تخمین دبی سیل با تناوب مختلف در حوضه آبخیز زاینده‌رود طبق روش منطقه‌ای هیبرید

*ستار چاوشی بروجنی و سید سعید اسلامیان**

چکیده

مطالعه تناوب سیلاب در مناطق خشک به دلیل تعداد کم ایستگاه‌های هیدرومتری، کمبود آمار و وجود داده‌های پراکنده ناشی از وقوع جریانهای نادر، بسیار مشکل می‌باشد. تحلیل منطقه‌ای سیلاب یکی از روشهای مناسب جهت غلبه بر چنین مشکلاتی می‌باشد. در این تحقیق یکی از روشهای تحلیل منطقه‌ای سیلاب به نام روش هیبرید مورد بررسی قرارگرفته است. منطقه مورد مطالعه شامل ۱۷ حوضه همگن واقع در استانهای اصفهان و چهار محال و بختیاری می‌باشد.

نخست با استفاده از رگرسیون چندگانه بین دبی سیلاب با دوره‌های مختلف بازگشت، به عنوان عامل وابسته و خصوصیات فیزیکی و اقلیمی حوضه، به عنوان عوامل مستقل، مهم‌ترین عوامل فیزیکی و اقلیمی مرتبط با سیلاب که عبارت از سطح و ارتفاع متوسط حوضه بودند تعیین گردید. مدل‌های تناوب سیل هیبرید مرتبط با این دو عامل تعیین و با مدل‌های رگرسیون چندگانه در این منطقه مقایسه گردید. مقایسه مقادیر نسبی خطای مدل‌های هیبرید و رگرسیون نشان می‌دهد که در دوره‌های بازگشت کوتاه، دقت مدل هیبرید بیشتر از روش رگرسیون بوده ولی در دوره‌های بازگشت بالا، دقت مدل رگرسیون بیشتر از روش هیبرید می‌باشد.

واژه‌های کلیدی - *تحلیل منطقه‌ای سیلاب، آزمون همگنی حوضه‌های آبخیز، روشهای برآورد دبی اوج سیلاب*

مقدمه

یکی از مشکلات اساسی در مدیریت مناطق خشک، کمبود آب می‌باشد که تقریباً برنامه‌های توسعه را تحت‌الشعاع خود قرار داده، به طوری که برنامه‌ریزی توسعه در این مناطق بر محور استفاده بهینه از منابع آب استوار است. در این راستا، تحقیقات متعددی در زمینه‌های مختلف انجام گرفته تا ضمن ارائه روشهای برآورد میزان آب قابل استحصال، راهکارهای مناسب جهت بهره‌برداری بهینه از منابع آب در این مناطق ارائه گردد. روشهای متعددی جهت کنترل سیلاب ارائه شده است که از جمله می‌توان به پخش سیلاب و انحراف جریان و هدایت آن به مخازن نگهداری اشاره نمود. یکی از پارامترهای مورد نیاز جهت

*- به ترتیب کارشناس ارشد بیابان‌زدایی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام اصفهان و استادیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]

طراحی سازه‌های آبی، دبی اوج لحظه‌ای سیلاب می‌باشد. روشهای متعدی جهت برآورد دبی اوج لحظه‌ای سیلاب ارائه شده است که به عنوان مثال می‌توان به تحلیل منطقه‌ای سیلاب اشاره نمود. تحلیل منطقه‌ای سیلاب شامل دو بخش می‌باشد. نخست حوضه‌های آبخیزی که از لحاظ هیدرولوژیک همگن باشند تعیین و سپس مدل‌های تناوب سیل برای هر منطقه همگن به دست می‌آید (۱۳). ریگز (۱۴) ده روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب را در ایالات متحده آمریکا مورد بررسی قرار داد و به تعیین مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر دبی سیلاب پرداخته و نتیجه گرفت که سطح حوضه مهم‌ترین و مؤثرترین پارامتر در تولید سیلاب است. پس از آن، دو عامل شیب آبراهه اصلی و متوسط بارندگی سالانه حوضه از اهمیت بیشتری نسبت به دیگر خصوصیات حوضه برخوردار می‌باشند. همچنین ریگز در تحقیقی دیگر مدل‌های منطقه‌ای سیلاب را در دوره‌های بازگشت ۲، ۲۵ و ۵۰ ساله برای حوضه‌های استوهومیش آمریکا ارائه نمود که توسط آنها دبی اوج سیلاب از روی سطح حوضه و متوسط بارندگی سالانه حوضه برآورد گردید (۱۵). استامی و هس (۱۶) روشهای مختلف تخمین دبی‌های سیلابی با دوره‌های مختلف بازگشت را برای رودخانه‌های ایالت جورجیای آمریکا به کار بردند و چنین نتیجه گرفتند که سطح حوضه معنی‌دارترین متغیر مرتبط با دبی سیلاب می‌باشد. در نتیجه منطقه مورد مطالعه از لحاظ سطح به چهار گروه نسبتاً همگن طبقه‌بندی و روابط تناوب سیل برای هر منطقه تعیین گردید. مور (۱۲) در تحقیق خود از ترکیب تحلیل منطقه‌ای سیلاب و روش رگرسیون جهت ارائه مدلی منطقه‌ای برای حوضه‌های آبخیز بریتانیا استفاده کرد و نتیجه گرفت که می‌توان با ترکیب این دو روش، مدل مناسبی برای تخمین سیل در حوضه‌های فاقد آمار بریتانیا به دست آورد. کنتی و مویسلو (۹) مدلی را برای تخمین تناوب سیل برخی از حوضه‌های کشور ایتالیا ارائه کرده، از خصوصیات فیزیکی حوضه، حداکثر سالانه دبی متوسط روزانه و دبی اوج لحظه‌ای سالانه در مدل‌های خود استفاده کردند. کندی و همکاران (۱۰) با استفاده از روش تحلیل واریانس به مقایسه روشهای مختلف تحلیل منطقه‌ای سیلاب در ایالت انتاریوی جنوبی پرداختند و چنین نتیجه گرفتند که تفاوت معنی‌داری بین روشهای فوق وجود ندارد.

