اولین همایش ملی بیابان
(علوم، فنون و توسعه پایدار)
کرج 27 و 28 خرداد 1391
مرکز تحقیقات بین المللی بیابان

# انتخاب بهترین توزیع فراوانی برازش یافته سیلاب با استفاده از معیارهای تصمیم‌گیری (مطالعه موردی: حوضه‌های آبخیز منتخب استان خراسان رضوی)

**یوسف موشخیان[1]، مجید اونق[2]، واحدبردی شیخ[3]، ابوالفضل مساعدی[4]، امیر سعدالدین[3]**

*۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، Email: mooshakhian@gmail.com*

*۲- استاد گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان*

*۳- استادیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان*

*٤- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد*

**چکیده**

هر گونه برنامه‌ریزی و یا طراحی در حوضه‌های آبخیز باید بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هواشناسی مربوط به آن حوضه صورت گیرد. کمبود آمار و اطلاعات در مورد کمیت و کیفیت آب ناشی از توسعه ضعیف شبکه‌های هیدرولوژیکی است که این مشکل اغلب در کشورهایی که با بحران‌های مالی، منابع انسانی و تکنیکی روبرو هستند به وجود می‌آید. در هیدرولوژی سعی می‌شود داده‌هایی که به صورت تجربی اندازه‌گیری و ثبت شده‌اند با توابع توزیع تئوری برازش داده شده و بهترین تابعی که با داده‌ها مطابقت داشته باشند به عنوان تابع توزیع احتمال برگزیده شود تا به وسیله آن به ازاء هر احتمال مورد نظر مقدار متغیر هیدرولوژی بدست آید. این تحقیق مطالعه موردی از امکان‌سنجی استفاده از معیارهای تصمیم‌گیری و انتخاب مدل در آزمون نکوئی برازش سری‌های دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب واقع در مناطق خشک و نیمه خشک استان خراسان رضوی (طول دوره مشترک آماری، عدم وجود روند و تصادفی بودن سری‌های مشاهداتی) را ارائه می‌دهد. در این زمینه چهار معیار انتخاب مدل بنام‌های AIC، AICc، BIC و ADC به منظور برآورد بهتر سیلاب طرح مورد بررسی قرار گرفت و به منظور انجام محاسبات فوق از محیط برنامه نویسی نرم‌افزار R استفاده شد. نتایج نشان داد، بهترین راهبرد استفاده از روش BIC (یا AIC که نتایج مشابه BIC دارد) توام با روش ADC می‌باشد و همچنین نتایج توانایی تکنیک‌های انتخاب مدل در تجزیه و تحلیل فراوانی وقوع سیلاب را تایید می‌نماید.

***کلمات کلیدی:*** **آزمون نکوئی برازش، معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC)، معیار اطلاعاتی آکائیک اصلاح‌شده (AICc)، معیار اطلاعاتی بیزین (BIC)، معیار اندرسون دارلینگ (ADC)، استان خراسان رضوی.**

مرکز تحقیقات بین المللی بیابان

اولین همایش ملی بیابان

(علوم، فنون و توسعه پایدار)

کرج 27 و 28 خرداد 1391

# Selection of the best fit flood frequency distribution using decision making criteria: A case study for selected watersheds of Khorasan Razavi province

Yousef Mooshekhian[1], Majid Ownegh[2], Vahedberdi Sheikh[3], Abolfazl Mosaedi[4], Amir Sadoddin[3]

1- MSc student of watershed management department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Shahid Beheshti St., Postcode: 49137-15739. Email: mooshakhian@gmail.com

2- Professor of watershed management department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

3- Assistant professor of watershed management department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

4- Associate professor. Natural Resources and Environment faculty, Ferdowsi University of Mashhad

**Abstract**

Any planning or structural design in watersheds should be based on hydrological and meteorological data analysis of the basin. Lack of data and information about water quality and quantity of the hydrological network is due to most financial, human resources and technical crisis which underdevelopment countries are faces to. Hydrological data which are recorded with the tentative measurement try to fit by theoretical distribution functions and the best fits the data may be selected as a probability distribution function to obtain the desired hydrological variable by each probability. This paper present a case study of feasibility of using model selection criteria and decision goodness-of-fit test with flood data from selected watersheds placed in arid and semi-arid regions of Khorasan Razavi province (same duration series, non-trend, and randomness). In this case, four different model selection criteria names: AIC, AICc, BIC and ADC used to determine the flood design and in order to perform the calculations, R software has been applied. The results showed, the best strategy is using BIC (BIC or AIC is that the same results) in combined with ADC and also results presents the ability of the model selection techniques to determine the flood design in flood frequency analysis.

**Key words:** Test of goodness-of-fit, Akaike Information Criterion (AIC), Corrected Akaike Information Criterion (AICc), Bayesian Information Criterion (BIC), Anderson-Darling Criterion (ADC), Khorasan Razavi province.

**مقدمه**

سیل از جمله پدیده‌هایی است که هر ساله خسارات فراوانی را به بار می‌آورد و همواره مورد توجه کارشناسان هیدرولوژی و دستگاه‌های اجرایی بوده است (توکلی و رستمی‌نیا، ۱۳۸۵) و برآورد فراوانی وقوع سیل یکی از مسائل چالش برانگیز در هیدرولوژی است (Rahman و Haddad ، ۲۰۱۱).

هر گونه برنامه‌ریزی و یا طراحی در حوضه‌های آبخیز (اونق و موشخیان، ۱۳۸۸) باید بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هواشناسی مربوط به آن حوضه صورت گیرد (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۸). تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی بدون وارد شدن به محاسبات احتمالاتی امکان‌پذیر نیست.

