

بررسی روش‌های برآورد دبی اوج سیل در قالب تحلیل منطقه‌ای در حوضه‌های کم داده

حسین ملکی نژاد^{1*}، سمانه پورمحمدی²

تاریخ دریافت: 89/2/21 تاریخ پذیرش: 89/11/15

1- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

2- دانش آموخته کارشناسی ارشد، مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه یزد

* مسئول مکاتبه E mail: hmalekinezhad@yazduni.ac.ir

چکیده

برآورد دبی اوج سیلاب در یک حوضه، یکی از مهمترین مسائلی است که هیدرولوژیست‌ها و کارشناسان بخش آب را به خود مشغول کرده است. روش‌های تحلیل منطقه‌ای سیلاب یکی از کارآمدترین روش‌ها جهت برآورد دبی سیل در مناطق فاقد داده یا دارای طول دوره آماری کوتاه می‌باشد. در تحقیق حاضر که در حوضه‌های اصفهان - سیرجان و یزد - اردکان صورت پذیرفته است از سه روش هیبرید، گشتاور خطی و رگرسیون چند متغیره استفاده شده است. هدف از انجام این تحقیق مقایسه کارایی این روش‌ها در برآورد دبی اوج در برخی ایستگاههای واقع در حوضه ایران مرکزی است. بدین منظور پس از شناسایی مهمترین فاکتورهای موثر بر دبی اوج از طریق تجزیه و تحلیل عامل‌ها، اقدام به تعیین ضرایب معادلات تخمین دبی اوج به صورت کلی $Q_p = aX^bY^cZ^d$ به دو روش هیبرید و رگرسیون چند متغیره شد. از نتایج روش گشتاور خطی که قبلاً در منطقه مطالعاتی و با همین منظور انجام شده بود نیز استفاده گردید و مقایسه سه روش با یکدیگر از طریق آماره‌های RRMSE و MAE انجام یافت. در حوضه‌های مورد مطالعه نتایج نشان داد که برای دوره بازگشت‌های کوتاه (2، 5 و 10 ساله) روش رگرسیون چند متغیره و سپس روش هیبرید نسبت به گشتاور خطی برتری دارد. اما برای دوره بازگشت‌های بالاتر (25 و 50 سال) روش گشتاور خطی نسبت به سایر روش‌ها مناسب‌تر است. نتایج حاصله از این تحقیق نشان دهنده اهمیت تمامی این روش‌ها در تحلیل سیلاب بوده لذا در هر منطقه همگن هیدرولوژیکی به فراخور منطقه، شرایط اقلیمی، تعداد و نوع داده و همچنین دوره بازگشت مورد انتظار یک روش نسبت به دیگری می‌تواند برتری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز منطقه‌ای سیل، دبی اوج، رگرسیون چند متغیره، گشتاور خطی، هیبرید

Investigating the Peak Flood Estimation Methods in a Regional Analysis Approach for Low-Data Catchments

H Malekinezhad^{1*} and S Pourmohammadi²

Received: 11 January 2011 Accepted: 4 February 2011

¹Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Yazd, Iran

²Former MSc. Student, Desert Management, Faculty of Natural Resources, University of Yazd, Iran

* Corresponding author: hmalekinezhad @yazduni.ac.ir

Abstract

The methods of regional flood frequency analysis is one of the most reliable and applicable technique for the regions with insufficient recorded data. In this study three techniques of flood analysis were used to evaluate the priority and importance to estimate the peak flow for different return periods. The hybrid, multiple regression and L-moments are the three approaches applied for Yazd-Ardakan and Isfahan-Sirjan plains in central Iran. At the first step, the most effective physical and hydrological parameters were identified by factor analysis technique. Then the coefficients of the power formula of $Q_p = aX^bY^cZ^d$ were estimated regarding the hybrid and multiple-regression methods. The results of this analysis were compared to the L-moments approach using RRMSE and MAE statistics. The findings showed better performance of the multiple regression and hybrid rather than L-moments method at short return periods (2, 5 and 10-year). For longer return periods (25 and 50-year) the L-moments approach represented better-fit to the observed flood data. In general, due to variability of the parameters such as, climatic factors, data length and type, affecting peak flood, each one of the regional flood frequency analyses may have better performance for the case studies. Therefore, these techniques should be evaluated for each hydrological homogeneous region.

