بررسی کارایی رابطه تجربی فولردر برآورد دبی اوج سیل در محدوده ایران مرکزی

محمد *تقی دستورانی* (عضو هیات علمی دانشگاه یزد)
Email: mdastorani@yazduni.ac.ir
مهدی حیات زاده (کارشناس ارشد آبخیزداری دانشگاه یزد)
مصطفی دستورانی (دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه تهران)

چکیده

بطور کلی از جمله شیوه های برآورد دبی حداکثر سیل در حوزه های فاقد ایستگاه هیدرومتری، استفاده از روش های تجربی می باشد. این روش ها بر پایه یک یا چند عامل از عوامل مؤثر بر شکل گیری سیلاب استوار بوده و بعضاً برای مناطقی خاص با شرایط فیزیکی و اقلیمی ویژه ارائه شده اند. بنابراین برای به کارگیری روش های مذکور، بررسی و واسنجی ضرائب منطقه ای آنها ضروری می نماید. در این تحقیق سعی شده تا تحلیل دقیق تری از روش تجربی فولر و واسنجی ضریب منطقه ای آن در حوزه ایران مرکزی به عمل آید. از آنجا که روش نامبرده کاربرد فراوانی در نقاط مختلف کشور جهت برآورد دبی سیل دارد، اهمیت واسنجی آن آشکار است. تحلیل های آماری در مرحله اول نشان داد که روش تجربی فولر در این محدوده اقلیمی وسیع، با چنین کیفیت آماری پایین، کارایی مناسبی ندارد. نتایج آزمون روش تجربی فولر در محدوده های اقلیمی دیگر (نیمه خشک و نیمه مرطوب و مرطوب) از کارایی نسبتاً بالاتر این روش حکایت دارد. تست همگنی لانگبین (که اغلب برای تعیین گروه های همگن هیدرولوژیکی استفاده می شود) بر اساس یافته های این تحقیق، در شرایط ایران مرکزی کارایی مناسبی ندارد. توصیه می شود در استفاده از روش تجربی فولر در منطقه مورد مطالعه جانب احتیاط لحاظ گردد.

کلمات کلیدی: رابطه تجربی فولر، ضریب منطقه ای، دبی اوج سیل، حوزه ایران مرکزی،

Evaluation of the application of Fuller empirical method to estimate peak discharges in central Iran

Abstract

In general, empirical approaches are usually applied to estimate the maximum flood discharge in ungaged catchments. They are usually based on one or more factors that cause flood, and most of these methods have been proposed for a certain area with specific physical and climatic conditions. Thus, in order to be able to utilize them, it is necessary to test and calibrate their regional coefficients. This research involves in providing a more detailed analysis of the Fuller empirical approach and its regional coefficient calibration in Central Iran basin. The importance of calibrating this approach is obvious since Fuller method is in wide usage in different parts of Iran to estimate maximum discharge as design flood for water related projects. Statistical analyses in the first stage showed that Fuller empirical method in this vast climatic area, with statistics of very low quality, is not an efficient method. The results of Fuller empirical method in other climatic areas (wet, semi-arid) suggest the high efficiency of this method. Homogenic Longbin Test, according to the

findings of this study, is not efficient in the areas with the same climatic condition as Central Iran. In using this empirical method in a given area, it is necessary to be cautious.

Key Words: Fuller Empirical Method, Regional Coefficient, Peak Flood Discharge, Central Iran Basin

مقدمه

کلمه سیل دراذهان، معمولاً مترادف با خرابی، خسارت و بی‌خانمانی است، چرا که تقریباً هیچ سالی نیست که وقوع سیل در یک یا چند منطقه از کشور باعث ویرانی خانه‌ها و تاسیسات، تخریب مزارع، تلفات احشام و از دست رفتن جان عده‌ای از انسان‌ها نگردد. در کشور ایران در طول سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۱، ۴۸۱ مورد سیلاب مهم به وقوع پیوسته که بالغ بر ۶۳۰ نفر تلفات انسانی به همراه داشته است. همچنین در بررسی سیل‌های خسارت آفرین ۵۰ سال گذشته (۱۳۷۰-۱۳۲۰) تعداد ۳۷۰۰ مورد سیل حادثه‌خیز به ثبت رسیده است. (خسروشاهی، ۱۳۷۶)

تمامی موارد مذکور نهایتا منجر به تخریب ساختار اجتماعی جوامع می‌گردد و موجب خسارات اقتصادی و اجتماعی فراوانی می‌شود که تجدید آن نه تنها نیاز به اعتبار بسیار بالا دارد، بلکه در اکثر موارد غیرممکن است.

برخی از تحقیقات به انجام رسیده در این زمینه در خارج و همچنین داخل کشور بدین شرح است:

تاسکر (۱۹۸۲) براساس خصوصیات حوزه از جمله مساحت، بارندگی متوسط سالانه، ارتفاع ، حوزه و شاخص خاک، دبی های حداکثر با دوره بازگشت های ۲، ۱۰، ۲۵ سال را برای منطقه آریزونا برآورد کرد.

کمپبل وسایدل(۱۹۸۴) ، برای برآورد مدلهای دبی حداکثر در منطقه اورگان، عوامل مختلف فیزیکی و اقلیمی منطقه را بررسی کردند .عوامل مساحت حوزه، ارتفاع متوسط و بارندگی متوسط سالیانه به عنوان عوامل مستقلی در مدلها وارد گردیدند.

عرب خدری (۱۳۶۸) مدلهایی برای برآورد سیلابهای حداکثر حوزه های فاقد آمار با بررسی منطقه ای سیلابهای حوزه های آبخیز البرز شمالی، ارائه نمود. در این مطالعه ۴۲ ایستگاه هیدرومتری بررسی و لوگ پیرسون نوع سوم به عنوان بهترین توزیع منطقه ای ارائه شد. در نهایت عوامل مساحت، باران متوسط سالیانه، قطر حوزه و عامل شکل در مدل ها لحاظ شدند.

سلاجقه (۱۳۷۳) به بررسی سیلابهای ۳۸ حوزه آبخیز کوچک در مناطق مختلف ایران که مساحتی کمتر از ۱۰۰۰۰ هکتار داشتند پرداخت و ضرایب و محدوده مساحتی بسیاری از فرمولهای تجربی را در دوره بازگشتهای ۲، ۵،۱۰ ،۵۰،۱۰۰و۲۵،۱۰۰۰ سال تعیین نمود.

جمالی (۱۳۸۰) ده مدل کلی تجربی با دبی اوج سیلابی دارای دوره بازگشتهای، ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، و ۱۰۰ ساله را برای حوزه های آبخیز بزرگ و اصلی ایران شامل حوزه های آبخیز خور خلیج فارس و دریای عمان دریاچه ارومیه و کویرهای مرکزی ایران واسنجی و ارائه نمود.

نظری (۱۳۸۶) روش تجربی فولر را برای حوزه آبخیز مند واقع در استان فارس واسنجی نمود. نتیجه نهایی این تحقیق، تلفیق دو بخش از مطالعات و دستیابی به نوعی طبقه بندی حوزه های آبخیز از نقطه نظر پتانسیل ایجاد سیلاب و تهیه نقشه های مربوطه، بوده است.

در این تحقیق سعی شده تا تحلیل دقیق تری از روش تجربی فولر شود و از آنجا که روش نامبرده کاربرد فراوانی در نقاط مختلف کشور جهت برآورد دبی سیل دارد، لذا بررسی و واسنجی ضرائب این روش در حوزه مورد مطالعه، به منظور برآوردهای با درصد خطای کمتر نسبت به گذشته، کاری بس بیهوده نمی نماید.

مواد و روش ها:

۱- کلیاتی از حوزه ایران مرکزی

ایران مرکزی به صورت برکه پهناور بسته ای است که خود از حوزه های آبریز متعدد و مستقلی تشکیل می گردد که همگی به صورت برکه های بسته بزرگ و کوچک در داخل هم و از نظر ارتباط هیدرولوژیکی با هم عمل می کنند. این مجموعه بیش از ۵۰ درصد از مساحت کشور را در بر می گیرد و به عنوان بزرگترین زهکش فلات ایران با وسعتی بیش از ۸۰۰ هزار کیلومتر مربع می باشد. سطح حوزه ایران مرکزی از شورزارها و باتلاق های نمک گرفته تا دریاچه های فصلی و دشت های پهناور کویری را شامل می شود.

سطح این حوزه به خصوص در ارتفاعات مساعد و برفگیر چون دامنه های جنوبی البرز تا ارتفاعات غرب حوزه از نزولات جوی مساعدتری برخوردارند. تعداد انگشت شمار رودخانه های دائمی حوزه به علت تخریب بستر آبخیزها و برداشت های بیش از اندازه با ورود به دشت ها اغلب به صورت فصلی درآمده و اکوسیستم زیر دست آنها به شدت رو به نابودی نهاده است. از مشخصه های این حوزه آبخیز اینکه بیش از ۵۵ درصد از میزان کل بهره برداری سالیانه از منابع آب زیرزمینی کشور در مقابل کمترین میزان ریزش جوی سالیانه را به خود اختصاص داده است. ایران مرکزی از نظر زمین شناسی و زمین ساختی (تکتونیک)، از تعداد زیادی چاله های مستقل و نیمه مستقل تشکیل شده است که به وسیله رشته کوه های منفرد از هم جدا شده اند. ارتفاع بعضی از این رشته ها مانند هزار و لاله زار از ۴۰۰۰ متر تجاوز می کند. چاله های داخلی رسوب های حاصل از فرسایش کوه های اطراف را در خود جای می دهند و یا به عنوان حوزه انتهایی رودهایی فصلی و اتفاقی عمل می کنند. ارتفاع مطلق کف چاله ها در ایران مرکزی بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر متفاوت است. پست ترین چاله در قسمت میانی دشت لوت واقع شده که فقط ۵۶ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. در این تحقیق پس از مطالعه و بررسی فراوان بر روی ایستگاه های هیدرومتری موجود در حوزه مورد مطالعه، در نهایت با توجه به پراکنش زیاد و ناموزون ایستگاهها در سطح منطقه و همچنین معضل پایین بودن کیفیت و کمیت آماری در ایستگاه های منطقه تنها ده ایستگاه از بین حدود ۱۳۰ ایستگاه هیدرومتری در این محدوده به شرح جدول (۱) انتخاب گردید.

جدول (۱): مشخصات فیزیوگرافی حوزه های مورد مطالعه

نام ایستگاه	کد	رودخانه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (m)	مساحت (km^2)
قمصر	۴۱-۰۰۵	بن رود	۵۱-۲۵	۳۳ ۴۳	۱۹۸۰	۸۵
منج	۴۲ ۰۲۷	بوانات	۵۳-۵۴	۳۰-۲۲	۱۹۵۰	۷۸۱
حاجین	۴۶-۰۱۳	لاله زار	۵۶-۱۳	۳۰-۰۴	۱۸۵۰	۳۷۴۸
نیاز طبس	۴۵-۰۲۷	سردارب	۵۷ ۰۸	۳۳ ۳۹	۱۱۱۰	۱۸۹
بن کوه	۴۷-۰۱۵	حبله رود	۵۲-۲۵	۳۵-۱۸	۱۰۰۰	۳۲۰۹
پل هنجان	۴۶-۰۰۱	برزه رود	۵۱-۴۷	۳۳ ۳۷	۱۴۷۰	۳۶۳
خنیک الیا	۵۵-۰۰۹	قا ئن	۵۹-۲۱	۳۳ ۴۸	۱۳۴۰	۲۴۰۸
جعفر مشهدی	۴۷-۰۶۹	کل سالار	۵۹-۲۵	۳۵-۱۱	۱۲۲۰	۲۰۷۰
شریف آباد	۴۱-۱۲۷	جاجرود	۵۱-۳۲	۳۵-۱۲	۸۴۰	۳۰۰۰
دهکده سفید	۴۳-۰۰۳	سفید	۵۲-۰۷	۳۰-۳۹	۲۱۰۰	۶۶۰

۲- معرفی رابطه تجربی فولر

از جمله روابط تجربی که عامل دوره بازگشت را در محاسبات برآورد دبی اوج سیل لحاظ می کند رابطه فولر می باشد که به صورت روابط (۱) و (۲) می باشد:

رابطه (۱)
$$Q_{max} = CA^{0.8}(1+\beta \log T)$$

رابطه (۲)
$$Q_p = Q_{max}(1 + 2.66A^{-0.3})$$

که در آنها Q_{max} و Q_p به ترتیب حداکثر دبی متوسط ۲۴ ساعته در دوره بازگشت T سال و دبی حداکثر لحظه ای سیلاب مربوط به آن بر حسب متر مکعب بر ثانیه است.

C ضریبی است که بستگی به شرایط اقلیمی و جغرافیایی و خصوصیات حوزه داشته و می توان آن را با استفاده از آمار موجود در ایستگاههای یک منطقه بدست آورد و در حوزه های فاقد آمار بکار برد. در حوزه های مختلف، مقدار این ضریب بین ۰/۰۲۶ و ۲/۷۷ بدست آمده است. A مساحت حوزه به کیلومتر مربع می باشد. β نیز ضریب طغیان منطقه بوده و معمولاً برای حوزه های نرمال برابر ۰/۸ در نظر گرفته می شود ودر حوزه های بزرگ با بارندگی نامنظم می تواند مقادیری در حدود ۲ یا بیشتر از آن داشته باشد، بنابراین بهتر است این ضریب نیز با استفاده از آمارهای ایستگاه های یک منطقه بدست آمده و در سایر حوزه های فاقد آمار بکار گرفته شود. همانطور که ذکر شد، بررسی و تطبیق فرمول تجربی مورد مطالعه نیاز به تعیین دقیق ضریب C (ضریب خصوصیات حوزه)، ضریب β (ضریب فراوانی سیلاب) و ضریب α (مقدار ۲/۶۶ در رابطه ۲) در زیرحوزه های مختلف و برای دوره برگشت های مختلف دارد.

۳- روش بررسی

۳ -۱- انتخاب دوره آماری مشترک

اغلب در تجزیه و تحلیل آمارهای منطقه مشکلاتی ایجاد می شود. از جمله اینکه آمار یک ایستگاه ممکن است مربوط به دوره های خشک و آمار ایستگاه دیگر مربوط به دوره پرباران باشد. بنابراین باید پایهٔ زمانی مشترک در نظر گرفته شود و اقدام به تکمیل آمار های ناقص شود. برای این کار از نمودار میله ای (باروگراف) برای تشخیص دورهٔ آماری مشترک استفاده می شود. پس از انجام این مرحله در نهایت، دوره آماری(۱۳۸۰-۱۳۵۰) یعنی یک دوره ۳۱ ساله به عنوا ن دوره آماری مشترک با حداکثر ۶ سال بدون آمار در طی این دوره در بین ایستگاههای مربوطه انتخاب شد.

۳- ۲- بررسی صحت و همگنی داده ها

در این تحقیق از آزمون توالی[1] برای بررسی همگنی داده ها استفاده شد، به طوری که داده ها به ترتیب نزولی مرتب شده و آنگاه میانه آنها تعیین گردید، سپس هر یک از ارقام سری را با میانه بدست آمده مقایسه شد چنانچه از آن بزرگتر بود با علامت A و چنانچه کوچکتر بود با علامت B مشخص شده و برای ارقامی که برابر با میانه باشند علامتی منظور نشد، در نهایت حد اپتیمم مجموع تعداد دنباله ها از جدول ران تست در سطح اعتماد ۵ درصد به دست آمد. نتایج این مرحله نشان از همگنی داده های هیدرومتری ایستگاه های مذکور در جدول (۱) بود.

۳- ۳- بازسازی نواقص آماری

برای تکمیل آمار دبی پیک در دوره مشترک، از آمار دبی لحظه ای حوزه ای که بیشترین همبستگی را با آمار حوزه مورد نظر داشته و در غیره این صورت از آمار دبی حداکثر ۲۴ ساعته ایستگاه ها استفاده شده است.

جهت بازسازی آمار به روش همبستگی، چهار مدل همبستگی خطی، توانی، نمایی و لگاریتمی مورد استفاده قرار گرفته است.

۳- ۴- تعیین آمار دبی حداکثر روزانه و لحظه ای مشاهداتی بر حسب دوره بازگشت

در این مرحله دبی های روزانه و لحظه ای در دوره بازگشت های مختلف بر اساس رابطه تجربی ویبول[2] ($P=m/n+1$) محاسبه شدند. در این تحقیق با توجه به طول دوره آماری مشترک در بین ایستگاههای مربوطه، دوره بازگشت های ۲، ۵، ۱۰،۲۰و ۳۰ ساله مد نظر قرار گرفتند. محدودیت در طول دوره آماری (۳۱ سال) در حوزه های انتخابی مانع از لحاظ کردن دوره بازگشت های بالاتر از ۳۰ سال در آنالیز فراوانی شد. لازم به ذکر است که برآورد مقادیر مربوط به دوره بازگشت های بالا (۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ سال و...) در این تحقیق مستلزم استفاده از توزیع های آماری و انجام آنالیز فراوانی سیل بود که خود باعث وارد کردن خطا در محاسبات می گردد.

۳- ۵- محاسبه ضریب منطقه ای (C) فولر

در این بخش ابتدا در رابطه اول فولر، ضریب طغیان منطقه ای را ثابت در نظر گرفته و مقدار آن معادل ۰/۸ (تمامی حوزه ها معمولی در نظر گرفته شد) قرار داده شد. با معلوم بودن مقادیر مساحت حوزه و دبی حداکثر ۲۴ ساعته و قرار دادن

1) Runs test
2) Weibull

مقادیر دوره بازگشت (۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰) در رابطه اول فولر مقادیر تقریبی ضریب منطقه ای برای تمامی حوزه ها طبق جدول (۲) محاسبه شد.

جدول (۲): ضریب منطقه ای (C) محاسبه شده در هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی

ایستگاه	دوره بازگشت (سال)					مساحت
	2	5	10	20	30	(km2)
قمصر	0.005	0.009	0.017	0.018	0.019	85
منج	0.015	0.029	0.057	0.069	0.083	781
نیاز طبس	0.074	0.112	0.107	0.114	0.154	189
پل هنجان	0.003	0.005	0.005	0.021	0.056	363
حاجین	0.007	0.014	0.029	0.039	0.041	3748
بن کوه	0.045	0.067	0.089	0.102	0.1	3209
جعفرمشهدی	0.04	0.066	0.066	0.065	0.067	2070
خنیک الیا	0.007	0.009	0.017	0.03	0.053	2408
شریف آباد	0.093	0.114	0.164	0.159	0.151	3000
دهکده سفید	0.098	0.179	0.199	0.193	0.182	1610

پس از این مرحله، مقایسه مقادیر مشاهداتی و برآوردی دبی حداکثر لحظه ای، با لحاظ ضریب منطقه ای فوق در رابطه فولر نشان از همبستگی پایین این مقادیر با یکدیگر بود. محاسبات انجام شده بر اساس ضریب کارایی (R^2) به منظور تعیین همبستگی بین مقادیر مشاهده شده و برآورد شده مورد ارزیابی قرار گرفت که مقادیر R^2 در جدول (۳) نشان داده شده است.

بنابراین در این مرحله محاسبه دقیق ضریب طغیانی در دوره بازگشت های مختلف در هر یک از حوزه ها ضروری می باشد.

جدول (۳): R^2 محاسبه شده بین مقادیر مشاهداتی و برآوردی دبی لحظه ای در دوره بازگشت های مختلف ضریب کارایی

R^2			
Tr =2	Tr =5	Tr =10	Tr =20
0.60	0.15	0.37	0.01

۳- ۶- برآورد ضریب طغیان منطقه ای (β)

لازم به ذکر است که روش برآورد ضریب طغیانی (β) خود جای بحث و بررسی دارد، لذا در این تحقیق چهار روش ممکن برای برآورد این ضریب مورد آزمون قرار گرفته و در نهایت روش مناسب انتخاب گردید. در دو روش اول تفکیک آب پایه از رواناب سطحی بر روی هیدروگراف موج سیل برای هر سال انجام شد که در روش اول مقادیر ضریب طغیانی از طریق تقسیم حجم رواناب بر حجم آب پایه محاسبه شد. در روش دوم ضریب طغیانی از طریق تقسیم حجم آب پایه به کل حجم زیر هیدروگراف بدست آمد. روش های سوم و چهارم مانند دو روش قبل بود. با این تفاوت که محاسبات در این مرحله بر روی هیدروگراف سالانه انجام شد. در نهایت پس از تجزیه و تحلیل نتایج، روش چهارم یعنی تقسیم حجم رواناب سطحی بر

حجم کل زیر هیدروگراف سالانه به عنوان روش مناسب انتخاب شد. مقادیر ضریب طغیانی و ضرائب منطقه ای در دروه بازگشت های مختلف از روش چهارم به ترتیب در جداول (۴) و (۵) نشان داده شده است.

جدول (۴): مقادیر ضریب طغیانی (β) از روش چهارم

حوزه ها	دوره بازگشت (سال)				
	2	5	10	20	30
قمصر	0.51	0.63	0.66	0.73	0.78
منج	0.57	0.68	0.73	0.74	0.75
نیاز طبس	0.3	0.39	0.46	0.51	0.55
پل هنجان	0.66	0.76	0.83	0.84	0.85
حاجین	0.52	0.61	0.69	0.72	0.75
بن کوه	0.47	0.53	0.57	0.62	0.64
جعفر مشهدی	0.47	0.56	0.6	0.63	0.64
خنیک الیا	0.5	0.68	0.73	0.78	0.83
شریف آباد	0.57	0.63	0.66	0.72	0.79
دهکده سفید	0.44	0.51	0.52	0.54	0.55

جدول (۵): مقادیر ضریب منطقه ای (C) از روش چهارم

حوزه ها	دوره بازگشت (سال)				
	2	5	10	20	30
قمصر	0.006	0.010	0.018	0.019	0.019
منج	0.016	0.030	0.059	0.072	0.086
نیاز طبس	0.084	0.137	0.132	0.140	0.185
پل هنجان	0.004	0.005	0.005	0.020	0.054
حاجین	0.008	0.015	0.030	0.041	0.043
بن کوه	0.049	0.075	0.103	0.115	0.112
جعفر مشهدی	0.043	0.074	0.075	0.073	0.075
خنیک الیا	0.008	0.010	0.017	0.030	0.051
شریف آباد	0.099	0.123	0.178	0.168	0.152
دهکده سفید	0.107	0.205	0.236	0.231	0.219

۳- ۷- تعیین حوزه های همگن از طریق تست همگنی لانگبین

در این مرحله باید ایستگاههایی که نسبت به مجموعه ایستگاه ها ناهمگن هستند را تشخیص داده و کنار گذاشته شوند. بدین منظور باید بررسی نمود که شیب هر یک از منحنی های توزیع بدست آمده اختلاف زیادی با شیب بدست آمده از منحنی ترکیبی تمامی ایستگاهها نداشته باشد. در غیر این صورت باید از مجموعه ایستگاه های منطقه حذف گردد. یکی از روش های مرسوم جهت آزمون همگنی ایستگا ه ها استفاده از تست همگنی لانگبین است که در این تحقیق نیز این روش بکار گرفته شد.

پس از انجام تست همگنی لانگبین ، دو عدد از حوزه ها از محدوده مجاز خارج شدند که این دو حوزه در جدول (۶) در گروه چهارم مشخص شده اند (حوزه جعفر مشهدی و حوزه شریف آباد). براساس نزدیکی و دوری حوزه ها در روی کاغذ گمبل حوزه ها به چهار گروه همگن به صورت جدول (۶) تقسیم شدند.

جدول (۶): گروه بندی زیرحوزه های همگن بر اساس تست همگنی لانگبین

گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم
قمصر	پل هنجان	دهکده سفید	جعفر مشهدی
منج	خنیک الیا	نیاز طبس	شریف آباد
حاجین	بن کوه	.....	.....

با توجه به گروه بندی فوق و همچنین در حالت نرمال و پیرو مطالب قبلی، باید بتوان با استفاده از ضرائب یک حوزه، مقادیر دبی لحظه ای را با دوره بازگشت های مختلف در حوزه همگن متناظر با آن برآورد کرد. در حالت عادی باید ضرائب حوزه های واقع در یک گروه همگن ، همخوانی بیشتری نسبت به حوزه های خارج از گروه داشته باشند ولی همانطور که در ادامه مبحث خواهیم دید نتایج کار در این مرحله تا حد زیادی مغایر با انتظارات شد.
برای نمونه جدول (۷) عدم همبستگی مناسب بین مقادیر مشاهداتی و برآوردی در دو حوزه منج و قمصر که از لحاظ تست لانگبین همگن هستند را نشان می دهد.

جدول (۷): مقادیر دبی حداکثر روزانه برآوردی حوزه منج با استفاده از ضرائب حوزه قمصر

Tr	دبی مشاهده ای منج	دبی برآوردی منج با ضرایب قمصر	β	C	مساحت منج(km^2)
2	3.83	1.51	1.04	0.006	781
5	9.17	2.35	1.67	0.005	781
10	21.16	6.31	1.95	0.010	781
20	29.08	7.61	2.7	0.008	781
30	37.24	8.49	3.54	0.007	781

بنابراین در ادامه سعی در آزمون رابطه فولر بر روی حوزه هایی که از طریق آزمون همگنی دیگری که دارای دقت بالایی هستند شد، بدین صورت که روش فولر را در روی حوزه هایی دیگر در همین منطقه (ایران مرکزی) که همگنی آنها از روش تحلیل خوشه ای تعیین شده بود، آزمون کردیم. لازم به توضیح است که در این مرحله از یافته های تحقیق مشابه دیگری که در بخش هایی از همین حوزه کار شده بود صرفاً جهت تست رابطه فولر، استفاده گردید. با توجه به این نتایج در حالت نرمال و با فرض اینکه این روش از کیفیت بالایی در آزمون همگنی برخوردار است، باید انتظار داشت که ضرائب بدست آمده در دو حوزه گروه اول و همچنین سه حوزه در گروه دوم، پس از قرار دادن ضرائب آنها در یکدیگر (در داخل هر یک از گروه ها) با هم همخوانی لازم را داشته و مقادیر برآوردی کیفیت قابل قبول داشته باشند. در نهایت پس از انجام این

آزمون نتایج تا حد زیادی خلاف این را ثابت کرد. (البته لازم به ذکر است که در این مرحله به علت آمار کوتاه مدت موجود در ایستگاه ها، به ناچار طول دوره آماری مشترک برای حوزه ها ۶ سال در نظر گرفته شد). جداول (۸) و (۹) نتایج بدست آمده در این زمینه را نشان می دهند.

جدول (۸): برآورد دبی حوزه قلعه شاهرخ با استفاده از ضرائب حوزه چهلگرد در گروه همگن اول (بر اساس روش تحلیل خوشه ای)

دبی مشاهداتی		دبی برآوردی		ره بازگشت
دبی لحظه ای	دبی حداکثر ۲۴ ساعته	دبی لحظه ای	دبی حداکثر ۲۴ ساعته	
327.71	215.86	81.42	79.47	**2**
432.86	282	116.31	110.57	**5**

جدول (۹): برآورد دبی حوزه فخرآباد با استفاده از ضرایب حوزه مندرجان در گروه همگن دوم (بر اساس روش تحلیل خوشه ای)

دبی مشاهداتی		دبی برآوردی		دوره بازگشت
دبی لحظه ای	دبی حداکثر ۲۴ ساعته	دبی لحظه ای	دبی حداکثر ۲۴ ساعته	
9.11	3.97	1.39	0.51	**2**

۳- ۸- بررسی کارایی روش تجربی فولر در محدوده اقلیمی مرطوب

از آنجا که در این تحقیق نتایج حاصله در منطقه خشک، این تصور که شاید نوع اقلیم در کارایی روش فولر مؤثراست قوت گرفت و لذا، اقدام به بررسی این روش در شرایط اقلیمی مرطوب تر شد. برای ارزیابی کارایی روش تجربی فولر در دو منطقه نیمه خشک و مرطوب، در این مرحله روش فولر در منطقه ای خارج از ایران مرکزی (حوزه دریای مازندران و حوزه خلیج فارس) در چهار حوزه ای که در حالت کلی و بدون نیاز به هیچ روشی، با توجه به تشابه آماری آنها، همگنی دو به دو آنها واضح بود، مورد آزمون قرار گرفت. همگنی هیدرولوژیکی حوزه ها تا حدی بارز است که از روی آمار دبی یکی از حوزه ها می توان دبی حوزه دیگر را با درجه اطمینان بالا برآورد کرد. بدین منظور دو حوزه همگن بهبهان و ایدنک در جنوب کشور که ایستگاه های هر دو بر روی رودخانه مارون و همچنین دو حوزه همگن پاشاکولا و قران تالار در شمال کشور که هر دو بر روی رودخانه بابلرود قرار دارند مورد آزمون قرار گرفتند. بعد از انجام محاسبات مربوطه و آزمون کردن ضرائب محاسبه شده فولر در هر یک از حوزه های همگن، ، در نهایت در این مرحله به نتایج قابل قبولی رسیدیم.

۴- نتایج و پیشنهادات

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، مقادیر ضریب طغیان منطقه ای با دوره بازگشت سیل ارتباط چندانی ندارد، البته شاید این حالت با شرایط اقلیمی مناطق مرطوب انطباق بیشتری داشته باشد. زیرا تغییرات هیدروگراف سیل در مناطق مرطوب تدریجی و ملایم می باشد. بالعکس، مناطق خشک اقلیم ناپایدارتری را داشته و اصولاً هیدروگراف سیل در این مناطق به صورت نقاط اوج با ارتفاع زیاد و اغلب به صورت منفرد در کنار سطوح پایین هیدروگراف که بعضاً در رودخانه های دائمی سطح آب پایه هیدروگراف را تشکیل می دهد همراه است. تغییرات ساختار هیدروگراف سیل در مناطق خشک از یک سال آماری تا سال دیگر بسیار زیاد می باشد، لذا حجم رواناب سطحی در این مناطق با افزایش دوره بازگشت سیل تغییرات چشمگیری را دارد که به دنبال آن مقادیر ضریب طغیان منطقه ای نیز تغییرات زیادی پیدا می کند. قابل ذکراست،

همانطور که از نتایج آزمون این روش در مناطق دیگری (حوزه دریای خزر و حوزه خلیج فارس) متفاوت با شرایط اقلیمی حوزه خشک ایران مرکزی بر می آید، این سؤال که آیا نوع شرایط اقلیمی در کارآیی این روش تأثیر دارد یا نه؟ و همچنین اینکه در صورت وجود تأثیر، میزان این تأثیر تا چه اندازه می باشد؟ دارای پاسخ می باشد. به طوری می توان بیان داشت که این نحوه برآورد دبی سیلاب برای مناطق مرطوب با وسعت کم کارآیی نسبی خوبی داشته در حالی که همین روش برای محدوده اقلیمی خشک، مانند حوزه ایران مرکزی، کارآیی مناسبی را ندارد.

همانطور که در قسمت آزمون روش فولر در حوزه هایی با وسعت کمتر از حوزه مورد مطالعه که تنها جزئی از این حوزه اصلی (ایران مرکزی) بوده و از روش آزمون تحلیل خوشه ای همگنی آن ها مشخص شده بود، نشان داد که این روش تجربی با کمتر شدن وسعت محدوده مطالعاتی، باز هم کارآیی آنچنانی پیدا نمی کند.

در نهایت می توان نتیجه گرفت که روش تجربی فولر با توجه به ساختار و ماهیت آن (از لحاظ شرایط منطقه ای که مدل برای اولین بار ارائه شده است) همچنین با توجه به کیفیت آمار ایستگاه ها در منطقه ایران مرکزی و تا حدی وضعیت ناپایدار کلیماتیکی این منطقه وسیع جغرافیایی کارایی پایینی برای مناطق خشک مثل ایران مرکزی داشته است. هر چه وسعت این مناطق افزایش یابد، باز هم از کارایی این روش کاسته می شود. شاید به نوعی روش های تجربی برآورد دبی سیل مانند این روش، نسبت به کیفیت آمار پایه حساسیت بالایی داشته باشند.

از آنجا که کیفیت آمارهای هیدررمتری ایستگاه ها، نقش به سزایی را در صحت و دقت نتایج نهایی روش های تجربی برآورد دبی سیلاب دارد، انتخاب داده های با کیفیت مناسب با اهمیت می باشد. این بدین علت است که روش های تجربی بسته به ذات و اصل مدل دارای خطاهای نسبی بالایی می باشند و چنانچه بتوان خطاهای بعدی وارده در محاسبات یا حتی خطاهای ناشی از کیفیت پایین داده ها را کاهش داد، اعتبار و کارآیی این روش ها را بالاتر خواهد برد.

پیشنهاد دیگری که براساس نتایج این تحقیق می توان بیان داشت این است که اگر برای برآورد دبی های لحظه ای سیل با دوره بازگشت های مختلف در حوزه ایران مرکزی از روش های تجربی استفاده می شود، با توجه به پراکنش ایستگاه ها و همچنین کیفیت آمارهای هیدرومتری این منطقه، جانب احتیاط را در نظر داشته و ترجیحاً از روش تجربی فولر برای این شرایط اقلیمی استفاده نگردد تا از هدر رفت هزینه و همچنین زمان در امور مدیریتی و سازه ای در آینده جلوگیری شود.

منابع

۱) سلاجقه، ع. برآورد دبی های پیک سیلابی در حوزه های کوچک ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ۱۳۷۳.

۲) جمالی، ع. بررسی حساسیت تعدادی از روشهای تجربی هیدرولوژیکی برآورد دبی اوج سیلاب نسبت به سطح حوزه در برخی از حوزه های آبخیز ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰.

۳) عرب خدری، م. بررسی سیلابهای حداکثر در حوزه های آبخیز البرز شمالی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ۱۳۶۸.

۴) نظری، م. کالیبراسیون روش تجربی فولر در حوزه مند استان فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد تهران، ۱۳۸۶

5) Campbell,A. I., and R. C. Side. 1984. Predeiction of peak flows on small watersheds in oregan for use in culvert design. Water Resources Bulletin. 20(1):9-14.

6) Tasker, G. D., 1982. Comparing methods of hydrologic regionalization. Water Resources Bulletin. 18(6):965-970