مجله پژوهش آب ایران
سال دوم/ شماره سوم/ پائیز و زمستان ۱۳۸۷ (۵۴- ۴۵)

مقاله پژوهشی

تحلیل فراوانی منطقه‌ای مقادیر جریان کم در منطقه جیرفت با استفاده از روش گشتاورهای خطی

علی سرحدی*[۱] سعید سلطانی[۲] و رضا مدرس[۳]

چکیده

جریان کم سالانه را می‌توان به عنوان کمترین جریان متوسط برای تعداد روزهای پیاپی از قبیل ۷، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روزه در طول یک سال در نظر گرفت، به طوری که، جریان کم d روزه در یک سال کمترین مقدار میانگین‌های متحرک d روزه جریان‌های روزانه در آن سال است. برای تحلیل فراوانی منطقه‌ای جریان کم در حوزه هلیل رود جیرفت از روش گشتاورهای خطی استفاده شد. با استفاده از دو آماره همگنی هاسکینگ و والیس ($D<3$ و $H= ۰/۸۷$) در حوزه، مشخص شد که در منطقه ایستگاه ناجور وجود ندارد و منطقه کاملاً همگن است. با استفاده از آزمون نکوئی برازش، انتخاب بهترین توزیع و برآورد مقادیر دبی با دوره‌های بازگشت مختلف در ایستگاه‌ها صورت گرفت. سپس آماره Z^{DIST} برای ایستگاه‌های منطقه با استفاده از برنامه اجرایی نوشته شده به زبان فرترن برای توزیع‌های ۳ پارامتری محاسبه شد و توزیع پیرسون نوع ۳ به عنوان بهترین توزیع منطقه ای شناخته شد. در نهایت با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره، مساحت حوزه به عنوان پارامتر اصلی برای برآورد جریان کم با دوره‌های بازگشت مختلف در حوزه های فاقد آمار مشخص شد.

واژه‌های کلیدی: جریان کم، گشتاورهای خطی، همگنی، تابع توزیع پیرسون نوع ۳، حوزه هلیل رود

ارجاع: سرحدی ع. سلطانی س. و مدرس ر. ۱۳۸۷. تحلیل فراوانی منطقه‌ای مقادیر جریان کم در منطقه جیرفت با استفاده از روش گشتاورهای خطی. مجله پژوهش آب ایران. ۲(۳): ۵۴-۴۵.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- عضو هیات علمی گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* **نویسنده مسئول** asarhadi@na.iut.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۸/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۲/۲۲

مقدمه

طی چند دهه اخیر افزایش تقاضای آب به دلیل افزایش جمعیت و گسترش صنعت باعث گردیده این ماده حیاتی به نحو مطلوبی مورد استفاده قرار نگیرد. این مسئله، به خصوص در سال‌هایی که با پدیده خشکسالی مواجه هستیم، و میزان آب‌های جاری به حداقل خود می‌رسد، حادتر بوده و تبعات و ضایعات زیست محیطی از جمله افزایش غلظت آلودگی و کاهش اکسیژن محلول را به دنبال دارد. از این رو محاسبه جریان کم[1]و یا در حقیقت همان حداقل آب جاری در رودخانه و همچنین دانستن ویژگی‌های آن در مطالعات هیدرولوژیکی مختلف مانند مدیریت کیفیت آب، تعیین حداقل دبی مورد نیاز جهت تولید برق، طراحی سیستم های آبیاری و ارزیابی تأثیر دوره‌های خشکسالی طولانی مدت بر اکوسیستم‌های آبی بسیار با اهمیت است. جریان کم سالانه را می توان به عنوان کمترین جریان متوسط برای تعداد روزهای پیاپی از قبیل ۷، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روزه در طول یک سال در نظر گرفت به طوری که جریان کم d روزه در یک سال کمترین مقدار میانگین‌های متحرک d روزه جریان‌های روزانه در آن سال است.

یکی از مسائلی که اغلب در هیدرولوژی با آن رو به رو هستیم برآورد سیلاب و یا جریان‌های کم است. برآورد مقادیر جریان کم در حوزه‌هایی که دارای آمار طولانی مدت هستند به راحتی امکان‌پذیر است. اما در بسیاری از موارد مشکل هیدرولوژیست‌ها در رابطه با جریان های کم، حوزه‌های با طول دوره آماری کوتاه و یا حوزه‌های فاقد آمار است. معمولاً برای رفع این مشکل از تحلیل منطقه ای جریان کم استفاده می‌شود.

بسیاری از هیدرولوژیست‌ها سعی کرده‌اند رابطه‌ای را بین خصوصیات مختلف ژئومورفولوژی، زمین شناسی، اقلیم و توپوگرافی حوزه‌ها با مقادیر جریان کم به دست آورند (تاسکر، ۲۰۰۱؛ دینگمن و لاولر، ۱۹۹۵، ووگل کرل، ۱۹۸۹). از مهم‌ترین روش‌هایی که در تحلیل منطقه‌ای جریان کم استفاده می‌شود، می‌توان به روش شاخص سیل، رگرسیون چند متغیره، روش ناحیه- اثر، روش تحلیل مولفه های اصلی و همبستگی کانونی اشاره کرد. اما این روش‌ها گاهی ممکن است به ایجاد مناطق همگن هیدرولوژیک نیانجامند. به خصوص اگر تغییرپذیری خصوصیات هیدرولوژیک یا فیزیوگرافی منطقه زیاد باشد. افزون بر این، این روش‌ها ممکن است خطاهای قابل توجهی در برآورد مقادیر برای حوزه‌های کوچک نسبت به نواحی منطقه‌ای ایجاد کنند.

