

یادداشت فنی

ارزیابی روابط تجربی برآورد دبی اوج لحظه‌ای سیلاب در حوضه‌های آبریز غرب ایران

سعید شعبانلو^{۱*}، احمد رجبی^۲، سید سعید اسلامیان^۳ و سید فرهاد موسوی^۴

چکیده

یکی از پارامترهای اساسی در طراحی پروژه‌های آبی، دبی اوج لحظه‌ای است. در این تحقیق ۲۰ فرمول تجربی برآورد دبی اوج لحظه‌ای که در نقاط مختلف دنیا تهیه شده‌اند برای ۲۶ عدد از ایستگاه‌های هیدرومتری در حوضه‌های آبریز غرب ایران بررسی شد. بدین منظور آمار دبی اوج لحظه‌ای در یک دوره آمار ی ۴۲ ساله (۴۵-۱۳۴۴ تا ۸۷-۱۳۸۶) در این ایستگاه‌ها استخراج گردید. تحلیل فراوانی توسط ۸ تابع توزیع احتمالی بر روی دبی‌های اوج لحظه‌ای صورت گرفت و بعد از آزمون‌های نکویی برازش دبی‌های اوج لحظه‌ای با دوره‌های برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله با استفاده از تابع توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ تعیین شد. همچنین آزمون همگنی حوضه‌های مورد مطالعه به روش دالریمل صورت گرفت. تحلیل رگرسیون خطی و غیر خطی انجام و فرمول‌های تجربی برای منطقه واسنجی شدند و سپس بهترین فرمول پیشنهاد شد. میانگین خطا در مدل‌های پیشنهادی برای دوره‌های برگشت ۲ تا ۱۰۰۰ سال بین ۲۱/۶۷ و ۳۴/۶۷ درصد قرار گرفت. از مهمترین نتایج تحقیق عدم کارایی فرمول فولر در برآورد دبی اوج لحظه‌ای در حوضه‌های غرب کشور است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل فراوانی، دبی اوج لحظه‌ای، لوگ پیرسون و حوضه آبریز

ارجاع: شعبانلو س.، رجبی ا.، اسلامیان س. س. و موسوی س. ف. ۱۳۹۰. ارزیابی روابط تجربی برآورد دبی اوج لحظه‌ای سیلاب در حوضه‌های آبریز غرب ایران. مجله پژوهش آب ایران.

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه صنعتی اصفهان
۴- استادوابسته، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان
* نویسنده مسئول: Saeid.shabanlou@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۲/۰۶

مقدمه:

که به ندرت در هیدرولوژی استفاده می‌شود. این معیارها عبارت بودند از معیار اطلاعات آکاپکه، معیار اطلاعات بیزی و معیار اندرسون - دارلینگ. روش‌ها با استفاده از داده‌های نمونه و از طریق تجزیه و تحلیل گسترده عددی مقایسه شد. نتایج نشان داد که معیارهای انتخاب مدل، ابزاری ارزشمند برای کاهش عدم اطمینان در تخمین سیلاب طرح است.

در مورد تعیین دبی‌های اوج لحظه‌ای با دوره‌های برگشت مختلف، روش شاخص سیل با توجه به محدودیت‌های این روش پاسخ دقیقی نمی‌دهد. روش روندیابی سیل نیز به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات اولیه و ضرورت تخمین ضرایب لازم قابل استفاده نیست روش هیدروگراف واحد مصنوعی به دلیل محدودیت‌های تئوریک در حوضه‌های بزرگ و خصوصیات هیدرولوژیک حوضه‌های مورد نظر کاربرد ندارد و روش شبیه سازی هم احتیاج به داده‌های مختلفی دارد. در ضمن استفاده از این روش در بین محققان چندان رایج نیست. با توجه به اینکه نقطه ضعف روابط تجربی، کالیبره نشدن این روابط برای مناطق مختلف کشور است، لذا با تعیین ضرایب و نماهای منطقه‌ای برای این روابط، این مشکل برطرف می‌شود و می‌توان برای مناطق مورد نظر از این روابط استفاده کرد. برای این روابط تجربی مختلفی که در نقاط مختلف دنیا تدوین شده اند جمع‌آوری شد تا در این تحقیق بررسی شود (جدول ۱).

