

## مقایسه روش‌های رگرسیونی چاو و استوکاستیک در برآورد دبی حداکثر سالیانه

(مطالعه موردی: منطقه البرز مرکزی)

محمد خسروی<sup>۱\*</sup>، علی سلاجقه<sup>۲</sup> و محمد مهدوی<sup>۳</sup>

### Abstract

In this research the level of accuracy for Chow regression and stochastic methods is compared for estimating annual peak flood in central Alborz region. The annual peak flood data in this region were incomplete, and regression method was used for data completion. 23 gauge stations with 20 years common data were selected for the analysis. The observed data at each station was divided into time series of 10, 15 and 20 years preparing 414 time series of annual peak floods for the analysis. Using 7 important frequency distributions including, Normal, 2 parameters Log Normal, 3 parameters Log Normal, 2 parameters Gama, Pearson type 3, Log Pearson type 3, and Gumbel lthe probabilities were accounted for each of these time series. Then the best distribution was chosen and the annual peak floods for 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50,100,500, and 1000 years return periods were estimated. Peak discharges for these return periods were estimated using chow's regression and Stochastic methods, and then compared using probability indices such as, MSE and MBE. This research showed that Chow's regression method gives better results for estimating annual peak flood in the central Alborz region.

**Keywords:** Annual peak flood, Chow's regression method, Stochastic method, Time series, Central Alborz region.

Received: February 9, 2010

Accepted: January 23, 2012

### چکیده

به منظور بررسی دقت روش‌های رگرسیونی چاو و استوکاستیک برای برآورد دبی حداکثر سالیانه در منطقه البرز مرکزی با استفاده از آمار دبی‌های حداکثر روزانه اقدام به بازسازی دبی‌های حداکثر سالیانه شد. در این تحقیق از روش همبستگی برای بازسازی دبی‌های حداکثر سالیانه استفاده شد. پس از بررسی و تکمیل آمار، داده‌های ۲۳ ایستگاه هیدرومتری موجود در منطقه با طول دوره آماری مشترک ۲۰ ساله برای بررسی و تجزیه و تحلیل انتخاب شدند. روش بررسی به این ترتیب بود که داده‌های هر ایستگاه به سری‌های آماری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ ساله تقسیم شدند که در مجموع ۴۱۴ سری آماری برای کل منطقه به دست آمدند. برای به دست آوردن بهترین توزیع آماری برای داده‌های موجود از نرم‌افزار HYFA<sup>۱</sup> استفاده و از روی بهترین توزیع آماری به دست آمده دبی‌های حداکثر در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ ساله به دست آمدند. با استفاده از روش‌های رگرسیونی چاو و استوکاستیک هم در هر سری آماری دبی‌های با دوره بازگشت‌های مذکور به دست آمدند سپس نتایج این روش‌ها با استفاده از شاخص‌های آماری میانگین مربعات خطا<sup>۲</sup> (MSE) و میانگین قدر مطلق خطا<sup>۳</sup> (MBE) با نتایج توزیع‌های آماری مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج به دست آمده نشان می‌داد که روش رگرسیونی چاو (گمیل اصلاح شده توسط چاو) در بیشتر دوره بازگشت‌های مورد بررسی نسبت به روش استوکاستیک برای برآورد دبی حداکثر سالیانه در البرز مرکزی روش بهتری می‌باشد. همچنین مقایسه برآوردهای روش‌های مورد مطالعه با توزیع‌های آماری برازش یافته به داده‌ها با استفاده از آزمون تجزیه واریانس و در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند.

**کلمات کلیدی:** حداکثر دبی سالیانه، روش رگرسیونی چاو، روش استوکاستیک، سری‌های زمانی، منطقه البرز مرکزی.

تاریخ دریافت مقاله: ۲۰ بهمن ۱۳۸۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۳ بهمن ۱۳۹۰

## Comparing Chow Regression and Stochastic Method for Annual Peak Flood (Case study: Central Alborz Region)

1- PhD Candidate in Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran, Email: khosravim59@gmail.com

2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

3- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

\*- Corresponding Author

۱- دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

\*- نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه

نتیجه گرفت که روش‌های استوکاستیک دی‌ها را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کنند. چون روش‌های رگرسیونی چاو و استوکاستیک تاکنون در کشور ما کمتر استفاده و مقایسه شده‌اند این تحقیق و نتایج آن می‌تواند از دیدگاه علمی و عملی سودمند باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- روش تحقیق

