

بررسی و تعمیم روابط بارش- رواناب ماهانه و سالانه به حوضه‌های فاقد آمار مطالعه موردي: حوضه‌های نهرین و کريت واقع در منطقه طبس استان يزد

ابوذر حاسنی يزد و سازن قهرمان^۱

چکیده

بیچیدگی سیستم‌های هیدرولوژیکی، کمیود و نقص اطلاعات در دسترس، تحلیل و پیش‌بینی وقایع هیدرولوژیکی را مشکل می‌سازد. نوعی نگرش موجود به تحلیل مسائل هیدرولوژی، نگرش سیستمی است. این نگرش در بررسی مسائل هیدرولوژی سعی در بررسی و توسعه روابط بین پارامترهای اندازه‌گیری شده چرخه هیدرولوژی داشته و باعث سادگی تحلیل وقایع هیدرولوژیک می‌شود. از این رو مورد توجه هیدرولوژیست‌ها قرار گرفته است. در این تحقیق روابط بارش- رواناب حوضه‌های دارای امار به منظور ارائه مدل‌هایی که بتوانند رواناب حوضه‌های متسابه ولی فاقد امار را برآورد نمایند با تکیه بر این نگرش مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، مطالعه‌ای موردي بر روی دو حوضه آبریز مجاور به نام‌های نهرین و کريت در شهرستان طبس از توابع استان يزد انجام گردید. حوضه نهرین دارای آماهه بوده ولی حوضه کريت هرگونه داده هوائیستی و هیدرومتری می‌باشد. وضعیت توپوگرافی و زمین‌شناسخنی دو حوضه حاکی از تشابه هیدرولوژیک دو حوضه است. بنابراین فرایند تشکیل رواناب در دو حوضه تقریباً يکسان خواهد بود. با تعیین و بازسازی دوره اماری بارندگی برای دو حوضه مذکور، ضریب جریان محاسبه شده حوضه نهرین به حوضه کريت منتقل گردید و میزان رواناب حوضه کريت بدست آمد. همچنین رواناب - رواناب در مقیاس ماهانه و سالانه مورد بررسی قرار گرفت ولی نتایج قابل قبولی حاصل نشد. در اقدامی دیگر تأثیر وقایع بارندگی ماهانه و سالانه زمان‌های گذشته بر روی رواناب حوضه نهرین با تهیه مدل‌های چند متغیره بررسی شد که نتایج خوبی به همراه داشت. براین اساس، مدل‌های حاصل در حوضه کريت اعمال گردید و مقادیر رواناب ماهانه و سالانه ان بدست آمد. مقایسه روش‌های ضریب جریان و مدل‌های چند متغیره نشان از دقت بالای تأثیر وقایع بارندگی زمان‌های گذشته بر روی رواناب خروجی از حوضه‌های آبریز دارد. بنج رابطه تجربی متداول در این تحقیق بررسی شد، که از این میان دو روش، یکی روش جاستین، که غالباً توسط مهندسین مشاور در ایران استفاده می‌شود، و دیگری رابطه ارانه شده توسط دبارتمان آبیاری اترابرادش هند تا حدی به واقعیت منطقه مورد مطالعه نزدیک بودند.

کلید واژه‌ها: فرمول‌های تجربی، روابط بارش، رواناب، ضریب جریان، بارندگی، رواناب، طبس

مقدمه

اصلی هر یک از اجزاء چرخه هیدرولوژی به منظور درک کامل مکانیزم و نحوه عمل اجزا بایکدیگر است. هدف نگرش گروه دوم، توسعه روابط معتبر بین پارامترهای اندازه‌گیری شده چرخه هیدرولوژی است که از آنها باید برای حل مسائل فنی و عملی استفاده کرد. این روابط امکان حل مسائل بیچیده را به توانهای فراهم می‌کند که روابط در شرایط عملی نیز معتبر باشند (۲).

در بررسی مسائل هیدرولوژی نگرش‌های وسیع و تخصصی متعددی وجود دارد که نمی‌توان آنها را از یکدیگر متمایز ساخت. این نگرش‌ها را می‌توان به دو گروه عمده (۱) نگرش علم فیزیک و (۲) نگرش سیستمی، تقسیم بندهی کرد. برای این روش‌ها اصطلاحات تحقیقات پایه و تحقیقات کاربردی به کار برده می‌شود. هدف نگرش گروه اول، تکیه بر انجام تحقیقات علمی و نحوه نمل

۱. داشجوی سالیان کارشناسی ارشد آبیاری و زهکسی، دانشگاه متنه
2. دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3. batam@yahoo.com

اینگلیس و دسوزا^(۶) برای مناطق کوهستانی و هموار ماهاراسترا در هندوستان دو رابطه به صورت زیر ارائه داده‌اند:

$$(1) \text{ مناطق کوهستانی} \quad R = 0.85P - 30.5$$

$$(2) \text{ مناطق هموار} \quad R = \frac{(P - 17.8)P}{254}$$

که در آن ها

P : بارندگی سالانه بر حسب سانتی متر.

R : ارتفاع رواناب سالانه بر حسب سانتی متر.

بخش آبیاری اوتراپرداش هند نیز رابطه

زیر را برای محاسبه رواناب ارائه کرده است (۱۵):

$$(3) \quad R = P - 1.17P^{0.86}$$

خوزلا^(۸) رابطه زیر را برای محاسبه رواناب با استفاده از درجه حرارت و بارندگی پیشنهاد کرده است:

$$(4) \quad R = P - \frac{T}{3.74}$$

که در آن

T : درجه حرارت سالانه بر حسب سانتی گراد.

با این حال انجمان تحقیقات کشاورزی هند از مساحت حوضه آبریز نیز برای این منظور استفاده کرده و رابطه‌ای به صورت زیر پیشنهاد کرده است (۱۷):

$$(5) \quad R = \frac{1.511P^{1.41}}{P^{0.0613}}$$

که در آن

S : مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع.

از پارامتر شبیه حوضه (S) نیز محققین مختلف برای برآورد میزان رواناب استفاده کرده‌اند. در گزارشات مهندسین مشاور برای برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد امسار مکرراً از رابطه ارائه شده توسط جستین استفاده می‌شود. رابطه جستین برای برآورد رواناب سطحی سالانه (R) با استفاده از سه

پیچیدگی وسیع سیستم‌های موجود در بررسی‌ها، نقص اطلاعات فعلی در دسترس، و اطلاعاتی که ممکن است در آینده قابل پیش‌بینی باشند، امکان ترکیب کامل را به حدی غیر ممکن می‌سازند که برای اهداف عملی، باید از آن صرفنظر کرد. در چنین شرایطی، نگرش منطقی، مرکب از اندازه‌گیری آن دسته از متغیرهای مشاهده شده چرخه هیدرولوژی خواهد بود که به مسئله ارتباط داشته باشد و سپس باید سعی در ساختن روابط صریح جبری بین آنها شود. آنگاه می‌توان امیدوار بود که این روابط در محدوده شرایط عملی اعتبار داشته باشند. در این صورت سعی در برقرار کردن روابطی بین پارامترهای مدل و مشخصه‌های فیزیکی قابل اندازه‌گیری حوضه است. سپس فرض می‌شود که این روابط به حوضه‌های بدون امسار که دارای مشخصه‌های هیدرولوژیکی مشابهی هستند قابل تعمیم است. از این رو از مدل می‌توان برای بررسی اثر استفاده از زمین در پاسخ حوضه استفاده کرد (۲). در پروژه‌های عمرانی عموماً و در پروژه‌های آبی خصوصاً، برآورده از رواناب در محل مورد مطالعه الزامی است. روش‌های بسیار متعددی برای این منظور در سطح جهان پیشنهاد شده است و مرتباً نیز بهبود می‌یابند. با این وجود، روش‌های سریع و با دقت کافی هنوز هم دارای جذابت هستند.

مدل‌های ساده برآورد رواناب (در مقیاس ماهانه و سالانه) در حوضه‌های آبریز عمدتاً تابعی از خصوصیات فیزیکی حوضه و پارامترهایی نظری بارندگی و دما می‌باشند. ساده‌ترین فرمول‌ها آنها بی هستند که رواناب را مستقیماً به بارندگی ارتباط می‌دهند. این فرمول‌ها عبارتند از:

مواد و روش‌ها

حوضه کریت در ارتفاعات کوههای شتری واقع شده است. با وجود اینکه این حوضه در نزدیکی منطقه کوبیری طبس در استان یزد قرار دارد، ولی اقلیمی متفاوت با آن دارد. کوههای مذکور شرایط اقلیمی خاصی را مشابه با مناطق کوهستانی خراسان شمالی ایجاد کرده‌اند. بیشتر نزولات آسمانی در این حوضه بصورت بارندگی بوده ولی در زمستان گاهی اوقات برف نیز می‌بارد. مساحت حوضه مذکور ۱۷۲ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط حوضه از سطح دریا ۱۹۷۵ متر می‌باشد. هم چون بسیاری از حوضه‌های فاقد آمار در جهان، در این حوضه نیز هیچگونه آمار هواشناسی و هیدرومتری موجود نمی‌باشد. هم مرز با حوضه کریت و در جهت شمال، حوضه‌ای نسبتاً "مشابه با آن به نام نهرین وجود دارد.