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز مورد مطالعه در استان‌های کرمانشاه، همدان و لرستان در حد فاصل مختصات جغرافیایی 6° و 46° تا 19° و 50° طول شرقی و 26° و 31° تا 57° و 34° عرض شمالی واقع شده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور را نشان می‌دهد.

این محدوده آبریز، رودخانه‌های گاماسیاب، قره سو، سیمره و کشکان از حوضه آبریز رودخانه کرخه، رودخانه سزار از حوضه آبریز دز، و رودخانه آفرینه از حوضه آبریز قره چای را شامل می‌شود که هر یک از این رودخانه‌ها از جمله بزرگترین و پرآب ترین رودخانه‌های ایران هستند.

یکی از راه‌های مهم سازگاری به خشکی و مقابله با کمبود آب، استفاده بهینه از منابع آب است. باید سعی کرد تا حد ممکن از ریزش‌های جوی، جریان‌های آب سطحی و منابع آب زیرزمینی به نحو مطلوب و پایدار استفاده شود و این کار با شناخت پدیده‌های هیدرولوژیکی هر منطقه عملی خواهد شد (علیزاده، ۱۳۸۷).

در بین پدیده‌های هیدرولوژی، دبی اوج لحظه‌ای نه تنها در یک حوضه آبریز بزرگ، بلکه در زیر حوضه‌ها نیز مورد توجه است و لاجرم معیاری است که در طرح‌های آبی استفاده می‌شود. اشکال اساسی در برآورد دبی‌های اوج لحظه‌ای رودخانه‌های ایران، فقدان آمار کافی از چگونگی جریان و مقدار آنها است. با توجه به نقش مهم دبی‌های اوج لحظه‌ای در تعیین اندازه بسیاری از تأسیسات هیدرولیکی از قبیل دهانه پل‌ها، دریچه تخلیه کننده سیلاب در سدها و ارتفاع سیل بندهای حفاظتی، در صورت نبود آمار و عدم کارایی روش‌های دیگر باید آنها را با روش‌های تجربی مشخص کرد.

ایزدبخش و همکاران (۱۳۸۰) مدل‌های برآورد حداکثر دبی میانگین روزانه با برخورداری از ویژگی‌های فیزیوگرافیک برای حوزه‌های آبریز غرب ایران را بررسی کردند و مدل‌هایی با شکل‌ها و پارامترهای گوناگون از میان مدل‌های توانی، نمایی، خطی و لگاریتمی انتخاب کردند اما مدل توانی مناسب تر از دیگر مدل‌ها برای منطقه تشخیص داده شد.

اوپر و همکاران (۲۰۰۶) مطالعه‌ای برای انتخاب بهترین مدل جهت آنالیز فراوانی سیلاب در حوضه‌های رودخانه نیل با آب و هوای مرطوب و استوایی انجام دادند. آنها داده های سری های حداکثر سالانه را از ۱۲ ایستگاه در کشور تانزانیا با دوره زمانی ۷ تا ۱۰ سال و ۱۷ ایستگاه از کشور کنیا با دوره زمانی ۲۷ تا ۴۵ سال انتخاب کردند سپس توزیع های انتخاب شده بر روی دبی های پیک رودخانه نیل برازش داده شد. آنها مشاهده کردند که توزیع نرمال نتایج بهتری برای اکثر ایستگاه‌ها در پی داشته است.