فقدان داده‌های هیدرولوژیکی باعث ایجاد عدم قطعیت در طراحی و مدیریت منابع آب بویژه در مناطق خشک می‌شود که در نتیجه مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار منابع آب نیازمند داده‌های قابل اطمینان می‌باشد. کمبود آمار و اطلاعات در مورد کمیت و کیفیت آب ناشی از توسعه ضعیف شبکه‌های هیدرولوژیکی است که این مشکل اغلب در کشورهایی که با بحران‌های مالی، منابع انسانی و تکنیکی روبرو هستند به وجود می‌آید (Oyeband ، ۲۰۰۱).

در هیدرولوژی سعی می‌شود برای داده‌ها توابع احتمالاتی مناسبی رسم شود تا به کمک آن بتوان مقدار متغیر مورد نظر را به ازاء احتمالات مختلف محاسبه کرد. لذا سعی می‌شود داده‌هایی که به صورت تجربی اندازه‌گیری و ثبت شده‌اند با این توابع توزیع تئوری برازش داده شده و بهترین تابعی که با داده‌ها مطابقت داشته باشند به عنوان تابع توزیع احتمال برگزیده شود تا به وسیله آن به ازاء هر احتمال مورد نظر مقدار متغیر هیدرولوژی بدست آید. بنابراین تحلیل فراوانی وقایع در هیدرولوژی شامل چهار مرحله خواهد بود که عبارتند از: الف) انتخاب توابع توزیع احتمال از نظر تئوری، ب) برازش داده‌های هیدرولوژی موجود با توابع توزیع تئوری، ج) انتخاب مناسب‌ترین تابع توزیع تئوری که با داده‌ها مطابقت داشته باشند، د) تعیین متغیر مورد نظر از روی تابع توزیع تئوری (علیزاده، ۱۳۸۵).

همانطور که ذکر شد، تحلیل فراوانی وقایع در هیدرولوژی تا حد زیادی با برازش توابع توزیع تئوری در ارتباط است که انتخاب بهترین توزیع برازش یافته بر اساس یک سری معیارها و آزمون فرضیات احتمالاتی صورت می‌گیرد(Rahman و Haddad ، ۲۰۱۱.، Calenda ، ۲۰۰۹). از این بین می‌توان به روش‌های گرافیکی، روش حداقل مربعات (نظیر آزمون کای مربع و آزمون کلموگروف–اسمیرنوف)، روش ضرایب فراوانی (که ضرایب فراوانی بستگی به پارامترهای توزیع دارد) و روش استفاده از پارامترهای توزیع اشاره کرد. روش استفاده از پارامترهای توزیع، یکی از اساسی‌ترین و دقیق‌ترین روش‌ها در این امر است. در این روش بر اساس روش‌های احتمالات، دو راه حل گشتاور[1] و حداکثر درستنمایی[2] بکار برده می‌شود. روش گشتاور ساده است اما نتایج حاصله از آن بخصوص اگر تعداد داده کم باشد از دقت کمتری برخوردار است. برعکس، روش حداکثر درستنمایی از دقت زیادی برخوردار است اما محاسبات آن بسیار پیچیده و وقت‌گیر می‌باشد ولی امروزه به کمک فناوری و رایانه استفاده از این روش روز به روز رو به افزایش است (علیزاده، ۱۳۸۵).

---

1- moment
2- maximum likelihood

معیارهای اطلاعانی آکائیک[1] (AIC) و بیزین[2] (BIC) از جمله ابزارهای شناخته شده در فرآیند تصمیم‌گیری هستند که به ندرت در مسائل هیدرولوژی از آنها استفاده می‌شود (Laio و همکاران، ۲۰۰۹.، Di Baldassarre و همکاران، ۲۰۰۹).
Laio و همکارن (۲۰۰۹) در تحقیقات خود کارآیی روش‌های AIC و BIC را در آزمون نکوئی برازش توابع توزیع تئوری در سری‌های هیدرولوژیکی که حجم نمونه آن‌ها کم و توزیع آن‌ها نامتقارن است به اثبات رساندند. روش دیگری که در این زمینه ارائه شده، روش اندرسون دارلینگ[3] می‌باشد که امکان مقایسه نتایج این روش را با دو روش قبلی فراهم می‌آورد.
Laio (۲۰۰٤) بیان می‌دارد، معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC)، معیار اطلاعاتی آکائیک اصلاح شده (AICc)، معیار اطلاعاتی بیزین (BIC) متلعق به نگرش‌های تئوریک و کلاسیک می‌باشند در حالی که معیار اندرسون دارلینگ (ADC) زائیده تفاسیر اکتشافی از نتایج آزمون نکوئی برازش استاندارد است.
مسئله انتخاب بهترین مدل را می‌توان به صورت روبرو فرموله کرد: نمونه‌ای از n داده، $D=(x_i,\ldots,x_n)$، که به صورت صعودی مرتب شده است، $N_m$ نمونه‌ای از یک توزیع $f(x)$، $M_j$ مدل بکار گرفته شده که $j=1,\ldots, N_m$ برای نمایش داده‌ها استفاده می‌شود. مدل‌های به کار گرفته شده در قالب توزیع‌های احتمالاتی می‌باشند، $M_j=g_j(x,\theta)$ که پارامترهای $\theta$ به کمک داده‌های در دسترس D برآورد می‌شوند و مدلی برتر شناخته می‌شود، $M_{opt}$، که بیشترین شباهت آماری را با تابع توزیع تئوری $f(x)$ داشته باشد (Laio و همکاران، ۲۰۰۹).
هدف این مطالعه امکان‌سنجی استفاده از معیارهای تصمیم‌گیری و انتخاب مدل در آزمون نکوئی برازش سری دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب واقع در مناطق خشک و نیمه خشک استان خراسان رضوی (طول دوره مشترک آماری، عدم وجود روند و تصادفی بودن سری‌های مشاهداتی) می‌باشد که در این زمینه چهار معیار انتخاب مدل بنام‌های AIC، AICc، BIC و ADC به منظور برآورد بهتر سیلاب طرح مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه مورد مطالعه

