region can be effectively represented as independent annual count processes without strong temporal dependence structures.

The acceptable performance of the negative binomial distribution further implies that slight over dispersion relative to the mean exists in some

stations, although not to a degree sufficient to surpass the Poisson model overall. In conclusion, the Poisson distribution was identified as the most appropriate probabilistic model for the majority of distribution-compatible stations in northwestern Iran, with a confidence level approaching 100 percent. The negative binomial distribution was ranked second. The Poisson model provides a reliable statistical foundation for estimating annual hail occurrence probabilities and can be effectively applied in agricultural risk management, crop insurance planning, and climate hazard mitigation strategies. Considering regional climatic heterogeneity, similar distributional analyses are recommended for other regions of the country to determine locally appropriate probabilistic models.

Keywords: Poisson distribution, negative binomial distribution, hail, Northwestern Iran



گزینش بهترین برازش احتمال بارش تگرگ در منطقه شمال غرب ایران (۲۰۰۹-۱۹۹۲)

زهرا حیدری منفرد^۱ | سید حسین میرموسوی^۲

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه زنجان

۲. دانشیار، عضو هیات علمی دانشگاه زنجان

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۹

واژگان کلیدی:

توزیع پواسون، توزیع دو جمله‌ای منفی، تگرگ، شمال غرب

چکیده: منطقه شمال غرب ایران به عنوان قطب اصلی کشاورزی کشور، بالاترین فراوانی وقوع تگرگ و بیشترین خسارت ناشی از آن را تجربه می‌کند. پژوهش حاضر با هدف انتخاب توزیع احتمال برازش یافته به داده‌های روزهای همراه با تگرگ و به منظور برنامه‌ریزی جهت کاهش آسیب‌پذیری ناشی از این پدیده انجام شد. بر اساس آزمون‌های نیکویی برازش، به جز توزیع‌های برنولی و فوق هندسی، سایر توزیع‌های گسسته شامل پواسون، دو جمله‌ای منفی، یکنواخت گسسته، هندسی و دو جمله‌ای، توانستند الگوی فراوانی مشاهدات را با درجات متفاوتی از دقت بازنمایی کنند. آزمون نیکویی برازش مؤید برتری معنادار توزیع پواسون با سطح اطمینان ۹۹ درصد است. ایستگاه مریوان که بیشترین فراوانی بارش تگرگ را در کل منطقه داراست، بالاترین احتمال وقوع این پدیده را نشان می‌دهد. پس از توزیع پواسون، مدل دو جمله‌ای منفی به عنوان دومین برازش کارآمد معرفی می‌گردد. این یافته‌ها مبنایی آماری معتبر برای طراحی راهکارهای مدیریت ریسک و کاهش خسارات ناشی از تگرگ در منطقه شمال غرب فراهم می‌آورد.

استناد: حیدری منفرد، زهرا، میرموسوی، سید حسین. (۱۴۰۲). گزینش بهترین برازش احتمال بارش تگرگ در منطقه شمال غرب ایران (۲۰۰۹-۱۹۹۲). دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، ۳(۶)، ۱۰۲-۱۲۶.

© نویسندگان .

Homepage: cccd.znu.ac.ir

ناشر: دانشگاه زنجان



۱. مقدمه

طیف وسیعی از مخاطرات طبیعی که محیط زیست را مورد تهاجم خود قرار داده، به مخاطرات ناشی از پدیده‌های افراطی جوی اختصاص دارد. توفان‌های تندری از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی هستند که هر ساله، علاوه بر نابود کردن مقدار زیادی از محصولات کشاورزی و تأسیسات عمرانی، موجب تلفات انسانی بسیاری در نقاط مختلف دنیا می‌شوند (Khoshhal Dastjerdi et al., 2007).

توفان‌های تندری یکی از جلوه‌های خشن طبیعت است که می‌تواند برای ساکنین روی زمین خطرناک باشد که خصوصیات بارز آن به مانند باد شدید، تگرگ تماماً حاصل ایجاد یک سلول همرفتی^۱ بزرگ در جو است (Alizadeh et al., 2005).

زیان‌های ناشی از تگرگ از زیان‌های ناشی از گردبادها و توفان‌ها نیز بیش‌تر است

(Seif, 1996). تحلیل‌های آماری در توصیف مخاطرات طبیعی مثل پدیده تگرگ نقش مهمی داشته و با شناسایی شرایط وقوع یک پدیده می‌توان شرایط ویژه آب و هوایی در هنگام وقوع پدیده را بررسی نمود. زمان دقیق وقایع حدی نظیر دبی‌های حداکثر لحظه‌ای، باران‌های سیل‌آسا و تگرگ را نمی‌توان پیش‌بینی کرد. اما با بررسی و تجزیه و تحلیل وقایع قبلی می‌توان احتمال وقوع آن‌ها را به دست آورد (Jadidi et al., 2011). برآورد و تعیین زمان وقوع پدیده تگرگ، یکی از کارهای مهم در مدیریت مخاطرات محسوب می‌شود. چرا که اثرات مخرب زیادی بر بخش‌های مختلف خصوصاً بخش کشاورزی بر جای می‌گذارد. به تحقیقات انجام شده در این زمینه با استفاده از روش‌های آماری به موارد زیر می‌توان اشاره داشت:

¹Convecthon Cell

Sakamoto (1973) در توصیف توفان‌های تندری و پدیده تگرگ، برای میانگین روز رعد و برق ماهانه از ماه می تا اکتبر، روز رعد و برق سالانه در سراسر و برای روز تگرگ سالانه در شمال شرق و شرق مرکزی نوادا مدل دو جمله‌ای منفی را مناسب دانسته شده است. در حالی که برای روز رعد و برق ماهانه از ماه نوامبر تا آوریل، و هم چنین برای روز تگرگ سالانه در جنوب و غرب آن توزیع پواسون ترجیح داده شده است. Cheng and English (1983) به منظور بررسی رابطه بین غلظت و اندازه دانه تگرگ از ۴۱ نمونه تگرگ هفت توفان تابستان سال ۱۹۸۰ در آلبرتا^۱، از رگرسیون خطی کم‌ترین مربعات خطا استفاده نموده و به این نتیجه رسیده‌اند که بین هر دو پارامتر ذکر شده با ضریب همبستگی ۰/۹- رابطه معنی‌داری وجود دارد. Hey and Waylen (1987) احتمال فراوانی وقوع توفان‌های تندری و تگرگ روزانه را با استفاده از توزیع پواسون در جنوب ساسکاچوان^۲ کانادا بررسی کرده و به عنوان نتیجه مدل سه پارامتری را طراحی کرده که دارای تکنیکی انعطاف‌پذیر برای پیش بینی صحیح احتمال وقوع رویدادها در هر دوره زمانی بدون نیاز به تحلیل مجدد داده‌های اصلی می‌باشد. (1995) Changnon با ارزیابی فراوانی‌های تگرگ بیش از ۹۴ سال گذشته و تحلیل همبستگی در سراسر الینویز^۳، نشان داده است که تغییرپذیری بالا از تگرگ در مکان و زمان در سراسر ایالت وجود داشته است. (1997) Billet et al. با استفاده از معادلات رگرسیون چندگانه و لجستیک از سال ۱۹۹۲ تا سال ۱۹۹۴ در بالتیمور^۴، مرلند^۵ واشنگتن به بررسی