دی‌های حداکثر سالانه ایستگاه آب سنجی در این تحقیق در منطقه البرز مرکزی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. ابتدا آزمون داده‌های پرت در همه ایستگاه‌ها بر اساس روش انجمن منابع آب آمریکا انجام شده است. همگنی داده‌ها در همه ایستگاه‌ها با استفاده از آزمون توالی مورد بررسی قرار گرفته است. سپس ترمیم دی‌های حداکثر سالانه هر ایستگاه به روش همبستگی با داده‌های روزانه همان ایستگاه بازسازی شده‌اند و طول دوره آماری مشترک انتخاب شده است. داده‌ها را در این تحقیق به صورت سری‌های آماری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ ساله انتخاب و در هر ایستگاه تعداد ۱۱ سری آماری ۱۰ ساله، ۶ سری آماری ۱۵ ساله و ۱ سری آماری ۲۰ ساله مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نرم‌افزار HYFA برای برازش و انتخاب بهترین توزیع احتمالی استفاده و دی‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ ساله برآورد شده است. سپس برای هر دوره آماری دی‌های حداکثر سالانه در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از روش‌های رگرسیونی چاو و استوکاستیک محاسبه شده‌اند. نتایج به دست آمده از روش‌های مورد مطالعه با نتایج محاسبه شده از توزیع‌های آماری برازش یافته، مقایسه شده‌اند. از شاخص‌های آماری میانگین مربعات خطا (MSE) و میانگین انحراف خطا (MBE) برای بررسی دقت روش‌ها استفاده شده است. سپس برای هر سری آماری و در تمام ایستگاه‌های آب سنجی مورد مطالعه دی‌های محاسبه شده در دوره بازگشت‌های یکسان (مثلاً در سری آماری ۱۰ ساله و دوره بازگشت ۲ ساله و در کل ۲۳ ایستگاه هیدرومتری موجود) با روش‌های مذکور و مناسب‌ترین توزیع‌های آماری (به عنوان شاهد) در محیط نرم افزار SPSS با استفاده از آزمون تجزیه واریانس و در سطح ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفتند.

### ۲-۱-۱- روش رگرسیونی چاو

Chow (1964) رابطه (۱) را برای تحلیل فراوانی سیل و به دست آوردن دی‌ها با دوره بازگشت‌های مشخص از روی دی‌های مشاهداتی با استفاده از توزیع تجربی ویبول و روش گمبل ارائه داد.

طراحی سازه‌های آبی، تأسیسات کنترل سیل و انتقال آب براساس حداکثر دی لحظه‌ای انجام می‌شود. لذا دی اوج از عوامل بسیار مهم در مدیریت منابع آب است. اندازه‌گیری دی حداکثر مشکل و هزینه‌بر است. بنابراین اندازه‌گیری آن در تمام حوزه‌ها، رودخانه‌ها و شاخه‌های فرعی از نظر اقتصادی غیرممکن است. حتی این کار در ایستگاه‌های آب سنجی نیز با دلایلی همچون خراب شدن دستگاه ثبات و غیره همیشه امکان‌پذیر نیست. لذا روش‌های متعددی برای برآورد حداکثر دی لحظه‌ای پیشنهاد شده است. تعیین یک روش مناسب برای برآورد دی حداکثر در دوره بازگشت‌های مختلف و در سطح اعتماد مطلوب می‌تواند، یکی از مهمترین مطالعات در زمینه هیدرولوژی به شمار آید. پس با توجه به اهمیت مساله در این تحقیق روش‌های رگرسیونی چاو و استوکاستیک در منطقه البرز مرکزی مورد بررسی قرار گرفتند. موسوی و سپاسخواه (۱۳۶۸) دی‌های حداکثر روزانه را در حوزه‌های آبخیز فاقد آمار استان فارس با استفاده از رگرسیون به دست آوردند. در این تحقیق توزیع لوگ نرمال دو پارامتره به عنوان بهترین توزیع منطقه‌ای شناخته شد. Al-Mashidani et al. (1978) سه روش گمبل، روش رگرسیونی چاو (گمبل اصلاح شده توسط چاو) و روش گمبل اصلاح شده پاول را در ۷ رودخانه در کشور عراق مقایسه کردند. نتایج حاصل برای برآورد دی‌های حداکثر سالیانه در دوره بازگشت‌های ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله نشان داد که هر سه روش در پنج رودخانه از ۷ رودخانه مورد مطالعه نتایج مشابهی دارند. روش رگرسیونی چاو در رودخانه‌های زاب بزرگ (منطقه اسکی کلک و ادهم) تقریباً ۱۰ درصد بیشتر از روش گمبل برآورد کرده است.

MDNERI (2004) آمار ۲۷ ساله دی‌های حداکثر سالیانه رودخانه چناب را با استفاده از روش گمبل و روش رگرسیونی چاو مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان دادند که روش رگرسیونی چاو در همه دوره بازگشت‌های ۱۰ تا ۱۰۰۰۰ ساله نسبت به روش گمبل بیش برآورد داشته است. MDNERI (2004) دی‌های حداکثر ماهانه رودخانه چناب را در طرحی مطالعاتی با استفاده از روش گمبل و روش رگرسیونی چاو (گمبل اصلاح شده توسط چاو) مورد مطالعه قرار داده است. نتایج این مطالعه نشان داد که دی‌های به دست آمده با روش رگرسیونی چاو در همه دوره بازگشت‌های مورد مطالعه (۱۰، ۲۵، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۰۰۰۰ ساله) در مقایسه با روش گمبل کم برآورد است. Johannes Devries (2006) دی‌های حداکثر سیلاب‌های رودخانه‌های آمریکا را تجزیه و تحلیل آماری نموده و

که در آن،

$$Q_t = a + bx_t \quad (1)$$

که در آن:

$Q_t$ : دبی حداکثر با دوره بازگشت مشخص

$a, b$ : پارامتر که با استفاده از معادلات (۲) و (۳) به دست می‌آیند.

$$\sum Q_t = aN + b \sum x_t \quad (2)$$

$$\sum Q_t x_t = a \sum x_t + b \sum x_t^2 \quad (3)$$

$x_t$ : چنک با دوره بازگشت تجربی  $T$  سال که از معادله (۴) محاسبه می‌شود.

$$x_t = \log \log \left\{ \frac{T}{(T-1)} \right\} \quad (4)$$

دوره بازگشت تجربی  $T$  از رابطه ویبول  $(T=N+1/m)$  به دست می‌آید. در نتیجه مقدار  $x_t$  از معادله (۵) محاسبه می‌شود.

$$x_t = \log \left[ \log \left( \frac{(N+1)}{(N+1-m)} \right) \right] \quad (5)$$

که در آن:

$N$ : تعداد کل داده‌ها

$m$ : تعداد پارامترهای توزیع می‌باشند.