استان خراسان رضوی با مساحتی برابر ۱۱۷۰۵۸ کیلومترمربع شامل تمام و یا قسمتی از ٤ حوضه آبریز درجه ۲ به نام‌های قره‌قوم، کویر مرکزی، نمکزار خواف و اترک می‌باشد و از نظر اقلیمی، خشک و نیمه خشک طبقه بندی می‌گردد. در این استان حدود ۳۲ رودخانه مهم و ۱۰ رودخانه مرزی وجود دارد که جریان‌های سطحی در آن‌ها به گردش در می‌آیند. در استان خراسان رضوی بالغ بر ۸۵ ایستگاه هیدرومتری وجود دارد که از این بین تنها حدود ۳٤ ایستگاه دارای طول دوره آماری بیش از ۳۰ سال می‌باشند، لذا با توجه به شروط اصلی در انتخاب ایستگاه نظیر عدم وجود روند در داده‌ها (آزمون من-کندال)،

1- Akaike Information Criterion (AIC)
2- Bayesian Information Criterion (BIC)
3- Anderson - Darling

تصادفی بودن (یا همگنی به کمک آزمون ران تست) و طول دوره مشترک آماری، اقدام به انتخاب ایستگاه هیدرومتری گردید (خدمتی و همکاران، ۱۳۸۹، WMO سازمان جهانی هواشناسی ، ۲۰۰۸).

با توجه به شروط مذکور در تجزیه و تحلیل منطقه‌ای، پس از تعیین طول دوره مشترک آماری، آزمون‌های من-کندال و ران-تست به منظور بررسی روند و تصادفی بودن (همگنی) انجام پذیرفت که در نهایت تعداد ۱۲ ایستگاه هیدرومتری با طول دوره آماری ۳۱ سال (۱۳۸۹-۱۳۵۸) در سری‌های دبی حداکثر لحظه‌ای انتخاب گردید که مشخصات کلی این ایستگاه‌ها در جدول ۱ آمده است.

**جدول۱: مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب**

| ردیف | علامت اختصاری | کد ایستگاه | نام ایستگاه هیدرومتری | سال تاسیس | LCV | L - Skewness | L - Kurtosis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | A051 | 47-051 | نشیب | ۱۳۵۳ | ۰/٦٦٢٦ | ۰/٥۳۹۳ | ۰/۳۰۱٥ |
| ۲ | A085 | 47-085 | مجموع دورود | ۱۳٥٦ | ۰/۳۹۹۲ | ۰/۱۹۷٥ | ۰/۱۸٤۹ |
| ۳ | A093 | 47-093 | طاغون | ۱۳٥٦ | ۰/٤۹۱۷ | ۰/۳۳۱۸ | ۰/۱۲۰٤ |
| ٤ | C003 | 64-003 | امامزاده-رادکان | ۱۳٥۰ | ۰/٤۸٤۳ | ۰/۲۷٤٤ | ۰/۱٦۲۲ |
| ٥ | C007 | 64-007 | موس‌نگ | ۱۳٥۲ | ۰/۳٤٤۲ | ۰/۲۲٥۹ | ۰/۲۱۱۸ |
| ٦ | C013 | 64-013 | دولت آباد- خرم دره | ۱۳٥٦ | ۰/٤۷۷۹ | ۰/٥۰۸۰ | ۰/۳۱٦۲ |
| ۷ | C017 | 64-017 | زشک خراسان | ۱۳٥٦ | ۰/۲۸۲۳ | ۰/۲۳٥۲ | ۰/۲۱٤٤ |
| ۸ | C019 | 64-019 | سرآسیاب شاندیز | ۱۳٥۱ | ۰/٤۰۷٦ | ۰/٥٥۷۰ | ۰/٤۰٤۹ |
| ۹ | C029 | 64-029 | کرتیان | ۱۳۳۰ | ۰/٥٥۳۰ | ۰/٥۹٤۸ | ۰/٥۱٦۷ |
| ۱۰ | C033 | 64-033 | اولنگ اسدی | ۱۳٥۱ | ۰/٤٤۲۱ | ۰/٤۹۳٤ | ۰/۳۳۸٦ |
| ۱۱ | D001 | 66-001 | سنگدیوار | ۱۳٥۲ | ۰/٤۷۰۳ | ۰/٤٤٦۰ | ۰/۲۰۹۹ |
| ۱۲ | E003 | 67-003 | کب‌کان-گرنی | ۱۳٥٦ | ۰/٥۷۳۸ | ۰/٥۸٦۲ | ۰/٤۲۳۳ |

**معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC)**

معیار اطلاعاتی آکائیک می‌تواند برای $j$ امین مدل قابل استفاده به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$AIC_j = -2\ln\left(L_j(\hat{\theta})\right) + 2p_j \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$$L_j(\hat{\theta}) = \prod_{i=1}^{n} g_j\left(x_i, \hat{\theta}\right) \qquad \text{رابطه (۲)}$$

$L_j(\hat{\theta})$ تابع شباهت[1] می‌باشد که حداکثر شباهت برآوردکننده پارامتر بردار $\theta$ را در نقطه $\theta$ برابر $\hat{\theta}$ را ارزیابی می‌کند و $p_j$ تعداد پارامترهای تخمین زده شده از $j$ امین مدل قابل استفاده است.