4. Baltimore

5. Maryland

1. Alberta

2. Saskatchewan

3. Illinois

پیش‌بینی اندازه تگرگ بر اساس پارامترهای آب قابل بارش^۱، درجه حرارت ۸۵۰ هکتو پاسکال، سطح انجماد و متوسط جریان توفان در ارتفاع ۲ کیلو متری پرداخته‌اند. نتایج معادله رگرسیونی لجستیک در پیش‌بینی احتمال وقوع تگرگ با اندازه بزرگ‌تر یا مساوی ۱/۹ سانتی متر به طور قابل ملاحظه‌ای بهتر نمایان شده است. (Sanchez et al. (1998), پیش‌بینی‌های کوتاه مدت خطر تگرگ را با استفاده از یک مدل رگرسیون لجستیک چندگانه بررسی نموده و به این نتیجه رسیده‌اند که کاربرد آن در برآورد خطر وجود یا عدم وجود تگرگ، رضایت بخش بوده و تعداد خطا نیز کم است. Pocakal, and Stalec (2003) با تجزیه و تحلیل آماری پدیده تگرگ در قسمت غربی کرواسی^۲، اشاره داشته‌اند که تجزیه و تحلیل تفکیک دو دوره شامل مقادیر

متوسط انحراف از استاندارد برای دوره اول (۱۹۹۰-۱۹۸۱) ۰/۳۶ و برای دوره دوم (۱۹۹۴-۱۹۹۱) ۰/۲۳ بوده. تفکیک ارزش سالانه انجام شده که شامل تعدادی از موارد همراه با بارش جامد، آسیب تگرگ، آسیب تگرگ سنگین، تعداد ایستگاه‌های تگرگ‌زدایی فعال، تعداد روز با بارش جامد، آسیب بارش جامد، خسارت سنگین بارش جامد و تعداد و مدت زمان ممنوعیت کنترل ترافیک هوایی نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین دو دوره از لحاظ این پارامترها وجود دارد. و نیز اشاره داشتند که تفاوت آماری قابل توجهی در تعدادی از ایستگاه‌های تگرگ‌زدایی (دارای همبستگی مثبت) و در تعدادی از موارد دیگر نظیر مدت زمان ممنوعیت کنترل ترافیک هوایی، همبستگی منفی وجود دارد. (Garcia et al. (2011) با استفاده از پایگاه داده‌ای شامل ۲۶۰ روز توفان همراه

2. Croatia

1. Vertically Integrated Liquid water (VIL)

با تگرگ سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸، تحلیل مجدد داده‌ها از NCEP، روش‌های آماری چند متغیره شامل تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی در حالت T و تجزیه و تحلیل خوشه‌ایی به ایجاد یک طبقه بندی ۵ خوشه‌ایی از الگوهای جوی مربوط به حوادث تگرگ در دره ابرو^۱ به منظور بهبود پیش‌بینی این پدیده پرداخته‌اند. (Akbarzadeh (2008) در مطالعه خود به بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش تگرگ در آذربایجان شرقی طی یک دوره آماری ۲۰ ساله با استفاده از مدل آماری پواسون و دوجمله‌ای منفی پرداخته است. چنین نتیجه‌ایی را حاصل نموده است که بیش‌ترین فراوانی بارش تگرگ به لحاظ زمانی و مکانی به ترتیب در ماه آوریل، و در محدوده‌ی جنوب غرب و مرکز استان (به ویژه شهرستان مراغه) و کم‌ترین فراوانی آن

مربوط به ماه سپتامبر و محدوده‌ی شمال غرب استان رخ می‌دهد و هم چنین بیان شده است که بارش تگرگ با ارتفاع ایستگاه‌های مورد مطالعه رابطه‌ی معنی‌داری نداشته است. Mirmousavi and Akbarzadeh (2009) در تحقیق دیگری به بررسی احتمالات رخداد روزهای تگرگ با روش‌های توزیع پواسن و دوجمله‌ای منفی در استان آذربایجان شرقی پرداخته‌اند. بر این اساس بیش‌ترین فراوانی بارش تگرگ در محدوده جنوب غربی استان (شهرستان مراغه) و کم‌ترین فراوانی آن در شمال غرب استان (شهرستان جلفا) گزارش شده است. (Mirmousavi and Kiani (2011) طی دوره آماری ۲۱ ساله (۲۰۰۷-۱۹۸۷) با استفاده از داده‌های مربوط به روزهای همراه با تگرگ در ۵ ایستگاه سینوپتیک

^۱. Ebro

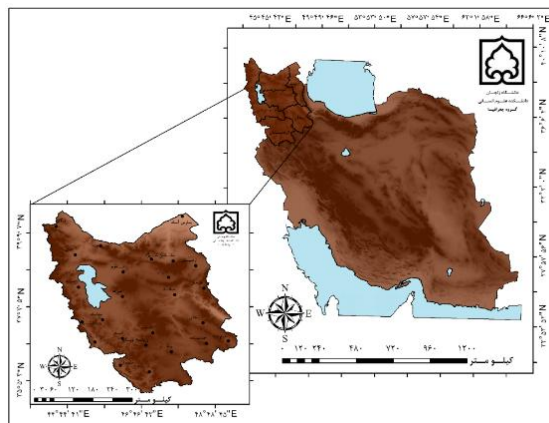
استان کرمانشاه و روش توزیع احتمالاتی
 پواسن به بررسی توزیع زمانی- مکانی بارش
 تگرگ پرداخته‌اند و چنین نتایجی را حاصل
 نموده‌اند که بارش تگرگ در ماه آوریل تا
 اواخر ماه سپتامبر، نزدیک به ۴۴ درصد از
 بارش کل این دوره را به خود اختصاص داده
 است. (Mirmousavi et al. (2014، به
 منظور ارزیابی و تحلیل بارش برف بهاره
 شهرستان خدابنده، از داده‌های این پدیده
 در سه ماه فصل بهار (۲۱ مارس تا ۲۱ می)
 به صورت روزانه و ماهانه در دوره آماری
 ۲۰۰۹-۱۹۹۶ استفاده نموده‌اند. نتایج این
 تحقیق از طریق دو آزمون کلموگراف-
 اسمیرنوف و اندرسون- دارلینگ نشان داد
 که در سطح اطمینان ۹۵ درصد توزیع‌های
 دو جمله‌ای منفی و توزیع پواسن، برآزش
 مناسبی را با داده‌های برف بهاره در این
 ایستگاه دارند، و نیز محاسبه توزیع‌های
 احتمالاتی با این دو روش نشان داد که
 احتمال وقوع برف با فراوانی ۱ تا ۶ بار در
 طول فصل بهار وجود دارد و بالاترین میزان
 احتمال مربوط به فراوانی یک بار وقوع در
 بهار می‌باشد که بر اساس توزیع دو جمله‌ای
 منفی میزان آن ۰/۲۷۵ درصد می‌باشد.
 از آنجایی که شمال غرب کشور یکی از
 مکان‌های تگرگ خیز ایران بوده، همواره
 مورد توجه محققین بسیاری بوده است. با
 توجه به این نکته که این منطقه جزء یکی
 از قطب‌های مهم کشاورزی کشور محسوب
 می‌شود، انجام تحقیقی دقیق به منظور
 برآورد احتمال وقوع پدیده تگرگ منطقه،
 امری بس ضروری و لازم به شمار می‌آید. تا
 با بهره‌گیری از نتایج به دست آمده از این
 تحقیق زمینه مناسب جهت برنامه
 ریزی‌های دقیق برای کاهش خسارات ناشی
 از آن و نهایتاً رسیدن به توسعه کشور فراهم
 گردد.