Keywords: Hybrid, L-moments, Multiple-regression, Regional flood frequency analysis

آمار و اطلاعات کافی از مشخصات سیلاب‌های گذشته در حوضه براحی امکان پذیر است. اما بسیاری از رودخانه‌ها و مسیل‌ها عمدتاً به دلایل اقتصادی فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری و یا آمار کافی می باشند. بسیاری از ایستگاه‌های هیدرومتری موجود بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی کشور بدلیل تازه

مقدمه

برآورد سیلاب مبنای طراحی در پروژه‌های مختلف نظیر طرح‌های آبخیزداری، کنترل و مهار سیلاب، طراحی سازه‌های آبی مثل سازه‌های رودخانه-ای، سرریز سدها و بندهای خاکی و زیرگذر جاده‌ها دارای اهمیت زیادی بوده و در صورت موجود بودن

آمار مرکب پایداری تولید و باعث می‌شود برازش توزیع آماری بهتر صورت گیرد (هجالیمار سوم و توماس 1992). در رابطه با تحلیل منطقه‌ای سیلاب مطالعات زیادی صورت گرفته که به برخی از آنها می‌توان اشاره نمود. پیرسون¹ (1991)، با استفاده از نمودارهای گشتاورهای خطی به گروه‌بندی 275 ایستگاه در نیوزیلند پرداخت. ایستگاه‌های مورد بررسی دارای حداقل 10 سال داده‌های مشاهده‌ای بودند، بطوری‌که میانگین طول آمار مشاهده‌ای منطقه 21 سال گزارش شده بود. کاربرد تئوری گشتاورهای خطی در بررسی سیلاب‌های نیوزیلند نشان می‌دهد که سری‌های سیلابی سالیانه منطقه سات کانتربری² با توزیع مقادیر حد نوع دوم برازش بهتری دارد، در حالی که نتایج پژوهش‌های قبلی مقادیر حد نوع اول را به عنوان بهترین توزیع برای این منطقه معرفی کرد. وگل و همکاران (1993)، با استفاده از تئوری گشتاورهای خطی به بررسی تناوب سی‌حوضه‌ی آبخیز استرالیا پرداختند و 61 ایستگاه آب‌سنجی را در سرتاسر این کشور بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که توزیع‌های مقادیر حد تعمیم یافته³ و ویکی⁴ بهترین تطابق را با داده‌های جریان در برخی مناطق استرالیا دارند، عمده بارش این مناطق ناشی از رگبارهای زمستانه است. برای دیگر حوضه‌های آبخیز استرالیا توزیع‌های پارتو تعمیم یافته⁵ و ویکی بهترین برازش را با داده‌های مشاهده‌ای جریان نشان دادند.

ریگز و هس (1993) ده روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب را در آمریکا بررسی کردند و به تعیین پارامترهای موثر در دبی سیلاب پرداختند. آنان نتیجه گرفتند که سطح حوضه مهمترین و موثرترین پارامتر در تولید سیلاب می‌باشد. پس از آن شیب آبراهه و متوسط بارندگی سالانه حوضه از اهمیت بیشتری برخوردارند. ریگز و هس (1993) در تحقیق خود مدل-

تاسیس بودن آنها دارای آمار کوتاه مدت هستند که به تنهایی برای برآورد دبی سیلابها با دوره‌های برگشت مختلف نمی‌توان از آنها استفاده کرد. تعدادی فرمول تجربی نظیر فولر، کریگر یا دیکن با استفاده از داده‌های هیدرولوژی مناطق خاصی از کشورهای دیگر ارائه شده است که برای استفاده در مناطق دیگر نیاز به واسنجی دارند (مهدوی، 1371). بمنظور افزایش دقت در پیش‌بینی‌های هیدرولوژیکی مانند برآورد دبی اوج سیل برای دوره‌های برگشت مختلف و بالا بردن ضریب اطمینان در تخمین‌ها، استفاده حداکثر از داده‌های موجود در کلیه ایستگاه‌های یک منطقه امری اجتناب‌ناپذیر است. برای این منظور روش‌های مختلفی تحت عنوان روش‌های منطقه‌ای تجزیه و تحلیل سیلاب شناخته می‌شوند. در تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیل با استفاده از داده‌های موجود و محدود در نقاطی خاص می‌توان مقادیر داده‌ها را در حوضه‌های فاقد آمار و یا دارای آمار کوتاه مدت در آن منطقه تخمین زد. روش‌های مختلفی در مبحث تحلیل منطقه‌ای سیل ارائه شده است که از میان آنها می‌توان به روش‌های شاخص سیل، کاربرد ممان‌های خطی و رگرسیونی اشاره نمود (ملکی نژاد و همکاران، 2011). در کلیه روش‌های تحلیل منطقه‌ای سیل ابتدا بایستی مهمترین عوامل موثر بر شدت سیل را مشخص و سپس به دسته‌بندی حوضه به دو یا چند منطقه همگن اقدام نمود که از نظر خصوصیات تولید سیل و بطور کلی خصوصیات هیدرولوژیکی شباهت‌های بیشتری دارند. برآورد دبی اوج در منطقه‌هایی با آمار محدود یا بدون آمار یکی از مسایل مهم در مدیریت منابع آب و طراحی سازه‌های آبی است. یک مسأله اساسی در تحلیل منطقه‌ای سیلاب در روش‌های مرسوم، نیاز به برون‌یابی برای تخمین دبی‌های با دوره بازگشت بزرگتر است که بر اساس روابط منطقه‌ای صورت می‌گیرد. این مسأله خود می‌تواند منشأ خطای بزرگی شود. این خطا در روش هیبرید با ترکیب آمار ناقص ایستگاه‌های همجوار و همگن که با استفاده از فاکتورهای مؤثر بر دبی سیلاب استاندارد شده‌اند، تا حدودی کاهش می‌یابد. در این روش داده‌های بزرگ و کوچک با هم ترکیب می‌شوند و