## ۲-۱-۴- میانگین انحراف خطا (MBE)

این شاخص با استفاده از رابطه (۹) محاسبه می‌شود.

$$MBE = \frac{\sum (Q_s - Q_o)}{n} \quad (9)$$

که در آن:

$Q_s$ : مقدار دبی حداکثر به دست آمده از روش رگرسیونی چاو یا استوکاستیک

$Q_o$ : دبی حداکثر به دست آمده از توزیع‌های مناسب آماری (شاهد)

$n$ : تعداد داده‌ها

این شاخص میانگین اختلاف بین داده‌های مشاهداتی و برآوردی را نشان می‌دهد که ممکن است منفی یا مثبت باشد. مقادیر منفی نشان‌دهنده کم‌برآورد و مقدار مثبت آن نشان‌دهنده بیش‌برآورد از مقدار مشاهده‌ای است.

## ۲-۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در دامنه رشته کوه البرز و در چهار استان تهران، سمنان، قزوین و مازندران واقع شده است. این منطقه در بین طول‌های جغرافیایی  $۵۰^{\circ} ۰۳'$  و  $۵۲^{\circ} ۴۶'$  و عرض‌های  $۳۵^{\circ} ۱۲'$  و  $۳۶^{\circ} ۲۰'$  واقع شده است. شرقی‌ترین ایستگاه آب‌سنجی در منطقه باراجین واقع در استان قزوین و غربی‌ترین ایستگاه آب‌سنجی منطقه، در فیروزکوه در استان تهران واقع شده است. ۱۷ ایستگاه از ۲۳ ایستگاه آب‌سنجی مورد مطالعه در محدوده استان تهران، یک ایستگاه در استان سمنان، یک ایستگاه در استان قزوین و ۴ ایستگاه

## ۲-۱-۲- روش استوکاستیک

روش استوکاستیک یکی از روش‌های شناخته شده قدیمی برای برآورد دبی حداکثر سالیانه است. این روش بر اساس توزیع تجربی کالیفرنیا بنا شده و مطابق رابطه (۶) است. می‌توان دبی را در دوره بازگشت‌های مورد نظر از روی آن محاسبه کرد.

$$Q_t = Q_{\min} + 2.303(Q_{ave} - Q_{\min}) \log \left( \frac{nT}{N} \right) \quad (6)$$

که در آن:

$N$ : تعداد کل داده‌ها

$n$ : تعداد داده‌های بدون تکرار

$Q_{\min}$ : دبی حداقل در سری آماری

$Q_{ave}$ : میانگین دبی‌های سری آماری

## ۳-۱-۲- میانگین مربعات خطا (MSE)

این شاخص با استفاده از معادلات (۷) و (۸) قابل محاسبه است.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n SE_i}{n} \quad (7)$$

$$SE_i = (Q_{oi} - Q_{ci})^2 \quad (8)$$

در استان مازندران واقع شده‌اند. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های آب‌سنجی و منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

### ۲-۳- داده‌های مورد استفاده

آمار دبی حداکثر سالانه تمام ۲۳ ایستگاه انتخاب و تحلیل شده‌اند. دوره آماری ۶۵-۱۳۶۴ تا ۸۴-۱۳۸۳ به طول ۲۰ سال برای این تحقیق در نظر گرفته شده است. این آمار در جدول ۱ آمده است. ضرایب همبستگی به دست آمده بین دبی‌های حداکثر روزانه و سالانه نیز در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