۲. داده‌ها و روش‌ها

۱.۲. منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

آمار مربوط به بارش تگرگ در ۲۵ ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک منطقه شمال غرب (شکل ۱)، با فاصله زمانی ۳ ساعته در دوره آماری (۲۰۰۹-۱۹۹۲)، از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. از بین ۱۰۰ کد مربوط به گروه هفتم WW برای توفان تگرگ، کدهای شماره (۲۷، ۹۰-۸۷، ۹۳، ۹۴، ۹۶ و ۹۹) انتخاب شده که انواع مختلف بارش تگرگ با شدت‌های متفاوت را در بر دارد. که هر گونه ظهور این پدیده را در ساعت دیده‌بانی و ۳ ساعت قبل از آن

را در بر دارد. جدول ۲ کدها و پدیده‌های مربوط به آن‌ها را نشان می‌دهد. از طرفی فراوانی کم وقوع پدیده تگرگ در برخی از ایستگاه‌های مورد بررسی، باعث شده که هیچ یک از توابع بر این داده‌ها توزیع پذیر نباشند. پس امکان برآورد درست احتمالات وقوع تگرگ در این ایستگاه‌ها وجود نداشته است. بدین ترتیب توزیع پذیری ۱۲ ایستگاه سینوپتیک منطقه، به همراه آزمون‌های برازش نیکوئی هر یک از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته شده است.



شکل ۱: موقعیت و پراکندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه شمال غرب کشور

جدول ۲: وضعیت هوای حال (ww)، مربوط به بارش تگرگ

شدت	شرح پدیده	کد مخبره
*	رگبار تگرگ یا تگرگ همراه با باران، طی ساعت گذشته	۲۷
ملايم	رگبار تگرگ ریز و یا نرم با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	۸۷
متوسط و یا شدید	رگبار تگرگ ریز و یا نرم با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	۸۸
ملايم	رگبار تگرگ با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	۸۹
متوسط و یا شدید	رگبار تگرگ با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	۹۰
ملايم	برف یا مخلوط برف و باران و یا تگرگ توأم با رعد و برق در ساعت گذشته	۹۳
متوسط و یا شدید	برف یا مخلوط برف و باران و یا تگرگ توأم با رعد و برق در ساعت گذشته	۹۴
ملايم یا متوسط	رعد و برق توأم با تگرگ	۹۶
شدید	رعد و برق توأم با تگرگ	۹۹

مأخذ: Alijani, 2009

۲.۲. روش‌ها

نیکویی برازش توزیع‌ها، از دو روش زیر

استفاده شده است:

۲.۲.۱. آزمون کلموگروف-اسمیرنوف

(KS¹)

KS یکی از آزمون‌های ناپارامتری ساده‌ای است که برای تعیین همگونی داده‌های تجربی با توزیع‌های آماری مورد نظر به کار می‌رود. این آزمون بیش‌ترین اختلاف

در این مطالعه به منظور بررسی توزیع احتمال پدیده تگرگ، انواع مختلف توزیع‌های مربوط به متغیرهای تصادفی گسسته (به لحاظ ماهیت داده‌ها) جهت انتخاب بهترین نوع توزیع، مورد آزمون قرار گرفته است. در این راستا به منظور آزمون

¹ Kolmogorov- Smirnov (KS)

(۱)

$$D = \max_{1 \leq i \leq n} \left(F(x_i) - \frac{i-1}{n}, \frac{i}{n} - F(x_i) \right)$$

۲.۲.۲. آزمون اندرسون دارلینگ

(AD^۱)

انتخاب يك توزيع احتمال مناسب براي داده‌هاي نمونه، مسئله مهمي در تجزيه و تحليل فراواني بوده است. آزمون اندرسون دارلینگ، براي تست يك نمونه از داده‌هاي يك جامعه با يك توزيع خاص به كار برده مي‌شود. اين آزمون حالت تغيير يافته از آزمون كلموگروف-اسميرنوف است. با اين تفاوت كه اين آزمون در برآزش آزمون‌ها بر اساس توابع توزيع تجربي (مشاهدات) وزن مساوي به تفاوت بين توابع توزيع تجمعي تجربي و نظري (تئوريك) مربوط به تمامي مشاهدات قائل بوده است. نتايج آزمون اندرسون دارلینگ قوي‌تر از آزمون‌هاي سنتي مانند كرامر فون ميزس^۲ و KS است

(تفاضل) بين احتمال مشاهده شده (تابع

توزيع تجمعي تجربي) و احتمال نظري

(تابع توزيع نظري) را به دست آورده و

نتيجه رو حاصل مي‌نمايد. از مزايای آزمون

كلموگروف-اسميرنوف اين است كه در آن

بر خلاف روش معمول در آزمون خي دو به

جای استفاده از مشاهدات طبقه‌بندي شده،

از مشاهدات رده‌بندي نشده استفاده

مي‌شود. بدین جهت در روش خي دو

مقداری اطلاعات بر اثر طبقه‌بندي از دست

مي‌رفت، در حالی كه براي آزمون

كلموگروف-اسميرنوف اين اتفاق رخ

نمي‌دهد. از اين رو اين آزمون حتي براي

طول دوره آماری و تعداد مشاهدات (n) كم،

قابل استفاده است (Asakereh, 2011).

آماره آزمون كلموگروف-اسميرنوف كه

برابر با حداكثر تفاضل فراواني مشاهده شده

نسبي تجمعي از فراواني نظري نسبي

تجمعي است به قرار زير بوده است:

^۲Cramer Von Mises test^۱- Anderson Darling (AD)

گسسته می‌باشد (Zarei, 2004). نظریه احتمالات این توزیع با پارامترهای مجزای a و b به صورت زیر می‌باشد.

(۳)

$$P(X=x) = \frac{1}{b-a+1} \rightarrow a \leq x \leq b$$

ب- توزیع دوجمله‌ای

اگر آزمایش برنولی را که دو حالت دارد وقوع و عدم وقوع، n بار به طور مستقل تکرار کنیم آن را توزیع دو جمله‌ای^۲ می‌نامند (همان منبع):

(۴)

$$P(X=x) = \begin{cases} \binom{n}{x} & \rightarrow x = 0, 1, \dots, n \\ 0 & \rightarrow \text{otherwise} \end{cases}$$

پ- توزیع دوجمله‌ای منفی

با استفاده از توزیع دو جمله‌ای متغیرهای برنولی، احتمال x رویداد مورد نظر طی n بازه زمانی (مثلاً سال) قابل محاسبه است. تابع چگالی یک متغیر تصادفی توزیع دو

(Shin, et al, 2012). آماره آزمون اندرسون دارلینگ به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۲)

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i-1) [\ln F(X_i) + \ln(1-F(X_{n-i+1}))]$$

بعد از بررسی نتایج حاصل از آزمون نیکویی برازش نسبت به انتخاب توزیع‌های مناسب اقدام شده است که نتایج حاصله توزیع‌های برنولی و فوق هندسی برای توزیع داده‌های تصادفی مورد مطالعه، مناسب نبوده‌اند. ولی توزیع‌های پواسون، دوجمله‌ای منفی، یکنواخت گسسته، هندسی و دوجمله‌ای توزیع پذیری فراوانی روزهای همراه با تگرگ را با تفاوت‌هایی به خوبی نشان داده‌اند. بنابراین پنج توزیع مذکور به شرح زیر استفاده شد:

الف- توزیع یکنواخت گسسته

توزیع یکنواخت گسسته^۱، توزیعی است که تمام مقادیر خود را با احتمال‌های مساوی اختیار می‌کند و ساده‌ترین نوع توزیع

². Binomial Distribution

¹. Discrete Uniform Distribution

ج- توزیع پواسون

تابع احتمال توزیع پواسون^۳ به صورت زیر تعریف می‌شود (Asakereh, 2011).