این حوضه تنها حوضه‌ای است که ممکن است به توان از داده‌های ثبت شده و شرایط هیدرولوژیکی آن برای تجزیه و تحلیل‌های منطقه‌ای به منظور برآورد پارامترهای هیدرولوژیکی در حوضه کریت استفاده کرد. مساحت این حوضه ۱۸۹ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۸۲۵ متر می‌باشد. شکل (۱) موقعیت و محدوده حوضه‌های نهرین و کریت و همچنین ایستگاه‌های منطقه را در ایران و استان یزد نشان می‌دهد. در جدول (۱) پارامترهای فیزیوگرافیکی دو حوضه درج شده است. این پارامترها با استفاده از نرم‌افزار WMS بدست آمده‌است (۱۸). منطقه‌ای که حوضه‌های نهرین و کریت در آن واقع شده است دارای اختصاصات چینه شناسی متنوعی است. به منظور بررسی مشخصات آبریز، از نقشه ۱:۲۵۰،۰۰۰ زمین شناسی بشریه استفاده بعمل آمد. سازندگان تشکیل دهنده حوضه‌های نهرین و کریت و در حد تحت پوشش از مساحت کل این حوضه‌ها به ترتیب در جداول (۲) و (۳) آرائه شده‌اند.

پارامتر بارندگی (۱۹)، درجه حرارت (۲۰) و شبکه حوضه (۲۱)، به شکل زیر می‌باشد (۱۷):

$$R = 0.2845^{0.155} \frac{P}{1.87 + 3.2} \quad (6)$$

$$S = \frac{H_{\max}}{A^{0.5}} \frac{H_{\min}}{H_{\max}} \quad (7)$$

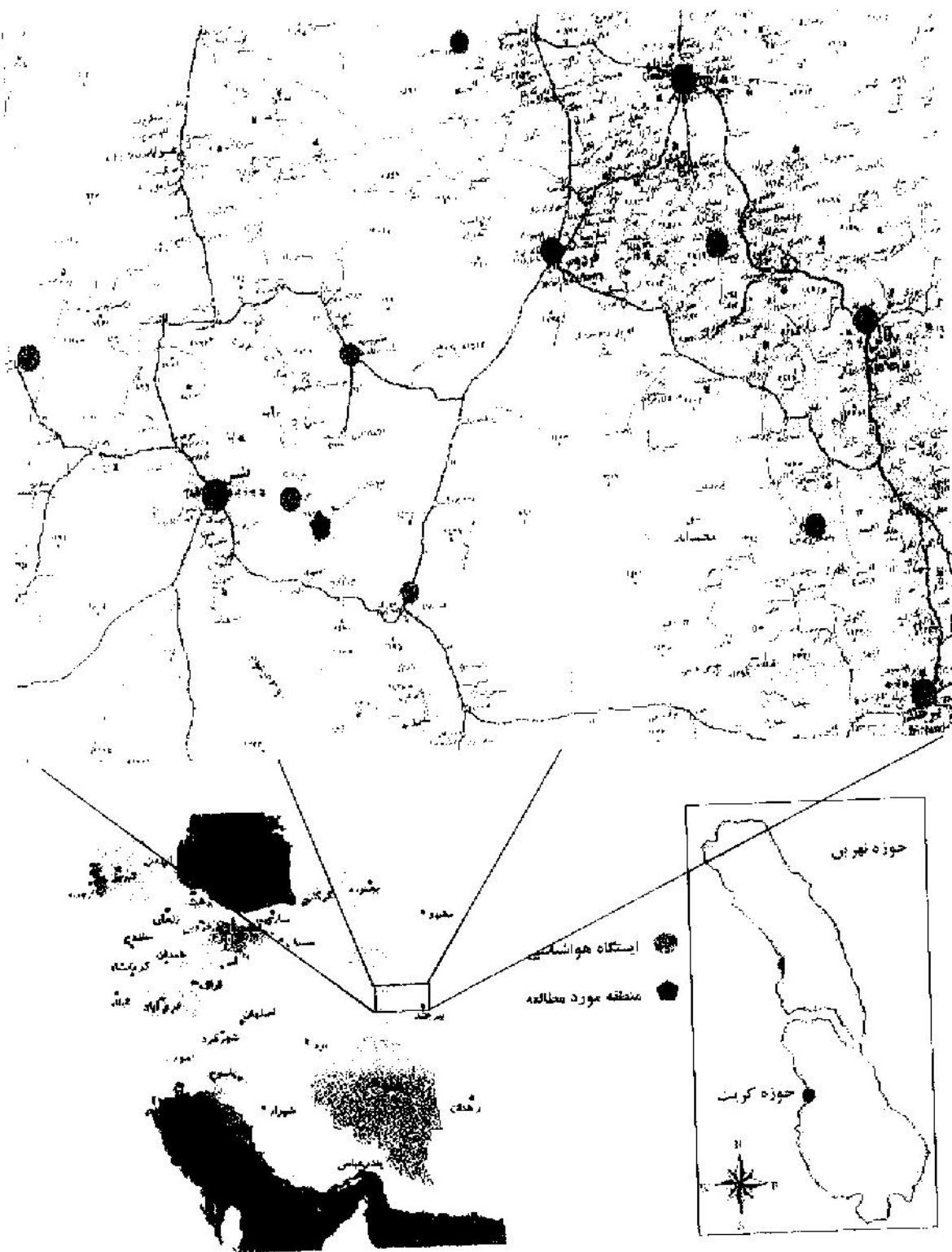
که در آن H_{\max} و H_{\min} بترتیب عبارتند از حداکثر و حداقل ارتفاع حوضه بر حسب متر.

روابط فوق مقدار روایاب حاصل از بارندگی را بطور مستقیم برآورد می‌نمایند.

ضرایب عددی ثابت در این فرمول‌ها بیانگر این است که روابط مذکور در شرایط جغرافیایی خاص بدست آمده‌اند. این ضرایب بیانگر سایر پارامترهایی‌اند که در مدل به عنوان متغیر مستقل وارد شده‌اند. استفاده از این روابط در مناطق مشابه با منطقه‌ای که رابطه در آنجا تهیه شده است توصیه می‌شود. بنابراین استفاده از این روابط در سایر مناطق بایستی با اختیاط صورت پذیرد.

گرچه در مقیاس روزانه نیز مدل‌هایی نظریer (SCS) وجود دارد، ولی این روش‌ها قادر به برآورد دیگر پایه نمی‌باشند. یکی دیگر از روش‌های سراورد روایاب در یک حوضه استفاده از ضربی جریان است. ضربی جریان رابطه‌ای بین باران و دبی است که در مقیاس سالانه مورد توجه هیدرولوژیست‌ها می‌باشد. ضربی جریان در این دیدگاه به شدت و مدت بارندگی، توزیع زمانی بارندگی در سال، پستی و بلندی، میزان نفوذپذیری و ذخیره رطوبتی بستر حوضه ابریز بستگی دارد.

تحقیق حاضر جهت تعیین روابط بارش - روایاب از حوضه‌های دارای آمار (حوضه نهرین) به حوضه‌های فاقد آمار (حوضه کریت) با ارائه مدل چند متغیره بزرش روایاب و ارزیابی چند معادله تجربی برآورد روایاب صورت پذیرفته است.



شکل ۱ - موقعیت منطقه مورود بررسی

عرض و طول جغرافیایی را نیز بکار برد، ولی هرچه تعداد متغیرهای موثر بر یک فرآیند افزایش یابد، از درجه ارادی کاسته شده و با توجه به اینکه تعداد ایستگاههای باران سنجی در منطقه محدود می‌باشد از دقت برآورد میزان بارندگی کاسته خواهد شد. بنابراین تنها از پارامتر ارتفاع در برآورد میزان بارندگی استفاده شد. برای بدست آوردن معادله گرادیان بارش از آمار بازسازی و تطویل شده بارندگی متوسط سالانه ۱۲ ایستگاه باران سنجی و تبخیر سنجی موجود در محدوده حوضه‌ها استفاده شد. از روی این معادله و همچنین دوره بارش ماهانه و سالانه ایستگاه نیاز، بارندگی در مقیاس ماهانه و سالانه برای حوضه‌های نهرین و کریت تهیه گردید.

