بررسي و برازش توزيع‌هاي احتمالي مناسب براي سري جريان‌های سالانه با استفاده از روش گشتاورL در مناطق خشک و نيمه خشک [۱]

محمد مهدوي[۲] علي سلاجقه[۳] اميررضا كشتكار[۴] هدايت ا... فهمي[۵] فرود شريفي[۶]

چكيده

يكي از روش‌هاي متداول در برآورد دبي‌ها با دوره بازگشت‌هاي مختلف، استفاده از توزيعهاي آماري است. در اين توزيع‌ها بايد شاخص‌هاي مربوط محاسبه شده و سپس برآورد لازم صورت گيرد. تاكنون برآورد اين شاخص‌ها از دو راه گشتاورها و بيشينه درست‌نمايي صورت گرفته است. يكي از روش‌هاي جديد كه در اين زمينه مورد استفاده قرار مي گيرد، روش گشتاور L است. در اين تحقيق سعي شده كارايي روش گشتاور L با روش‌هاي مرسوم قبلي مورد مقايسه قرار گيرد. به‌منظور تعيين شاخص‌هاي توزيع‌هاي احتمالي و تعيين توزيع مناسب براي سري جريان‌هاي سالانه با استفاده از روش گشتاورL، ۲۰ ايستگاه آب‌سنجي براي دبي‌هاي حداقل، ميانگين و حداكثر سالانه و ۱۷ ايستگاه آب‌سنجي براي دبي‌هاي حداكثر لحظه‌اي (سيلابي) انتخاب شدند. بر اساس نتايج به‌دست آمده در منطقه مطالعاتي حوزه آبخيز فلات مركزي براي دبي‌هاي حداقل توزيع پيرسون نوع سوم و روش گشتاورL، براي دبي‌هاي متوسط سالانه توزيع‌هاي پيرسون نوع سوم و لوگ پيرسون نوع سوم و روش گشتاور **L**، براي دبي هاي حداكثر سالانه توزيع پيرسون نوع سوم و روش گشتاور**L** و نيز توزيع هاي لوگ پيرسون نوع سوم و لوگ نرمال دوپارامتري و روش گشتاور معمولي و براي دبي هاي حداكثر لحظه اي سالانه توزيع لوگ پيرسون نوع سوم و روش گشتاور معمولي و سه توزيع پيرسون نوع سوم، لوگ نرمال سه پارامتري و دو پارامتري بيشترين برازش را نشان دادند.

واژه‌هاي كليدي: *گشتاور L ، گشتاور معمولي، بيشينة درست نمايي، مجموع مربعات باقيمانده، دبي و توابع توزيع احتمال.*

۱- اين تحقيق بر اساس مصوبات و اعتبارات معاونت پژوهشي دانشگاه تهران انجام شده است

۲- استاد دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران **E- mail: Mahdavi@nrf.ut.ac.ir**

۳- استاديار دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران

۴- دانشجوي دكتري آبخيزداري، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران

۵- دانشيار پژوهشي سازمان تحقيقات منابع آب وزارت نيرو

۶- دانشيار پژوهشي پژوهشكده حفاظت خاک و آبخيزداري

مقدمه

به كمك علم آمار و احتمالات و با پيروي از قوانين طبيعت مي‌توان احتمال رخدادهايي مانند سيل و خشكسالي را پيش‌بيني كرد و صدمات آنها را به حداقل رساند (۴)

به‌طور كلي، هر گونه طرح و برنامه‌ريزي كه در حوزه هاي آبخيز صورت مي‌گيرد، بايد بر اساس تجزيه و تحليل داده‌ها و اطلاعات مربوط به هيدرولوژي آن حوضه باشد. با تجزيه و تحليل اين داده ها كه درگذشته اتفاق افتاده و اندازه‌گيري و ثبت شده اند، مي توان به نتايجي رسيد كه اگر براي آينده تعميم داده شود، تصميم‌گيري و پيش‌بيني رفتار حوضه را ساده خواهد ساخت. بنابراين پيش‌بيني چگونگي رخداد يك متغير در آينده، اعم از سيلاب‌ها وخشكسالي‌ها كه در حال حاضر به تكرار در مناطق خشك و نيمه‌خشك كشور ما ديده مي‌شوند، به تجزيه و تحليل داده‌هاي مربوط به وقوع آن متغير در گذشته بستگي دارد. علم آمار به ما كمك خواهد كرد تا شاخص‌هاي مختلفي كه نشان‌دهندة خصوصيات آن متغيرهاست، محاسبه شوند. سپس به كمك علم احتمالات از اين شاخص‌هاي استفاده شده و احتمال وقوع آنها در آينده محاسبه مي شود(۱).

تاكنون برآورد اين شاخص‌ها از دو راه گشتاورها و بيشينه درست‌نمايي صورت گرفته، كه اولين روش داراي دقت كمتر و دومين روش، بسيار وقت‌گير است. يكي از روش‌هاي جديد كه در اين زمينه مورد استفاده قرار مي‌گيرد، روش گشتاور L است. در اين تحقيق سعي بر آن است كه مشخص شود آيا روش گشتاور L مي تواند منجر به دستيابي نتايج دقيق‌تر و با سهولت بيشتر نسبت به روش‌هاي ديگر گردد.