(۷)

$$P(X=x) = \frac{\lambda^x \cdot e^{-\lambda}}{x!}, x = 0, 1, 2, \dots$$

در این رابطه λ فراسنج توزیع و برابر با np ($\lambda = np$) و به معنی میانگین متوسط رخ دادن پیشامد مورد نظر در واحد زمان (یا واحد مکان) است. e عدد نپر (تقریباً ۲/۷۱۸۳) است. X نیز برابر با تعداد روزهای همراه با تگرگ می‌باشد. در این بررسی از نرم افزار Excel برای مرتب نمودن، فراخوانی، تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها و نیز به منظور تجزیه و تحلیل‌های قابل اطمینان از داده‌ها و انتخاب بهترین مدل توزیع احتمال متناسب با داده‌ها از نرم افزار Easy Fit استفاده شده است. همچنان به منظور

جمله‌ای منفی^۱ با دو فراسنج p و k است

و تعداد رویدادها (k) در متغیر برنولی (x)

و با احتمال رویداد در هر متغیر برنولی

(p) به شکل زیر بیان می‌شود

(Asakereh, 2011)

(۵)

$$P(X=x) = \binom{x-1}{k-1} p^k q^{x-k}$$

$$x = k, k+1, k+2, \dots$$

ت- توزیع هندسی

اگر آزمایش برنولی را آن قدر تکرار نمایم

تا اولین پیروزی به دست آید، چنین

آزمایشی را توزیع هندسی^۲ می‌نامند. P

احتمال موفقیت ($q=1-p$) احتمال عدم

موفقیت) در x آزمایش برنولی باشد داریم

(Zarei, 2004)

(۶)

$$P(X=x) = p q^{x-1} \rightarrow x = 1, 2, 3, \dots$$

³-Poisson Distribution

¹ - Negative Binomial Distribution

²- Geometric Distribution

تصمیم گیری‌های کاری بر مبنای نتایج تجزیه و تحلیل‌ها، از ابزار یکپارچه سازی Stat Assist بهره برده شده است.

۳. یافته‌ها و نتایج

در ادامه توزیع‌های احتمال روزهای همراه با تگرگ و آزمون برازش نیکوئی آن در ایستگاه مریوان (که دارای بالاترین فراوانی وقوع تگرگ بوده) مورد بررسی مفصلی قرار خواهد گرفت. همچنین نتایج چنین مطالعه‌ای برای سایر ایستگاه‌های توزیع پذیر به اختصار (جدول پیوست)؛ و در نهایت انتخاب بهترین مدل توزیع بیان می‌شود. احتمال فراوانی مشاهدات^۱ پدیده تگرگ در ایستگاه مریوان (شامل احتمالات عدم وقوع، وقوع یک بارِ ۷ بار و بیش‌تر بارش تگرگ) بر توابع پواسون، دو جمله‌ای

منفی، هندسی و یکنواخت گسسته توزیع پذیر بوده‌اند. این احتمالات به همراه فراوانی مورد انتظار^۲ حاصل از هر یک از توابع مذکور در جدول ۳ آورده شده است. در دوره‌ی آماری مورد بررسی (۲۰۰۹-۱۹۹۲)، احتمال وقوع ۳ بار و سپس ۴ و ۶ بار پدیده تگرگ در هر یک سال، به ترتیب بیش‌ترین احتمال را داشته است. برآورد احتمالات عدم وقوع و وقوع یک بارِ ۷ بار و بیش‌تر پدیده تگرگ، با توزیع‌های پواسون و دو جمله‌ای منفی طی ۱۸ سال مورد نظر؛ با سطح اطمینان بالایی حاصل شده است.

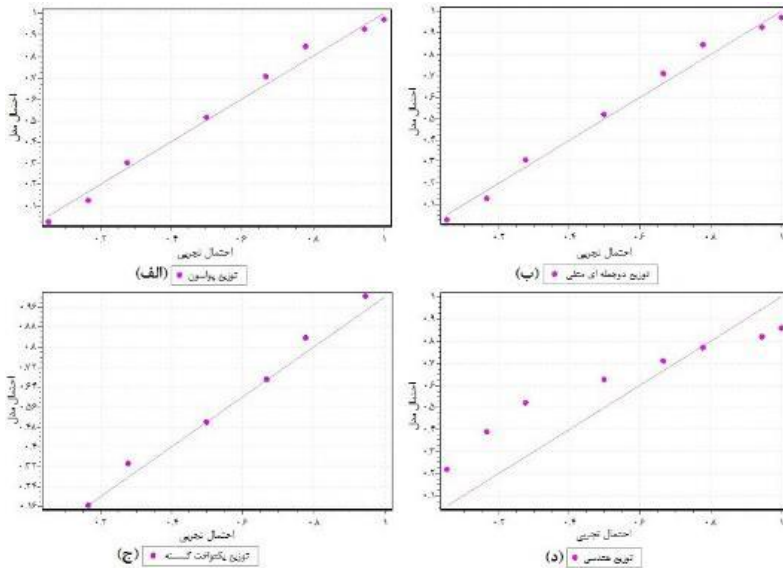
^۱- Observed Frequencies

^۲- Expected Of Theoretical Frequencies

جدول ۳: توزیع احتمال فراوانی مشاهدات تجربی و مورد انتظار توزیع‌های مورد مطالعه برای

روزهای تگرگ سالانه ایستگاه مریوان (۱۹۹۲-۲۰۰۹)

مجموع	۷ بار و بیش‌تر	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	تعداد وقوع تگرگ
۱۸	۱	۳	۲	۳	۴	۲	۲	۱	فراوانی مشاهدات
۱	۰/۰۵۵	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۵۵	احتمال فراوانی مشاهدات
۱	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲۱	احتمال فراوانی مدل هندسی
-	۱	۰/۸	۰/۷۵	۰/۶۹	۰/۶۱	۰/۵۱	۰/۳۸	۰/۲۱	احتمال تجمعی فراوانی مدل هندسی
۱	۰/۰۹۹	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱	۰/۰۲۱	احتمال فراوانی مدل پواسون
-	۱	۰/۹	۰/۸۲	۰/۶۹	۰/۵	۰/۲۹	۰/۱۲	۰/۰۲۱	احتمال تجمعی فراوانی مدل پواسون
۱	۰/۱۰۲	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱	۰/۰۲۸	احتمال فراوانی مدل دو جمله‌ای منفی
-	۱	۰/۸۹	۰/۸۱	۰/۶۸	۰/۵	۰/۲۹	۰/۱۲	۰/۰۲۸	احتمال تجمعی فراوانی مدل دو جمله‌ای منفی
۱	۰	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰	احتمال فراوانی مدل یکنواخت گسسته
-	۰	۰/۹۶	۰/۸	۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۳۲	۰/۱۶	۰	احتمال تجمعی فراوانی مدل یکنواخت گسسته