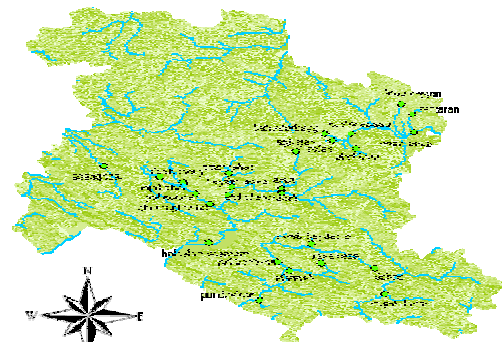
بالداساره (۲۰۰۹) مطالعه‌ای را بر روی سیلاب طرح در تعدادی از حوضه‌های آبریز انگلستان انجام دادند. هدف آنها از این تحقیق، ارزیابی معیارهای برای انتخاب مدل بود

جدول ۱- تعدادی از فرمول‌های برآورد دبی اوج لحظه‌ای در جهان.

ردیف	کشور	فرمول و پارامترهای آن
۱	بسیاری از کشورها	$Q = cA^n$
۲	بسیاری از کشورها	$Q = aA^b(A^c + d)^e$
۳	بسیاری از کشورها	$Q = cA/(a + bA)^m + dA$
۴	کانادا	$Q = cP_{100}^a \cdot b^d$ P_{100} = بارندگی ۱۰۰ ساله ۲۴ ساعته، b = عرض حوضه،
۵	کانادا	$Q = (a \cdot H_m + c) \cdot A^d / L^e$
۶	کانادا	$Q = cA^{mA^n}$
۷	آفریقای جنوبی	$Q = (a \cdot P + b) \cdot T^c \cdot A^d$
۸	استرالیا	$Q = a \cdot A^b \cdot P^c \cdot DH^d$ DH = اختلاف ارتفاع بالاترین و پایین‌ترین نقطه حوضه
۹	آمریکا	$Q = a \cdot A^b \cdot P^c$
۱۰	آمریکا	$Q = a \cdot A^b \cdot P^c \cdot L^d$
۱۱	آمریکا	$Q = a \cdot A^b \cdot P^c \cdot L^d \cdot H_m^e$
۱۲	انگلیس	$Q = a \cdot A^b \cdot SF^c \cdot R_S^e \cdot S_{10-85}^f$ S_{10-85} = شیب نهر اصلی بین ۱۰ و ۸۵ درصد طول H_5 = ماگزیمم بارندگی ۲۴ ساعته با دوره برگشت ۵ ساله، SF = فراوانی رودخانه،
۱۳	آمریکا	$Q = a \cdot A^{bA} \cdot S^d$
۱۴	آمریکا	$Q = a \cdot A^b \cdot S^c \cdot P^d$
۱۵	آمریکا	$Q = a \cdot A^b \cdot S^c \cdot (I - e)^d$ I = حداکثر بارندگی روزانه با دوره برگشت ۲ ساله،
۱۶	الجزایر	$B_T = K \cdot \text{Log}(1 + c \cdot P)$ $Q = B_T \cdot A / (A + a)^n$
۱۷	انگلیس	$Q = cH_p^a \cdot D^b / A^n$ H_p = حداکثر بارندگی روزانه با دوره برگشت p ساله، D = تراکم زهکشی
۱۸	آمریکا	$Q = a \cdot A [b(c + d \cdot T_c + e \cdot P_{30})] / (f \cdot T_c + g)$ P_{30} = حداکثر بارندگی ۳۰ دقیقه
۱۹	آمریکا	$Q = a \cdot A^x \cdot DH^z$ DH = مساحت حوضه،
۲۰	اکثر کشورها	$Q = a \cdot A [b(c + d \cdot T_c + e \cdot P_{30})] / (f \cdot T_c + g)$

در روابط بالا: $a, b, c, d, e, f, g, B_T, k, n, m, x, z$ = ضرایب و نماهای منطقه ای، Q_m = دبی اوج سیلاب، A = مساحت حوضه، T = دوره بازگشت، T_c = زمان تمرکز حوضه، P = میانگین بارندگی سالانه، S = شیب آبراهه اصلی، L = طول آبراهه اصلی و H_m = متوسط ارتفاع حوضه است، a, b, c, d, e = ضرایب و نماهای منطقه‌ای.