بررسي هاي متعددي براي مشخص ساختن كارايي روش گشتاور L در تعيين شاخص‌هاي توزيع‌هاي آماري در سراسر دنيا انجام گرفته، اما بيشتر تحقيقات انجام‌شده در خصوص جريان‌هاي سيلابي بوده و نوشته‌ها دربارة جريان‌هاي متوسط و حداقل قابل مقايسه با سري‌هاي سيلابي نيست. پيل و همكاران (۲۰۰۴) با استفاده از روش گشتاورهاي خطي علل تفاوت‌هاي منطقه‌اي و اقليمي، تغييرات رواناب سالانه را در مناطق معتدله استراليا، معتدله و خشك آفريقاي جنوبي بررسي كردند و تفاوت ميزان بارش، درصد پوشش گياهی و درجه حرارت را علل عمده اين تفاوت‌ها اعلام داشتند(۱۰). جينگاي و هال (۲۰۰۴) روش گشتاور L را در آناليز منطقه‌اي سيلاب حوزه آبخيز رودخانه مينگ چين مورد استفاده قرار دادند و با استفاده از اين روش مناطق همگن و توزيع پيرسون نوع سوم را به‌عنوان توزيع آماري مناسب مشخص كردند (۷). كلدسون و همكاران (۲۰۰۱) آناليز تناوب منطقه‌اي سيلاب را در جنوب آفريقا با روش گشتاورهاي خطي انجام دادند، كه مناطق همگن و توزيع‌هاي آماري پيرسون نوع سوم و نرمال را به‌عنوان توزيع‌هاي مناسب تعيين كردند (۹). اسميترز و شولز (۲۰۰۰) با استفاده از روش گشتاورهاي خطي، اقدام به تخمين و برآورد بارش‌هاي كوتاه‌مدت ۲۴ ساعته در منطقه‌اي در جنوب آفريقا كردند(۱۱). كارسو (۲۰۰۰) جريان‌هاي حداقل را در ۲۱ رودخانه جنوب جزيره نيوزلند مطالعه و چندين روش آناليز تناوب منطقه‌اي را بررسي كرد كه روش گشتاورL را روش مناسبي براي آناليز منطقه اي و تعيين شاخص‌هاي توزيع تشخيص داد(۶). خندي و همكاران (۲۰۰۰) با استفاده از روش گشتاور L، آناليز تناوب منطقه‌اي سري‌هاي حداكثر را براي ۴۰۷ ايستگاه هيدرومتري در ۱۱ كشور جنوب آفريقا انجام دادند كه در نتيجه اين تحقيق ۴۱ منطقة همگن مشخص و توزيع‌هاي آماري پيرسون نوع سوم و لوگ نرمال ۳ متغيره مناسب تشخيص داده شدند(۸). وگل و همكاران (۱۹۹۶) با استفاده از روش گشتاورL، نشان دادند كه جريان‌هاي متوسط سالانه در ۱۶۶ منطقه در شمال شرق ايالات متحده برازش نسبتاً خوبي با یک توزیع نرمال دارند(۱۳). در مورد روش گشتاورهاي خطي در ايران تاكنون یک تحقيق صورت گرفته، غلامي و همكاران (۱۳۷۹) طي اين تحقيق در حوزة آبخيز درياي خزر، دبي هاي حداكثر سالانه در ۴۵ از ايستگاه‌ها، دبي هاي حداكثر لحظه‌اي سالانه

در ۳۵درصد از ايستگاه‌ها، دبي‌هاي متوسط سالانه در ۸۸درصد از ايستگاه‌ها و براي دبي‌هاي حداقل سالانه ۱۰۰درصد از ايستگاه‌ها روش گشتاورL را مناسب تشخيص دادند (۲).

مواد و روش‌ها

خصوصيات منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخيز فلات مركزي كه بر اساس تقسيمات سازمان تحقيقات منابع آب وزارت نيرو (حوزه آبخيز ۴) شامل درياچه نمك (كويرمركزي)، باتلاق گاوخوني (زاينده‌رود)، درياچه مهارلو- بختگان (كروسيوند)، هامون- جازموريان، كوير لوت، شوره زارهاي اردستان، يزد و كرمان، دشت كوير است، در طول جغرافيايي ۴۸ درجه تا ۶۲ درجه شرقي و عرض جغرافيايي ۲۶ درجه تا ۳۷ درجه شمالي واقع شده است. بخش شمالي حوضه به‌وسيله سلسله جبال البرز و كوه‌هاي رودبار و بخش شمال غرب و غرب آن با كوه‌هاي زاگرس و زاگرس اصلي، بخش جنوبي با حوزه آبريز خليج عماني و شرق آن به حوضه هاي مرزي ايران و پاكستان و حوزه آبخيز قره‌قوم، هريرود محدود مي‌شود. وسعت منطقه مورد مطالعه ۸۳۱۰۰۰ كيلومتر مربع و با توجه به وسعت آن داراي اقاليم متفاوتي است، ولي اقليم غالب منطقه بيشتر خشك و نيمه‌خشك بوده و از نظر پوشش گياهي قسمت اعظم منطقه با فقر پوشش وتوان بيولوژيک روبه‌روست. ميانگين بارش سالانه در حوضه هاي مطالعاتي كمتر از ۲۰۰ ميلي متر در بخش‌هاي شرق و جنوب شرقي، تا بالغ بر ۸۰۰ ميلي متر در ارتفاعات شمال متغير بوده و رژيم بارش مديترانه‌اي است. (شكل ۱)

روش گشتاورL

روش گشتاورهاي خطي در سال ۱۹۹۰ ميلادي توسط Hosking به‌صورت كنوني ارائه شد (۱۱). از اين روش در علم هيدرولوژي براي تعيين شاخص‌هاي توزيع آماري، تشخيص توزيع‌هاي آماري مناسب براي داده هاي نمونه (برازش نكويي)، تعيين مناطق همگن هيدرولوژيک و تحليل منطقه‌اي سيلاب استفاده مي‌شود.