یک راه آسان برای دست‌یابی به تابع منطقه‌ای، استفاده از نمودار گشتاورهای خطی است. نمودار گشتاور خطی (نمودار $L\text{-}C_v$ در برابر LCs و نمودار LCs در برابر LCk) یک روش بصری مناسب برای انتخاب توزیع منطقه‌ای است و همواره به روش‌های معمولی برآورد پارامترهای توابع توزیع (ضریب تغییرات، ضریب چولگی و ضریب برجستگی) ترجیح داده می‌شود (ووگل و فنسی، ۱۹۹۳).

گرین‌وود و همکاران (۱۹۷۹) مفهوم گشتاورهای وزنی (PWM) [2] را معرفی کردند. هاسکینگ (۱۹۸۶ و۱۹۹۰) گشتاورهای خطی را به عنوان ترکیبات خطی PWM تعریف کرد. هاسکینگ و والیس (۱۹۹۳) کاربرد گشتاورهای خطی را گسترش دادند و آماره‌های مفیدی را برای تحلیل فراوانی منطقه‌ای برای محاسبه ناهمگونی، همگنی ناحیه‌ای و نکوئی برازش به کار بردند. تحلیل فراوانی منطقه‌ای این روش‌ها را به کار می‌بندد اما تعداد کمی از مطالعات بر روی تحلیل فراوانی جریان‌های کم متمرکز شده است (ارید، ۱۹۹۹؛ هاسکینگ و والیس،۱۹۹۳، کرول و ووگل ۲۰۰۲). تاسکر (۱۹۸۷) با تحلیل ۲۰ رودخانه در ویرجینیای آمریکا توزیع‌های ویبل ۳ پارامتری (W3) و لوگ پیرسون را برای تحلیل سری جریان کم ۷ روزه پیشنهاد کرد. ووگل و کرول (۱۹۸۹) توزیع های لوگ نرمال ۲ و۳ پارامتری، لوگ پیرسون و ویبول (W3) را برای ۲۳ منطقه در ماساچوست آمریکا پیشنهاد کردند. اسلامیان و همکاران (۱۳۸۳) تحلیل منطقه‌ای جریان کم را برای ۲۰ ایستگاه در حوزه آبخیز مازندران انجام دادند و توزیع لوگ پیرسون ۳ را بعنوان توزیع منطقه‌ای انتخاب نمودند.

[1]- Low flow

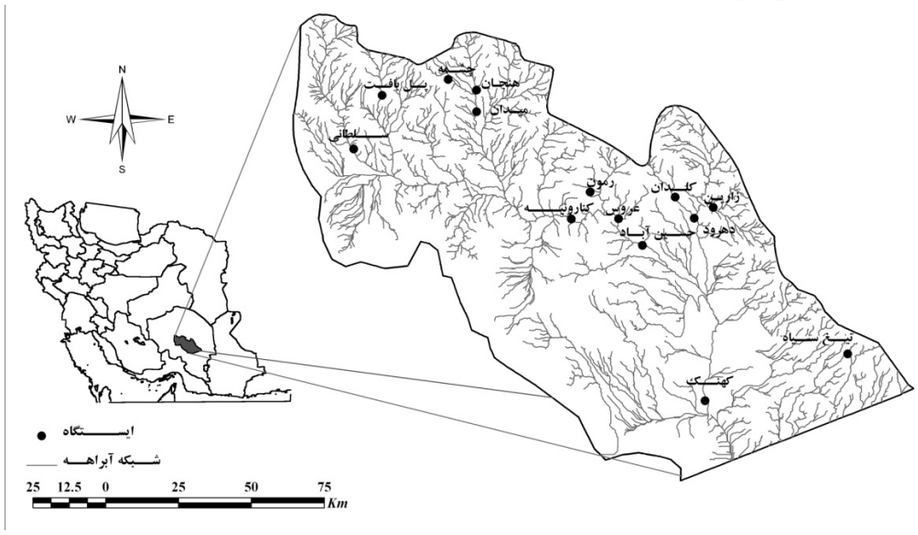
[2] - Probability Weighted Moments

این مطالعه تحلیل فراوانی منطقه‌ای جریان‌های کم در منطقه جیرفت را با استفاده از گشتاورهای خطی مورد بررسی قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه هلیل رود در منطقه جیرفت است. این حوزه با مساحتی بالغ بر ۱/۶ میلیون هکتار در محدوده بین ۲۸ درجه تا ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی در جنوب شرقی ایران قرار دارد (شکل ۱). این منطقه با متوسط بارندگی ۲۹۵ میلیمتر و ارتفاع ۱۷۷۴ متر دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است. در این مطالعه مقادیر جریان کم ۱۴ ایستگاه هیدرومتری با استفاده از روش گشتاورهای خطی مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱- موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