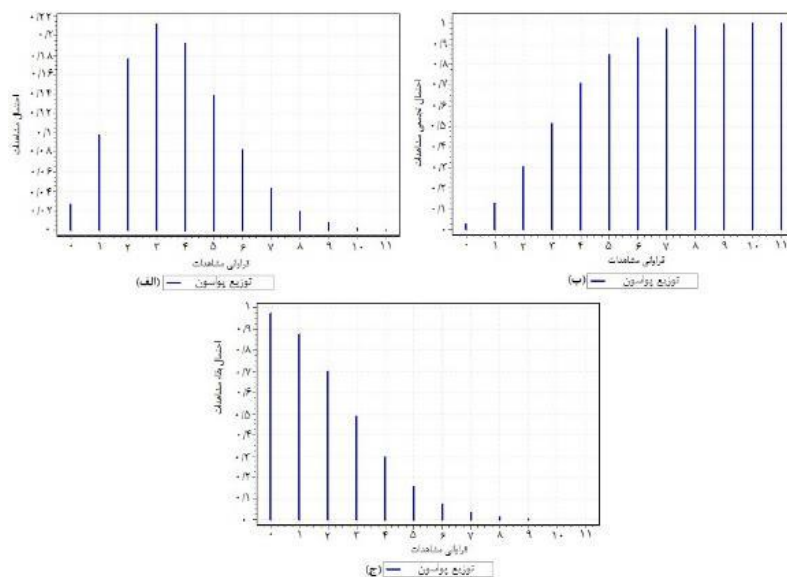


شکل ۲: نمودار احتمال - احتمال (p-p) توزیع پواسون (الف)، دو جمله‌ای منفی (ب)، یکنواخت گسسته (ج) و هندسی (د) برای مشاهدات جدول ۴ ایستگاه مریوان (۲۰۰۹-۱۹۹۲)

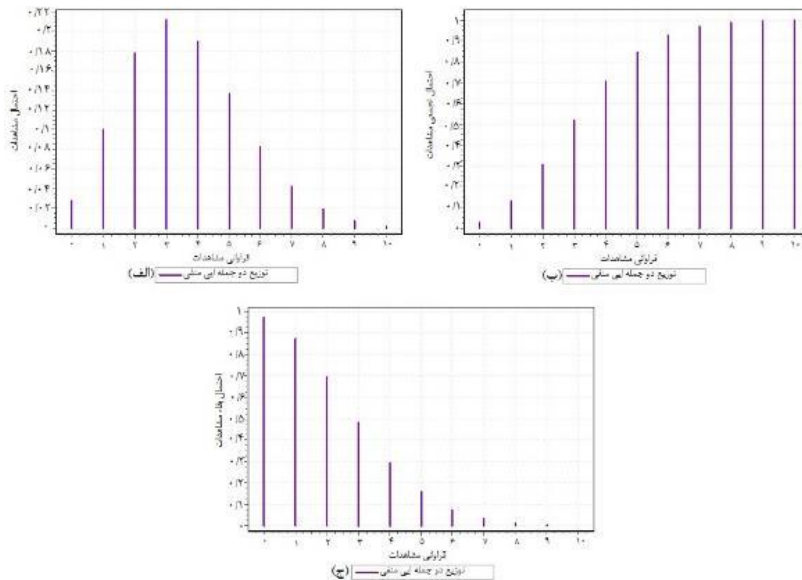
مورد نظر برازنده می‌باشند. بر اساس این مدل احتمال روزهای بدون تگرگ $0/021$ درصد برآورد شده است. بیشینه احتمال بارش تگرگ ($0/21$ درصد) مربوط به ۳ بار و کمینه آن ($0/08$ درصد) مربوط به ۶ بار بارش تگرگ در سال بوده است. در این بررسی برازش آزمون‌ها توزیع دو جمله‌ای منفی رتبه دوم را به خود اختصاص داده است. آنچه که در شکل ۳ قابل مشاهده می‌باشد احتمالات وقوع پدیده تگرگ طی

در برازش آزمون‌ها بر اساس توابع توزیع تجربی، توزیع پواسون رتبه اول را کسب نموده است و این مطلب در نمودارهای p-p شکل ۲ به وضوح نمایش داده شده است. همان طور که در این شکل ملاحظه می‌گردد تمامی نقاط حاصل از احتمالات تجمعی مشاهدات در برابر احتمالات تجمعی مقادیر مورد انتظار از تابع پواسون بر روی نیمساز مربعی با اضلاع واحد قرار گرفته‌اند، بدین ترتیب مشاهدات با توزیع

۱۸ سال مورد نظر (۲۰۰۹-۱۹۹۲)، بر اساس توزیع پواسون است. بر اساس این توزیع احتمال وقوع ۳ بار پدیده تگرگ در هر یک سال، در ایستگاه مریوان دارای بالاترین میزان (۲۱٪ درصد) بوده است (نمودار تابع احتمال). همچنین احتمال وقوع ۳ بار و کم‌تر پدیده تگرگ در این ایستگاه ۵٪ درصد می‌باشد (نمودار احتمال تجمعی). احتمال وقوع پدیده تگرگ از فراوانی ۷ بار و بیش‌تر به پایین‌ترین حد ممکن خود می‌رسد (نمودار بقاء).



شکل ۳: نمودار تابع احتمال (الف)، احتمال تجمعی (ب) و تابع بقاء (ج) توزیع پواسون برای روزهای همراه با تگرگ ایستگاه مریوان (۲۰۰۹-۱۹۹۲)



شکل ۴: نمودار تابع احتمال (الف)، احتمال تجمعی (ب) و تابع بقاء (ج) توزیع دو جمله‌ای منفی برای روزهای همراه با تگرگ ایستگاه مریوان (۲۰۰۹-۱۹۹۲)

در برآزش مشاهدات بارش تگرگ در شمال غرب از طریق توزیع دو جمله‌ای منفی، احتمالات مشابه توزیع پواسون حاصل گشته است. که این نشان می‌دهد در ایستگاه مریوان این پدیده با دو روش یاد شده به خوبی برآزش داده می‌شود (شکل ۴).

