تعيين مناطق همگن براي تحليل فراواني جريان كمينه[۱]

كاظم نصرتي[۲] محسن محسني ساروي[۳] سعيداسلاميان[٤] فرودشريفي[٥] محمد مهدوي[٦]

چكيده

دراين مطالعه، به منظور تعيين مناطق همگن در تحليل فراواني جريان كمينه از دو روش تكنيك‌هاي آماري چند متغيره و آزمون بر اساس ضريب تغييرات استفاده شد. نخست يك دسته ۱۷ متغيره اقليمي، فيزيوگرافي، زمين‌شناسي و آبشناسي در ۱۶ ايستگاه حوزه آبريز رودخانه اترك با تحليل عاملي و تجزيه خوشه‌اي مطالعه شد. روش تحليل عاملي، ۴ عامل مساحت حوضه، بارش متوسط سالانه، درصد سازند نفوذپذير و شيب متوسط حوضه را به‌عنوان فاكتورهاي مهم نشان داد. تغيير پذيري مكاني امتيازات عاملي توصيف و تفسير شد و سپس گروه‌بندي امتيازات عاملي با تكنيك گروه‌بندي فاصله‌اي، منطقه مطالعاتي را به دو منطقه همگن تقسيم نمود. در مرحله بعد، جريان كمينه سالانه با تداوم ۷، ۱۵، ۳۰، و ۶۰ روزه در هر يك از ايستگاه‌ها استخراج و آماره S در آزمون ضريب تغييرات محاسبه شد و منطقه مطالعاتي از لحاظ همگني بررسي شد. نتايج نشان داد بر اساس اين آزمون كل منطقه همگن نبوده اما دو منطقه همگن حاصل از تجزيه خوشه‌اي توسط اين آزمون تأييد شد. همچنين هر چه طول دوره آماري بيشتر، مقدار آماره S نسبت به سطح معني‌دار آن كمتر و از دقت بيشتري برخوردار مي‌باشد و از اين آزمون مي‌توان به‌راحتي در بررسي همگني حوزه استفاده نمود.

واژه‌هاي كليدي: *مناطق همگن، جريان كمينه، خشكسالي هيدرولوژي، تحليل عاملي، تحليل خوشه‌اي.*

---

[۱] -تاريخ دريافت: ۸۱/۱۰/۲۸ ، تاريخ پذيرش : ۸۲/۶/۲۹

[۲] -عضو هيات علمي دانشكده كشاورزي داراب، دانشگاه شيراز **(E-mail:nosrati@shirazu.ac.ir)**

[۳] -دانشيار دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران

[۴] -دانشيار دانشكده كشاورزي دانشگاه صنعتي اصفهان

[۵] – استاديار پژوهش، پژوهشكده حفاظت خاك و آبخيزداري

[۶] -استاد دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران

مقدمه

تعاريف كاربردي خشكسالي، آستانه‌هاي شروع، ادامه و خاتمة خشكسالي را بيان كرده و اساس يك سيستم هشدار دهندة سريع و مؤثر مي‌باشند. همچنين، اين تعاريف مي‌توانند براي تحليل تواتر خشكسالي، شدت و مدت كمبود آب در يك دورة زماني معين به‌كار روند (مركز ملي كاهش خشكسالي، ۱۹۹۵). كاوياني و عليجاني (۱۳۷۹) خشكسالي را كاهش غيرمنتظرة بارندگي در مدتي معين در منطقه‌اي كه لزوماً خشك نيست، دانسته‌اند. در بررسي خشكسالي ممكن است از روش‌هاي تحليل داده‌هاي بارندگي، تحليل جريان، تحليل سينوپتيك و اطلاعات ژئومورفولوژي و تاريخي استفاده شود. ابزار سنجش خشكسالي در هر يك از روش‌ها، معيارهايي است كه توسط محققان آن ارايه شده است. اولين گام ضروري براي بررسي خشكسالي مشخص نمودن زمينة فعاليت و تحقيق است. دومين گام ضروري چنانچه تحليل خشكسالي به‌صورت نقطه‌اي باشد منطقه‌اي نمودن خشكسالي است. نصرتي و آذرنيوند (۱۳۸۱) در تحليل منطقه‌اي شدت، مدت و دوره بازگشت خشكسالي از روش تحليل داده‌هاي بارندگي در حوزه آبريز رودخانه اترك استفاده و به‌منظور تعميم تحليل‌هاي نقطه‌اي روي منطقه، نقشه‌هاي هم شدت خشكسالي ترسيم كردند.

خشكسالي هيدرولوژي، كاهش سريع جريان‌هاي سطحي و افت سطح مخازن آب زيرزميني، درياچه‌ها و رودخانه‌ها را بررسي و فراواني و شدت آن غالباً در مقياس يك حوزة آبريز يا رودخانه تعريف مي‌شود. اگرچه همه خشكسالي‌ها با كمبود بارندگي آغاز مي‌شوند اما متخصصان هيدرولوژي بيشتر مايل هستند كه بدانند اين كمبود چگونه در سيستم هيدرولوژي خود را نشان مي‌دهد (مركز ملي كاهش خشكسالي، ۱۹۹۵). به عقيده آرون و امانوئل[1] (۱۹۸۲) و كلوزن و پيرسون[2] (۱۹۹۵) خشكسالي‌هاي هيدرولوژي عموماً با مفاهيم كاهش منابع آب در دسترس و دوره مداومي كه رودخانه داراي جريان كمينه است، بيان مي‌شوند. از نظر كمي شاخص‌هاي جريان كمينه كه به وفور از آن استفاده شده است شاخص حداقل سالانه جريان متوسط n روزه است كه وضعيت جريان رودخانه را از نظر وقوع يا عدم وقوع خشكسالي مشخص و تداوم خشكسالي را تعيين نمايد.

جريان كمينه معياري است كه در روش تحليل جريان در بررسي خشكسالي هيدرولوژي استفاده مي‌شود. براي منطقه‌اي نمودن خشكسالي هيدرولوژي بايد فراواني جريان كمينه را به صورت منطقه‌اي تجزيه و تحليل كرد.

