تحلیل فراوانی سری‌های زمانی جریان حداقل به منظور استفاده در سامانه کارون بزرگ

کاظم حمادی

دکتری منابع آب، سازمان آب و برق خوزستان *hemmadi.kazem@gmail.com*

سمانه عبدویس

کارشناس ارشد مهندسی علوم آب سازمان آب و برق خوزستان*abdovissamaneh@gmail.com*

چکیده

تحلیل فراوانی یکی از روش‌های مناسب آماری در برآورد مقادیر جریان حداقل در دوره بازگشت‌های متفاوت است که با استفاده از تئوری‌های توزیع آماری و انتخاب قانون احتمال یا تابع توزیع مناسب قابل حصول می‌باشد. هدف از این مطالعه تحلیل فراوانی جریانهای حداقل رودخانه‌های کارون، دز و سامانه کارون بزرگ می باشد تا ضمن روشن شدن توابع توزیع احتمالاتی حاکم، مقادیر جریان حداقل و چگونگی رفتار آن‌ها از زمان های یک تا سی روزه نیز مشخص گردد. در این بررسی از آمار و اطلاعات مشاهده شده در۳ ایستگاه هیدرومتری پل‌شالو به عنوان جریان ورودی به سد مخزنی کارون۳، تله‌زنگ ورودی به سد مخزنی دز و اهواز به عنوان محل عملکرد سامانه کارون بزرگ استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان دادکه حداقل تولید جریان حوضه کارون (پل شالو) با حوضه دز (تله زنگ) در احتمالات پایین به هم نزدیک می شوند. تحلیل جریان های حداقل روزانه تا ماهیانه رودخانه کارون بزرگ در ایستگاه اهواز بین ۱۹۰ تا۲۵۰ مترمکعب در ثانیه متغییر است. این ارقام برای فراوانی های ۸۰ درصد بین ۱۴۳ تا ۱۸۳ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. تحلیل سری‌های زمانی جریان حداقل یک روزه و سی روزه این ایستگاه نشان می دهد که ۱۵ سال اول دوره آماری قبل از سال ۱۳۴۸ ، جریان نسبتاً به صورت طبیعی بوده و در سال های بعد متاثر از طرح های توسعه منابع آب و خاک حوضه بوده است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل فراوانی، جریان حداقل، کم آبی، کارون بزرگ

مقدمه

تحلیل فراوانی آبدهی و سیلاب رودخانه‌ها یکی از مهمترین مباحث آماری در حیطه علم هیدرولوژی کاربردی است. وجود داده‌های مشاهده‌ای از نیازهای اولیه و اساسی هر تحلیل فراوانی به شمار می‌آید، هنگامی که تعداد نمونه‌های آماری کافی بوده و امکان برازش تابع توزیع مناسب وجود داشته باشد، تحلیل فراوانی یکی از روش‌های مناسب آماری در برآورد مقادیر جریان در دوره بازگشت‌های متفاوت است که با استفاده از تئوری‌های توزیع آماری و انتخاب قانون احتمال یا تابع توزیع مناسب قابل حصول

می‌باشد. برای محاسبه پارامترهای آماری تابع چگالی یا توزیع از چندین روش استفاده می‌شود که شامل؛ روش گشتاورها، حداکثر درست‌نمایی، گشتاورهای وزنی احتمال، حداقل مربعات و... می‌باشد. معمولاً از سه روش اول ذکر شده متداول تر است[۷]. به نظر می‌رسد روش حداکثر درست‌نمایی یکی از کارآمدترین روش‌ها باشد، چون کمترین واریانس نمونه‌گیری از پارامترهای برآورد شده را ارائه می‌کند و از این‌رو چندک‌های برآورد شده آن قابل مقایسه با دیگر روش‌ها می‌باشد [۳].