**معیار اطلاعاتی آکائیک اصلاح شده (AICc)**

هرگاه حجم نمونه $n$ در رابطه با تعداد پارامترهای تخمین زده شده کم باشد، ممکن است معیار اطلاعاتی آکائیک به درستی اجرا نشود. در این قبیل موارد از نوع دومی از معیار اطلاعاتی آکائیک بنام معیار اطلاعاتی آکالایک اصلاح شده استفاده می شود:

$$AICc_j = -2\ln\left(L_j(\hat{\theta})\right) + 2p_j \frac{n}{n - p_j - 1} \qquad \text{رابطه (۳)}$$

لازم به ذکر است این روش زمانی استفاده می‌شود که نسبت $n$ به $p$ کوچکتر از ۴۰ باشد.

**معیار اطلاعاتی بیزین (BIC)**

معیار اطلاعاتی بیزین برای $j$ امین مدل قابل استفاده به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$BIC_j = -2\ln\left(L_j(\hat{\theta})\right) + \ln(n)\,p_j \qquad \text{رابطه (٤)}$$

$L_j(\hat{\theta})$ تابع شباهت می‌باشد که حداکثر شباهت برآوردکننده پارامتر بردار $\theta$ را در نقطه $\theta$ برابر $\hat{\theta}$ را ارزیابی می‌کند و $p_j$ تعداد پارامترهای تخمین زده شده از $j$ امین مدل قابل استفاده است.

**معیار اندرسن – دارلینگ (ADC)**

معیار اندرسون– دارلینگ با توجه به اندازه اختلاف توصیف معیار[2] ($\Delta_{AD,j}$) به صورت زیر انجام می‌شود:

$$\Delta_{AD,j} = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[(2i-1)\ln\left[G_j(x_i,\theta)\right] + (2n+1-2i)\ln\left[1-G_j(x_i,\theta)\right]\right] \qquad \text{رابطه (۵)}$$

1- Likelihood function
2- Discrepancy measure characterizing the criterion

$$\begin{cases} ADC_j = 0.0403 + 0.116\left(\dfrac{\Delta_{AD,j} - \varepsilon_j}{\beta_j}\right)^{\frac{\eta_j}{0.851}} & \text{اگر} \quad 1.2\varepsilon_j < \Delta_{AD,j} \\ ADC_j = \left[0.0403 + 0.116\left(\dfrac{0.2\varepsilon_j}{\beta_j}\right)^{\frac{\eta_j}{0.851}}\right]\dfrac{\Delta_{AD,j} - 0.2\varepsilon_j}{\varepsilon_j} & \text{اگر} \quad 1.2\varepsilon_j \geq \Delta_{AD,j} \end{cases}$$

رابطه (٦)

رابطه (٧)

## توزیع‌های آماری

در آمار و احتمالات تعداد بسیار زیادی توزیع احتمالاتی وجود دارند که برخی از آن‌ها برای برازش داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. توابع توزیع احتمال که در هیدرولوژی برای متغیرهای پیوسته کاربرد دارند عبارتند از: الف) تابع توزیع نرمال (NORM)، ب) تابع توزیع لوگ نرمال (LN)، ج) تابع توزیع پیرسون تیپ۳ (P3)، د) تابع توزیع لوگ پیرسون تیپ۳ (LP3)، ه) تابع توزیع حد نهایی تیپ۱ یا گامبل (GUM) که در این تحقیق علاوه بر پنج تابع توزیع فوق، دو تابع توزیع دیگر بنام‌های تابع توزیع حد نهایی تیپ۲ (EV2) و تابع توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته (GEV) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به منظور انجام محاسبات فوق از محیط برنامه نویسی نرم‌افزار آماری R استفاده می‌شود.

## نتایج

نتایج حاصل از به کارگیری معیارهای چهارگانه فوق و مقادیر هر یک از معیارها به تفکیک در جداول ۳ تا ٦ آمده است که کمترین مقدار در هر ایستگاه بیانگر توزیع منتخب می‌باشد که در جدول ٦ تشریح گردیده. شکل۱ بیانگر نمودار توزیع‌های آماری و سری دبی حداکثر لحظه‌ای (به صورت نمودار ویبول) در کاغذ احتمالاتی لوگ نرمال است.