روش گشتاورL و گشتاورهاي وزني احتمالي شبيه به گشتاورهاي عادي هستند كه به‌صورت خلاصه توزيع هاي تئوريكي احتمالي براي نمونه‌هاي مشاهداتي تعريف مي‌نشود. مشابه با ايجاد گشتاورهاي عادي، گشتاورهايL نيز مي‌توانند براي اندازه‌گيري شاخص‌ها، فواصل برآوردها و تست مجانبي قابل استفاده باشند. اگرچه تئوري و كاربرد گشتاورهاي L موازي با گشتاورهاي رايج است، اما گشتاورهايL چندين اختلاف مهم نيز اندازه‌گيري‌هاي نمونه گشتاورهاي L، هميشه تركيبات خطي از مشاهدات تصادفي‌اند، آنها كميت-هايي هستند كه نسبت به توليد گشتاورهاي عادي كمتر اريب مي‌باشند.

گشتاورهاي خطي مي‌توانند گشتاورهاي وزني- احتمالي نيز تعريف شوند(۱۳).

PWMs[1] يا گشتاورهاي وزني احتمالي را مي‌توان به‌صورت زير نمايش داد (۷):

$$B_r = E\left[x\left[Fx(x)\right]^r\right] \quad (۱)$$

كه F(x) ، تابع توزيع تجمعي (cdf)[2] براي x است. گشتاورهاي وزني- احتمالي مورد انتظارx مطابق با توان‌هاي F(x) هستند. وقتي r=0 باشد، $\beta_\circ$ ميانگين جريان يا μx است و اندازه‌گيري‌هاي گشتاورL در ساده‌ترين تعريف توابع خطي از اندازه‌گيري هاي PWMs هستند. اندازه‌گيري‌هاي نمونة غير اريب PWMs براي هر توزيعي مي‌تواند از روابط زير به‌دست آيد:

$$b_\circ = m = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} x(j) \quad (۲)$$

۱-Probability Weight Moments

$$b_1 = \sum_{j=1}^{n-1}\left[\frac{n-j}{n(n-1)}\right]x(j) \quad (۳)$$

$$b_2 = \sum_{j=1}^{n-2}\left[\frac{(n-j)(n-j-1)}{n(n-1)(n-2)}\right]x(j) \quad (۴)$$

$$b_3 = \sum_{j=1}^{n-3}\left[\frac{(n-j)(n-j-1)(n-j-2)}{n(n-1)(n-2)(n-3)}\right]x(j) \quad (۵)$$

که x(j) جريان‌هاي منظم رودخانه‌اي را با $x_{(1)}$ که بزرگ‌ترين مشاهده و $x_{(n)}$ کوچک‌ترين مشاهده است، نمايش مي دهد. اندازه گيري‌هاي PWMs را مي‌توان به‌صورت معادلة کلي زير نمايش داد:

$$b_r = \frac{1}{n}\sum\left[\frac{\binom{n-j}{r}}{\binom{n-1}{r}}\right]x(j) \quad (۶)$$

براي هر توزيعي، چهار گشتاور ابتدايي L مي‌توانند به آساني با استفاده از PWM_S به‌دست آيند:

$$\lambda_1 = \beta_\circ \quad (۷)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_\circ \quad (۸)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_\circ \quad (۹)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_\circ \quad (۱۰)$$

اندازه‌گيري‌هاي نمونة چهار گشتاور ابتداييL به‌وسيلة اندازه‌گيري‌هاي نمونه b_r از معادلة (۶) به‌دست مي‌آيند و در معادلات گشتاور L که در معادلات (۷) تا (۱۰) نمايش داده شده است، قرار مي‌گيرند. معادلات (۷) تا (۱۰) به‌صورت معادلة عمومي زير نمايش داده مي شوند:

$$\lambda_{r+1} = \sum \beta_r (-1)^{r-k}\binom{r}{k}\binom{r+k}{k} \quad (۱۱)$$

مشابه با ايجاد نسبت‌هاي گشتاور L، ضريب تغييرات $C_v = \frac{\delta}{\mu}$، چولگي λ و کشيدگي، Hosking (1990) نسبت‌هاي گشتاورL را تشريح کرد:

$$\tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad \text{(L-CV)} \quad (۱۲)$$

$$\tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2} \quad \text{(L-Skew ness)} \quad (۱۳)$$

$$\tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2} \quad \text{(L-Kurtosis)} \quad (۱۴)$$