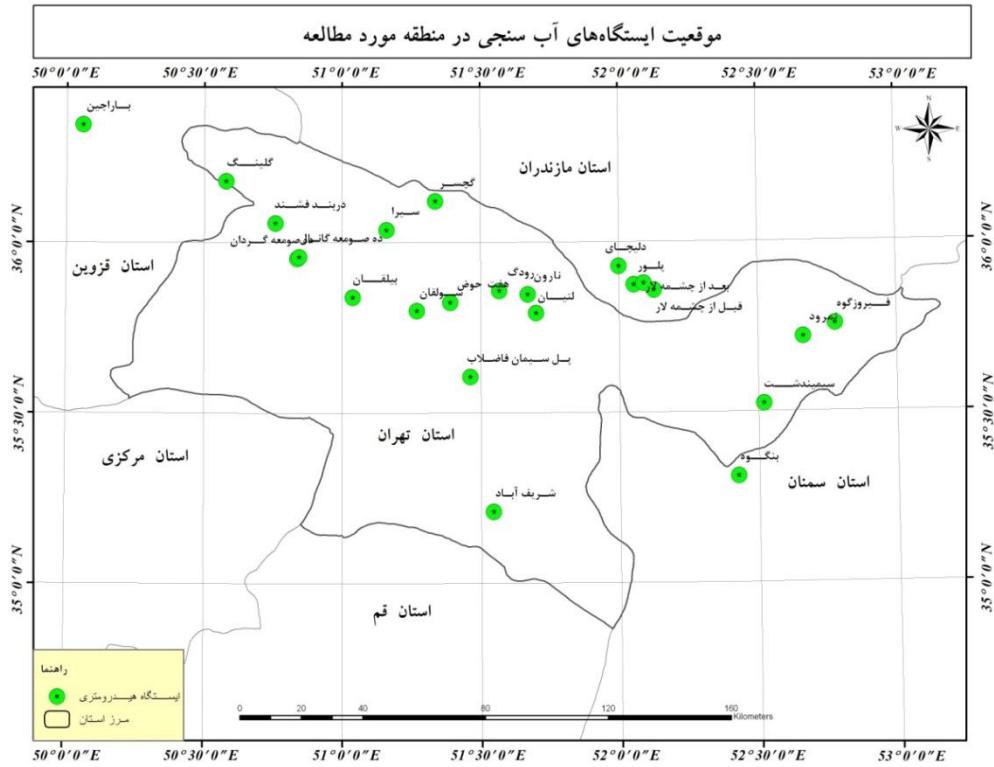
### ۳- محاسبات و نتایج

میزان دقت روش‌های رگرسیون چاو و استوکاستیک در این تحقیق بررسی شده است. نتایج حاصل از توزیع‌های مناسب آماری به عنوان شاهد مد نظر قرار گرفتند. میزان دقت هر کدام از روش‌ها در پیش‌بینی دبی حداکثر سالانه با توجه به مقدار اختلاف آنها با نمونه‌های شاهد، با شاخص‌های آماری میانگین انحراف خطا (MBE) و میانگین مربعات خطا (MSE) سنجیده شده‌اند. شاخص آماری MSE میزان ارزیابی مقادیر برآورد شده توسط روش‌های مورد استفاده را حول دبی‌های شاهد نشان می‌دهد. شاخص MBE برای مشخص کردن جهت انحراف برآورد روش‌ها نسبت به دبی‌های به دست آمده از بهترین توزیع‌های آماری (شاهد) استفاده شده است. نتایج به دست آمده با شاخص‌های آماری میانگین مربعات خطا (MSE) و میانگین انحراف

خطا (MBE) به ترتیب در شکل‌های ۲ تا ۴ و ۵ تا ۷ نشان داده شده‌اند.

### ۴- نتیجه‌گیری

روش استوکاستیک نسبت به توزیع‌های آماری با توجه به نتایج به دست آمده در سری آماری ۱۰ ساله و در دوره بازگشت‌های ۲، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله کم‌برآورد است. این روش در دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ ساله بیش‌برآورد است. همچنین روش رگرسیونی چاو در این سری آماری در دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله کم‌برآورد و در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ ساله بیش‌برآورد است. روش استوکاستیک در سری آماری ۱۵ ساله فقط در دوره بازگشت ۲ ساله کم‌برآورد است و در بقیه دوره بازگشت‌ها بیش‌برآورد است. روش رگرسیونی چاو در این سری آماری در تمام دوره بازگشت‌ها بیش‌برآورد است. روش استوکاستیک در سری آماری ۲۰ ساله در دوره بازگشت‌های ۲، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله کم‌برآورد و در بقیه دوره بازگشت‌ها بیش‌برآورد بوده است. روش رگرسیونی چاو در این سری آماری در دوره بازگشت‌های ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله دبی‌ها را کمتر از واقعیت برآورد کرده و در بقیه دوره بازگشت‌ها برآوردهای آن بیشتر از واقعیت بوده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های آب سنجی در منطقه مورد مطالعه

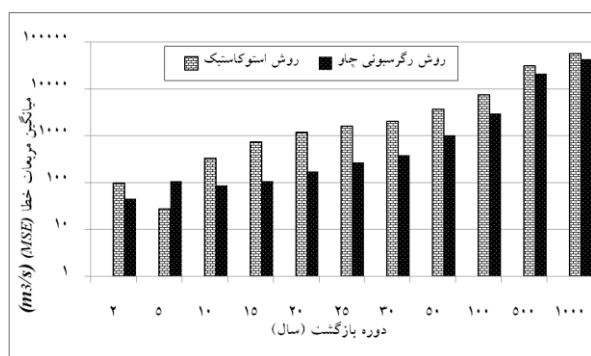
جدول ۱- حداکثر دبی لجنه‌های سالانه (m3/s) ایستگاه‌های آب سنجی مورد استفاده در تحقیق (شرکت تباب)