**جدول۳: توزیع‌های آماری برازش یافته سری‌های دبی حداکثر لحظه‌ای به روش AIC**

| ایستگاه | LP3 | P3 | GEV | EV2 | GUM | LN | NORM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A051 | ۲۷۹/٥ | ۲۸۳/۳ | ۲۸۳/۱ | ۲۸۲ | ۳۱۱/۹ | ۲۷۷/٦ | ۳۳٥/۲ |
| A085 | ۲٤۰/٤ | ۲۳۸/٥ | ۲٤۱/٥ | ۲٥۷ | ۲٤۰/۲ | ۲٤۳/٥ | ۲٥۱ |
| A093 | ۲۷۰/۹ | ۲۷۱/۲ | ۲۷۳/۸ | ۲۸٤/۷ | ۲۷۸/٥ | ۲۷۲/۱ | ۲۹۰/٤ |
| C003 | ۲۸٦/۳ | ۲۸۷/۲ | ۲۹۲/٦ | ۳۰۱/٦ | ۲۹۳/۳ | ۲۹۰/۷ | ۳۰٤/۸ |
| C007 | ۲۸٥/۳ | ۲۸٥ | ۲۸٥/۲ | ۳۰۰/٤ | ۲۸۳/٥ | ۲۸٦/۷ | ۲۹۱/٤ |
| C013 | ۱۸۸/۱ | ۱۹۲/٤ | ۱۸۸ | ۱۸٦/٦ | ۲۰۳/۹ | ۱۸۸/۳ | ۲۲٦ |
| C017 | ۱۷۲/۹ | ۱۷۰/٤ | ۱۷۳/۳ | ۱۷٤/٤ | ۱۷۲ | ۱۷۰/۹ | ۱۸۰/۷ |
| C019 | ۲۰۷/٦ | ۲۱۳/٤ | ۲۰۷/۸ | ۲۰٦/۸ | ۲۲۸/۸ | ۲۱٥/۷ | ۲٥٥/٤ |
| C029 | ۲۸۰/۳ | ۲۸٦/۳ | ۲۷۹/٥ | ۲۸۲/۹ | ۳۰۰ | ۲۷۸/٤ | ۳۳۲/٦ |
| C033 | ۳۲۲/۸ | ۳۲٥/۲ | ۳۲۲/۸ | ۳۲۱/۳ | ۳۳٥/۸ | ۳۲۳ | ۳٥٦/۹ |
| D001 | ۲۷٥/۱ | ۲۷٦/۱ | ۲۷٥/۸ | ۲۷۳/۸ | ۲۹۰/۱ | ۲۷٦/۱ | ۳۰۷/۲ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E003 | ۲۰۵/۸ | ۲۱۳/۱ | ۲۰۶/۳ | ۲۰۵/۱ | ۲۳۵/۲ | ۲۰۸/۹ | ۲۷۱/۲ |

جدول ٤: توزیع‌های آماری برازش یافته سری‌های دبی حداکثر لحظه‌ای به روش AICc

| ایستگاه | LP3 | P3 | GEV | EV2 | GUM | LN | NORM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A051 | ۲۸۰/٤ | ۲۸٤/۲ | ۲۸٤ | ۲۸۲/٤ | ۳۱۲/۳ | ۲۷۸/۱ | ۳۳٥/٦ |
| A085 | ۲٤۱/۳ | ۲۳۹/٤ | ۲٤۲/٤ | ۲٥۷/٥ | ۲٤۰/٦ | ۲٤۳/۹ | ۲٥۱/٤ |
| A093 | ۲۷۱/۸ | ۲۷۲/۱ | ۲۷٤/٦ | ۲۸٥/۱ | ۲۷۹ | ۲۷۲/٥ | ۲۹۰/۸ |
| C003 | ۲۸۷/۲ | ۲۸۸ | ۲۹۳/٥ | ۳۰۲/۱ | ۲۹۳/۷ | ۲۹۱/۱ | ۳۰٥/۲ |
| C007 | ۲۸٦/۱ | ۲۸٥/۹ | ۲۸٦/۱ | ۳۰۰/۸ | ۲۸۳/۹ | ۲۸۷/۱ | ۲۹۱/۸ |
| C013 | ۱۸۹ | ۱۹۳/۳ | ۱۸۸/۹ | ۱۸۷/۱ | ۲۰٤/۳ | ۱۸۸/۷ | ۲۲٦/٤ |
| C017 | ۱۷۳/۸ | ۱۷۱/۳ | ۱۷٤/۲ | ۱۷٤/۹ | ۱۷۲/٥ | ۱۷۱/۳ | ۱۸۱/۱ |
| C019 | ۲۰۸/٥ | ۲۱٤/۳ | ۲۰۸/۷ | ۲۰۷/۳ | ۲۲۹/۲ | ۲۱٦/۱ | ۲٥٥/۸ |
| C029 | ۲۸۱/۲ | ۲۸۷/۲ | ۲۸۰/٤ | ۲۸۳/٤ | ۳۰۰/٤ | ۲۷۸/۸ | ۳۳۳ |
| C033 | ۳۲۳/۷ | ۳۲٦/۱ | ۳۲۳/۷ | ۳۲۱/۷ | ۳۳٦/۲ | ۳۲۳/٥ | ۳٥۷/۳ |
| D001 | ۲۷٦ | ۲۷۷ | ۲۷٦/۷ | ۲۷٤/۲ | ۲۹۰/٥ | ۲۷٦/٥ | ۳۰۷/٦ |
| E003 | ۲۰٦/۷ | ۲۱٤ | ۲۰۷/۲ | ۲۰٥/٥ | ۲۳٥/۷ | ۲۰۹/۳ | ۲۱۷/۷ |

