

روند تغییرات رواناب در آبخیز خررود^۱

اسماعیل رهبر^۲، مجتبی پاکپور^۳، مسعود مسمودی^۴، لادن جوکار^۵

چکیده

به طور طبیعی، همواره بخشی از بارش دریافتی حوضه‌های آبخیز به صورت رواناب جاری می‌شود. در بارش ثابت، روند فزاینده رواناب نشانه رخداد ناهنجاریهایی در مدیریت حوضه آبخیز است. ادامه این روند سبب کاهش توان تولیدی سرزمین و بروز دشواریهای زیست محیطی از سراب تا پایاب می‌شود که به اصطلاح بیابانی شدن خوانده می‌شود. شواهد نشان می‌دهند که این فرآیند نامطلوب در بسیاری از حوضه‌های آبخیز کشور جاری است. بررسی این موضوع در آبخیز خررود تا ایستگاه آبگرم، واقع در زیر حوضه قزوین، نشان داد که در همدوره سی ساله ۷۴-۱۳۴۵، با وجود ثبات بارش سالانه و اندکی کاهش دمای سالانه، ارتفاع رواناب، و نسبت رواناب به بارش سالانه، روندی فزاینده و معنی دار داشته و در اواخر دوره مورد بررسی، سالانه ۲۵/۵ میلیون مترمکعب رواناب، افزون بر مقدار آن در اوایل دوره، از آبخیز خررود تخلیه می‌شود. بدیهی است که این مقدار فزونی رواناب نقشی در چرخه تولیدات گیاهی آبخیز نداشته، و به علت ورود به دشت تبخیری واقع در پایاب ایستگاه آبرسنجی آبگرم به کلی ضایع می‌شود.

واژه‌های کلیدی: رواناب، آبخیز خررود، قزوین، حوضه دریاچه نمک، بیابانی شدن.

۱- بر پایه بخشی از نتایج طرح پژوهشی روند یابی آورد رودخانه‌ها به حوضه کاشان- قم (حوضه دریاچه نمک).

۲- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران، ص. پ. ۱۱۶-۱۳۱۸۵، rahbar@rifr-ac.ir.

۳- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع در زمان اجرای این طرح و اینک عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، شیراز، ص. پ. ۶۱۷، ۷۱۵۵۵، P-mojtaba@hotmail.com.

۴- کارشناس ارشد و همکار موقت مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.

۵- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، ص. پ. ۶۱۷-۷۱۵۵۵.

مقدمه

دشواریهای ناشی از کمبود یا فزونی بیش از اندازه آب یکی از بزرگترین مشکلات بیشتر مردم، به ویژه در جهان سوم است؛ شماری از این دشواریها ریشه در درک نادرست انسان از شیوه‌های گوناگون جنبش آب روی زمین و درون آن دارد و شماری دیگر ناشی از استفاده نادرست از منابع آبی زمین است (اسپارگون، ۱۳۶۶). چرخه ناهنجار آب در غیاب مدیریت پوشش گیاهی، خاک و آب شکل گرفته و شتابی فزاینده می‌گیرد. چنانچه پوشش گیاهی کاهش یابد، نفوذ باران در خاک کاستی یافته و رواناب فزونی می‌گیرد؛ در یک مرتع خوب در قیاس با همان مرتع در وضعیت فقیر، جذب رطوبت ۵ تا ۶ برابر سریعتر است (Branson و همکاران، ۱۹۷۲، ص ۲۴ به نقل از Leithead). با کاهش نفوذ باران به زمین، بخش بزرگتری از آن به صورت رواناب جاری می‌شود. از ۴۵۰ میلیارد مترمکعب حجم نزولات سالانه در ایران، ۷۱ میلیارد مترمکعب آن به صورت جریانهای سیلابی و مخرب به طور مستقیم به دریاها، دریاچه‌ها و اراضی خارج از کشور جاری شده و یا این که در آبگیرها و شوره زارهای داخلی انباشته شده و در واقع با شور شدن و تبخیر شدن از دست می‌رود (اهلرز، ۱۹۸۰، ص ۱۴۸).

با تشدید تخلیه آب از حوضه‌های آبخیز، افزون بر تخریب بیش از پیش خاک و پوشش گیاهی، تغذیه طبیعی آبخوان‌ها نیز- که به علت استخراج بیش از اندازه آب در حال تهی شدن است- مختل می‌شود. ادامه این روند در حوضه‌های بسته کویری، با توجه به افت سفره‌های آب شیرین زیرزمینی، سبب غلبه شوراب به سفره‌های شیرین و تخریب کیفیت منابع زیرزمینی آب نیز می‌شود. جریانهای سیلابی با انتقال فزونتر خاک شسته شده از آبخیز رودخانه‌ها و انباشت آنها در دشتهای کم شیب، منشاء پایان ناپذیر شنهای روان بشمار می‌روند. به موجب مصوبات پنجمین اجلاس کمیته مذاکرات بین دولتها در ۱۹۹۴ در پاریس، درباره مهار بیابانی شدن، بررسی و ارزیابی وضعیت

کنونی و روند تخریب سرزمین و تعیین درجه [گرایش به] خشکی به عنوان برنامه عمل ملی کشورها تصویب و تعهد شده است (اردشیری، ۱۳۷۳، ص ۲۱).

صرفنظر از خشکی ناشی از تغییرات اقلیمی، که بحثی رایج بوده و به قولی نوسانهای دوره‌ای اقلیم تلقی می‌شود، توجه به نوعی دیگر از خشکی که نتیجه عملکرد انسانی بوده، و در مقوله بیابانی شدن قرار می‌گیرد، از اهمیتی بیشتر برخوردار است. راه آگاهی از این نوع گرایش محیط به خشکی، بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع سطحی و زیر زمینی آب در مقیاس حوضه‌های آبخیز است. تجزیه و تحلیل دراز مدت چنین داده‌هایی در قیاس با نزولات، تبخیر و تعرق و اندازه برداشت آب شاخصی خوب از گرایش به خشکی محیط و شیوه مدیریت منابع آب، اراضی و پوشش گیاهی است. از این رو و با این فرض که روند نامساعد مذکور در حوضه بزرگ دریاچه نمک رویدادی جاری است، طرحی پژوهشی انجام شد که مقاله حاضر بخشی از نتایج آن ویژه آبخیز خررود از زیر حوضه قزوین است.

مواد و روشها

الف- ویژگیهای آبخیز مورد بررسی

آبخیز خررود بخشی از زیر حوضه قزوین از حوضه دریاچه نمک^۱ بوده و به صورت مستطیل در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی، در انتهای غربی زیر حوضه قزوین قرار دارد. مساحت آبخیز خررود تا ایستگاه آبسنجی آبگرم (به ارتفاع ۱۵۶۰ متر) که برای این بررسی برگزیده شد، ۲۵۲۰ کیلومتر مربع، حدود ۱۰ درصد سطح زیر حوضه قزوین و ۲/۷ درصد حوضه دریاچه نمک را تشکیل می‌دهد.