ایستگاه سال آبی	پلور	لین	کردان ده صومعه	پینان	سیرا	رودک	سوقان	هفت چشمه	دلیچای	شریف آباد	فاصلاب پل بسمان	ده صومعه (کانال)
۱۳۶۴-۶۵	۳۰/۵	۱۵۸	۸۸/۹	۵۶/۶	۱۰۷	۶۷/۴	۶۴/۳	۱۹/۹	۲۰/۶	۲۳۰	۴۸/۹	۲/۴۵
۱۳۶۵-۶۶	۳۴/۹	۱۱۹	۱۷۹	۱۱۲	۲۳۲	۱۹۰	۳۹	۴۷/۲	۳۰/۲	۲۴۱	۷۸	۲/۶
۱۳۶۶-۶۷	۳۵	۶۱	۶۱/۵	۹۳	۶۷/۹	۱۱۱	۶۷	۲۹/۲	۲۶/۶	۸۵/۹	۳۹	۲/۱۲
۱۳۶۷-۶۸	۴۳/۸	۳۰	۲۴/۸	۳۱/۷	۷۱/۶	۵۶/۱	۲۲/۵	۵/۲۵	۳۲	۷۷/۵	۷۲/۴	۲/۹
۱۳۶۸-۶۹	۳۰/۸	۱۲	۲۱	۱۹/۵	۴۹/۹	۳۱/۷	۲۱/۵	۲/۴	۱۲/۵	۵۷/۶	۲۷/۵	۲/۳۵
۱۳۶۹-۷۰	۲۴/۸	۲۵/۲	۷۳/۸	۲۲/۸	۷۵/۶	۸۹/۹	۷۱/۳	۱۱/۹	۱۸/۷	۲۰۹	۷۵/۱	۲/۰۵
۱۳۷۰-۷۱	۶/۶۲	۷۵/۵	۷۰	۷۷/۹	۱۱۰	۸۴/۵	۱۳۲	۱۰/۱	۵۴/۳	۱۶۷	۷۰/۲	۱/۳۵
۱۳۷۱-۷۱	۲۵/۴	۳۵/۴	۵۰/۵	۶۱	۴۸/۶	۴۷/۶	۳۸/۶	۱۰/۷	۲۰/۱	۹۶/۲	۸۳/۲	۲
۱۳۷۲-۷۳	۲۱/۶	۷۸/۳	۷۹	۱۴۴	۱۴۱	۸۱/۴	۸۱/۶	۱۷/۹	۲۲/۳	۱۷۳	۷۰/۴	۱/۸۵
۱۳۷۳-۷۴	۲۶/۸	۲۰۶	۹۷/۴	۷۳	۱۳۶	۲۳۸	۳۴۵	۲۴/۱	۳۸/۲	۳۱۳	۹۴/۳	۱/۵۲
۱۳۷۴-۷۵	۲۴/۴	۸۴/۶	۶۰/۸	۵۶	۶۹/۸	۵۶/۶	۹۰	۱۴/۲	۲۹/۷	۱۷۸	۶۴/۲	۲/۹۲
۱۳۷۵-۷۶	۱۹/۲	۱۰/۴	۴۰	۱۵/۵	۳۳/۶	۴۴	۳۴/۷	۷/۹	۳۳/۷	۳۳	۳۹/۴	۱/۹۴
۱۳۷۶-۷۷	۲۲/۸	۳۶/۳	۴۷/۴	۱۵۸	۶۵/۵	۵۹/۷	۶۲/۴	۱۸	۲۴	۱۵۳	۱۰۲	۱/۹۲
۱۳۷۷-۷۸	۱۳/۹	۱۵/۵	۲۴/۵	۱۶/۳	۲۲/۲	۲۴/۶	۱۲	۱۲/۹	۳۰/۷	۶۲/۶	۶۳/۷	۱/۷۸
۱۳۷۸-۷۹	۱۲/۷	۳۱	۴۵/۹	۱۴/۱	۷۰	۶۰	۳۶/۷	۵/۵	۱۸	۶۳/۲	۵۰/۶	۱/۷۵
۱۳۷۹-۸۰	-/۳۶	۱۱/۵	۱۰/۴	۱۴/۵	۱۹/۷	۳۱/۸	۱۱/۱	۵/۴۵	۱۶/۶	۷۶/۲	۴۵/۱	۱/۱۶
۱۳۸۰-۸۱	۸/۲۷	۱۲۷	۴۷	۸۵/۳	۸۶/۹	۵۲/۵	۳۸	۱۰/۹	۲۸/۵	۸۹/۴	۷۹/۹	-/۸۵
۱۳۸۱-۸۲	۵/۳۲	۱۴۶	۳۴/۱	۶۱/۱	۸۰/۱	۸۶/۵	۴۴/۵	۱۰/۶	۱۶/۸	۱۷۹	۹۲/۲	-/۶۶
۱۳۸۲-۸۳	۴/۶۲	۱۳۱	۴۱/۴	۵۵/۵	۸۳/۷	۱۶۳	۹/۴۳	۶/۸۵	۹/۳۹	۳۹۱	۹۲/۲	-/۷۱
۱۳۸۳-۸۴	۱۳/۳	۱۵۴	۱۰۷	۶۲	۱۲۴	۱۵۶	۹۰	۱۲/۴	۷۵/۳	۲۴۲	۸۰/۱	۱/۶۴