روش گشتاور خطی

گشتاور وزنی توسط گرینوود و همکاران (۱۹۷۹) به صورت زیر تعریف شد.

$$M_{p,r,s} = \int_{\circ}^{1} [(F)]^{p} F^{r} (1-F)^{2} dF \qquad (۱)$$

معمولاً دو گشتاور زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند (۱۰):

$$M_{1,\circ,s} = \alpha_s = \int_{\circ}^{1} x(F)(1-F)^{s} dF \qquad (۲)$$

$$M_{1,r,\circ} = \beta_r = \int_{\circ}^{1} x(F) F^{r} dF \qquad (۳)$$

که در آنها α_s و β_r به صورت زیر است:

$$\alpha_s = \sum_{k=0}^{s} \binom{s}{k} (-1)^{k} \beta_k \qquad (۴)$$

$$\beta_r = \sum_{k=0}^{r} \binom{r}{k} (-1)^{k} \alpha_k \qquad (۵)$$

هاسکینگ و والیس (۱۹۸۶ و۱۹۹۰) گشتاورهای خطی λ_{r+1} را به صورت زیر تعریف کردند:

$$\lambda_{r+1} = (-1)^{r} \sum_{k=0}^{r} p^{*}_{r,k} \alpha_k = \sum_{k=0}^{r} p^{*}_{r,k} \beta_k \qquad (۶)$$

$$p^{*}_{r,k} = (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} \qquad (۷)$$

سپس نمونه‌های گشتاور وزنی غیراریب از روابط زیر محاسبه می شوند:

$$a_s = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^{n} \binom{n-i}{s} x_i}{\binom{n-1}{s}} \qquad (۸)$$

$$b_s = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^{n} \binom{i-1}{r} x_i}{\binom{n-1}{r}} \qquad (۹)$$

گشتاورهای خطی نمونه از طریق جایگذاری برآوردهای نمونه از a_s و b_s در α_s و β_r معادله ۶ محاسبه می‌شوند.

نسبت گشتاورهای وزنی خطی توسط هاسکینگ (۱۹۸۶،۱۹۹۰) به صورت زیر تعریف شد:

$$\tau = \lambda_1 / \lambda_2 \qquad (۱۰)$$

$$\tau_r = \lambda_r / \lambda_2 \qquad r = 3,4,... \qquad (۱۱)$$

که λ_1 پارامتر موقعیت، λ_2 معیار پراکنش متغیر تصادفی، τ پارامتر مقیاس و پراکندگی (LCv)، τ_3 پارامتر چولگی (LCs) و τ_4 مقدار کشیدگی (LC_k) است.

استفاده از منحنی نسبت گشتاورها (MRD) [1] یک روش آسان برای تشخیص همگنی منطقه‌ای است. رائو و حامد (۱۹۹۷) MRD را برای تشخیص مناطق همگن در حوضه واباش جهت تحلیل فراوانی سیل به کار بردند (۱۰). کرول و ووگل (۲۰۰۲) برآوردهای نمونه LCv را در مقابل LCs برای جریان کم ۷ روزه در آمریکا به کار بردند.

آزمون همگنی و ناهمگونی

هاسکینگ و والیس (۱۹۹۳) دو آماره را برای آزمون همگنی استنتاج کردند که شامل آماره ناهمگونی (ناجوری) D [2] آماره همگنی (H) [3] است. آزمون ناهمگونی، مکان‌های ناجور با کل گروه را مشخص می‌کند. اگر مقدار D بزرگتر از ۳ باشد ایستگاه ناجور بوده و از گروه حذف می‌شود. نکته قابل ذکر این است که این شاخص به اندازه نمونه وابسته نیست، چون این آماره براساس گشتاورهای خطی محاسبه می شود و نسبت به اندازه نمونه حساسیت کمتری دارد. در حالی که گشتاورهای معمولی مانند میانگین و انحراف معیار وابستگی شدیدی به اندازه نمونه، به ویژه داده‌های پرت، دارند.

آماره ناجوری به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$\bar{u} = N^{-1}\sum_{i=1}^{N} u_i \qquad (۱۲)$$

$$S = (N-1)^{-1}\sum_{i=1}^{N}(u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T \qquad (۱۳)$$

$$D_i = \frac{1}{3}(u_i - \bar{u})^T S^{-1}(u_i - \bar{u}) \qquad (۱۴)$$

که $u_i = \left[\tau_2^i, \tau_3^i, \tau_4^i\right]^T$ ماتریس وارون گشتاورهای خطی در ایستگاه i، N تعداد ایستگاه‌ها و S ماتریس کوواریانس نمونه است.

آماره همگنی شامل سه معیار H_1، H_2 و H_3 است. اگر مقدار این آماره کمتر از یک باشد، منطقه همگن، اگر بین ۱ تا ۲ باشد، منطقه تا حدی همگن و اگر بزرگتر از ۳ باشد، منطقه کاملاً ناهمگن است. در عمل عنوان می‌شود که معیار H_1 به منظور این آزمون مناسب تر است (۶ و ۹). مقدار این آماره از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$H = (V_{obs} - \mu_V)/\sigma_V \qquad (۱۵)$$

$$V = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i (\tau_2^i - \tau_2^R)^2}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \right\}^{1/2} \qquad (۱۶)$$

که n_i اندازه نمونه در ایستگاه i، τ_2^i گشتاور خطی نمونه (L-C_V)، τ_2^R میانگین نقطه‌ای گشتاور خطی نمونه. (L-C_V)، μ_V میانگین مقادیر V و σ_V انحراف معیار مقادیر V هستند.