مطالعات تاسكر[3] (۱۹۸۲) نشان داد كه تفكيك منطقه مطالعاتي به مناطق همگن باعث دقت بيشتر وخطاي كمتر در مدل‌هاي رگرسيوني در مناطق فاقد آمار مي‌گردد. وي در مطالعه خود از ۲۲۱ ايستگاه آبسنجي درايالت آريزونا براي بررسي مناطق همگن از روش تحليل خوشه‌اي استفاده نمود. تاسكرگروه‌بندي حوضه‌هاي مورد مطالعه را به دو طريق انجام داده است، يكي براساس ويژگي‌هاي هيدرولوژيك منطقه و ديگري براساس ويژگي‌هاي فيزيوگرافي‌حوضه‌هاي مطالعاتي. آكرمن و سينكلر[4] (۱۹۸۶) در مطالعه خود به بررسي اهميت تعيين مناطق براساس ويژگي‌هاي حوضه در تحليل منطقه‌اي سيلاب در اسكاتلند پرداختند. آنها براي تعيين مناطق همگن از روش تحليل خوشه‌اي و بر اساس عوامل مساحت حوزه، تراكم آبراهه، شاخص بارندگي، طول آبراهه اصلي، شيب آن و عامل كمبود رطوبت خاك در ۱۶۸ حوزه مطالعاتي استفاده نمودند. در اين مطالعه از روش وارد[5] استفاده شد و براي تعيين كارآيي دسته‌هاي همگن از نسبت درستنمايي استفاده كردند. از بين پنج گروه، چهار گروه قابل قبول و يك گروه قادر به توضيح تغييرات دبي نبوده است. بارن و گل[6] (۲۰۰۰) روش جديدي را براي شناخت گروه‌هاي همگن بررسي كردند. آنها روش تحليل خوشه‌اي را براي تقسيم‌بندي مناطق همگن به‌كار گرفتند. نتايج نشان داده

---

[1] Aron & Emmanuel

[2] Clausen & Pearson

[3] Tasker

[4] Acreman & Sinclair

[5] Ward's Method

[6] Burn & Goel

که در گروه‌هاي همگن داراي ايستگاه هيدرومتري و يا فاقد ايستگاه مي‌توان جريان را به‌دست آورد. ويلتشاير[1] (۱۹۸۶) براي آزمون همگني حوزه‌هاي آبخيز کشور انگلستان از روشي جديد استفاده‌کرد. او جهت بررسي همگني حوضه‌ها از آماره همگني S استفاده نمود. اين آماره ضريب تغييرات دبي‌سالانه است. در اين تحقيق ۳۷۶ حوضه واقع در منطقه مطالعاتي درون ده منطقه همگن قرار گرفتند.

ويلتشاير (۱۹۸۶) که خود پيشنهاد دهنده روش آزمون براساس ضريب تغييرات بود پيروي آماره S را از توزيع كاي اسكوير به كمك روش‌هاي شبيه‌سازي مونت‌كارلو بررسي کرد و نتيجه گرفت که چنين‌فرضي معقول است، گرچه عالي نيست. وي در تحقيق بعدي خود کارآيي اين آزمون را مجدداً به‌كمك روش‌هاي مونت كارلو بررسي کرد و نتيجه گرفت که اين آزمون هنگامي‌که طول دوره آماري ايستگاه‌ها بيشتر باشد دقت بيشتري دارد و مزيت اين آزمون اين است که به نوع توزيع آماري مناسب منطقه بستگي ندارد.

ناتان و مك ماهان[2] (۱۹۹۰) براي ارزيابي شباهت‌هاي حوضه‌هاي واقع در شمال شرق ايالت ويكتورياي استراليا از روش ابداعي اندرو استفاده کردند؛ آنها براي انجام تحقيق خود در ۱۲۰ حوضه، ده ويژگي براي هر حوضه در نظر گرفتند که عبارت بودند از: سطح حوزه، ارتفاع مرکز ثقل حوزه، سطح پوشيده از جنگل، طول آبراهه اصلي، شيب آبراهه اصلي، تراکم آبراهه، ضريب شکل حوزه، ميانگين بارندگي سالانه و ضريب تغييرات بارندگي ماهانه. بيسواس و فلمينگ[3] (۱۹۶۶) در اسكاتلند، كول[4] (۱۹۶۶) در انگلستان و ولز و چانگ و مور[5] (۱۹۸۳) در ايالت ايلينويز آمريكا براي بررسي همگني منطقه آزمون دالريمپل را انتخاب نمودند و نتيجه‌گرفتند در مواردي که آزمون نشان‌دهنده همگني منطقه بوده، دامنه تغييرات وسيعي در سري‌هاي سالانه و انواع حوزه‌ها وجود داشته است و يا اينکه آزمون در آن موارد خاص چندان قوي نبوده است (نقل از ويلتشاير، ۱۹۸۶).

تحليل خوشه‌اي[6] جستجو و سازماندهي اطلاعات به منظور تعيين گروه‌هايي از موضوعات است که افراد داخل يك‌گروه از جنبه‌هايي مشابه و با افراد گروه‌هاي ديگر نامتشابه هستند. اگر حوضه‌ها داراي خواص اندازه‌گيري شده بسيار مشابهي باشند، در نتيجه در فضاي n بعدي بسيار نزديك به يكديگر قرارمي‌گيرند. تشابه اين حوضه‌ها به كمك اندازه‌گيري فاصله بين آنها بررسي مي‌گردد و اين موضوع مقدار مشخصي را فراهم مي‌آورد که به عنوان ضريب نزديكي يا مشابهت شناخته مي‌شود (دورنكامپ و همكاران، ۱۳۷۰).

دلايلي را مي‌توان براي بيان ارزشمند بودن تحليل خوشه‌اي ارايه کرد. از جمله اينکه اين روش مي‌تواند در يافتن گروه‌هاي واقعي و يا براي کاهش داده‌ها مفيد باشد.

تحليل عاملي[7] روش آماري است که بين مجموعه‌اي فراوان از متغيرهايي که به ظاهر بي‌ارتباط هستند، رابطه خاصي را تحت يك مدل فرضي برقرار مي‌کند. بنابراين يكي از اهداف اصلي روش تجزيه عاملي، کاهش ابعاد داده‌هاست. فرض اساسي در به كارگيري اين روش وجود الگويي زيربنايي يا مدلي خاص در تعيين مفاهيم پيچيده ارتباطي بين متغيرهاست. اين ارتباط در قالب يك عامل در اين‌مدل فرضي ظاهر مي‌شود. اين روش براي خلاصه نمودن اطلاعات زياد به كار مي‌رود، به‌طوري‌که طي آن، نتايج حاصله نيز از نظر مفهوم معني‌دار باشند (مانلي، ۱۳۷۳).