¹Pearson² South Canterbury³ Generalized extreme values⁴ Wakeby⁵ Generalized pareto

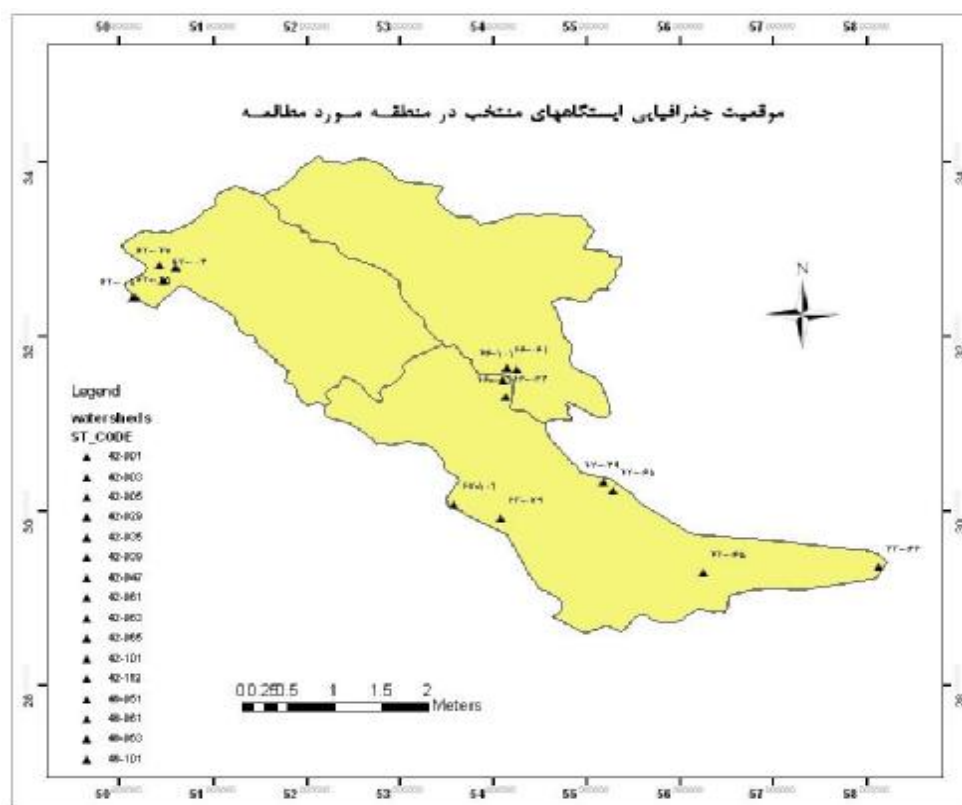
نژاد و همکاران (2011) کارایی تکنیک گشتاورهای خطی را برای مقایسه دو روش شاخص سیل و رگرسیون چند متغیره جهت برآورد دبی حداکثر سیل در حوضه دریاچه نمک انجام داد. در تحقیقی که توسط ملکی نژاد (1385) صورت گرفت، برتری کارایی روش هیبرید در برآورد دبی اوج با دوره بازگشت‌های مختلف در مقایسه با روش رگرسیونی در حوضه‌های کوچک آشکار گردید. هدف از این تحقیق مقایسه کارایی روش‌های هیبرید، رگرسیون چندمتغیره خطی و گشتاور خطی جهت برآورد دبی اوج در حوضه مرکزی ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی مناطق مطالعاتی

حوضه‌های مورد مطالعه شامل حوضه‌های اصفهان- سیرجان و دشت یزد- اردکان می‌باشد. حوضه آبخیز اصفهان- سیرجان که در بعضی منابع، حوضه آبخیز باتلاق گاوخونی و کویر سیرجان نیز نامیده شده است، از جمله زیرحوضه‌های بزرگ آبخیز مرکزی ایران است. مساحت این حوضه 99300 کیلومتر مربع می‌باشد که خود به دو زیر حوضه اصلی زاینده- رود و ابرقو- سیرجان تقسیم می‌شود. حوضه آبخیز دشت یزد- اردکان با مساحت 650000 هکتار در بخش شمالی استان یزد واقع شده است و در حدود 24/9 درصد از مساحت کل این استان را شامل می‌شود. تصویر کلی از مناطق مورد مطالعه در شکل شماره یک نشان داده شده است. منطقه مورد مطالعه شامل 14 ایستگاه بود که در جدول شماره 1 مشخصات آنها بیان شده است. در این جدول ضریب گراولیوس نسبت بین محیط حوضه به محیط دایره هم مساحت با آن است و هر چه حوضه کشیده‌تر باشد مقدار آن از یک بیشتر می‌شود.