آزمون نکوئی برازش تابع توزیع منطقه‌ای به منظور انتخاب بهترین تابع توزیع منطقه‌ای انجام می‌شود و شامل محاسبه آماره ZDIST است. تابع توزیع مناسب تابعی است که $\left|Z^{Dist}\right| < 1.64$ باشد. این تابع به عنوان تابع منطقه ای شناخته می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Z^{DIST} = (\tau_4^{DIST} - \bar{\tau}_4 + \beta_4)/\sigma_4 \qquad (۱۷)$$

$$\beta_4 = N_{sim}^{-1}\sum_{m=1}^{N_{sim}}(\bar{\tau}_{4m} - \bar{\tau}_4) \qquad (۱۸)$$

[1] - Moment Ratio Diagram
[2] - Discordancy
[3] - Homogeneity

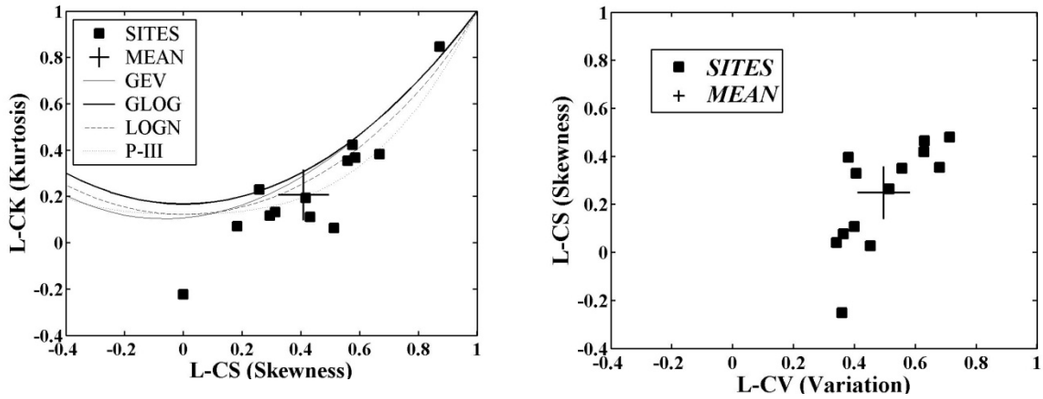
$$\sigma_4 = \left\{ (N_{sim}-1)^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (\bar{\tau}_{4m} - \bar{\tau}_4)^2 - N_{sim} \beta_4^2 \right\}^{1/2} \quad (۱۹)$$

در اینجا، Z^{DIST} به مفهوم توزیع، τ_4^{DIST} گشتاور خطی برجستگی جامعه (L-Ck)، $\bar{\tau}_4$ میانگین ناحیه‌ای گشتاور خطی برجستگی نمونه، β_4 مقدار اریبی ناحیه‌ای از گشتاور فوق، σ_4 انحراف معیار ناحیه‌ای گشتاور فوق و N_{sim} تعداد نواحی شبیه سازی شده و برابر ۵۰۰ است (هاسکینگ و والیس، ۱۹۹۳).

نتایج و بحث

در این تحقیق ۱۴ ایستگاه هیدرومتری انتخاب و دبی جریان کم با تداوم ۷ روزه محاسبه شد. براساس آماره همگنی و ناجوری هاسکینگ و والیس (۱۹۹۳) داده‌های حوزه مورد بررسی قرار گرفت. محاسبات آمار توصیفی و گشتاورهای خطی نمونه برای ایستگاه‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. شکل ۲ نمودار گشتاورهای خطی را نشان می‌دهد.

الف ب



شکل ۲- نمودار گشتاورهای خطی ایستگاه‌های مورد بررسی. الف) مقادیر L-Cv در برابر L-Cs و ب) مقادیر L-Cs در برابر L-Ck است.

همانطور که شکل ۲ نشان می‌دهد گشتاور های خطی سری جریان‌های کم در ایستگاه‌های منطقه حول میانگین، دارای پراکنش زیادی نیست. با این وجود با استفاده از آماره ناجوری (D) ابتدا باید مشخص شود که آیا ایستگاه ناجوری در منطقه وجود دارد یا خیر. مقادیر آماره ناجوری (D) در جدول ۱ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود مقادیر این آماره برای تمام ایستگاه ها کمتر از ۳ است و نشان دهنده عدم وجود ایستگاه ناجور یا ناهمگن در منطقه مطالعاتی است.

بدین ترتیب و بدون کنار گذاشتن هیچکدام از ایستگاه‌ها به دلیل ناجوری، در گام بعد با استفاده از آماره H، همگنی عوامل موثر بر ویژگی‌های آماری سری جریان‌های کم منطقه مورد بررسی قرار گرفت. محاسبه آماره همگنی H نشان می‌دهد که منطقه دارای همگنی قابل قبولی است (مقدار H کمتر از ۱).