تحلیل جریان حداقل در مباحث مختلف هیدرولوژی از قبیل مدیریت کیفی آب، تعیین حداقل جریان آبی مورد نیاز در پایین دست برای تولید برق -آبی، طراحی سیستم‌های آبیاری و ارزیابی تاثیر خشکسالی های طولانی مدت برروی اکوسیستم های آبی ضروری است.جریان کم عبارت است از کمترین جریان متوسط در یک یا چند روز پیاپی ۶۰،۳۰،۷،۵،۳ روزه در طول یک سال که علت محاسبه جریان کم برای روزهای پیاپی به حداقل رساندن اثر تغییرات و نواسانات کوچک جریان می باشد [۴]. یارکلی وکارونس (۲۰۰۵) تحلیل داده‌های جریان‌های حداقل را به طور مناسبی در تحلیل‌های خشکسالی استفاده کردند.آنها آمار و اطلاعات دبی حداقل روزانه هر ماه، مشاهده شده در۳ ایستگاه هیدرومتری واقع در حوضه آبریز ککریک در کشور ترکیه را به منظور تحلیل خشکسالی به کار بردند. تاسکر(۱۹۸۷) آمار هیدرومتری حدود۲۰ رودخانه در ایالت ویرجینیای آمریکا را با استفاده از توزیع-های آماری مورد تحلیل قرارداد. وی توزیع های ویبل ۳ پارامتری و لوگ پیرسون را جهت تحلیل سری جریان کم ۷ روزه پیشنهاد کرد. دودانگه و همکاران (۱۳۸۸)، جریان کم (جریان حداقل) را به عنوان یک شاخص خشکسالی هیدرولوژیک در حوزه آبخیز گیلوان به کار برده‌اند. برای این منظور پس از بررسی صحت داده‌ها، متوسط جریان ۷ روزه در هرسال آبی برای این منطقه مورد محاسبه قرار گرفت و سپس با استفاده از برنامه hyfa تحلیل فراوانی مقادیر جریان کم در منطقه صورت گرفت و پس از برازش توابع احتمالاتی مختلف به داده های مذکور با استفاده از روش گشتاورها و حداکثر درستنمائی تابع گاما به عنوان مناسبترین توزیع انتخاب شد و در انتها مقادیر جریان حداقل با دوره های بازگشت مختلف برای این منطقه مورد محاسبه قرار گرفت. تحلیل فراوانی جریان‌های حداقل علاوه بر موضوعات خشکسالی نیز به منظور برآورد نیازهای زیست محیطی به کار برده می شود[۱]. هدف از این مطالعه تحلیل فراوانی جریانهای حداقل رودخانه‌های کارون و دز در محل جریان ورودی به مخازن سدهای کارون ۳ و دز می باشد تا ضمن روشن شدن توابع توزیع احتمالاتی حاکم، مقادیر جریان حداقل و چگونگی رفتار آن‌ها از زمان های یک تا سی روزه نیز مشخص گردد. همچنین سری های زمانی حداقل جریان ایستگاه هیدرومتری اهواز واقع در سامانه کارون بزرگ مورد بحث و تحلیل قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این بررسی از آمار و اطلاعات مشاهده شده در۳ ایستگاه هیدرومتری واقع در حوضه‌های آبریز کارون بزرگ شامل کارون - پل‌شالو، دز- تله‌زنگ و کارون بزرگ اهواز استفاده شده است.جریان مشاهده شده در ایستگاه های هیدرومتری پل‌شالو و تله‌زنگ به عنوان جریان ورودی به مخازن سدهای کارون ۳ و دز تلقی می شوند. جدول (۱) مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب این مطالعه را نشان می‌دهد. تجهیزات و تعداد ایستگاه‌ها در زمان آماربرداری کافی و به لحاظ هیدرومتری درجه ۱ تقسیم بندی می‌شوند. در این ایستگاه‌ها اندازه‌گیری دبی، مقطع برداری و نمونه‌برداری آب برای آزمایشات کیفی و رسوب به طور منظم صورت می‌گیرد. قدمت آماربرداری از منابع آب سطحی خوزستان به سال ۱۳۳۴ برمی‌گردد که اندازه‌گیری از رودخانه کارون در مقطع گتوند آغاز و سال‌های بعد نیز ایستگاه‌های هیدرومتری پل شالو و تله زنگ مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. با بهره برداری از سد مخزنی کارون ۳، ایستگاه پل شالو در مخزن سد (نزدیک محور سد) قرار گرفت که در این مرحله جریان ورودی به مثابه جریان ثبت شده در ایستگاه تلقی می‌شود. البته اخیراً با بهره‌برداری از سد مخزنی کارون ۴ ، طبیعی نمودن جریان نیاز به یک سری تعدیلات هیدرولوژیکی دارد. مشخصه عمومی جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه به جدول (۱) اضافه شده است.