های منطق ایسیل را برای دوره بازگشت های 2، 25 و 50 ساله در برخی از حوضه‌های آمریکا ارائه داد و توسط آن دبی اوج سیلاب از روی سطح حوضه و متوسط بارندگی سالانه حوضه برآورد شد. در تحقیقی دیگر توسط مور (1987) از تلفیق دو روش هیبرید و رگرسیون جهت ارائه مدل منطقه‌ای برای حوضه آبخیز بریتانیا استفاده کرد و به این نتیجه رسید که در حوضه های فاقد آمار کافی تلفیق این دو روش مناسب می‌باشد. کوانتی و مویسلو (1987) مدلی برای تخمین تناوب سیل برخی از حوضه‌های کشور ایتالیا ارائه کرد و از خصوصیات فیزیکی حوضه، حداکثر دبی سالانه و روزانه و دبی اوج لحظه‌ای در مدل خود استفاده کردند. چاووشی و اسلامیان (1378) در تحقیقی دیگر جهت تخمین دبی اوج لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه‌های فاقد آمار (حوضه زاینده رود) از آنالیز منطقه‌ای سیل استفاده نمودند. جالمارسون و توماس (1990) برای اولین بار روش هیبرید را برای مطالعه روابط منطقه‌ای سیلاب در جنوب غربی ایالت متحده به کار برد، در این روش روابط منطقه‌ای سیلاب براساس عوامل سطح و ارتفاع تعیین شدند. پتی لیک (1994) به منظور بررسی روابط جریان های بیشینه، بارندگی و عوامل سطح حوضه، مطالعاتی در پنج منطقه کوهستانی در غرب آمریکا انجام داد و نتیجه گرفت که سطح حوضه و متوسط سالانه بارندگی از مهمترین عوامل می‌باشند. هنربخش (1374) آنالیز منطقه‌ای سیلاب را به دو روش سیل شاخص و رگرسیون چندگانه در حوضه آبخیز دریاچه نمک انجام داد و به این نتیجه رسید که فقط در دوره بازگشت صد ساله، روش رگرسیون چندگانه دقت بیشتری دارد. آنالیز منطقه‌ای سیلاب به روش هیبرید توسط چاووشی و اسلامیان (1378)، نجاتی (1378) و سیف (1380) در مناطق مختلف ایران مطالعه شده است. تحقیقی دیگری را محسنی ساروی و همکارانش (1382) انجام دادند. ملکی



شکل 1- محدوده منطقه مطالعاتی (محمدی 1387)

روش تحقیق

می‌دهد. این کار تا زمانی که تمامی مشاهدات تشکیل یک دسته واحد را بدهند ادامه خواهد یافت. بزرگترین دسته ایجاد شده شامل تمامی مشاهدات بوده که عملاً هیچ ارزشی در دسته بندی نخواهد داشت. به طور کلی هر چه به انتهای آنالیز خوشه ای نزدیکتر شویم میزان شباهت‌های دسته‌های بزرگتر کمتر خواهد شد. تا اینکه در آخرین دسته، شباهت بسیار ناچیزی بین مشاهدات آنها وجود داشته باشد. میزان همبستگی بین دسته‌های ایجاد شده به صورت یک نمودار پلکانی به نام دندروگرام¹ نمایش داده می‌شود (ملکی‌نژاد و پورمحمدی 1387). در تحقیق حاضر از نرم افزار مینی تب² جهت انجام آنالیز خوشه‌ای و روش تجزیه استفاده شده است. روش تجزیه و تحلیل عاملی اولین بار توسط

جهت انجام این تحقیق ابتدا همگنی ایستگاه‌های موجود در منطقه مطالعاتی بررسی شد. جهت تعیین همگنی ایستگاه‌های مطالعاتی از روش کلاستر یا خوشه بندی استفاده گردید. این روش در مواقعی بکار می‌رود که به دسته بندی مشاهدات به گروه‌های مشخصی نیاز است. در این روش فرض شده است که در ابتدا هیچ اطلاعی از وضعیت دسته بندی موجود نیست و گروه‌ها ناشناخته‌اند. در این فرایند روش سلسه مراتبی به اجرا در آمد که طی آن ابتدا با در نظر گرفتن هر یک از مشاهدات به عنوان یک دسته مجزا آغاز می‌گردد. در مرحله اول هر دو مشاهده‌ای که به همدیگر نزدیکتر باشند (شباهت بیشتری بین متغیرهای مورد نظر در آن مشاهده وجود داشته باشد) در یک دسته قرار می‌گیرند. در مرحله بعدی هر مشاهده‌ای که شباهت بیشتری به این دسته داشته باشد به آن می‌پیوندد و یا اینکه آن مشاهده با یکی دیگر از مشاهدات تشکیل دسته مجزایی

