

بررسی حساسیت تعدادی از روش‌های تجربی هیدرولوژیکی در برآورد دبی اوج نسبت به سطح حوزه در برخی از حوزه‌های آبخیز ایران^۱

محمد مهدوی^۲ علی اکبر جمالی^۳ سید علی ایوب زاده^۴ مهدی وفاخواه^۵

چکیده

داده‌ها و اطلاعات مشاهده‌ای برای بررسی و پیش‌بینی وقایع هیدرولوژیکی بسیار مهم و اساسی بوده و در منطقه‌ای که به‌طور مرتب و از دیر باز ثبت شده باشند، در سازه‌های کنترل و تخفیف خسارت سیل استفاده می‌شود. بسیاری از حوزه‌های آبخیز ایران با عدم وجود یا کمبود داده‌های هیدرولوژیکی روبه‌رو بوده و به همین دلیل برای محاسبه دبی اوج سیلابی از فرمول‌های تجربی استفاده می‌شود که در کشورهای دیگر ارایه شده است. بدون واسنجی استفاده از این رابطه‌ها خطای زیادی ایجاد می‌کند که در مواقعی خطرناک و گاهی موجب صرف شدن هزینه‌های بی‌مورد در ساخت سازه‌های آبی می‌شود. با توجه به این موضوع در این تحقیق ده مدل تجربی برای حوزه‌های آبخیز بزرگ و اصلی ایران (حوزه‌های آبخیز دریاچه خزر، خلیج فارس و دریای عمان، دریاچه ارومیه و کویرهای مرکزی ایران) واسنجی شد. ضرایب مناسب برای هر مدل به دست آمد و مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین مدل‌ها هم برای هر حوزه با حداقل کردن مجموع مربعات دبی اوج مشاهده‌ای و تخمینی معرفی شده است. این بررسی‌ها نشان داد که در حوزه دریای خزر در دوره بازگشت‌های کمتر (۲، ۵، ۱۰)، مدل تجربی برمنر مناسب بوده ولی در بیشتر دوره‌ها مدل تجربی مورفی مناسب بوده است. در حوزه خلیج فارس و دریای عمان مدل تجربی دیکن که به شکل توانی است به‌طور کلی مناسب‌تر بوده است و مدل گری برای دبی اوج سیلابی دارای دوره بازگشت‌های پایین (۲، ۵، ۱۰)، در حوزه‌های آبخیز ایران مناسب‌تر بوده است. در حوزه دریای ارومیه تمام مدل‌ها به جز مدل گری و سپس مدل برمنر مناسب بوده است. در حوزه کویرهای مرکزی ایران مدل مورفی برای دوره بازگشت‌های پایین‌تر (۲، ۵، ۱۰)، مناسب و مدل کرامر در دوره بازگشت‌های بالاتر (۲۵، ۵۰، ۱۰۰)، مناسب بوده است. عموماً مدل رگرسیونی توانی برای تخمین دبی اوج از سطح حوزه‌ها برای کل حوزه‌های ایران مناسب‌تر بوده و برای چهار حوزه به تفکیک و جداگانه مدل رگرسیونی درجه سه مناسب بوده است. از بررسی حساسیت سطح در برآورد دبی اوج مشاهده می‌شود که برای تخمین درست‌تری از دبی اوج با روابط تجربی در کل کشور بهتر است این روابط در حوزه‌هایی با سطح بین ۱۴۰۰ و ۲۴۰۰ کیلومتر مربع استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: روش‌های تجربی هیدرولوژیکی، مدل‌های رگرسیونی، دبی اوج سیلاب، سطح حوزه آبخیز، تخمین سیل، ایران.

^۱- تاریخ دریافت: ۸۱/۱/۱۷، تاریخ پذیرش: ۸۲/۶/۲۹

^۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (E-mail: mahdavi@nrf.ut.ac.ir)

^۳- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میند

^۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

^۵- مربی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

پیشرفت سریع روش‌های علمی و مهندسی در انتقال، مهار و بهره‌برداری از آب‌ها هر چند توسعه چشمگیری داشته است ولی هنوز مسایل ناشناخته بسیاری است که نیاز به تحقیق و بررسی دارند (۹). تعیین پارامترهای هیدرولوژی از دید ایمنی، جنبه اقتصادی طرح و عملکرد سازه‌های هیدرولیکی از اهمیت ویژه‌ای دارد، به طوری که تخمین صورت گرفته باید دقت بالایی داشته باشد تا طرح مورد نظر عملکرد مناسبی نیز داشته باشد (۱).

اگر چه در چند دهه اخیر تلاش‌های فراوانی برای احداث ایستگاه‌های هیدرومتری در نقاط مختلف کشورمان صورت گرفته است اما با توجه به وسعت زیاد هنوز بسیاری از مناطق فاقد امکانات لازم برای ثبت اطلاعات مربوط به دبی هستند. بنابراین تعیین رواناب و دبی حاصل از بارندگی یکی از مشکلات اساسی است که در مقابل، روش‌های تجربی و مدل‌های ریاضی متفاوتی معرفی شده که امکان بر آورد دبی را با این اوضاع فراهم می‌سازد (۱۰).