جدول٥: توزیع‌های آماری برازش یافته سری‌های دبی حداکثر لحظه‌ای به روش BIC

| ایستگاه | LP3 | P3 | GEV | EV2 | GUM | LN | NORM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A051 | ۲۳۸/۸ | ۲۸۷/٦ | ۲۸۷/٤ | ۲۸٤/۹ | ۳۱٤/۷ | ۲۸۰/٥ | ۳۳۸ |
| A085 | ۲٤٤/۷ | ۲٤۲/۸ | ۲٤٥/۸ | ۲٥۹/۹ | ۲٤۳/۱ | ۲٤٦/٤ | ۲٥۳/۹ |
| A093 | ۲۷٥/۲ | ۲۷٥/٥ | ۲۷۸/۱ | ۲۸۷/٥ | ۲۸۱/٤ | ۲۷٤/۹ | ۲۹۳/۳ |
| C003 | ۲۹۰/٦ | ۲۹۱/٥ | ۲۹٦/۹ | ۳۰٤/٥ | ۲۹٦/۱ | ۲۹۳/٦ | ۳۰۷/۷ |
| C007 | ۲۸۹/٦ | ۲۸۹/۳ | ۲۸۹/٥ | ۳۰۳/۳ | ۲۸٦/٤ | ۲۸۹/٦ | ۲۹٤/۳ |
| C013 | ۱۹۲/٤ | ۱۹٦/۷ | ۱۹۲/۳ | ۱۸۹/٥ | ۲۰٦/۸ | ۱۹۱/۲ | ۲۲۸/۸ |
| C017 | ۱۷۷/۲ | ۱۷٤/۷ | ۱۷۷/٦ | ۱۷۷/۳ | ۱۷٤/۹ | ۱۷۳/۷ | ۱۸۳/٦ |
| C019 | ۲۱۱/۸ | ۲۱۷/٦ | ۲۱۲ | ۲۰۹/٦ | ۲۳۱/٦ | ۲۱۸/٥ | ۲٥۸/۲ |
| C029 | ۲۸٤/٦ | ۲۹۰/٦ | ۲۸۳/۸ | ۲۸٥/۸ | ۳۰۲/۹ | ۲۸۱/۲ | ۳۳٥/٥ |
| C033 | ۳۲۷/۱ | ۳۲۹/٥ | ۳۲۷/۱ | ۳۲٤/۱ | ۳۳۸/٦ | ۳۲٥/۹ | ۳٥۹/۷ |
| D001 | ۲۷۹/٤ | ۲۸۰/٤ | ۲۸۰/۱ | ۲۷٦/۷ | ۲۹۳ | ۲۷۹ | ۳۱۰ |
| E003 | ۲۱۰/۱ | ۲۱۷/٤ | ۲۱۰/٦ | ۲۰۷/۹ | ۲۳۸/۱ | ۲۱۱/۸ | ۲۷٤/۱ |

جدول٦: توزیع‌های آماری برازش یافته سری‌های دبی حداکثر لحظه‌ای به روش ADC

| ایستگاه | LP3 | P3 | GEV | EV2 | GUM | LN | NORM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A051 | ۰/۱۱۰۱ | ۰/۳۳۱۰ | ۰/۳۰۰۰ | ۰/۳٦٤۰ | ۰/۰۷۸۳ | ۰/۰۸۸۰ | ٦/۳۰۸٤ |
| A085 | ۰/۳۸۵۸ | ۰/۲٦۹۵ | ۰/۳۱۹٦ | ۲/۰۹۸۹ | ۰/۱٦٦۳ | ۰/۸۱۱۲ | ۰/۵۹۵۹ |
| A093 | ۰/۱۲۱٤ | ۰/۲۳٤٦ | ۰/۲۰۰۲ | ۱/۰۸٤٦ | ۰/۷۵۷۰ | ۰/۱۱۹۵ | ۱/٤۲٦٦ |
| C003 | ۰/۱۳۹۳ | ۰/۱٤٤۵ | ۰/۲۷۸۹ | ۱/۷۵۵۷ | ۰/۲۱۷۵ | ۰/۷۰۸۳ | ۰/۹۱۸۸ |
| C007 | ۰/۱۰۹۵ | ۰/۰٦۸۷ | ۰/۰٦۱۵ | ۱/٦۹٤۸ | ۰/۰۵٤۸ | ۰/۲۵۰۹ | ۰/۵٦۰۸ |
| C013 | ۰/۱۳۲۱ | ۰/۹۷٦٤ | ۰/۰۸۹۷ | ۰/۰۷۳۷ | ۳/۳۲٦۲ | ۰/۳۳۸۹ | ۵/٤۵۲۷ |
| C017 | ۰/٤۳۳۹ | ۰/٤۱۹۵ | ۰/٤۵۱٦ | ۰/۷۱۱۷ | ۰/۳۱۳۱ | ۰/۲۹۸۳ | ۱/۰۸۵۷ |
| C019 | ۰/۱۰۷۱ | ۰/۸۸۹٦ | ۰/۱۰۳۹ | ۰/۱۲۱٤ | ۲/۵۷۲۸ | ۰/۹۷۵۰ | ٦/۲۹٦۷ |
| C029 | ۰/۹۵۵۱ | ۱/٦۳۹۵ | ۰/۸۲٦۱ | ۱/۲۰۳۹ | ۳/۱۱۰٦ | ۰/٦۷۲۲ | ۷/۹۲۹۳ |
| C033 | ۰/٤۸٤۵ | ۰/۹۵۷۲ | ۰/۵۰۷٦ | ۰/۳۳۵۵ | ۲/۳۷۳۲ | ۰/٦۵٤۷ | ٤/۹۱۰۳ |
| D001 | ۰/۰۸۹۸ | ۰/٤۰٤۰ | ۰/۱۰۱۲ | ۰/۰۷۲۵ | ۲/۰۲۰۷ | ۰/۳۱۷۹ | ٤/۲۱۸۰ |
| E003 | ۰/۸۱۷٦ | ۱/۱٤٤۰ | ۱/۱۵۵٤ | ۰/۸۸٤۹ | ۲/۳۱۱۲ | ۰/۸۹٦۳ | ٦/۷۵۲٤ |