جدول ۱- مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی ایستگاه‌های منطقه

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	نام ایستگاه	LCV	LCS	LCK	D
۱	عروس	عروس	۱/۳۱	۳/۱۲	۱۲/۸۷	۱/۴۹
۲	چشمه	چشمه	۰/۸۴	۱/۳۹	۵/۷۲	۰/۳۲
۳	دهرود	دهرود	۰/۶۹	۰/۷۲	۲/۹۳	۰/۵
۴	هنجان	هنجان	۰/۶۹	۰/۷	۲/۹۱	۰/۵
۵	حسین آباد	حسین آباد	۱/۱۵	۱/۳۵	۳/۹۳	۱/۲۲
۶	کهنک	کهنک	۱/۵۳	۱/۲۱	۳/۲۹	۱/۱۷
۷	کلدان	کلدان	۱/۰۱	۲/۲۷	۸/۴۷	۰/۸۷
۸	کناروئیه	کناروئیه	۰/۷۵	۰/۰۱	۲/۰۸	۱/۷۸
۹	میدان	میدان	۱/۸۳	۲/۳۷	۸/۶۲	۱/۴۸
۱۰	پل بافت	پل بافت	۱/۰۱	۱/۵۳	۴/۹۳	۰/۰۹
۱۱	رمون	رمون	۰/۹۸	۱/۰۳	۳/۹۷	۰/۱۹
۱۲	سلطانی	سلطانی	۱/۵۹	۲/۹۱	۱۱/۹۱	۰/۸۳
۱۳	تیغ سیاه	تیغ سیاه	۰/۷	۱/۲	۴/۸۷	۰/۷۶
۱۴	زارین	زارین	۱/۵۹	۲/۵	۹/۱۶	۰/۸۲

H_3=-۰/۷۲ H_2=۱/۰۶ **H_1=۰/۸۷**

برآورد مقادیر جریان کم و نکوئی برازش

برای تحلیل فراوانی منطقه‌ای و همچنین در تک تک ایستگاه‌ها چندین توزیع فراوانی به کار برده شد. جهت به دست آوردن یک نتیجه کلی در کاربرد منحنی گشتاورهای خطی برای یافتن یک توزیع واحد، پیل و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که میانگین نمونه عموماً برای انتخاب توزیع مناسب نیست. در این مطالعه به منظور برآورد چندک‌های[1] توزیع از روش حداکثر درست نمائی و برای انتخاب بهترین توزیع در هر ایستگاه، مجذور میانگین خطای مربعات به کار گرفته شد که رابطه آن به صورت زیر است:

$$RSS = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_e - Q_o)^2}{n-m} \qquad (۲۰)$$

که Q_eدبی برآورد شده با استفاده از توزیع، n اندازه نمونه، Q_o دبی مشاهده شده و m تعداد پارامترهای توزیع است. جدول ۲ مقادیر برآورد شده در تعدادی از ایستگاه‌ها را نشان می دهد.

در شکل ۳- موقعیت مقادیر جریان کم با دوره‌های بازگشت مختلف در محل ایستگاه ها با استفاده از فرمول تعیین موقعیت $Pi:n= (i-0.35)/n$ نشان داده شده است که در آن بهترین توزیعی که پراکندگی نمونه‌ها اطراف آن بهتر از سایرین و در محدوده اطمینان باشند، انتخاب شده است.

به منظور انتخاب بهترین توزیع منطقه‌ای، آماره Z^{DIST} (هاسکینگ و والیس ۱۹۹۳) برای ایستگاه‌های منطقه با استفاده از برنامه نوشته شده به زبان FORTRAN برای توزیع‌های ۳ پارامتری محاسبه شد و بر این اساس توزیع پیرسون نوع ۳ به عنوان بهترین توزیع منطقه‌ای شناخته شد (جدول۳).

جدول۲- آزمون نکوئی برازش (آماره Z^{dist}) برای منطقه مطالعاتی

ناحیه	GLOG	GEV	LN3	P3	GPAR
حوزه هلیل رود	۲/۰۹	۲/۶۲	۱/۱۱	**۰/۵۷**	۲/۲۷

[1] Quantile

جدول۳- برآورد مقادیر جریان کم (متر مکعب بر ثانیه) با دوره‌های بازگشت مختلف در ایستگاه‌های دهرود، زارین، حسین آباد، پل بافت، سلطانی، هنجان، کهنک.

ایستگاه	دهرود	تیغ سیاه	حسین آباد	پل بافت	سلطانی	هنجان	کهنک
دوره	بهترین توزیع انتخابی						
بازگشت (سال)	***LPIII***	***LN2***	***LN2***	***EV1***	***LPIII***	***LPIII***	***EV1***
2	0/493	0/019	4/38	0/06	0/015	0/493	3/66
5	0/223	0/011	4	0/05	0/004	0/223	3/14
10	0/134	0/008	3/44	0/04	0/002	0/0134	2/46
20	0/084	0/007	2/94	0/03	0/001	0/084	1/94
50	0/054	0/005	2/34	0/03	0/001	0/054	1/39
100	0/031	0/004	1/19	0/01	0	0/031	0/56

LPIII: توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ LN2: توزیع لوگ نرمال ۲ پارامتری EVI: توزیع مقادیر حدی نوع ۱ (گمبل)

همان طور که مشاهده می شود میانگین نمونه‌ها بر روی خط توزیع پیرسون ۳ قرار گرفته است. انتخاب توزیع پیرسون نوع ۳ به عنوان توزیع منطقه‌ای، نتایج پیل و همکاران (۲۰۰۱) که میانگین نمونه یک شاخص مناسب برای مناطق همگن است را تأیید می‌کند.