دوره‌های برگشت مختلف توسط ۸ تابع توزیع احتمال نرمال، لوگ نرمال، پیرسون نوع ۳، لوگ پیرسون نوع ۳، گامبل، لوگ گامبل، گاما و لوگ گاما با استفاده از برنامه کامپیوتری TR، SMADA، HYFA، HEC-SSP و HEC-GeoHMS برای دوره‌های برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ محاسبه شد و سپس با روش‌های نکویی برآزش، بهترین توابع توزیع احتمال انتخاب شده و دبی‌های مربوطه استخراج شد. سپس با استفاده از روش دالریمپل همگنی منطقه از لحاظ هیدرولوژیک آزمون می‌شود. خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز با استفاده از نقشه‌های رقومی (DEM) و در محیط نرم افزار HEC-GeoHMS که



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه شامل حوضه‌های آبریز استان‌های همدان، کرمانشاه و لرستان

در ابتدا آمار دبی اوج لحظه‌ای در ایستگاه‌های مورد مطالعه مورد تحلیل قرار گرفته و دبی اوج لحظه‌ای با

رواناب را دارد و زیر حوضه گاماسیاب که آبدهی آن بیشتر براساس ذوب برف است و قسمت عمده‌ای از سطح آن را دشت‌های مسطح تشکیل داده است، کمترین درصد رواناب را دارد و ایستگاه دوآب با ضریب رواناب ۰/۱۵ کمترین ضریب رواناب متوسط سالانه را در بین ایستگاه‌های هیدرومتری دارد.

برای بررسی، انتخاب و پیشنهاد بهترین مدل در دوره‌های برگشت مختلف از پارامترهای ضریب تبیین، انحراف معیار باقیمانده‌ها و درصد متوسط خطای مدل استفاده و بهترین روابط از بین روابط ۲۰ گانه برای دوره‌های برگشت مختلف به ترتیب اولویت (تا اولویت سوم) انتخاب شده و در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- روابط انتخابی برای دوره های برگشت مورد نظر به ترتیب اولویت (تا سه اولویت).

فرمول اول	دوره برگشت	دوره برگشت	فرمول دوم	دوره برگشت	دوره برگشت	فرمول سوم	دوره برگشت
$Q = 0.086 A^{0.603} (I - 2.777)^{0.624} S^{0.504}$	۱۵	۲	$Q = 0.166 A^{0.773} P^{-0.02} S^{0.704}$	۱۴	۲	$Q = 0.04 A^{0.223} S^{0.528}$	۱۳
$Q = 0.074 A^{0.7} (I - 7.304)^{0.551} S^{0.504}$	۱۵	۵	$Q = 1.718 A^{0.2} S^{1.193}$	۱۳	۵	$Q = 23.2 A^{0.223} S^{0.528}$	۱۳
$Q = 0.091 A^{0.7} (I - 3.832)^{0.518} S^{0.6}$	۱۵	۱۰	$Q = 9.479 \times 10^{-3} A^{0.749} D^{-0.29} H_p^{1.111}$	۱۷	۱۰	$Q = 0.081 A^{0.698} (I - 6.022)^{0.639} S^{0.499}$	۱۵
$Q = 0.081 A^{0.698} (I - 6.022)^{0.639} S^{0.499}$	۱۵	۲۵	$Q = 1.102 A^{0.899} S^{1.043}$	۱۳	۲۵	$Q = 0.101 A^{0.75} (I - 0.499)^{0.5} S^{0.55}$	۱۵
$Q = 0.101 A^{0.75} (I - 0.499)^{0.5} S^{0.55}$	۱۵	۵۰	$Q = 2.18 \times 10^{-3} A^{0.567} P^{0.452} DH^{0.721}$	۸	۵۰	$Q = 23.2 A^{0.223} S^{0.528}$	۱۳
$Q = 23.2 A^{0.223} S^{0.528}$	۱۳	۱۰۰	$Q = 0.18 A^{0.698} (I - 1.034)^{0.521} S^{0.498}$	۱۵	۱۰۰	$Q = (-9.55 \times 10^{-3} H_m + 38.545) \frac{L^{0.972}}{A^{0.056}}$	۵
$Q = (-9.55 \times 10^{-3} H_m + 38.545) \frac{L^{0.972}}{A^{0.056}}$	۵	۵۰۰	$Q = 0.043 A \frac{(10 + 1.878 T_c + 0.335 P_{30})}{0.45 T_c - 1.372}$	۱۸	۵۰۰	$Q = 0.04 A \frac{(10 + 2.119 T_c + 1.868 P_{30})}{0.593 T_c - 1.05}$	۱۸
$Q = 0.04 A \frac{(10 + 2.119 T_c + 1.868 P_{30})}{0.593 T_c - 1.05}$	۱۸	۱۰۰۰	$Q = (-5.89 \times 10^{-2} H_m + 188.184) \frac{L^{0.593}}{A^{0.042}}$	۵	۱۰۰۰		