جدول (۱): مختصات و مشخصه عمومی جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب

نام رودخانه	کارون	دز	کارون بزرگ
نام ایستگاه	پل شالو	تله زنگ	اهواز
طول (درجه، دقیقه و ثانیه)	50 08 00	48 46 12	48 41 24
عرض (درجه، دقیقه و ثانیه)	31 45 00	32 49 12	31 20 40
ارتفاع (متر)	690	444	9.78
طول دوره آماری (سال)	50	53	54
مساحت حوضه (کیلومترمربع)	24210	16213	60737
حجم جریان سالانه (میلیون مترمکعب)	9429	7852	19962
ضریب تغییرات جریان سالانه	0.37	0.38	0.40

منظور از تحلیل فراوانی بدست آوردن قانون احتمالی "تابع چگالی" یا "تابع توزیع" حاکم بر متغیر تصادفی مورد مطالعه از روی نمونه مشاهده شده و محاسبه دوره بازگشت یا مقدار پیشامد xT است [۷]. به طورکلی، تحلیل فراوانی بررسی احتمالی متغیر تصادفی جریان است که شامل؛ جمع‌آوری نمونه (دبی حداقل روزانه یا چند روز متوالی)، ترمیم و تکمیل داده‌های نمونه، آزمون‌های لازم آماری مانند: تصادفی بودن ، مستقل بودن، همگنی، ایستایی و داده‌های پرت، انتخاب توزیع مناسب آماری (تابع چگالی $f(x)$ یا تابع توزیع $F(x)$)، برآورد پارامترهای تابع چگالی و آزمون های مورد نیاز برای برازش تابع چگالی و انتخاب بهترین تابع می‌باشد. اطلاعات بیشتر در این زمینه را می توان درکتاب‌های مرجع هیدرولوژی مانند (چاو، ۱۹۸۸) و (اسلامیان و سلطانی کوپائی، ۱۳۸۱) ملاحظه نمود. در این مطالعه از ایستگاه‌های هیدرومتری پل‌شالو، تله‌زنگ و اهوازکه بر روی رودخانه‌های کارون، دز و کارون بزرگ در حوزه عملکرد سازمان آب و برق خوزستان واقع شده، استفاده گردید. به منظور دست یابی به هدف تحقیق شامل جریان‌های حداقل در یک روز یا چند روز متوالی از سال، آمار هیدرومتری ایستگاه‌های فوق الذکر در مقیاس روزانه برای طول دوره آماری ذکر شده در جدول (۱) مورد توجه قرار گرفت. با در دست داشتن آمار جریان روزانه بیش از ۵۰ سال آبی مقاطع یاد شده، گام‌های ذیل دنبال شد.

الف) با استفاده از دبی روزانه، دبی حداقل جریان روزانه هر ایستگاه - سال آبی استخراج گردید. به عبارتی دیگر از میان دبی ۳۶۵ روز هر سال آبی، کمینه‌گیری شده و دبی حداقل به عنوان "مقدار" برای آن سال آبی مد نظر قرار گرفت. با این حساب برای هر ایستگاه هیدرومتری یک سری زمانی ۵۰ ساله جریان حداقل تشکیل شد.

ب) از آنجایی که جریان‌های حداقل ۳، ۵، ۷، ۱۵ و ۳۰ روز متوالی جزو اهداف تحقیق هستند، با استفاده از دبی روزانه و تکنیک میانگین متحرک؛ دبی حداقل جریان ۳، ۵، ۷، ۱۵ و ۳۰ روز متوالی برای هر ایستگاه - سال آبی نیز استخراج گردید.

ج) به منظور تحلیل فراوانی سری ها از نرم افزار هیدرولوژیکی HYFA و توزیع‌های آماری نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، گاما دو پارامتری، پیرسون تیپ III ، لوگ پیرسون تیپIII و گامبل استفاده شد. جهت محاسبه پارامترهای توزیع، دو روش گشتاور و حداکثر درست نمایی به کار گرفته شدند. بهترین توزیع آماری منطبق بر داده‌ها، براساس حداقل مقدار میانگین انحرافات نسبی مقادیر مشاهده‌ای جریان و مقادیر محاسبه آن در توزیع، میانگین مربع انحرافات نسبی، کای- اسکویر(k2) و مقایسه برازش توزیع بر داده‌های مشاهداتی به تفکیک هر ایستگاه انتخاب شدند. بر اساس این توزیع اقدام به تعیین جریان حداقل با دوره‌های بازگشت مختلف گردید.