اگر چه پیرسون نوع ۳ به عنوان توزیع منطقه‌ای انتخاب شد اما برای ایستگاه‌ها به طور مجزا، توزیع‌های ۲ پارامتره (جدول ۲) برازش بهتری نشان می‌دهند.

همچنین با توجه به موقعیت وقایع جریان های کم در دوره های بازگشت مختلف در شکل ۳، به نظر می‌رسد که اکثر وقایع کم آبی در دوره‌های بازگشت ۱/۲۵-۱۰ سال اتفاق می‌افتد و وقایع خطرناک کم آبی با احتمال پایین (دوره‌های بازگشت بالا ۵۰ و ۱۰۰) کمتر در منطقه مشاهده می‌شود.

بررسی ارتباط جریان‌های کم و خصوصیات فیزیکی حوزه‌ها

برای برآورد جریان کم با دوره بازگشت T ساله در حوزه‌های فاقد آمار، نیاز به ویژگی‌های فیزیکی و اقلیمی حوزه‌ها ضروری است. در این مطالعه ۶ خصوصیت مستقل مساحت، شیب، طول آبراهه اصلی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی و تراکم زهکشی که در جریان‌های کم تأثیر به سزایی دارند، انتخاب و محاسبه شد. تحلیل رگرسیون چند متغیره بین مقادیر جریان کم و خصوصیات بالا نشان داد که جریان‌های کم منطقه با هیچ یک از این پارامترها به جز مساحت حوزه ارتباط معنی داری ندارند.

در مجموع، در ترکیب‌های که Q (جریان حداقل) با دوره‌های بازگشت مختلف به عنوان متغیر وابسته، و A تنها متغیر مستقل راه یافته به مدل است، بالاترین ضریب همبستگی حاصل شد، اما خطای استاندارد زیاد بود. در صورتی که در حالت استفاده از لگاریتم جریان حداقل به عنوان متغیر وابسته، A به مدل راه پیدا کرد، و کمترین خطای استاندارد به دست آمد و این موارد به عنوان رابطه برگزیده انتخاب شد. در تمامی مدل‌های ذیل ضریب همبستگی بالای ۹۰ درصد به دست آمد.

$$\log Q_2 = -2.6 + 0.3\log A \quad (۲۱)$$

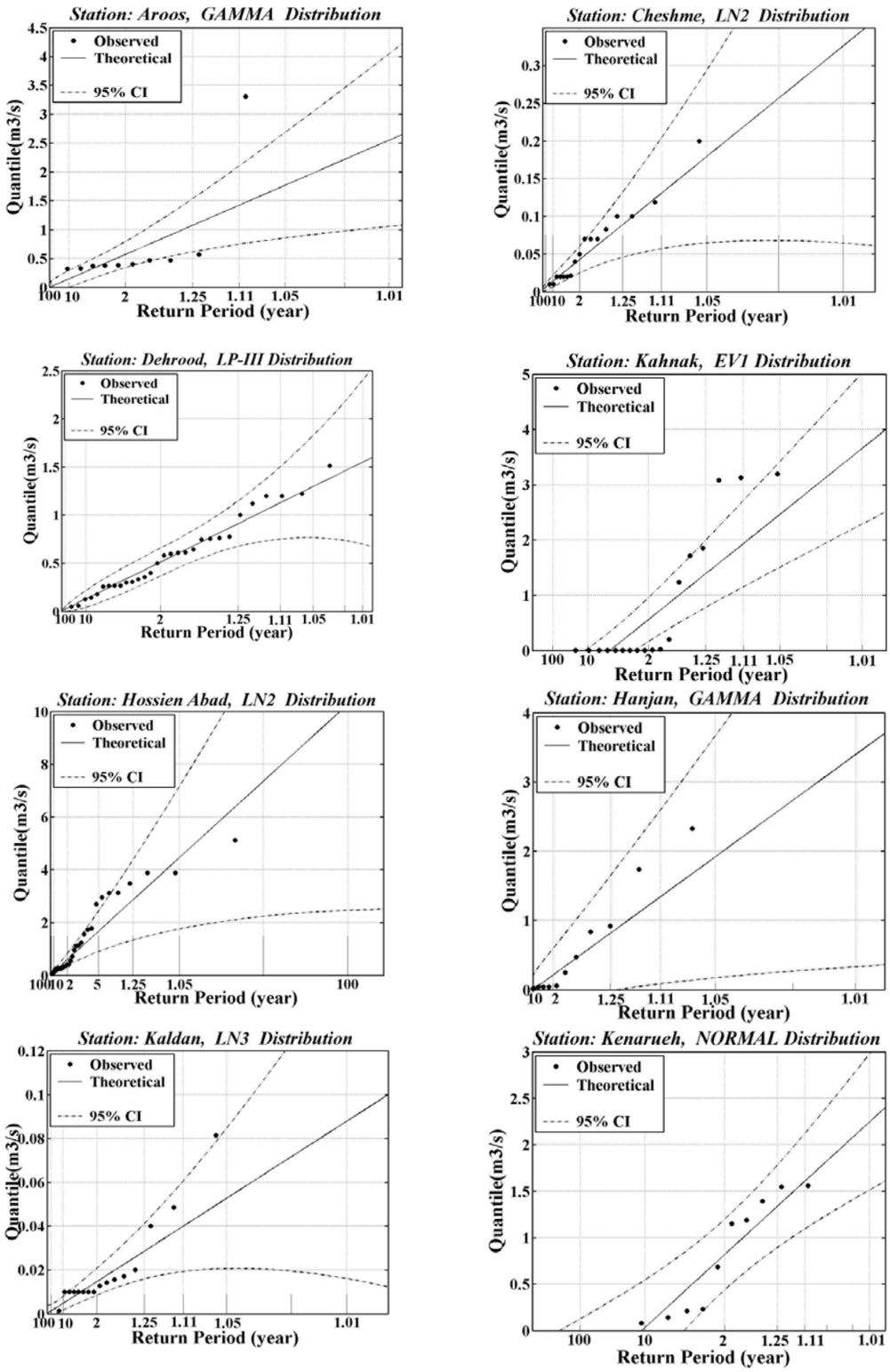
$$\log Q_5 = -7.2 + 0.72\log A \quad (۲۲)$$

$$\log Q_{10} = -7.5 + 0.74\log A \quad (۲۳)$$

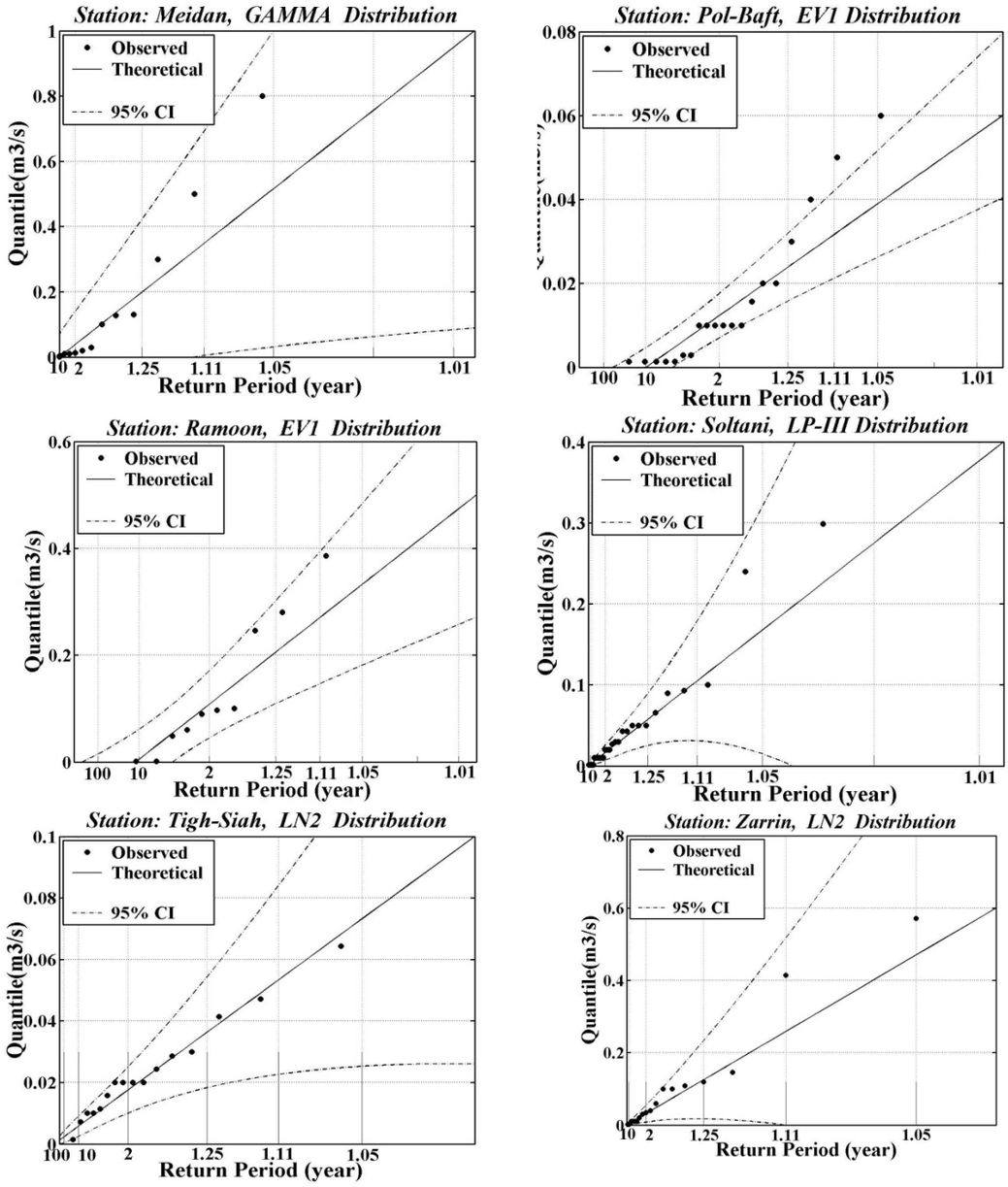
$$\log Q_{20} = -6.7 + 0.65\log A \quad (۲۴)$$

$$\log Q_{50} = -6.8 + 0.65\log A \quad (۲۵)$$

$$\log Q_{100} = -6.37 + 0.56\log A \quad (۲۶)$$



شکل ۳- برآورد مقادیر و تعیین موقعیت جریان کم با دوره‌های بازگشت مختلف در ایستگاه‌های مورد بررسی



ادامه شکل ۳

نتیجه‌گیری

برآورد مقادیر جریان کم در مناطق خشک و نیمه خشک که فاقد آمار هیدرومتری و یا دارای آمار کوتاه مدت هستند، یکی از مسائل مهم برای مدیریت منابع آب در این مناطق به شمار می‌رود. بدین منظور در این مطالعه ۱۴ ایستگاه هیدرومتری انتخاب و دبی جریان کم با تداوم ۷ روزه برای مطالعه همگنی و تحلیل منطقه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. آماره D نشان داد که در منطقه ایستگاه ناهمگن و ناجور وجود ندارد. با استفاده از آماره H مشخص شد منطقه دارای همگنی قابل قبولی است. برای انتخاب بهترین توزیع در هر ایستگاه از میانگین خطای مربعات استفاده شد. در نهایت بر اساس آماره Z^{DIST}، توزیع پیرسون نوع ۳ به عنوان بهترین توزیع منطقه‌ای انتخاب شد. برای برآورد جریان کم با

دوره‌های بازگشت مختلف در حوزه‌های فاقد آمار، مساحت حوزه به عنوان فاکتور اصلی مشخص شد که نتایج مطالعات کرول و ووگل (۲۰۰۲) را برای جریان های کم و رائو و حامد (۱۹۹۷) و ووگل و فنسی (۱۹۹۳) را در مورد سیل تأیید می‌کند. بنابراین می‌توان در مطالعات منابع آب و به خصوص در مطالعات خشکسالی، جریان های کم را به عنوان یک شاخص بسیار مهم برای آمادگی مقابله با پیامدهای خشکسالی (تبدیل مدیریت بحران به مدیریت ریسک) و در نظر گرفتن جنبه‌های زیست محیطی به کار برد. همچنین برای تحلیل فراوانی و برآورد جریان کم از روش گشتاورهای خطی به‌عنوان روشی که دارای قابلیت برآورد غیر اریب و حساسیت کم به اندازه نمونه است، سود جست.

منابع

۱- اسلامیان س. زارعی ع. و ابریشم‌چی ا. ۱۳۸۳. برآورد منطقه‌ای جریان‌های کم رودخانه‌های حوضه آبریز مازندران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۸ (۱): ۳۷-۲۷

2- ARIDE 1999. Methods for Regional Classification of Streamflow Drought Series: The EOF Method and L-moments. Technical Report, No, 2, Department of Geophysics, University of Oslo, Norway.

3- Dingman S. L. Lawlor S. C. 1995. Estimating low flow quantiles from drainage basin characteristics in New Hampshire and Vermont. Water Resources Bulletin, 31(2):243-256.

4- Greenwood J. A. Landwahr J. M. Matalas N. C. and Wallis J. R. 1979. Probanility weighted moments: Definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. Water Resources Research, 15(5):1049-1054.

5- Hosking J. R. M. 1990. L-moments: analyzing and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. Journal of Royal Statistical Society B, 52:105-124.

6- Hosking J. R. M. 1986. The theory of probability weighted moments. Res. Rep. RC 12210, IBM Research Division, Yorktown Heights, NY.

7- Hosking J. R. M. Wallis J. R. 1993. Some statistical useful in regional frequency analysis. Water Resources Research, 29(2):271-281.

8- Kroll C. K. Vogel R. M. 2002. Probability distribution of low streamflow series in the United States. Journal of Hydrologic Engineering, 7 (2):137-146.

9- Peel M. C. Wang Q J. Vogel R. M. McMahon T. A. 2001. The utility of L-moment ratio diagrams for selecting a regional probability distribution. Hydrol. Sci. J. 46(1):147-155.

10- Rao A. R. Hamed K. H. 1997. Regional frequency analysis of Wabash river flood data by L-moments. Journal of Hydrologic Engineering, 2(4):169-179.

11- Tasker G. D. 1972. Estimating low-flow characteristics of streams in southeastern Massachusetts from maps of ground-water availability, U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 800-D, D217-D220.

12- Tasker G. D. 1987. A comparison of methods for estimating low flow characteristics of streams, Water Resources Bulletin, 23(6):1077-1083.

13- Vogel R. M. Fennessey N. M. 1993. L-moment diagram should replace product moment diagram. Water Resources Research. 29(6):1745-1752.

14- Vogel R. M. Kroll C. N. 1989. Low-flow frequency analysis using probability-plot correlation coefficients. J. Water Resour. Plan. Mange. 115(3):338-357.