مفیدترین مدل‌ها برای طراحی اغلب ساده‌ترین آنها هستند زیرا فهمیدن، توضیح دادن و به کار بردن این مدل‌ها بسیار آسان است. البته بایستی در نظر داشت که پیچیدگی مناسب یک مدل، سازش بین جزئیات بیشتر و افزایش بالقوه دقت در یکسو و صرفه جویی در وقت برای توسعه مدل و محاسبات لازم و سادگی مدل از سویی دیگر است (۱۳ و ۷).

تخمین نظری ضرایب برای فرمول‌های تجربی غیر منطقی است و انتقادات زیادی به آن وارد شده است و فرمول‌های تجربی - همبستگی هم در نتیجه سادگی، غلبه خود را در مرحله طراحی شهری حفظ می‌کنند. گری^۱ (۱۹۸۲) فهرست ۳۵ فرمول را ارائه داده و

چاو^۲ (۱۹۸۸) نیز تعداد متعدد دیگری را ذکر می‌کند. ساده‌ترین فرمول‌های معمول برای تخمین جریان سیلاب‌ها معمولاً به صورت روابطی هستند که از مساحت حوزه به عنوان متغیر استفاده می‌کنند. این روابط معمولاً به یکی از شکل‌های زیر است:

$$Q_m = cA^n \quad (1)$$

$$Q_m = cA^{(mA^{-n})} \quad (2)$$

$$Q_m = cA/(a + bA)^m + dA \quad (3)$$

در کلیه این روابط که در آنها عوامل مربوط به بارش و خصوصیات فیزیکی حوزه بازتاب نشده است، Q_m شدت جریان سیلاب، A مساحت حوزه a, b, c, d, m, n ضرایب و نماد‌هایی هستند که باید برای منطقه ارزیابی و تعیین شوند. از کاربرد این روابط بدون تصحیح ضرایب در طرح‌های مهندسی باید اجتناب کرد. در کتاب گری فهرست نسبتاً جامعی از کلیه فرمول‌های تجربی همراه با توضیحاتی درباره آنها آمده است (۱).

این تحقیق در ادامه تحقیق انجام شده توسط خلیقی سیگارودی (۱۳۷۵) با روش حداقل کردن مربعات پیک‌های سیلاب مشاهده‌ای و تخمینی در پی رسیدن به بهترین معادله بین سطح حوزه آبخیز و پیک سیلاب است که با دبی ۲ (کارگاهی)، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله برای چهار حوزه بزرگ ایران (H1 تا H4) (شکل ۱) و یک بار هم به صورت ترکیبی برای کل این حوزه‌ها (Ht) اشکال گوناگون روابط تجربی واسنجی شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

ایران را به شش حوزه آبخیز عمده زیر تقسیم می‌کنند: (شکل ۱)

- ۱- دریاچه خزر H1، ۲- خلیج فارس و دریای عمان H2،
- ۳- دریاچه ارومیه H3، ۴- دریاچه‌ها و کویرهای داخلی

^۲-Chow

^۱-Gray

محاسبه ضرایب و ثابت‌ها

فرمول‌های مندرج در جدول (۱) برای تعیین پارامترها و ضرایب آنها در برنامه سالور^۱ از نرم افزار اکسل^۲ و با داده‌های دبی اوج سیلاب مشاهده‌ای حوزه‌های آبخیز ایران با دوره بازگشت ۴، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله استفاده شدند و با بهترین ضرایب و ثابت‌ها برای حوزه‌های آبخیز ایران و کل ایران استخراج شد (جدول ۲).

تعیین مناسب‌ترین مدل تجربی

سالور یکی از ابزارهای مناسب برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در این تحقیق بوده است. با استفاده از این گزینه ضرایب یک معادله در حالت بهینه برای رسیدن به کمترین اختلاف برآورد و مقادیر واقعی تعیین می‌گردد. فرمولی که مناسب‌ترین ارزش عددی آن محاسبه گردد به عنوان سلول هدف در کاربرگ اکسل مشخص گردیده و با مشخص کردن ضرایب در سلول‌های قابل تغییر و انتخاب گزینه‌های مناسب عددی و تعیین شرایط اولیه فرضی برای ضرایب می‌توان به مقدار هدف برای سلول هدف نائل آمد.

با قرار دادن فرمول RSS^2 در سل هدف در سالور و قرار دادن پارامترها در سل‌های قابل تغییر مقدار حداقل مجموع مربعات بین دبی اوج مشاهده‌ای و تخمین در دوره بازگشت‌های مختلف و مدل‌های مختلف تجربی محاسبه شد و مدل تجربی با کمترین RSS که مناسب‌ترین مدل

H۴، ۵- دریاچه‌ها و کویرها در مرز پاکستان و افغانستان

H۵، ۶- صحرای قره قوم و رود هریرود H۶.

ایستگاه‌های هیدرومتری

تعداد ایستگاه‌های آب سنجی درجه یک (مجهز به اشل، پل تلفریک و لیمنیگراف) ۳۱۵ عدد، ایستگاه‌های آب سنجی درجه دو (مجهز به اشل و لیمنیگراف) ۹۲ عدد، ایستگاه‌های آب سنجی درجه دو (مجهز به اشل و پل تلفریک) ۱۱۷ عدد و ایستگاه‌های آب سنجی درجه سه (مجهز به اشل) ۴۴۶ عدد در سطح کشور تا سال ۱۳۷۱ است که اندازه‌گیری دبی حداکثر لحظه‌ای فقط در ایستگاه‌های آب سنجی درجه یک و دو و مجهز به لیمنیگراف صورت می‌گیرد (۸).

در اولین مرحله ۲۹۰ ایستگاه که سال تأسیس آنها قبل از ۱۳۵۳ بوده است و تا سال آبی ۷۳-۱۳۷۲ آمار قابل استفاده داشته‌اند انتخاب شده‌اند. در مرحله بعد تعداد ۵۶ ایستگاه که در پایین دست سدهای مخزنی و انحرافی قرار داشتند و آمار واقعی نداشتند و همچنین ایستگاه‌هایی که امکان بازسازی آمار آنها وجود نداشت حذف گردیدند شکل (۲).

فرمول‌های تجربی برآورد دبی

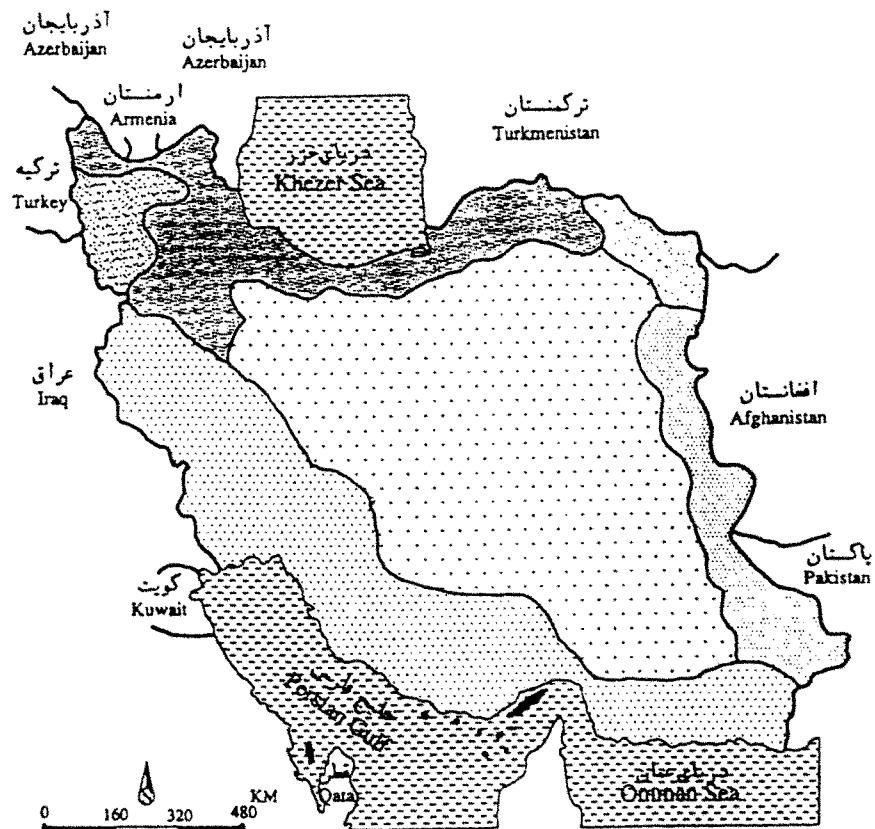
فرمول‌های تجربی که بر مبنای سطح حوزه برای محاسبه دبی اوج سیلاب استفاده می‌شوند با شکل‌های مختلفی مطرح شده‌اند و در کشورها و مناطق مختلف رایج شده‌اند. این رابطه‌ها با ایجاد یک معادله بین سطح حوزه آبخیز و دبی اوج سیلاب برای تخمین دبی اوج سیلاب در حوزه‌هایی که تنها سطح حوزه پارامتر معلومی است برای محاسبه دبی اوج سیلاب استفاده می‌شوند.

لیستی از شکل کلی این فرمول‌ها که از منابع مختلف گرد آوری و مورد تحلیل قرار گرفته‌اند در جدول (۱) ارائه شده است.

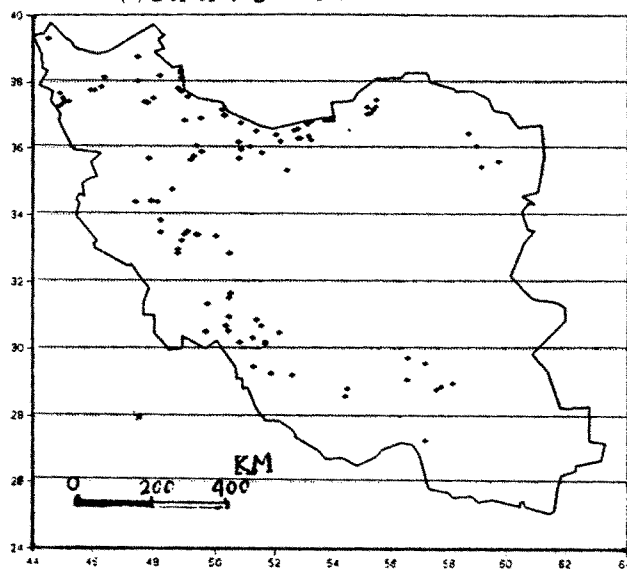
^۱Solver

^۲Excel

^۲-Residual Sum of Squares



شکل ۱- حوزه‌های آبخیز اصلی آبخیز ایران (۶)



شکل ۲- محل ایستگاه‌های باقیمانده بعد از حذف ایستگاه‌هایی که در پایین دست سدهای مخزنی قرار داشتند و آمار واقعی نداشتند و ایستگاه‌هایی که امکان بازسازی آمار آنها وجود نداشت (۴)

جدول ۱- شکل کلی برخی از فرمول‌های تجربی برآورد دبی اوج سیلاب بر مبنای سطح حوزه آبخیز (۲، ۴، ۵، ۱۳، ۱۱)

شماره مدل	مدل	توضیحات (متغیرها)	کشور	نویسنده
۱	$Q = aA^b$	اندازه سطح متفاوت کاربرد وسیع برای تقریب‌های اولیه	هند اسکاتلند امریکا امریکا امریکا	Dicken (2, 5, 13) Morgan (2, 5, 13) Fanning (5, 13) Jarvic.C.S. (2, 13) Mayer (5, 13)
۲	$Q = 46aA^{(bA^c)}$		امریکا	Creager (4, 5, 13)
۳	$Q = \frac{aA}{(b + cA)^m} + dA$		کانادا	Gray (5, 13)
۴	$Q = \frac{a}{b + A^c}$	حوزه‌های کوچک	امریکا	Bremner (5, 13)
۵	$Q = \frac{aA}{b + A^c}$	رودخانه‌های سوئیس و ایتالیا	ایتالیا سوئیس استرالیا	Italian Formula (5) Gangulliet (2, 5, Waitt-FWF (2, 5, 13
۶	$Q = \frac{aA}{(b + A)^c}$	ماکزیمم سیلاب برآورد شده در سرتاسر دنیا حداکثر رگبارهای ثبت شده در استرالیا مناطق دلتایی رودخانه‌های محلی	جهانی استرالیا هند	Baird-JM & Mcillwraith-J Mcillwraith & Braid (2, 5) Inglis (11, 5, 13)
۷	$Q = \frac{aA}{b + cA^d}$	رودخانه‌های محلی موهاوای	امریکا	Cramer (11, 5, 13)
۸	$Q = \left(\frac{a}{A+b} + c\right)A$	برای سیل‌های مکرر در امریکا $10 < A < 500$ کاربرد محلی $A < 1000$ سطح حوزه $1000 < A < 12000$ حوزه کوهستانی	امریکا امریکا امریکا ایتالیا	Murphy (2, 5, 13) Kuchling (2, 5, 11) Lanter Burg (5, 13) Whistler (2, 5, 13)
۹	$Q = a(A+b)^c$	کاربرد محلی در امریکا	امریکا	Ocornell (2, 5)
۱۰	$Q = a(bA + A)^c$	برای رودخانه می‌سی‌سی‌پی و دره‌های محلی با دوره بازگشت‌های $6 < T < 10$ سال	امریکا	Cooley (2, 5)

واحد دبی، متر مکعب بر ثانیه و واحد سطح کیلومتر مربع است.

بود به دست آمد.

$$RSS = \left[\frac{\sum (Q_{oi} - Q_{ei})^2}{n - m} \right]^{0.5} \quad (۴)$$

Q_{oi} = دبی اوج مشاهده‌ای با دوره بازگشت معین،

Q_{ei} = دبی اوج تخمینی با دوره بازگشت معین،

n = تعداد داده‌ها،

m = تعداد پارامترها.

طبقه‌بندی سطح در کل حوزه‌های آبخیز کشور

کل ایستگاه‌هایی که سطح و دبی اوج آنها ذکر شده است به شکل دیگری نیز که حساسیت هر یک از ده رابطه تجربی را نشان دهد مورد بررسی قرار گرفت. سطح حوزه‌ها از نظر فراوانی به درصد در ده طبقه قرار داده شد و دبی اوج مربوط به هر سطح هم به دوره بازگشت دو ساله و صد ساله به همراه دبی‌های تخمینی از فرمول‌های تجربی به همین اساس مرتب شدند (جدول ۳ و شکل ۴). ده طبقه سطح ایجاد شد و بهترین طبقه سطح با بررسی R^2 (مربع ضریب همبستگی) بین دبی اوج مشاهده‌ای و تخمینی از مدل‌های تجربی در هر طبقه سطح به دست آمد.

نتایج

برای انتخاب بهترین مدل از دبی‌های اوج سیلابی با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله استفاده شد. نتایج به صورت جداول و شکل‌هایی تنظیم شده که در جداول (برای نمونه، جدول ۲)، مقدار RSS و ضرایب بر آورد شده معادلات نوشته شده است و در شکل‌ها (برای نمونه، شکل ۳)، مقادیر مرتب شده RSS از کوچک به بزرگ برای کل حوزه‌ها و برای چهار حوزه بزرگ ایران ($H1$ تا $H4$) نشان داده شده است که انتخاب مدل با توجه به کمترین RSS ها و یا رد مدل برای یک حوزه با دوره بازگشت مشخص با دیدن شکل آسان می‌شود. محاسبه پارامترهای مدل‌های تجربی و RSS در این

تحقیق در سالور با سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شده است. شکل‌ها به طور کامل در منبع ۳ آمده است.

به طور کلی مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین مدل‌های

تجربی در دوره بازگشت‌های بررسی شده در پژوهش برای هر حوزه به ترتیب زیر نتیجه شد.

۱- حوزه آبخیز دریاچه خزر: $M8$ ، $M4$ ، $M3$ مناسب‌تر و

$M6$ و $M7$ نامناسب‌تر بودند،

۲- حوزه آبخیز خلیج فارس و دریای عمان: $M1$ ، $M4$ ،

مناسب‌تر و $M2$ نامناسب‌تر بود،

۳- حوزه آبخیز دریاچه ارومیه: $M2$ ، $M4$ و $M3$

نامناسب‌تر از بقیه بودند،

۴- حوزه آبخیز کویرهای مرکزی ایران: $M8$ ، $M6$ مناسب‌تر

و $M4$ نامناسب‌تر بود.

۵- کل حوزه‌های آبخیز اصلی ایران (در بررسی یک‌جای

حوزه‌های بالا): $M8$ ، $M6$ مناسب‌تر و $M2$ ، $M4$ و $M3$

نامناسب‌تر بودند.

بحث و نتیجه‌گیری

حاصل محاسبات انجام شده توسط سالور، استخراج ضرایب مدل‌های فرمول‌های تجربی برای حوزه‌های آبخیز ایران بود و شناسایی مدل‌هایی که برای حوزه بهتر است استفاده شود. به طور کلی ۱۰ مدل برای چهار حوزه بزرگ ایران (در بند ۱ مواد و روش‌ها ذکر شده)، تحلیل شد. کل آمار حوزه‌ها به صورت یک‌جا با مدل‌ها بررسی شدند و برای ایران مناسب‌ترین مدل استخراج شد و برای هر حوزه نیز به صورت جداگانه مدل‌ها بررسی شده و روابط مناسب انتخاب شدند.

مدل‌های تجربی مناسب برای هر حوزه آبخیز کشور

در این تحقیق مدل‌های تجربی با شش دوره بازگشت (۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰) برای چهار حوزه بزرگ ایران و اسنچی شد و بررسی حساسیت نسبت به حوزه‌های

بازگشت‌های بالاتر مدل M۲ (Creager) نامناسب بوده است.

با نظر در نتایج چنین نتیجه‌گیری می‌توان کرد که با توجه به عوامل و پارامترهای ناشناخته‌ای که باعث تغییر مقدار دبی در هر منطقه می‌شود باید با بررسی دقیق، از رابطه‌ای خاص که خطای کمتری دارد استفاده شود. مثلاً M۳ و M۴ در حوزه آبخیز دریاچه خزر مناسب ولی در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه و کل حوزه‌های آبخیز اصلی ایران (در بررسی یک‌جا) نامناسب است. پس با دقت در نتایج چنین نتیجه‌گیری می‌توان کرد که هر رابطه‌ای در منطقه‌ای خاص بهتر است استفاده شود، همان طور که بسیاری از رابطه‌های تجربی بدون دانستن علت توصیه شده در فلان منطقه با فلان محدودیت‌ها به کار برده شود.

حساسیت سطح در برآورد دبی اوج با مدل‌های تجربی
برای استفاده از فرمول‌های تجربی ده گانه‌ای که معرفی شده‌اند مناسب ترین سطح در دوره بازگشت دو ساله و ۱۰۰ ساله کمتر از ۲۴۰۰ و بیشتر از ۱۷۰۰ کیلومتر مربع است. این مطلب با توجه به زیادتر بودن همبستگی داده‌های مشاهده‌ای و تخمینی با فرمول‌های تجربی در طبقات سطح ۱، ۲، ۳، ۶ و ۷ (جدول ۳ و شکل ۵، ۶ و ۷) نتیجه‌گیری می‌شود. جدول (۳) و شکل (۴) با مرتب کردن سطح حوزه‌های مورد مطالعه از کوچک به بزرگ و محاسبه فراوانی سطوح به درصد و انتخاب ده طبقه تقریباً مساوی به دست آمد.

مختلف با محاسبه RSS انجام شد. بهترین مدل‌ها با کمترین RSS دیده می‌شود و ضرایب تخمین زده شده هر کدام هم در جداولی تنظیم شده است (۳). با نگاهی کلی به این مقادیر به دست آمده می‌توان فهمید که بعضی مدل‌ها با دوره بازگشت‌های بالاتر و بعضی با دوره بازگشت‌های پایین تر بهتر جواب می‌دهند، بعضی مدل‌ها هم به طور مشابهی عمل می‌کنند و RSS چندان متفاوتی ندارند.

در بررسی کل حوزه‌های آبخیز ایران مدل‌های تجربی دبی اوج با دوره بازگشت‌های مختلف، مدل تجربی M۸ (Murphy) کمترین RSS را داشته و مدل تجربی M۴ (Bremner) خصوصاً در دوره بازگشت‌های کمتر RSS بیشتری داشته است.

در حوزه دریای خزر (H۱) با دبی اوج سیلابی دارای دوره بازگشت‌های کمتر M۴ (Bremner) مناسب بوده ولی در بیشتر موارد مدل M۸ (Murphy) بهتر بوده است.

در حوزه خلیج فارس و دریای عمان (H۲) مدل تجربی M۱ (Dicken) که به شکل توانی است به طور کلی بهتر بوده و مدل M۳ (Gray) در دوره بازگشت‌های پایین تر و مدل M۲ (Creager) در دوره بازگشت‌های بالاتر RSS بزرگتری داشته‌اند و کاربرد آنها در این حوزه‌ها توصیه نمی‌شود.

در حوزه دریاچه ارومیه (H۳) مدل M۳ (Gray) و بعد از آن مدل M۴ (Bremner) مقدار RSS بیشتری داشته‌اند و برای تخمین نباید از این مدل‌ها استفاده شود و بقیه مدل‌ها از نظر RSS تفاوت زیادی نیست.

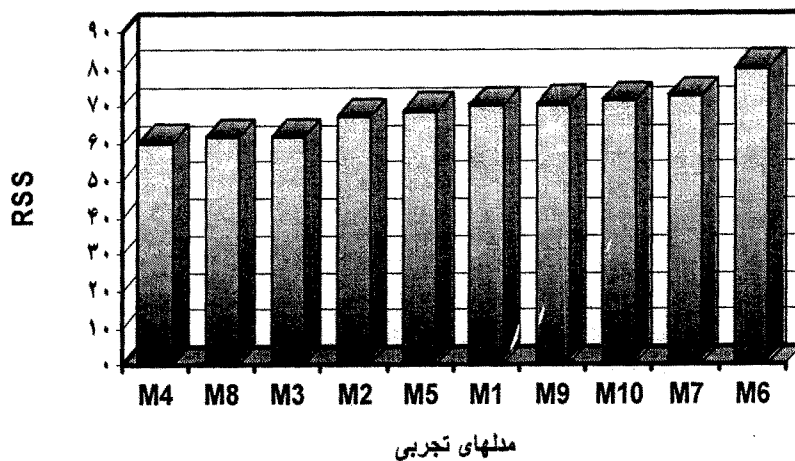
برای چاله‌ها و کویرهای مرکزی ایران (H۴) مدل M۸ (Murphy) برای دوره بازگشت‌های پایین تر مفید بوده و مدل M۶ (Cramer) در دوره بازگشت‌های بالاتر مناسب‌تر بوده است. در دبی‌های اوج سیلابی با دوره بازگشت‌های پایین مدل M۴ (Bremner) و در دوره

جدول ۲- نمونه ای از جداول ضرایب برآوردی از مدل های تجربی جدول (۱) بادوره بازگشت ۲ سال در حوزه آبخیز H1 (منبع ۳)

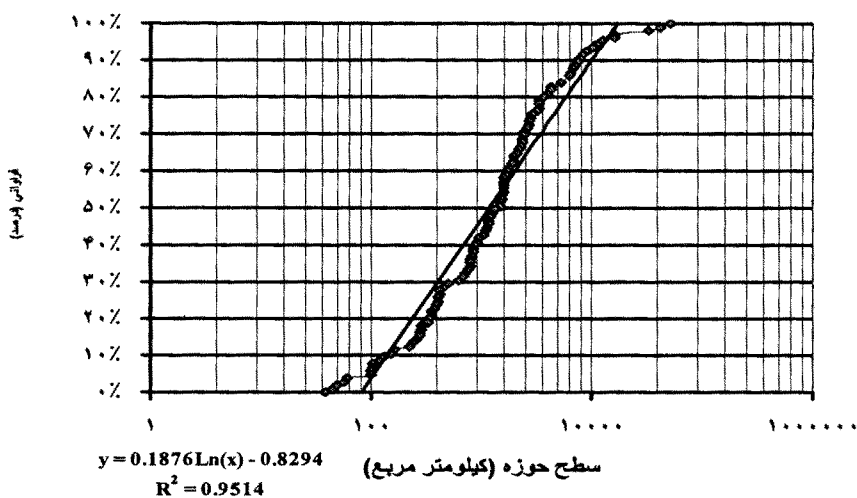
Model	a	b	c	D	e	RSS
M1	۰/۴	۰/۷	*	*	*	۷۰/۳
M2	۰/۰	۰/۸	۰/۰	*	*	۷۹/۲
M3	۲۰/۹	۷/۹	۰/۰	۱/۹	۰/۰	۶۱/۸
M4	۱۲/۶	-۰/۲	-۰/۲	*	*	۶۰/۴
M5	۰/۱	-۲/۱	۰/۲	*	*	۶۸/۸
M6	۳/۶	۱۹۳/۸	۰/۰	۱/۳	*	۸۰/۰
M7	۰/۴	۴۵۵/۶	۰/۳	*	*	۷۲/۶
M8	۵۸/۴	۴۸/۷	۰/۰	*	*	۶۱/۷
M9	۰/۴	۵۸/۳	۰/۷	*	*	۷۰/۶
M10	۰/۰	۱۶۵/۰	۰/۷	*	*	۷۱/۲

جدول ۳- طبقات فراوانی سطح کل حوزه های آبخیز کشور

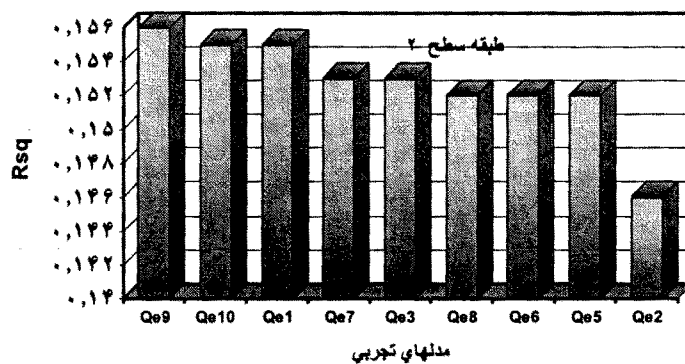
طبقه	فراوانی (درصد)	سطح (کیلومتر مربع)
۱	۱۰-۰	۱۵۰-۵۰
۲	۲۰-۰	۳۵۰-۱۵۰
۳	۳۰-۲۰	۵۵۰-۳۵۰
۴	۴۰-۳۰	۸۵۰-۵۵۰
۵	۵۰-۴۰	۱۲۰۰-۸۵۰
۶	۶۰-۵۰	۱۷۰۰-۱۲۰۰
۷	۷۰-۶۰	۲۴۰۰-۱۷۰۰
۸	۸۰-۷۰	۳۵۰۰-۲۴۰۰
۹	۹۰-۸۰	۷۵۰۰-۳۵۰۰
۱۰	۱۰۰-۹۰	۵۱۵۰۰-۷۵۰۰



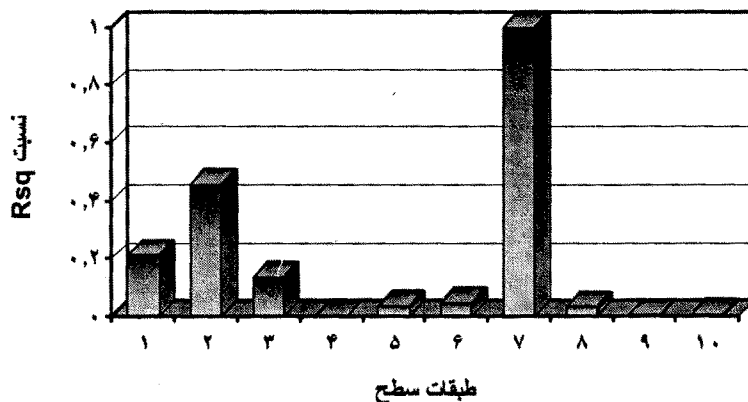
شکل ۲- نمونه ای از نمودارهای مقایسه RSS دبی های اوج از مدل های تجربی جدول (۱) بادوره بازگشت ۲ سال در حوزه آبخیز H1 (منبع ۳)



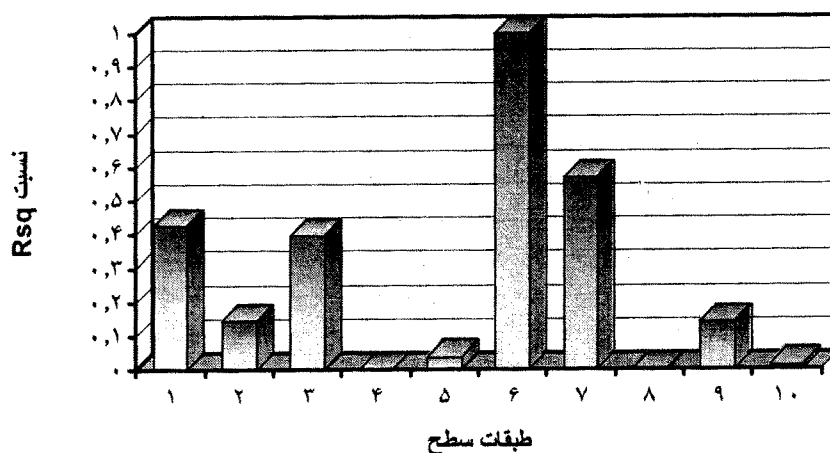
شکل ۴- فراوانی سطح حوزه‌های اصلی آبخیز ایران



شکل ۵- نمونه‌ای از نمودارهای بررسی حساسیت مدل‌های تجربی به سطح حوزه‌های آبخیز



شکل ۶- حساسیت مدل‌های تجربی جدول ۱ نسبت به سطح حوزه‌های اصلی آبخیز ایران با دوره بازگشت ۲ سال (۳)



شکل ۷- حساسیت مدل‌های تجربی جدول ۱ نسبت به سطح حوزه‌های اصلی آبخیز ایران با دوره بازگشت ۱۰۰ سال (۳)

پیشنهادهای

اولیه در تعیین ضرایب نهایی مهم بوده است و دقت بیشتری لازم دارد.

۳- چنانچه لازم است تخمین سریع دبی اوج لحظه‌ای با آمار مشاهده‌ای کم یا ناقص در حوزه‌های ایران یا حتی برای کل ایران به دست آید از ضرایب اصلاح شده و مدل‌های تجربی با رگرسیون معرفی شده استفاده کنند.

۴- برای عمق بخشیدن به کار مطالعاتی سعی شود در ادامه کارهای تحقیقاتی کار شده تا از انجام شدن کارهای موازی و با عمق کم جلوگیری گردد و بتوان فرصت بیشتری برای فکرکردن و کارهای جدیدتر پیدا کرد.