در ایران اکثر تحقیقات انجام شده محدود به روش رگرسیون چندگانه بوده است (۲، ۶ و ۷). همچنین مقایسه روشهای شاخص سیلاب و رگرسیون چندگانه در حوضه آبخیز مرکزی انجام گرفته است (۸). باقری (۲) به منظور تعیین روابطی جهت تخمین دبی اوج لحظه‌ای با دوره‌های مختلف بازگشت برای حوضه‌های آبخیز فاقد آمار دبی سد زاینده رود، چند حوضه آبریز دارای آمار در منطقه را مورد مطالعه قرار داده و مدل‌های تناوب سیل منطقه‌ای را ارائه نمود که مبتنی بر سطح حوضه و متوسط بارش سالانه منطقه می‌باشد. روان بخش (۶) در بررسی سیستم رودخانه کارون، به تجزیه و تحلیل سیلابهای لحظه‌ای در شاخه‌های اصلی رودخانه کارون، خرسان، بازفت، ونک و دز پرداخته و از چند روش تحلیل منطقه‌ای جهت تعیین پارامترهای هیدرولوژیک هر حوضه استفاده کرد. اسدی (۱) به منظور بررسی وضعیت هیدرولوژیک سرشاخه‌های کارون از خصوصیات آب و هوایی منطقه استفاده کرد. او با مطالعه بارش منطقه و تغییرات جریانات سطحی حوضه‌های کوهرنگ، بازفت، ماربران و ارمند پارامترهای هیدرواقلیم حوضه رودخانه کارون را تعیین کرد. جلالی (۳) در تحقیق خود به بررسی همبستگی حداکثر دبی متوسط روزانه و دبی اوج سالانه رودخانه‌های دز، کارون و مارون پرداخت و مدل منطقه‌ای تناوب سیل دراین منطقه را ارائه نمود. دستورانی (۵) در پژوهشی به بررسی تأثیر طول آمار در پیش‌بینی سیل در آبخیزهای ایران پرداخته، نتیجه گرفت که با افزایش طول آمار دقت پیش‌بینیها با روند خاصی افزایش می‌یابد. در این تحقیق به منظور تخمین دبی‌های اوج لحظه‌ای سیلاب با دوره‌های مختلف بازگشت در منطقه مرکزی ایران، از تحلیل منطقه‌ای سیلاب (روش هیبرید) استفاده شده است. این روش برای نخستین بار توسط جالمارسون و توماس (۱۰) جهت تحلیل منطقه‌ای سیلاب در مناطق خشک ایالات نوادا، یوتای غربی،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری و زیرحوضه‌های مورد مطالعه

ایستگاه هیدرومتری	رودخانه	موقعیت جغرافیایی		ارتفاع	مساحت
		طول	عرض	(متر)	(کیلومترمربع)
اسکندری	پلاسجان	۵۰°۲۵´	۳۲°۴۸´	۲۱۳۰	۱۶۴۲
قلعه شاهرخ	شاخه اصلی زاینده‌رود	۵۰°۲۷´	۳۲°۴۰´	۲۱۰۰	۱۴۲۷
سواران	سواران	۵۰°۲۳´	۳۲°۵۲´	۲۱۷۰	۷۱۷
مندرجان	سمندگان	۵۰°۳۹´	۳۲°۴۷´	۲۱۰۰	۳۲۷
تنگ اسفرجان	زرچشمه	۵۱°۵۴´	۳۱°۳۸´	۲۲۷۰	۲۶۷
تنگ زردآلو	آب ونک	۵۱°۲۶´	۳۱°۳۸´	۲۱۵۰	۱۱۱۵
سولگان	آب ونک	۵۱°۱۶´	۳۱°۳۹´	۲۰۵۰	۱۲۷۳
بهشت آباد	بهشت آباد	۵۰°۳۸´	۳۲°۰۲´	۱۶۷۰	۳۸۲۰
وانشان	گلپایگان	۵۰°۲۱´	۳۳°۲۱´	۲۴۸۸	۳۹۴
تنگ درکش	جونقان	۵۰°۳۹´	۳۲°۰۶´	۱۹۲۰	۹۷۲
چهلگرد	کوهرنگ	۵۰°۰۷´	۳۲°۲۸´	۲۴۰۰	۲۶۸
گدارکبک	آب ونک	۵۱°۱۴´	۳۱°۴۳´	۲۱۵۰	۶۱۹
کتا	ماربر	۵۱°۱۵´	۳۱°۱۱´	۲۳۲۱	۳۰۵۹
ماربران	ماربره	۵۰°۱۲´	۳۲°۲۰´	۲۲۶۰	۱۲
حنا	حنا	۵۱°۴۶´	۳۱°۱۳´	۲۵۶۷	۷۱۲
سراب هنده	گلپایگان	۵۰°۰۰´	۳۳°۲۱´	۲۲۱۲	۷۹۲
باباحیدر	سراب	۵۰°۲۸´	۳۲°۱۷´	۲۱۵۰	۱۲۷

کالیفرنیای شرقی و آریزونای غربی در آمریکا به کار گرفته شده است.