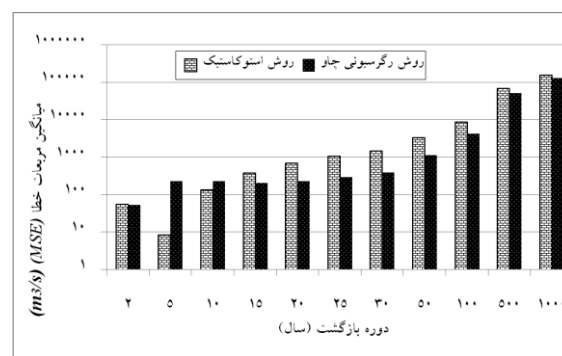
ایستگاه سال آبی	نازون	دریوند (قشند)	گچسر	قبل چشمه‌ها (لا)	بعد چشمه‌ها (لا)	باز لاین	گلپیک	خبله رود	نغرد	سپین دشت	تیکه
۱۳۶۴-۶۵	۲۲/۸	۲۶	۲۶	۷۱	۸۲/۶	۱۵	۱۲۴	۳	۴۴/۲	۵۶/۴	۳۰۰
۱۳۶۵-۶۶	۱۰/۲	۴۱/۳	۴۰	۶۹/۴	۷۲/۴	۲۳	۱۴۰	۳۲/۳	۲۸/۴	۳۷/۵	۲۵۰
۱۳۶۶-۶۷	۱۴/۳	۲۸/۴	۲۶/۸	۸۰/۲	۸۹/۸	۱۶/۴	۱۵۵	۱۱	۵۰	۵۵	۸۸
۱۳۶۷-۶۸	۳/۲۵	۲/۲۹	۱۲/۴	۶۱/۳	۶۹/۱	۴/۳	۷۴	۹/۸۴	۳۰	۳۸	۳۱/۶
۱۳۶۸-۶۹	۲/۳۶	۴/۳	۹/۸	۳۶	۴۱/۴	۹/۴	۷۰/۲	۱۰	۷	۱۲/۴	۵۷/۳
۱۳۶۹-۷۰	۸/۳۹	۱۵/۱	۶/۴	۲۹/۵	۳۹	۴۲/۳	۱۰۲	۵/۱	۹/۲	۳۵/۳	۲۲/۱
۱۳۷۰-۷۱	۱۳/۵	۱۹/۹	۱۳/۵	۲۸/۶	۳۹/۲	۲۹/۸	۱۶۶	۲۳/۲	۲۶	۳۴/۲	۱۳۱
۱۳۷۱-۷۱	۳/۰۶	۱/۸۱	۱۳/۱	۳۹	۴۶/۸	۱۵/۲	۷۵	۳/۳۵	۱۱/۴	۲۴	۱۷۶
۱۳۷۲-۷۳	۱۱/۴	۱۷/۱	۱۶	۳۴/۸	۴۴/۳	۱۹/۴	۱۵۰	۲/۶۶	۵/۹	۱۲/۷	۳۵
۱۳۷۳-۷۴	۱۱/۵	۲۱/۶	۱۰/۹	۴۳	۵۱/۳	۹۷	۱۲۰	۱۰/۴	۲۲	۳۲/۵	۱۶۸
۱۳۷۴-۷۵	۸/۴	۱۲/۷	۱۵/۴	۳۷/۵	۴۷/۵	۵۴/۴	۱۳۷	۸/۷۹	۲۴	۳۴	۱۸۸
۱۳۷۵-۷۶	۳/۷۵	۳/۱۴	۱۱/۱	۲۵	۳۳/۹	۶	۷۷	۹/۹۴	۱۰/۷	۱۳/۵	۲۳۷
۱۳۷۶-۷۷	۶/۸	۲۵/۲	۱۳	۳۹	۴۶/۱	۱۹	۲۱۵	۱۱/۷	۱۲/۵	۵۸/۵	۵۳/۸
۱۳۷۷-۷۸	۲/۰۵	۲/۶	۷/۲	۱۸/۸	۲۵/۷	۲۱۰	۹۲	۱۹/۲	۱۱/۸	۲۲	۱۴/۶
۱۳۷۸-۷۹	۲/۴	۱۲/۹	۸/۹	۱۶/۳	۲۳/۲	۴۶	۲۰۵	۳۵	۸/۶۴	۱۴/۲	۲۴/۶
۱۳۷۹-۸۰	۱۵/۲	۸/۴	-/۶۵	۱۰/۳	۱۶/۸	۲۴/۵	۲۸/۳	۲۴/۵	۵۸	۱۸/۵	۳۴
۱۳۸۰-۸۱	۲/۹۸	۱	۹/۶	۱۵/۵	۲۳/۷	۱۰/۸	۱۴۰	۲۲/۱	۸/۴۷	۶/۹	۳۱/۸
۱۳۸۱-۸۲	۱۰/۱	۷/۱۲	۱۹/۳	۲۲/۶	۲۹/۲	۳۵/۲	۱۰۴	۳۰/۹	۱۶/۳	۳۵/۳	۷۲/۸
۱۳۸۲-۸۳	۱۳	۷/۵	۱۹/۳	۱۵/۵	۵۶/۸	۷/۳۱	۱۲۵	۵۸/۷	۴۴/۶	۴۰	۱۰۳
۱۳۸۳-۸۴	۱۰	۱۹/۳	۱۲/۵	۱۸/۷	۲۷	۴۱/۲	۱۲۵	۵۹/۴	۵۴/۳	۵۲/۴	۷۵

جدول ۲- ضرایب همبستگی به دست آمده بین دبی‌های حداکثر سالیانه و روزانه ایستگاه‌های آب‌سنجی مورد استفاده در تحقیق (خسروی، ۱۳۸۸)