۱- حوضه هفتم مطالعاتی طرح جامع آب کشور (جاماب) یا حوضه چهارم در طبقه بندی دفتر بررسیهای منابع آب.

خررود از کوهستانهای کم ارتفاع و تپه ماهوری قیدار در غرب سرچشمه گرفته و پس از عبور از جنوب آبخیز ابهررود، در جنوبشرقی تاکستان، وارد منطقه تبخیری وسیعی موسوم به نمکزار اشتهازد می شود. این منطقه تبخیری آب دیگر رودخانه های زیرحوضه قزوین را نیز، که اهمیت کمتری دارند، دریافت کرده و در سیلابهای شدید آب مازاد بر ظرفیت از انتهای شرقی آن خارج شده و رود شور را تشکیل می دهد که سرانجام به دریاچه نمک (حوض سلطان قم و کویر مسیله کاشان) می ریزد.

به علت کم ارتفاع بودن کوهستانهای سراب خررود، ذوب برف در زمستان نیز رخ می دهد و از این رو به موجب منابع موجود، ۱۸/۴ درصد آب آن در پاییز، ۲۹/۰ درصد در زمستان، ۴۷/۳ درصد در بهار و تنها ۵/۳ درصد در تابستان جریان می یابد. از آب این رودخانه در دره های سراب، و نیز در دشت قزوین، استفاده زیادی می شود. دامنه نوسانهای آبدی سالانه خررود در ترسالیها و خشکسالیها زیاد بوده و تا ۱۰ برابر گزارش شده است (جاماب، ۱۳۶۹- ص ۲۴).

ب- گردآوری و پردازش داده ها

آمار بارش و حجم جریان ماهانه ایستگاه آبسنجی آبگرم در همدوره سی ساله ۷۵-۱۳۷۴ / ۶۶-۱۳۴۵ از بانک اطلاعات رایانه ای و دفاتر آمار سازمان تحقیقات منابع آب دریافت و با رعایت ملاحظات زیر به آبخیز خررود تعمیم داده شد:

ابتدا میانگین وزنی ارتفاع آبخیز خررود از راه سطح سنجی طبقات ارتفاعی ۵۰۰ متری محاسبه شد. با استفاده از آمار بارش سالانه هشت ایستگاه باران-سنجی واقع در آبخیز خررود و مناطق مجاور آن و یک محل تلاقی خط هم بارش با خط هم ارتفاع ۲۵۰۰ متری، معادله تغییرات بارندگی با ارتفاع محاسبه شد. آمار بارش این هشت

ایستگاه محدود به همدوره ۲۰ ساله ۶۳-۱۳۶۲ / ۴۴-۱۳۴۳ بوده و از گزارش بارندگی طرح جامع آب کشور (جاماب، ۱۳۷۰-ص ۷۶۹) برگرفته شد.

با قرار دادن میانگین وزنی ارتفاع آبخیز خررود در معادله بارش- ارتفاع، میانگین سالانه بارش آبخیز خررود بدست آمد و بعد نسبت میانگین «بارش آبخیز» به میانگین «بارش ایستگاه» تعیین شد. با ضرب این نسبت در یکایک ۳۰ سالی که آمار بارش سالانه ایستگاه آبگرم موجود بود، ۳۰ سال بارش سالانه آبخیز خررود بدست آمد. در گام بعدی، پراکنش ماهانه بارش آبخیز خررود در دوره ۳۰ ساله نیز بر پایه پراکنش ماهانه بارش ایستگاه آبگرم در سالهای نظیر برآورد شد.

با توجه به حجم جریان ماهانه ایستگاه آسنجی آبگرم و مساحت آبخیز بالا دست آن، ارتفاع رواناب از واحد سطح آبخیز محاسبه شد. از نسبت درصد ارتفاع رواناب به ارتفاع بارش، ضریب رواناب برای دو مقطع زمانی سالانه و بهاره (ماههای پرباران و پرآب اسفند، فروردین و اردیبهشت) محاسبه شد. بعد، میانگین لغزان ده ساله بارش، رواناب و ضریب رواناب برای دو مقطع سالانه و بهاره به روش ترسیمی و آزمون برازش معادلات برگشت (رگرسیون) مورد بررسی قرار گرفت.

چون که تغییرات پراکنش ماهانه دما نیز می‌تواند سبب تغییر در پراکنش ماهانه رواناب آبخیز شود، پراکنش ماهانه دمای دهه‌های اول و آخر دوره آماری این پژوهش نیز بررسی شد. برای این منظور میانگین ماهانه دمای روزانه هوای ایستگاه سینوپتیک قزوین مورد استناد قرار گرفت. آمار این ایستگاه بر حسب تقویم میلادی است و برای سازگاری با تقویم خورشیدی مورد استفاده شبکه آب شناسی کشور، با رعایت تعداد روزها به تقویم خورشیدی تبدیل شد.

د-تحلیل گروههای زمانی

داده‌های ۳۰ساله ضریب رواناب سالانه و بهاره به عنوان دو گروه زمانی به روش Box و Jenkins (۱۹۷۶) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ابتدا ضرایب خود همبستگی (AC)^۱ و خود همبستگی جزئی (P.AC)^۲ داده‌ها در فواصل تأخیر یا گام‌های مختلف (Lag) محاسبه شدند. بعد با توجه به روند این ضرایب، الگوهای خود بازگشتی (AR)^۳ در رتبه‌های مختلف، میانگین لغزان (MA)^۴، و الگوی ترکیبی خود بازگشتی- میانگین لغزان (ARMA) بر داده‌ها برازش داده شد. با استفاده از معادلات بدست آمده، مقادیر برآوردی ضریب رواناب (\hat{X}_t) تعیین شد. تفاضل مقدار اندازه‌گیری شده رواناب در سال مورد نظر (X_t) از مقدار متناظر بر آوردی (\hat{X}_t)، خطای بر آورد یا نوسان (Noise) همان سال (Z_t) را ارایه می‌دهد. سر انجام با آزمون تصادفی بودن خطاهای برآورد، برازندگی الگوی برگزیده شده تعیین شد و بعد با توجه به سایر ضرایب معادله مربوطه، راجع به روند افزایشی یا کاهشی داده‌ها قضاوت شد.