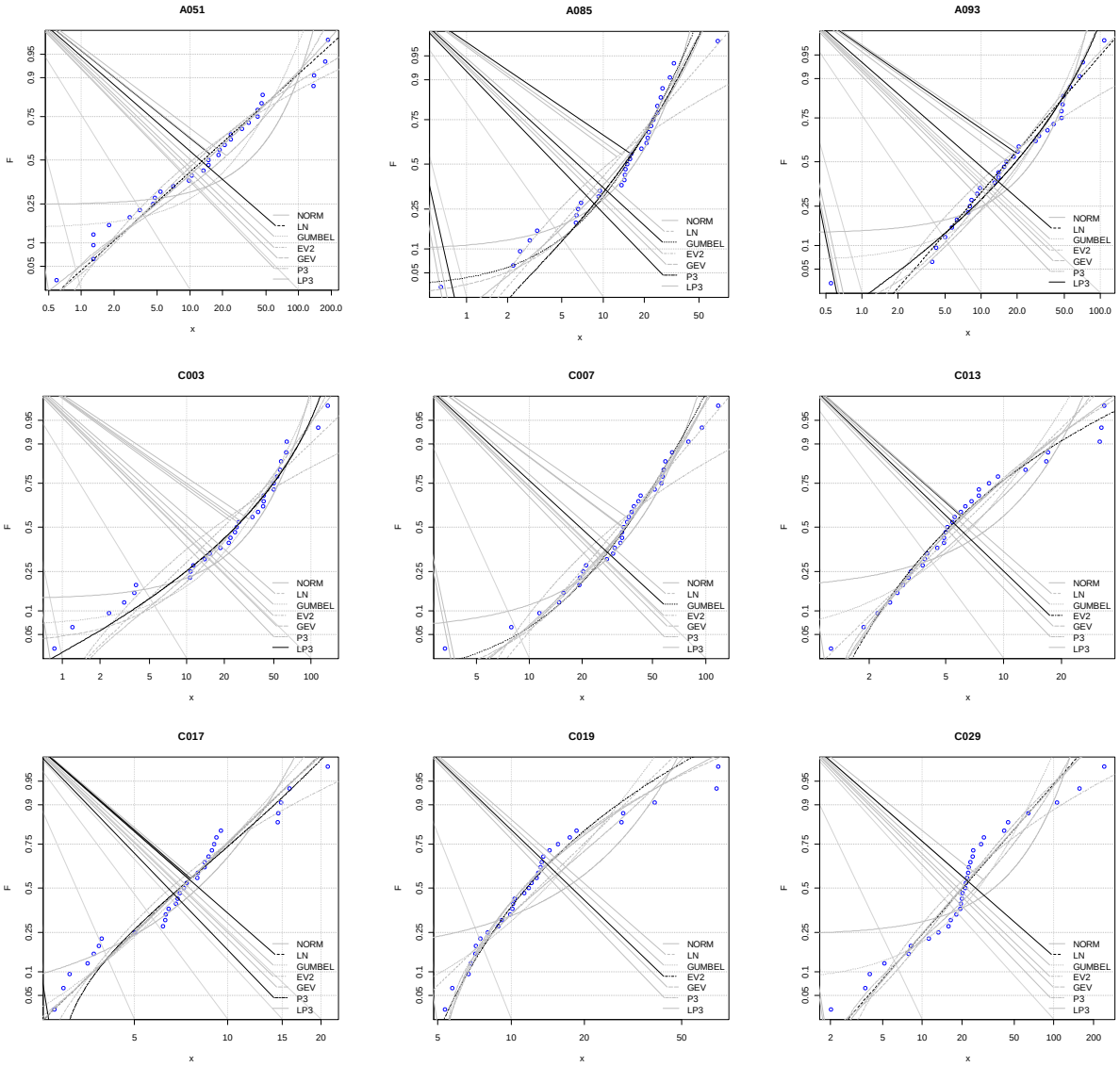
## بحث و نتیجه‌گیری

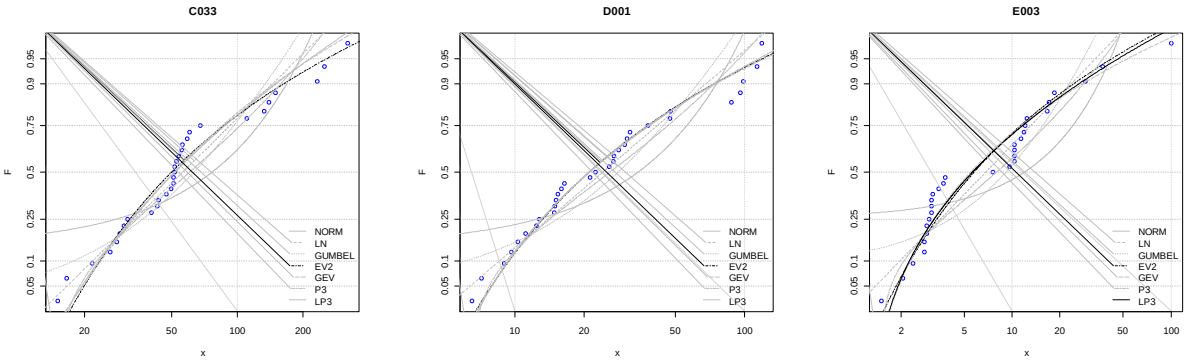
عملکرد چهار معیار تصمیم‌گیری در انتخاب بهترین تابع توزیع تئوری برازش یافته مورد بررسی قرار گرفت که نتایج جدول۷ نشان از یک همگنی در توابع انتخابی دارد. در اکثر ایستگاه‌ها هر چهار معیار یا سه معیار از چهار معیار نتایج یکسانی را ارائه نمودند. Laio و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقات خود بیان داشتند که نتایج سه معیار AIC، AICc و BIC اغلب هم‌راستا هستند در حالی که معیار ADC می‌تواند نتایج متفاوتی را به همراه داشته باشد که البته این وضعیت در این تحقیق بویژه در ایستگاه‌های A085، C019 و E003 کاملا مشهود است. از طرفی آنان نیز بیان داشتند که از بین سه معیار اولیه مذکور، اعتبار نتایج معیار BIC به مراتب از دیگر روش‌ها بیشتر است که نمونه‌ای از کاربرد این بررسی را می‌توان در ایستگاه A093 جستجو کرد. Di Baldassarre و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد تمام معیارها عملکرد مشابهی دارند، هرچند زمانی که مقدار چولگی گشتاور خطی بیشتر شود، معیار اندرسون–دارلینگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد و همچنین بیان می‌دارد استفاده ز این معیارها منجر به برآورد بهتر از مقادیر سیلاب می‌شود.