تعيين مناطق همگن از لحاظ شرايط هيدرولوژي و ويژگي‌هاي منطقه مورد مطالعه، از شروط لازم در تحليل منطقه‌اي فراواني جريان كمينه محسوب مي شوند. در اين مطالعه سعي شد تا دو روش شناخت مناطق همگن، ارزيابي

---

[1] -Wiltshire

[2] -Nathan & Mc Mahon

[3] -Biswas & Fleming

[4] -Cole

[5] -Chong & Moore

[6] -Cluster Analysis

[7] –Factor Analysis

و بررسي شود تـا بتـوان از نتـايج آن در تحليـل منطقـه‌اي فراواني جريان كمينه استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

حـوزه آبخيـز رودخانـه اتـرك در شـمال شـرق ايـران، در محدودة طول‌هاي ۵۴° الـي ۴´ ۵۹° شـرقي و عـرض‌هـاي ۵۷´ ۳۶° الـي ۱۷´ ۳۸° شـمالي قـرار گرفتـه اسـت. ايـن حوضه در تقسيم‌بندي حوزه‌هاي آبخيز كل كشور، بخشي از حوضة درياي مازندران محسوب مي‌شود. وسعت اين حـوزه ۲۷۴۸۰۰۰ هكتار (در داخل ايـران) مـي‌باشـد. بخشـي از حوضه كه مربوط به شاخه سومبار مي‌شـود و در جمهـوري تركمنستان واقـع شـده اسـت . مسـاحت ايـن بخـش نيـز درحدود ۷۶۰ هزار هكتار مي باشد.

در تحليل فراواني هرچه طول دوره آماري ايستگاه‌ها بيشتر باشد دقت نتايج بيشتر خواهد بود، بنابراين ايستگاه‌هاي كوتاه‌مدت (كه آمار ده سال آنها كمتر از ۱۰ سال باشد) در محاسبات تحليل فراواني شركت نمي‌دهند. پس ايستگاه‌هايي انتخاب خواهند شد كه حداقل داراي ۱۰ سال آمار روزانه باشند و جريان در آنها تنظيم شده نباشد. همچنين شرايطي را براي حوضه مورد مطالعه بايد در نظر گرفت از جمله اينكه از نظر زمين‌شناسي، حوضه كارستي نباشد چون باعث ناهنجاري جريان كمينه مي‌شود. از موارد ديگر در انتخاب ايستگاه مناسب بايد به اين نكته توجه كرد كه در سراب محل اندازه‌گيري جريان آب (آب‌سنجي) نبايد زمين‌هاي كشاورزي به‌طور گسترده قرار گرفته باشد. از مجموع ۲۹ ايستگاه هيدرومتري موجود در منطقه، ۱۶ ايستگاه شرايط بالا را تأمين مي‌كنند كه (شكل ۱) موقعيت و جدول (۱) طول دوره آماري هريك از ايستگاه‌هاي منتخب را نشان مي‌دهد. سپس بررسي همگني حوزه آبخيز به دو روش آمار چند متغيره و آزمون هيدرولوژي ضريب تغييرات صورت گرفته است.

بررسي همگني منطقه مطالعاتي بـا روش‌هـاي آمـاري چند متغيره

در اين مطالعه تجزيه و تحليل عاملي براي ۱۷ متغير اندازه‌گيري شده درحوضه‌هاي منتخب به‌كار برده شد. متغيرها شامل ويژگي‌هاي مختلف‌حوضه نظير مساحت، محيط، ضريب گراوليوس، طول مستطيل معادل، عرض مستطيل معادل، ضريب‌شكل، ارتفاع متوسط وزني، طول آبراهه اصلي، شيب آبراهه اصلي، شيب متوسط وزني، زمان تمركز، ارتفاع حداكثر، ارتفاع حداقل، تراكم آبراهه، درصد سازند نفوذپذير، ضريب جريان و بارندگي متوسط سالانه مي‌باشند. با توجه به اينكه واحدهاي سنجش هر كدام از متغيرها متفاوت از ديگري است لذا براي مقايسه صحيح متغيرها با همديگر، كليه آنها به نمرات Z استاندارد تبديل شدند تا آنكه به‌صورت هم واحد درآيند و در ماتريسي به ابعاد ۱۷*۱۶، كه طي آن ايستگاه در رديف و متغيرها در ستون ماتريس، تنظيم شدند. مراحل بعد در محيط نرم افزار SPSS 9.0 انجام شد. با توجه به آنكه نتايج حاصل از تحليل عاملي در ابتدا پيچيده بوده و راه حل بهينه‌اي به‌دست نمي‌دهد، لذا به منظور به حداكثر رساندن واريانس بارهاي هر يك از عامل‌ها و تسهيل در تفسير ساختار عاملي، محورهاي عاملي با دوران واريماكس[۱] كه يكي از روش‌هاي مرسوم مي‌باشد، دوران يافته تا آنكه عامل‌ها به‌صورت مستقل درآيند، ضمن آنكه نامگذاري عامل‌ها نيز براساس بارهاي عاملي دوران يافته صورت مي‌گيرد. سپس با استفاده از روش برآورد رگرسيوني، ماتريس امتيازات عاملي ايستگاه‌ها استخراج شدند. براي محدود نمودن تعداد عامل‌ها از آماره KMO[۲] استفاده شد كه تعيين كننده مقدار تناسب تعداد عامل‌هاي انتخابي است. براي خارج كردن متغيرهاي غيرضروري از ماتريس همبستگي Anti - image كمك گرفته شد. معيار تشخيص اين متغيرها، آماره MSA [۳] (مقادير دقت نمونه‌گيري) است كه عناصر قطري ماتريس همبستگي مي‌باشند، به اين صورت كه هر متغير كه داراي كمترين مقدار MSA بود با در نظر گرفتن سطوح معني‌داري ماتريس ضرايب همبستگي ميان متغيرها، از مجموعه متغيرها حذف شدند. پس از انتخاب متغيرهاي ضروري، تجزيه عاملي براساس

---

[۱] -Varimax Rotation

[۲] -Kaiser-Meyer-Olkin

[۳] -Measure of Sampling Adequacy

اين متغيرها صورت گرفت. در اين مرحله عامل‌هاي استخراج شده تحت فرآيند آماري تحليل خوشه‌اي و با استفاده از امتيازات عاملي ايستگاه‌هاي منتخب گروه‌بندي مي‌شوند. براي تعيين گروه‌ها از چهار روش‌نزديكترين همسايه[1]، دورترين همسايه[2]، خوشه بندي متمركز[3] و وارد استفاده شد. براين اساس با استفاده از روش‌هاي رياضي، يك نمودار n بعدي تنظيم شد كه در آن هر حوضه به عنوان يك نقطه در فضاي عاملي n بعدي در نظر گرفته مي‌شود. در اين مدل رياضي، نقاط يا حوضه‌هايي كه به همديگر نزديكترند، مسلماً در امتيازات عامليشان مشابه خواهند بود و بالعكس (گلدسته و همكاران، ۱۳۷۷).