نتایج

بر پایه جداول شماره ۱ و ۲، و نمودار شماره ۱، بارش ماهانه و سالانه آبخیز، ارتفاع جریان از واحد سطح (ارتفاع رواناب) آبخیز، و سرانجام نسبت درصد ارتفاع رواناب به ارتفاع بارش (ضریب رواناب) آبخیز خررود محاسبه شد. جمع‌بندی این داده‌ها به صورت سالانه و بهاره برای همدوره ۳۰ ساله در جدول شماره ۳ ارایه شده است. پراکنش ماهانه میانگین ماهانه دمای روزانه هوا، بارش و ارتفاع رواناب در دهه‌های اول و سوم همدوره ۳۰ ساله در جدول شماره ۴ ارایه شده، و ارقام مربوط به پراکنش ماهانه بارش به صورت نمودار شماره ۲ نیز نشان داده شده است. نتایج بررسیهای ترسیمی و

1 Auto Correlation (AC)

2 Partial Auto Correlation (P.AC)

3 Auto Regressive (AR)

4 Moving Average (MA)

آماري روند تغييرات ميانگين لغزان ده ساله مؤلفه‌هاي مورد بررسي و معادله برگشت برآزش داده شده روي هر يك از آنها به شرح زير است:

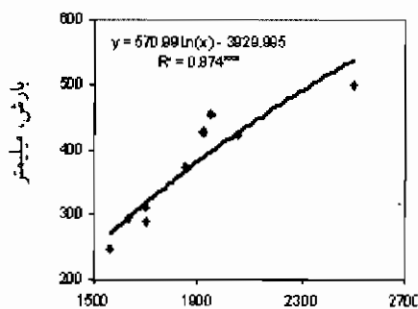
جدول شماره ۱- دامنه ارتفاعي و توزيع ارتفاع - سطح در آبخيز خررود تا ايستگاه آبگرم.

| دامنه ارتفاع (متر، بالای سطح دریا) | ميانگين ارتفاع (m) | مساحت (km ²) | ميانگين وزني ارتفاع (m) |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 2000- (1560 كمينه) | 1780 | 1760.9 | 69.9 |
| 2000 - 2500 | 2250 | 688.2 | 27.3 |
| (بيمينه 2900) - 2500 | 2700 | 70.9 | 2.8 |
| جمع | - | 2520.0 | 100.0 |
| | | | 1934 |

جدول شماره ۲- ميانگين بارش ارتفاعات

مختلف در آبخيز خررود در هم‌دوره ۲۰

ساله ۴۴-۴۳ تا پايان ۶۳-۶۲.



بارش، ميليتر

ارتفاع، متر

نمودار شماره ۱- رابطه بارش

سالانه و ارتفاع در آبخيز خررود

| نام ايستگاه | ارتفاع (m) | بارش سالانه (mm) |
|-------------|------------|------------------|
| آبگرم | 1560 | 246.4 |
| محمود آباد | 1635 | 292.9 |
| دشتک | 1700 | 288.8 |
| جريس | 1700 | 311.4 |
| نوب قره | 1700 | 373.1 |
| آقچه فيه | 1850 | 427.5 |
| کاموشکاک | 1920 | 453.0 |
| قوزلو | 1950 | 453.0 |
| * | 2050 | 423.2 |
| | 2500 | 500.0 |

* محل تلاقي حط همارش و هم ارتفاع

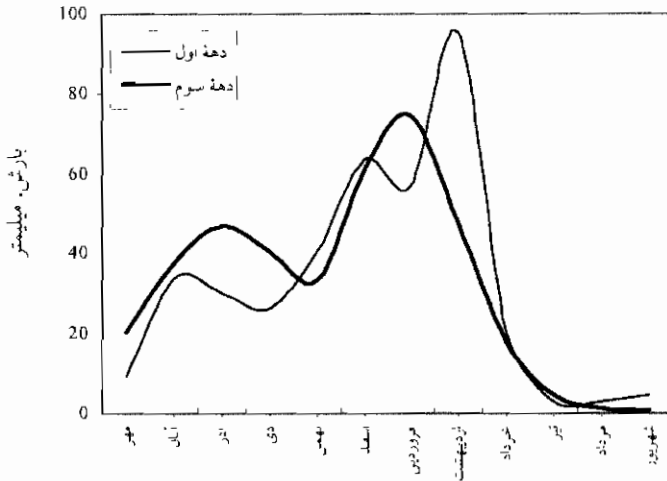
جدول شماره ۳ - ارتفاع بارش، رواناب و ضریب رواناب آبخیز خررود تا ایستگاه آبگرم در همدوره ۳۰ ساله ۱۳۷۴-۷۵ / ۱۳۴۵-۴۶*