بحث و نتایج

در این تحقیق دبی های حداقل در رودخانه های کارون، دز وکارون بزرگ مورد توجه قرار گرفت. طول دوره آماری مـورد اسـتفاده ۵۲ سال می باشد. ابتدا جریان‌های حداقل در یک روز یا چند روز متوالی از سال آمـار هیـدرومتری رودخانـه هـای فـوق الـذکر در مقیاس روزانه برای طول دوره آماری ذکر شده مورد توجه قرارگرفت. تحلیـل مقـدماتی سـری زمـانی جریـان‌هـای حـداقل شـامل پارامترهای متوسط، حداکثر، حداقل، انحراف معیار، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات ایستگاه‌های هیدرومتری مـورد مطالعـه انجـام گرفت. نتایج در جدول (۲) نشان داده شده است. همانگونه که در جدول ملاحظه می شود دامنه تغییرات سری زمانی یک روزه، سه روزه، ... تا ماهیانه ایستگاه های هیدرومتری پل شالو و تله زنگ به صورت جزیی تغییر کرده است. دلیل این امر به ثبات جریـان در فصول خشک برمی‌گردد. اضافه می شود که ضریب تغییرات جریان سالانه این ایستگاه‌ها حدود ۳۷ درصد است در صورتی‌که ضریب تغییرات سری های جریان کم آب برای رودخانه کارون ۲۷ و برای رودخانه دز ۲۱ درصد می باشد. ایسـتگاه هیـدرومتری اهـواز بـه دلیل تنظیم بودن جریان بالادست از روند فوق الذکر تبعیت نمی‌کند و دامنه تغییرات جریان برای سری زمانی یک روزه و ماهیانـه اختلاف معنی دار وجود دارد.

جدول (۲): تحلیل مقدماتی سری زمانی جریان‌های حداقل ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه- مترمکعب بر ثانیه

کارون- پل شالو						
پارامتر/سری زمانی	یک روزه	سه روزه	پنج روزه	هفتگی	پانزده روزه	ماهیانه
متوسط	96	97	98	99	100	103
حداکثر	164	166	168	168	169	179
حداقل	29	36	36	38	39	40
انحراف معیار	26	27	26	29	27	27
دامنه تغییرات	135	130	132	130	131	139
ضریب تغییرات	0.27	0.27	0.27	0.29	0.27	0.27
دز- تله زنگ						
پارامتر/سری زمانی	یک روزه	سه روزه	پنج روزه	هفتگی	پانزده روزه	ماهیانه
متوسط	56	56	56	57	58	61
حداکثر	101	101	101	101	102	104
حداقل	34	35	35	36	37	39
انحراف معیار	12	12	12	12	12	13
دامنه تغییرات	67	66	66	65	65	65
ضریب تغییرات	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.22
کارون بزرگ-اهواز						
پارامتر/سری زمانی	یک روزه	سه روزه	پنج روزه	هفتگی	پانزده روزه	ماهیانه
متوسط	189	199	209	215	232	250
حداکثر	328	333	344	353	410	434
حداقل	86	90	91	92	100	107
انحراف معیار	54	57	60	64	72	79
دامنه تغییرات	242	244	253	261	310	327
ضریب تغییرات	0.28	0.28	0.29	0.30	0.31	0.31

همانگونه که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شد به منظور تحلیل فراوانی از نرم افزار هیدرولوژیکی HYFA با بکارگیری توزیع‌های آماری مختلف استفاده شد. از دو روش گشتاور و حداکثر درست نمایی پارامترهای توزیع های آماری برآورد گردید. بهترین توزیع آماری براساس حداقل مقدار میانگین انحرافات نسبی مقادیر مشاهده‌ای جریان و مقادیر محاسبه آن در توزیع، میانگین مربع انحرافات نسبی، کای- اسکویر(k2) و مقایسه برازش توزیع بر داده‌های مشاهداتی به تفکیک هر ایستگاه و سری زمانی تعیین شدند. نتایج تحلیل برازش توابع توزیع فراوانی جریان‌های حداقل در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در جدول (۳) منعکس شده است.