۵- در تخمین دبی‌های اوج با استفاده از روابط تجربی وابسته به سطح، حساسیت سطح انجام شود تا تخمین درست و نزدیک‌تری به واقعیت به دست آوریم.

۱- از دبی‌های اوج مشاهده‌ای با دوره آماری طولانی‌تر استفاده شود (یادآوری می‌شود در این مطالعه دوره آماری ۲۴ ساله بوده است) و تغییرات آنها بر روی کارایی مدل‌های معرفی شده بررسی شود. برای مثال آیا با افزایش طول آمار انتخاب و معرفی یک مدل تجربی برای استفاده در حوزه تغییرمی‌یابد یا خیر؟

۲- اگر قرار است ضرایب مدل‌های مختلف تعیین شود ضرایب اولیه روابط با دقت زیاد انتخاب گردد. مثلاً در رابطه دیکن که دو پارامتر برای برآورد دارد به ویژه در سالور در هر بار ضرایب تغییر نمی‌کند و RSS هم یکسان به دست می‌آید ولی مثلاً در رابطه‌ای با ضرایب زیاد (مثلاً Cramer با چهار پارامتر) برای تخمین، انتخاب ضرایب

منابع

- ۱- افشار، عباس، ۱۳۶۹. هیدرولوژی مهندسی، چاپ دوم، مرکز نشر دانشگاهی، ص ۴۵۹.
- ۲- جعفر زاده، سعید، ۱۳۷۸. بررسی مقایسه ای روش‌های مختلف برآورد دبی حداکثر سیلاب بر مبنای سطح حوزه. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۱۴۹.
- ۳- جمالی، علی اکبر، ۱۳۸۰. بررسی حساسیت تعدادی از روش‌های تجربی هیدرولوژیکی در برآورد دبی اوج نسبت به سطح حوزه در برخی از حوزه‌های آبخیز ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۱۱۲.
- ۴- خلیقی سیگارودی، شهرام، ۱۳۷۵. پهنه بندی ضریب کریگر در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران، ص ۱۲۰.
- ۵- سلاجقه، علی، ۱۳۷۳. برآورد دبی‌های اوج سیلابی در حوزه‌های آبخیز کوچک ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران، ص ۱۴۰.
- ۶- سالنامه آماری کشور، ۱۳۷۸. مرکز آمار ایران، سازمان برنامه و بودجه.
- ۷- شریفی، محمد باقر و سید محمد مهدی شهیدی پور، ۱۳۸۰. تحلیل سیستم‌های منابع آب، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۷۱۶.
- ۸- موحد دانش، علی اصغر، ۱۳۷۱. هیدرولوژی آب‌های سطحی، انتشارات سمت، ص ۳۰۵.
- ۹- مهدوی، محمد، ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربردی، چاپ دوم، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۴۰۱.
- ۱۰- نساجی زواره، مجتبی، ۱۳۷۸. مقایسه دبی‌های حداکثر سیل از روش‌های شماره منحنی و کوک (مطالعه موردی چند حوزه از البرز مرکزی)، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۱۳۱.

11-Chow, V.T., R.M. David & W.M. Larry, 1988. Applied Hydrology, Me Graw-Hill, Book Company, Singapore.

12-Garry, D.T., 1982. Comparing Methods of Hydrologic Regionalization, Water Res. Bulletin, Vol 18, No: 6

13-Gray, D.M. 1973. Handbook on the Principles of Hydrology S.C.N.C For The Int. Decades.

A Sensitivity Study of some Hydrologic Empirical Methods for Estimating Flood Peak as Related to Drainage Area in Watersheds in Iran

M. Mahdavi¹ A. A. Jamali² S. A. Ayyoubzadeh³ M. Vafakhah⁴

Abstract

Design flood is an indispensable criterion in many water projects. Unfortunately, many of developing countries including Iran are faced with lack of sufficient recorded hydrologic data. Thus, in order to cope with data scarcity and study ungauged catchments, application of developed empirical models based on other gauged catchments is a common strategy used by hydrologists. The present research work is an effort to evaluate a number of ten general empirical models for flood estimation with different return periods. The models include: Dicken, Creager, Gray, Bremner, Waitt, Inglis, Cramer, Murphy, Ocornell and Cooley. The models have been tested in the major Iranian watersheds namely the Caspian Sea basin, the Persian Gulf and Oman Sea watersheds, the Uromia Lake watershed and the Central Deserts catchments. The results highlight that the Bremner Model is best for shorter return periods in Caspian Sea watershed whereas Murphy Model can act better as a general model over there. In the Persian Gulf and Oman Sea watersheds, the Dicken Model with an exponential form shows better results. However for short return periods the Gray model is better. In Uromia Lake watershed all models except Gray are applicable. In the watersheds of the Central Deserts, for shorter return periods the Murphy Model gives better results whereas for longer return periods Cramer is the most suitable. The present study shows that the most suitable range for study area varies from 1400 to 2400 Km².

Keywords: Hydrologic empirical method, Peak flood discharge, Flood estimation regression models, Drainage area, Watershed, Iran.

¹-Professo, Faculty of Natural Resources, University of Tehran(Email: mahdavi@nrf.ut.ac.ir)

²Member Scientific Board, Islamic Azad University, Meibod

³- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University

⁴-Academic Staff, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University