Rahman و Haddad (۲۰۱۱) با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو نشان دادند زمانی که تابع توزیع تئوری سه پارامتره است روش ADC نتایج موفق‌تری در انتخاب تابع توزیع تئوری برازش یافته را نسبت به معیارهای AIC و BIC دارد. از طرف دیگر، معیارهای AIC و BIC زمانی نتایج قابل قبول‌تری را ارائه می‌نمایند که تابع توزیع تئوری دو پارامتره باشد.

در نتیجه از آن‌جا که در برخی مواقع این ابهام که استفاده از کدام معیار می‌تواند به طور قطع نتایج بهتری را ارائه نماید، می توان بهترین راهبرد را استفاده از روش BIC (یا AIC که نتایج مشابه BIC دارد) توام با روش ADC بیان نمود. اگر دو معیار نتایج مشابهی را ارائه نمودند، به قطع می‌توان تابع توزیع تئوری برازش یافته را انتخاب نمود، در غیر این صورت

می‌توان به استفاده از دو مدل متفاوت مبادرت نمود. ولی واضح و مبرهن است که تکنیک‌های انتخاب مدل مذکور در این تحقیق روش قابل توجهی در تجزیه و تحلیل فراوانی وقوع سیلاب هستند که قادر به کاهش عدم قطعیت در برآورد مقادیر سیلاب طرح می‌باشند (Rahman و Haddad، ۲۰۱۱.، Calenda، ۲۰۰۹.، Laio و همکاران، ۲۰۰۹.، Di Baldassarre و همکاران، ۲۰۰۹.، Laio، ۲۰۰٤).






**شکل۱: نمودار توزیع‌های آماری و سری دبی حداکثر لحظه‌ای**

**جدول۷: توزیع آماری منتخب سری‌های دبی حداکثر لحظه‌ای بر اساس معیارهای تصمیم‌گیری**

| ایستگاه | ADC | BIC | AICc | AIC | توزیع آماری منتخب |
|---|---|---|---|---|---|
| A051 | LN | LN | LN | LN | LN |
| A085 | GUM | P3 | P3 | P3 | GUM |
| A093 | LN | LN | LP3 | LP3 | LN |
| C003 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 |
| C007 | GUM | GUM | GUM | GUM | GUM |
| C013 | EV2 | EV2 | EV2 | EV2 | EV2 |
| C017 | LN | LN | LN | P3 | LN |
| C019 | GEV | EV2 | EV2 | EV2 | EV2 |
| C029 | LN | LN | LN | LN | LN |
| C033 | EV2 | EV2 | EV2 | EV2 | EV2 |
| D001 | EV2 | EV2 | EV2 | EV2 | EV2 |
| E003 | LP3 | EV2 | EV2 | EV2 | LP3 |

## منابع

۱- امیدوار، ا.، مشاری، س.، پیرنیا، ع.، سلیمانی، ک.،۱۳۸۸. تعیین مناسب ترین سری مقادیر بارندگی در برازش با توزیع های آماری در ایستگاه ریگ چشمه استان مازندران، پنجمین همایش علوم و مهندسی آبخیزداری ایران با محوریت مدیریت پایدار بلایای طبیعی، صفحه۱٤۱.

۲- اونق، م.، موشخیان، ی.، ۱۳۸۸. یکسان سازی "حوضه" یا "حوزه" در علوم زمین. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. صص ۹۹۲-۹۸۱.

۳- توکلی، م. و رستمی‌نیا، م. ۱۳۸۵. ارائه مدل منطقه‌ای سیلاب در حوزه‌های آبخیز استان ایلام. مجله علوم کشاورزی، ۲:۱۲، ص ۳٥٦- ۳٤۷.

٤- خدمتی، ح.، منشوری، م.، حیدری‌زاده، م. و صدقی، ح. ۱۳۸۹. منطقه‌بندی و برآورد دبی سیلابی در حوضه‌های فاقد آمار جنوب شرق ایران با ترکیب روش شاخص سیلاب و رگرسیون چند متغیره (استان‌های کرمان، یزد، سیستان و بلوچستان و هرمزگان). نشریه آب و خاک، ۳:۲٤، ص ٦۰۹-۵۹۳.

۵- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۸۰۷ص.

6- Calenda, G., Mancini, C. P., and Volpi, E. 2009. Selection of the probabilistic model of extreme floods: The case of the River Tiber in Rome, Journal of Hydrology, 371:1-11.
7- Di Baldassarre, G., Laio, F., and Montanari, A. 2009. Design flood estimaiton using model selection criteria, Physics and Chemistry of the Earth, 34:606-611.
8- Haddad, Kh., and Rahman, A. 2011. Selection of the best fit flood frequency distribution and parameter estimation procedure: a case study for Tasmania in Austalia, Stoch Environ Res Risk Assess, Springer 25:415-428.
9- Laio, F. 2004. Camer-von mises and Anderson-darling goodness of fit tests for extreme value distributions with unknown parameters, Water Resources Research, 40:W09308.
10- Laio, F., Baldassarre, G. D., and Montanari, A. 2009. Model selection techniques for the frequency analysis of hydrological extremes, Water Resources Research, Vol 45, W07416, 11p.
11- Oyebande, L. 2001. Water problems in Africa – how can sciences help?, Hydrological Sciences Journal, 46(6):947-961.
12- World Meteorological Organization (WMO). 2008. Manual on low-flow estimation and prediction, No.1029, 138p.