به عنوان یک الحاقیه در محیط نرم افزار ArcGIS9.3 قابل استفاده است تعیین می‌شود.

خصوصیات کلی‌ماتولوژی نیز توسط آمار و اطلاعات موجود تعیین و با استفاده از معادلات رگرسیون چند متغیره خطی و رگرسیون غیر خطی ضرایب و نماهای روابط تجربی مورد نظر تعیین می‌شود. در این مرحله با روش‌های تعیین صحت و کفایت مدل بهترین روابط برای دوره‌های برگشت مختلف ارائه می‌شود و می‌توان از این روابط برای تخمین دبی‌های اوج لحظه‌ای در حوضه‌های فاقد آمار در منطقه مورد مطالعه و یا مناطق مشابه استفاده کرد.

نتایج و بحث

برای کنترل آماری خوبی برازش هر توزیع به سری مشاهدات و انتخاب بهترین تابع توزیع احتمال برای دبی اوج لحظه‌ای در هر حوضه از روش‌های کای-اسکوئر، کلموگرف-اسمیرنف و روش حداقل مربعات استفاده شد. بدین منظور علاوه بر محاسبه مقادیر کای - اسکوئر با ۸ تابع توزیع احتمالی در هر حوضه مقادیر مجاز کای-اسکوئر در سطح ۵ و ۱ درصد نیز تعیین شد. همچنین در روش کلموگرف-اسمیرنف نیز مقادیر مجاز آن محاسبه شده‌اند. در تمامی حوضه‌ها مقادیر کای-اسکوئر و کلموگرف - اسمیرنف به دست آمده از توابع لوگ پیرسون از مقدار مجاز کمتر است. همچنین در تمام حوضه‌ها توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ در هر سه روش جزء بهترین توزیع‌های انتخابی است. بنابراین با توجه به این مطلب و استفاده اکثر محققین از توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ برای برازش دبی‌های اوج لحظه‌ای این توزیع برای تعیین دبی‌های اوج لحظه‌ای با دوره های برگشت مختلف در حوضه‌ها انتخاب شد. برای بررسی همگنی ایستگاه‌های هیدرومتری در منطقه مورد مطالعه از روش دالریمپل استفاده و مشاهده شد منطقه مورد نظر بر اساس روش دالریمپل از لحاظ هیدرولوژیک همگن است در این تحقیق پس از تعیین دبی متوسط سالانه ایستگاه‌ها و بارندگی متوسط سالانه ضریب رواناب تعیین شد. چنانکه ملاحظه می‌شود ایستگاه پل کشکان با ضریب رواناب ۰/۶۸ بالاترین

متوسط، مربوط به مدل ۲ با میانگین خطای متوسط ۱۱۴/۷۵ درصد و کمترین درصد خطا مربوط به مدل ۱۲ با میانگین خطای متوسط ۲۲/۵۸ درصد است