آمار هواشناسی و هیدرومتری، مربوط به ایستگاه‌های مجاور حوضه کریت و در مقیاس ماهانه و سالانه می‌باشد در محدوده اطراف حوضه آبریز کریت ۱۳ ایستگاه شناسایی شد. از این میان یک ایستگاه هیدرومتری (مریبوط به حوضه نهرین)، ۶ ایستگاه باران سنجی و ۶ ایستگاه تبخیر سنجی می‌باشد. مشخصات ایستگاه‌ها در جدول (۴) آرائه شده است. طول دوره آماری از ۷ سال در ایستگاه فردوس تا ۲۵ سال در ایستگاه قائن متغیر است. برآورد رواناب بدون داشتن مقادیر بارندگی در حوضه آبریز تقریباً "غیرممکن" است. با استفاده از معادله گرادیان بارش ۳۵ ساله منطقه (رابطه بارندگی با ارتفاع)، میزان بارندگی در حوضه کریت محاسبه گردید. ارتفاع موثرترین پارامتر بر تغییرات بارندگی می‌باشد. البته می‌توان دیگر بارامترهای موثر مانند

جدول ۱ - پارامترهای فیزیوگرافی حوضه‌های کریت و نهرین

ردیف	عنوان	حوضه	حوضه	ردیف
		کریت	نهرین	
۱	مساحت اکلیومتری (کیلومترمربع)	۱۷۲	۱۹۰	
۲	محیط (کیلومتر)	۷۶	۷۸	
۳	متوال آبراهه اصلی (کیلومتر)	۲۱۶	۲۸	
۴	نسبت آبراهه اصلی	۶۰۱	۴۰۳	
۵	ارتفاع حداقل (متر)	۱۲۹۷	۱۱۲۰	
۶	ارتفاع حداکثر (متر)	۲۰۰۰	۲۸۸۴	
۷	ارتفاع متوسط امتداد	۱۹۷۵	۱۸۲۵	
۸	ارتفاع مرکز تقلیل (متر)	۲۱۲۰	۱۶۶۷	
۹	دوره متوسط مساحت در جهت شمال	۵۸	۶۲	
۱۰	دوره متوسط مساحت در جهت خوب	۴۱	۳۸	
۱۱	حلول معادل (اکلیومتر)	۱۴	۲۰	
۱۲	نسبت متوسط حوضه (درصد)	۲۹.۶	۳۳.۶	
۱۳	زمان ناخرا کریج (ساعده)	۲.۵۶	۳.۶	
۱۴	زمان شرکر سول، (ساعت)	۴.۰	۵.۶	
۱۵	فاکتور میروسی آراغه	۱.۳۴	۱.۳	

جدول ۲- مشخصات سنگ شناسی و نفوذ پذیری حوضه کربت

		مساحت (درصد)	نفوذپذیری (کیفی)	نفوذپذیری (كمی)	لینولوژی
		متوسط		۱/۷	سنگ آهک (آهک بادامه)
۴					شیل مارنی
۱	خیلی کم		۱۰/۱		سنگ آهک ریضی
۴	متوسط		۱۵/۶		ماسه سنگ، شیل
۲	کم		۴/۹۶		مارون ماسه سنگ آهک ماسه ای
۳	کم تا متوسط		۱/۶۴		بیرو کاستبک و لاوهای آندزینی
۴	متوسط		۰/۰۸		بیرو کاستبک و لاوهای داسبلینی
۴	متوسط		۱/۲		کنگلومرا
۲	کم		۱/۹		آهک، دولومیت (سازانه جمال)
۴	متوسط		۹/۳		مخروط های گردویی و تراس های خوان
۳	زیاد		۹		سنگ آهک
۴	متوسط		۴/۶		آهک، دولومیت
۴	متوسط		۱/۹		شیل (سازانه سرخ شیل)
۲	کم				میانگین وزنی
۳/۶۵					

جدول ۳- مشخصات سنگ شناسی و نفوذ پذیری حوضه نهرین

		مساحت (درصد)	نفوذپذیری (کیفی)	نفوذپذیری (كمی)	لینولوژی
		کم تا متوسط		۱/۷	شیل ماسه سنگ لابهای نازک آهک
۴					سنگ آهک
۴	کم تا متوسط		۱/۶۸		شیل مارنی
۱	خیلی کم		۱۵/۲۱		سنگ آهک ریضی
۴	متوسط		۳۶/۵۱		ماسه سنگ، شیل
۲	کم		۴/۰۴		مارون ماسه سنگ آهک ماسه ای
۳	کم تا متوسط		۶/۳۷		کنگلومرا
۲	کم		۳/۹۱		آهک، دولومیت
۴	متوسط		۱۸/۸۴		اسپر آن جمال
۳	زیاد		۵/۹۲		مخروط های گردویی و تراس های خوان
۴	متوسط		۶/۶		آهک، دولومیت
۲/۳۷					میانگین وزنی

جدول ۴- مشخصات ایستگاه های موجود در منطقه مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	دوره آماری (سال)
۱	برجند	۵۲	۳۲	۱۳
۲	دبهوک	۱۸	۳۳	۲۶
۳	طبس	۳۶	۵۶	۱۲
۴	فتح آبد	۷	۳۴	۲۴
۵	فردوس	۹۰	۲۷	۷
۶	ساز	۳۹	۳۳	۲۱
۷	بشریه	۵۲	۲۵	۳۶
۸	جنوون	۵۶	۱۹	۱۹
۹	قابل	۴۳	۱۱	۳۵
۱۰	گلبارد	۲۱	۲۵	۲۶
۱۱	موسسه	۱۸	۵۴	۲۶
۱۲	یعقوبیه	۲۸	۵۶	۱۷
۱۳	نیاز	۳۹	۲۲	۵۷

آن در دبی سالانه و یا بارندگی ماهانه، ماه پیش و سال پیش بر دبی ماهانه مورد آزمون قرار گرفت تا در صورت وجود ضرایب همبستگی بالا مدل های بدست آمده در حوضه کریت اعمال شود.

نتایج و بحث

۱- بارندگی

از میان ایستگاه های مورد بررسی، ایستگاه بازان سنگی و هیدرومتری نیاز در حوضه نهرین قرار گرفته و نزدیک ترین ایستگاه به حوضه کریت می باشد (شکل ۱). دورترین ایستگاه از حوضه کریت، ایستگاه بیرجند می باشد. ایستگاه قائن با طول دوره آماری ۴۵ سال قدیمی ترین ایستگاه در منطقه است. این دوره آماری از سال آبی ۴۵-۴۶ شروع شده و تا سال آبی ۷۹-۸۰ ادامه دارد. شکل (۲) نمودار تغیرات سالانه و میانگین متحرک ۵ ساله بارندگی آن را نشان می دهد. با توجه به نمودار فوق دوره آماری ۱۹ ساله ۶۱-۶۲ الی ۷۹-۸۰ دارای یک دوره نرسالی و یک دوره خشکسالی است. این دوره

دبی پایه در مقیاس سالانه از دبی کل حوضه نهرین کسر گردید تا رواناب مستقیم حاصل از بارندگی بدست آید. با توجه به کاهش شدید مقدار بارندگی در خرداد ماه و عدم وقوع بارندگی در سه ماه تابستان و مهر ماه، همان طور که در بسیاری از رودخانه های مناطق خشک و نیمه خشک در دنیا دیده می شود، مقدار دبی رواناب خروجی از حوضه در ماه مهر به عنوان دبی پایه حوضه در هر سال در نظر گرفته شد. دبی کل در واقع همان دبی اندازه گیری شده در محل خروجی حوضه نهرین می باشد. سپس ضریب جریان حوضه نهرین به دو روش با احتساب و بدون احتساب دبی پایه محاسبه گردید. نظر به تشابهات زمین شناسی دو حوضه ابوزرا (جاداول ۲ و ۳)، با انتقال ضرایب جریان به حوضه کریت رواناب این حوضه بدست آمد.

روابط بارش - رواناب حوضه نهرین در مقیاس ماهانه و سالانه مورد بررسی قرار گرفت، تا در صورت وجود رابطه معنی دار، روابط حاصل در حوضه کریت بکار روند. تأثیر بارندگی سالانه و سال قبل از

مورد مطالعه یعنی حوضه کریت، از نظر مسافت و شرایط اقلیمی می‌باشد و در محاسبات بعدی نیز از این ایستگاه استفاده خواهد شد، بنابراین می‌بایست برآورد بارندگی متوسط سالانه این ایستگاه با استفاده از معادلات گرادیان بارش حاصله، با مقدار واقعی آن تفاوت جندانی نداشته باشد. براساس معادلات گرادیان بارش به دست آمده در دو دوره شاخص ۱۹ و ۳۵ ساله، مقدار بارندگی متوسط سالانه این ایستگاه به ترتیب ۰/۶ و ۱۳۷/۸۴ میلی متر می‌باشد. درصد تفاوت مشاهده شده این مقادیر از بارندگی واقعی این ایستگاه به ترتیب ۴ و ۲/۵ درصد کمتر می‌باشد. بنابراین دوره شاخص ۳۵ ساله که کل داده‌های در دسترس را شامل می‌شود و تفاوت کمتری بین باران واقعی و برآورده ایستگاه نیاز دارد مبنای ادامه تحقیق در نظر گرفته شده‌است. بر اساس معادله گرادیان بارش با دوره شاخص ۳۵ سال، مقدار بارندگی متوسط سالانه در ارتفاع متوسط حوضه کریت ۰/۹ و حوضه نهرین ۱۹۵ میلی متر بدست آمد. با ضرب کردن نسبت بارندگی متوسط سالانه حوضه نهرین و کریت در میزان بارندگی سال‌های متوالی دوره شاخص ایستگاه نیار، دوره سالانه بارندگی حوضه نهرین و کریت تهیه گردید. همچنین از روی تغییرات ماهانه بارش در سال‌های مختلف دوره شاخص و میزان بارش سالانه، بارش ماهانه و سالانه حوضه‌های نهرین و کریت تعیین شد. شکل (۳) توزیع ماهانه بارندگی در حوضه‌های نهرین و کریت را نشان می‌دهد.