¹ Dendrogram

² Minitab

جدول شماره 1- مشخصات و آمار مورد استفاده هر یک از ایستگاه‌های منتخب

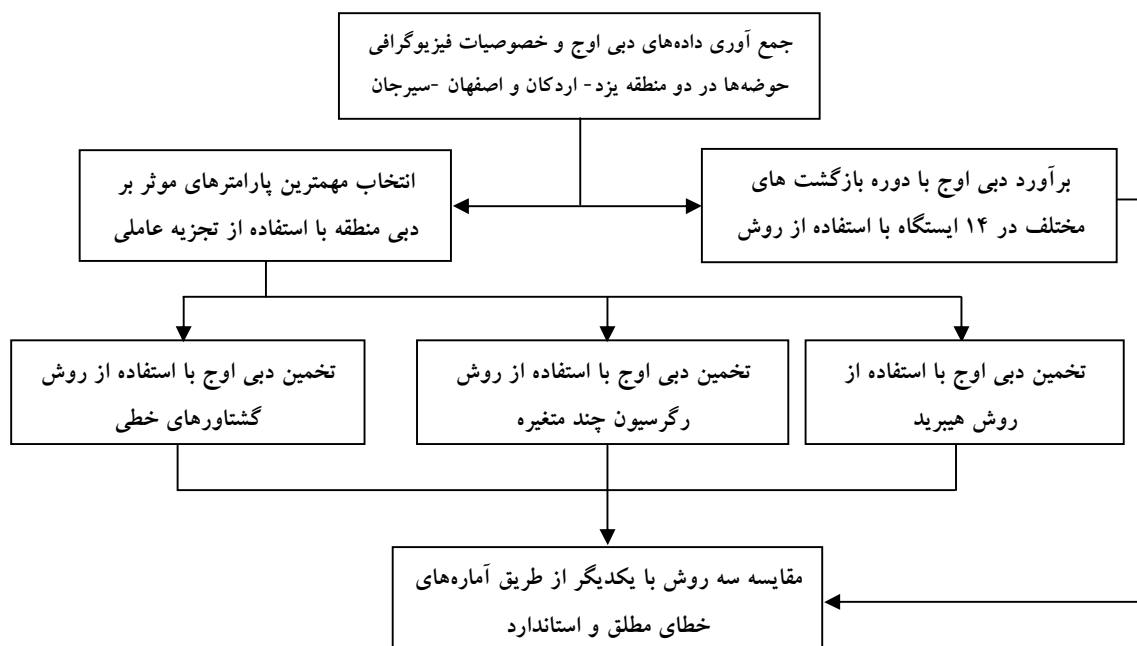
نام ایستگاه	نام رودخانه	مختصات جغرافیایی		مساحت (km ²)	شیب آبراهه اصلی (%)	طول آبراهه اصلی (km)	ضریب گراولیوس*
		عرض	طول				
چهلگرد	تونل اول کوه‌رنگ	32-28	50-07	430	23/9	32/75	0/971
قلعه شاهرخ	زاینده رود	32-39	50-28	1917/5	23	66/5	1/167
اسکندری	پلاسجان	32-49	50-26	1600	5	41/5	0/999
زمانخان	زاینده رود	32-30	50-54	5766	21/2	130/5	1/338
بندپایین	رودخانه اعظم	29-55	54-05	1011/5	6/2	35	1/06
دره در	تونل دوم کوه‌رنگ	32-45	50-17	32	26/8	9/25	0/71
تاجو مدوار	سردرودخانه	30-20	55-11	47/7	11/7	14	1/245
مندرجان	سمندگان	32-47	50-39	119,5	14/1	16/5	1/313
آبدرمیان	آبدرمیان	30-15	55-17	46/3	7/4	12/75	1/326
رمزج	اسطور	29-22	58-08	120	16/3	7	0/483
باغستان	ده بالا	31-36	54-07	66/22	13/5	12/7	1/23
طرزجان	طرزجان	31-35	54-11	29/85	20	8/2	0/376
دره	منشاد	31-32	54-13	25/57	5/5	16	1/45
فخرآباد	فخرآباد	31-37	54-15	205/2	6/5	24/5	1/2

* Gravellius coefficient

عوامل موثر بر دبی حداکثر استفاده شد. به این منظور از روش مولفه‌های اصلی و هم‌چنین از دوران نوع "واریماکس" استفاده گردید. با انجام تجزیه عاملی، چهار عاملی که بیشترین نقش در دبی حداکثر را داشت، مشخص گردید. در این روش هدفه مشخصه اقلیمی در چهار فاکتور گروه‌بندی شد و از بین مشخصه‌های قرار گرفته در هر فاکتور، مشخصه دارای بیشترین وزن تعیین شد. بنابراین از بین هدفه پارامتر مذکور مساحت، طول آبراهه، متوسط بارندگی سالانه و بارش 24 ساعته بعنوان فاکتورهای اصلی مورد بررسی قرار گرفتند. سپس با توجه به این فاکتورها، فرمول‌های محاسبه دبی برای دوره بازگشت‌های 2 تا 50 سال برآورد گردیده شد. برای این کار از دو روش مختلف هیبرید⁵ و رگرسیون چند متغیره خطی⁶ استفاده شد. بدین منظور یک مرتبه از فاکتور مساحت حوضه به تنهایی، یک مرتبه از فاکتورهای طول آبراهه و متوسط