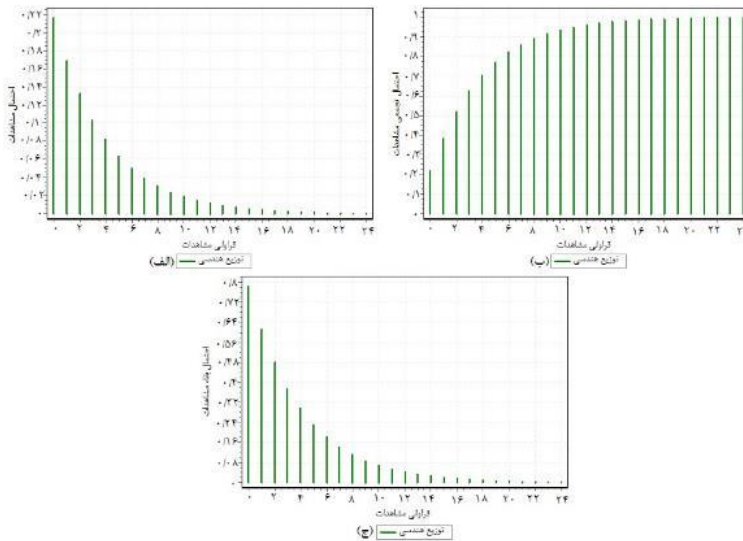
برآورد احتمالات مشاهدات تگرگ از طریق توزیع هندسی نسبت به دو توزیع مذکور از اعتبار کمتری برخوردار است. در این دو توزیع بر خلاف دو توزیع دیگر احتمال عدم وقوع تگرگ در هر سالی بالاترین مقدار (۰/۲۱ درصد) را داشته است. که با احتمال مشاهدات تجربی تفاوت دارد (شکل ۵).

طبق نمودارهای شکل ۶ در توزیع یکنواخت گسسته برای وقوع یک بار الی ۶ بار و بیش‌تر بارش تگرگ، در هر یک سال، به میزان یکسانی احتمال برآورد شده است.

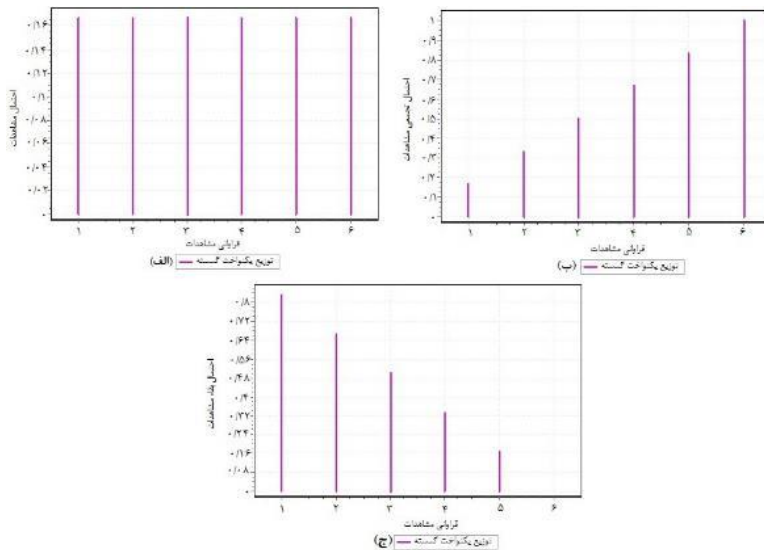
برآورد احتمالات مشاهدات تگرگ از طریق توزیع هندسی نسبت به دو توزیع مذکور از اعتبار کمتری برخوردار است. در این دو توزیع بر خلاف دو توزیع دیگر احتمال عدم وقوع تگرگ در هر سالی بالاترین مقدار (۰/۲۱ درصد) را داشته است. که با احتمال مشاهدات تجربی تفاوت دارد (شکل ۵).

طبق نمودارهای شکل ۶ در توزیع یکنواخت گسسته برای وقوع یک بار الی ۶ بار و بیش‌تر بارش تگرگ، در هر یک سال، به میزان یکسانی احتمال برآورد شده است.

که این احتمال با واقعیت مشاهدات تا حدودی مغایرت داشته است. بدین ترتیب توزیع یکنواخت در میان توزیع‌های مورد بررسی از اعتبار بسیار کمتری برخوردار می‌باشد. همچنین به منظور رتبه بندی توزیع‌های یاد شده برای برازش مشاهدات بارش تگرگ در ایستگاه مریوان از دو آزمون کلموگروف- اسمیروف و اندرسون دارلینگ با اعتبار بیش‌تر، استفاده شده است. نتایج این دو آزمون در جدول ۴ ارائه شده است.



شکل ۵: نمودار تابع احتمال (الف)، احتمال تجمعی (ب) و تابع بقاء (ج) توزیع هندسی برای روزهای همراه با تگرگ ایستگاه مریوان (۲۰۰۹-۱۹۹۲)



شکل ۶: نمودار تابع احتمال (الف)، احتمال تجمعی (ب) و تابع بقاء (ج) توزیع یکنواخت گسسته برای روزهای همراه با تگرگ ایستگاه مریوان (۱۹۹۲-۲۰۰۹)

جدول ۴: آزمون برازش نیکوئی انواع توزیع نظری برای توزیع مشاهدات ایستگاه مریوان (۱۹۹۲-۲۰۰۹)

توزیع	پارامترها	کلموگروف-اسمیروف		اندرسون دارلینگ	
		آماره آزمون	رتبه	آماره آزمون	رتبه
یکنواخت گسسته	$a=1$ و $b=6$	۰/۲۲۲۲۲	۱	۷/۳۳۶۴	۴
هندسی	$p=0/۲۱۶۸۷$	۰/۳۵۳۰۴	۴	۳/۳۵۷۴	۳
دوجمله‌ای منفی	$n=۱۸۳$ و $p=0/۹۸۰۷۲$	۰/۲۳۹۲۲	۳	۱/۰۹۸۷	۲
پواسون	$\lambda=۳/۶۱۱$	۰/۲۳۵۰۸	۲	۱/۰۶۹۵	۱
برنولی					برای برازش توزیع مشاهدات تجربی مناسب نیست.
دوجمله‌ای					برای برازش توزیع مشاهدات تجربی مناسب نیست.
فوق هندسی					برای برازش توزیع مشاهدات تجربی مناسب نیست.

می‌باشد. در این بررسی توزیع پواسون در

برازش داده‌های بارش تگرگ مریوان

بهترین رتبه را کسب نموده است. از آنجایی

همواره در تجزیه و تحلیل فراوانی، انتخاب

یک توزیع احتمال مناسب برای داده‌های

مشاهدات، امر مهم و غیر قابل انکار

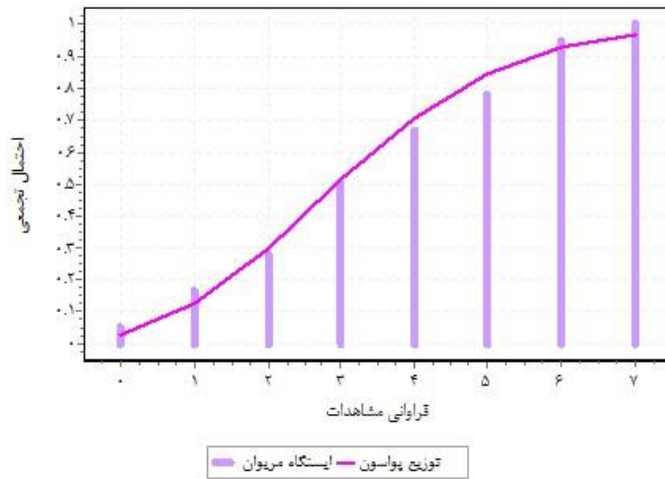
که آماره‌ی آزمون این توزیع (۱/۰۶۹۵) از مقدار بحرانی کمتر است. بدین ترتیب آزمون توزیع مورد نظر، تأیید می‌گردد.