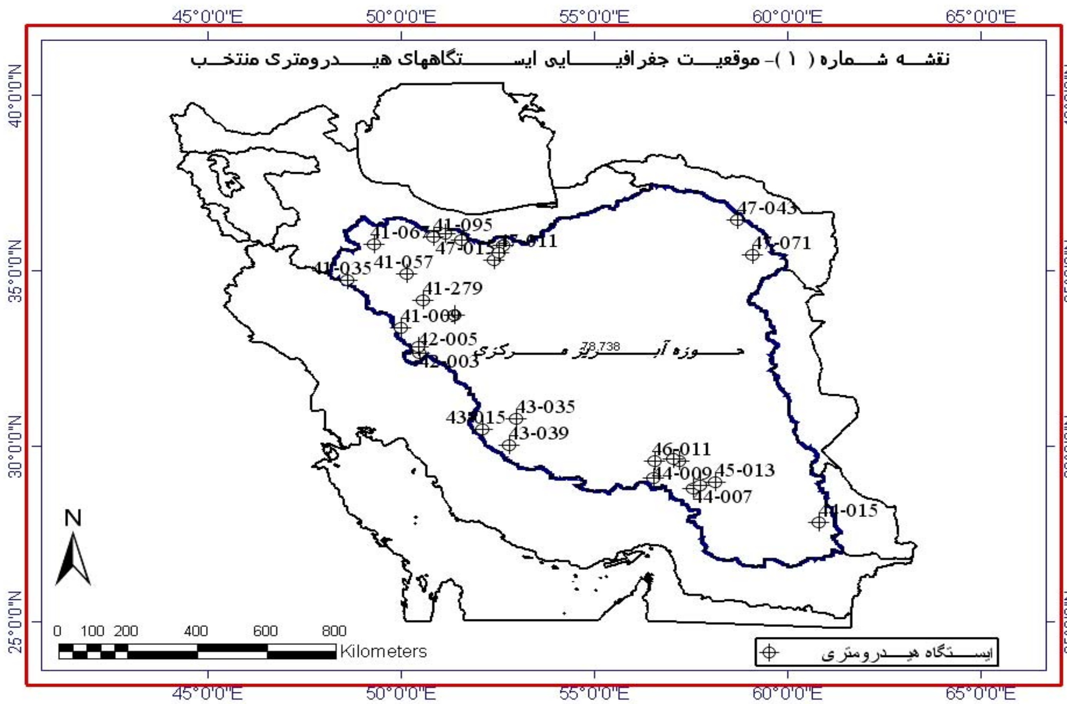
که λ_r = 1 , … , 4 , چهار گشتاور ابتدايي L هستند و τ_2 ,τ_3 ,τ_4 به ترتيب ضريب تغييراتL(L-CV) ، چولگي L و کشيدگي L مي باشند. اولين گشتاور L معادل ميانگين جريان است(μ). از اين نسبت‌هاي بي بعد مي‌توان براي مقايسة دو جمعيت استفاده کرد(۱۲).

روش تحقيق

اولين گام در انجام اين تحقيق، دسترسي به داده‌ها و اطلاعات هيدرولوژيکي است. داده‌ها و اطلاعات هيدرولوژيکي مورد نياز از ايستگاه‌هاي هيدرومتري موجود در منطقه به‌دست آمد. با در نظر گرفتن تناسب، کفايت و صحت آمار و اطلاعات ايستگاه‌ها، ۲۰ ايستگاه هيدرومتري براي جريان‌هاي حداکثر، حداقل و متوسط سالانه و ۱۷ ايستگاه هيدرومتري براي دبي‌هاي حداکثر لحظه‌اي (سيلابي) انتخاب شد که مشخصات هريک از آنها در جداول ۱ و ۲ آمده است.

پس از انتخاب ايستگاه‌هاي منتخب، دوره آماري ۲۵ ساله از سال آبي ۵۲-۵۱ تا ۷۶-۷۵ به عنوان دوره مشترک آماري انتخاب شد، سپس اقدام به رفع کاستي‌هاي آماري ايستگاه‌ها با استفاده از دو روش همبستگي و نسبت نرمال شد. بدين صورت که نخست با استفاده از نرم افزار آماري SPSS ماتريس همبستگي مربوط به هر يک از سري‌هاي آماري

به‌صورت جداگانه تشکيل شده و با استفاده از نتايج حاصل اقدام به بازسازي کمبودهاي آماري با استفاده از معادله به‌دست آمده شد. پس از رفع نواقص آماري، با توجه به هدف مورد نظر که همان مقايسه کارايي روش گشتاور L با روش گشتاور معمولي است، ابتدا اقدام به محاسبه احتمال تجربي داده‌ها از روش ويبول شد.



شکل ۱- موقعيت جغرافيايي ايستگاه‌های هيدرومتری منتخب

جدول۱- مشخصات ايستگاه‌هاي هيدرومتري انتخاب شده براي بررسي دبي هاي حداكثر لحظه اي سالانه (سيلابي)

رديف	نام رودخانه	ايستگاه	كد ايستگاه	مشخصات جغرافيايي		ارتفاع (متر)	مساحت حوزه آبخيز Km^2
				طول	عرض		
۱	گلپايگان	سرآب هنده	۰۰۹-۴۱	۲۱-۳۳	۰۰-۵۰	۲۰۰۰	۸۱۷
۲	خررود	آبگرم	۰۶۷-۴۱	۴۵-۳۳	۱۸-۴۹	۱۵۶۰	۲۴۵۰
۳	كردان	ده صومعه	۰۹۵-۴۱	۵۷-۳۵	۵۰-۵۰	۱۴۱۰	۳۶۰
۴	كرج	سيرا	۱۰۱-۴۱	۰۲-۳۶	۰۹-۵۱	۱۷۹۰	۷۲۵
۵	قمرود	دو دهك	۲۷۹-۴۱	۲۸-۳۴	۳۴-۵۰	۱۴۷۰	۸۸۵۱
۶	كر	چمريز	۰۱۵-۴۳	۲۸-۳۰	۰۷-۵۲	۱۸۰۰	۳۳۹۰
۷	سلطاني	بافت	۰۰۳-۴۴	۰۵-۲۹	۳۲-۵۶	۲۰۰۰	۹۳۵
۸	هليل رود	صفرزاده	۰۰۷-۴۴	۵۲-۲۸	۳۳-۵۷	۹۲۰	۸۴۲۰
۹	شورجيرفت	دهرود	۰۰۹-۴۴	۵۲-۲۸	۴۴-۵۷	۱۰۰۰	۱۳۶۱
۱۰	تلنگو	آدوري	۰۱۳-۴۵	۵۸-۲۸	۰۷-۵۸	۱۶۹۰	۲۷۶
۱۱	هفت كوسك	جيرفتو	۰۰۳-۴۶	۳۴-۲۹	۱۱-۵۷	۲۶۰۰	۲۲۵
۱۲	چاري	قريت العرب	۰۰۵-۴۶	۳۷-۲۹	۰۲-۵۶	-	۱۷۳
۱۳	آب بخشاء	گدازار چويه	۰۱۱-۴۶	۳۴-۲۹	۳۴-۵۶	۲۲۰۰	۱۱۴۴
۱۴	نمرود	نمرود	۰۰۷-۴۷	۴۳-۳۵	۳۹-۵۲	۱۸۱۰	۵۸۷
۱۵	حبله رود	سيمين دشت	۰۱۱-۴۷	۳۱-۳۵	۳۱-۵۲	۱۴۳۵	۲۲۵۴
۱۶	حبله رود	بن كوه	۰۱۵-۴۷	۱۸-۳۵	۵۲-۵۲	۱۰۰۰	۳۲۰۹
۱۷	شصت دره	صنوبر	۰۷۱-۴۷	۲۶-۳۵	۰۶-۵۹	۱۷۶۰	۱۵۲