جدول ۱- طول دورة آماري ايستگاه‌هاي منتخب در حوزة آبريز اترك

دوره آماري	۵۱	۵۲	۵۳	۵۴	۵۵	۵۶	۵۷	۵۸	۵۹	۶۰	۶۱	۶۲	۶۳	۶۴	۶۵	۶۶	۶۷	۶۸	۶۹	۷۰	۷۱	۷۲	۷۳	۷۴	۷۵	۷۶	سال	
																											کد	ردیف
۱۵									+	+		+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	۱۱-۰۰۳	۱
۲۲			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	۱۱-۰۱۱	۲
۱۲		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+													۱۱-۰۱۵	۳
۱۰	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+																۱۱-۰۱۹	۴
۲۶	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	۱۱-۰۲۱	۵
۲۶	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	۱۱-۰۲۷	۶
۲۳		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		۱۱-۰۳۱	۷
۲۳		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	۱۱-۰۳۳	۸
۲۴	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		۱۱-۰۳۵	۹
۱۴						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								۱۱-۰۴۵	۱۰
۱۵											+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	۰۰-۰۵۱	۱۱
۱۲													+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	۱۱-۰۵۳	۱۲
۱۰						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												۱۱-۰۶۱	۱۳
۱۳														+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	۱۱-۰۶۹	۱۴
۲۱						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	۱۱-۰۷۳	۱۵
۱۳														+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	۱۱-۱۰۱	۱۶

بررسي همگني هيدرولوژيك منطقه مطالعاتي

چندين آزمون براي بررسي همگني منطقه از لحاظ هيدرولوژيك وجود دارد كه مي توان به آزمون دالريمپل[1]، آزمون براساس ضريب تغييرات[2] وآزمون براساس توزيع[3] اشاره كرد. با توجه به وابسته بودن آزمون دالريمپل و آزمون براساس توزيع به نوع توزيع آماري، در اين تحقيق از روش آزمون بر اساس ضريب تغييرات براي بررسي همگني‌منطقه استفاده شده است.

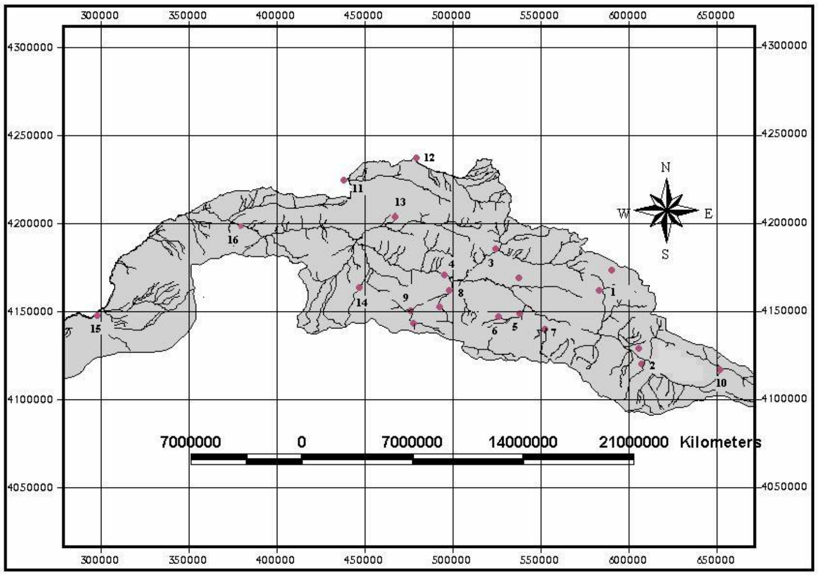
جريان كمينه سالانه، كمترين جريان ميانگين براي تعدادي روزهاي پياپي از قبيل ۷، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روزه در طول يك سال است. اين به آن معني است كه جريان كمينه d روزه در يك سال كمترين مقدار ميانگين‌هاي متحرك d روزه جريان‌هاي روزانه در آن سال است. جدول (۲) چگونگي به‌دست آوردن‌جريان كمينه ۷ روزه ايستگاه بارزو واقع بر رودخانه قلجق را در سال آبي ۵۴-۱۳۵۳نمايش مي‌دهد مطابق اين جدول ميانگين ۷ روزه در روزهاي اول تا هفتم اين سال برابر ۰/۷۵۳ متر مكعب بر ثانيه، براي‌روزهاي دوم تا هشتم برابر ۰/۸۵ متر مكعب بر ثانيه و الي آخر به دست آمده است. كمترين مقدار اين‌ميانگين‌هاي متحرك ۷ روزه در اين سال برابر ۰/۱۹۳ متر مكعب بر ثانيه شده است كه در واقع جريان‌كمينه ۷ روزه اين ايستگاه در سال مذكور مي‌باشد. براي ساير سال‌هاي آماري موجود اين ايستگاه و همچنين تداوم‌هاي ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روزه نيز همين روند انجام مي‌شود. سري‌هاي زماني سالانه جريان كمينه براي ساير ايستگاه‌ها نيز به همين شكل محاسبه مي‌شوند.

---

[1] -Dalrymple Test

[2] –C.V-Based Method

[3] -Distribution Based Method



شكل ۱- نقشه پراكنش ايستگاههاي منتخب در حوزه آبريز اترك

آمار مفقوده جريان كمينه ايستگاه‌ها از طريق به‌دست آوردن رگرسيون بين آنها و ايستگاه‌هايي كه با آنها داراي همبستگي معني‌دار حداقل در سطح پنج درصد بوده‌اند بازسازي‌شده است.