لذا در سطح معنی داری ۰/۰۱ درصد فرض صفر رد نمی‌شود. به عبارت دیگر توزیع مشاهدات مورد نظر با توزیع احتمالی پواسون به خوبی مطابقت دارد. این مطلب در سطح اطمینان ۹۹/۹۹ درصد بیان می‌شود، که این نشان دهنده‌ی میزان اعتبار بالای این توزیع است. پیروی مشاهدات از توزیع احتمالی دو جمله‌ای منفی در رتبه‌ی دوم نسبت به سایر توزیع‌ها قرار گرفته است. آماره آزمون‌های توزیع‌های مورد بررسی و نتایج تأیید آزمون‌ها در جدول ۵ قابل مشاهده و بررسی می‌باشد.

نتیجه نهایی از تجزیه و تحلیل فراوانی بارش تگرگ در ایستگاه مریوان، انتخاب توزیع پواسون و سپس دو جمله‌ای منفی

با سطح اطمینان نزدیک ۱۰۰ درصد برای برازش مشاهدات تجربی است. بر اساس آزمون اندرسون دارلینگ توزیع یکنواخت گسسته برای برازش داده‌های نمونه مناسب نبوده است. تفاوت‌های آب و هوایی بر استفاده از این دو مدل نشان می‌دهد، که هر یک از نواحی اقلیمی متفاوت را باید به طور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار داده تا امکان تعیین مدل مناسب و متناسب با داده‌ها فراهم گردد (Sakamoto, 1973).

برتری نتایج آزمون اندرسون دارلینگ توزیع‌های احتمالی مورد نظر، نسبت به آزمون کلوگروف-اسمیروف در نمودارهای P-P به خوبی قابل ملاحظه می‌باشد. بر اساس نمودار بافتنگار احتمال جمع‌ی مشاهدات تجربی و توزیع پواسون برتری این توزیع نیز نسبت به سایر توزیع‌های مذکور به خوبی قابل مشاهده است (شکل ۷).



شکل ۷: بافتنگار احتمال تجمعی مشاهدات تجربی و بافتنگار حاصل از احتمال تجمعی توزیع پواسون برای روزهای همراه با تگرگ ایستگاه مریوان (۲۰۰۹-۱۹۹۲)

۴. نتیجه گیری

شده است و از آنجایی که قطب‌های مهم کشاورزی در شمال غرب کشور متمرکز بوده و بیش‌تر سال‌ها، بارش تگرگ خسارات فراوانی به محصولات کشاورزی و باغی منطقه وارد می‌کند و نیز با توجه به این که یکی از شاخص‌های مهم توسعه کشورها، میزان آمادگی جامعه آن‌ها در برابر انواع مختلف مخاطرات طبیعی است. می‌توان با مدیریت ریسک و برآورد احتمال وقوع به شناسایی مخاطرات قبل از وقوع

اکثر زیان‌های ناشی از تگرگ در بخش کشاورزی و در اثر صدمه دیدن محصولات به هنگام بارش تگرگ به بار می‌آیند. بارش تگرگ علاوه بر محصولات کشاورزی به موجودات زنده (انسان و حیوان) و هم چنین به صنایع و سکونتگاه‌های انسانی نیز آسیب وارد می‌کند. منطقه شمال غرب کشور و آذربایجان به عنوان منطقه‌ایی با فراوانی بیش‌ترین بارش تگرگ در ایران شناخته

جدول ۵: محاسبات آزمون برازش نیکوئی انواع توزیع نظری برای توزیع مشاهدات بارش تگرگ ایستگاه مریوان (۲۰۰۹-۱۹۹۲)

آزمون کلموگروف-اسمیروف

توزیع نظری	توزیع پواسون	توزیع یکنواخت	توزیع هندسی	توزیع دو جمله‌ای منفی	
فراوانی نمونه	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	
آماره آزمون	۰/۲۳۵۰۸	۰/۲۲۲۲۲	۰/۳۵۳۰۴	۰/۲۳۹۲۲	
مقدار احتمال (p-value)	۰/۲۳۳۲۲	۰/۲۹۱۱۳	۰/۰۱۶۳۹	۰/۲۱۶۵۳	
رتبه	۲	۱	۴	۳	
سطح معنی داری (α)	۰/۲	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۲	
مقدار بحرانی (critical value)	۰/۲۴۳۶	۰/۲۷۸۵۱	۰/۳۰۹۳۶	۰/۳۴۵۶۹	
تأیید آزمون توزیع پواسون	بله	بله	بله	بله	
مقدار بحرانی (critical value)	۰/۲۴۳۶	۰/۲۷۸۵۱	۰/۳۰۹۳۶	۰/۳۴۵۶۹	
تأیید آزمون توزیع دو جمله‌ای منفی	بله	بله	بله	بله	
مقدار بحرانی (critical value)	۰/۲۴۳۶	۰/۲۷۸۵۱	۰/۳۰۹۳۶	۰/۳۴۵۶۹	
تأیید آزمون توزیع هندسی	خیر	خیر	خیر	بله	
مقدار بحرانی (critical value)	۰/۲۴۳۶	۰/۲۷۸۵۱	۰/۳۰۹۳۶	۰/۳۴۵۶۹	
تأیید آزمون توزیع یکنواخت گسسته	بله	بله	بله	بله	

تگرگ (۰/۰۲۱ درصد) و ایستگاه اردبیل دارای بیشترین احتمال روزهای بدون تگرگ (۰/۳۷ درصد) است. بنابراین احتمال وقوع تگرگ در مریوان از درصد بالاتری برخوردار می‌باشد. ایستگاه سردشت دارای کمترین اختلاف بین

آن‌ها پرداخته و با ارائه برنامه‌هایی در زمان وقوع این رویدادها به کنترل و مقابله آن‌ها پرداخت. بین ایستگاه‌های مورد بررسی، ایستگاه مریوان که بیشترین فراوانی بارش تگرگ در کل منطقه را به خود اختصاص داده؛ دارای کمترین احتمال روزهای بدون

ادامه جدول ۵: محاسبات آزمون برازش نیکوئی انواع توزیع نظری برای توزیع مشاهدات بارش تگرگ ایستگاه مریوان (۲۰۰۹-۱۹۹۲)

آزمون اندرسون دارلینگ

توزیع دو جمله‌ای منفی	توزیع هندسی	توزیع یکنواخت	توزیع پواسون	توزیع نظری
۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	فراوانی نمونه
۱/۰۹۸۷	۳/۳۵۷۴	۷/۳۳۶۴	۱/۰۶۹۵	آماره آزمون
۲	۳	۴	۱	رتبه
۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲	سطح معنی داری (α)
۳/۹۰۷۴	۲/۵۰۱۸	۱/۹۲۸۶	۱/۳۷۴۹	مقدار بحرانی (critical value)
بله	بله	بله	بله	
تأیید آزمون توزیع پواسون				
۳/۹۰۷۴	۲/۵۰۱۸	۱/۹۲۸۶	۱/۳۷۴۹	مقدار بحرانی (critical value)
بله	بله	بله	بله	
تأیید آزمون توزیع دو جمله- ایی منفی				
۳/۹۰۷۴	۲/۵۰۱۸	۱/۹۲۸۶	۱/۳۷۴۹	مقدار بحرانی (critical value)
بله	خیر	خیر	خیر	
تأیید آزمون توزیع هندسی				
۳/۹۰۷۴	۲/۵۰۱۸	۱/۹۲۸۶	۱/۳۷۴۹	مقدار بحرانی (critical value)
خیر	خیر	خیر	خیر	
تأیید آزمون توزیع یکنواخت گسسته				

بهترین مدل در برازش مشاهدات تجربی بارش تگرگ در ایستگاه‌های سینوپتیکی منطقه شمال غرب، با توجه به نتایج حاصل از آزمون نیکویی برازش به دو روش کلموگروف-اسمیرنوف و اندرسون دارلینگ بر روی روش‌های مختلف توزیع احتمال

بیشینه و کمینه احتمال بارش تگرگ ($0/14-0/24=0/10$) است و از طرفی ایستگاه تبریز دارای بیشترین اختلاف بین بیشینه و کمینه احتمال بارش تگرگ ($0/11-0/89=0/78$) است. در جمع بندی بررسی انواع مدل‌های تئوریک و انتخاب

متغیرهای تصادفی می‌توان بیان نمود که مدل پواسون با سطح اطمینان بالای ۹۹/۹۰ درصد رتبه‌ی اول را به خود اختصاص داده است. لازم به ذکر می‌باشد که نتایج حاصل از آزمون اندرسون دارلینگ دارای اعتبار بیشتری بوده است. چرا که تفاوت بین توابع توزیع تجربی و نظری مربوط به تمامی مشاهدات، را با وزن مساوی مطرح می‌کند. بر اساس این مدل ۹۱/۵ درصد از فراوانی مشاهدات بارش تگرگ ایستگاه‌های توزیع پذیر منطقه؛ با سطح اطمینان قابل قبول به خوبی برازش داده می‌شود. به عبارت دیگر نتایج حاصل از این توزیع در برآورد احتمالات فراوانی وقوع تگرگ، کم‌تر از ۵ درصد موارد اشتباه و بالای ۹۵ درصد موارد صحیح می‌باشد. احتمال دقیق روزهای همراه با بارش تگرگ محاسبه شده با استفاده از این مدل نشان می‌دهد که بیش‌ترین تعداد روزهای همراه با تگرگ ۷ روز در سال بوده است که مربوط به ایستگاه مریوان است. همچنین مدل دو جمله‌ای منفی به استثنای ایستگاه خرمدره؛ در رتبه‌ی بعدی مشاهدات پدیده‌ی تگرگ منطقه را به خوبی برازش می‌دهد.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی دریافت نکرده است.
تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.
برگرفته از پایان نامه / رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه / رساله نبوده است.

Reference

- Akbarzadeh, Younes. (2008). *Temporal and Spatial Analysis of Hailfall in East Azerbaijan Province*. M.A. Thesis in Physical Geography, Faculty of Literature and Humanities,

- University of Zanjan, Zanjan, Iran.
- Jadidi, Touraj; Kheshtkar Sani, Sayyad; and Naeimi, Bahareh. (2011). *Zoning of Hail Occurrence Probability Frequency in West Azerbaijan Province*. In: National Conference on Climate Change and Its Impacts on Agriculture and Environment, Urmia, Iran, pp. 1-6..
 - Khoshhal Dastjerdi, Javad, and Ghavidel Rahimi, Yousef. (2007). *Identification of Environmental Hazard Characteristics in Northwestern Iran: A Case Study of Thunderstorm Hazards in Tabriz*. Modarres Human Sciences Quarterly, pp. 101-115.
 - Zarei, Amjad. (2004). *Engineering Statistics*. 1st ed. Tehran: Danesh Parvar Publications, pp. 1-783.
 - Seif, Mehrzad. (1996). *Investigation of the Distribution of Hailfall in Iran and a Case Study*. M.A. Thesis, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran.
 - Asakereh, Hossein. (2011). *Fundamentals of Statistical Climatology*. 1st ed. Zanjan: University of Zanjan Press, pp. 1-545.
 - Alijani, Bahlol. (2009). *Synoptic Climatology*. 3rd ed. Tehran: SAMT Publications, pp. 1-257.
 - Alizadeh, Amin; Kamali, Gholamali; Mousavi, Farhad; and Mousavi Baygi, Mohammad. (2005). *Meteorology and Climatology*. 8th ed. Mashhad: Imam Reza University Press, pp. 1-381.
 - Mirmousavi, Seyed Hossein, and Akbarzadeh, Younes. (2009). *Application of Poisson and Negative*

- Binomial Distributions in Estimating the Probabilities of Hail-Day Occurrences: A Case Study of East Azerbaijan Province. Journal of Geography and Environmental Planning, No. 4, pp. 73-84.*
- Mirmousavi, Seyed Hossein; Karimi, Parisa; and Heydari Monfared, Zahra. (2014). *Study of the Probability Distribution of Spring Snowfall in Khodabandeh County*. In: First National Conference on Geography, Urban Planning and Sustainable Development, Tehran, Iran.
 - Mirmousavi, Seyed Hossein, and Kiani, Maryam. (2011). *Study of Probability Distributions of Hailfall Occurrence During the Growing Season of Orchard and Field Crops in Kermanshah Province*. In: First National Conference on Meteorology and Agricultural Water Management, University of Tehran, Tehran, Iran, pp. 1-10.
 - Billet, J. Delisi, M and smith, B. G. 1997, Notes And Correspondence Use of Regression Techniques to Predict Hail Size and the Probability of Large Hail: *Weather and forecasting* Vol. 12, pp. 154-164.
 - Changnon, S. A. 1995, Temporal Fluctuations of Hail in Illinois: Miscellaneous Publication 167.
 - Cheng, L. English, M. 1983, A Relationship Between Hailstone Concentration and Size: *Journal of Atmospheric Sciences*, vol. 40. pp. 204-213.
 - Hey, M. H. F. Waylen, P.R. 1987, Probabilities of Daily Hail and Thunder Occurrences: *Journal of climate and Applied*

- meteorology* Vol. 26, pp. 1014-1020.
- Pocakal, D. Stalec, J. 2003, Statistical analysis of hail characteristics in the hail-protected western part of Croatia using data from hail suppression stations: *Atmospheric Research* 67-68, pp. 533-540.
 - Sakamoto, C. M. 1973, Application of the poisson and negative Binomial models to thunderstorm and hail days probabilities in Nevada: *Monthly Weather Review* Vol.101, No.4, pp. 350-355.
 - Sanchez, J. L. Marcos, J.L. Fuente, M. T. and Castro, A. 1998, A Logistic Regression model applied to Short Term Forecast of Hail Risk: *Phys. Chem. Earth* Vol. 23, No. 5-6, pp. 645-648.
 - Shin, H. Jung, Y. Jeong, Ch. Heo, J-H.2012, Assessment Of Modified Anderson–Darling Test Statistics For The Generalized Extreme Value And Generalized Logistic Distributions: *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 26, pp. 105- 114.
 - Garcia-Ortega, E. Lopez, L. Sanchez, J. L. 2011, Atmospheric patterns associated with hailstorm days in the Ebro Valley (Spain): *Atmospheric Research* Vol. 100, No. 4, pp. 401-427.