چارلز اسپیرمن¹ ابداع گردید. در این روش هر چند مقدار همبستگی داخلی بین متغیرها نزدیک تر باشد تعداد عامل‌های پدید آمده کمتر خواهد بود. در تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه رابطه عددی بیش از دو متغیر را در یک زمان می‌توان بررسی نمود ولی با افزایش تعداد متغیرها، معادله رگرسیون چندگانه بطور فزاینده-ای غیر قابل کنترل می‌گردد ولی این مشکل در تجزیه و تحلیل عاملی وجود ندارد و ضمناً اهمیت و وزن هر عامل نشان داده می‌شود. برای انجام تجزیه عاملی مراحل استاندارد سازی داده‌ها، تعیین ماتریس وزن عامل‌ها²، انتخاب تعداد عامل‌ها و دوران عامل‌ها³ انجام می‌شود (ملکی نژاد و پورمحمدی 1387). در تحقیق حاضر از نرم افزار "می نی تب"⁴ برای تجزیه عاملی پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه (متغیرها) در تعیین

¹ Charles Spearman² Factor loading matrix³ Factor Rotations⁴ Minitab⁵ Hybrid⁶ Multiple linear regression



شکل 2- مراحل مختلف انجام تحقیق

تخمینی (توسط فرمول‌های جداول 2 تا 4) بدست آمده- اند. این آماره‌ها امکان مقایسه دو روش هیبرید و رگرسیون خطی با یکدیگر و نیز مقایسه با نتایج روش گشتاور خطی را فراهم می‌آورند. در تحقیق حاضر از زکر جزئیات روش‌های مورد استفاده (هیبرید، رگرسیون چندمتغیره، گشتاور خطی) صرف نظر شده و بیشترین تاکید بر روی مقایسه و بررسی کارایی هر یک در تحلیل منطقه‌ای سیلاب می‌باشد. در شکل 2 مراحل مختلف انجام این تحقیق آورده شده است.

نتایج و بحث

در جداول 2 تا 4 فرمول‌های محاسبه دبی اوج با دو روش هیبرید و رگرسیون خطی به کمک پارامترهای مساحت حوضه (A)، طول آبراهه اصلی (L)، متوسط بارندگی سالانه (P_a) و بارندگی 24 ساعته (P_{24}) آورده شده است. همانطوری که ملاحظه می‌گردد، برای تمامی دوره بازگشت‌ها ضرایب فرمول‌ها متفاوت است که ناشی از تفاوت در فرایند هر روش برای تعیین دبی اوج می‌باشد.

بارندگی سالانه و یک مرتبه هم از فاکتورهای طول آبراهه و بارش 24 ساعته استفاده شد. به این ترتیب سه دسته فرمول برای محاسبه دبی‌های اوج در هر دوره بازگشت بدست آمد. همچنین مقایسه‌ای بین نتایج این دو روش گشتاور خطی (محمدی 1387) نیز صورت پذیرفته و بهترین روش از میان آنها معرفی گردیده است. در انتها توسط آماره‌های $RRMSE^1$ و MAE^4 میزان صحت و دقت فرمول‌های برآوردی ارزیابی گردید. آماره $RRMSE$ مقدار نسبی جذر میانگین مربعات خطا بوده و بیانگر میزان خطای برآورد متغیرها نسبت به میانگین مقدار مشاهداتی است. آماره MAE نیز میانگین خطای مطلق است. این دو آماره که معرف خطای روش در برآورد دبی اوج به کمک روش‌های هیبرید و رگرسیون خطی می‌باشند، از مقایسه دبی‌های محاسباتی (به روش هیزن) و دبی‌های

¹ Relative root mean square error

⁴ Mean absolute error

جدول شماره 2 - فرمول‌های استخراج شده جهت محاسبه دبی اوج توسط مساحت حوضه (A) به دو روش مختلف

R ²		روش رگرسیون خطی	روش هیبرید	دوره بازگشت
رگرسیون خطی	هیبرید			
0/83	0/80	$Q_2=4.13A^{0.33}$	$Q_2 = 41.09A^{0.02}$	2
0/82	0/78	$Q_2=8.87A^{0.26}$	$Q_5 = 47.5A^{0.03}$	5
0/75	0/70	$Q_{10}=15.48A^{0.22}$	$Q_{10} = 60.5A^{0.04}$	10
0/61	0/59	$Q_{25}=34.67A^{0.18}$	$Q_{25} = 100.6A^{0.04}$	25
0/52	0/50	$Q_{50}=66.06A^{0.16}$	$Q_{50} = 147.9A^{0.071}$	50

جدول شماره 3 - فرمول‌های استخراج شده جهت محاسبه دبی اوج توسط طول آبراهه اصلی (L) و متوسط بارندگی

سالانه (Pa) به دو روش مختلف

R ²		رگرسیون خطی	هیبرید	دوره بازگشت
رگرسیون خطی	هیبرید			
0/86	0/83	$Q_2=0.12L^{0.66}P_a^{0.54}$	$Q_2 = 0.35L^{0.69}P_a^{0.42}$	2
0/82	0/80	$Q_5=0.68L^{0.52}P_a^{0.39}$	$Q_5 = 1.55L^{0.62}P_a^{0.25}$	5
0/76	0/72	$Q_{10}=3.07L^{0.44}P_a^{0.24}$	$Q_{10} = 6.04L^{0.56}P_a^{0.11}$	10
0/70	0/68	$Q_{25}=23.9L^{0.36}P_a^{0.04}$	$Q_{25} = 28.8L^{0.47}$	25
0/65	0/60	$Q_{50}=93.32L^{0.33}P_a^{0.07}$	$Q_{50} = 60.3L^{0.41}$	50

جدول شماره 4 - فرمول‌های استخراج شده جهت محاسبه دبی اوج توسط طول آبراهه اصلی (L) و

بارندگی 24 ساعته (P24) به دو روش مختلف

R ²		رگرسیون خطی	هیبرید	دوره بازگشت
رگرسیون خطی	هیبرید			
0/87	0/84	$Q_2=0.03L^{1.19}P_{24}^{0.64}$	$Q_2 = 0.11L^{0.694}P_{24h}^{0.925}$	2
0/82	0/80	$Q_5=0.33L^{0.79}P_{24}^{0.51}$	$Q_5 = 0.85L^{0.62}P_{24h}^{0.55}$	5
0/78	0/73	$Q_{10}=2.04L^{0.47}P_{24}^{0.44}$	$Q_{10} = 4.7L^{0.56}P_{24h}^{0.24}$	10
0/70	0/69	$Q_{25}=22.09L^{0.07}P_{24}^{0.36}$	$Q_{25} = 28.8L^{0.47}$	25
0/65	0/60	$Q_{50}=109.6L^{0.15}P_{24}^{0.33}$	$Q_{50} = 60.3L^{0.41}$	50

در جداول 5 تا 7 آماره‌های RRMSE و MAE در هر روش محاسبه شده‌اند.

جدول شماره 5- مقایسه آماری نتایج حاصله از دو روش مختلف برای محاسبه دبی اوج

توسط مساحت حوضه (A)

رگرسیون خطی		هیبرید		دوره
MAE (m ³)	RRMSE	MAE (m ³)	RRMSE	بازگشت
32/39	1/23	44/30	3/86	2
37/19	1/01	56/45	2/42	5
47/07	0/93	51/97	1/92	10
76/98	0/90	76/48	1/62	25
126/97	0/92	126/25	1/52	50
64/12	0/99	71/09	2/27	میانگین

جدول شماره 6- مقایسه آماری نتایج حاصله از دو روش مختلف برای محاسبه دبی اوج

توسط طول آبراهه اصلی (L) و متوسط بارندگی سالانه (Pa)

رگرسیون خطی		هیبرید		دوره
MAE (m ³)	RRMSE	MAE (m ³)	RRMSE	بازگشت
30/54	1/03	37/34	1/92	2
34/99	0/83	42/47	1/42	5
44/52	0/86	51/37	1/40	10
73/95	0/93	82/42	1/40	25
123/70	1/05	137/20	1/43	50
61/54	0/94	70/16	1/51	میانگین

جدول شماره 7- مقایسه آماری نتایج حاصله از دو روش مختلف برای محاسبه دبی اوج

توسط طول آبراهه اصلی (L) و بارندگی 24 ساعته (P24)

رگرسیون خطی		هیبرید		دوره
MAE (m ³)	RRMSE	MAE (m ³)	RRMSE	بازگشت
32/29	0/59	37/65	1/78	2
36/75	0/62	42/58	1/39	5
43/92	0/82	51/41	1/39	10
76/36	1/34	82/42	1/40	25
149/19	2/13	137/20	1/43	50
52/43	1/1	70/25	1/48	میانگین

جدول شماره 8 - آماره های RRMSE و MAE مربوط به محاسبه دبی

اوج با استفاده از روش گشتاور خطی (1387)

دوره بازگشت	RRMSE	MAE (m ³)
۲	۱/۱۵	۳۶/۷
۵	۱/۳۴	۷۲/۳۶
۱۰	۱/۲۲	۹۰/۸۶
۲۵	۰/۸۰	۱۰۹/۳۱
۵۰	۰/۵۰	۱۰۸/۶۳

نتیجه گیری

روش‌های مختلفی جهت برآورد دبی اوج در حوضه‌های فاقد ایستگاه یا ایستگاه‌های دارای نقص آماری وجود دارد. در این تحقیق سه روش هیبرید، گشتاور خطی و رگرسیون چند متغیره ارزیابی و مقایسه شدند. نتایج این مطالعه نشان که برای دوره بازگشت‌های کوتاه (2، 5 و 10 ساله) روش رگرسیون خطی و سپس روش هیبرید نسبت به گشتاور خطی برتری دارد. اما برای دوره بازگشت‌های بالا (25 و 50 سال) روش گشتاور خطی نسبت به سایر روش‌ها مناسب‌تر است. نتایج حاصله از این تحقیق نشان دهنده اهمیت تمامی این روش‌ها در تحلیل سیلاب بوده که هر کدام به فراخور منطقه، شرایط اقلیمی، تعداد و نوع داده و همچنین دوره بازگشت مورد انتظار میتواند نسبت به دیگری کارایی و ارجحیت داشته باشد. شناسایی بهترین روش نیازمند تعیین شاخص‌های آماری و مقایسه آنها با یکدیگر در قالب مناطق همگن هیدرولوژیکی خواهد بود.

همانطوری که در جداول فوق ملاحظه می‌گردد، به طور کلی روش رگرسیون خطی نسبت به روش هیبرید مقادیر خطای کمتری داشته و مناسب‌تر است. البته در دوره بازگشت‌های بالا (25 و 50 سال) مقادیر خطای دو روش به هم نزدیکتر شده است. در برخی موارد روش هیبرید مناسبتر از روش رگرسیون خطی می‌باشد (جدول 7 برای دوره بازگشت 50 سال). همانطوری که در مواد و روش‌های تحقیق عنوان شد، مقایسه‌ای بین نتایج حاصله از اعمال این دو روش (هیبرید و رگرسیون چند متغیره) با نتایج حاصله از مطالعات قبلی بویژه محمدی (1387) با روش گشتاور خطی در محدوده مطالعه (جدول 8) صورت گرفت. نتایج این مقایسه نشان داد که در دوره بازگشت‌های بالا (25 و 50 سال)، روش گشتاور خطی نسبت به سایر روش‌ها دقت برآورد بیشتری دارد. اما در دوره بازگشت‌های پایین (2، 5 و 10 سال) روش رگرسیون خطی نسبت به دو روش دیگر نتایج بهتری نشان داد.

منابع مورد استفاده

- چاوشی بروجنی س و اسلامیان س، 1378. تخمین دبی سیل با تناوب مختلف در حوضه آبخیز زاینده رود. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد 3، شماره 3، صفحه‌های 1-12.
- سیف ع، 1380. بررسی روش ترکیبی داده‌ها در برآورد دبی سیلاب بخشی از جنوب غربی کشور. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

- محسنی ساروی م، روحانی ح، تلوری ع و زهتاییان غ، 1382. تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب به روش هیبرید در شرق و شمال شرق ایران، مجله منابع طبیعی ایران، جلد 56، شماره 3، صفحه‌های 165-175.
- محمدی م، 1387. بررسی کارایی تکنیک گشتاورهای خطی در تجزیه و تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیل در حوضه‌های اصفهان-سیرجان و دشت یزد-اردکان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.
- ملکی نژاد ح، 1385. تعیین و ارزیابی روابط سیل - احتمال وقوع با استفاده از تکنیک‌های همبستگی - مبنا، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ملکی نژاد ح، پورمحمدی س، 1387. تعیین مهمترین پارامترهای اقلیمی موثر بر تبخیر در مناطق خشک کشور به کمک تجزیه عاملی دوران یافته، سومین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.
- مهدوی م، 1371. هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- نجاتی آ، 1378. استفاده از روش هیبرید در زیر حوزه‌های رودخانه کرخه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- هنربخش ا، 1374. آنالیز منطقه‌ای سیلاب در حوضه‌های آبخیز دریاچه نمک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- Caunti P and Moisello U. 1987. Methods for estimating the peak discharge through the records of mean daily discharge, Pp. 177-184. Proceedings of the international symposium on flood frequency and risk analysis, Louisiana State University, USA.
- Hjalimarsom HW and Thomas BE, 1992. New look at regional flood-frequency relations for arid lands, Journal of Hydraulic Engineering 118: 868-886.
- Malekinezhad H, Nachtnebel HP and Klik A, 2011. Comparing the index-flood and multiple regression methods using L-moments, Physics and Chemistry of the Earth, 36: 54-60.
- Moor RJ, 1987. Combined regional flood frequency analysis and regression on catchment characteristic by maximum likelihood estimation, Pp. 119-131. Proceeding of International Symposium of Flood Frequency and Risk Analysis, Louisiana State University, USA.
- Pearson CP, 1991. New Zealand regional flood frequency analysis using L-moments. Journal of Hydrology (NZ) 30: 53-64.
- Pitlick J, 1994. Relation between peak flows, precipitation and physiography for five mountainous regions in the Western USA. Journal of Hydrology 158: 219-240.
- Riggs, TC and Hess GW, 1993. Techniques at engaged sites, IAHS Publication, No.190, Pp.159-170.
- Vogel RM, McMahon TA, and Chiew FHS, 1993. Flood flow frequency model selection in Australia, Australian Journal of Hydrology 146: 421-449.