در مناطق خشك و نيمه خشك با توجه به رودخانه‌هاي فصلي و همچنين كمبود بارش، در بيشتر مواقع با جريان صفر روبه‌رو هستيم به همين دليل در كاربرد توابع توزيع احتمال كه حد پايين آنها صفر را قبول نمي‌كند با اشكال روبه‌رو مي‌شويم. در حل اين معضل چندين راه‌حل وجود دارد كه مي‌توان به روش‌هاي زير اشاره نمود. به تمام داده‌ها مقادير مثبت كوچك اضافه كنيم، به جاي مقادير صفر، مقادير كوچك قرار دهيم، به جاي مقادير صفر، از عدد يك استفاده كنيم و از مقادير صفر صرفنظر كنيم.

هر يك از اعمال بالا روي پارامترهاي توزيع تأثير مي‌گذارند، به همين دليل در اين مطالعه از روش جنينگز و بنسون[1] (۱۹۶۹) استفاده شد. در اين روش ابتدا داده‌هاي غير صفر را به توزيع برازش داده و سپس احتمالات حاصل را در نسبت تعداد داده‌هاي غير صفر به كل داده‌ها ضرب مي‌كنيم. در مرحله بعد به منظور مقايسه مناطق همگن حاصل از تحليل خوشه‌اي با نتايج آزمون هيدرولوژيك بر اساس ضريب تغييرات، اين آزمون براي كل منطقه و مناطق همگن حاصل از تحليل خوشه‌اي انجام شد.

يك منطقه همگن، جوامع پيشامدهاي سالانه‌اي را شامل خواهد شد كه منحني‌هاي فراواني آنها داراي شيب مشابهي باشند. چون شيب منحني‌هاي فراواني با ضريب تغييرات سري‌هاي سالانه متناسب است، منطقي است كه يك آزمون همگني براساس تغييرپذيري منطقه‌اي ضريب تغييرات ايستگاه‌ها استوار شود. يعني تغييرپذيري منطقه‌اي ضريب تغييرات ايستگاه‌ها بايد كمينه شود.

فرض كنيد كه n_j طول آمار در محل j و CV_j ضريب تغييرات نمونه در j امين محل را نشان دهد.

پس U_j يا تغيير نمونه‌گيري CV_jاز رابطه زير به دست خواهد آمد.

---

[1] - Jennings and Benson

$$U_j = \frac{V}{n_j} \qquad (۱)$$

که در آن V واريانس منطقه‌اي C.V است.

مي‌توان تغييرات کل ضرايب تغييرات در يك منطقـه، S ، که در آن N ايستگاه وجود دارد را با اين رابطه بيان کرد.

$$S = \sum_{j=1}^{N} \frac{\left(CV_j - CV_w\right)^2}{U_j} \qquad (۲)$$

که در آن CV_w مقدار وزني ميانگين منطقه‌اي CV است و از رابطه زير محاسبه مي‌شود.

$$CV_w = \frac{\sum_{j=1}^{N} \frac{CV_j}{U_j}}{\sum \frac{1}{U_j}} \qquad (۳)$$

واژه واريانس (V) در معادلـه (۱) را مـي‌تـوان بـه صـورت ميانگين واريانس‌هاي جك نايف[1] محاسبه شـده بـراي هـر محل درون منطقه محاسبه کرد. به اين ترتيـب کـه فـرض مي‌شود سري پيشامد موردنظر در j اين محـل شـامل n_j پيشامد Q_1، Q_2، ... و Q_n باشد که به طور يکسان توزيع شده و مستقل ازيکديگرند و CV_n ضـريب تغييـرات ايـن سـري را نشـان مـي‌دهـد. همچنـين فـرض مـي‌گـردد CV_nنشان‌دهنده‌CV محاسبه شده از يك محل بـا انـدازه (n-1)و شـامل Q_1،...، Q_{i-1}، Q_{i+1} و Q_nباشـد. بـرآورد واريانس جك‌نايف از CV_j ، واريـانس مجمـوع n ضـريب تغييـرات است کـه هـر کـدام از ضـرايب تغييـرات، ازسري‌هاي‌داراي يك

جدول ۲- چگونگي تعيين جريان کمينه ۷ روزه براي ايستگاه بارزو در سال ۵۴-۱۳۵۳

زمان (روز)	جريان متوسط روزانه (متر مکعب بر ثانيه)	ميانگين متحرك ۷ روزه (متر مکعب بر ثانيه)
۱	۰	-
۲	۱/۵۵	-
۳	۰/۷۵	-
٤	۰/۷۹	-
۵	۰/۷۷	-
٦	۰/۷۳	-
۷	۰/٦۸	۰/۷۵۳
۸	۰/٦۸	۰/۸۵
.	.	.
.	.	.
.	.	.
۳٦۵	۰/۱۹	۰/۲۰۷
جريان کمينه ۷ روزه در سال (متر مکعب بر ثانيه)		۰/۱۹۳

مشاهده حذف شده محاسبه مي‌شود، يعني:

$$V_j = \frac{\left(n_j - 1\right)}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \left[CV_{n-1}^{i} - \left[\sum_{l=1}^{n_j} CV_{n-1}^{l} \right] / n_j \right]^2 \qquad (۴)$$

که در آن CV_{n-1}^{i} نشان دهنـده ضـريب تغييـرات سـري سالانه بـا i امـين مشـاهده حـذف شـده اسـت. واريـانس منطقه‌اي ضريب تغييرات (V) در مجموع N محل از رابطه زير به‌دست مي‌آيد.

$$V = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} n_j V_j \qquad (۵)$$

آماره S در معادله (۲) شکل يك آماره کاي‌اسـکوير را دارد و انتظار مي‌رود که S به صورت کاي اسکوئر با (N-۱)

درجه آزادي، توزيع شده باشد. اگر مقدار S بيشتر از مقدار بحراني كاي اسكوير با(N-۱) درجه آزادي براي يك سطح اطمينان خاص باشد، فرض همگني منطقه رد مي‌شود و منطقه مورد بررسي غيرهمگن خواهد بود. مزيت اين آزمون اين است كه به نوع توزيع آماري مناسب منطقه‌اي بستگي ندارد. با توجه به طولاني بودن و پيچيدگي محاسبه آماره S در آزمون براساس‌ضريب تغييرات، براي محاسبه اين آماره برنامه كامپيوتري به زبان پاسكال نوشته شده است. متن اين‌برنامه در پيوست ارايه شده است. برنامه، نام فايل خروجي كه نتايج اجراي برنامه در آن ثبت‌مي‌گردد، مسيري كه فايل‌هاي داده‌ها روي آن قرار دارند، تعداد ايستگاه‌ها و نام فايل ورودي را سئوال مي‌كند. فايل ورودي آن شامل نام فايل‌هايي است كه داده‌هاي ايستگاه‌هاي مختلف روي آنها قرار دارند و طول دوره آماري ايستگاه‌ها مي‌باشد.