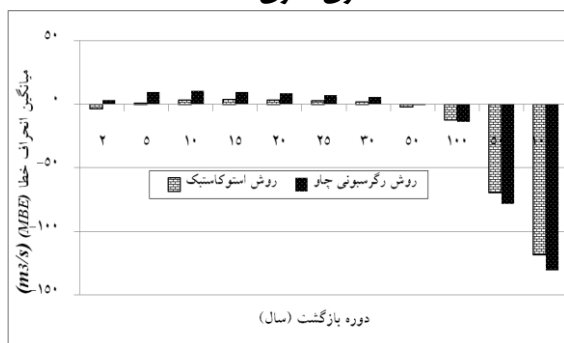
رتیب	ایستگاه	رابطه به دست آمده برای بازسازی دبی حداکثر سالیانه با استفاده از دبی متوسط روزانه	R <sup>2</sup>
۱	پلور	$y=1.619x-2.0348$	0.98
۲	لتیان	$y=1.2199x+12.02$	0.652
۳	ده صومعه‌کردان	$y=1.81x-0.3402$	0.455
۴	بیلقان	$y=1.1774x+2.3236$	0.598
۵	سیرا	$y=1.57x-11.153$	0.899
۶	رودک	$y=1.3527x+3.5051$	0.727
۷	سولقان	$y=2.34885-14.262$	0.816
۸	هفت حوض (درکه)	$y=1.7898x+1.7789$	0.614
۹	دلچای	$y=1.733x-4.3718$	0.545
۱۰	شریف‌آباد(جاجرود)	$y=1.4021x+8.1604$	0.864
۱۱	پلی سیمان فاضلاب	$y = 1.676x + 17.40$	0.553
۱۲	ده صومعه(کانال)	$y = 0.999x + 0.226$	0.881
۱۳	نارون	$y = 2.023x - 0.516$	0.972
۱۴	دربند(قشند)	$y = 2.649x + 0.931$	0.499
۱۵	گچسر	$y = 1.206x - 1.374$	0.862
۱۶	قبل از چشمه‌ها(لار)	$y = 1.219x + 0.142$	0.862
۱۷	بعد از چشمه‌ها(لار)	$y = 1.124x + 1.738$	0.785
۱۸	باراجین	$y = 2.5883x + 2.01$	0.582
۱۹	گلینک(شاهرود)	$y = 1/376x + 23/706$	0.635
۲۰	حبله رودفیروزکوه	$y = 4.0195x - 1.66$	0.449
۲۱	نمرود	$y = 1.6556x + 0.8509$	0.596
۲۲	سیمیندشت حبله رود	$y = 0.745x + 17.95$	0.650
۲۳	بنکوه	$y = 1.7815x + 36.414$	0.529



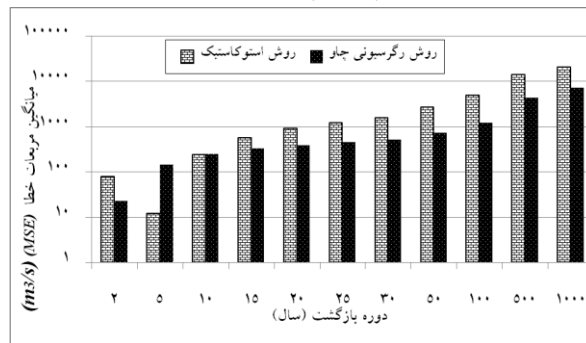
شکل ۴- مقایسه میانگین مربعات خطا (MSE) روش‌ها در سری آماری ۲۰ ساله



شکل ۲- مقایسه میانگین مربعات خطا (MSE) روش‌ها در سری آماری ۱۰ ساله



شکل ۵- مقایسه میانگین انحراف خطا (MBE) روش‌ها در سری آماری ۱۰ ساله



شکل ۳- مقایسه میانگین مربعات خطا (MSE) روش‌ها در سری آماری ۱۵ ساله

## ۵- جمع بندی

کم برآورد بودن روش استوکاستیک در این تحقیق مطابق با نتایج (2006) Johannes Devries در رودخانه‌های آمریکا است. بیش برآوردهای روش رگرسیونی چاو با نتایج تحقیق (1978) G. Al-Mashidani et al در رودخانه‌های عراق و نتایج بررسی دبی‌های حداکثر سالیانه رودخانه چناب توسط (۲۰۰۴) MDNERI مطابقت دارد. در بیشتر موارد روش رگرسیونی چاو نسبت به روش استوکاستیک دقت بیشتری دارد که این نتایج نیز با نتایج به‌دست آمده از تحقیق (1978) Al-Mashidani et al در زمینه دقت روش رگرسیونی چاو برای برآورد دبی حداکثر سالیانه مطابقت دارد. روش رگرسیونی چاو روی هم‌رفته با توجه به نتایج به دست آمده در منطقه مورد مطالعه دقت بیشتری نسبت به روش استوکاستیک دارد. شاید مهمترین دلیل آن عدم دقت در برداشت دبی‌های مشاهداتی است. با توجه به اینکه در روش استوکاستیک  $n$  (تعداد داده‌های بدون تکرار) در سری آماری است و با توجه به تکراری بودن بعضی از دبی‌های مشاهداتی این روش نتوانسته برآوردهای خوبی در بعضی از موارد داشته باشد. از آنجا که توزیع غالب دبی‌های حداکثر سالانه منطقه لوگ پیرسون تیپ سه است، در مناطق با شرایط مشابه اقلیمی و دارای توزیع غالب لوگ پیرسون تیپ سه می‌توان این روش‌ها و بخصوص روش رگرسیونی چاو را مورد استفاده قرار داد.