جدول۲- مشخصات ايستگاه‌هاي هيدرومتري انتخاب شده براي بررسي دبي‌هاي حداقل، ميانگين و حداكثر سالانه

رديف	نام رودخانه	ايستگاه	كد ايستگاه	مشخصات جغرافيايي		ارتفاع (متر)	مساحت حوزه آبخيز Km^2
				طول	عرض		
۱	بن رود	قمصر	۴۱-۰۰۷	۵۱-۲۲	۳۳-۴۴	۱۵۶۰	۱۳۰
۲	آبشينه	يالفان	۴۱-۰۳۵	۴۸-۳۷	۳۴-۴۴	۱۹۸۰	۱۶۵
۳	وفرقان	بند شاه عباسي	۴۱-۰۵۷	۵۰-۰۸	۳۴-۵۴	۱۱۲۰	۱۷۶۲۲
۴	خررود	آبگرم	۴۱-۰۶۷	۴۹-۱۸	۴۵-۳۳	۱۵۶۰	۲۴۵۰
۵	كرج	سيرا	۴۱-۱۰۱	۵۱-۰۹	۳۶-۰۲	۱۷۹۰	۷۲۵
۶	جاجرود	رودك	۴۱-۱۱۷	۵۱-۳۳	۳۵-۵۱	۱۶۹۰	۴۱۶
۷	قمرود	دودهك	۴۱-۲۷۹	۵۰-۳۴	۳۴-۰۸	۱۴۷۰	۸۸۵۱
۸	زاينده رود	قلعه شاهرخ	۴۲-۰۰۳	۵۰-۲۸	۳۲-۳۹	۲۱۰۰	۱۴۴۰
۹	پلاسجان	اسكندري	۴۲-۰۰۵	۵۰-۲۶	۳۲-۴۹	۲۱۳۰	۱۵۷۸
۱۰	كر	چمريز	۴۳-۰۱۵	۵۲-۰۷	۳۰-۲۸	۱۸۰۰	۳۳۹۰
۱۱	سيوند	دشت بال	۴۳-۰۳۵	۵۲-۵۸	۳۰-۴۶	۱۶۶۰	۶۱۰۰
۱۲	كر	پل خان	۴۳-۰۳۹	۵۲-۴۷	۳۰-۰۲	۱۵۹۰	۶۲۵۰
۱۳	هليل رود	صفرزاده	۴۴-۰۰۷	۵۷-۳۳	۲۸-۴۷	۹۲۰	۸۴۲۰
۱۴	كارواندر	دامن	۴۴-۰۱۵	۶۰-۴۸	۲۷-۵۰	۷۲۰	۳۴۳۷
۱۵	هفت كوسك	جيرفتو	۴۶-۰۰۳	۵۷-۱۱	۲۹-۳۴	۲۶۰۰	۲۲۵
۱۶	چاري	قريت العرب	۴۶-۰۰۵	۵۷-۰۲	۲۹-۳۷	-	۱۷۳
۱۷	آب بخشاء	گدارزار چويه	۴۶-۰۱۱	۵۶-۳۴	۲۹-۳۴	۲۲۰۰	۱۱۴۴
۱۸	حبله رود	بن كوه	۴۷-۰۱۵	۵۲-۲۵	۳۵-۱۸	۱۰۰۰	۳۲۰۹
۱۹	بار	اريه	۴۷-۰۴۳	۵۸-۴۱	۳۶-۲۷	۱۳۹۰	۱۱۹
۲۰	شصت دره	صنوبر	۴۷-۰۷۱	۵۹-۰۶	۳۵-۲۶	۱۷۶۰	۱۵۲

پس از انجام محاسبات، با استفاده از گشتاور مرحلة اول، ميانگين، گشتاور مرحلة دوم، انحراف معيار، گشتاور مرحله سوم چولگي و با محاسبة K يا ضريب فراواني براي هريک از ايستگاه‌هاي منتخب دبي با دوره بازگشت‌هاي مختلف (۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰) ساله محاسبه شد. در مرحلة بعد، به منظور انتخاب بهترين توزيع فراواني از روش گشتاورL، از روش مجموع مربعات يا R.S.S[۱] استفاده شد كه معادلة آن به‌صورت زير است:

$$R.S.S = \left[\frac{\sum_{j=1}^{n} \left(Q_e - Q_o\right)^2}{n-m} \right]^{1/2} \qquad (۱۵)$$

كه

Q_e: دبي برآورد شده،

Q_o: دبي مشاهده شده،

n: تعداد داده‌ها و

m: تعداد پارامتر توزيع است.

براي مقايسة روش گشتاورL با روش ديگر بايد با استفاده از نرم افزار Hyfa[۲] نتايج حاصل از آنها را مشخص و استخراج كرد. شاخص‌هايهاي توزيع‌هاي آماري در اين نرم افزار به دو روش درست‌نمايي حداكثر و گشتاورهاي عادي محاسبه و نتايج حاصل از آن با روش گشتاورL مقايسه مي‌گردد.