نتايج

با در نظر گرفتن KMO= ۰/۷۸۱ يازده متغير مساحت، درصد سازند نفوذپذير، ضريب گراوليوس، ارتفاع متوسط وزني، طول آبراهه اصلي، شيب آبراهه اصلي، شيب متوسط حوضه، زمان تمركز، بارش متوسط سالانه، تراكم زهكشي و ضريب جريان، انتخاب شدند. جدول (۳) مقادير ويژه و واريانس توجيه شده را نشان مي دهد.

نتيجه تحليل عاملي نشان داد كه براساس ۴ عامل و يازده متغير مجموعاً ۸۷/۸ درصد از واريانس داده‌ها را در بر گرفته‌اند و به اين‌ترتيب اطلاعات در ۴ عامل خلاصه مي‌شوند. با توجه به جدول (٤) ماتريس دوراني واريماكس، مساحت حوضه با بيشترين بار وزني(۰/۹۶۲) روي عامل اول و توجيه بيشترين درصد از كل واريانس يعني مقدار ۶۰/۶ به عنوان فاكتور اول انتخاب شد. همچنين عامل دوم با توجه به بار وزني ۰/۸۳۱ و درصد از واريانس كل۱۱/۳ به شيب متوسط وزني داده شد. به اين ترتيب ۲ عامل ديگر يعني ويژگي‌هاي بارش متوسط سالانه و درصد سازند نفوذپذير به عنوان عامل‌هاي سوم و چهارم انتخاب شدند.

در اين مرحله عامل‌هاي استخراج شده تحت فرآيند آماري تحليل خوشه‌اي قرار گرفته و با استفاده از امتيازات عاملي ايستگاه‌هاي منتخب گروه‌بندي شدند كه نتايج روش خوشه‌بندي سلسله مراتبي وارد تطابق بيشتري با واقعيات جغرافيايي طبيعي منطقه مورد مطالعه داشت. به اين ترتيب پس از انجام تحليل خوشه‌اي دو منطقه همگن شناسايي شد. شكل (۲) نمودار درختي گروه‌بندي منطقه مطالعاتي را نشان مي‌دهد.

نتايج محاسبه آماره S در آزمون براساس ضريب تغييرات، براي جريان كمينه با تداوم‌هاي ۷، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روزه براي ۱۶ ايستگاه و همچنين مناطق همگن دوگانه حاصل از تحليل خوشه اي و مقادير بحراني توزيع كاي اسكوئر در سطح يك درصد در جدول (۵) نشان داده شده است.

بحث و نتيجه گيري

براساس جدول (۳)، درصد هر يك از عامل‌ها به‌ترتيب عبارتند از:٦٠/٦, ١١/٣, ٨/٧, ٧/١ و اين به آن معناست كه حدود ۱۲/۲ درصد از كل واريانس، بيان نشده است كه مي‌توانست با بررسي متغيرهاي اضافي در زمينه ويژگي‌هاي

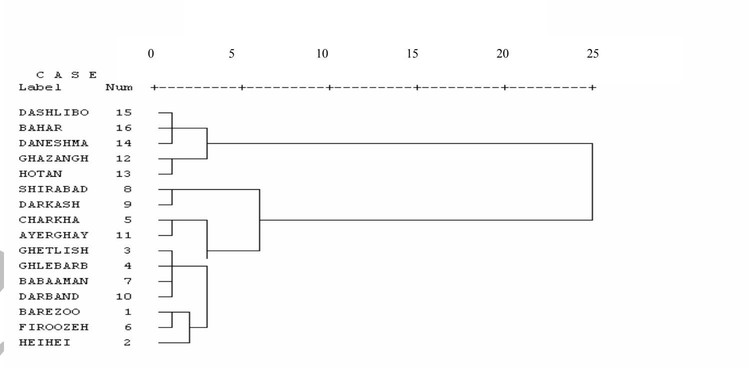
جدول۳- مقادير ويژه و واريانس توجيه شده

عامل	مقادير ويژه اوليه		درصد واريانس	مقادير تجمعي واريانس %
	كل	مقادير تجمعي		
۱	۱۰/۳۰۷	۶۰/۶۲۷	۶۰/۶۲۷	۶۰/۶۲۷

۷۱/۹۶۹	۱۱/۳۴۳	۷۱/۹۶۹	۱/۹۲۸	۲
۸۰/۶۶۸	۸/۶۹	۸۰/۶۶۸	۱/۴۷۹	۳
۸۷/۷۸۲	۷/۱۱۴	۸۷/۷۸۲	۱/۲۰۹	۴
		۹۳/۴۵۲	۰/۹۶۴	۵
		۹۷/۳۴۳	۰/۶۶۱	۶
		۹۸/۳۱۱	۰/۱۶۵	۷
		۹۹/۱۵۲	۰/۱۴۳	۸
		۹۹/۹۹۷	۰/۰۴	۹
		۱۰۰	۰/۰۲	۱۰
		۱۰۰	۰/۰۰۵	۱۱

جدول۴- ماتريس دوراني واريماكس

عامل				پارامتر استاندارد شده
۴	۳	۲	۱	
-۰/۴۶	۰/۰۷۲	-۰/۱۸۹	۰/۹۶۲	مساحت
۰/۸۳۳	-/۱۲۹	-/۱۷	/۰۶۹	درصد سازند نفوذپذير
۰/۰۱۲	۰/۱۰۴	-۰/۲۸	/۸۲	طول آبراهه اصلي
۰/۰۵۷	۰/۳۸۱	۰/۸۳۱	-/۳۰۵	شيب متوسط حوضه
/۰۴۸	۰/۰۴۳	-۰/۲۷۳	۰/۹۵۷	زمان تمركز
-/۰۹۹	۰/۸۷۸	-۰/۱۹۹	-۰/۳۶۸	بارش متوسط سالانه
/۱۰۸	۰/۶۳۸	۰/۳۵۳	-۰/۶۴۱	ارتفاع متوسط حوضه
-/۰۴	۰/۱۹۹	-۰/۸۹۲	۰/۲۰۶	تراكم زهكشي
/۰۸۵	-/۰۱۹۹	۰/۵۳۹	-/۳۶۸	ضريب سطحي جريان
-/۱۰۱	۰/۲۹	۰/۷۷۵	-۰/۴۹۴	شيب آبراهه اصلي
/۰۵۱	/۰۵۴	-۰/۳۵۸	۰/۷۹	ضريب گراوليوس



شكل ۲- نمودار درختي گروه بندي منطقه مطالعاتي

جدول ۵- نتايج آماره S و مقايسه آن در حالت‌هاي گوناگون در تداوم‌هاي‌مختلف

حالت مورد بررسي	تعداد ايستگاهها	تداوم				درجه آزادي	مقدار كاي اسكوئر در سطح يك درصد
		۷	۱۵	۳۰	۶۰		

كل منطقه مطالعاتي	۱۶	۵۷/۹	۵۴/۰۶	۴۹/۰۹	۷۹/۰۳	۱۵	۳۰/۶
گروه همگن يك	۵	۰/۷۶	۰/۵۵	۰/۴	۰/۴۲	۴	۱۳/۳
گروه همگن دو	۱۱	۸/۴۹	۷/۳۵	۶/۵	۸/۸۹	۱۰	۲۳/۲

اقليمي و غيراقليمي افزايش يابد. با توجه به شكل (۲) نمودار درختي حاصل از تحليل خوشه اي با در نظر گرفتن فاصله تشابه ۶/۲۵ منطقه مطالعاتي به دو منطقه همگن تقسيم مي شود. چنانچه در منطقه همگن يك، ۵ ايستگاه دانشمند، داشلي برون، قازانقايه، هوتن و بهار و در منطقه همگن دو، ۱۱ ايستگاه شيرآباد، دركش، هي هي، فيروزه، بارزو، قتلش، بابا امان، دربند، قلعه‌ببر، چهار خروار، آيرقايه قرار گرفتند.

با توجه به جدول (۴) مقدار آماره S براي جريان كمينه ۷ روزه براي كل منطقه مطالعاتي برابر ۵۷/۹ دست آمد درحاليكه مقدار بحراني توزيع كاي‌اسكوئر در سطح يك درصد با درجه آزادي ۱۵، برابر ۳۰/۶ خواهد شد كه نشان‌دهنده ناهمگن بودن منطقه است. طبق نتايج حاصل مقدار آماره S براي گروه همگن يك،براي تداوم ۷ روزه برابر۰/۷۶ به‌دست آمد كه با توجه به مقدار بحراني توزيع كاي‌اسكوير در سطح يك درصد با درجه آزادي ۴، برابر ۱۳/۳ خواهد شد كه نشان دهنده همگني گروه يك براي جريان كمينه ۷ روزه مي‌باشد. همچنين مقدار آماره S براي گروه همگن دو برابر ۸/۴۹۴ به‌دست آمد كه با توجه به مقدار بحراني توزيع كاي‌اسكوير در سطح يك درصد با درجه آزادي ۱۰، برابر ۲۳/۲ خواهد شد كه دليلي بر همگني گروه دو براي جريان كمينه ۷ روزه مي‌باشد. طبق جدول (۴) همين نتايج براي تداوم‌هاي ديگر نيز صدق مي‌كند. اگر بخواهيم تنها بر اساس آزمون ضريب تغييرات جريان كمينه به منطقه يا مناطق همگن مطلوب دست يابيم مي توان با تعيين مقدار آماره S براي ايستگاه‌ها به طور جداگانه هر ايستگاهي را كه داراي مقدار آماره بالايي است، از مجموعه ايستگاه‌ها حذف نمود و اين كار را آنقدر ادامه دهيم تا بر اساس مقدار بحراني كاي اسكوئر به حد مطلوب دست پيدا كنيم اما بايد به اين مسأله توجه نمود كه از ايستگاه‌هاي حذف شده نمي‌توان در تحليل فراواني جريان كمينه استفاده نمود و تعداد ايستگاه‌ها در تحليل فراواني كاهش مي‌يابد.

اما مزيت اين آزمون اين است كه به نوع توزيع آماري منطقه‌اي بستگي نداشته و اگر ايستگاه‌هاي هيدرومتري داراي آمار بلندمدت باشند اين آزمون از دقت زيادي برخوردار مي‌باشد. چنانچه مشاهده شد، منطقه مورد مطالعه بر اساس آزمون ضريب تغييرات، كه تنها بر جريان كمينه سالانه در هر ايستگاه متكي است، همگن نبوده اما اين آزمون مناطق همگن دوگانه حاصل از تحليل خوشه‌اي را تأييد مي‌كند. نظر به اينكه ويژگي‌هاي مختلف حوزه‌هاي آبخيز بر چرخه هيدرولوژي تأثير مي‌گذارند بهتر است كه همگني حوضه‌ها از جنبه‌ها و معيارهاي مختلف بررسي شوند. پس مي‌توان با اضافه نمودن معيارهاي ديگري مانند شاخص پوشش گياهي و ويژگي‌هاي خاك بر دقت تعيين مناطق همگن افزود.

پيوست - متن كامل برنامه كامپيوتري آزمون ضريب تغييرات

……

```
PROGRAM CV_BASED_HEMOGENITY_TEST;
USES CRT;
VAR
```

```
 I,J,NS:INTEGER;
SUMQ,SUMQ2,MQ,STQ,SUMQ1,SUMQ12,MQ1,STQ1,CVLA,SUM1,SUM2,SUM3,VT,S,SI:REAL;
Q:ARRAY[1..100,1..50] OF REAL;
CVL:ARRAY[1..100] OF REAL;
CV,V,U:ARRAY[1..50] OF REAL;
N:ARRAY[1..50] OF INTEGER;
FNS,PATH,N_PARVAN,OUT:STRING;
F,F1,F2:TEXT;
BEGIN
CLRSCR;
WRITE('ENTER NAME OF OUTPUT FILE:');
READLN(OUT);
WRITE('ENTER PATH OF FILE(FOR EXAMPLE: D:\CV\):');
READLN(PATH);
ASSIGN(F,PATH+OUT);
REWRITE(F);
WRITE('WHAT IS NUMBER OF STATIONS?');
READLN(NS);
```

ادامه پيوست - متن كامل برنامه كامپيوتري آزمون ضريب تغييرات

……

```
SUM3:=0;
WRITE('ENTER NAME OF INPUT FILE:');
READLN(N_PARVAN);
ASSIGN(F2,PATH+N_PARVAN);
RESET(F2);
FOR J:=1 TO NS DO
BEGIN
READLN(F2,FNS);
READLN(F2,N[J]);
ASSIGN(F1,PATH+FNS);
RESET(F1);
FOR I:=1 TO N[J] DO
READLN(F1,Q[I,J]);
SUMQ:=0;SUMQ2:=0;SUMQ1:=0;SUMQ12:=0;SUM1:=0;SUM2:=0;
FOR I:=1 TO N[J] DO
BEGIN
SUMQ:=SUMQ+Q[I,J];
SUMQ2:=SUMQ2+Q[I,J]*Q[I,J];
END;
MQ:=SUMQ/N[J];
STQ:=SQRT(((SUMQ2/N[J])-(MQ*MQ))*N[J]/(N[J]-1));
CV[J]:=STQ/MQ;
FOR I:=1 TO N[J] DO
BEGIN
SUMQ1:=SUMQ-Q[I,J];
SUMQ12:=SUMQ2-Q[I,J]*Q[I,J];
MQ1:=SUMQ1/(N[J]-1);
STQ1:=SQRT((SUMQ12/(N[J]-1))-(MQ1*MQ1));
CVL[I]:=STQ1/MQ1;
SUM1:=SUM1+CVL[I];
END;
CVLA:=SUM1/N[J];
FOR I:=1 TO N[J] DO
SUM2:=SUM2+(CVL[I]-CVLA)*(CVL[I]-CVLA);
V[J]:=(N[J]-1)*SUM2/N[J];
SUM3:=SUM3+N[J]*V[J];
CLOSE(F1);
END;
```

```
VT:=SUM3/NS;
SUM1:=0;
SUM2:=0;
FOR J:=1 TO NS DO
BEGIN
U[J]:=VT/N[J];
SUM1:=SUM1+(CV[J]/U[J]);
SUM2:=SUM2+(1/U[J]);
END;
WRITE(F,'   STATION      N       CV      SI ');
WRITELN(F);
WRITELN(F,'-------------------------------------------------');
FOR J:=1 TO NS DO
BEGIN
SI:=((CV[J]-(SUM1/SUM2))*(CV[J]-(SUM1/SUM2))/U[J]);
S:=S+SI;
WRITE(F,'   ',J:3,'   ',N[J],'   ',CV[J]:6:4,'   ',SI:6:3);
WRITELN(F);
```

ادامه متن برنامه کامپیوتري آزمون ضریب تغییرات

……

```
END;
WRITELN(F,'-------------------------------------------------');
WRITELN(F,'    S=',S:6:3);
CLOSE(F);
CLOSE(F2);
READLN;
END.
```

منابع

۱- دورنکامپ و همکاران، ۱۳۷۰. تحلیلهاي کمکي در ژئومورفولوژي ، ترجمه جمشید فریفته، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- کاویاني ، م. ، ب. علیجاني ۱۳۷۹. مباني آب و هواشناسي. انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انساني دانشگاهها (سمت) ، ص۵۸۲.

۳-گلدسته، اکبر و همکاران، ۱۳۷۷. راهنماي کاربران SPSS ، جلد دوم، آمار پردازان.

۴-مانلي، بي. اف.جي.، ۱۳۷۳، آشنایي با روشهاي آماري چند متغیره، ترجمه مقدم و همکاران، انتشارات پیشتاز علم تبریز.

۵-نصرتي،کاظم، حسین، آذرنیوند،۱۳۸۱. تحلیل منطقه‌اي شدت ـ مدت ـ دوره بازگشت خشکسالي با استفاده از داده هاي بارندگي.نشریه بیابان، جلد ۱ شماره ۷.

6-Acreman, M. C. & C. D. Sinclair, 1986. Classification of Drinage Basins According to Their Pysical Characteristics for Flood Frequency Analysis in Scotland, Journal of Hydrology, 84,365-384.

7-Aron, G., & G.B. Emmanuel, 1982. Evaluation of Drought Potential and Damages in the Northeastren United Stated. Completion Report, 158pp

8-Burn D. H. & N.K. Goel, 2000. The Formation of Groups For Regional Floods Frequency Analysis, Hydrological Sciences Journal, 45: 97-112.

9-Clausen, B. & C.P. Pearson, 1995. Regional Frequency Analysis of Annual Maximum Stream Flow Drought, J. Hydrol. 173, 11-130.

10-Jennings M.E.and M.A. Benson. 1969. Frequency Curve for Annual Flood Series With Some Zero Events of Incomplete Data. Water Resources Research, 5(1): 275- 280

11-Nathan, R. J. & T. A. Mc Mahon, 1990. Identification of Homogeneous Regions for The Purpose of Regionalization. Journal of Hydrology, 121:217-238

12-NDMC, National Drought Mitigation Center, 1995. Understanding and Defining Drought. 7pp [Available from National Drought Mitigation Center, http://drought.unl.edu].
13-Tasker, G.D. 1982. Comparing Methods of Hydrologic Regionalization, Water Resources Bulletin, 18(6): 965-970.
14-Wiltshire, S. E. 1985. Grouping Basins for Regional Flood Frequency Analysis, Hydrological Scinces Journal, Vol.30 151-159
15-Wiltshire, S. E. 1986. Regional for Flood Frequency Analysis I: Homogeneity Statistics, Hydrol. Sci. J., Vol.31 No.3: 321-33

Identification of Homogenous Regions for Low Flow Frequency Analysis

K. Nosrati[1] **M. Mohseni Saravi**[2] **S. Eslamian**[3] **F.Sharifi**[4] **M. Mahdavi**[5]

Abstract

In this study, two methods of multivariate techniques and CV-Based test were employed for the identification of homogenous regions for low flow frequency analysis. First a group of 17 variables including climatologic, physiographic, geologic and hydrologic factors of 16 recording stations in Atrak river basin were analyzed using component analysis to find homogenous regions. The analysis indicated the high importance of 4 factors namely basin area, annual precipitation, percentage of pervious formation, and slope of the basin. Spatial variations of data were then interpreted with distance-grouping technique resulting in two homogenous regions. In addition, annual low flows of 7, 15, 30 and 60-day duration in each station were calculated and CV-Base test estimated based on the coefficient of variations.

Results showed the non-homogeneity of the whole area, however two homogenous areas were determined using cluster analysis.

Keywords: Homogene region, Low flow, Hydrologic drought, Cluster analysis, Factor analysis.

---

[1] *-Scientific Staff of Agricultural Collage of Darab, Shiraz University*

[2] *- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*

[3] *- Associate Professor, Faculty of Agriculture Technical University of Isfahan*

[4] *- Assistant Professor In Research, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute*

[5] *- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*