همان گونه که در شکل (۳) مشاهده می‌گردد در ماه‌های نیز مرداد، شهریور و شهریور بارندگی وجود ندارد. این نحوه توزیع، مشخصه بارندگی مناطق خشک می‌باشد (۹ و ۱۰).

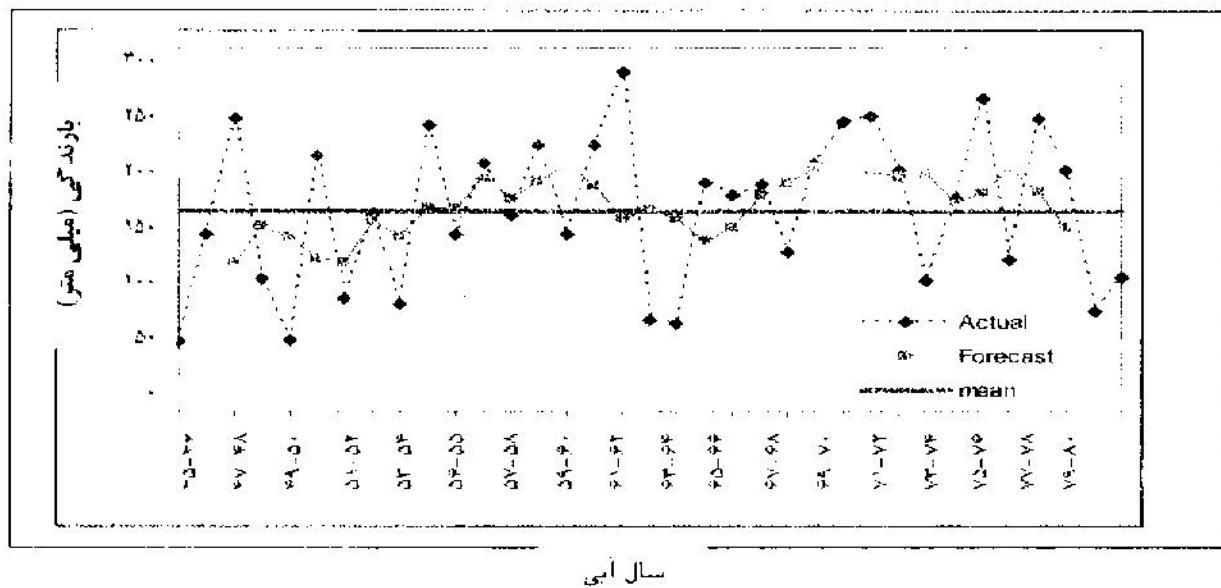
می‌تواند به عنوان دوره شاخص در نظر گرفته شود. البته به منظور استفاده از کل داده‌ها، دو دوره ۱۹-۶۱ (۷۹-۸۰) و ۳۵ ساله (۴۵-۴۶) به روش نسبتها (۱)، به عنوان یکی از روش‌های متدالول در هیدرولوژی آماری، ترمیم و تطویل گردید. ارتفاع این ایستگاه نسبت به ارتفاع متوسط حوضه کریت چندان نزدیک نبوده و سعی می‌شود به منظور کاستن خطاهای ناشی از متغیر بودن بارندگی (Noise) از ایستگاه‌هایی با ارتفاع حدوداً برابر جهت تکمیل امار استفاده شود. ایستگاه قائم کامل ترین و دقیق‌ترین امار را در منطقه دارا می‌باشد. با توجه به اینکه منطقه فاقد ایستگاه مناسب دیگری است و تکمیل آمار برای برقراری رابطه گرادیان بارش ضروری است، با پذیرش مقداری خطای اجتناب ناپذیر بدليل اختلاف حدود ۲۵ درصدی ارتفاع این ایستگاه و مرکز نقل حوضه کریت، می‌توان انتخاب این ایستگاه را قابل قبول دانست. و می‌توان این ایستگاه را به عنوان ایستگاه مینا در بحث مربوط به آمارسازی‌ها انتخاب نمود.

متوسط بارندگی سالانه ایستگاه‌ها در دوره ۱۹ ساله بیشتر از دوره ۳۵ ساله می‌باشد. با توجه به شکل (۲) علت این امر وجود دو دوره تر و خشک با طول تقریباً یکسان در دوره ۳۵ ساله می‌باشد. معادلات گرادیان بارش منطقه و ضریب همبستگی آن در دو دوره ۱۹ ساله (معادله ۸) و ۳۵ سال (معادله ۹) بصورت زیر می‌باشد:

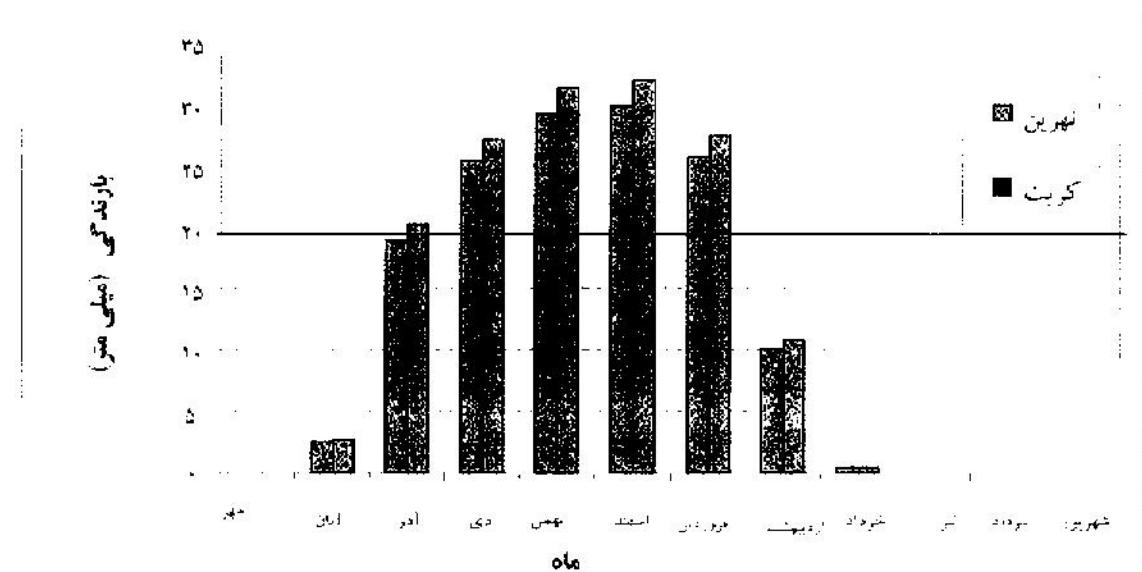
$$Y = 0.1108II + 4.1145 \quad r=0.8 \quad (8)$$

$$Y = 0.1021II + 7.4265 \quad r=0.8 \quad (9)$$

در روابط بالا ارتفاع بر حسب متر، ۷ میزان بارندگی متوسط سالانه بر حسب میلی متر می‌باشد. اینکه کدام دوره شاخص برای شرایط منطقه مورد مطالعه مناسب خواهد بود به دقت برآورد آن در نقاط حساسی از منطقه مربوط می‌شود. با توجه به اینکه ایستگاه نیاز نزدیکترین ایستگاه به محدوده



شکل ۲- تغیرات و متوسط بارندگی سالانه و میانگین متحرک ۵ ساله ایستگاه قان



شکل ۳- تغیرات ماهانه بارندگی در حوضه های کربت و نهرین

محاسبه شد. دبی پایه حوضه ناشی از تغذیه روختانه توسط سفره‌های آب زیرزمینی است و این مقادیر در سال‌های مختلف متفاوت است (۱۲). با توجه به اینکه حوضه نهرین در چهار ماه از سال بارندگی ندارد، حداقل دبی حوضه در این چهار ماه به عنوان دبی پایه در هر سال مدنظر قرار گرفت. تبدیل دبی پایه حوضه نهرین به دبی پایه حوضه کریت با توجه به نسبت رواناب مستقیم دو حوضه انجام گردید. جدول ۵ ضرایب جریان و رواناب محاسبه شده با استفاده از روش‌های با احتساب دبی پایه و بدون احتساب دبی پایه را نشان می‌دهد.

۴- روابط پارش_ رواناب

در این جا تأثیر چندین عامل مختلف بر روی میزان رواناب حاصله در حوضه نهرین مورد بررسی قرار گرفت تا موثرترین عامل، مشخص و رابطه آن نیز تعیین گردد. با استفاده از این رابطه، رواناب خروجی حوضه کریت تخمین زده شد.

الف_ روابط ماهانه

ابتدا رابطه میان بارندگی در ماه‌های مختلف سال و دبی خروجی ماهانه از حوضه نهرین برای هر یک از سال‌های دوره مشاهده مورد بررسی قرار گرفت. در اغلب سال‌ها رابطه معنی داری میان بارندگی و دبی ماهانه وجود نداشت و فقط ۵ سال از ۲۵ سال دوره مشاهده دارای ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۸ می‌باشد. عدم وجود یک رابطه دار خطی قبلاً توسط فرو^(۳) در ترکیه گزارش شده است. بنابراین نمی‌توان از روابط بدست آمده جهت تبدیل بارندگی حوضه کریت به رواناب استفاده نمود. احتمال می‌رود بارامترهای دیگری این رابطه را کنترل کنند. برای مثال می‌توان به ذخیره بحث‌وپرداز خاک ناشی از ترسالی‌ها و خسکسالی‌های قبلي اشاره کرد (۱۱ و ۱۲).

۲- نفوذپذیری حوضه

میزان نفوذپذیری سازندهای مختلف زمین‌شناسی متفاوت می‌باشد. با بررسی سازندهای تشکیل‌دهنده حوضه‌های ابریز، میزان نفوذپذیری بستر یک حوضه ابریز را می‌توان بصورت تقریبی محاسبه کرد. بدین منظور سازندهای تشکیل‌دهنده حوضه‌های ابریز کریت و نهرین شناسایی شد و میزان نفوذپذیری هریک از این سازندها بطور کفی تعیین گردید. ولی میزان کیفی قبل مقایسه نمی‌باشد و لازم است به مقادیر کمی تبدیل شود. برای مقایسه نسبت نفوذپذیری در دو حوضه، به میزان کیفی نفوذپذیری، طبق جداول ۲ و ۳ با مقادیر کمی، رتبه اختصاص داده شد. نفوذپذیری متوسط کل حوضه با توجه به درصد مساحت تحت پوشش هریک از سازندها و میانگین گیری وزنی محاسبه گردید. بر این اساس، نفوذپذیری حوضه کریت ۳/۶۵ و نهرین ۳/۳۷ می‌باشد. این مقادیر نشان از یکسان بودن تقریبی میزان نفوذپذیری دو حوضه است. همچنین شرایط فیزیوگرافی دو حوضه (جدول ۱) حاکی از شباهت دو حوضه است. درنتیجه می‌توان فرض کرد که فرایند تشکیل رواناب در دو حوضه نیز مشابه باشد.

۳- ضریب جریان

ضریب جریان حوضه نهرین به دو روش با احتساب دبی پایه و بدون احتساب دبی پایه محاسبه گردید. در روش اول، از تقسیم ارتفاع رواناب کل حوضه بر میزان بارندگی حوضه، ضریب جریان در سال‌های متوالی محاسبه گردید. با ضرب این مقادیر در بارندگی متوسط سالانه کریت در طول دوره آماری متناظر با آن، ارتفاع رواناب سالانه حوضه عذتکور در سال‌های مختلف و سپس متوسط رواناب سالانه برآورد شد.

در روش بدون احتساب دبی پایه، نسبتی از بارندگی که بطور مستقیم بصورت رواناب در سطح حوضه جاری شده و نهادت^(۴) از حوضه خارج می‌گردد

جدول ۵ ضرایب جریان و ارتفاع رواناب حوضه کریت با احتساب و بدون احتساب دبی پایه

سال	ضریب جریان	ارتفاع رواناب کل (mm)	با احتساب دبی پایه		بدون احتساب دبی پایه		
			ارتفاع دبی مستقیم (mm)	جریان پایه	ضریب	ارتفاع رواناب	ارتفاع دبی پایه
۱۳۷۵	۰.۷۶	۹۳.۱	۱۱.۹	۰.۷۶	۱۰۶.۷	۰.۷۶	۲۴.۵۵
۱۳۷۶	۰.۷۷	۹۸.۴	۱۲.۸	۰.۷۷	۱۱۱.۹	۰.۷۷	۲۵.۵۶
۱۳۷۷	۰.۷۸	۱۰۳.۱	۱۳.۵	۰.۷۸	۱۱۶.۴	۰.۷۸	۲۶.۵۷
۱۳۷۸	۰.۷۹	۱۰۸.۴	۱۴.۲	۰.۷۹	۱۲۱.۹	۰.۷۹	۲۷.۵۸
۱۳۷۹	۰.۸۰	۱۱۳.۱	۱۵.۰	۰.۸۰	۱۲۷.۴	۰.۸۰	۲۸.۵۹
۱۳۸۰	۰.۸۱	۱۱۸.۴	۱۵.۷	۰.۸۱	۱۳۲.۹	۰.۸۱	۲۹.۶۰
۱۳۸۱	۰.۸۲	۱۲۳.۱	۱۶.۴	۰.۸۲	۱۳۷.۴	۰.۸۲	۳۰.۶۱
۱۳۸۲	۰.۸۳	۱۲۸.۴	۱۷.۱	۰.۸۳	۱۴۲.۹	۰.۸۳	۳۱.۶۲
۱۳۸۳	۰.۸۴	۱۳۳.۱	۱۷.۸	۰.۸۴	۱۴۷.۴	۰.۸۴	۳۲.۶۳
۱۳۸۴	۰.۸۵	۱۳۸.۴	۱۸.۵	۰.۸۵	۱۵۲.۹	۰.۸۵	۳۳.۶۴
۱۳۸۵	۰.۸۶	۱۴۳.۱	۱۹.۲	۰.۸۶	۱۵۷.۴	۰.۸۶	۳۴.۶۵
۱۳۸۶	۰.۸۷	۱۴۸.۴	۱۹.۹	۰.۸۷	۱۶۲.۹	۰.۸۷	۳۵.۶۶
۱۳۸۷	۰.۸۸	۱۵۳.۱	۲۰.۶	۰.۸۸	۱۶۷.۴	۰.۸۸	۳۶.۶۷
۱۳۸۸	۰.۸۹	۱۵۸.۴	۲۱.۳	۰.۸۹	۱۷۲.۹	۰.۸۹	۳۷.۶۸
۱۳۸۹	۰.۹۰	۱۶۳.۱	۲۲.۰	۰.۹۰	۱۷۷.۴	۰.۹۰	۳۸.۶۹
۱۳۹۰	۰.۹۱	۱۶۸.۴	۲۲.۷	۰.۹۱	۱۸۲.۹	۰.۹۱	۳۹.۷۰
۱۳۹۱	۰.۹۲	۱۷۳.۱	۲۳.۴	۰.۹۲	۱۸۷.۴	۰.۹۲	۴۰.۷۱
۱۳۹۲	۰.۹۳	۱۷۸.۴	۲۴.۱	۰.۹۳	۱۹۲.۹	۰.۹۳	۴۱.۷۲
۱۳۹۳	۰.۹۴	۱۸۳.۱	۲۴.۸	۰.۹۴	۱۹۷.۴	۰.۹۴	۴۲.۷۳
۱۳۹۴	۰.۹۵	۱۸۸.۴	۲۵.۵	۰.۹۵	۲۰۲.۹	۰.۹۵	۴۳.۷۴
۱۳۹۵	۰.۹۶	۱۹۳.۱	۲۶.۲	۰.۹۶	۲۰۷.۴	۰.۹۶	۴۴.۷۵
۱۳۹۶	۰.۹۷	۱۹۸.۴	۲۶.۹	۰.۹۷	۲۱۲.۹	۰.۹۷	۴۵.۷۶
۱۳۹۷	۰.۹۸	۲۰۳.۱	۲۷.۶	۰.۹۸	۲۱۷.۴	۰.۹۸	۴۶.۷۷
۱۳۹۸	۰.۹۹	۲۰۸.۴	۲۸.۳	۰.۹۹	۲۲۲.۹	۰.۹۹	۴۷.۷۸
۱۳۹۹	۱.۰۰	۲۱۳.۱	۲۹.۰	۱.۰۰	۲۲۷.۴	۱.۰۰	۴۸.۷۹
۱۴۰۰	۱.۰۱	۲۱۸.۴	۲۹.۷	۱.۰۱	۲۳۲.۹	۱.۰۱	۴۹.۷۰
۱۴۰۱	۱.۰۲	۲۲۳.۱	۳۰.۴	۱.۰۲	۲۳۷.۴	۱.۰۲	۵۰.۶۱
۱۴۰۲	۱.۰۳	۲۲۸.۴	۳۱.۱	۱.۰۳	۲۴۲.۹	۱.۰۳	۵۱.۵۲
۱۴۰۳	۱.۰۴	۲۳۳.۱	۳۱.۸	۱.۰۴	۲۴۷.۴	۱.۰۴	۵۲.۴۳
۱۴۰۴	۱.۰۵	۲۳۸.۴	۳۲.۵	۱.۰۵	۲۵۲.۹	۱.۰۵	۵۳.۳۴
۱۴۰۵	۱.۰۶	۲۴۳.۱	۳۳.۲	۱.۰۶	۲۵۷.۴	۱.۰۶	۵۴.۲۵
۱۴۰۶	۱.۰۷	۲۴۸.۴	۳۳.۹	۱.۰۷	۲۶۲.۹	۱.۰۷	۵۵.۱۶
۱۴۰۷	۱.۰۸	۲۵۳.۱	۳۴.۶	۱.۰۸	۲۶۷.۴	۱.۰۸	۵۶.۰۷
۱۴۰۸	۱.۰۹	۲۵۸.۴	۳۵.۳	۱.۰۹	۲۷۲.۹	۱.۰۹	۵۶.۹۸
۱۴۰۹	۱.۱۰	۲۶۳.۱	۳۶.۰	۱.۱۰	۲۷۷.۴	۱.۱۰	۵۷.۸۹
۱۴۱۰	۱.۱۱	۲۶۸.۴	۳۶.۷	۱.۱۱	۲۸۲.۹	۱.۱۱	۵۸.۷۰
۱۴۱۱	۱.۱۲	۲۷۳.۱	۳۷.۴	۱.۱۲	۲۸۷.۴	۱.۱۲	۵۹.۶۱
۱۴۱۲	۱.۱۳	۲۷۸.۴	۳۸.۱	۱.۱۳	۲۹۲.۹	۱.۱۳	۶۰.۵۲
۱۴۱۳	۱.۱۴	۲۸۳.۱	۳۸.۸	۱.۱۴	۲۹۷.۴	۱.۱۴	۶۱.۴۳
۱۴۱۴	۱.۱۵	۲۸۸.۴	۳۹.۵	۱.۱۵	۳۰۲.۹	۱.۱۵	۶۲.۳۴
۱۴۱۵	۱.۱۶	۲۹۳.۱	۴۰.۲	۱.۱۶	۳۰۷.۴	۱.۱۶	۶۳.۲۵
۱۴۱۶	۱.۱۷	۲۹۸.۴	۴۰.۹	۱.۱۷	۳۱۲.۹	۱.۱۷	۶۴.۱۶
۱۴۱۷	۱.۱۸	۳۰۳.۱	۴۱.۶	۱.۱۸	۳۱۷.۴	۱.۱۸	۶۵.۰۷
۱۴۱۸	۱.۱۹	۳۰۸.۴	۴۲.۳	۱.۱۹	۳۲۲.۹	۱.۱۹	۶۵.۹۸
۱۴۱۹	۱.۲۰	۳۱۳.۱	۴۳.۰	۱.۲۰	۳۲۷.۴	۱.۲۰	۶۶.۸۹
۱۴۲۰	۱.۲۱	۳۱۸.۴	۴۳.۷	۱.۲۱	۳۳۲.۹	۱.۲۱	۶۷.۷۰
۱۴۲۱	۱.۲۲	۳۲۳.۱	۴۴.۴	۱.۲۲	۳۳۷.۴	۱.۲۲	۶۸.۶۱
۱۴۲۲	۱.۲۳	۳۲۸.۴	۴۵.۱	۱.۲۳	۳۴۲.۹	۱.۲۳	۶۹.۵۲
۱۴۲۳	۱.۲۴	۳۳۳.۱	۴۵.۸	۱.۲۴	۳۴۷.۴	۱.۲۴	۷۰.۴۳
۱۴۲۴	۱.۲۵	۳۳۸.۴	۴۶.۵	۱.۲۵	۳۵۲.۹	۱.۲۵	۷۱.۳۴
۱۴۲۵	۱.۲۶	۳۴۳.۱	۴۷.۲	۱.۲۶	۳۵۷.۴	۱.۲۶	۷۲.۲۵
۱۴۲۶	۱.۲۷	۳۴۸.۴	۴۷.۹	۱.۲۷	۳۶۲.۹	۱.۲۷	۷۳.۱۶
۱۴۲۷	۱.۲۸	۳۵۳.۱	۴۸.۶	۱.۲۸	۳۶۷.۴	۱.۲۸	۷۴.۰۷
۱۴۲۸	۱.۲۹	۳۵۸.۴	۴۹.۳	۱.۲۹	۳۷۲.۹	۱.۲۹	۷۴.۹۸
۱۴۲۹	۱.۳۰	۳۶۳.۱	۵۰.۰	۱.۳۰	۳۷۷.۴	۱.۳۰	۷۵.۸۹
۱۴۳۰	۱.۳۱	۳۶۸.۴	۵۰.۷	۱.۳۱	۳۸۲.۹	۱.۳۱	۷۶.۷۰
۱۴۳۱	۱.۳۲	۳۷۳.۱	۵۱.۴	۱.۳۲	۳۸۷.۴	۱.۳۲	۷۷.۶۱
۱۴۳۲	۱.۳۳	۳۷۸.۴	۵۲.۱	۱.۳۳	۳۹۲.۹	۱.۳۳	۷۸.۵۲
۱۴۳۳	۱.۳۴	۳۸۳.۱	۵۲.۸	۱.۳۴	۳۹۷.۴	۱.۳۴	۷۹.۴۳
۱۴۳۴	۱.۳۵	۳۸۸.۴	۵۳.۵	۱.۳۵	۴۰۲.۹	۱.۳۵	۸۰.۳۴
۱۴۳۵	۱.۳۶	۳۹۳.۱	۵۴.۲	۱.۳۶	۴۰۷.۴	۱.۳۶	۸۱.۲۵
۱۴۳۶	۱.۳۷	۳۹۸.۴	۵۴.۹	۱.۳۷	۴۱۲.۹	۱.۳۷	۸۲.۱۶
۱۴۳۷	۱.۳۸	۴۰۳.۱	۵۵.۶	۱.۳۸	۴۱۷.۴	۱.۳۸	۸۳.۰۷
۱۴۳۸	۱.۳۹	۴۰۸.۴	۵۶.۳	۱.۳۹	۴۲۲.۹	۱.۳۹	۸۳.۹۸
۱۴۳۹	۱.۴۰	۴۱۳.۱	۵۷.۰	۱.۴۰	۴۲۷.۴	۱.۴۰	۸۴.۸۹
۱۴۴۰	۱.۴۱	۴۱۸.۴	۵۷.۷	۱.۴۱	۴۳۲.۹	۱.۴۱	۸۵.۷۰
۱۴۴۱	۱.۴۲	۴۲۳.۱	۵۸.۴	۱.۴۲	۴۳۷.۴	۱.۴۲	۸۶.۶۱
۱۴۴۲	۱.۴۳	۴۲۸.۴	۵۹.۱	۱.۴۳	۴۴۲.۹	۱.۴۳	۸۷.۵۲
۱۴۴۳	۱.۴۴	۴۳۳.۱	۵۹.۸	۱.۴۴	۴۴۷.۴	۱.۴۴	۸۸.۴۳
۱۴۴۴	۱.۴۵	۴۳۸.۴	۶۰.۵	۱.۴۵	۴۵۲.۹	۱.۴۵	۸۹.۳۴
۱۴۴۵	۱.۴۶	۴۴۳.۱	۶۱.۲	۱.۴۶	۴۵۷.۴	۱.۴۶	۹۰.۲۵
۱۴۴۶	۱.۴۷	۴۴۸.۴	۶۱.۹	۱.۴۷	۴۶۲.۹	۱.۴۷	۹۱.۱۶
۱۴۴۷	۱.۴۸	۴۵۳.۱	۶۲.۶	۱.۴۸	۴۶۷.۴	۱.۴۸	۹۲.۰۷
۱۴۴۸	۱.۴۹	۴۵۸.۴	۶۳.۳	۱.۴۹	۴۷۲.۹	۱.۴۹	۹۲.۹۸
۱۴۴۹	۱.۵۰	۴۶۳.۱	۶۴.۰	۱.۵۰	۴۷۷.۴	۱.۵۰	۹۳.۸۹
۱۴۵۰	۱.۵۱	۴۶۸.۴	۶۴.۷	۱.۵۱	۴۸۲.۹	۱.۵۱	۹۴.۷۰
۱۴۵۱	۱.۵۲	۴۷۳.۱	۶۵.۴	۱.۵۲	۴۸۷.۴	۱.۵۲	۹۵.۶۱
۱۴۵۲	۱.۵۳	۴۷۸.۴	۶۶.۱	۱.۵۳	۴۹۲.۹	۱.۵۳	۹۶.۵۲
۱۴۵۳	۱.۵۴	۴۸۳.۱	۶۶.۸	۱.۵۴	۴۹۷.۴	۱.۵۴	۹۷.۴۳
۱۴۵۴	۱.۵۵	۴۸۸.۴	۶۷.۵	۱.۵۵	۵۰۲.۹	۱.۵۵	۹۸.۳۴
۱۴۵۵	۱.۵۶	۴۹۳.۱	۶۸.۲	۱.۵۶	۵۰۷.۴	۱.۵۶	۹۹.۲۵
۱۴۵۶	۱.۵۷	۴۹۸.۴	۶۸.۹	۱.۵۷	۵۱۲.۹	۱.۵۷	۱۰۰.۱۶
۱۴۵۷	۱.۵۸	۵۰۳.۱	۶۹.۶	۱.۵۸	۵۱۷.۴	۱.۵۸	۱۰۱.۰۷
۱۴۵۸	۱.۵۹	۵۰۸.۴	۷۰.۳	۱.۵۹	۵۲۲.۹	۱.۵۹	۱۰۱.۹۸
۱۴۵۹	۱.۶۰	۵۱۳.۱	۷۱.۰	۱.۶۰	۵۲۷.۴	۱.۶۰	۱۰۲.۸۹
۱۴۶۰	۱.۶۱	۵۱۸.۴	۷۱.۷	۱.۶۱	۵۳۲.۹	۱.۶۱	۱۰۳.۷۰
۱۴۶۱	۱.۶۲	۵۲۳.۱	۷۲.۴	۱.۶۲	۵۳۷.۴	۱.۶۲	۱۰۴.۶۱
۱۴۶۲	۱.۶۳	۵۲۸.۴	۷۳.۱	۱.۶۳	۵۴۲.۹	۱.۶۳	۱۰۵.۵۲
۱۴۶۳	۱.۶۴	۵۳۳.۱	۷۳.۸	۱.۶۴	۵۴۷.۴	۱.۶۴	۱۰۶.۴۳
۱۴۶۴	۱.۶۵	۵۳۸.۴	۷۴.۵	۱.۶۵	۵۵۲.۹	۱.۶۵	۱۰۷.۳۴
۱۴۶۵	۱.۶۶	۵۴۳.۱	۷۵.۲	۱.۶۶	۵۵۷.۴	۱.۶۶	۱۰۸.۲۵
۱۴۶۶	۱.۶۷	۵۴۸.۴	۷۶.۹	۱.۶۷	۵۶۲.۹	۱.۶۷	۱۰۹.۱۶
۱۴۶۷	۱.۶۸	۵۵۳.۱	۷۷.۶	۱.۶۸	۵۶۷.۴	۱.۶۸	۱۱۰.۰۷
۱۴۶۸	۱.۶۹	۵۵۸.۴	۷۸.۳	۱.۶۹	۵۷۲.۹	۱.۶۹	۱۱۰.۹۸
۱۴۶۹	۱.۷۰	۵۶۳.۱	۷۹.۰	۱.۷۰	۵۷۷.۴	۱.۷۰	۱۱۱.۸۹
۱۴۷۰	۱.۷۱	۵۶۸.۴	۷۹.۷	۱.۷۱	۵۸۲.۹	۱.۷۱	۱۱۲.۷۰
۱۴۷۱	۱.۷۲	۵۷۳.۱	۸				

ب_ روابط سالانه

ماهانه در ماه فعلی، بارندگی ماهانه در ماه گذشته و بارندگی سالانه در سال گذشته با دبی ماه فعلی مورد بررسی قرار گرفت. رابطه به دست آمده از این روش با توجه به آزمون F اعمال شده بر روی داده های آن از نظر معنی داری در سطح بسیار بالایی قرار دارد ($F=153.1 - n=0.7$). رابطه حاصله به دو صورت خطی و توانی تهیه شد. البته روش توانی از نظر معنی داری در سطح بالاتری قرار دارد. طبق جدول ۶ در رابطه خطی $r=0.66$ و در رابطه توانی $r=0.69$ می باشد. مدل بدست آمده و پارامترهای مختلف مورد استفاده به شرح زیر می باشد.

$$y = m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + b \quad (10)$$

$$y = x_1^{m1} \times x_2^{m2} \times x_3^{m3} \times b \quad (11)$$

جدول ۶ - ضرایب تشکیل دهنده و نتایج آزمون آماری مدل های سه و چهار متغیره

ضرایب	سه متغیره	چهار متغیره	خطی	توانی	خطی	توانی	خطی	توانی
-۰.۱۴	-۰.۲۳	-۰.۰۷	-۰.۰۱	M ₁				
-۰.۰۲	-۰.۱	-۰.۱	-۰.۰۱	M ₂				
-۰.۰۳	-۰.۰۵			M ₃				
-۰.۲	-۰.۲	-۰.۳۹	-۰.۱۶	B				
-۰.۰۴	-۰.۰۲	-۰.۰۰۳	-۰.۰۱	Sem ₁				
-۰.۰۵	-۰.۰۲	-۰.۰۰۱	-۰.۰۲	Sem ₂				
-	-۰.۰۱	-	-	Sem ₃				
-۰.۰۷	-۰.۱۱	-۰.۰۰۰۳	-۰.۰۱	Seb				
-۰.۰۸	-۰.۰۴	-۰.۰۰۰۴	-۰.۰۱	R ^۱				
-۰.۰۹	۰.۰۶	-۰.۰۰۰۲	-۰.۰۲	Sev				
-۰.۰۹	۰.۰۴	-۰.۰۰۰۱	-۰.۰۹	F				
-۰.۱۲	۰.۱۲	-۰.۰۰۰۱	-۰.۰۱	DF				
-۰.۱۷۰۹	۰.۲۸۱۱.۶۴	-۰.۰۹	-۰.۰۰۰۲	Ssreg				
-۰.۱۷۳۳	۰.۲۸۸۰.۳۷	-۰.۰۰۰۴	-۰.۰۰۰۵	Ssresid				

قائمه بارندگی سالانه بر روی دبی سالانه حوضه نهرین نیز مورد ارزیابی قرار گرفت ولی رابطه معنی از حوضه در سال های بعد باشد زیرا بخشی از بارندگی در سال های پس از سال ۱۳۹۰ صرف تغذیه سفره های آب زیرزمینی می گردد و در زمان خشکسالی سفره های آب زیرزمینی به مرور تخلیه می شوند (۱۴). به این ترتیب می توان تغییر بذری ییلان آب زیرزمینی را تحلیل کرد (۷).

ج_ قائم باران سال پیش (سه متغیره)

رابطه ای میان میزان بارندگی در سال فعلی و بارندگی در سال گذشته با دبی سال فعلی حوضه نهرین برقرار گردید. به طوری که بارندگی سال فعلی و سال گذشته به عنوان متغیر مستقل و دبی سال فعلی به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. رابطه بدست آمده از ضریب همبستگی بالایی برخوردار نبود. و آزمون F اعمال شده (۴) نتایج قبل قبولی نشان نداد. در نتیجه نمی توان از این رابطه استفاده کرد. جدول ۶ ضرایب تشکیل دهنده و نتایج آزمون آماری در مدل سه متغیره توانی و خطی را نشان می دهد. در جدول (۶) M₁ تا M₃ ضرایب ثابت، b مقدار ثابت، Sem₁ تا Sem₃ خطای استاندارد ضرایب ثابت، Seb خطای استاندارد مقدار ثابت، ^۱ ضریب تبیین، Sev انحراف معیار، F اشاره کنند درجه ازادی، Ssreg مجموع مربعات رگرسیون و Ssresid مجموع مربعات باقیمانده می باشند.

د_ قائم باران ماه و سال پیش (چهار متغیره)

ممکن است داده های سالانه به دلیل جمع داده های ماهانه، باعث از بین رفتن قائم بارندگی در ماه های مختلف بطور جداگانه شود. بنابراین اقدام به بررسی تاثیر پارامترهای بارندگی که در زمان کوتاه تری اندازه گیری شده است، مانند بارندگی و دبی ماهانه، گردید. رابطه همبستگی میان بارندگی

متوسط رواناب سالانه حوضه نهرین ۹,۷۸۹,۵۰۰ متر مکعب می‌باشد. با توجه به جدول ۸ نتیجه فرمول اینگلیس و دسوza (۶) غیر منطقی بوده، مقدار برآورد شده از فرمول خوزلا (۸) خیلی زیاد و در حدود ۳/۵ برابر مقدار واقعی است. فرمول پیشنهادی انجمن تحقیقات کشاورزی هند (۱۷) ۳۶ درصد کمتر برآورد کرده است. رواناب حاصل از فرمول‌های دیارتمان آبیاری اترایرادرش هند (۱۵) و جاستین (۱۷) تا حدی به رواناب سالانه نزدیک می‌باشد. از

که در آن‌ها α بارندگی در ماه مورد نظر، β بارندگی در ماه قبل، γ بارندگی در سال قبل، همگی بر حسب میلی متر، b عدد ثابت، m_1 ، m_2 ضرایب مربوط به هریک از متغیرهای مستقل و λ دمی در ماه مورد نظر ($^3/8$) می‌باشد. ضرایب تشکیل دهنده و مقادیر F و r^2 معادلات فوق در جدول ۶ و حجم رواناب سالانه حوضه کریت با استفاده از این روش در جدول ۷ نشان داده شده است.

۵_ فرمول‌های تجربی

جدول ۲- حجم رواناب سالانه حوضه کریت با استفاده از مدل چهار متغیره توانی

سال	حجم رواناب (میلیون متر مکعب)	حجم رواناب (میلیون متر مکعب)	سال	حجم رواناب (میلیون متر مکعب)
۶/۶۳	۶۴-۶۲	۷/۲۷	۴۶-۴۷	
۷/۶۴	۶۵-۶۴	۹/۷۴	۴۷-۴۸	
۶/۶۶	۶۶-۶۵	۹/۷۶	۴۸-۴۹	
۸/۵۱	۶۷-۶۶	۹/۹۷	۴۹-۵۰	
۷/۲۴	۶۸-۶۷	۸/۰۴	۵۰-۵۱	
۷/۱۵	۶۹-۶۸	۹/۹۱	۵۱-۵۲	
۱۲/۵۵	۷۰-۶۹	۷/۹۱	۵۲-۵۳	
۱۲/۹۷	۷۱-۷۰	۷/۹۴	۵۳-۵۴	
۱۱/۷۰	۷۲-۷۱	۸/۰۹	۵۴-۵۵	
۸/۷۸	۷۳-۷۲	۹/۹۹	۵۵-۵۶	
۸/۷۲	۷۴-۷۳	۹/۱۸	۵۶-۵۷	
۹/۱۷	۷۵-۷۴	۹/۴۶	۵۷-۵۸	
۹/۴۵	۷۶-۷۵	۹/۶۷	۵۸-۵۹	
۱۰/۵۲	۷۷-۷۶	۹/۷۴	۵۹-۶۰	
۹/۹۹	۷۸-۷۷	۱۰/۷۶	۶۰-۶۱	
۷/۵۱	۷۹-۷۸	۱۲/۲۹	۶۱-۶۲	
۷/۴۰	۸۰-۷۹	۸/۶۲	۶۲-۶۳	
۹/۰۳	متوسط			

جدول ۸. مقادیر رواناب برآورد شده حوضه کریت با استفاده از فرمول‌های تجربی و مقایسه آن با

حوضه نهرین

حوضه نهرین	روش برآورد رواناب	حجم رواناب سالانه (M ³)
انگلیس و دوزرا (کوهستانی)	-۲۱,۹۰۴,۴۱۱	۲۶,۱۹۶,۵۰۰
دپارتمان آبیاری اترابورادش هد	۸,۴۶۶,۵۲۰	۹,۳۵۲,۵۵۱
خورلا	۳۱,۱۱۹,۱۱۳	۳۳,۸۷۲,۸۷۲
هد	۶,۴۴۲,۰۷۵	۶,۲۷۳,۳۶۰
جاستین	۸,۸۲۸,۴۳۳	۹,۴۸۴,۳۹۱

* مقدار رواناب متوسط سالانه حوضه نهرین ۹,۷۸۹,۵۰۰ متر مکعب می‌باشد

دهند. بنابراین تهیه مدل‌های مشابه در منطقه‌ای در مجاورت محدوده مورد مطالعه بطوریکه مشابه دو منطقه مورد قبول باشد، به منظور انتقال روابط بارش_رواناب از منطقه دارای امار و اطلاعات هواشناسی و هیدرومتری به منطقه قادر آمار موثق‌تر خواهد بود.

با توجه به مقادیر حاصل از روش‌های مختلف ارائه شده در این مقاله می‌توان نتیجه گرفت که تهیه یک مدل که حداقل‌تر متغیرهای اقلیمی و فیزیوگرافی منطقه را تحت یوسش قرار دهد به خوبی قابل انتقال به مناطق مشابه و مجاور می‌باشد. مدل متدالو جاستین (۱۷) در برآورد رواناب تابع خوبی را ارائه داد. در این مقاله مدل چهار متغیره توافق چه از نظر ازمون‌های آماری و نتایج بدست آمده از دیگر روش‌ها مطمئن‌تر می‌باشد.

مقادیر حاصل از بکارگیری فرمول‌های تجربی می‌توان نتیجه گرفت هرچه پارامترهای تاثیرگذار بیشتری در تهیه فرمول‌ها بکار گرفته شود تابع دقیق‌تری در کاربرد این روش‌ها در مناطق دیگر حاصل خواهد شد. به همین علت فرمول جاستین (۱۷) نزدیک‌ترین عدد به رواناب سالانه حوضه نهرین را برآورد کرده است. نتیجه بکارگیری فرمول جاستین (۱۷) در حوضه کریت نیز قبل قبول می‌باشد.

نتیجه‌گیری

استفاده از فرمول‌های تجربی بیشنهاد شده توسط محققین در نقاط مختلف دنیا به منظور برآورد رواناب سالانه به دلیل عدم یکتوختی هوا و اقلیم و همچنین شرایط فیزیوگرافی با حوضه‌های ابریز مورد مطالعه و منطقه‌ای که فرمول تجربی در آنجا تهیه شده است، ممکن است نتایج صحیحی را ارائه

منابع

۱. علیزاده، امین، ۱۳۸۳، اصول هیدرولوژی کاربردی، دانشگاه امام رضا (ع)، ۸۰۷ ص.
۲. سینگ، وی.بی، ۱۳۸۱، "سیستم‌های هیدرولوژیکی، مدل سازی بارش رواناب"، ترجمه نجفی، محمد رفعت، انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، ص ۸۰۱.
۳. Ferruh Muffuooglu, R. 1991. Monthly runoff generation by non-linear models. Journal of Hydrology, 126 (3-4): 277-291.

4. Haan, C.T. 1977. Statistical methods in hydrology. The Iowa State Univ. Press, Ames, pp 375.
5. Huszar, T., Mika, J., Loczy, D., Molnar K., and Kertész, A. 1999. Climate change and soil moisture: A case study. Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy, 24 (10): 905-912.
6. Inglis, C.C., and Desouza, A. 1930. A Critical study of Runoff and Floods of catchments of the Bombay presidency with a short note on Loss, From Lakes by Evaporation. Bombay P.W.D. Technical Paper No. 30, 95 p.
7. Jothityangkoon, C., Sivapalan, M., and Farmer, D.L. 2001. Process controls of water balance variability in a large semi-arid catchment: downward approach to hydrological model development. Journal of Hydrology 254 (1-4): 174-198
8. Khosla A.N. 1949. Appraisal of water resources (Analysis and utilization of data). Proc. of UNESCO, Conference on the Conservation and Utilization of Resources - Lake Success New York, 29-39.
9. Kipkorir, E.C. 2002. Analysis of rainfall climate on the Njemps Flats, Baringo District, Kenya. Journal of Arid Environments, 50 (3): 445-458.
10. Lazaro, R., Rodrigo, F.S., Gutiérrez, I., Domingo, F., and Puigdefàbregas, J. 2001. Analysis of a 30-year rainfall record (1967-1997) in semi-arid SE Spain for implications on Vegetation. Journal of Arid Environments, 48(3):373-395.
11. MacDonald, A.M., Matthews, K.B., Paterson, E., and Aspinall, R.J. 1994. The impact of climate change on the soil moisture regime of Scottish mineral soils. Environmental Pollution, 83(1-2): 245-250.
12. Makra, I., Mika, J., and Horvath, S.Z. 2005. 20th century variations of the soil moisture content in East-Hungary in connection with global warming. Physics and Chemistry of the Earth, 30(1-3):181-186.
13. Manga, M. 1999. On the timescales characterizing ground-water discharge at springs. Journal of Hydrology, 219(1-2): 56-69.
14. Peters, E., van Lanen, H.A.J., Terfs, P.J.J.F., and Bier, G. 2005. Drought in groundwater- drought distribution and performance indicators. Journal of Hydrology, 306(1-4): 302-317.
15. U.P. I.R.I. 1960. Rainfall Runoff studies for a few Himalayan and Bundelkhand Catchments of U.P. TM 30-PR (Hy-31).
16. U.S. Soil Conservation Service. 1985. National Engineering Handbook, 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 235 p.
17. Varshney, R.S. 1979. Engineering Hydrology. Nem Chand & Bros. 917 p.
18. Watershed Modeling System. 2003. Reference Manual, Graphic Laboratory of Brigham Young University, 205 p.