مواد و روشها

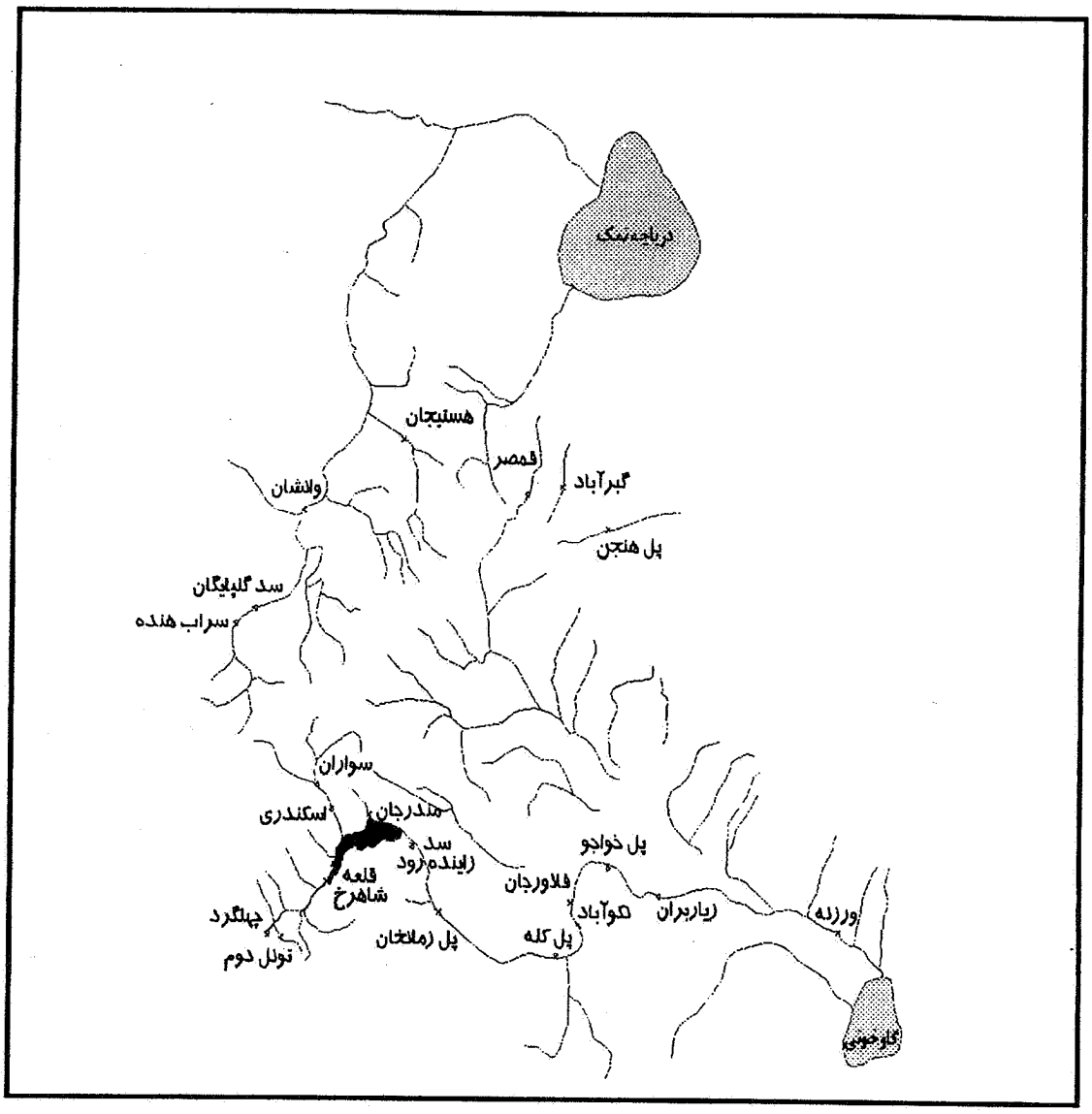
منطقه مورد مطالعه شامل دو حوضه بزرگ گاوخونی (واقع در استان اصفهان) و کارون شمالی (واقع در استان چهارمحال و بختیاری) می‌باشد. مساحت حوضه گاوخونی ۴۱۳۴۷ کیلومترمربع و مساحت حوضه کارون شمالی ۱۴۴۷۶ کیلومترمربع است.

از مجموع ۳۶ ایستگاه هیدرومتری موجود در این دو حوضه، ۱۷ ایستگاه از لحاظ هیدرولوژیک همگن بوده (۴) و مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۱ و شکلهای ۱ و ۲).