نتیجه گیری

از مهمترین نتایج این تحقیق عدم کارایی فرمول فولر در برآورد دبی اوج لحظه‌ای در حوضه‌های غرب کشور است که با توجه به اینکه کلیه ضرایب و توان‌های آن برای منطقه واسنجی شدند، جواب‌های قابل قبولی از این روش گرفته نشد و درصد خطای متوسط این روش ۴۶/۳۱ درصد بود. این در حالی است که در اکثر مطالعات هیدرولوژی برای برآورد دبی‌های اوج لحظه‌ای از این رابطه حتی به صورت واسنجی نشده استفاده می‌شود.

منابع

- ۱- ایزدبخش م. اسلامیان س. موسوی ف. ۱۳۸۰. مدل های برآورد حداکثر دبی میانگین روزانه با برخورداری از ویژگی های فیزیوگرافیک برای حوزه های آبریز غرب ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳(۲): ۱-۱۳
- ۲- علیزاده ا. ۱۳۸۷. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ بیست و دوم. انتشارات آستان قدس رضوی.
- 3- Baldassarre G. Laio F. Montanari A. 2009. Design flood estimation using model selection criteria. J. Physics and Chemistry of the Earth 34: 606-611.
- 4- Opere A. Mkhandi S. Willems P. 2006. At site flood frequency analysis for the Nile Equatorial basins. Physics and Chemistry of the Earth 31:919-927.

$Q = 1.326 A^{0.201A^{0.899}} S^{0.987}$	۱۳	۲
$Q = 4.865 \times 10^{-3} A^{0.718} SF^{-0.22} RS^{1.141} S_{1085}^{0.128}$	۱۲	۵
$Q = 9.521 \times 10^{-3} A^{0.683} SF^{-0.236} RS^{1.096} S_{1085}^{0.079}$	۱۲	۱۰
$Q = 9.17 \times 10^{-4} A^{0.569} P^{0.494} DH^{0.767}$	۸	۲۵
$Q = 1.231 A^{0.661A^{0.807}} S^{0.683}$	۱۳	۵۰
$Q = (2.22 \times 10^{-5} H_m + 0.717) \frac{L^{1.897}}{A^{0.291}}$	۵	۱۰۰
$Q = \frac{-0.498 A}{(100 + 2.33 A)^{-0.093}} + 1.593 A$	۳	۵۰۰
$Q = 564847 A^{0.04A^{1.79}} S^{-0.63}$	۱۳	۱۰۰۰

باید توجه داشت در حوضه‌هایی که از مناطق کوهستانی وارد دشت می‌شوند رابطه مساحت و دبی مانند قسمت کوهستانی نبوده و در این حالت ممکن است با افزایش مساحت، دبی سیلابی با شدت کمتری افزایش یابد و دلیل اینکه فرمول‌هایی که تنها پارامتر مساحت در آنها به کار رفته است (فرمول‌های ۱ تا ۳) جواب‌های غیر قابل قبولی داده‌اند می‌تواند این موضوع باشد. پارامتر موثر دیگر در فرمول ۱۵ شیب آبراهه اصلی است. هر چه شیب آبراهه اصلی بیشتر باشد (با فرض ثابت بودن سایر پارامترها) مقدار دبی سیلابی بزرگتر است. یعنی بین شیب آبراهه اصلی و دبی سیلابی یک رابطه مستقیم برقرار است و در حقیقت شیب زیاد باعث تخلیه سریع حوضه می‌شود. این پارامتر در فرمول‌های پیشنهادی برای دوره‌های برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به کار رفته است.

مقدار برآورد دبی اوج لحظه‌ای با دوره‌های برگشت مختلف با استفاده از مدل‌ها و مقایسه آن با دبی اوج لحظه‌ای با استفاده از توابع توزیع نشان داد که بیشترین درصد خطای