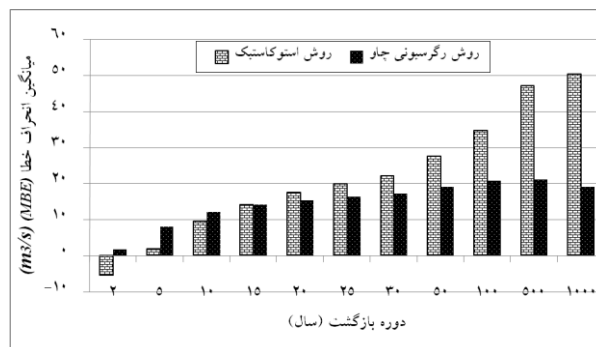
## پی نوشت‌ها

- 1- Hydrologic Frequency Analysis
- 2- Mean Standard Error
- 3- Mean Bias Error
- 4- Statistical Package for the Social Sciences

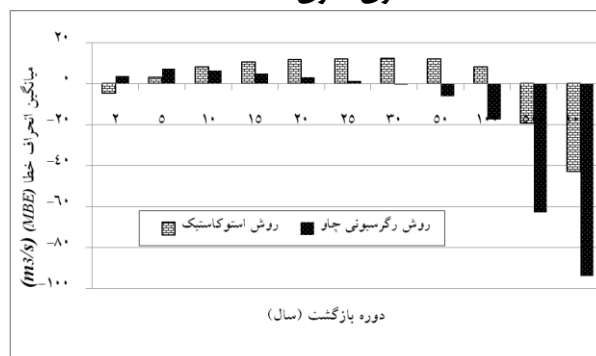
## ۶- مراجع

خسروی، م. (۱۳۸۹). بررسی مناسب‌ترین توزیع فراوانی دبی حداکثر لحظه‌ای سالانه مطالعه موردی در البرز مرکزی. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۸۹. ص ۸۸-۹۶

خسروی، م. (۱۳۸۸). بررسی دقت روش‌های رگرسیونی چاو و استوکاستیک برای برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای سالانه (مطالعه موردی: البرز مرکزی)، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تهران. ۱۰۲ص.



شکل ۶- مقایسه میانگین انحراف خطا (MBE) روش‌ها در سری آماری ۱۵ ساله



شکل ۷- مقایسه میانگین انحراف خطا (MBE) روش‌ها در سری آماری ۲۰ ساله

روش استوکاستیک در مقایسه با روش رگرسیونی چاو در تمام سری‌های آماری مورد بررسی توانسته است دبی‌های با دوره بازگشت ۵ ساله را با دقت بیشتری نسبت به روش رگرسیونی چاو برآورد نماید. همچنین این روش در سری‌های آماری ۱۰ و ۱۵ ساله و دوره بازگشت ۱۰ ساله هم برآورد بهتری داشته است. ولی در بقیه دوره بازگشت‌ها روش رگرسیونی چاو دقت بیشتری نسبت به روش استوکاستیک داشته است. همچنین میزان دقت هر دو روش با افزایش دوره بازگشت کمتر شده که دلیل آن را می‌توان به حجم اندک داده‌ها برای برآورد دبی‌های با دوره بازگشت بالا (احتمال وقوع کمتر) دانست. تعداد داده‌ها یکی از پارامترهای اصلی در محاسبه دبی در هر دو روش مورد بررسی است. پس کوتاه بودن طول دوره آماری سبب افزایش خطا برای برآورد دبی‌های با دوره بازگشت بالا است. نتایج بررسی دبی‌های به‌دست آمده در محیط نرم افزار SPSS در سطح ۰/۰۵ تفاوت معنی‌داری را با استفاده از روش تجزیه واریانس در بین سه گروه (برآوردهای روش رگرسیونی چاو، برآوردهای روش استوکاستیک و توزیع‌های آماری (به عنوان تیمار شاهد)) نشان نمی‌دهد. این موضوع نشان دهنده تناسب برآورد این روش‌ها با توزیع‌های آماری است.



- Marofi. S. (2003), Investigation of the Probability Distribution fitting to Extreme Values of Flood. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 5, 03102.
- Ministry of development of north eastern region, India. (2003), A fluvial geomorphology perspective on the knowledge base of the Brahmaputra, Background Paper NO. 3. ([www.powermin.nic.in/whats\\_new/PFR/HP/Gondhala.pdf](http://www.powermin.nic.in/whats_new/PFR/HP/Gondhala.pdf)).
- Ministry of development of north eastern region, India, (2004). Khoksar hydro electric project (3X90-30MW) Himachal Pradesh. ([www.powermin.nic.in/whats\\_new/pfr/hp/Khoksar.pdf](http://www.powermin.nic.in/whats_new/pfr/hp/Khoksar.pdf)).
- Patra K.C. (2001), hydrology and Water Resource Engineering, Alpha science International Ltd, pp. 410-430.
- موسوی، ع. ا. و سپاسخواه، ع. (۱۳۶۸)، تخمین دبی ماکزیمم روزانه در حوزه‌های آبریز فاقد آمار در استان فارس. مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران. ص ۱۱۳-۱۳۳.
- مهدوی، م. (۱۳۸۴)، "هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات دانشگاه تهران، ایران.
- Chow V.T., 1964, *Handbook of applied Hydrology*, Mc-Graw-Hill, Book Publishing Company, New Yourk.
- Al-Mashidani et al. (1978), A Simple Version of Gumbel's Method for Flood Estimation. *Hydrological Sciences Bulletin.*, 23, p. 373-380
- Johannes Devries. (2006), Comparing Statistical Approaches to Estimating Floods, David Ford Consulting Engineers 2015 *J St., Suite 200* Sacramento, CA 95814.