پس از محاسبه، R.S.S براي كليه دبي‌ها، با توجه به كمترين مقدارR.S.S به‌دست آمده توزيع مناسب و روش مناسب براي هر ايستگاه مشخص شد.

به‌منظور مقايسه بهتر توزيع‌هاي مختلف به روش گشتاورL و روش گشتاور معمولي، مجموع نمرات و همچنين درصد رتبه‌هاي اول براي سري‌ها مختلف هر ايستگاه به‌دست آمد. بدين صورت كه به توزيعي كه كمترين مجموع مربعات باقيمانده را دارا باشد. رتبة ۱ و به توزيعي كه بيشترين مجموع مربعات باقيمانده را دارا باشد، رتبة ۵ داده شد و به مجموع مربعات باقيمانده مساوي نمرات يكسان داده شد(۳).

نتايج

۱- در مورد دبي‌هاي حداقل سالانه، براي ۸۵درصد ايستگاه‌ها، توزيع پيرسون نوع سوم با روش گشتاور L و پس از آن براي ۱۰درصد ايستگاه‌ها توزيع لوگ پيرسون نوع سوم با روش گشتاورL و توزيع گمبل براي ۵درصد از ايستگاه‌ها با روش گشتاورL مناسب تشخيص داده شدند و در روش گشتاورهاي معمولي توزيع لوگ پيرسون نوع سوم مناسب تشخيص داده شد.

۲- براي دبي‌هاي متوسط سالانه، بررسي‌هاي انجام‌شده نشان داد كه در روش گشتاورL، توزيع پيرسون نوع سوم برازش خوبي دارد و پس از آن توزيع هاي لوگ پيرسون نوع سوم و گمبل مناسب تشخيص داده شدند و در روش گشتاورهاي معمولي، توزيع‌هاي لوگ نرمال سه پارامتري و لوگ پيرسون نوع سوم به‌طور مساوي برازش خوبي را نشان دادند.

۳- نتايج حاصل براي دبي‌هاي حداكثر سالانه، در روش گشتاورL توزيع پيرسون نوع سوم و پس از آن توزيع گمبل برازش خوبي را نشان دادند و در روش گشتاورهاي معمولي توزيع لوگ پيرسون نوع سوم و بعد از آن توزيع لوگ نرمال دو پارامتري مناسب تشخيص داده شدند.

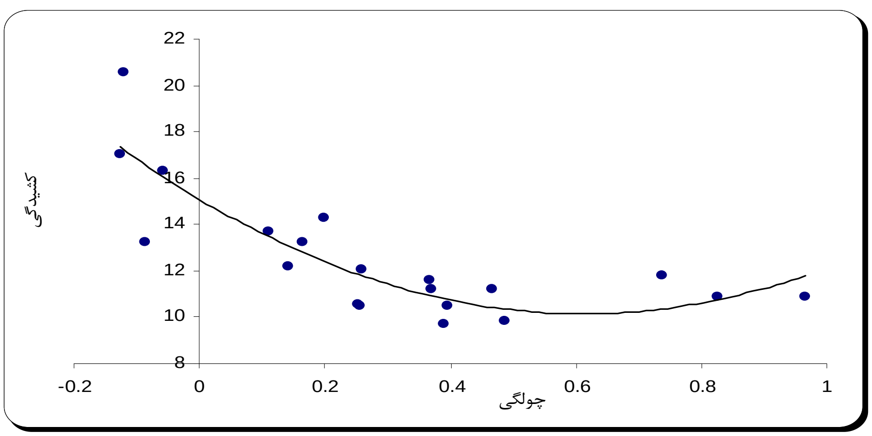
۴- بررسي‌هاي انجام‌شده براي دبي‌هاي حداكثر لحظه‌اي به‌وسيلة ۵ توزيع مقايسه‌شده با روش گشتاورL، توزيع پيرسون نوع سوم با ۹۵درصد برازش براي ايستگاه‌هاي موجود، توزيع لوگ پيرسون نوع سوم با ۸۵درصد برازش با روش گشتاورهاي معمولي مناسب‌ترين روش‌ها تشخيص داده شدند.