| ردیف | سال این | ارتفاع بارش (mm) | | ارتفاع رواناب (mm) | | ضریب رواناب (%) | |
|------|---------|------------------|-------|--------------------|-------|-----------------|-------|
| | | سالانه | بهاره | سالانه | بهاره | سالانه | بهاره |
| ۱ | ۴۵-۴۶ | ۲۷۱٫۹ | ۱۳۹٫۹ | ۱۸۲ | ۶۷ | ۴٫۸ | ۴٫۸ |
| ۲ | ۴۶-۴۷ | ۴۵۳٫۴ | ۲۲۳٫۴ | ۳۰۴ | ۹۲ | ۳٫۷ | ۳٫۷ |
| ۳ | ۴۷-۴۸ | ۶۲۳٫۵ | ۳۳۰٫۷ | ۶۷۳ | ۲۷٫۹ | ۱۴٫۵ | ۱۴٫۵ |
| ۴ | ۴۸-۴۹ | ۳۲۷٫۵ | ۲۰۲٫۷ | ۳۶۳ | ۱۶۰ | ۷٫۹ | ۷٫۹ |
| ۵ | ۴۹-۵۰ | ۴۴۳٫۶ | ۲۷۹٫۸ | ۳۸۹ | ۲۴٫۴ | ۸٫۷ | ۸٫۷ |
| ۶ | ۵۰-۵۱ | ۴۴۶٫۱ | ۳۴۳٫۳ | ۵۸۲ | ۳۸۴ | ۱۵٫۸ | ۱۵٫۸ |
| ۷ | ۵۱-۵۲ | ۳۸۸٫۲ | ۱۷۷٫۷ | ۲۱۲ | ۲۲۰ | ۱۸٫۷ | ۱۸٫۷ |
| ۸ | ۵۲-۵۳ | ۳۴۰٫۲ | ۱۸۸٫۱ | ۴۵۴ | ۲۷۳ | ۱۵٫۴ | ۱۵٫۴ |
| ۹ | ۵۳-۵۴ | ۲۸۱٫۴ | ۱۸۰٫۰ | ۲۴۸ | ۲۶۷ | ۱۴٫۴ | ۱۴٫۴ |
| ۱۰ | ۵۴-۵۵ | ۳۹۳٫۹ | ۲۵۹٫۲ | ۲۴۸ | ۲۶۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۱۱ | ۵۵-۵۶ | ۳۱۹٫۶ | ۱۳۸٫۳ | ۳۰۵ | ۱۱۰ | ۸۰ | ۸۰ |
| ۱۲ | ۵۶-۵۷ | ۳۸۷٫۵ | ۱۳۸٫۳ | ۳۱۳ | ۱۴۱ | ۱۰۲ | ۱۰۲ |
| ۱۳ | ۵۷-۵۸ | ۳۵۳۰ | ۱۴۴٫۷ | ۲۸۰ | ۱۵۲ | ۱۰۵ | ۱۰۵ |
| ۱۴ | ۵۸-۵۹ | ۴۱۶٫۶ | ۱۵۶٫۱ | ۳۳۰٫۲ | ۱۵۱ | ۱۵٫۸ | ۱۵٫۸ |
| ۱۵ | ۵۹-۶۰ | ۵۹۰٫۶۰ | ۲۵۷٫۶ | ۴۳۰ | ۲۵۰ | ۹٫۷ | ۹٫۷ |
| ۱۶ | ۶۰-۶۱ | ۳۶۲٫۱ | ۱۴۶٫۳ | ۳۴۸ | ۱۶۰ | ۱۰٫۹ | ۱۰٫۹ |
| ۱۷ | ۶۱-۶۲ | ۵۸۷٫۵ | ۲۷۰٫۰ | ۲۹۱ | ۲۷۰ | ۱۲٫۴ | ۱۲٫۴ |
| ۱۸ | ۶۲-۶۳ | ۳۴۶٫۶ | ۲۰۰٫۳ | ۲۹۴ | ۱۴۳ | ۱۵٫۲ | ۱۵٫۲ |
| ۱۹ | ۶۳-۶۴ | ۳۶۷٫۳ | ۲۹٫۸ | ۵۲۷ | ۲۴۸ | ۶۲٫۳ | ۶۲٫۳ |
| ۲۰ | ۶۴-۶۵ | ۳۵۳۰ | ۱۸۹٫۴ | ۳۳۲ | ۱۴۸ | ۷٫۸ | ۷٫۸ |
| ۲۱ | ۶۵-۶۶ | ۴۱۵۰ | ۳۵۹٫۴ | ۳۹۰ | ۲۲۴ | ۷٫۵ | ۷٫۵ |
| ۲۲ | ۶۶-۶۷ | ۵۶۶۰ | ۱۶۸٫۵ | ۷۵۶ | ۱۳۴ | ۲۴٫۸ | ۲۴٫۸ |
| ۲۳ | ۶۷-۶۸ | ۴۳۸٫۸ | ۲۲۵٫۸ | ۳۷۹ | ۱۸۷ | ۸٫۳ | ۸٫۳ |
| ۲۴ | ۶۸-۶۹ | ۳۵۰۰ | ۶۱٫۴ | ۳۱۴ | ۱۳۰ | ۲۱٫۵ | ۲۱٫۵ |
| ۲۵ | ۶۹-۷۰ | ۳۷۰٫۳ | ۱۴۶٫۳ | ۲۹۴ | ۱۰۹ | ۱۰٫۱ | ۱۰٫۱ |
| ۲۶ | ۷۰-۷۱ | ۴۲۸٫۴ | ۲۱۹٫۴ | ۵۹۴ | ۳۵۱ | ۱۶۰ | ۱۶۰ |
| ۲۷ | ۷۱-۷۲ | ۳۲۴٫۴ | ۱۶۵٫۴ | ۳۲۲ | ۱۵۷ | ۹٫۵ | ۹٫۵ |
| ۲۸ | ۷۲-۷۳ | ۳۶۷٫۳ | ۱۴۴٫۷ | ۴۷٫۶ | ۲۲٫۴ | ۱۵٫۵ | ۱۵٫۵ |
| ۲۹ | ۷۳-۷۴ | ۳۲۵٫۲ | ۱۰۸٫۸ | ۲۲٫۹ | ۲۳٫۹ | ۲۲٫۵ | ۲۲٫۵ |
| ۳۰ | ۷۴-۷۵ | ۶۴۰٫۷ | ۳۰۰٫۵ | ۸۷۲ | ۵۵۴ | ۱۸۲ | ۱۸۲ |
| | میانگین | ۳۹۱٫۹ | ۱۸۸٫۶ | ۲۲۰٫۵ | ۲۳۸ | ۱۱۰٫۵ | ۱۱۰٫۵ |

هر گرفته از بانک اطلاعات دفتر بررسیهای منابع آب وزارت نیرو

جدول شماره ۴ - میانگین ماهانه دما، بارش و رواناب آبخیز خررود در دهه‌های اول و سوم همدوره ۳۰ ساله ۱۳۷۴-۷۵ / ۱۳۴۵-۴۶.

| ردیف | مهر | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | مهر | دما (°C) | | بارش (mm) | | رواناب (mm) | |
|------|------|------|------|------|-------|---------|----------|-------|------|-------|------|----------|-------|-----------|------|-------------|------|
| | | | | | | | | | | | | اول | ثانی | اول | ثانی | اول | ثانی |
| ۱ | ۱۷/۴ | ۱۱/۱ | ۴/۷ | ۱۰ | ۵/۳ | ۱۱/۴ | ۱۶/۰ | ۲۲/۶ | ۲۶/۰ | ۲۶/۲ | ۲۳/۶ | ۱۳/۹ | ۱۳/۹ | ۲۸۷/۴ | ۴/۸ | ۲/۹ | ۳/۰ |
| ۲ | ۹/۱ | ۳/۷ | ۳۰/۳ | ۲۶/۵ | ۴۰/۷ | ۶۳/۵ | ۹۵/۵ | ۲۰/۵ | ۳۰ | ۲/۹ | ۴/۸ | ۲۸۷/۴ | ۲۸۷/۴ | ۴/۸ | ۲/۹ | ۳/۰ | ۲۰/۵ |
| ۳ | ۱/۵ | ۴/۷ | ۲/۸ | ۲/۸ | ۳/۰ | ۵/۹ | ۹/۸ | ۸/۷ | ۲/۱ | ۰/۷ | ۱/۰ | ۴۱/۹ | ۴۱/۹ | ۱/۰ | ۰/۹ | ۰/۷ | ۲/۱ |
| ۴ | ۱۶/۴ | ۱۰/۹ | ۵/۲ | ۱/۳ | ۱/۴ | ۵/۰ | ۱۱/۱ | ۱۶/۱ | ۲۱/۶ | ۲۵/۵ | ۲۳/۵ | ۱۳/۶ | ۱۳/۶ | ۲۳/۵ | ۲۵/۰ | ۲۴/۵ | ۲۱/۶ |
| ۵ | ۲۰/۷ | ۳۷/۷ | ۴۷/۰ | ۴۰/۴ | ۳۳/۵ | ۶۱/۲ | ۷۴/۴ | ۴۷/۵ | ۱۷/۸ | ۴/۴ | ۰/۸ | ۳۸۶/۸ | ۳۸۶/۸ | ۰/۸ | ۱/۴ | ۴/۴ | ۱۷/۸ |
| ۶ | ۲/۱ | ۴/۴ | ۵/۱ | ۴/۱ | ۴/۳ | ۷/۰ | ۱۱/۱ | ۸/۲ | ۲/۹ | ۰/۷ | ۱/۰ | ۵۲/۰ | ۵۲/۰ | ۱/۰ | ۰/۷ | ۱/۰ | ۲/۹ |



نمودار شماره ۲- پراکنش ماهانه بارش آبخیز خررود (تا ایستگاه آبگرم) در دهه اول و دهه سوم از همدوره ۳۰ ساله ۷۵-۴۶/۷۴-۱۳۴۵ (دفتر بررسیهای منابع آب).

۱- روند تغییرات بارش

روند میانگین لغزان بارش سالانه و معادله لگاریتمی برازش یافته روی آن اندکی فزاینده و غیر معنی دار است؛ از این رو، و با توجه به میانگین‌های ارائه شده برای دهه‌های اول و سوم، بارش سالانه آبخیز خررود در این دوره تغییر نکرده است. تکرار همین بررسی روی میانگین لغزان بارش بهاره نماینده روندی کاهنده و پرشیب است، که برازشی نیکو و معنی دار در سطح یک در هزار روی الگوی لگاریتمی دارد. بازبینی نمودار شماره ۲ و جدول شماره ۴ نیز مؤید همین نتیجه بوده، و به ویژه نشان می‌دهند که کاهش ۳۲/۸ میلیمتری بارش بهاره با افزایش بارش اواخر پاییز و اوایل زمستان جبران شده و در نتیجه بارش سالانه ثابت مانده است.

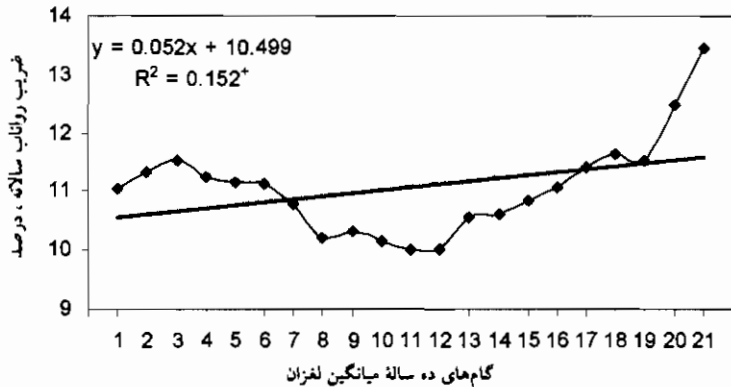
۲- روند تغییرات رواناب

تغییرات میانگین لغزان ارتفاع رواناب سالانه و معادله برازش یافته روی آن خطی، فزاینده و به نسبت پرشیب بوده و در سطح یک درصد معنی‌دار است. برپایه میانگین ارقام اندازه‌گیری شده در دهه‌های اول و سوم همدوره سی ساله، اندازه افزایش رواناب سالانه $10/1$ میلیمتر است. همین بررسی روی داده‌های رواناب بهاره نماینده معادله‌ای توانی، اندکی کاهنده و غیر معنی‌دار است. از این رو و با وجود نوسانهای سال به سال، روند کلی رواناب بهاره در طول همدوره سی ساله ثابت بوده است. ثبات کلی رواناب بهاره، با توجه به کاهش به نسبت زیاد بارش بهاره ($32/8$ میلیمتر) در خور توجه است.

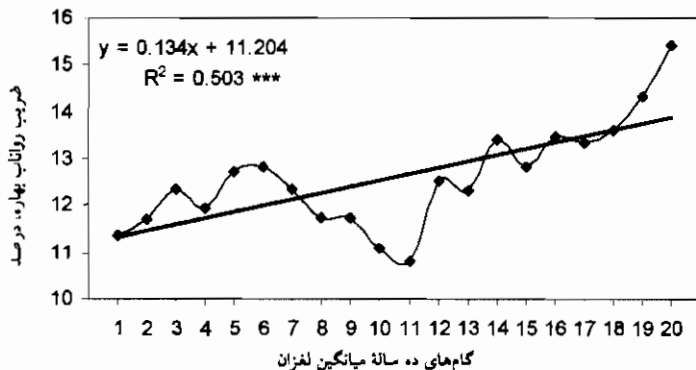
۳- روند تغییرات نسبت رواناب به بارش (ضریب رواناب)

تغییرات میانگین لغزان نسبت ارتفاع رواناب سالانه به ارتفاع بارش سالانه (ضریب رواناب سالانه) و معادله برازش یافته روی آن خطی و اندکی فزاینده بوده، و در سطح ده درصد معنی‌دار است (نمودار شماره ۳). بر پایه میانگین ده ساله دهه‌های اول و سوم همدوره سی ساله، ضریب رواناب سالانه خررود $2/6$ درصد افزایش یافته است. قبل از تکرار همین بررسی روی ضریب رواناب بهاره، حذف یکی از سالها از بررسی رگرسیونی ضروری می‌نمود؛ چه، در سال آبی $64-1363$ ، بارش بهاره تنها $39/8$ میلیمتر- معادل 20 درصد میانگین سی ساله- بود؛ در حالی که ارتفاع رواناب بهاره در همان سال حدود میانگین سی ساله بود؛ از این رو، نسبت درصد ارتفاع رواناب بهاره به ارتفاع بارش بهاره در این سال افزایشی ناگهانی و غیر عادی یافت و دخالت دادن آن در ادامه بررسی سبب بروز خطای فاحش می‌شد (جدول شماره ۳). با توجه به توضیح بالا، و پس از حذف ضریب رواناب بهاره سال یاد شده، میانگین لغزان ده ساله برای 29 سال باقیمانده محاسبه و ترسیم شد (نمودار شماره ۴). این نمودار روندی خطی،

فراینده و کم شیب داشته و معادله برازش یافته روی آن اگر چه در سطح یک در هزار معنی دار است، استناد به آن به دلایلی که در بحث خواهد آمد، در خور درنگ است.



نمودار شماره ۳- روند تغییرات میانگین لغزان ده ساله ضریب رواتب سالانه آبخیز خروود تا ایستگاه آبگرم در همدوره ۳۰ ساله ۴۶-۱۳۴۵ تا پایان ۷۵-۱۳۷۴ (۲۱ گام ده ساله).



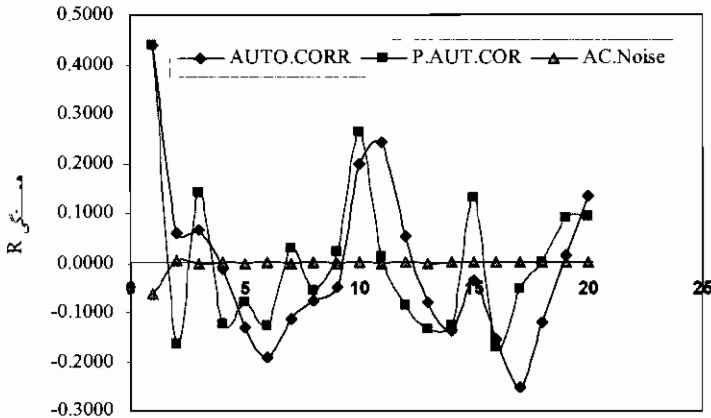
نمودار شماره ۴- روند تغییرات میانگین لغزان ده ساله ضریب رواتب بهاره (ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت) در آبخیز خروود تا ایستگاه آبگرم در همدوره ۳۰ ساله ۴۶-۱۳۴۵ تا پایان ۷۵-۱۳۷۴ (۲۰ گام ده ساله).

۴- تحلیل گروه زمانی ضریب رواناب

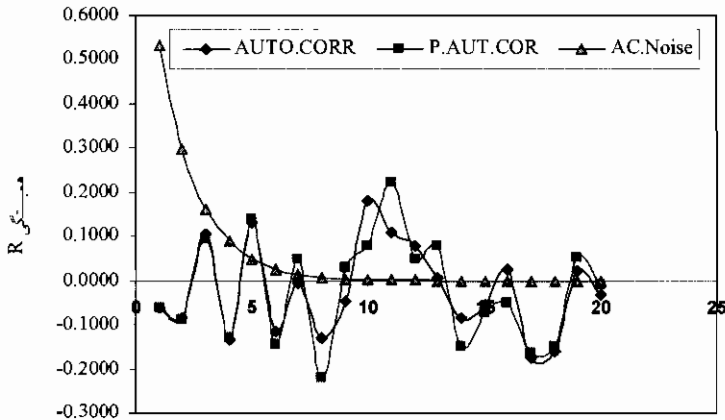
نتایج محاسبه ضرایب AC، P.AC، و ضرایب خود همبستگی خطاهای برآورد (Z_t) برای ضریب رواناب سالانه و بهاره در جدول شماره ۵ و ترسیم آنها در نمودارهای شماره ۵ و ۶ ارایه شده است.

جدول شماره ۵- ضرایب خود همبستگی (AC)، خود همبستگی جزئی (PAC) و نوسان خود همبستگی (AC.NOISE) برای داده‌های ضریب رواناب سالانه و بهاره در هم‌دوره ۳۰ ساله ۷۵-۱۳۷۴ (۲۰ گام ده‌ساله).

| سالانه | | | بهاره | | | گامهای |
|---------|---------|----------|---------|---------|----------|-------------|
| AC | PAC | AC.NOISE | AC | PAC | AC.NOISE | خود همبستگی |
| ۰/۴۳۷۷ | ۰/۴۳۷۷ | -۰/۰۶۳۱ | -۰/۰۶۳۱ | -۰/۰۶۳۱ | ۰/۵۳۲۴ | ۱ |
| ۰/۰۵۸۵ | -۰/۱۶۴۶ | ۰/۰۰۴۰ | -۰/۰۸۳۰ | -۰/۰۸۷۳ | ۰/۲۹۹۰ | ۲ |
| ۰/۰۶۷۴ | ۰/۱۳۹۳ | -۰/۰۰۰۳ | ۰/۱۰۴۶ | ۰/۰۹۴۵ | ۰/۱۶۰۷ | ۳ |
| -۰/۰۱۳۱ | -۰/۱۲۴۷ | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۱۳۴۱ | -۰/۱۳۱۳ | ۰/۰۸۹۶ | ۴ |
| -۰/۱۲۸۹ | -۰/۰۸۰۷ | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۱۳۲۸ | ۰/۱۴۰۱ | ۰/۰۴۸۵ | ۵ |
| -۰/۱۹۰۳ | -۰/۱۲۷۸ | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۱۱۴۴ | -۰/۱۴۴۴ | ۰/۰۲۶۹ | ۶ |
| -۰/۱۱۲۹ | ۰/۰۲۸۹ | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۰۰۳۸ | ۰/۰۴۶۸ | ۰/۰۱۴۶ | ۷ |
| -۰/۰۷۴۶ | -۰/۰۵۶۵ | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۱۳۰۳ | -۰/۲۲۱۴ | ۰/۰۰۸۱ | ۸ |
| -۰/۰۴۹۱ | ۰/۰۲۲۸ | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۰۴۴۹ | ۰/۰۳۰۵ | ۰/۰۰۴۴ | ۹ |
| ۰/۱۹۸۴ | ۰/۲۶۲۸ | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۱۷۸۶ | ۰/۰۷۹۲ | ۰/۰۰۲۴ | ۱۰ |
| ۰/۲۴۳۰ | ۰/۰۱۱۱ | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۱۰۹۶ | ۰/۲۲۳۵ | ۰/۰۰۱۳ | ۱۱ |
| ۰/۰۵۱۳ | -۰/۰۸۵۱ | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۰۷۸۴ | ۰/۰۴۹۷ | ۰/۰۰۰۷ | ۱۲ |
| -۰/۰۸۰۲ | -۰/۱۳۳۲ | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۰۰۷۲ | ۰/۰۷۹۸ | ۰/۰۰۰۴ | ۱۳ |
| -۰/۱۳۸۰ | -۰/۱۲۶۷ | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۰۸۴۸ | -۰/۱۴۷۳ | ۰/۰۰۰۲ | ۱۴ |
| -۰/۰۳۴۸ | ۰/۱۲۹۴ | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۰۵۵۶ | -۰/۰۷۳۵ | ۰/۰۰۰۱ | ۱۵ |
| -۰/۱۵۴۰ | -۰/۱۶۹۵ | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۰۲۷۱ | -۰/۰۲۹۳ | ۰/۰۰۰۱ | ۱۶ |
| -۰/۲۵۱۷ | -۰/۰۵۲۵ | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۱۷۵۴ | -۰/۱۶۴۵ | ۰/۰۰۰۰ | ۱۷ |
| -۰/۱۱۸۹ | ۰/۰۰۱۴ | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۱۵۹۷ | -۰/۱۵۰۵ | ۰/۰۰۰۰ | ۱۸ |
| ۰/۰۱۶۱ | ۰/۰۹۰۶ | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۰۲۲۵ | ۰/۰۵۰۷ | ۰/۰۰۰۰ | ۱۹ |
| ۰/۱۳۵۵ | ۰/۰۹۲۸ | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۰۳۲۹ | -۰/۰۰۷۵ | ۰/۰۰۰۰ | ۲۰ |



نمودار شماره ۵- تغییرات ضرایب خود همبستگی برای داده‌های ضریب رواناب سالانه در هم‌دوره ۳۰ ساله ۱۳۴۵-۴۶ تا پایان ۱۳۷۴-۷۵ (۲۰ گام ده ساله).



نمودار شماره ۶- تغییرات ضرایب خود همبستگی برای داده‌های ضریب رواناب بهاره در هم‌دوره ۳۰ ساله ۱۳۴۵-۴۶ تا پایان ۱۳۷۴-۷۵ (۲۰ گام ده ساله).