جدول (۳): نتایج تحلیل برازش توابع توزیع فراوانی جریان‌های حداقل در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

	سری زمانی	نوع تابع	روش برآورد	K2	Sq.Rel.Dev	Rel.Dev
کارون - پل شالو	یک روزه	لوگ پیرسون تیپ ۳	ممنتم	1.10	44.44	3.56
	سه روزه	نرمال	ممنتم	0.90	13.70	2.12
	پنج روزه	نرمال	ممنتم	0.90	13.63	2.25
	هفت روزه	نرمال	ممنتم	1.91	18.57	2.43
	پانزده روزه	نرمال	ممنتم	0.08	12.04	2.18
	سی روزه	نرمال	ممنتم	1.30	12.38	2.05
دز- تله زنگ	یک روزه	گامای دو پارامتری	حداکثر درستنمایی	4.45	12.09	2.14
	سه روزه	گامبل تیپ ۱	حداکثر درستنمایی	2.00	8.76	1.96
	پنج روزه	لوگ نرمال ۲ پارامتری	ممنتم	2.18	9.72	2.09
	هفت روزه	لوگ نرمال ۲ پارامتری	ممنتم	2.75	8.69	2.75
	پانزده روزه	گامبل تیپ ۱	حداکثر درستنمایی	0.87	6.28	1.70
	سی روزه	لوگ پیرسون تیپ ۳	ممنتم	2.00	4.27	1.65
کارون بزرگ - اهواز	یک روزه	لوگ نرمال3 پارامتری	ممنتم	3.59	11.44	2.66
	سه روزه	گامای دو پارامتری	حداکثر درستنمایی	1.74	16.17	2.39
	پنج روزه	لوگ نرمال3 پارامتری	ممنتم	0.81	14.51	2.85
	هفت روزه	گامای دو پارامتری	حداکثر درستنمایی	1.37	18.96	2.67
	پانزده روزه	لوگ نرمال3 پارامتری	ممنتم	1.37	9.00	1.91
	سی روزه	لوک پیرسون تیپ۳	ممنتم	0.63	9.70	2.00

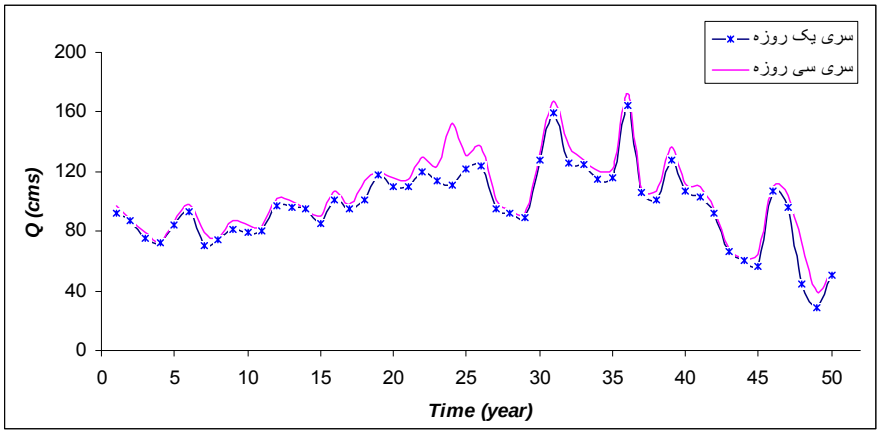
براساس اطلاعات ارائه شده در جدول (۳) و با بکارگیری بهترین تابع توزیع اقدام به تعیین دبی جریان حداقل با دوره‌های بازگشت مختلف گردید. جدول (۴) نتایج تحلیل فراوانی جریان‌های حداقل در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