۱- Residual Sum of Squares

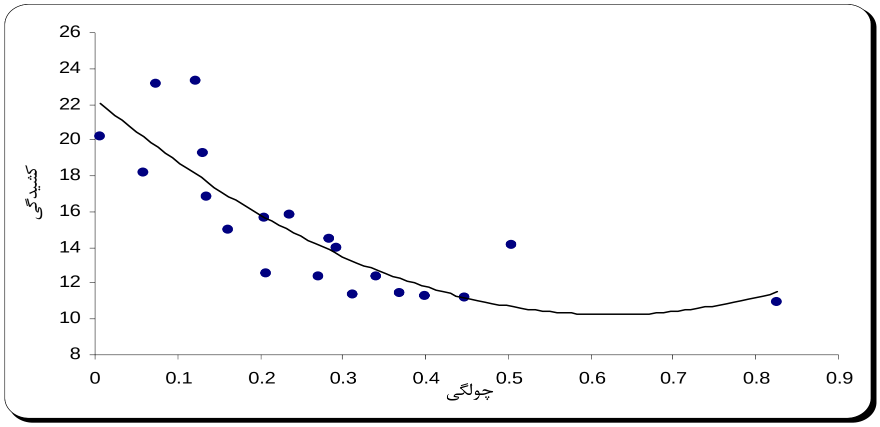
۲- Hydrological Frequency Analysis

جدول۳- مقادير مجموع مربعات باقيمانده براي سري جريان هاي مختلف سالانه

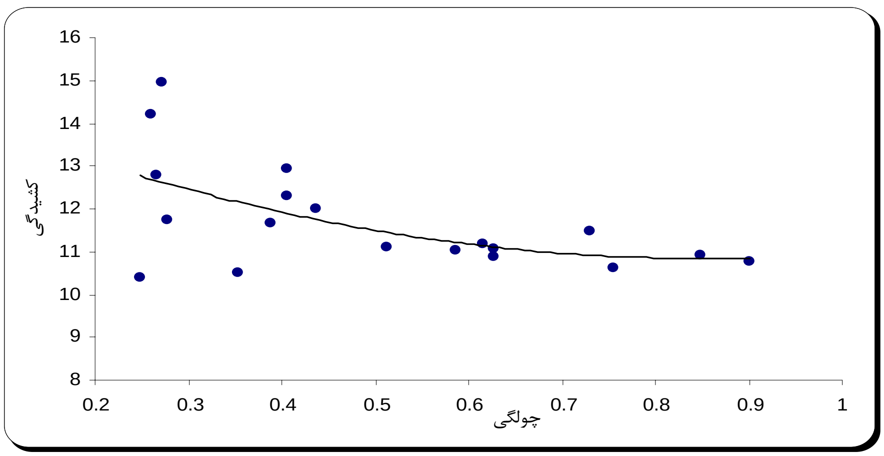
سري جريان	دبي حداكثر لحظه اي		دبي حداكثر سالانه		دبي متوسط سالانه		دبي حداقل سالانه	
روش برازش / توزيع آماري	گشتاور معمولي	گشتاور خطي	گشتاور معمولي	گشتاور خطي	گشتاور معمولي	گشتاور خطي	گشتاور معمولي	گشتاور خطي
پيرسون تيپ ۳	٤۵	۱۹	۵۵	۲٤	۳۸	۲۵	۵۰	۲٤
لوگ نرمال دو پارامتري	٤۸	۸۵	۷٤	۹۲	٤۵	۸۳	۳۵	۹٤
لوگ نرمال سه پارامتري	٤۰	۹۱	٦۵	۸۹	٤۵	۷۱	۵۲	۸۵
لوگ پيرسون تيپ ۳	۲۵	٤۱	۲۷	٤۱	۳۲	۳۷	۳۲	٤۸
گمبل	٦۲	۵۸	۷۲	۵۵	۵۸	٤۵	٦۸	٤۷



شكل ۲- نمودار نسبت گشتاورهاي خطي در سري جريان‌هاي حداقل سالانه



شكل ۳- نمودار نسبت گشتاورهاي خطي درسري جريان‌هاي متوسط سالانه



شكل ۴- نمودار نسبت گشتاورهاي خطي در سري جريان‌هاي حداكثر سالانه

بحث و نتيجه‌گيري

بررسي نتايج به‌دست آمده و اشكال ۲ تا ۵ نشان مي‌دهد كه در سري‌هاي حداقل سالانه، توزيع آماري پيرسون نوع سوم و روش گشتاور L ، داراي كمترين مجموع مربعات باقيمانده يعني ۲۴ و بيشترين درصد رتبه‌هاي اول (۸۵درصد) است، كه نشان از مناسب بودن اين توزيع و روش دارد. در مورد دبي‌هاي متوسط سالانه، توزيع پيرسون نوع سوم و روش گشتاورهاي خطي براي كليه ايستگاه‌هاي مورد بررسي با كمترين مجموع مربعات باقيمانده يعني ۲۵، بهترين توزيع منتخب است. اين توزيع همراه با روش گشتاورهاي خطي، همچنين داراي بيشترين درصد رتبه‌هاي اول (۹۰درصد) است. در مورد دبي‌هاي حداكثر سالانه، با مقايسه كمترين مجموع مربعات باقيمانده و مجموع امتياز داده شده براي هر توزيع و درصد رتبه‌هاي اول، مشخص شد كه توزيع پيرسون نوع سوم و روش گشتاورهاي خطي با دارا بودن نمره ۳۵ داراي كمترين مجموع مربعات باقيمانده و ۸۰ درصد رتبه‌هاي اول، بهترين روش و توزيع آماري مي باشند. در سري جريان-هاي حداكثر لحظه‌اي نيز توزيع پيرسون نوع سوم و روش گشتاورهاي خطي با دارا بودن امتياز ۱۹، كمترين مجموع مربعات باقيمانده و بيشترين برازش را با داده‌هاي مذكور دارد.

نتايج به‌دست آمده حاكي از آن است كه روش منتخب در كليه ايستگاه‌هاي سري دبي‌هاي حداقل سالانه (۱۰۰درصد)،

روش گشتاورهاي خطي است، در حالي‌كه اين درصد در دبي‌هاي متوسط و حداكثر سالانه و همچنين دبي‌هاي حداكثر لحظه‌اي به‌ترتيب كاهش مي يابد.

غلامي و همكاران (۱۳۷۹) نيز طي تحقيقي در حوزه آبخيز درياي خزر، در اين خصوص به نتايج مشابهي دست يافتند كه دبي‌هاي حداقل سالانه نسبت به ساير سري جريان‌ها بيشترين انطباق را با روش گشتاورهاي خطي نشان دادند(۲). از اين رو با توجه به شکنندگی و حساسيت اکوسيستم‌ها در مناطق خشک و نيمه‌خشک، براي مديريت بحران، استفاده بهينه از منابع آبی حداقل و نيز کاهش خسارات جانی و مالی اين وقايع، پيش‌بينی دقيق‌تر رخدادهای هيدرولوژيکی لازم و ضروری است که با توجه به نتايج به‌دست آمده، مشخص شد، روش گشتاورهای خطی دقت بسيار زيادی نسبت به ساير روش‌های مرسوم از جمله گشتاورهای معمولی براي برآورد و پيش‌بينی وقايع هيدرولوژيکی از جمله سيلاب‌ها و خشکسالي‌ها در اين مناطق دارد.