چون که ضرایب خود همبستگی خطاهای برآورد برای داده‌های سالانه در هیچ یک از فواصل تأخیر یا گامهای خود همبستگی از قدر مطلق $\frac{2}{\sqrt{n}}$ (در این بررسی با توجه به $n=30$ ، برابر $0/365$) بیشتر نیست، بنابراین خطاهای برآورد تصادفی تلقی می‌شود. افزون بر این، پراکنش محدود ضرایب خودهمبستگی خطاهای برآورد در مجاورت محور X (نمودار شماره ۵)، که بسیار نزدیک به صفر است، تأییدی دیگر بر برازندگی الگوی خودبازگشتی برگزیده است. الگوی کلی معادله خودبازگشتی برآزش داده شده بر ضرایب رواناب سالانه به شرح زیر تعیین شد:

$$X_t = Z_t + aX_{t-1} \quad a = 0/438$$

با توجه به ناچیز بودن مقادیر Z_t برای ضریب رواناب سالانه (جدول شماره ۵)، منفی یا مثبت بودن آن تأثیری بر علامت نتیجه محاسبه نداشته و رابطه ضریب رواناب هر سال با سال قبل همواره مثبت است. از این رو، روند افزایشی ضریب رواناب سالانه تأیید می‌شود.

برای داده‌های بهاره، ضرایب خود همبستگی خطاهای برآورد (Z_t) تنها در یکی از گامها یا فواصل تأخیر مورد بررسی از رقم مجاز (قدر مطلق $0/365$) فراتر رفته و نشان می‌دهد که در این گروه از داده‌ها یک مورد غیر عادی وجود دارد؛ اما چون که بیش از ۹۶ درصد این ضرایب در محدوده مجاز قرار دارند، تصادفی بودن خطاهای برآورد برای ضریب رواناب بهاره نیز پذیرفته می‌شود. پراکنش محدود ضرایب خود همبستگی خطاهای برآورد در مجاورت محور X (نمودار شماره ۶)، که در بیشتر گامها بسیار نزدیک به صفر است، تأییدی دیگر بر برازندگی الگوی خودبازگشتی برگزیده با واقعیت این گروه از داده‌هاست. الگوی کلی معادله خود بازگشتی برگزیده برای ضریب رواناب بهاره و مقادیر ثابت آن به شرح زیر است:

$$X_t = Z_t + aX_{t-1} + bX_{t-2} + cZ_{t-1} \quad a = 0/100 \quad b = 0/246 \quad c = 0/421$$

در این مورد نیز، با وجود داده غیرعادی پیش گفته در گروه داده‌های مورد بررسی، مقادیر خطاهای برآورد ضریب رواناب بهاره در بیشتر گامها ناچیز و مثبت بوده و مؤید روند افزایشی ضریب رواناب بهاره است.

داده غیرعادی گفته شده بالا همان ضریب رواناب بهاره سال آبی ۶۴-۶۳ (جدول شماره ۳ ردیف ۱۹) است که به علت بارش بهاره بسیار ناچیز و غیر عادی ثبت شده برای همین سال رخ داده و بدون حذف یا حتی تعدیل در تحلیل گروه زمانی ضریب رواناب وارد شد.

به منظور آسان‌سازی نتیجه‌گیری از یافته‌های این پژوهش، تغییرات مؤلفه‌های مورد بررسی در فاصله دهه‌های اول و سوم همدوره سی ساله در جدول شماره ۶ گردآوری شد؛ در جدول یاد شده، پیکان تو خالی نشانه روند غیر معنی‌دار مؤلفه مربوطه است.

جدول شماره ۶- تغییرات شاخصهای مورد بررسی در فاصله دو گام اول و آخر میانگین لغزان آنها در همدوره ۳۰ ساله، بر پایه معادله برگشت میانگین لغزان و ارقام اندازه‌گیری شده.

| ضریب رواناب (%) | | ارتفاع رواناب (mm) | | ارتفاع بارش (m) | | شاخص‌ها |
|-----------------|-------|--------------------|-------|-----------------|-------|---------------------------|
| سالانه | بهاره | سالانه | بهاره | سالانه | بهاره | |
| | | | | | | روند معادله میانگین لغزان |
| *** | + | ns | ** | *** | ns | سطح معنی‌دار بودن |
| 4.0 | 2.4 | 1.9 | 10.1 | 32.8 | -0.6 | تغییرات اندازه گیری شده |

ns، غیر معنی‌دار؛ +، *، ** و *** به ترتیب معنی‌دار در سطح‌های ۱۰، ۱ و ۱/۱۰ درصد.

بحث

پیش از تحلیل نتایج این پژوهش لازم به توضیح است که تأیید یا تکذیب تغییرات اقلیمی مورد نظر نبوده و حتی نوسانهای دوره‌ای شاخصهای اقلیمی نیز، با توجه به کوتاهی دوره آماری این پژوهش، مورد نظر نیست؛ قصد این است که نشان داده شود که در شرایط موجود، استعداد آبخیز خررود برای به تأخیر انداختن تخلیه آبی که دریافت می‌کند تا چه اندازه تغییر کرده است. چرا که تغییر در نسبت آب خروجی به آب دریافتی آبخیزها در شرایط اقلیمی ثابت رابطه‌ای نزدیک با شیوه مدیریت منابع طبیعی آن دارد.

در مقیاس سالانه و بر پایه میانگین ده ساله ارقام اندازه‌گیری شده در دهه‌های اول و سوم از همدوره سی ساله ۷۵-۷۴ / ۶۶-۶۵، اگرچه بارش سالانه ثابت بود، ارتفاع رواناب سالانه به اندازه ۱۰/۱ میلی‌متر و ضریب رواناب سالانه ۲/۶ درصد افزایش معنی‌دار یافت. در بررسی تغییرات فصلی بارش نشان داده شد که از بارش ماههای گرم سال به ویژه بهار کاسته شد و به بارش سردترین ماههای سال (اواخر پاییز و اوایل زمستان) اضافه شد که گمان می‌رود به صورت برف بوده و جریان آب حاصل از ذوب تدریجی آن می‌توانست سبب کاهش رواناب سطحی آبخیز و ملایم‌تر شدن جریان رودخانه گردد که چنین نشد. چون که جریان پایه رودخانه و تغییرات فصلی آن در این مقیاس (سالانه) دخالت ندارد، به خوبی مشخص می‌شود که در سالهای پایانی همدوره سی ساله نسبت به گذشته، بخش بزرگتری از آب دریافتی حوضه از آن تخلیه می‌شود.

ناگفته نماند که بخشی از افزایش ارتفاع رواناب و ضریب رواناب سالانه این آبخیز می‌تواند ناشی از کاهش ۰/۳ درجه‌ای میانگین سالانه دمای روزانه هوای منطقه باشد که با کاستن از تبخیر بر مقدار رواناب افزوده است؛ اما، بی‌گمان بخش بزرگتری از آن ناشی از کاهش استعداد طبیعی آبخیز برای نگاهداشت آب است. علیزاده (۱۳۵۴) در

منطقه مشهد نشان داد که با کم کردن انبوهی پوشش گیاهی، آبدهی آبخیزها افزایش یافته و با از بین بردن پوشش گیاهی، مجموع جریان سطحی به طور متوسط ۵۰ درصد افزون می‌شود. در پژوهشی دیگر درباره شیوه‌های بهره‌برداری از اراضی در سرشاخه‌های سیمینه‌رود (یکی از شاخه‌های اصلی قره‌چای)، نشان داده شد که هر چه نسبت باغداری و مزارع آبی (مدیریت اراضی) به مراتع طبیعی بیشتر باشد، از مقدار رواناب به صورتی معنی‌دار کاسته می‌شود (زرگر، ۱۳۷۴).

با وجود کاهش $32/8$ میلیمتری بارش بهاره، ارتفاع رواناب آبخیز خررود در ماههای بهاری کاهش اندک و نامحسوس داشته است. علت ثبات ارتفاع رواناب بهاره آن است که تمام کاهش بارش ماههای بهاری به صورت برف به ماههای سرد پاییزی پیش از آن منتقل شده و ذوب تدریجی این ذخایر در بهار جبران کاهش بارش بهاره را کرده است. به این ترتیب، از یک سو بارش بهاره (مخرج کسر ضریب رواناب) کاسته شد، و از سوی دیگر ارتفاع رواناب بهاره (صورت کسر ضریب رواناب) به دلیل یاد شده ثابت ماند؛ نتیجه آن که ضریب رواناب بهاره افزایش در خور توجه یافت. از این رو، اگر چه افزایش ضریب رواناب بهاره از منظر عددی و تجزیه آماری معنی‌دار شد، به دلایل یاد شده نمی‌تواند تنها ناشی از تخریب منابع طبیعی باشد. در منابع آب‌شناسی نیز آمده است که رابطه بارش و آبدهی به صورت ماهانه و فصلی ضعیف است (Branson و همکاران، ۱۳۷۲، ص ۳؛ Berney و همکاران، ۱۹۸۱، ص ۱۹۶). ناگفته نماند که خوشبختانه تغییر پراکنش فصلی بارش و کاهش میانگین سالانه دما در واقع اثر مطلوبی بر تعدیل آهنگ (رژیم) آبدهی خررود داشته و امکان تداوم آبدهی بهاره را به اندازه سابق (پیش از کاهش بارش بهاره) فراهم کرده است و اگر چنین نمی‌شد، افزایش ضریب رواناب بهاره از دیدگاه حفاظت خاک و آب نیز معنی‌دار و نگران‌کننده می‌شد.

مقدار درخور توجه ۱۰/۱ میلیمتر در سال تخلیه اضافی آب نسبت به گذشته معادل ۲۵/۵ میلیون متر مکعب آب در سال است. با توجه به موقعیت ایستگاه آبسنجی آبگرم که در ابتدای ورود رودخانه به دشت تبخیری قرار دارد، بخش بزرگی از این آب با پیوستن به شورابه‌های دشت تبخیری کیفیت خود را از دست داده و به کلی ضایع می‌شود.

آبخیز خررود تنها یک دهم مساحت زیر حوضه قزوین را تشکیل می‌دهد؛ در این زیر حوضه ۱۷ رودخانه کوچک و بزرگ دیگر نیز جریان دارند که پایاب همه آنها دشت تبخیری مذکور (به نام نمکزار اشتهارد) است. چون که تعمیم نتایج بدست آمده از آبخیز خررود به تمام زیر حوضه قزوین دور از انتظار نیست، برآورد می‌شود که سالانه حدود ۲۵۵ میلیون متر مکعب بارش زیرحوضه قزوین بیش از پیش و بدون استفاده در چرخه تولیدات گیاهی (مراعات طبیعی و مزارع) هز رفته و در نمکزار اشتهارد و یا رود شور ضایع می‌شود.

سیاسگزاری

انجام این پژوهش با ارایه بی دریغ داده‌ها به وسیله دفتر بررسی‌های منابع آب میسر گردید. جستجو و استخراج بخشی از داده‌ها به وسیله آقایان سید مرتضی ابطحی و حسین ابری لواسانی، و ترسیم نمودارها و جداول به وسیله آقای اروجعلی کریمی و حروف چینی آن به وسیله خانمها تفرشی و عباسپور انجام شد. ویرایش موضوعی و نگارش خلاصه انگلیسی را مدیون استاد سید آهنگ کوثر هستیم.

منابع مورد استفاده

- ۱- اردشیری، م.ع. ۱۳۷۳. کنوانسیون بین‌المللی بیابان‌زدایی و مقابله با اثرات خشکسالی. دفتر نمایندگی جمهوری اسلامی ایران در سازمان فائو، رم. ۲۳ صفحه زیراکسی.
- ۲- اسپارگون، ۱۳۶۶. حفاظت از با ارزش‌ترین ثروت طبیعی جهان. پیام یونسکو، سال شانزدهم، شماره ۱۷۷.
- ۳- اهلرز، ای. ۱۹۸۰. ایران، مبانی یک کشورشناسی جغرافیایی، جلد اول: جغرافیای طبیعی (برگردان محمد تقی رهنمایی، ۱۳۶۵). تهران، مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی سحاب، ۲۰۹ص.
- ۴- بانک اطلاعات دفتر بررسیهای منابع آب، بخش آبهای سطحی، معاونت بهره‌برداری و مدیریت منابع آب، وزارت نیرو.
- ۵- جاماب، ۱۳۶۹. منابع آب سطحی کرج، جاجرود، قم و قره‌چای. وزارت نیرو. ۱۱۰ص.
- ۶- جاماب، ۱۳۷۰. شناخت اقلیمی ایران، جلد اول: بررسیهای بنیادی بارندگی (بخش دوم). وزارت نیرو. ۸۹۲ص.
- ۷- زرگر، ا. ۱۳۷۴. بررسی تأثیر بارندگی، پاره‌ای از ویژگیهای هندسی و مدیریت اراضی بر مقدار رواناب کل آبخیز. نشریه شماره ۱۰۶ مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۴۶ص + خلاصه انگلیسی.
- ۸- سالنامه‌های سازمان هواشناسی کشور، سالهای ۱۹۹۶-۱۹۶۷.
- ۹- علیزاده، ا. ۱۳۵۴. افزایش آبدهی در حوضه‌های آبخیز با از بین بردن پوشش گیاهی و اثرات اکولوژیکی آن. ص ۲۰۲-۱۹۱، در مجموعه مقالات نخستین سمینار بررسی مسایل پوشش گیاهی ایران، ضمیمه محیط‌شناسی ۳. دانشگاه تهران، مرکز هماهنگی مطالعات محیط زیست، ۳۲۶ص.
- 10- Berney, O., D. P. Carr, & E. C. Barrett. 1981. Arid zone hydrology, FAO, No. 37, Rome, 271+96p.
- 11- Branson, F. A., G. F. Gifford, & J. R. Owen. 1972. Rangeland hydrology. Society for Range Management. Denver, Colorado, USA, 84p.
- 12- Box, G.E.P., & G. M. Jenkins. 1976. Time Series Analysis Forecasting and Control. 2nd ed., Holden-Day, San Francisco, 335p.