مساحت حوضه های آبریز کارون در پل شالو و دز در تله زنگ به ترتیب برابر ۲۴۲۱۰ و ۱۶۲۱۳ کیلو متر مربع است. با این حساب نسبت مساحت حوضه های مولد جریان رودخانه دز نسبت به کارون در مکان ها ذکر شده برابر ۰/۶۷ می باشد. اما نسبت متوسط جریان سالانه شاخه دز به کارون حدود ۸۰ درصد است. این نسبت برای دبی متوسط جریان های حداقل به ۵۸ درصد می رسد که با کاهش احتمال وقوع این نسبت مجدداً افزایش یافته و به ۹۶ درصد افزایش می یابد. این موضوع بدین معناست که حداقل تولید جریان حوضه کارون (پل شالو) با حوضه دز (تله زنگ) به هم نزدیک می شوند. تحلیل جریان های حداقل روزانه تا ماهیانه رودخانه کارون بزرگ در ایستگاه اهواز بین ۱۹۰ تا۲۵۰ مترمکعب در ثانیه متغییر است.

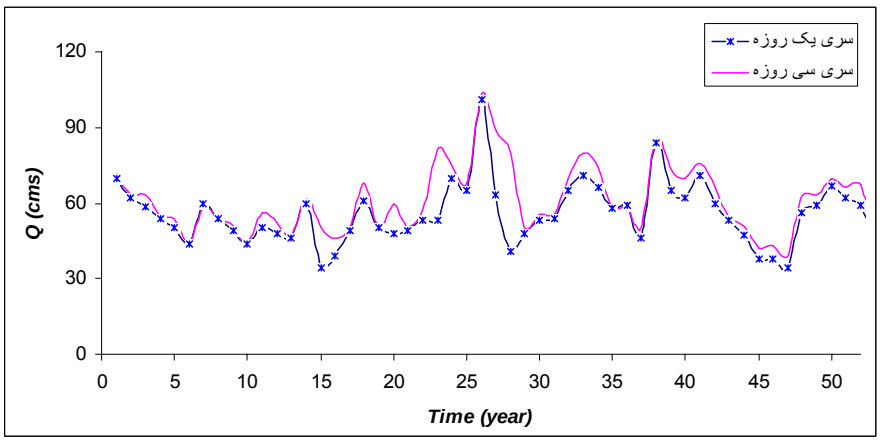
جدول (۴):): نتایج تحلیل فراوانی جریان‌های حداقل در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه مترمکعب بر ثانیه

ایستگاه	توالی زمانی	متوسط	50%	60%	70%	75%	80%	90%	95%	97.5%	99%
کارون-پل شالو	یک روزه	96	100	93	85	80	75	61	50	42	32
	سه روزه	97	97	91	83	79	75	63	54	45	35
	پنج روزه	98	98	96	92	81	76	65	55	47	37
	هفتگی	99	99	92	85	81	77	65	56	47	38
	پانزده روزه	100	100	93	86	82	78	66	56	48	38
	ماهیانه	103	103	96	89	85	80	68	58	49	39
دز- تله زنگ	یک روزه	56	55	52	49	47	46	41	38	35	32
	سه روزه	56	54	51	49	47	46	43	40	38	36
	پنج روزه	56	55	52	49	48	46	42	39	37	34
	هفتگی	57	56	55	53	48	47	43	39	37	34
	پانزده روزه	58	56	54	51	50	48	45	42	40	38
	ماهیانه	61	59	56	53	51	50	46	43	41	38
کارون بزرگ- اهواز	یک روزه	189	185	172	158	151	143	123	108	95	81
	سه روزه	199	194	180	166	159	151	131	117	105	92
	پنج روزه	209	205	190	175	167	158	135	117	102	85
	هفتگی	215	209	194	178	170	161	139	123	110	96
	پانزده روزه	232	226	209	191	182	172	146	126	110	92
	ماهیانه	250	244	225	205	195	183	156	135	119	101

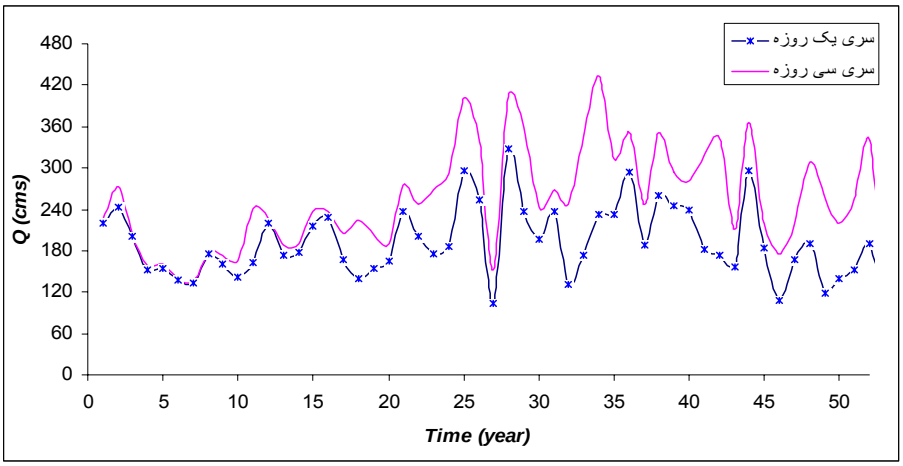
این ارقام برای فراوانی های ۸۰ درصد بین ۱۴۳ تا ۱۸۳ مترمکعب در ثانیه می باشد.لازم به ذکر است که ارقام تحلیل شده در ایستگاه اهواز مربوط به داده های توام تنظیمی و طبیعی ۵۰ سال اخیر بوده و مصارف بالادست ایستگاه و آب‌های برگشتی نیز در آن موثر می باشند. در شکل های (۱) تا (۳) سری‌های زمانی جریان حداقل یک روزه و سی روزه در ایستگاه های هیدرومتری مورد مطالعه مقایسه شده‌اند. همانگونه که در شکل‌ها ملاحظه می‌گردد سری های مورد بحث در رودخانه های کارون (پل شالو) و دز (تله زنگ) به یکدیگر نزدیک هستند. به عبارتی سری جریان حداقل سی روزه در تمام روزها دارای ثبات می باشد. البته این موضوع در دوره های خشک اندکی تفاوت نشان می دهد. همانگونه که در جدول (۱) اشاره شد طول دوره آماری مورد استفاده در تحلیل آماری رودخانه کارون بزرگ در ایستگاه هیدرومتری اهواز برابر ۵۴ سال می باشد، تحلیل سری‌های زمانی جریان حداقل یک روزه و سی روزه این ایستگاه نشان می‌دهد که ۱۵ سال اول دوره آماری قبل از سال ۱۳۴۸ جریان نسبتاً به صورت طبیعی بوده و در سال های بعد متاثر از طرح های توسعه منابع آب و خاک حوضه بوده است شکل (۳).



شکل (۱): مقایسه سری زمانی جریان‌های حداقل- رودخانه کارون- پل شالو



شکل (۲): مقایسه سری زمانی جریان‌های حداقل- رودخانه دز- تله زنگ



شکل (۳): مقایسه سری زمانی جریان‌های حداقل-کارون بزرگ- اهواز

قدردانی

درپایان از سازمان آب و برق خوزستان به خاطر همکاری در انجام این تحقیق قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- یاسی،م.، امینی شادباش،س (۱۳۸۸)، "برآورد حداقل جریان زیستی –هیدرولیکی رودخانه شهرچای" ، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- دودانگه، اسمائیل.، سلطانی کوپایی،سعید.، سرحدی،علی(۱۳۸۸)، " تحلیل فراوانی جریان های حداقل (low flow) در حوضه آبخیز گیلوان به منظور مدیریت کیفیت آب شرب و کشاورزی منطقه"، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- رائو، آ. ر. و حامد، خ. ح. ترجمه اسلامیان، س. و سلطانی کوپائی، س. ۱۳۸۱. "تحلیل فراوانی سیل"، انتشارات ارکان ۳۳۲ص.

4. Modarres, R., (2008), "Regional Frequency Distribution Type of Low Flow in North of Iran by lmoment", Journal Water Resour Manage.

5.Tasker, G. D., (1987), "A comparison of metods for estimating low flow characteristics of streams", Water resources Bulletin.

Chow,V.T. (1988), "Applied hydrology", McGraw-Hill Book Company, 572p.

7. Rao, A.R. and Hamed, K.H. 2000. Flood Frequency Analysis, CRC Press, Boca Raton, 350 p.

8. Yureklh, K., Kurunc, A., (2005), " Performances of Stochastic Approaches in Generating Low Streamflow Data for Drought Analysis"Jornal of Spatial Hydrology Spring Vol . 5no. 1.