به منظور تعیین مدل‌های تناوب سیل در این مناطق از روش هیبرید استفاده شده است. تحلیل سیلاب در این مناطق همواره با مشکلاتی همچون کمبود تعداد ایستگاه‌های هیدرومتری، تعداد کم سالهای ثبت شده جریان، عدم تطابق زمانی گزارشهای موجود ایستگاه‌ها، وجود سالهای فاقد جریان و وقوع داده‌های پراکنده در گزارشها، ناشی از جریانهای نادر مواجه بوده‌است. روش هیبرید جهت غلبه بر این مشکلات پیشنهاد گردیده است. در این روش همانند روش ایستگاه- سال، گزارشهای ایستگاه‌های موجود ترکیب شده، یک گزارش واحد دراز مدت برای منطقه به دست می‌آید.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه‌های گاوخونی و دریاچه نمک

بدین ترتیب ضمن استفاده از کلیه داده‌های موجود، همچون داده‌های پراکنده، برازش توزیعهای آماری به گزارش ترکیبی به دست آمده با دقت بیشتری انجام می‌گیرد. همچنین در صورتی که گزارش موجود دارای حداقل صد ایستگاه-سال داده باشد نیازی به برون‌یابی برای برآورد دبی صد ساله نمی‌باشد و برآورد دبی‌های نادر نیز با دقت بیشتری انجام می‌گیرد.

مدل عمومی مورد استفاده در روش هیبرید همانند انواع مدل‌هایی است که معمولاً در تحلیل تناوب سیل مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$Q_t = a A^b B^c C^d \qquad [1]$$

که در آن :

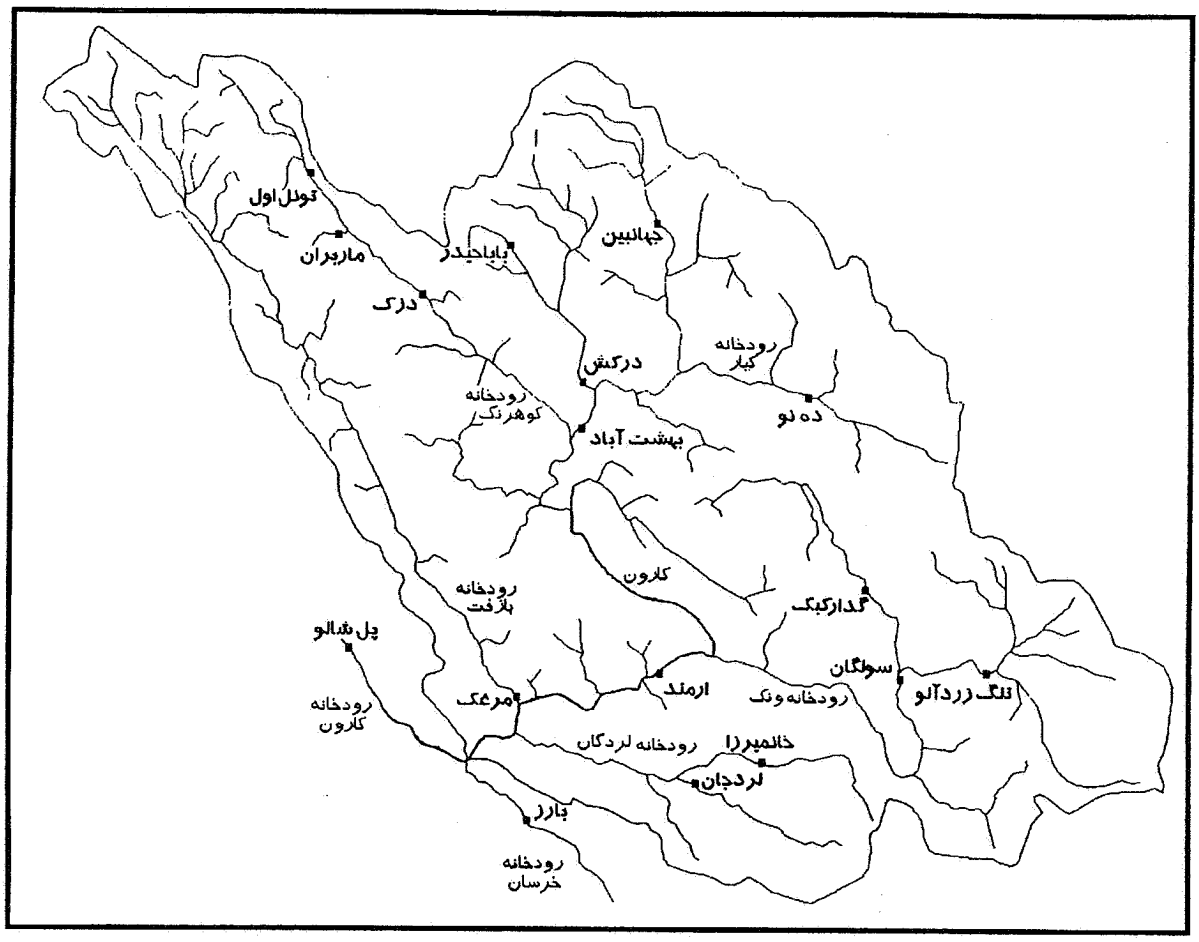
Q_t = دبی اوج با دوره بازگشت t (سال)

a = مقدار ثابت

A، B و C = پارامترهای مستقل فیزیکی و اقلیمی مورداستفاده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه کارون شمالی

b، c و d = مؤلفه‌های رگرسیون

در این تحقیق با توجه به همبستگی زیاد سطح و متوسط ارتفاع حوضه با دبی اوج سیلاب (۴)، از این دو پارامتر در ساخت مدل مذکور استفاده گردیده، رابطه فوق به صورت زیر درآمده است:

$$Q = a A^b H^c \qquad [۲]$$

که در آن A و H به ترتیب سطح و متوسط ارتفاع حوضه می‌باشد.

در مرحله نخست منطقه مورد مطالعه طبق رابطه زیر و براساس معیار سطح حوضه به چند طبقه تقسیم می‌گردد:

$$J \leq Nf / ۱۰۰ \qquad [۳]$$

که در آن :

J = حداکثر تعداد طبقات

Nf = مجموع تعداد ایستگاه-سال آمار موجود

میانگین وزنی سطح حوضه در هر طبقه طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\overline{A}_i = \text{antilog}\left[\frac{\sum_{j=۱}^{g}\sum_{k=۱}^{h} \text{Log}\, A_{ijk}}{gh}\right] \qquad [۴]$$

که در آن :

$\overline{A}_i$ = میانگین وزنی سطح حوضه در طبقه i

A_{ijk} = سطح حوضه در ایستگاه j در طبقه i و در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]

ایستگاه-سال k

i = تعداد طبقات (f...و ۲و ۱=i)

j = تعداد ایستگاه‌های موجود در طبقه i (g...و ۲و ۱=j)

k = تعداد سالهای ایستگاه j در طبقه i(h...و ۲و ۱=k)

اولین مرحله از فرایند تکراری هیبرید برای پارامتر اول (سطح حوضه) ، با استاندارد کردن دبی‌های اوج سالانه شروع می‌شود. طبق رابطه زیر با تقسیم هر دبی بر سطح حوضه مربوطه، دبی‌های اوج سالانه استاندارد می‌شوند:

$$S_{ijk} = \frac{Q_{ijk}}{A_{ijk}^{-b}} \qquad [۵]$$

که در آن :

S_{ijk} = دبی اوج استاندارد k در ایستگاه j و طبقه i

Q_{ijk} = دبی اوج سالانه k در ایستگاه j و طبقه i

$\overline{A}_{ijk}$ = میانگین وزنی سطح k در ایستگاه j و طبقه i

مقدار اولیه b برای تکرار اول معادل با یک در نظر گرفته می‌شود.

مقادیر S_{t_i} (دبی استاندارد سیلاب با دوره بازگشت t) در هر طبقه، با برازش منحنیهای تناوب سیل با دبی‌های اوج استاندارد شده و یا با استفاده از یک فرمول توزیع تجربی تعیین می‌شود. جهت به دست آوردن مقادیر دبی اوج در دوره بازگشت t در هر طبقه می‌بایستی مقادیر S_{t_i} به دست آمده، طبق رابطه زیر غیر استاندارد شود:

$$Q_{t_i} = S_{t_i} (\overline{A}_i)^b \qquad [۶]$$

که در آن :

Q_{t_i} = دبی سیلاب با دوره بازگشت t در طبقه i

S_{t_i} = دبی اوج استاندارد طبقه i در دوره بازگشت t

$\overline{A}_i$ = میانگین وزنی سطح طبق رابطهٔ ۴

متغیر وابسته Q_{t_i} در هر مرحله از فرایند تکراری هیبرید تغییر می‌کند، تا زمانی که مؤلفه b به مقدار ثابت برسد. مؤلفه جدید b_t برای دوره بازگشت مورد نظر عبارتست از :

$$b_t = \frac{\sum_{i=1}^{f} \overline{A}_i Q_{t_i} - \frac{\left[\sum_{i=1}^{f} \overline{A}_i \sum_{i=1}^{f} Q_{t_i}\right]}{f}}{\sum_{i=1}^{f} \overline{A}_i^{\,2} - \frac{\left[\sum_{i=1}^{f} \overline{A}_i\right]^2}{f}} \qquad [۷]$$

مراحل بعدی فرایند هیبرید با قراردادن b_t حاصل از رابطه فوق در معادله ۵ آغاز می‌شود و این فرایند آنقدر تکرار می‌شود تا مقدار b ثابت شود. معمولاً مؤلفه b پس از یک یا دو تکرار ثابت می‌شود.

نتایج و بحث

منطقه مورد مطالعه شامل ۱۷ زیر حوضه همگن با وسعت بین ۱۲ تا ۳۸۲۰ کیلومترمربع است. زیر حوضه‌های مذکور در دو حوضه اصلی گاو خونی و کارون شمالی واقع بوده و مجموعاً دارای ۳۱۱ ایستگاه- سال آمار ثبت شده می‌باشند (شکل ۱ و ۲). بنابراین طبق رابطه ۳، حداکثر تعداد نواحی مطالعاتی ۳ ناحیه بوده که به شرح زیر می‌باشد:

ناحیه ۱- با وسعت ۱۲ تا ۶۱۹ کیلومترمربع شامل زیر حوضه‌های آبخیز ایستگاه‌های ماربران، باباحیدر، تنگ اسفرجان، چهلگرد، منذرجان، وانشان و گدارکبک

ناحیه ۲- با وسعت ۷۱۲ تا ۱۴۲۷ کیلومترمربع شامل زیرحوضه‌های آبخیز ایستگاه‌های حنا، سواران، سراب هنده، تنگ درکش، تنگ زردآلو و قلعه شاهرخ

ناحیه ۳- با وسعت ۱۶۴۲ تا ۳۸۲۰ کیلومترمربع شامل زیر حوضه‌های آبخیز ایستگاه‌های سولگان، اسکندری، کتا و بهشت‌آباد

با استفاده از رابطه ۴، میانگین وزنی پارامترهای مورد بررسی در رابطه ۲ (H و A) تعیین می‌گردد. مقادیر میانگین وزنی سطح و ارتفاع نواحی مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده‌است.

فرایند تکراری هیبرید، با ترکیب آمار موجود در هر ناحیه و تهیه گزارش درازمدت برای هر ناحیه شروع و مقادیر استاندارد شده دبی در هر ناحیه طبق رابطه ۵ به دست آمد، به طوری که

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]

جدول ۲- میانگین وزنی پارامترهای مورد بررسی در نواحی مطالعاتی

پارامتر / ناحیه	میانگین وزنی سطح (کیلومترمربع)	میانگین وزنی ارتفاع (متر)
I	۲۴۲/۴۲	۲۵۸۸
II	۹۲۸/۱۶	۲۴۴۷
III	۱۰۱۰/۲۲	۲۴۴۴

جدول ۳- مقادیر تخمینی S_{ijk} در نواحی مطالعاتی و در تکرار اول

دوره بازگشت	نواحی مطالعاتی ۱	۲	۳
۲	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱
۵	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۳۸
۱۰	۰/۳۸	۰/۲۱	۰/۷۸
۲۵	۰/۶۹	۰/۳	۱/۶۹
۵۰	۱/۰۲	۰/۳۶	۲/۸۱
۱۰۰	۱/۴۵	۰/۴۲	۴/۴۴

جدول ۴- مقادیر تخمینی $Q_t\ (m^3/s)$ در نواحی مورد مطالعه و در تکرار اول

دوره بازگشت	نواحی مطالعاتی ۱	۲	۳
۲	۱۷	۵۶	۱۰۱
۵	۵۱	۱۳۰	۳۸۴
۱۰	۹۲	۱۹۵	۷۸۸
۲۵	۱۶۷	۲۷۹	۱۷۰۷
۵۰	۲۴۷	۳۳۴	۲۸۳۹
۱۰۰	۳۵۲	۳۹۰	۴۴۸۵

مقدار اولیه b معادل یک در نظر گرفته شد. با استفاده از روشهای متداول آماری، توزیعهای مختلف آماری (نرمال، لوگ نرمال، پیرسون، لوگ پیرسون، گامبل، لوگ گامبل، گاما و لوگ گاما) به آمار ترکیبی برازش داده شده، پس از تعیین بهترین توزیع برای هر ناحیه، به سه روش متداول آزمون برازش یعنی حداقل مربعات، کلموگرف اسیمرنوف و کااسکوئر، دبی‌های سیلابی با دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله استخراج گردید (جدول ۳).

به منظور تعیین دبی اوج t در هر ناحیه، مقادیر Q_t طبق رابطه ۶ تعیین می‌شود(جدول ۴). با استفاده از رابطه (۷) مقدار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]

جدول ۵- مقادیر تخمینی b_t در منطقه مورد مطالعه و در تکرار اول

دوره‌بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
b	۰/۰۹۸	۰/۲۶۴	۰/۴۱۲	۰/۶۳۶	۰/۸۲۵	۱/۰۳

جدول ۶- مقادیر تخمینی b_t در منطقه مورد مطالعه و در تکرار نهایی

دوره‌بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
b	۰/۱	۰/۲۶۶	۰/۴۱۲	۰/۶۳۶	۰/۸۳	۱/۰۳

وزنی b_t (مؤلفه اول رابطه ۲) برای هر ناحیه و به منظور استفاده در تکرار دوم رابطه ۵ محاسبه گردید(جدول ۵). تکرار دوم فرایند هیبرید از رابطه ۵ آغاز می‌شود، به طوری که مقدار b_t در این رابطه از جدول ۵ به دست می‌آید. فرایند فوق آنقدر تکرار می‌گردد تا مقدار b ثابت شود (جدول ۶).

همانگونه که قبلاً ذکر شد، هر یک از مؤلفه‌های رگرسیون معادله ۲ به طور جداگانه تعیین می‌گردد. در گام بعد و به منظور تعیین مؤلفه c ، عامل دوم یعنی ارتفاع (H) مورد بررسی قرار گرفته و روند قبل تکرار می‌شود با این تفاوت که در رابطه ۵ به جای دبی‌های اوج ایستگاه‌های مورد مطالعه از مقادیر دبی‌های استاندارد، به دست آمده در آخرین تکرار مؤلفه قبل، استفاده می‌شود. مقدار ثابت مدل یعنی ضریب a نیز طی فرایند آخرین عامل مورد استفاده در مدل تعیین و نهایتاً تناوب سیل منطقه‌ای به صورت زیر به دست آمده است:

$$Q_{۲} = ۳۰ A^{۰/۱} H^{-۰/۰۳۷} \quad [۸]$$

$$Q_{۵} = ۳۵ A^{۰/۲۶۶} H^{-۰/۱۲۱} \quad [۹]$$

$$Q_{۱۰} = ۳۰ A^{۰/۴۱۲} H^{-۰/۱۸۴} \quad [۱۰]$$

$$Q_{۲۵} = ۲۰ A^{۰/۶۳۶} H^{-۰/۲۴۷} \quad [۱۱]$$

$$Q_{۵۰} = ۲۲ A^{۰/۸۳} H^{-۰/۲۶۶} \quad [۱۲]$$

$$Q_{۱۰۰} = ۱۰ A^{۱/۰۳} H^{-۰/۲۴۸} \quad [۱۳]$$

که در آنها :

Q_t = دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت t (مترمکعب بر ثانیه)

A = سطح حوضه آبخیز (کیلومترمربع)

H = ارتفاع متوسط حوضه (متر)

آزمون خطا

به منظور بررسی دقت مدل‌های به دست آمده، نخست مدل‌های رگرسیون چند متغیره خطی تناوب سیل برای منطقه مورد مطالعه تعیین می‌گردد. لازم به ذکر است که سایر مدل‌های رگرسیون (همچون رگرسیون غیرخطی، رگرسیون چندگانه لگاریتمی) نیز مورد بررسی قرار گرفته، که از ضریب همبستگی پایین‌تری برخوردار بود. بدین منظور آمار مشاهداتی ایستگاه‌های مورد مطالعه با توزیعهای مختلف آماری برازش و مناسب‌ترین توزیع انتخاب و سپس مقادیر دبی اوج با دوره‌های بازگشت مختلف استخراج شد. با استفاده از رگرسیون چندگانه بین این مقادیر و پارامترهای سطح و متوسط ارتفاع حوضه، مدل‌های رگرسیون به صورت زیر می‌باشد:

$$Q_{۲} = ۰/۰۱۵\,A + ۰/۰۱۶\,H$$

$$R\text{-}S_q = ۰/۶۴ \quad SE = ۷۵ \quad n = ۱۷ \quad [۱۴]$$

$$Q_{۵} = ۰/۰۲\,A + ۰/۰۳\,H$$

$$R\text{-}S_q = ۰/۶۱ \quad SE = ۱۱۱ \quad n = ۱۷ \quad [۱۵]$$

$$Q_{۱۰} = ۰/۰۳\,A + ۰/۰۵\,H$$

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]

جدول ۷- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری و زیرحوضه‌های ارمند و مرغک

ایستگاه هیدرومتری	رودخانه	موقعیت جغرافیایی		ارتفاع	مساحت
		طول	عرض	(متر)	(کیلومترمربع)
ارمند	کارون	۵۰°۴۵′	۳۱°۴۰′	۱۰۶۰	۳۰۰
مرغک	بازفت	۵۰°۳۰′	۳۱°۴۳′	۹۸۰	۲۱۴۸

$R\text{-}S_q = ۰/۶۰ \quad SE=۱۵۳ \quad n=۱۷$ [۱۶]

$Q_{۲۵} = ۰/۰۳\,A + ۰/۰۹\,H$

$R\text{-}S_q = ۰/۴۸ \quad SE=۳۱۳ \quad n=۱۷$ [۱۷]

$Q_{۵۰} = ۰/۰۳\,A + ۰/۱۶\,H$

$R\text{-}S_q = ۰/۳۳ \quad SE=۶۶۰ \quad n=۱۷$ [۱۸]

$Q_{۱۰۰} = ۰/۰۱\,A + ۰/۳۳\,H$

$R\text{-}S_q = ۰/۲۰ \quad SE=۹۰۷ \quad n=۱۷$ [۱۹]

که در آن :

Q_t = دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت t (مترمکعب برثانیه)

A = سطح حوضه (کیلومتر مربع)

H = ارتفاع متوسط حوضه (متر)

$R\text{-}S_q$ = مجذور ضریب همبستگی

SE = خطای استاندارد

n = تعداد ایستگاه

معادلات ۱۴ تا ۱۹ نشان می‌دهد که در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ و برای دوره‌های بازگشت کوتاه مدت، روابط نسبتاً معنی‌داری بین دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب با سطح و متوسط ارتفاع حوضه‌های آبخیز وجود دارد و با افزایش طول دوره بازگشت ضریب همبستگی کاهش می‌یابد.

در ادامه، مقادیر خطای نسبی مدل‌های هیبرید با مقادیر نسبی خطای مدل‌های فوق مقایسه گردید. بدین منظور از آمار دو ایستگاه واقع در منطقه، که قبلاً در معادلات هیبرید و رگرسیون مورد استفاده قرار نگرفته و تعداد داده‌های مشاهده‌ای کافی دارند، یعنی ایستگاه‌های ارمند و مرغک، استفاده شده است (جدول ۷). بدین ترتیب مقادیر تخمینی دبی در دو ایستگاه فوق طبق مدل‌های هیبرید و رگرسیون تعیین و با مقادیر مشاهده‌ای دبی ایستگاه‌های فوق مقایسه و طبق رابطه زیر مقادیر خطای مدل‌های فوق تعیین گردید (جدول ۸) :

$$Bias\,(\%) = [(Q_t - \hat{Q}_t)/Q_t] \times ۱۰۰ \qquad [۲۰]$$

که در آن :

Bias (%) = درصد نسبی خطا

Q_t = مقادیر مشاهده‌ای دبی

$\hat{Q}_t$ = مقادیر تخمینی دبی

همان‌گونه که در جدول ۸ دیده می‌شود برای دوره‌های بازگشت کم تا متوسط، مقادیر درصد نسبی خطا طبق روش هیبرید، در مقایسه با روش رگرسیون کمتر است، که بیانگر دقت بیشتر مدل هیبرید در مقایسه با مدل رگرسیون می‌باشد. بنابراین با توجه به آن که در مناطق خشک جریانهای آبی از لحاظ کمی کوچک و از لحاظ دوره زمانی کوتاه مدت هستند، نیازی به طراحی سازه‌های آبی بزرگ همچون سدهای مخزنی نمی‌باشد. در این مناطق جهت بهره‌برداری بهینه از منابع آب عمدتاً از روشهای آبخیزداری مثل استحصال آب، پخش سیلاب یا انحراف جریان آب استفاده می‌شود. طراحی سازه‌های آبی در مناطق خشک مبتنی بر دوره‌های بازگشت کوتاه تا متوسط می‌باشد، لذا با توجه به دقت خوب روش هیبرید و همچنین مزایای این روش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]

جدول ۸- مقایسه مقادیر نسبی خطای مدل‌های رگرسیون و هیبرید

ایستگاه	مدل‌انتخابی	دوره بازگشت (سال)					
		۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
ارمند	رگرسیون	۳۴	۵۲	۷۲	۹۴	۱۲۷	۲۴۷
	هیبرید	۲۳	۳۸	۶۷	۸۶	۱۶۵	۳۲۲
مرغک	رگرسیون	۲۳	۳۷	۵۵	۷۸	۱۱۴	۲۲۵
	هیبرید	۱۸	۳۲	۴۵	۸۹	۱۷۹	۲۹۴

که قبلاً توضیح داده شد، می‌توان به منظور تحلیل منطقه‌ای سیلاب در مناطق خشک از این روش استفاده کرد. به علاوه همان گونه که در جدول ۷ دیده می‌شود، با افزایش طول دوره آماری، درصد خطای هر دو مدل افزایش می‌یابد که بیانگر نیاز به وجود تعداد بیشتر داده‌های مشاهداتی جهت تعیین دقیق‌تر دبی با دوره‌های بازگشت بالا می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود به منظور تحلیل دقیق‌تر تناوب سیل در این مناطق، علاوه بر ا... فاده از تعداد بیشتری ایستگاه‌های هیدرومتری، روشهای دیگر تحلیل منطقه‌ای سیلاب به غیر از روش رگرسیون و هیبرید نیز مورد بررسی و با یکدیگر مقایسه گردد.

سپاسگزاری

از مسئولین و همکاران محترم مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام اصفهان به خاطر ایجاد تسهیلات لازم در جهت اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱- اسدی، ع. ۱۳۷۶. بررسی هیدرولوژی سرشاخه‌های کارون. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته منابع اب، دانشگاه تهران.
۲- باقری، ر. ۱۳۷۲. تعیین دبی ماکزیمم لحظه‌ای در حوضه‌های آبریز فاقد آمار سد زاینده رود. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳- جلالی، ع. ۱۳۶۹. گزارش هواشناسی حوضه‌های کرخه، دز، کارون و زاینده‌رود. طرح جامع آب کشور.
۴- چاوشی، س. ۱۳۷۷. منطقه‌ای کردن برآورد دبی حداکثر سیلاب در مناطق خشک طبق روش هیبرید. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته بیابانزدایی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۵- دستورانی، م. ۱۳۷۵. بررسی تأثیر طول آمار در پیش‌بینی سیل در ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس.
۶- روان بخش، ع. ۱۳۶۷. بررسی هیدرولوژی حوضه آبریز کارون. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته منابع آب، دانشگاه تهران.
۷- موسوی، ه. ۱۳۶۶. تخمین دبی ماکزیمم روزانه در حوضه‌های آبریز فاقد آمار استان فارس. مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، ص ۳۱۵-۲۸۴.
۸- هنربخش، ا. ۱۳۷۴. آنالیز منطقه‌ای سیلاب در حوضه آبخیز مرکزی. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبخیزداری، دانشگاه تهران.

9- Caunti, P. and U. Moisello. 1987. Methods for estimating the peak discharge through the records of mean daily discharge. Proceedings of the International Symposium on Flood Frequency and Risk Analysis, Louisiana State University, Baton Rouge, PP. 177-184.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]

10- Condie, R.P., J. Pilon, K.D. Harvey and H.Goertz. 1987. Camparison of regional flood frequency methods in southern Onthario using analysis of variance techniques. Proceedings of the International Symposium on Flood Frequency and Risk Analysis, Louisiana State University, Baton Rouge, PP. 213-222.

11- Hjalmarson, H.W. and B.E. Thomas. 1992. New look at regional flood frequency relations for arid lands. J. Hyd. Eng. 118(6):868-886.

12- Moore, R.J. 1987. Combined regional flood frequency analysis and regression on catchment characteristics by maximum likelihood estimation. Proceedings of the International Symposium on Flood Frequency and Risk Analysis, Louisiana State University, Baton Rouge, PP. 119-131.

13- Mosely, M.P. 1981. Delimitation of New Zealand hydrologic regions. J. Hyd. 49:173-192.

14- Riggs, H.C. 1973. Regional Analysis of Stream Flow Characteristics. Techniques of Water-Resources Investigations, USGS Publications, Book 4.

15- Riggs, H.C. 1990. Estimating flow characteristics at ungaged sites, IAHS Publication, No. 190, PP 159-170.

16- Stamey, T.C. and G.W. Hess. 1993. Techniques for estimating magnitude and frequency of floods in rural basins in Georgia. Water Resources Investigations Report 93-4016, USGS Publications, 94 P.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.4.9]