داریوش زارع، کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی
دکتر حسین لشکری، دانشگاه شهید بهشتی

D. Zare
H. Lashkari, Ph.D.

شماره مقاله: ۵۸۴

تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضهٔ رودخانهٔ زهره

چکیده

در ایـن تحقـیق روابـط و مدلهایـی بـه منظور برآورد دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشتهای مختـلف در نقاط فاقد ایستگاه هیدرومتری در حوضهٔ *رودخانه زهره* ارائه گردیده است. به همین منظور، پـس از بررسـی کلـیهٔ ایسـتگاههای هیدرومتری موجود، تعداد ۱۲ ایستگاه که دارای شرایط لازم برای شـرکت در تحلـیل منطقه ای بودند انتخاب گردید. سپس بین مقادیر دبی با دوره برگشتهای مختلف در محـل ایسـتگاههای مذکـور و عوامـل مؤثر بر سیلاب در بالادست آنها، با استفاده از روش رگرسیون چندگانه ساده و لگاریتمی و با استفاده از روشهای پیشرو، پسرو و گام‌به‌گام، روابط و مدلهای زیر ارائه گـردید کـه بـا استفاده از آنهامی‌توان مقادیر دبی یا دوره برگشتهای مختلف را در زیرحوضه‌های فاقد ایستگاه یا هر نقطه دلخواه از حوضه به دست آورد:

$$QT_2 = Antilog\ [-9.9611 + 1.0358 Log\ A + 4.7754\ Log P_{24}]$$
$$QT_5 = Antilog\ [0.6423\ Log\ A + 0.4774 Log FVA]$$
$$QT_{10} = Antilog\ [-5.9149 + 0.8850 Log A + 0.2905 Log FVA + 2.8902 Log\ P_{24}]$$
$$QT_{25} = Antilog\ [-4.7504 + 0.8576 Log A + 0.3060 Log FVA + 2.3683 Log P_{24}]$$
$$QT_{50} = Antilog [-0.0119 + 0.7460 Log A + 0.4508 Log FVA]$$
$$QT_{100} = Antilog\ [0.0748 + 0.7426 Log A + 0.4337 Log FVA]$$
$$QT_{200} = Antilog\ [0.1572 + 0.7386 Log A + 0.4159 Log FVA]$$

بررسی مدلهای پیشنهادی نشان‌می‌دهدکه ازمیان سایرعوامل مؤثر بر سیلاب، سه‌عامل مساحت (A)، متوسـط حداکـثر بارشهای۲۴ساعته(P_{24}) و درصد مساحت پوشیده شده از جنگل(FVA) در مقایسه با سایر عوامل، تأثیری معنا دارتر بر روی مقادیر دبی‌های حداکثر لحظه ای بـا دوره برگشتهـای مختـلف (QT_I)دارند. به علاوه، ضریب تعیین کلیه الگوها نزدیک به یک بوده و حاکی از این است که نزدیک به صد درصد از تغییرات در میزان QT_I به وسیله سه متغیر فوق تبیین می‌گردد.

کلید واژه‌ها: رودخانه زهره، تحلیل منطقه‌ای سیلاب، پیش‌بینی‌دبی‌ها، حداکثر سیلاب، دورهٔ برگشت.

مقدمه

کمبود یا فقدان داده‌های ثبت شدهٔ مربوط به جریانهای آبی، یکی از مشکلات عمده در کلیه کشورها بخصوص کشورهای در حال توسعه است. این کمبود هم جنبهٔ مکانی دارد و هم زمانی؛ از نظر مکانی با توجه به وسعت زیاد حوضه‌های‌رودخانه‌ای، ایستگاههای‌هیدرومتری بر روی کلیهٔ شاخه‌ها و انشعابهای رودخانه‌ها تأسیس نشده و ایجاد و تأسیس آنها مستلزم صرف هزینه و نیروی انسانی کافی و کارآمد است. از نظر زمانی نیز طول دورهٔ آمار برداری در اکثر ایستگاههای دایر کنونی کمتر از سی سال است که مشکلات خاص خود را دارد و عمدتاً به تطویل و بازسازی نیازمند است. با توجه به مراتب فوق، اجرای هرگونه طرح یا سازه‌ای بر روی انشعابهای فاقد ایستگاههای اندازه‌گیری و نیز ادارهٔ منابع آبخیز، با مشکل همراه است.

حوضه رودخانه زهره با وسعتی بالغ بر ۱۳۰۱۲ کیلومترمربع، در جنوب غربی کشور، یکی از رودخانه های مهمّ حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان به شمار می‌رود. و سطح آن بین ۴۹ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. متوسط دبی سالانه این رودخانه طی یک دوره آماری بیست ساله، ۰۴ / ۸۱ متر مکعب در ثانیه بوده است. حوضه مورد مطالعه نیز به علت گستردگی و وسعت زیاد و نیز دارا بودن انشعابها و شاخه های فرعی زیاد، از مشکلات فوق به دور نبوده و ایستگاههای هیدرومتری موجود در حوضه در مقایسه با شاخه‌های مختلف رودخانه‌ای اندک و عمدتاً بسیاری از زیرحوضه‌ها فاقد ایستگاه هیدرومتری می‌باشند.

هدف تحقیق

از آنجا که پیش‌بینی دبی‌های حداکثر سالانه و تناوب وقوع آنها در محاسبات مربوط به طرحهای آبی (نظیر سریز سدها و نیز مخازن آنها، تأسیس شبکه‌های انتقال آب و نیز طرحهای گسترش سیلاب) از اهمیت خاصی برخوردار بوده و از طرفی تاکنون مطالعه‌ای جامع در رابطه با پیش‌بینی وقوع سیلاب در نقاط فاقد آمار در حوضه مورد مطالعه صورت نگرفته است، نگارنده تلاش نموده تا با ایجاد روابطی بین دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشتهای مختلف در نقاط دارای داده‌های مشاهده‌ای (به عنوان متغیر وابسته) و عوامل مؤثر بر ایجاد سیل (نظیر مساحت حوضه، شیب حوضه و...) به عنوان متغیرهای مستقل، روابطی را به صورت معادلـه برای حوضه مورد مطالعه ارائه نماید که با استفاده از این روابط بتوان در زیرحوضه‌های فاقد ایستگاه هیدرومتری یاهر نقطهٔ دلخواه از حوضه، دبی با دوره برگشتهای مختلف را محاسبه نمود.

مواد و روشها

روشهای گوناگونی برای برآورد سیلاب در نقاط و حوضه‌های فاقد ایستگاههای اندازه‌گیری دبی وجود دارد که عمده‌ترین این روشها را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱. تبدیل و انتقال اطلاعات[1]
۲. استفاده از معادلات تجربی[2]
۳. هیدروگراف واحد سنتتیک[3]
۴. روندیابی سیل[4]
۵. استفاده از روابط بین باران و روانآب
۶. تحلیل منطقه‌ای سیلاب[5]

تحلیل منطقه‌ای سیلاب و روشهای آن

در نقاط دارای داده‌های مشاهده‌ای می‌توان با استفاده از توزیعهای مختلف، فراوانی و برآورد پارامترهای آن، به سادگی به بسط زمانی مشاهدات پرداخت و مقادیر سیل با دوره برگشتهای مختلف را برآورد نمود. اما متأسفانه اغلب در محل اجرای پروژه‌ها، هیدرولوژیستها چنین داده‌هایی را در اختیار ندارند. تحلیل منطقه‌ای روشی است که با استفاده از آن می‌توان به حلّ این مشکل پرداخت. به عبارت دیگر، تحلیل منطقه‌ای روشی است که داده‌های موجود و محدود منطقهٔ مورد نظر را به روشهای مختلف برای تمام منطقه تعمیم می‌دهد؛ بدین صورت که پس از بررسی داده‌های مشاهده شده موجود و خصوصیات مؤثر بر آنها، روابطی به صورت معادلات یا منحنیهایی برای منطقهٔ مورد نظر ارائه می‌شود (*معاون هاشمی، ۱۳۶۹*).

روشهای متداول در تحلیل منطقه‌ای سیلاب عبارتند از:

۱. روش معیار سیلاب (IFM)[6]
۲. روش شبکه‌های مربعی (SGM)[7]
۳. روش هیبرید (HM)[8]

1-Data Transfer Method.
2-Empirical Equation.
3-Synthetic Untt Hydrograph.
4-Flood Routing.
5-Regional Flood Frequancy Analysis.
6- Index Flood Method.
7- Square Grid Method.
8- Hybrid Method.

۴. روش رگرسیون چندگانه (MRM)[9]

از آنجا که در این تحقیق از روش رگرسیون چندگانه در تحلیل منطقه‌ای سیلاب استفاده شده است، به اختصار به شرح این روش می‌پردازیم (علاقه‌مندان‌می‌توانندبرای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص سایر روشهای تحلیل منطقه‌ای، به منابع شماره ۲ ، ۴ ، ۵ و ۹ ذکر شده در پایان مقاله مراجعه نمایند).

لازم به ذکر است، در کلیه روشهای تحلیل منطقه‌ای ـ چه در تحلیل منطقه ای سیلاب و چه در روشهای تحلیل منطقه‌ای داده‌های بارندگی ـ باید همگنی منطقه از نظر آماری مشخص و چنانچه بخشی از منطقه فاقد همگنی لازم باشد از تحلیل حذف گردد. در هیدرولوژی، روشهای مختلفی برای جداسازی نواحی همگن ارائه گردیده است (*Chow Vente, 1964, 12*) . در این تحقیق از آزمون همگنی لانگبین[10] استفاده گردیده است.

فرایند روش رگرسیون چندگانه درحوضه‌مورد مطالعه

مدلهای رگرسیونی‌منطقه‌ای، مدتهاست برای پیش‌بینی مقادیر سیلاب در محلهای فاقد ایستگاه اندازه‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر اساس یک تست گسترده، این روش از مدلهای پیچیده باران ـ رواناب، بهتر بوده است. (*Stedinger, 1992, 1801*)

کراف[11]و رانتز[12] پس از مطالعه روشهای گوناگون تحلیل منطقه‌ای سیلاب، دریافتند که تکنیک رگرسیون پیش‌بینی کنندهٔ بهتری نسبت به روش شاخص سیلاب یا برازش توزیع‌های فراوانی نظری بر داده‌های ثبت شده تاریخی است. (*Viessman, 1969*)

در هیدرولوژی، روش همبستگی چندگانه اغلب به منظور به دست آوردن مدل خطی جهت پیش‌بینی مقادیر مشاهده شدهٔ متغیر وابسته (در این تحقیق دبی‌های‌حداکثرلحظه‌ای سالانه) به‌کار می‌رود. شکل کلی مدلهای به کار رفته در تحلیل منطقه‌ای، مشابه رابطه زیر است:

$$Y = A + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + \ldots + B_KX_K + E$$

که A، B_1، B_2، B_3، ... و B_K ضرایب‌ثابت معادله و X_1 ، X_2 ، X_3 و ... و X_K متغیرهای مستقل بوده و E نیز متغیر تصادفی است، با توزیع نرمال که میانگین صفر و واریانس برابر با واریانس متغیرهای مستقل دارد (*معاون هاشمی، ۱۳۶۹*).

9- Multiple Regression Method.
10 - Langbein Homogeneity Test.
11-Cruff.
12-Rantz.

مزیت استفاده از روش رگرسیون چندگانه در تحلیل منطقه‌ای سیلاب آن است که می‌توان دبی با دورهٔ برگشتهای مختلف را (به‌عنوان متغیر وابسته) به عوامل مؤثر بر سیلاب (به عنوان متغیر مستقل) نسبت داد.

انتخاب آن دسته از عوامل مؤثر بر سیلاب به عنوان متغیرهای مستقل که نقش اساسی را در مقادیر سیلاب با دوره برگشتهای مختلف دارند، از مراحل عمدهٔ تحلیل منطقه‌ای سیلاب در روش رگرسیون‌چندگانه است. به منظور انتخاب مؤثرترین متغیرهای مستقل در روش رگرسیون چندگانه، روشهای مختلفی وجود دارد که عمده‌ترین آنها عبارتند از:

۱. انتخاب کلیهٔ متغیرهای ممکن

۲. انتخاب متغیرها به روش پیش رونده[۱۳]

۳. حذف پس رونده[۱۴]

۴. انتخاب متغیرها به روش گام به گام[۱۵].

به منظور تشخیص مناسب‌ترین مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب، می‌توان مدلهای خطی و لگاریتمی را با هر یک از روشهای پیش‌رو، پس‌رو و گام‌به‌گام در هر روش با ضریب ثابت و بدون ضریب ثابت مورد مقایسه‌قرار داد و بر اساس دو آمار R^2 (ضریب تعیین که مربع ضریب همبستگی است) و SE (خطای استاندارد برآورد) بهترین مدل را تشخیص داد.

بدین ترتیب، در این تحقیق از روش رگرسیون چندگانه (MRM) استفاده شد و مدلهایی برای تخمین دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشتهای مختلف در حوضهٔ رودخانه زهره ارائه گردید. به همین منظور، کلیه ایستگاههای هیدرومتری موجود در حوضه مورد بررسی قرار گرفت و ایستگاههایی که علاوه بر دارابودن شرایط لازم جهت شرکت در تحلیل، دارای حداقل یک دوره یازده ساله آماری بودند، ایستگاههای برگزیده شناخته شدند. سپس، به منظور حذف اثر دوره‌های خشکسالی و ترسالی، دوره آماری ۷۶-۱۳۵۰ به عنوان پایه زمانی مشترک جهت مطالعه دبی‌های حداکثر لحظه‌ای انتخاب گردید. سپس برای حصول اطمینان از صحت و همگنی داده ها و نیز بازسازی و تطویل آنها، داده‌های موجود مورد کنترل و بررسی قرار گرفت و پس از انجام آزمون همگنی به روش دنباله‌ها، داده‌های موجود همگن تشخیص داده شد.

13-Forward Selection.
14-Backward Deletion.
15-Step-Wise Selection.

همچنیـــن، به منظور شناسایی داده‌های مشکوک، مقادیر ثبت شدهٔ دبی‌های حداکثر لحظه ای ســالانه مـورد بررســی قــرار گرفــت. به همین منظور، چنانچه در ایستگاههای بالادست سیلابی گزارش شده بود که در ایستگاههای پایین دست حوضه در همان روز یا حداکثر روز بعد از آن بــه ثبت نرسیده بود، داده‌های مربوط به سیلاب مذکور مشکوک به نظر رسید و اصلاح گردید. بــه عــلاوه، از آنجا که مطالعات تجربی در سطح جهان و نیز ایران نشان می‌دهد، نسبت بین دبی ســیل ماکــزیمم لحظه‌ای و ماکزیمم روزانهٔ گزارش شده در محل ایستگاههای اندازه‌گیری برای حوضــه‌هــای مختــلف از ۱/۱ تا ۲ و حداکثر ۳ در تغییر می‌باشد؛ بنابراین در کلیه ایستگاههای مــورد مطالعــه، در مواردی که این نسبت مقادیر نامعقولی را نشان می‌داد آمار مذکور مشکوک تلقی گردید و نسبت به تصحیح آن اقدام به عمل آمد.

همچنیـــن، آن دسته از خصوصیات فیزیکی، اقلیمی و هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز که از نظــر تــئوری بــه نظر می‌رسید در میزان دبی سیلاب حوضه مؤثر باشند به عنوان عوامل مؤثر بر ســیلاب منظور گردید و به تفکیک در زیرحوضه‌های بالادست هر یک از ایستگاههای شرکت کننده در تحلیل محاسبه گردید که عوامل مذکور عبارتند از:

A - مساحت (Km^2)　　C.C- ضریب فشردگی

H - ارتفاع متوسط (m)　　T.C - زمان تمرکز (ساعت)

S - شیب متوسط%

DVA - درصد مساحت پوشیده شده از پوشش گیاهی غالب

SV- شیب در جهت شمالی – جنوبی %

FVA - درصد مساحت پوشیده شده از جنگل

SH - شیب در جهت شرقی – غربی %

P_{24} - میانگین حداکثر بارشهای ۲۴ ساعته حوضه (mm)

SR - شیب آبراهه اصلی (m/Km)

PA - متوسط بارندگی سالانه حوضه (mm)

LR - طول آبراهه اصلی (Km)

PR_{24}- نسبت میانگین حداکثر بارشهای۲۴ساعته به متوسط بارندگی سالانه %

Dd - تراکم زهکشی (Km/Km^2)

جــدول شــماره ۱، نــتایج حاصــل از محاســبهٔ خصوصــیات عوامــل مؤثر بر سیلاب را در زیرحوضه‌های بالادست ایستگاههای هیدرومتری مورد مطالعه، نشان می‌دهد.

جدول ۱ مقادیر محاسبه شدهٔ خصوصیات عوامل مؤثر بر سیلاب در بالادست ایستگاههای هیدرومتری مورد مطالعه

نام ایستگاه	نام رودخانه	A(km^2)	شیب حوضه %			H	LR (Km)	SR (M/Km)	Dd (Km/Km^2)	C.C	T.C	DVA %	FVA %	PA(mm)	P_{24}(mm)	PR_{24}%
			SH	SV	S											
ملا قائدی	شیر	۲۸۷.۸۶	۱۶،۰۵	۱۶،۶۶	۱۶،۳۵	۲۲۷۴،۱۳	۳۵،۱۲	۲۰.۷۸۳	.۳۲۶	۱،۶۴۸	۶،۲۸	۲۷	۲۱،۹۴	۸۱۲،۷۶	۸۲،۵۹	۱۰،۱۶۱
چم سیاه	سید آباد	۷۹۶،۸۹	۱۴،۸۸	۱۴،۳۵	۱۴،۶۱	۱۳۴۰،۴۷	۵۲،۴۶	۲۶،۶۸۴	.۲۳۷	۱،۲۶۴	۸،۹۲	۲۷،۹۵	۲۰،۹۶	۷۰۷،۲۹	۷۹،۴۱	۱۱،۲۲۷
خیر آباد	آبشیرین	۲۸۸۶.۵۵	۱۴،۸۴	۱۶،۳۱	۱۵،۵۷	۱۴۰۰،۸۹	۱۱۴،۱۹	۱۹،۲۶۲	.۲۱۸	۱،۵۷۹	۱۴،۷۵	۲۶،۹۸	۲۲،۵۵	۶۵۸،۴۲	۷۸،۹۰	۱۱،۹۸۳
کوسنگان	شول	۲۱۱۱،۵۶	۱۴،۹۸	۱۵،۸۴	۱۵،۴۱	۲۰۸۴،۶۴	۹۷،۰۵	۱۸،۹۵۶	.۳۳۹	۱،۹۲۱	۱۲،۸۰	۲۲،۳۴	۱۳،۴۳	۷۶۲،۲۶	۷۲،۰۱	۹.۴۴۶
تنگ خداآفرین	شول	۵۱۰،۳۰	۱۳،۷۸	۱۴،۳۳	۱۴،۰۵	۲۲۹۰،۸۴	۴۴،۷۵	۲۵،۰۲۴	.۲۷۱	۱،۹۱۳	۷،۹۶	۳۲،۳۳	۱۴،۱۵	۷۶۲،۱۴	۶۹،۳۰	۹.۰۹۲
ده ملا	زهره	۱۳۰۱۲،۴۷	۱۲،۲۱	۱۳،۵۹	۱۲،۹۰	۱۲۲۰،۵۲	۳۶۵،۴۶	۷،۸۱۸	.۴۲۲	۱،۹۷۷	۳۶،۴۲	۲۵،۰۳	۱۷،۰۷	۵۹۴،۴۳	۷۱،۷۷	۱۲،۰۷۳
چم چنار	شش پیر	۲۷۸.۶۷	۱۸،۹۳	۱۹،۳۶	۱۹،۱۴	۲۴۸۸،۵۳	۲۹،۸۸	۳۰،۷۸۸	.۲۴۸	۱،۸۴۲	۵،۶۵	۳۵،۱۰	۵،۲۱	۷۹۹،۴۷	۷۷،۳۴	۹،۶۷۳
موروزه	اردکان	۱۳۵،۹۴	۱۰،۵۳	۱۶،۱۹	۱۳،۳۶	۲۶۱۷،۵۶	۲۶،۸۷	۳۱،۶۳۲	.۲۹۶	۱،۵۵۷	۴،۳۷	۳۳،۶۵	۱،۱۶	۸۴۰،۳۷	۸۰	۹،۵۱۹
گچساران	زهره	۶۸۰۹.۵۰	۱۴،۴۴	۱۶،۳۵	۱۵،۳۹	۱۵۱۴،۸۰	۲۱۲،۳۵	۱۱،۷۲۲	.۲۶۹	۱،۷۰۲	۲۴،۳۳	۲۸،۲۳	۲۰،۷۶	۶۹۴.۱۸	۷۸،۲۱	۱۱،۲۶۶
گراب	شیرین	۵۷۰،۴۱	۲۲،۳۶	۲۲،۶۷	۲۲،۵۱	۲۰۰۷،۰۳	۵۷،۹۴	۲۶،۶۶۳	.۲۳۸	۱،۵۸۹	۷،۳۷	۳۶،۷۷	۳۶،۲۳	۸۲۴.۷۷	۹۳،۷۱	۱۱،۳۶۱
نازمکان	شاه بهرام	۱۰۳۱،۴۴	۲۲،۵۲	۲۵،۰۱	۲۳،۷۶	۱۹۹۷،۳۳	۷۱،۳۴	۲۵،۹۲۹	.۲۱۳	۱،۳۵۲	۸،۱۰	۳۶،۱۱	۳۳،۶۶	۸۱۵.۰۴	۹۶،۹۷	۱۱،۸۹۷
تنگ بریم	شیو	۷۴۶،۳۰	۲۰،۷۴	۲۲،۰۱	۲۱،۳۷	۱۵۰۰،۲۹	۴۸،۲۷	۳۰،۹۶۹	.۲۱۹	۱،۳۶۰	۸،۲۳	۳۵،۵۶	۳۳	۸۶۰.۷۶	۱۰۰،۲۵	۱۱،۶۴۶

با توجه به لزوم نبودِ خود همبستگی بین متغیرهای مستقل در روش رگرسیون چندگانه، نخست ماتریس همبستگی بین عوامل مؤثر بر سیلاب (عوامل یاد شده) محاسبه گردید. نتایج این محاسبه نشان داد که بین سه عامل مساحت حوضه (A (km^2)، طول آبراهه اصلی(LR(km) و زمان تمرکز(T.C) همبستگی بیش از ۹۹درصد وجود دارد. بنابراین از سه عامل فوق الذکر، عامل مساحت حوضه انتخاب و دو عامل دیگر حذف گردید. همچنین با توجه به همبستگی معنی دار بیش از ۹۶ درصد بین سه عامل شیب متوسط (S) و شیب در جهت شمالی ـ جنوبی (S .V) و شیب در جهت شرقی ـ غربی (S.H)، عامل شیب متوسط انتخاب و دو عامل دیگر حذف گردید. سرانجام پس از حذف چهار عامل یاد شده، ۱۱ عامل باقی‌مانده به عنوان متغیرهای مستقل جهت شرکت در تحلیل منطقه ای انتخاب شدند.

جدول ۲ نتایج تشخیص بهترین تابع توزیع احتمال در هر یک از ایستگاههای‌مورد مطالعه با استفاده از آماره‌های M. S. R. D و M. R. D

نام رودخانه	نام ایستگاه	مساحت حوضه بالادست ایستگاه (Km^2)	میزان M.S.R.D	میزان M.R. D	مناسب ترین تابع توزیع
شیو	تنگ بریم	۷۴۶,۳۰	۳۵۰,۹۰	۱۰,۶۲	LP_3
شیر	ملاقائدی	۲۸۷,۸۶	۱۰۴,۵۹	۸,۵۴	G_2
سیدآباد	چم سیاه	۷۹۶,۸۹	۱۶۱,۱۲	۷,۳۸	P_3
آبشیرین	خیرآباد	۲۸۸۶,۵۵	۱۱۹,۲۴	۹,۲۱	G_2
شول	کوسنگان	۲۱۱۱,۵۶	۱۶۴,۷۹	۱۰,۴۲	LP_3
شول	تنگ خدا آفرین	۵۱۰,۳۰	۱۴۷,۵۱	۸,۵۸	LN_2
زهره	ده ملا	۱۳۰۱۲,۴۷	۲۵۳,۵۶	۱۰,۰۱	LP_3
شش پیر	چم چنار	۲۷۸,۶۷	۱۱۰,۵۳	۷,۹۳	LP_3
اردکان	موروزه	۱۳۵,۹۴	۱۲۹,۷۸	۱۰,۲۵	LP_3
زهره	گچساران	۶۸۰۹,۵۰	۱۷۲,۸۵	۱۰,۶۵	LP_3
شیرین	گراب	۵۷۰,۴۱	۸۹,۲۰	۷,۷۸	P_3
شاه بهرام	نازمکان	۱۰۳۱,۴۴	۲۲۸,۵۹	۹,۲۵	LP_3

لازم به ذکر است، در میان عوامل یاد شده، عامل میانگین حداکثر بارشهای ۲۴ ساعته (P_{24}) و نیز نسبت میانگین‌حداکثر بارشهای۲۴ساعته به‌متوسط بارندگی‌سالانه(PR_{24}) در تحلیل منطقه‌ای سیلاب کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. به منظور محاسبه عوامل مذکور، نخست

نقشه همبارش حداکثر بارشهای۲۴ساعته سالانه و نیز نقشه همبارش سالانه‌کل‌حوضه ترسیم و سپس بر اساس نقشه‌های مذکور مقادیرجدول صفحهٔ قبل برای هریک از زیرحوضه‌ها محاسبه گردید. جدول ۲ نتایج حاصل از این روش را برای زیر حوضه‌های مختلف نشان می‌دهد.

برای به دست آوردن ایده‌ای از همگنی یا عدم همگنی، ایستگاههای شرکت کننده در تحلیل و حذف ایستگاههای غیر همگن، آزمون همگنی به روش لانگبین انجام گردید که پس از انجام آزمون مذکور و تعیین لوگ پیرسون تیپ سه(LP_3) به عنوان توزیع مناسب منطقه ای، ایستگاه نازمکان بر روی رودخانه شاه بهرام نسبت به سایر ایستگاهها ناهمگن تشخیص داده شد و از تحلیل حذف گردید.

نتایج و بحث

بدین ترتیب، پس از انتخاب و محاسبه عواملی که به عنوان عوامل مؤثر بر سیلاب مورد بررسی قرار گرفت، سرانجام بین مقادیر واقعی و لگاریتمی دبی های حداکثر لحظه ای با دوره برگشتهای مختلف به عنوان متغیر وابسته و مقادیر واقعی و لگاریتمی عوامل مؤثر بر سیلاب به عنوان متغیرهای مستقل روابط رگرسیونی چندگانه با روشهای گام به گام، پیشرو و پسرو در هر روش با ضریب ثابت و بدون ضریب ثابت، همچنین روابط رگرسیونی چندگانه لگاریتمی باضریب ثابت و بدون آن با استفاده از نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس مقادیرآماره های ضریب تعیین (R^2) و اشتباه استاندارد (SE) و نیز سایر آماره های مؤثر در انتخاب مدلها، سرانجام مدل لگاریتمی با ضریب ثابت برای دبی با دوره برگشتهای۲، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ساله و بدون آن برای دبی با دوره برگشت ۵ ساله از قدرت بیشتری نسبت به سایر مدلها برخوردار بود. بدین ترتیب، مدلهای زیر برای حوضهٔ مورد مطالعه ارائه گردید:

$$QT_2 = \textit{Antilog}\,[-9.9611 + 1.0358\textit{Log}\,A + 4.7754\,\textit{Log}P_{24}]$$
$$QT_5 = \textit{Antilog}\,[0.6423\,\textit{Log}\,A + 0.4774\textit{Log}FVA]$$
$$QT_{10} = \textit{Antilog}\,[-5.9149 + 0.8850\textit{Log}A + 0.2905\textit{Log}FVA + 2.8902\textit{Log}\,P_{24}]$$
$$QT_{25} = \textit{Antilog}\,[-4.7504 + 0.8576\textit{Log}A + 0.3060\textit{Log}FVA + 2.3683\textit{Log}P_{24}]$$
$$QT_{50} = \textit{Antilog}[-0.0119+0.7460\textit{Log}A + 0.4508\textit{Log}FVA]$$
$$QT_{100} = \textit{Antilog}\,[0.0748 + 0.7426\textit{Log}A + 0.4337\textit{Log}FVA]$$
$$QT_{200} = \textit{Antilog}\,[0.1572 + 0.7386\textit{Log}A + 0.4159\textit{Log}FVA]$$

در روابـط فـوق، QT_1 مقادیـر دبی با دوره برگشتهای مختلف ۲ ساله تا ۲۰۰ ساله و $LogA$ لگاریـتم مسـاحت حوضـه و $LogP_{24}$ لگاریـتم متوسـط حداکـثر بارشهای ۲۴ ساعته سالانهٔ و $LogFVA$ لگاریتم درصد مساحت پوشیده شده از جنگل می باشد.

بررسـی آماری مدلهای پیشنهادی نشان می دهد که ضریب تعیین چندگانه (R^2) کلیهٔ مدلها بسیار نزدیک به ۱ و حاکی از این است که نزدیک به ۱۰۰ درصد از تغییرات در میزان QT_1 به وسـیله متغـیرهای مستقل تبیین می گردد و اثر سایر عوامل مؤثر بر مقادیر QT_1 که در مدل به کـار نرفـته است، به نحوی در متغیرهای مستقلِ به کار رفته در مدل، مستتر می باشد. همچنین، مقادیر اشتباه استاندارد برآورد الگوها (SE) نیز عمدتاً پایین می‌باشد.

ضـرایب همبسـتگی جزئـی بین مقادیر QT_1 و هر یک از سه عامل یادشده معنادار و مبیّـن وجـود همبسـتگی قوی بین مقادیر QT_1 و هر یک از سه عامل فوق با حذف اثر دو عامل دیگر است.جدولهای ۱ ــ ۳ تا ۷ ــ ۳، شخصات آماری مدلهای پیشنهادی را نشان می دهد:

جدول ۱-۳ مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دورهٔ برگشت ۲ ساله (QT_2)

متغیر	B	sig T	فاصله اطمینان ۹۵ ٪ برای ضرایب مدل رگرسیون		R^2	SE	Signi F
			حد پایین	حد بالا			
LogA	۱,۰۳۵۸	۰,۰۰۰۰	۰,۸۸۶۹	۱,۱۸۴۷	۰,۹۶۹۹	۰,۱۱۹	۰,۰۰۰۰
$LogP_{24}$	۴,۷۷۵۴	۰,۰۰۰۰	۲,۸۶۹۹	۶,۶۸۰۹			
ثابت رگرسیون	-۹,۹۶۱۱	۰,۰۰۰۳	-۱۳,۷۴۴۷	-۶,۱۷۷۵			

جدول ۲-۳ مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت ۵ ساله (QT_5)

متغیر	B	Sig T	فاصله اطمینان ۹۵ ٪ برای ضرایب مدل رگرسیون		R^2	SE	Signif F
			حد پایین	حد بالا			
LogA	۰,۶۴۲۳	۰,۰۰۰۰	۰,۵۰۶۶	۰,۷۷۸۱	۰,۹۹۵	۰,۱۷۸	۰,۰۰۰۰
LogFVA	۰,۴۷۷۴	۰,۰۱۱۱	۰,۱۳۸۲	۰,۸۱۶۵			

جدول ۳-۳ مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت ۱۰ ساله (QT_{10})

متغیر	B	Sig T	فاصله اطمینان ۹۵ ٪ برای ضرایب مدل رگرسیون		R^2	SE	Signif F
			حد پایین	حد بالا			
LogA	۰,۸۸۵۰	۰,۰۰۰۰	۰,۷۰۹۴	۱,۰۶۰۵	۰,۹۷۸	۰,۱۰۶	۰,۰۰۰۰
LogFVA	۰,۲۹۰۵	۰,۰۳۱۳	۰,۰۳۴۶	۰,۵۴۶۵			
$LogP_{24}$	۲,۸۹۰۲	۰,۰۱۳۹	۰,۷۹۲۵	۴,۹۸۷۹			
ثابت رگرسیون	-۵,۹۱۴۹	۰,۰۱۱۷	-۱۰,۰۴۶۸	-۱,۷۸۳۱			

جدول ۴-۳ مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت ۲۵ ساله QT_{25}

متغیر	B	Sig T	فاصله اطمینان ۹۵ ٪ برای ضرایب مدل رگرسیون		R^2	SE	Signif F
			حد پایین	حد بالا			
LogA	۰,۸۵۷۶	۰,۰۰۰۰	۰,۶۷۳۹	۱,۰۴۱۳	۰,۹۷۵	۰,۱۱۱	۰,۰۰۰۰
LogFVA	۰,۳۰۶۰	۰,۰۳۰۵	۰,۰۳۸۲	۰,۵۷۳۸			
$LogP_{24}$	۲,۳۶۸۳	۰,۰۳۸۰	۰,۱۷۳۵	۴,۵۶۳۲			
ثابت رگرسیون	-۴,۷۵۰۴	۰,۰۳۵۵	-۹,۰۷۳۷	-۰,۴۲۷۱			

جدول ۵-۳ مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت ۵۰ ساله QT_{50}

متغیر	B	Sig T	فاصله اطمینان ۹۵ ٪ برای ضرایب مدل رگرسیون		R^2	SE	Signif F
			حد پایین	حد بالا			
LogA	۰,۷۴۶۰	۰,۰۰۰۰	۰,۵۶۰۲	۰,۹۳۱۸	۰,۹۵۵	۰,۱۳۸	۰,۰۰۰۰
LogFVA	۰,۴۵۰۸	۰,۰۰۴۷	۰,۱۸۲۶	۰,۷۱۹۱			
ثابت رگرسیون	-۰,۰۱۱۹	۰,۹۵۷۸	-۰,۵۱۵۲	۰,۴۹۱۴			

جدول ۶-۳ مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت ۱۰۰ ساله (QT_{100})

متغیر	B	Sig T	فاصله اطمینان ۹۵ ٪ برای ضرایب مدل رگرسیون		R^2	SE	Signif F
			حد پایین	حد بالا			
LogA	۰,۷۴۲۶	۰,۰۰۰۰	۰,۵۶۳۵	۰,۹۲۱۶	۰,۹۵۷	۰,۱۳۳	۰,۰۰۰۰
LogFVA	۰,۴۳۳۷	۰,۰۰۴۷	۰,۱۷۵۲	۰,۶۹۲۲			
ثابت رگرسیون	۰,۰۷۴۸	۰,۷۳۱۳	-۰,۴۱۰۲	۰,۵۵۹۸			

جدول ۷-۳ مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت ۲۰۰ ساله (QT_{200})

متغیر	B	Sig T	فاصله اطمینان ۹۵ ٪ برای ضرایب مدل رگرسیون		R^2	SE	Signif F
			حد پایین	حد بالا			
LogA	۰,۷۳۸۶	۰,۰۰۰۰	۰,۵۶۴۱	۰,۹۱۳۱	۰,۹۵۸	۰,۱۲۹	۰,۰۰۰۰
LogFVA	۰,۴۱۵۹	۰,۰۰۵۲	۰,۱۶۳۹	۰,۶۶۷۹			
ثابت رگرسیون	۰,۱۵۷۲	۰,۴۶۵۲	-۰,۳۱۵۶	۰,۶۳۰۰			

در جدولهای صفحهٔ قبل:

B = ضریب رگرسیون

$Sig\ T$ = سطح معنادار بودن برای ضرایب رگرسیون

R^2 = ضریب تعیین

SE اشتباه استاندارد

$Signif\ F$ = سطح معنا دار بودن مدل

Log A = لگاریتم مساحت حوضه (Km^2)

Log FVA = لگاریتم درصد مساحت پوشیده شده از جنگل

$LogP_{24}$ = لگاریتم متوسط حداکثر بارشهای ۲۴ ساعته حوضه (mm)

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مساحت حوضه از عوامل اساسی مؤثر بر دبی سیلابها با دوره برگشتهای مختلف بوده و به طور مستقیم بر میزان دبی سیلاب مؤثر است، به طوری که در کلیه مدلهای پیشنهادی به عنوان مهمترین عامل مؤثر بر سیلاب شرکت نموده است. به‌علاوه، تأثیر درصد مساحت پوشیده شده از جنگل (FVA) پس از عامل مساحت، بخصوص در مدلهای پیش بینی دبی با دوره برگشتهای طولانی مدت (QT_{50}، QT_{100}، QT_{200}) در مقایسه با سایر عوامل مؤثر بر سیلاب معنادارتر است.

همچنین، در رابطه با عامل بارندگی، از آنجا که در این تحقیق علاوه بر متوسط بارندگی سالانه از دو عامل دیگر شامل متوسط حداکثر بارشهای ۲۴ ساعته سالانه (P_{24}) و نیز نسبت متوسط حداکثر بارشهای ۲۴ ساعتهٔ سالانه به متوسط بارندگی سالانه (PR_{24}) استفاده گردیده است. بررسی مدلهای دبی با دوره برگشتهای ۲ تا ۲۰۰ ساله و نیز خروجی برنامه کامپیوتری هر یک از مدلهای مذکور نشان داد در هر مورد که عامل بارندگی به عنوان متغیر مستقل وارد مدل شده است، تأثیر متوسط حداکثر بارشهای ۲۴ ساعته سالانه بر روی مقادیر دبی با برگشتهای مختلف معنا دارتر از متوسط بارندگی سالانه (PA) و نیز نسبت متوسط حداکثر بارشهای ۲۴ ساعته سالانه به متوسط بارندگی سالانه (PR_{24}) بوده است. بنابراین، می‌توان تأثیر متوسط حداکثر بارشهای ۲۴ ساعته سالانه بر روی مقادیر سیلاب در سایر حوضه‌های کشور را توسط اهل فن مورد مطالعه قرار داد.

در پایان یادآوری می‌شود که مدلهای به دست آمده برای برآورد مقادیر دبی با دوره برگشتهای مختلف در حوضه رودخانه زهره ارائه گردیده است و کاربرد آن مثل هر مدل منطقه‌ای دیگر، حتی در حوضه های با شرایط تقریباً مشابه، باید با احتیاط صورت گیرد.

منابع و مآخذ

۱. آ. گومز آرتور ، آو گومز کوانچای (۱۳۶۹): **طرحهای آماری برای تحقیقات کشاورزی**، ترجمهٔ عزت ا... فرشادفر ، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.

۲. چاوشی بروجنی، ستار و سید سعید اسلامیان (۱۳۷۸): **تحلیل‌منطقه‌ای سیلاب در مناطق خشک طبق روش هیبرید**، مجله آب و فاضلاب، شماره ۳۰ ، تهران.

۳. ج. دبلیو کایت، (۱۳۷۹): **تحلیل فراوانی وقایع و ریسک در هیدرولوژی**، ترجمهٔ امین علیزاده و دیگران،چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۴. زارع، داریوش (۱۳۷۹): **تحلیل منطقه ای سیلاب در حوزهٔ رودخانه زهره** ، (پایان نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۵. معاون هاشمی. احمد (۱۳۷۹): **تحلیل منطقه‌ای سیلاب در خراسان** ، (پایان نامهٔ کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس،تهران.

6. Begin Z.B.(1981): ***The relationship betwin flow – shear stress and stream pattern***, Journal of Hydrology, 1981, Vol 52, No 3/ 4
7. Chow VEN TE, (ed. in chief) (1964): ***Hand book of applied hydrology,*** 1964, Mc Graw - Hill, Inc., N. Y., USA, 1453 p.
8. Draper N. R, Smith H, (1981): ***Applied regression analysis,*** (2 nd. ed.), John Wiley and Sons, Inc., N.Y, USA, 109 p.
9. Gary D. T. (1982): ***Comparing method of hydrology regionalization***, Water Res. Bulletin, Vol 18, No 6
10. Kleinbaum D. G, and L. L. Kupper,(1978): ***Applied regression analysis and other multivariable methods***, Duxbury press, Inc. , North Scituate, Massachusetts, USA, 556 p.
11. Neter J., and Wasserman W. (1974): ***Applied linear statistical models***, 1974, Richard D. Irwin, Inc. , Ontario, USA, 842 p.
12. Stedinger I. R, Vogel R. M. , Foufoula – Georgioue, (1992): ***Frequncy analysis of extrem events***, in Maidment D. R. (Ed. chief), ***Hand book of hydrology***, Mc Graw – Hill, Inc., Newyork USA
13. Viessman W. JR. ,Lewis G. L. L. ,Knapp J. W. (1989): ***Introduction to hydrology,*** delhi press, Happer and Row Publishers.