تقدير و تشكر

اين تحقيق با حمايت مالي معاونت پژوهشي دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران انجام شد كه به اين وسيله از ايشان تقدير و تشكر به‌عمل مي‌آيد. همچنين از سازمان تحقيقات منابع آب وزارت نيرو (تماب) به‌دليل همكاري‌هاي علمي و در اختيار گذاشتن آمار و اطلاعات مورد نياز قدرداني مي‌شود.

منابع

۱- عليزاده، امين (۱۳۷۴). اصول هيدرولوژي كاربردي، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع) (آستان قدس رضوي).

۲- غلامي، عباس، محمد مهدوي، محمد رضا قنادها (۱۳۷۹). بررسي توزيعهاي احتمالي مناسب جهت دبي هاي حداقل، ميانگين و حداكثر با استفاده از روش گشتاورL (مطالعه موردي حوضه درياي خزر)، پايان نامهٔ كارشناسي ارشد آبخيزداري، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تربيت مدرس.

۳- كشتكار، اميررضا، محمد مهدوي، فرود شريفي، هدايت ا... فهمي،(۱۳۸۰). بررسي و برازش توزيع هاي احتمالي مناسب جهت دبي هاي حداقل، ميانگين و حداكثر با استفاده از روش گشتاورL (مطالعه موردي حوزه آبخيز فلات مركزي)، پايان نامهٔ كارشناسي‌ارشد بيابان زدايي، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران.

۴- مهدوي، محمد (۱۳۷۸). هيدرولوژي كاربردي، انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، چاپ دوم.

۵- نجمايي، محمد (۱۳۶۹). هيدرولوژي مهندسي، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ايران، جلد اول و دوم.

6- Caruso, B, 2000. “Evaluation of Low-flow Frequency Analysis Method,” Journal of Hydrology (NZ), 39 (1), 19-47.

7-Greenwood, J. A., J. M. Landwehr, N. C. Matalas, & J. R. Wallis, 1979. "Probability Weighted Moments: Definitions and Relation to Parameters of Several Distributions Expressible in Inverse Form," Water Resour. Res., Vol. 15, no.6, 1049-1054.

8- Jingyi, Z. & M. J. Hall, 2004. “Regional Flood Frequency Analysis for the Gan-Ming River Basin in China” Journal of Hydrology, (296), 98-117.

9- Khandi, S., H. Kachroo, & R.K. Gunasekara, 2000. "Comparison of Annual Maximum Series and Partial Duration of Homogeneous Regions,” Hydrological Science Journal, (45), 437-447.

10- Kjeldsen, T. R., J. C. Smithers, & R. E. Schulze, 2001. “Regional Flood Frequency Analysis in the KwaZulu-Natal Province, South Africa, Using the Index-Flood Method” Journal of Hydrology, (255), 194-211.

11- Peel, M. C., T. A. McMahon, & B. L. Finlayson, 2004. “Continental Differences in the Variability of Annual Runoff-Update and Reassessment” Journal of Hydrology, (295), 185-197.

12- Smithers, J. C. & R. E. Schulze, 2000. “ A Methodology for the Estimation of Short Duration Design Storms in South’s Africa Using a Regional Approach Based on L-moments” Journal of Hydrology,(241), 42-52.

13- Stedinger, J.R., R.M. Vogel, & F. Foufula-Georgiou, 1993. Frequency Analysis of Extreme Events, In Handbook of Applied Hydrology, Ch18, Editor-in-chief, D.A.Maidment, Mc Grow-Hill, Newyork.PP.1-66.

14- Vogel, R. & I. Wilson, 1996. “Probability Distribution of Annual Maximum, Mean & Minimum Stream Flows in the United States, ”Journal of Hydrologic Engineering, (12), 69-76.

A Study of the Appropriate Probability Distributions for Annual Flow Series, Using L-Moment Method in Arid and Semi-arid Regions

M. Mahdavi[1] A. Salajegheh[2] A. R. Keshtkar[3] H. Fahmi[4] F. Sharifi[5]

Abstract

Different methods are employed in application of probability distribution in hydrology. The most common among these methods is the Central Moment Method. Maximum Likelihood Method is applied where computers are available and employed. In this study it has been tried to make a comparison between L-moment applicability and applicability of the other methods. To determine the probability distribution parameters and suitable distribution for annual discharge series, with an application of L-moment Method, 20 hydrometric stations were chosen for minimum, mean and maximum annual discharges. A number of 17 stations were picked up for maximum peak (flood) discharges. Results obtained for the study area in the central plateau watershed indicate the most fitting way of evaluation for different annual discharges as follows: Minimum discharges: P_3 (third kind Pearson distribution), and L moment method. Medium annual discharges: P_3 & LP_3 (Log Pearson of third kind), and L moment method. Maximum annual discharges: P_3 distribution & L moment method, and also LP_3 distribution and two parameter LN (LN_2) & normal moment method. Maximum annual momentous discharges: LP_3 distribution & normal moment method, as well as the three: P_3, three parameter LN (LN_3) and two parameter LN (LN_2) distributions.

Keywords: Linear moment, Maximum likelihood, Ordinary moment, Residual Sum of Squares, Discharge, Frequency Distribution Function.

1- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, E- mail: Mahdavi@nrf.ut.ac.ir
2- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
3- Ph.D. Scholar Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
4- Research Associate Professor in Research, Water Resources Research Organization, Ministry of Energy.
5- Research Associate Professor in Research, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute.