

شناسایی زیرحوضه‌های هیدرولوژیکی همگن از نظر عوامل ژئومورفولوژیک موثر بر سیلاب با استفاده از تحلیل خوشه‌ای (مطالعه موردی: دشت کرون)

هوشمند عطایی: استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران*
مهن‌آز شیریان: کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، سبزوار، ایران

چکیده

در حوضه های فاقد آمار تعیین زیرحوضه ها با ویژگیهای ژئومورفولوژیک مشابه و دسته بندی آنها برای اجرای هماهنگ عملیات کنترل سیلاب و نیز اولویت دادن به زیرحوضه ها با توان سیلخیزی بیشتر، به عنوان روشی برای مدیریت سیلاب در حوضه های فاقد آمار پیشنهاد می شود. در این پژوهش که به منظور شناخت زیرحوضه های دشت کرون از نظر ویژگیهای ژئومورفولوژیک موثر بر سیلاب و گروه بندی آنها در دسته های همگن صورت گرفت، سیزده متغیر کمی ژئومورفولوژی در تمام زیرحوضه ها محاسبه شدند. این متغیرها به گروه شاخصهای تراکم آبراهه ها، ژئومتری حوضه، متغیرهای ارتفاعی و اقلیمی حوضه تعلق دارند. برای تفکیک زیر حوضه هایی که از نظر این شاخصها در گروههای همگن قرار می گیرند از تحلیل خوشه ای به روش طبقاتی و روش فازی استفاده گردید. در روش طبقاتی بهترین تفکیک از روش وارد حاصل شد و زیرحوضه ها در سه دسته مشابه گروهبندی شدند. در روش فازی دو گروه و با درصد تعلق تقریباً مشابه مجزا شدند. به این ترتیب برای دستیابی به نتایج بهتر در این روش متغیرها در چهار دسته شامل متغیرهای آبراهه ای، ژئومتری، ارتفاعی و اقلیمی به طور مجزا دسته بندی شدند و روش فازی در هر دسته به طور جداگانه اعمال شد که تفکیک بهتری برای خوشه بندی با درصد تعلق قابل قبول تری صورت گرفت. برای تفکیک زیرحوضه ها به دسته های مشابه از نظر شدت سیلخیزی، از دبی اوج سیلاب، در دوره بازگشت مختلف استفاده شد، در هر دو روش خوشه بندی به روش فازی و روش طبقاتی سه دسته زیرحوضه از هم تفکیک شدند که نشان می داد نتایج دو روش فازی و طبقاتی با اندکی جابه جایی در گروهها مشابه بوده است. در پایان از روش تحلیل توصیفی برای بررسی ویژگیهای توصیفی زیرحوضه ها استفاده شد و از این نظر نیز دسته بندی نظری زیرحوضه ها در سه گروه مشابه با توجه به توان سیل خیزی صورت گرفت که با خوشه های حاصل از روش تحلیل کمی مشابهت نشان می داد.

واژه‌های کلیدی: خوشه بندی فازی، خوشه بندی طبقاتی، متغیرهای ژئومورفولوژیک، حوضه کرون، زیرحوضه های همگن

۱- مقدمه

سیستم به صورت کنش واکنش عمل می کند و تغییر در یک قسمت آن می تواند بر قسمتهای دیگر تاثیر بگذارد (کوک و دورکمپ، ۲۶۶، ۱۳۷۸). از آنجا که اولین قدم در راه مبارزه صحیح با یک پدیده، شناخت دقیق خصوصیات پدیده است (ضیایی و بهنیا، ۱۳۸۶، ۳۴۹)، علم ژئومورفولوژی می تواند در شناخت

خشکسالی و سیل از پدیده هایی هستند که بشر همواره از آنها وحشت داشته و کوشش نموده تا به گونه ای این مشکلات بزرگ را حل نماید برای موفقیت در این زمینه شناخت محیط و ساز و کار عمل مجموعه عناصر آن در ایجاد خطر، اهمیت زیادی دارد چون از جهت ژئومورفولوژیک یک

ناحیه بندی، طبقه بندی، پهنه بندی و شناخت مناطق همگن طی دوره های گذشته در شاخه های علم جغرافیا همواره مورد نظر بوده است که از جمله آنها می توان به پهنه بندی های هیدرولوژیکی، پهنه بندی های اقلیمی، پهنه بندی های مخاطرات طبیعی و پهنه بندی های ژئومورفولوژیکی اشاره کرد (عطایی، ۱۳۸۳، ۲۳).

تحلیل خوشه ای محقق را قادر می سازد تا گروه های واقعی را آشکار ساخته و از طرف دیگر برای کاهش داده ها مفید است. الگوریتم های زیادی برای تجزیه خوشه ای پیشنهاد شده است، سه روش اصلی خوشه بندی که در علم آمار بسط و گسترش داده شده اند، عبارتند از: سلسله مراتبی، غیر سلسله مراتبی و فازی. دو روش اول در دسته بندی آزمودنی های مشابه منجر به تشکیل نتایج قطعی می شوند، بدین معنی که اعضای که داخل یک خوشه قرار می گیرند صرفاً به آن خوشه تعلق می گیرند (بابایی و آوات، ۱۳۸۳، ۲).

نظریه مجموعه های فازی بر منطق فازی (چند ارزشی) استوار بوده و اساساً به منظور اقدام در شرایط ابهام ارائه گردیده است. در این نظریه، هر فرد همزمان در کلاس های مختلف ولی به درجات متفاوت عضویت دارد. به دیگر سخن کلاس ها همپوشی داشته و بنابراین، پیوسته هستند (شکاری و باقرنژاد، ۱۳۸۴، ۵۶).

۱-۱- پیشینه تحقیق

سی و اوپن شاو^۲ (۱۹۹۸) برای بالابردن اطمینان پیش بینی سیلاب در انگلستان و روگر و همکاران^۳ (۲۰۰۰) برای تهیه نقشه مشخصات هیدرولوژیکی

بخشی از این محیط و روابط زنجیره ای عناصر آن نقش قابل توجهی ایفا نماید (قنواتی، ۱۳۸۲، ۱۷۵).

برای جلوگیری از تهدید طبیعی سیلاب نمی توان در عوامل و عناصر جوی و اقلیمی تغییری ایجاد نمود بنابراین راه حل اصولی و چاره ساز را باید در روی زمین و اختصاصاً در حوضه های آبریز جستجو نمود. امروزه مبارزه با سیل از طریق مدیریت غیر سازه ای حوضه های آبخیز مورد توجه فراوان است در این ارتباط اولین اقدامی که برای کاهش خطر سیل مطرح می شود مهار سیل در سر منشاء آن یعنی زیرحوضه های آبخیز است (عبدی، ۲۰۰، ۱۳۸۵). مسلماً برای انجام این کار نیاز به شناسایی مناطق سیل خیز در داخل حوضه می باشد، زیرا به دلیل وسعت زیاد و گستردگی حوضه های آبخیز انجام عملیات اجرایی و اصلاحی در سراسر حوضه امکان پذیر نبوده و حتی در صورت عدم بررسی دقیق می تواند سبب تشدید سیل در زیر حوضه ها گردد (شیران، ۱۳۸۶، ۳).

تفکیک یک حوضه به زیرحوضه ها و گروه بندی آنها در دسته های مشابه از نظر شدت سیلخیزی و نیز خصوصیات ژئومورفولوژیکی مشابه می تواند به عنوان روشی در جهت اجرای عملیات هماهنگ کنترل سیلاب و اولویت قائل شدن برای زیرحوضه های بحرانی به کار گرفته شود.

در این روش ناحیه بندی شیوه ای است که گروه های طبیعی از حوضه های آبخیز با واکنش هیدرولوژیکی همگن را جستجو می کند و از تکنیکهای خوشه ای به منظور تفکیک حوضه ها در گروه های مشابه استفاده می شود. این روش در طراحی، برنامه ریزی و مدیریت منابع آب کاربرد دارد (سرینواس^۱ و شیوام، ۲۰۰۸، ۱۳۶).

² - See and Openshow

³ - Roger et all

¹ - Srinivas and Shivam

داده‌ها اقدام نموده و گروه‌های اقلیمی، خاک و... را از یکدیگر متمایز کرده‌اند. از نتایج جالب توجه در این تحقیق ارایه الگوریتم ناپایگانی از خوشه بندی می باشد که اصطلاحاً کهکشان ستاره^۸ها نامیده می شود. در این زمینه فضای ۳ بعدی خوشه‌ها ترسیم شده و در نهایت نقشه ملی خوشه بندی شده بر اساس عناصر ارتفاع، خاک و متغیرهای اقلیمی با ۳۰۰۰ بوم ناحیه تهیه شده است.

در ایران، غیاثی و همکاران (۱۳۸۳) از ویژگیهای هندسی حوضه‌ها نظیر مساحت، محیط، طول و شیب آبراهه اصلی و... برای تعیین همگنی ۴۰ حوضه در البرز شمالی استفاده کردند، نتایج نشان داد برای تعیین همگنی به روش ساسله مراتبی نیاز به اندازه گیری تعداد زیادی از پارامترهای هندسی نیست.

تلوری و همکاران (۱۳۸۳) به منظور بررسی امکان استفاده از تئوری و منطق فازی در اولویت بندی عملیات آبخیزداری با هدف کنترل سیلاب و کاهش رسوبدهی حوضه آبخیز شهرستان کرج، ۹ پارامتر مربوط به روش PSIAC را محاسبه کردند. ابتدا برای هر زیرحوضه ۲۶ پارامتر هیدرولوژیکی، فیزیوگرافی، زمین شناسی و اقلیمی انتخاب و سپس این پارامترها با استفاده از روش تجزیه عاملها به ۱۰ عامل با بیشترین تاثیر کاهش داده شدند. بین عوامل مذکور و نسبت (Q10/Q100) به عنوان شاخص سیلخیزی روابط رگرسیونی برقرار گردید و زیر حوضه‌ها اولویت بندی شدند. سپس روش تحلیل خوشه ای برای اولویت بندی به کار رفت. نتایج نشان داد که اولویت بندی بر اساس کاربرد منطق فازی در اکثر موارد با نتایج تحلیل خوشه ای همخوانی دارد یعنی زیرحوضه های دارای امتیاز یکسان از نظر اولویت بندی، متعلق به یک گروه همگن بوده اند.

خاک در فرانسه از روش خوشه بندی به روش فازی استفاده کردند، در هر دو مورد، نتایج نشان داد که روش متکی بر منطق فازی به دلیل اجرای خوب، هزینه پایین تر و عملکرد بهتر، روش مناسب تری است.

هولا و داتر^۱ (۱۹۹۹) مطالعه زمین آماری بارش را از دیدگاه زمانی - مکانی در استرالیا انجام داده اند، در این بررسی داده های روزانه بیش از ۴۰۰ ایستگاه در یک دوره ۲۰ ساله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است، یکی از قوی ترین ابزارهای شناسایی رفتار زمانی - مکانی بارش یعنی پراش نگار نیز مورد استفاده واقع شده است. از پایگاه داده های هر ایستگاه، نخست ویژگیهای ضروری پراش نگار^۲ با عناوینی همچون آستانه^۳، دامنه^۴ و تأثیر ماند^۵ مشخص شده است، سپس از تکنیک خوشه ای برای طبقه بندی بهره گرفته اند و نهایتاً "منطقه مورد مطالعه، بصورت دو، سه و چهار خوشه ای پهنه بندی شده است.

هافمن و هارگروو^۶ (۱۹۹۹) در مقاله ای تحقیقی با عنوان "خوشه بندی چند متغیره عناصر جغرافیایی با بهره گیری از رایانه های موازی و روش خوشه بندی آماری ناپایگانی^۷ (غیر ساسله مراتبی) برای تجزیه و تحلیل داده های محیطی ۴۸ ناحیه ایالت متحده اقدام کرده اند. در این بررسی حدود ۸ میلیون یاخته نقشه ای در فضای ۹ بعدی پردازش شده که رایانه های شخصی قادر به انجام چنین کاری نیستند، سپس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به طبقه بندی

^۱ - Holawe and Dutter

^۲ - Diffraction graph

^۳ - Threshold

^۴ - Range

^۵ - MOND effects

^۶ - Hoffman and Hargrove

^۷ - Non hierarchical

^۸ - Galaxies

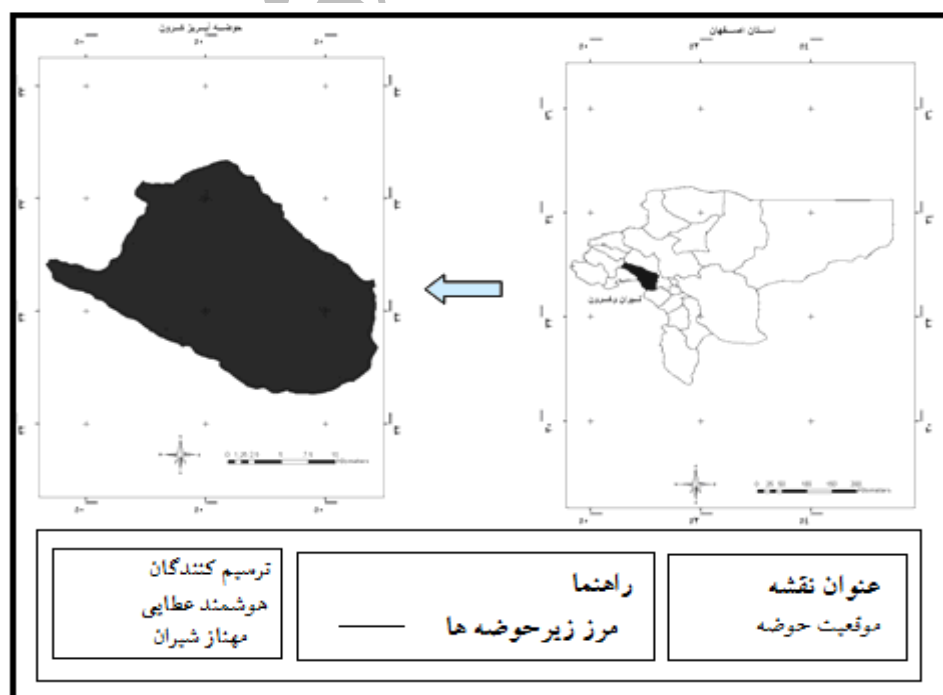
لایه های آهکی با ماسه سنگ و شیست سبز مربوط به دوران کرتاسه است که به صورت صخره ای و با پوشش گیاهی ضعیف می باشد، ضخامت خاک بسیار کم و نفوذ پذیری متوسط است. ارتفاعات شمالی دشت اکثرا از تشکیلات ماسه سنگ و کنگلومرا بوده که نفوذ پذیری و پوشش گیاهی اندکی دارند. مساحت حوضه ۳۲۶.۱۸۹ کیلومتر مربع و محیط آن ۸۲.۵۵۴ کیلومتر است. ارتفاع متوسط حوضه ۲۵۴۵.۲۹ متر است. مرتفع ترین نقطه ارتفاعی ۳۶۴۰ متر (کوه داران) و پست ترین نقطه ۲۱۵۰ متر (نزدیک روستای عسکران) است. شیب متوسط حوضه ۱۵.۵٪ می باشد که به طور کلی هرچه از سمت غرب به شرق حرکت کنیم از میزان شیب کم می شود. اقلیم حوضه در رده بندی دومارتن در گروه اقلیم نیمه خشک قرار می گیرد (امیر احمدی و شیران، ۱۳۸۸، ۱۵۶).

بیابانکی و اسلامیان (۱۳۸۳) از روش تحلیل خوشه ای در حوضه آبریز کرخه برای تعیین مناطق همگن بر اساس ۱۶ خصوصیت هیدرولوژیک استفاده کردند، سپس از روش تحلیل ممیزی درستی گروه بندی مورد آزمون قرار گرفت و در نتیجه منطقه به دو گروه همگن تقسیم بندی شد.

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از اراضی شهرستان تیران و کرون در غرب اصفهان را شامل می شود و زیرحوضه ای از حوضه بزرگ مرغاب (اراضی بالا دست حوضه) است که به زاینده رود می ریزد (شکل شماره ۱).

این دشت بین ۳۲° ۵۰' تا ۳۳° ۲۱' عرض شمالی و ۵۰° ۳۲' تا ۵۰° ۵۶' طول شرقی واقع است و توسط دو رشته کوه که جزء پیشکوههای زاگرس است از طرف جنوب محصور شده است. این ارتفاعات اکثرا از میان



شکل ۱- موقعیت حوضه در استان اصفهان و شهرستان تیران و کرون

۲- داده های تحقیق

نمونه ۶ ساعته در دوره های بازگشت مختلف و از طریق روش SCS برآورد گردید که این مقادیر در جدول شماره (۳) آمده است. در روش SCS:

(۱)

$$R = \frac{(P - 0.2S)}{P + 0.8S}$$

(۲)

$$TP = 0.6TC + \sqrt{TC}$$

(۳)

$$QP = \frac{2.083 \times A \times R}{TP}$$

R: ارتفاع رواناب (سانتی متر)

QP: دبی سیلابی (مترمکعب بر ثانیه)

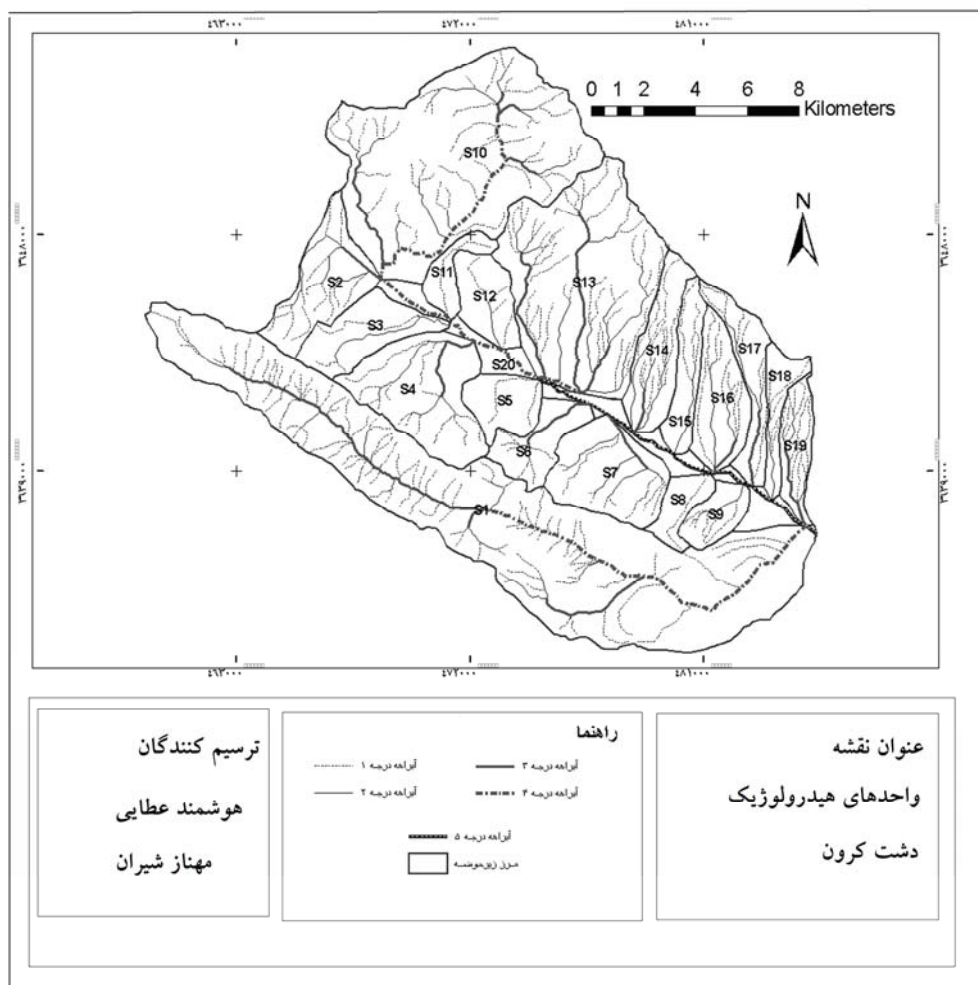
TP: زمان اوج هیروگراف

A: مساحت حوضه (هکتار)

S: نمایه نگهداشت آب در داخل حوضه

P: بارش (سانتی متر) (علیزاده، ۱۳۸۳، ۵۲۱)

به منظور کاربرد تحلیل خوشه ای در حوضه کرون، حوضه مورد نظر روی نقشه رقومی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۶، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برگه های چادگان، عسکران، آشن، دهق) مشخص و به بیست زیرحوضه بر اساس واحدهای هیدرولوژیک تفکیک شد (شکل شماره ۲). از بین متغیرهای ژئومورفولوژیک شامل شاخصهای ارتفاعی، تراکم آبراهه ای، ژئومتری و عوامل اقلیمی سیزده عامل انتخاب شدند. این انتخاب با توجه به عوامل کمی موثر بر سیلاب صورت گرفته است. این مجموعه عوامل در جدول شماره (۱) آمده است. مقادیر این متغیرها به تفکیک در هر یک از زیرحوضه ها توسط اندازه گیری رقومی با نرم افزار arc view و فرمولهای موجود محاسبه و ماتریس داده ها تشکیل گردید این ماتریس در جدول شماره (۲) آمده است. با توجه به اینکه حوضه مورد نظر فاقد ایستگاه هیدرومتری است سیلاب حوضه برای بارش



شکل ۲- واحدهای هیدرولوژیک دشت کرون

جدول ۱- متغیرهای به کار رفته در تحلیل خوشه‌ای

| | |
|----------------------------------------------|--------------------------|
| تراکم آبراهه‌ها (Du) | متغیرهای تراکم آبراهه‌ها |
| ضریب بافت (Tu) | |
| مساحت بر حسب کیلومتر مربع (Au) | متغیرهای ژئومتری |
| محیط بر حسب کیلومتر (Pu) | |
| طول حوضه بر حسب کیلومتر (Lb) | |
| ضریب شکل (FF) | |
| زمان تمرکز بر حسب ساعت (Tc) | |
| شیب آبراهه بر حسب درصد (Sr) | متغیرهای ارتفاعی |
| شیب متوسط زیرحوضه بر حسب درصد (Sb) | |
| اختلاف ارتفاع حوضه بر حسب متر (HS) | |
| ضریب خشونت ناهمواری (Rn) | |
| حد اکثر بارش ۲۴ ساعته بر حسب میلی‌متر (Pmax) | متغیرهای اقلیمی |
| میانگین بارش سالانه بر حسب میلی‌متر (Pmin) | |

جدول ۲- ماتریس متغیرها و مقادیر محاسبه شده آنها در هر یک از زیر حوضه های دشت کرون

| DU | SB | SR | HS | RN | AU | PU | LB | TU | TC | FF | Pmin | Pmax | زیر حوضه |
|------|-------|-------|----------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|--------|----------|
| ۱/۶۱ | ۲۵/۵۰ | ۳/۹۴ | ۲۶۸۱/۱۳ | ۰/۴۵ | ۹۱/۰۲ | ۶۴/۷۷ | ۲۶/۷۴ | ۱/۸۴ | ۳/۰۷ | ۰/۱۳ | ۴۹۸/۲۹ | ۲/۰۸ | ۱ |
| ۲/۱۹ | ۱۴/۷۷ | ۱۰/۱۷ | ۲۶۲۴/۱۹ | ۰/۵ | ۱۱/۸۸ | ۱۷/۴۴ | ۵/۰۰ | ۰/۹۲ | ۱/۲۱ | ۰/۴۸ | ۴۷۷/۶۷ | ۱/۰۵ | ۲ |
| ۱/۲۵ | ۱۷/۴۶ | ۱۳/۰۹ | ۲۶۳۸/۰۷ | ۰/۲۶ | ۹/۳۹ | ۱۴/۸۶ | ۶/۱۱ | ۰/۲۷ | ۱/۰۱ | ۰/۲۵ | ۴۸۲/۷۰ | ۱۰۵/۸۵ | ۳ |
| ۱/۴۵ | ۲۴/۰۳ | ۱۰/۰۹ | ۲۷۳۳/۰۵ | ۰/۳۱ | ۱۷/۹۷ | ۱۸/۷۷ | ۵/۱۳ | ۰/۹۱ | ۰/۷۴ | ۰/۶۸ | ۵۱۷/۰۸ | ۱۱۱/۷۴ | ۴ |
| ۰/۸۹ | ۱۳/۳۸ | ۱۰/۱۴ | ۲۴۱۳/۶۷ | ۰/۱۲ | ۶/۰۴ | ۱۰/۲۷ | ۲/۹۸ | ۰/۱۹ | ۰/۷ | ۰/۶۸ | ۴۰۱/۴۷ | ۹۱/۹۴ | ۵ |
| ۱/۳۹ | ۱۸/۶۳ | ۱۳/۰۰ | ۲۵۳۹/۶۸ | ۰/۲۰ | ۶/۶۷ | ۱۳/۳۹ | ۳/۷۶ | ۰/۶۷ | ۰/۷ | ۰/۴۷ | ۴۴۷/۰۸ | ۹۹/۷۵ | ۶ |
| ۱/۵۸ | ۱۹/۱۰ | ۱۰/۳۳ | ۲۵۲۲/۵۱ | ۰/۲۶ | ۱۳/۵۸ | ۱۴/۴۹ | ۴/۴۳ | ۱/۰۴ | ۰/۸ | ۰/۶۹ | ۴۴۰/۸۷ | ۹۸/۶۸ | ۷ |
| ۱/۰۰ | ۱۶/۱۶ | ۱۱/۶۷ | ۲۳۳۶/۲۰ | ۰/۱۱ | ۳/۷۹ | ۹/۸۶ | ۲/۸۶ | ۰/۱ | ۰/۶۶ | ۰/۴۶ | ۳۷۳/۴۲ | ۸۷/۱۳ | ۸ |
| ۲/۰۸ | ۱۳/۵۹ | ۱۰/۵۱ | ۲۲۴۱/۵۲ | ۰/۲۳ | ۴/۳۱ | ۸/۴۵ | ۳/۲۲ | ۰/۸۳ | ۰/۶۱ | ۰/۴۲ | ۳۳۹/۱۵ | ۸۱/۲۶ | ۹ |
| ۱/۴۹ | ۱۴/۳۰ | ۴/۶۴ | ۲۶۳۵/۵۸ | ۰/۲۴ | ۵۵/۵۸ | ۳۳/۲۲ | ۱۰/۱۲ | ۱/۸۴ | ۱/۹۷ | ۰/۴۱ | ۴۸۱/۸۰ | ۱۰۵/۶۹ | ۱۰ |
| ۱/۲۳ | ۴/۲۴ | ۲/۶۲ | ۲۴۹۱/۷۷ | ۰/۰۴ | ۳/۷۱ | ۱۰/۸۰ | ۲/۸۸ | ۰/۰۹ | ۱/۶۲ | ۰/۵۲ | ۴۲۹/۷۴ | ۹۶/۷۸ | ۱۱ |
| ۱/۱۰ | ۴/۱۲ | ۳/۲۲ | ۲۳۶۶/۹۹ | ۰/۰۴ | ۶/۷۵ | ۱۰/۸۶ | ۴/۰۵ | ۰/۴۶ | ۱/۵۴ | ۰/۲۱ | ۳۸۴/۵۷ | ۸۹/۰۴ | ۱۲ |
| ۲/۱۹ | ۹/۷۰ | ۶/۳۱ | ۲۴۷۸/۸۶ | ۰/۳۵ | ۴۰/۵۷ | ۲۶/۸۳ | ۸/۸۱ | ۲/۱۲ | ۲/۲۹ | ۰/۱۴ | ۴۲۵/۰۷ | ۹۵/۹۸ | ۱۳ |
| ۳/۰۸ | ۹/۱۲ | ۶/۷۸ | ۲۳۷۵/۴۲ | ۰/۳۲ | ۹/۵۰ | ۱۹/۴۹ | ۶/۷۸ | ۱/۰۹ | ۱/۶۲ | ۰/۲۴ | ۳۸۷/۶۲ | ۸۹/۵۹ | ۱۴ |
| ۱/۸۹ | ۱۰/۲۸ | ۷/۰۲ | ۲۳۷۱/۸۵ | ۰/۱۹ | ۶/۱۵ | ۱۵/۱۶ | ۶/۶۸ | ۰/۲۶ | ۱/۵۱ | ۰/۱۶ | ۳۸۶/۳۳ | ۸۹/۳۴ | ۱۵ |
| ۲/۵۳ | ۶/۹۰ | ۵/۰۶ | ۲۲۸۱/۲۸۹ | ۰/۱۷ | ۹/۶۶ | ۱۴/۴۶ | ۶/۴۰ | ۰/۸۹ | ۱/۶۷ | ۰/۱۴ | ۳۵۳/۷۶ | ۸۳/۷۷ | ۱۶ |
| ۲/۴۷ | ۹/۸۲ | ۵/۸۷ | ۲۳۵۲/۶۳ | ۰/۲۰ | ۷/۷۲ | ۱۹/۱۱ | ۶/۸۶ | ۰/۵۲ | ۱/۸۲ | ۰/۲۴ | ۳۷۹/۳۷ | ۸۸/۱۵ | ۱۷ |
| ۲/۴۵ | ۴/۸۰ | ۲/۵۰ | ۲۲۹۶/۱۳ | ۰/۲۰ | ۴/۴۱ | ۱۴/۲۴ | ۵/۶۱ | ۰/۴۲ | ۲/۰۱ | ۰/۱۴ | ۳۵۸/۹۱ | ۸۴/۶۵ | ۱۸ |
| ۴/۰۲ | ۴/۰۰ | ۲/۴۲ | ۲۲۲۴/۴۰ | ۰/۱۲ | ۵/۴۹ | ۱۳/۲۶ | ۵/۴۲ | ۱/۱۱۳ | ۲/۱۹ | ۰/۱۹ | ۳۳۲/۹۵ | ۸۰/۲۰ | ۱۹ |
| ۱/۴۱ | ۳/۲۵ | ۱/۲۲ | ۲۲۱۳/۹۰ | ۰/۰۵ | ۱۲/۰۵ | ۴۷/۹۹ | ۱۶/۲۰ | ۰/۰۴ | ۲/۳۱ | ۰/۰۵ | ۳۲۹/۱۵ | ۷۹/۵۵ | ۲۰ |

جدول ۳- دبی اوج سیلاب (مترمکعب بر ثانیه) در دوره‌های بازگشت مختلف برای بارش نمونه ۶ ساعته در زیر

حوضه‌های دشت کرون

| Q1000 | Q100 | Q50 | Q25 | Q10 | Q5 | Q2 | زیر حوضه |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| ۲۲۲ | ۲۰۹/۳۵ | ۱۹۹/۸۵ | ۱۸۸/۲۵ | ۱۸۰/۸۶ | ۱۷۱/۹ | ۸۸/۱۶۱ | ۱ |
| ۷۵ | ۵۷/۳۷ | ۵۴/۶۷ | ۵۱/۸۴ | ۴۹/۵۴ | ۴۷/۲۵ | ۴۴/۶۸ | ۲ |
| ۶۰ | ۵۱/۹ | ۴۹/۵ | ۴۶/۹۴ | ۴۵ | ۴۲/۸۲ | ۴۰/۴ | ۳ |
| ۵۴/۹۵ | ۱۳۵/۶۹ | ۱۲۹/۹۵ | ۱۲۳/۶۲ | ۱۱۹/۳۱ | ۱۱۴/۱۴ | ۱۰۸/۳۹ | ۴ |
| ۱۴۳/۱۷ | ۳۵/۶۵ | ۳۳/۸۳ | ۳۱/۸۲ | ۳۰/۰۲ | ۲۸/۴۱ | ۲۶/۵ | ۵ |
| ۵۰/۰۱ | ۴۷/۱۳ | ۴۵/۰۲ | ۴۲/۵۸ | ۴۰/۷ | ۳۸/۷ | ۳۶/۴۸ | ۶ |
| ۸۷/۸ | ۸۲/۴۴ | ۷۸/۵۲ | ۷۴/۱۹ | ۷۰/۶۹ | ۶۷/۱۹ | ۶۳/۰۶ | ۷ |
| ۲۴/۸۷ | ۲۳/۲۳ | ۲۲ | ۲۰/۷۶ | ۱۹/۴۶ | ۱۸/۴۲ | ۱۷/۲ | ۸ |
| ۲۸/۰۴ | ۲۶/۰۳ | ۲۴/۶۱ | ۲۳/۱۳ | ۲۱/۵۸ | ۲۰/۳۳ | ۱۸/۷۷ | ۹ |
| ۲۰۲/۹۹ | ۱۹۱/۳۴ | ۱۸۲/۸۲ | ۱۷۳/۴۱ | ۱۶۲/۸ | ۱۵۸/۱۸ | ۱۵۱/۰۱ | ۱۰ |
| ۱۳ | ۱۲/۱۸ | ۱۱/۵۲ | ۱۰/۸۷ | ۱۰/۲۸ | ۹/۷۳ | ۹/۰۸ | ۱۱ |

ادامه جدول ۳- دبی اوج سیلاب (مترمکعب بر ثانیه) در دوره‌های بازگشت مختلف برای بارش نمونه ۶

ساعته در زیر حوضه‌های دشت کرون

| | | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| ۲۲/۸۱ | ۲۱/۱۸ | ۲۰/۰۲ | ۱۸/۷۲ | ۱۷/۶۱ | ۱۶/۵۷ | ۱۵/۳۴ | ۱۲ |
| ۱۰۹/۵ | ۱۰۲/۴۸ | ۹۷/۲۳ | ۹۱/۳۶ | ۸۶/۷۲ | ۸۱/۷۶ | ۷۶/۵ | ۱۳ |
| ۳۱/۰۴ | ۲۸/۹۲ | ۲۷/۳۴ | ۲۵/۳۱ | ۲۴/۰۸ | ۲۲/۶۷ | ۲۰/۹۹ | ۱۴ |
| ۲۱/۰۹ | ۱۹/۶۵ | ۱۸/۶۳ | ۱۷/۳۷ | ۱۶/۴۱ | ۱۵/۳۸ | ۱۴/۲۴ | ۱۵ |
| ۲۹/۰۳ | ۲۶/۹۳ | ۲۵/۲۶ | ۲۳/۶۸ | ۲۲/۱ | ۲۰/۷ | ۱۹/۱۲ | ۱۶ |
| ۲۲/۸۳ | ۲۱/۲۵ | ۲۰/۰۷ | ۱۸/۷۵ | ۱۷/۶۳ | ۱۶/۵۸ | ۱۵/۳۳ | ۱۷ |
| ۱۱/۰۹ | ۱۰/۲۵ | ۹/۵۲ | ۹ | ۸/۴ | ۷/۸۴ | ۷/۲۱ | ۱۸ |
| ۱۲/۳۴ | ۱۱/۳۷ | ۱۰/۶۶ | ۹/۹۲ | ۹/۲۲ | ۸/۵۷ | ۷/۸۷ | ۱۹ |
| ۱۴/۲۳ | ۱۳/۳۳ | ۱۲/۴۹ | ۱۱/۶۷ | ۱۰/۸۵ | ۱۰/۱۲ | ۹/۲۵ | ۲۰ |

۱-۲- روش‌ها

اندازه‌گیری فاصله نخواهند داشت. از متداول‌ترین روش‌ها، روش Z-score می‌باشد. در هر مشاهده از یک متغیر تصادفی اگر میانگین داده‌ها از آن کم شود و به انحراف معیار داده‌ها تقسیم شود مقدار به دست آمده را

در این پژوهش از روش تحلیل خوشه‌ای به دو شیوه طبقاتی و فازی استفاده شد. به منظور انجام این روش مراحل زیر به ترتیب اجرا می‌شوند:

Z-score گویند (غیائی و همکاران، ۱۳۸۳، ۵).

الف - انتخاب و اندازه‌گیری دقیق داده‌ها

داده‌های به کار رفته در این تحلیل شامل متغیرهای مربوط به خصوصیات هندسی حوضه و دو عامل اقلیمی بارش به صورت میانگین بارش سالانه و حد اکثر بارش ۲۴ ساعته زیرحوضه‌ها می‌باشند. خصوصیات هندسی حوضه به مجموعه عوامل فیزیکی گفته می‌شود که مقادیر آنها برای هر حوضه نسبتاً ثابت بوده و نشان دهنده وضع ظاهری حوضه است. این عوامل از این جهت حائز اهمیت هستند که بین آنها و رواناب حوضه همبستگی وجود دارد (علیزاده، ۱۳۸۳، ۴۵۵)

ج- انتخاب الگوریتم مناسب برای تجزیه و تحلیل انتخاب الگوریتم برای تجزیه و تحلیل خوشه‌ای بستگی به نوع داده و هدف دارد. در این پژوهش از روش طبقاتی^۱ و روش فازی توسط نرم افزار s-plus استفاده گردید.

در روش طبقاتی از دو فرآیند تجمعی و تقسیمی استفاده می‌شود. روش طبقاتی در علوم مرتبط با زمین دارای کاربرد وسیعی است. از مزایای روش طبقاتی ترسیم دندوگرام یا نمودار داریستی می‌باشد که از آن گروه‌های همگن استخراج می‌شود.

ب - استاندارد کردن داده‌ها

جهت پرهیز از تاثیر واحدهای اندازه‌گیری و عدم وابستگی به آنها، داده‌های استخراج شده استاندارد می‌شوند در این صورت متغیرها تاثیر غیرمتجانسی بر

^۱ - hierarchical

الگوریتم خوشه بندی فازی

روشهای تفکیکی به دو بخش خوشه بندی سخت و خوشه بندی فازی تقسیم می شوند. در خوشه بندی سخت، هر داده به یک و فقط یک خوشه نسبت داده می شود، در حالیکه در خوشه بندی فازی، یک تفکیک فازی صورت می گیرد به این معنی که هر داده با یک درجه تعلق به هر خوشه متعلق است. در شرایط واقعی خوشه بندی فازی بسیار طبیعی تر از خوشه بندی سخت است، چون داده های موجود در مرز خوشه های مختلف مجبور به تعلق کامل به یکی از خوشه ها نیستند و با درجه تعلق بین ۰ تا ۱ که نشان دهنده تعلق نسبی آنهاست تفکیک می شوند.

در تفکر فازی تعیین مرزی مشخص مشکل و تعلق عناصر مختلف به مفاهیم و موضوع های گوناگون نسبی است. چنین تفکری با طبیعت و محیط پیرامونی انسان بسیار سازگار می باشد. فازی بودن به معنای چند ارزشی بودن است در صورتیکه در منطق دو ارزشی برای هر سوال و یا مفهومی تنها دو پاسخ و یا حالت می تواند وجود داشته باشد. عضویت در یک مجموعه فازی نه تنها به صورت صفر (غیرعضو) و یک (عضو بودن) است بلکه به شکل مقادیر بین صفر و یک، که بیانگر درجه عضویت و متعلق بودن به دسته و یا طبقه ای است، بیان می شود. تابعی که درجه عضویت به یک مجموعه را بیان می کند اصطلاحاً تابع عضویت نامیده می شود (بروف، ۱۹۸۹، ۴۸۰). کاربردی ترین الگوریتم خوشه بندی فازی، الگوریتم C-means می باشد که نرم افزار

splus در تحلیل فازی از این الگوریتم استفاده می کند (MathSoft، ۱۹۹۹، ۸۶).

در این الگوریتم برای خوشه بندی n داده در c دسته یک تابع هدف J_m به صورت رابطه زیر تعریف می شود:

(۴)

$$J_m(u, v) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^{m'} (d_{ik})^2$$

به طوری که d_{ik} فاصله اقلیدسی بین مرکز خوشه i ام و داده k ام باشد.

(۵)

$$d_{ik} = d(X_i - V_i) = \left[\sum_{j=1}^m (x_{kj} - v_{im})^2 \right]^{1/2}$$

μ_{ik} برابر درجه عضویت داده k ام به خوشه i ام است. کمترین مقدار J_m مربوط به بهترین حالت خوشه بندی خواهد بود. در این جا یک پارامتر جدید m' به نام پارامتر وزنی معرفی می شود که بازه تغییرات آن به صورت $m' \in [1, \alpha]$ می باشد این پارامتر میزان فازی بودن را در فرآیند دسته بندی مشخص می نماید. همچنین V_i نشان دهنده مختصات مرکز i امین خوشه می باشد بنابراین، $V_i = \{V_{i1}, \dots, V_{im}\}$ که در آن m تعداد ابعاد V_i یا به عبارتی تعداد معیارهای تشابه می باشد. مختصات مرکز خوشه ها از رابطه زیر به دست می آید:

(۶)

$$u_i^j = \frac{\sum_{k=1}^n \mu_{ik}^{m'} x_k^j}{\sum_{k=1}^n \mu_{ik}^{m'}}$$

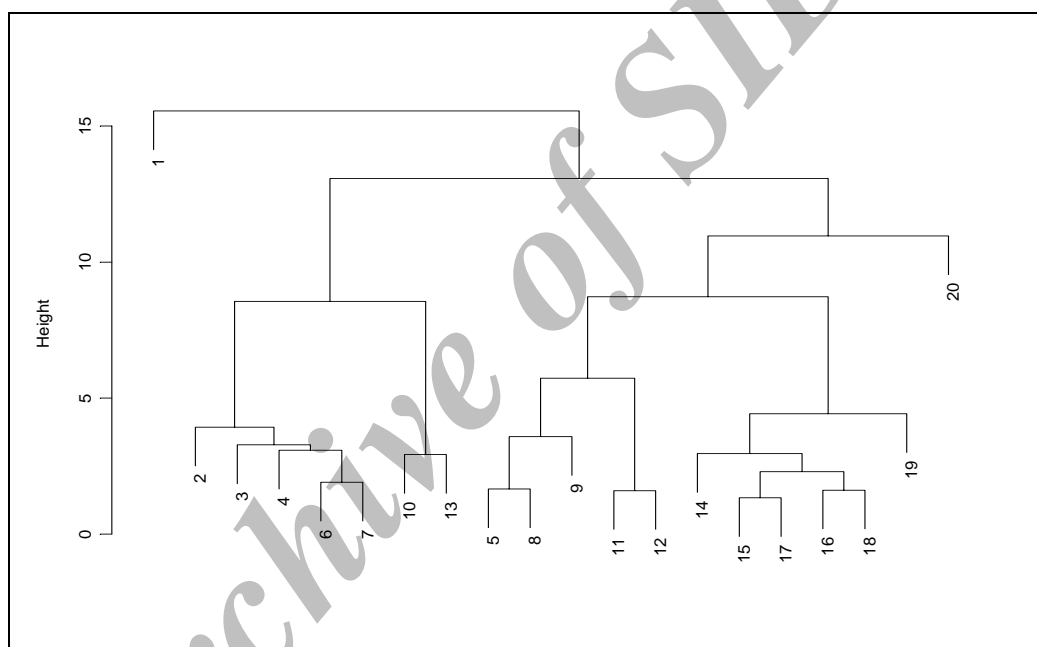
۳- مباحث

الف - روش خوشه بندی به روش طبقاتی

با اعمال روش طبقاتی بر روی سیزده عامل ژئومورفولوژیک زیرحوضه ها، بهترین تفکیک زیر حوضه ها براساس روش وارد (ward method) حاصل شد. دسته بندی حوضه در نمودار داریستی شکل (۳) از خروجی نرم افزار s-plus قابل مشاهده است.

به طوری که $j=1,2,\dots,m$ متغیری برای نشان دادن فضای معیارها است (کوره پزان دزفولی، ۱۳۸۷، ۱۲۷).

د- تفکیک زیرحوضه ها در گروههای همگن پس از استاندارد سازی داده ها با روش z-score اعمال فاصله اقلیدسی توسط نرم افزار s-plus و اعمال دو روش خوشه بندی فازی و طبقاتی، زیر حوضه ها در گروههای همگن دسته بندی شدند.



شکل ۳- نمودار داریستی تفکیک حوضه ها بر اساس مشابهت متغیرهای ژئومورفیک موثر بر سیلاب زیر حوضه‌ها

بندی زیرحوضه ها بر اساس این تحلیل در شکل شماره (۴) آمده است:

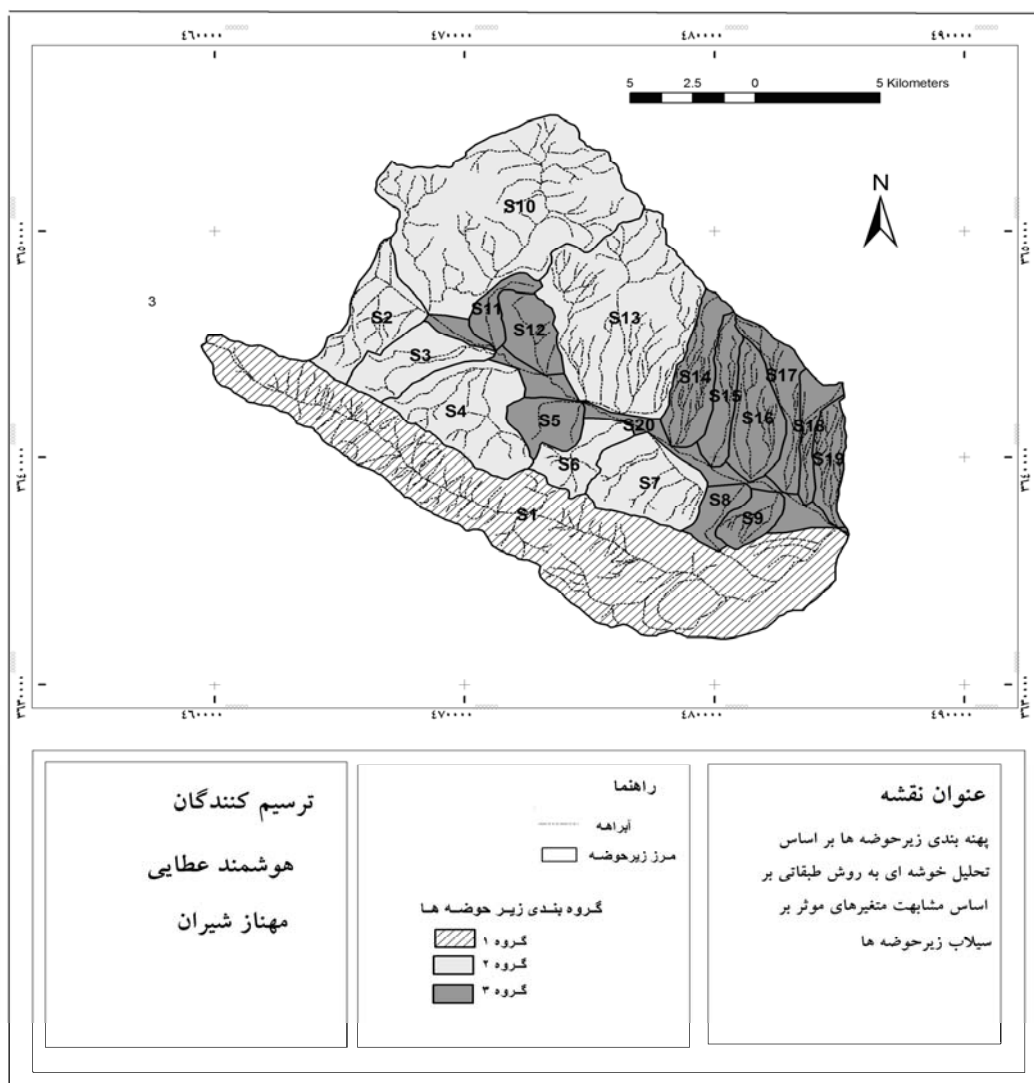
گروه اول: S₁

گروه دوم: S₂, S₃, S₄, S₆, S₇, S₁₀, S₁₃

گروه سوم: S₁₅, S₁₆, S₁₇, S₁₈, S₁₉, S₂₀

S₅, S₈, S₉, S₁₁, S₁₂, S₁₄

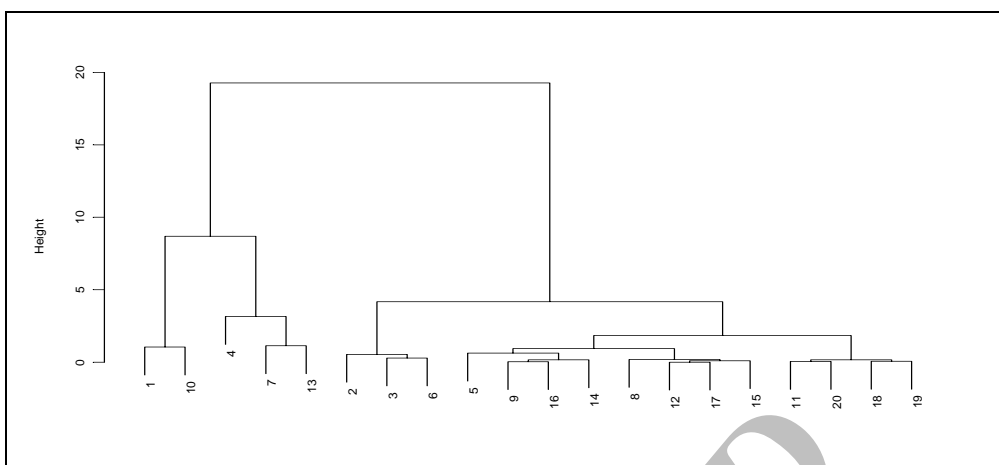
نمودار سه دسته مجزا برای زیر حوضه ها با توجه به اندازه پارامترهای منتخب در زیرحوضه ها را مشخص کرده است ضریب مشابهت در گروه دوم، (۰ تا ۵) دارای بیشترین مشابهت و کمترین فاصله است. زیر حوضه ها در سه دسته زیر تفکیک شده اند و پهنه



شکل ۴- پهنه بندی زیرحوضه‌ها بر اساس تحلیل خوشه‌ای به روش طبقه‌بندی بر اساس مشابهت متغیرهای موثر بر سیلاب زیرحوضه‌ها

در زیرحوضه‌ها استفاده شد. بهترین تفکیک زیرحوضه‌ها به روش وارد در نمودار داربستی در شکل (۵) و پهنه بندی زیرحوضه‌ها بر اساس این روش در شکل شماره (۶) آمده است.

در دسته بندی دیگری که به منظور تفکیک زیرحوضه‌ها از نظر شدت سیلخیزی به روش طبقه‌بندی صورت گرفت، از دبی اوج سیلاب برای بارش نمونه ۶ساعته به روش SCS و در دوره بازگشت‌های مختلف

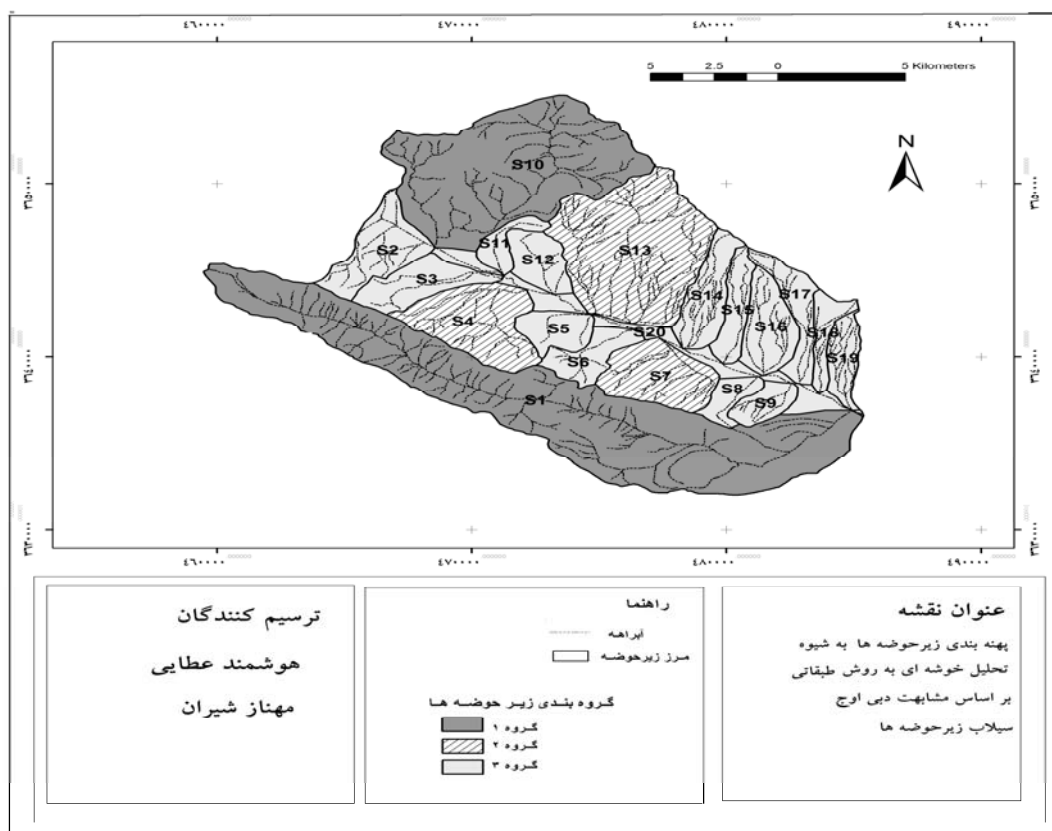


شکل ۵- نمودار داریستی تفکیک زیرحوضه‌ها بر اساس مشابهت دبی اوج سیلاب

گروه اول: S1, S10

گروه دوم: S4, S7, S13

گروه سوم: S2, S3, S5, S8, S9, S11, S12, S14, S15, S16, S17, S18, S19, S20



شکل ۶- پهنه بندی زیرحوضه‌ها به شیوه تحلیل خوشه‌ای به روش طبقاتی بر اساس مشابهت

دبی اوج سیلاب زیرحوضه‌ها

ب- خوشه بندی به روش فازی

با اعمال روش فازی بر روی سیزده عامل ژئومورفولوژیک، زیرحوضه‌ها به دو دسته تفکیک شدند. شکل شماره (۷) چگونگی این دسته بندی را نشان می‌دهد.

گروه اول: S13, S10, S8, S7, S6, S5, S4,

S1, S2, S3

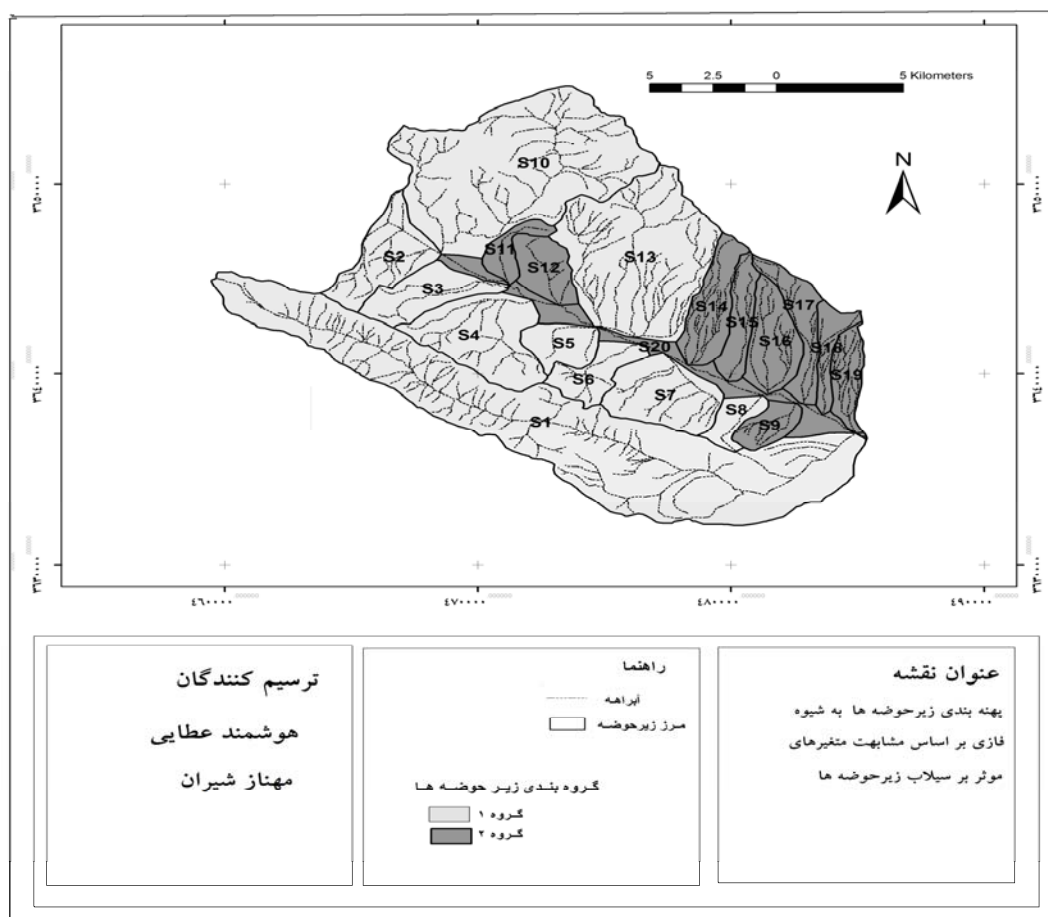
درصد تعلق به گروه اول ۵۵٪ و درصد تعلق به گروه دوم ۴۹/۹٪ بنابراین، با توجه به درصد تعلق بیشتر این زیرحوضه‌ها به گروه یک آنها را در این گروه جای دادیم.

گروه دوم: S20, S19, S18, S17, S16, S15,

S14, S12, S11, S9,

درصد تعلق به گروه دوم ۵۵٪ و درصد تعلق به گروه اول ۴۹/۹٪ بنابراین با توجه به درصد تعلق بیشتر این زیرحوضه‌ها به گروه دوم آنها را در گروه دوم جای دادیم.

مقایسه نتایج حاصل از روش فازی با روش طبقاتی نشان می‌دهد چنانچه گروههای یک و دو در روش طبقاتی را با توجه به اینکه گروه یک تنها یک عضو دارد در هم ادغام کنیم به جز زیرحوضه‌های ۸ و ۵ گروه بندی مشابهی با روش فازی به دست می‌آید.



شکل ۷- پهنه بندی زیرحوضه‌ها به روش فازی بر اساس مشابهت متغیرهای موثر بر سیلاب زیرحوضه‌ها

دسته شامل متغیرهای آبراهه ای، ژئومتری، ارتفاعی و اقلیمی به طور مجزا دسته بندی شدند و روش فازی در هر دسته به طور جداگانه اعمال شد. نتایج این دسته بندی و درصد تعلق هر یک از زیرحوضه ها به گروههای مربوطه در جدول شماره (۵) آمده است و نشان می دهد درصد همپوشی زیرحوضه ها در گروهها کاهش داشته و تفکیک بهتری برای خوشه بندی با درصد تعلق قابل قبول تری صورت گرفته است.

تفکیک زیرحوضه ها از نظر مشابهت دبی اوج سیلاب به روش فازی در جدول شماره (۴) و شکل شماره (۸) آمده است. نتایج حاصل نشان می دهد تفکیک زیر حوضه ها از نظر مشابهت دبی اوج سیلاب در هر دو روش فازی و طبقاتی با اندکی جابه جایی در گروهها مشابه بوده است.

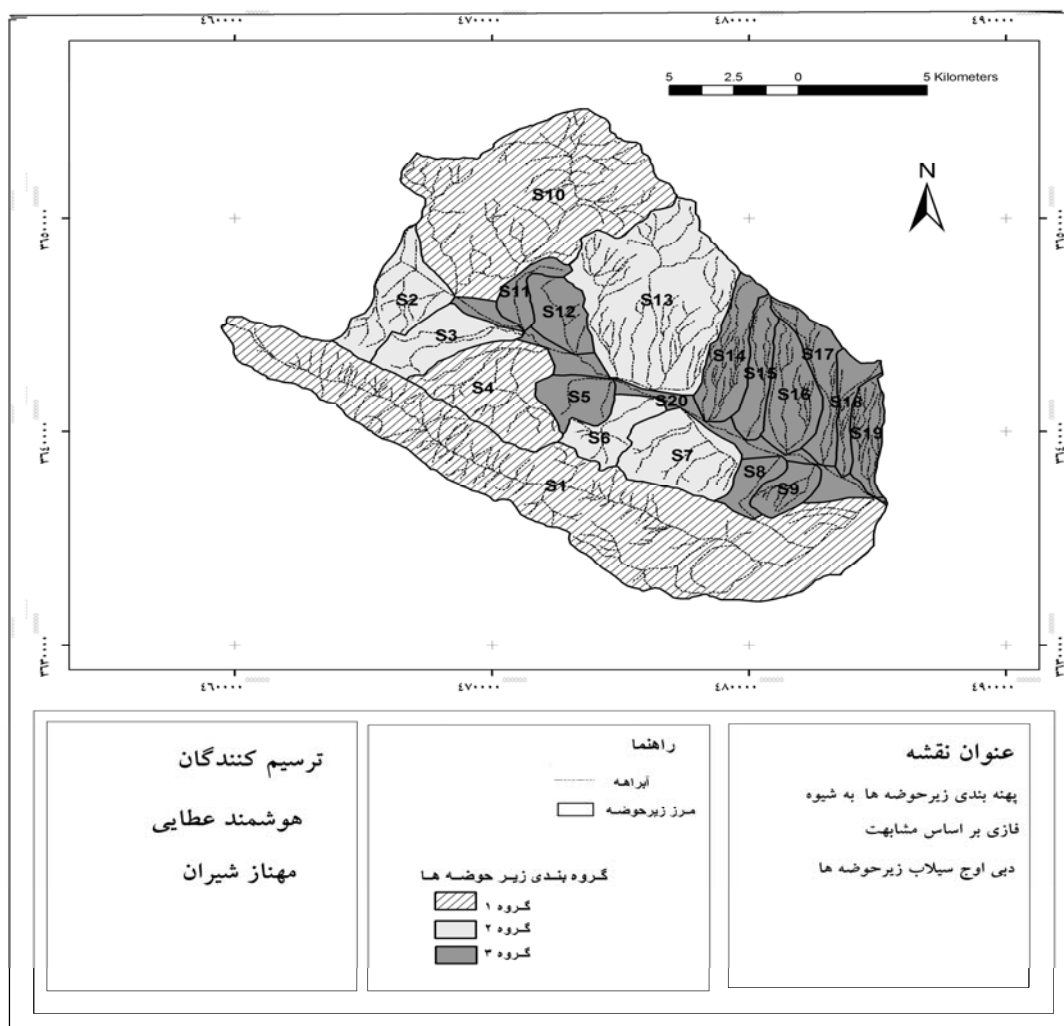
به منظور کاربردی تر شدن تفکیک زیرحوضه ها به روش فازی، با توجه به چهار گروه از عوامل ژئومورفولوژیک دخیل در سیلاب، متغیرها در چهار

جدول ۴- تفکیک زیرحوضه ها از نظر مشابهت دبی اوج سیلاب به روش فازی

| گروه | گروه اول | | | | گروه دوم | | | | گروه سوم | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|------|------|------|----------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | ۱ | ۴ | ۱۰ | ۲ | ۳ | ۶ | ۷ | ۱۳ | ۵ | ۸ | ۹ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | |
| زیر حوضه | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| درصد تعلق | ۰/۹۱ | ۰/۴۸ | ۰/۹۴ | ۰/۸۶ | ۰/۸۲ | ۰/۷۳ | ۰/۷۲ | ۰/۵۸ | ۰/۵۷ | ۰/۹۲ | ۰/۸۷ | ۰/۸۷ | ۰/۹۴ | ۰/۷۹ | ۰/۹۳ | ۰/۸۶ | ۰/۹۴ | ۰/۸۴ | ۰/۸۶ | ۰/۸۸ | |

جدول ۵- تفکیک زیرحوضه ها به روش فازی در چهار گروه متغیرهای ژئومورفولوژیک

| زیر حوضه | متغیرهای تراکم آبراهه ای | | متغیرهای ژئومتری | | متغیرهای ارتفاعی | | متغیرهای اقلیمی | |
|----------|--------------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | گروه | درصد تعلق | گروه | درصد تعلق | گروه | درصد تعلق | گروه | درصد تعلق |
| ۱ | ۱ | ۰/۸۷ | ۱ | ۰/۸۸ | ۱ | ۰/۴۶ | ۱ | ۰/۸۳ |
| ۲ | ۲ | ۰/۷۲ | ۲ | ۰/۶۶ | ۱ | ۰/۴۷ | ۱ | ۰/۸۷ |
| ۳ | ۳ | ۰/۸۵ | ۳ | ۰/۵۸ | ۱ | ۰/۶۲ | ۱ | ۰/۹۳ |
| ۴ | ۲ | ۰/۳۶ | ۲ | ۰/۶۷ | ۱ | ۰/۵۸ | ۱ | ۰/۷ |
| ۵ | ۳ | ۰/۷۸ | ۲ | ۰/۷۲ | ۱ | ۰/۴۶ | ۲ | ۰/۵۷ |
| ۶ | ۳ | ۰/۵۱ | ۲ | ۰/۷۷ | ۱ | ۰/۵۶ | ۲ | ۰/۶۳ |
| ۷ | ۲ | ۰/۴ | ۲ | ۰/۷۳ | ۱ | ۰/۶۲ | ۲ | ۰/۷۴ |
| ۸ | ۳ | ۰/۸۱ | ۲ | ۰/۷۴ | ۲ | ۰/۴۳ | ۳ | ۰/۷۵ |
| ۹ | ۲ | ۰/۷ | ۲ | ۰/۷ | ۲ | ۰/۴۷ | ۳ | ۰/۸۱ |
| ۱۰ | ۱ | ۰/۸۴ | ۱ | ۰/۳۵ | ۱ | ۰/۳۹ | ۱ | ۰/۹۳ |
| ۱۱ | ۳ | ۰/۸۴ | ۳ | ۰/۵۸ | ۳ | ۰/۵۴ | ۲ | ۰/۸۶ |
| ۱۲ | ۳ | ۰/۷۴ | ۳ | ۰/۵۵ | ۳ | ۰/۶۴ | ۳ | ۰/۵۹ |
| ۱۳ | ۱ | ۰/۶۶ | ۱ | ۰/۴ | ۲ | ۰/۴۶ | ۲ | ۰/۸۵ |
| ۱۴ | ۲ | ۰/۵۵ | ۲ | ۰/۸۴ | ۲ | ۰/۵ | ۳ | ۰/۵۳ |
| ۱۵ | ۳ | ۰/۴۵ | ۳ | ۰/۷۸ | ۲ | ۰/۵۴ | ۳ | ۰/۵۵ |
| ۱۶ | ۲ | ۰/۷۴ | ۲ | ۰/۸۲ | ۳ | ۰/۵۷ | ۳ | ۰/۸۵ |
| ۱۷ | ۲ | ۰/۷۳ | ۲ | ۰/۸ | ۲ | ۰/۴۹ | ۳ | ۰/۶۷ |
| ۱۸ | ۲ | ۰/۶۷ | ۲ | ۰/۷۷ | ۳ | ۰/۶۱ | ۳ | ۰/۸۵ |
| ۱۹ | ۲ | ۰/۴۵ | ۲ | ۰/۷۴ | ۳ | ۰/۷ | ۳ | ۰/۷۷ |
| ۲۰ | ۳ | ۰/۷۵ | ۳ | ۰/۴۵ | ۳ | ۰/۶۴ | ۳ | ۰/۷۴ |



شکل ۸- پهنه‌بندی زیرحوضه‌ها به شیوه تحلیل فازی بر اساس مشابهت دبی اوج سیلاب زیرحوضه‌ها

مطابق این ارزیابی که در جداول شماره (۶) و (۷) و (۸) آمده است دسته بندی بر اساس هر دو روش فازی و طبقاتی قابل قبول بوده است. این ارزیابی توسط نرم افزار SPSS انجام شده است. ماتریس مقادیر مربوط به این آنالیز در جداول (۲) و (۳) و (۴) آمده است.

با توجه به مشابهت گروه‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر مشابهت دبی اوج سیلاب، برای آزمون کردن درستی کلاس بندی زیر حوضه‌ها از آزمون آنالیز تشخیصی یا تحلیل ممیزی^۱ استفاده شد. تحلیل ممیزی مشابه رگرسیون خطی چندگانه است با این تفاوت که متغیر وابسته نه تنها توزیع نرمال ندارد بلکه یک متغیر رسته ای (کمی یا رتبه ای) با تعداد مقادیر اندک است (اسماعیلیان، ۱۳۸۴، ۴۲۷).

^۱ -Discriminate analysis

جدول ۶- آنالیز تشخیصی همگنی گروه‌های زیر حوضه‌ها از نظر سیلخیزی به روش فازی

| کل | نتایج پیش بینی گروهها | | | گروهها | |
|-----|-----------------------|-----|-----|--------|--------------------|
| | ۳ | ۲ | ۱ | | |
| ۳ | ۰ | ۰ | ۳ | ۱ | تعداد اعضای گروهها |
| ۵ | ۰ | ۵ | ۰ | ۲ | |
| ۱۲ | ۱۲ | ۰ | ۰ | ۳ | |
| ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۱ | % |
| ۱۰۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۲ | |
| ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۳ | |

جدول ۷- آنالیز تشخیصی همگنی گروه‌های زیر حوضه‌ها از نظر سیلخیزی به روش طبقاتی

| کل | نتایج پیش بینی گروهها | | | گروهها | |
|-----|-----------------------|-----|-----|--------|--------------------|
| | ۳ | ۲ | ۱ | | |
| ۱۵ | ۰ | ۰ | ۱۵ | ۱ | تعداد اعضای گروهها |
| ۳ | ۰ | ۳ | ۰ | ۲ | |
| ۲ | ۲ | ۰ | ۰ | ۳ | |
| ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۱ | % |
| ۱۰۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۲ | |
| ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۳ | |

جدول ۸- آنالیز تشخیصی همگنی گروه‌های زیر حوضه‌ها براساس ۱۳ متغیر ژئومورفولوژیک

| کل | نتایج پیش بینی گروهها | | | گروهها | |
|-----|-----------------------|-----|-----|--------|--------------------|
| | ۳ | ۲ | ۱ | | |
| ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | تعداد اعضای گروهها |
| ۷ | ۰ | ۷ | ۰ | ۲ | |
| ۱۲ | ۱۲ | ۰ | ۰ | ۳ | |
| ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۱ | % |
| ۱۰۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۲ | |
| ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۳ | |

گیاهی به دلیل ضخامت کم خاک و شیب زیاد، کم است. تنها در مناطق برف گیر خاک تشکیل شده و پوشش گیاهی دیده می شود. مخروط های دامنه ای وجود ندارد. شیب زیاد، نفوذ پذیری کم، فرسایش شدید و نداشتن پوشش خاکی (رخنمون سنگی) از

تحلیل توصیفی و شناسایی شواهد جغرافیایی زیر حوضه های همگن زیر حوضه S۱
بیشترین مساحت زیر حوضه مربوط به ارتفاعات آهکی و کوههای سنگی بدون خاک است. پوشش

گیاهی ناچیز و فرسایش زیاد واقع است و درصد کمی از آن را خاک با نفوذ پذیری متوسط و پوشش گیاهی در بر می‌گیرد. شیب این زیر حوضه‌ها نسبتاً زیاد است. شیب بستر آبراهه‌ها بیش از ۱۰٪ بوده و بستری نامنظم دارند لذا پتانسیل تولید سیل در آنها نسبتاً بالاست.

زیرحوضه‌های شمالی دشت کرون

الف- زیر حوضه‌های S۱۳ و S۱۰

نزدیک به نیمی از مساحت این زیر حوضه‌ها از کوه‌های نسبتاً مرتفع با قله مدور، فرسایش نسبتاً شدید، متشکل از سنگ‌ها و تشکیلات سخت و خاک کم عمق و سنگلاخی می‌باشد که بر روی سنگ‌ها و مواد آهکی تشکیل شده است. پوشش گیاهی کم تا متوسط گیاهان استپی و در بعضی قسمت‌ها اراضی بایر از ویژگی‌های این واحد است. نیم رخ آبراهه در این دو زیر حوضه با شیب متوسط ۵ تا ۱۰٪ است و بستر منظمی دارد. آبراهه‌های این دوزیرحوضه در بالادست سنگ‌های سخت را بریده‌اند و با ساختمان زمین شناسی و سنگ شناسی انطباق ندارند و انواع دره‌های یالی را ایجاد کرده‌اند، نیم دیگر مساحت این زیر حوضه‌ها اراضی پوشیده از سنگ‌ریزه‌های زاویه دار است و دارای خاک کم عمق با قابلیت نفوذ متوسط و بافت سطحی است شیب و توپوگرافی و فرسایش نسبتاً زیاد در شکل‌های شیاری و سطحی و فعالیت‌های انسانی در غالب کشاورزی و دامداری این دو زیر حوضه را در گروه زیر حوضه‌ها با پتانسیل سیل خیزی نسبتاً بالا قرار داده است.

ویژگی‌های آن به حساب می‌آید (حسینی، ۱۳۸۳، ۶۵). قابلیت نفوذ آهسته و شیب کلی بین ۸٪ - ۵٪ و فرسایش نسبتاً زیاد می‌باشد، نیم رخ طولی آبراهه نشان می‌دهد آبراهه اصلی در بستری کم شیب و منظم جاری است. آبراهه‌های این زیر حوضه از دو روند کلی تبعیت کرده‌اند یکی دره باریکی که در میان دو رشته کوه قرار دارد و آبراهه اصلی با ساختمان زمین شناسی و لیتولوژی انطباق یافته (محور ناودیس) و دیگری آبراهه‌هایی که با ساختمان زمین شناسی و لیتولوژی انطباق ندارند و پهلوی محور طاقدیس را بریده‌اند و به سمت محور ناودیس جریان یافته‌اند و انواع دره‌های یالی را در سنگ‌های آهکی شکل داده‌اند. در نگاه کلی این زیر حوضه از پتانسیل زیاد برای سیل خیزی برخوردار است.

زیر حوضه‌های جنوب دشت کرون

الف- زیر حوضه‌های S۵، S۸، S۹

مساحت زیادی از این زیر حوضه‌ها در روی سازندهای با نفوذ پذیری خوب قرار گرفته است رخنمون سنگی تنها بخش محدودی از بالادست حوضه‌ها را شامل می‌شود. پوشش گیاهی شامل اراضی کشاورزی دیم و آبی است و شیب متوسطی دارند. بستر آبراهه‌ها شیبی کمتر از ۱۰٪ داشته و بستر نسبتاً منظمی دارند. در کل پتانسیل تولید سیل متوسطی را از منظر ویژگی‌های کیفی ژئومورفولوژی داراست.

ب- زیر حوضه‌های S۲، S۳، S۴، S۵، S۶، S۷

وسعت بیشتر این زیر حوضه‌ها در بالادست در سازندهای صخره‌ای با نفوذ پذیری کم و پوشش

گروه ۱: زیر حوضه‌ها با پتانسیل سیل خیزی

بالا: S1

گروه ۲: زیر حوضه‌ها با پتانسیل سیل خیزی نسبتا

بالا: S13، S10، S7، S6، S5، S4، S3، S2

گروه ۳: زیر حوضه‌ها با پتانسیل سیل خیزی

متوسط تا کم:

S20، S19، S18، S17، S16، S15، S14، S12

S11، S9، S8، S5

۴- نتیجه‌گیری

- با دسته‌بندی زیرحوضه‌ها توسط روش طبقاتی و روش فازی برای سیزده متغیر انتخابی مشخص شد در روش طبقاتی تفکیک بهتری برای زیرحوضه‌ها صورت گرفته است و روش فازی بین دو گروه تفکیک شده همپوشی برقرار کرده و درصد تعلق هر یک از زیرحوضه‌ها به دو گروه تفاوت کمی داشته است به طوری که تمایز زیادی بین زیرحوضه‌ها وجود ندارد.

- دسته‌بندی زیرحوضه‌ها توسط روش طبقاتی و روش فازی برای تعیین زیرحوضه‌ها در گروه‌های همگن، از نظر تشابه سیل‌خیزی نشان می‌دهد با توجه به دبی اوج سیلاب زیرحوضه‌ها، و با انجام آنالیز تشخیصی هر دو دسته بندی قابل استناد هستند.

- به منظور تفکیک بهتر زیرحوضه‌ها در روش فازی با دسته‌بندی کردن متغیرها در گروه‌های مناسب می‌توان درصد تعلق هر زیرحوضه به گروه‌های مربوطه را افزایش داد. این نوع دسته‌بندی اجرای عملیات کنترل سیلاب در زیرحوضه‌ها با ویژگی‌های مشابه را ساده‌تر می‌کند.

ب- زیر حوضه‌های S16، S17، S18، S19، S20،

S11، S12، S14، S15

خاک این زیرحوضه‌ها دارای بافت سبک تا متوسط و قابلیت نفوذ متوسط تا خوب است. دشت آبرفتی متشکل از مواد رسوبی و آبرفتی با شیب بسیار ملایم و نیز زهکش اصلی منطقه را تشکیل داده است. تراس‌های آبرفتی درحاشیه و بافت ریزخاک از ویژگی‌های فیزیوگرافی این زیرحوضه‌ها می‌باشد. فرسایش به شکل شیاری، رودخانه‌ای و سطحی در آن به چشم می‌خورد.

زیرحوضه‌های S19، S18، S16، اکثرا از شیل و مارن پوشیده شده‌اند و تراس‌های آبرفتی در آنها مشهود است.

زیرحوضه S20 به شکل ویژه‌ای بستر رودخانه و زمینهای کشاورزی حاشیه آن را در بر می‌گیرد. روند کلی آبراهه‌ها در آن به دو صورت است یکی آبراهه‌هایی که به سمت مرکز دشت و به شکل موازی در جریان هستند و در شیل و مارن بستر خود را گسترده‌اند و با لیتولوژی انطباق یافته‌اند، نیم رخ طولی آنها با شیبی کمتر از ۵٪ بوده و بستری منظم دارند و دیگری آبراهه اصلی حوضه است که در زیرحوضه S20 جریان یافته و نشانه انطباق مضاعف است زیرا در سطح دشت که دشتی ساختمانی است و در سنگهای سست شیلی و مارنی بستر آبرفتی خود را گسترده است. از لحاظ پوشش گیاهی اراضی مرتعی، کشاورزی و باغات را شامل می‌شود. این گروه زیرحوضه‌ها پتانسیل سیل خیزی پایینی دارند.

بنابراین، به طور مشخص می‌توان ۳ دسته زیرحوضه را بر اساس شباهت ویژگی‌های کیفی ژئومورفیک موثر بر سیلاب مشخص نمود:

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، (۱۳۸۶)، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برگه های چادگان، عسکران، آشن، دهق.

شکاری، پرویز، باقر نژاد، مجید، (۱۳۸۴)، بررسی کاربرد روش فازی (Fuzzy) در طبقه بندی خاک ها، مطالعه موردی: چشمه سفید کرمانشاه، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره ۴، تهران.

شیران، مهناز، (۱۳۸۶)، نقش روند یابی سیل در تحلیل حساسیت برخی متغیرهای ژئومورفولوژی موثر بر سیلاب حوضه کرون با معرفی مدل HEC-HMS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دکتر ابوالقاسم امیر احمدی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، گروه جغرافیا.

ضیایی، حجت الله و بهنیا، عبدالکریم، (۱۳۸۶)، اصول مهندسی آبخیزداری، چاپ دوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

عبدی، پرویز، (۱۳۸۵)، بررسی پتانسیل سیل خیزی حوضه زنجان رود با روش SCS و سیستم اطلاعات جغرافیایی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب.

عطایی، هوشمند، (۱۳۸۳)، پهنه بندی چند متغیره نواحی بارشی ایران، پایان نامه دکتری رشته جغرافیای طبیعی، دکتر ابوالفضل مسعودیان، دانشگاه اصفهان.

علیزاده، امین، (۱۳۸۳)، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ هفدهم، انتشارات آستان قدس، مشهد.

غیاثی، نجف قلی، عرب خدري، محمود، غفاری، (۱۳۸۳)، بررسی تاثیر برخی ویژگی هندسی آبخیزها بر سیلابهای حداکثر لحظه ای با دوره

• تحلیل توصیفی عوامل موثر بر سیلاب و شناسایی شواهد جغرافیایی در زیرحوضه ها می تواند به عنوان روشی برای تایید، تکمیل و مقایسه با دسته بندی زیرحوضه ها به روشهای کمی به کار رود.

منابع

اسماعیلیان، مهدی، (۱۳۸۴)، راهنمای جامع spss12، انتشارات ناقوس، چاپ اول، تهران.

امیر احمدی، ابوالقاسم و شیران، مهناز، (۱۳۸۸)، کاربرد مدل HEC-HMS در تحلیل حساسیت متغیرهای موثر بر سیلاب دشت کرون، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶.

بابایی، غلامرضا، فیضی، آوات، (۱۳۸۳)، رده بندی استانهای کشور بر مبنای شاخص های بهداشتی و جمعیتی به کمک تکنیک آماری خوشه بندی فازی، مجله پژوهشی حکیم، دوره هفتم، شماره چهارم، تهران.

بیابانکی، منیره و اسلامیان، سید سعید، (۱۳۸۳)، استفاده از روش خوشه بندی در تعیین همگنی هیدرولوژیک و ارزیابی آن توسط روشهای تحلیل ممیزی و منحنی های Andrew در حوضه آبریز کرخه، مجله کشاورزی، جلد ۶، شماره ۲.

تلوری، عبدالرسول، خدري تازان، بختیار، صادقی، سید حمید رضا، (۱۳۸۳)، کاربرد منطق فازی در اولویت بندی عملیات آبخیزداری در حوضه آبخیز شهرستانک کرج، مجموعه مقالات اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تهران.

حسینی، حسن، (۱۳۸۳)، بررسی لندفرمهای آبی در دشت کرون، پایان نامه کارشناسی ارشد، دکتر جواد خوشحال، دانشگاه اصفهان، گروه جغرافیا.

- Hargrove, W.W, Hoffman, F.M, (1999), Multivariate Geographic Clustering Using a Beowulf-Style Parallel, Conference: Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '99), Las Vegas.
- Holawe, F, Dutter, R, (1999), Geostatistical study of precipitation series in Austria. *Journal of Hydrology*, Vol: 219.
- MathSoft, (1997), S-PLUS 4 Guides to Statistics, Data Analysis Products Division, MathSoft, Seattle.
- Srinivas, V.V, Shivam, T, (2008), Regional flood frequency analysis by combining self-organizing feature map and fuzzy clustering. *Journal of Hydrology*, Vol: 348.
- Roger, M. C, Durk, R, Cazemier, P, (2000), Representing and processing uncertain soil information for mapping soil hydrological properties *Computers and electronics in agriculture*, vol:29.
- See, L, Openshaw, S, (1998), Using Soft Computing Techniques to Enhance Flood Forecasting, International Conference on The River Ouse, Proceeding Hydroinformatics, Copenhagen, Denmark, 24-26 August.
- برگشت های مختلف، فصلنامه پژوهش و سازندگی، شماره ۶۲، تهران.
- قنواتی، عزت الله، (۱۳۸۲)، مدل ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه گاماسیاب، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۱، تهران.
- کوره پزان دزفولی، امیر، (۱۳۸۷)، اصول تئوری مجموعه های فازی و کاربرد های آن در مدل سازی مسائل مهندسی آب، انتشارات: جهاد دانشگاهی واحد امیر کبیر، تهران.
- کوک، آر.یو. دورکمپ، جی.سی، ترجمه شاپور گودرزی نژاد، (۱۳۷۸)، ژئومورفولوژی و مدیریت محیط، ج ۱، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
- Burrough, P. A, (1989), Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *European Journal of Soil Science*, Vol 40 Issue 3.
- Gath, I. and Hoory, D, (1995), Fuzzy clustering of Elliptic ring –shaped clusters. *Pattern Recognition Letters*, vol 16.

Archive of SID

Identifying homogeneous hydrological basins base on effective geomorphologic variants on flood by cluster analysis Introduction

H. Ataei. M. Shiran

Received: 31 August 2009 / Accepted: 16 February 2011, 17-20 P

Extended abstract

1- Introduction

Drought and flood are events that humans are horrified about them and try to manage them. Today flood management by un-instrument management is considered and the first step for decreasing flood risk is watershed management in up-basins areas. Defining critical sub-basins by grouping in similar group in point of flood intensity and like geomorphologic variable is a useful method for flood management. In this way clustering method is used for identifying homogeneous hydrological basins.

Three main methods for clustering in statistical science are included: Hierarchical, Un- hierarchical and Fuzzy method. The number of researches has been done in Iran and other countries by these methods as following:

See and Openshow (1998) for increasing of flood risk forecasting in England and Roger ET all. (2000) for preparing of soil hydrology map in France used fuzzy clustering. Both conclusions indicated fuzzy method is more suitable in point of operation and low cost. In Iran Ghiyasi and ET all, (2005) used geomorphologic quantitative variance (such as area, perimeter, length and slope) of main water way and watershed for indicating the homogenous sub-basins in northern Alborz. they showed fuzzy method no need to estimate many parameters to achieve fit result.

2- Methodology

Study area: The area in this research is a part of Karvan city in western Isfahan Province and a sub-basin of the big Morghab watershed (upward basin). Morghab River attaches to Zayaande Rood River. Karvan plain located in 50° 32' E to 50° 56' E and 32° 50' N to 33° 2' N. The area of basin is 326.189 km² and its perimeter is 82.554m. The average height of basin is 2545.29m, highest point is 3640m (Daran Mountain) and lowest point is 2150m

Author

H. Ataei (✉)
Assistant professor of climatology, Payam Noor University,
Tehran, Iran
e-mail: hoo_ataei@yahoo.com

M. Shiran
M. A. of geomorphology, University of Tarbiat Moallm Sabzevar,
Sabzevar, Iran.

(near to the Askaran village). The average slope of the basin is 15.5% and slope decres to the east. Climate of basin is Semi-arid according to Demartan index.

Thirteen geomorphologic quantitative variances have been calculated in all sub-basins. These variants belong to the flood-density of streams, geometry of basin, height and climatologically variants of sub basins. For flood estimate we used SCS method in various return periods and cluster analyses by hierarchical and fuzzy method.

Steps for doing methods include:

1- Data selection and estimating (flood-density of streams, geometry of basin, height and climatologically variants of sub basins)

2- Standardizing data (by z-score methods)

3- Suitable algorithm selection for analysis (hierarchical and fuzzy methods) Fuzzy Algorithm

Fuzzy logic is a form of many-valued logic. it deals with reasoning that is fixed or approximate rather than fixed and exact. In contrast with traditional logic theory, where binary sets have two-valued logic: true or false, fuzzy logic variables may have a truth value that ranges in degree between 0 and 1. Fuzzy logic has been extended to handle the concept of partial truth, where the truth value may range between completely true and completely false. Furthermore, when linguistic variables are used, these degrees may be managed by specific functions.

3- Discussion

We used cluster analysis with Hierarchical method and Fuzzy method for dividing sub basins which belong to homogeneous groups. Using hierarchical method and using ward

method was gained the best division. Sub-basins are classified into tree similar classes. Only two groups with similar approximate Membership coefficients were divided by Fuzzy method. In order to achieve better result in this method, variants were experienced in four groups by Fuzzy method and were achieved better result. Membership coefficients of sub-basins were increased in each group. In order to separate sub-basins of view intensity of flood, was used design storm for various return period, in both kinds of cluster method (Fuzzy and Hierarchical method), sub-basins were divided into three similar groups of sub-basins. Results specified that separating sub-basins was similar of view flood peak by Fuzzy and Cluster methods. Rightness of classification was proved by discriminate Analysis. The data demonstrated correct results in both kinds of cluster.

Theoretical classification of sub-basins was done in three identical groups in view point of flood potential. These outcomes were similar to obtained clusters in quantitative analytic method.

4- Conclusion

1- Using the Hierarchical and Fuzzy methods for clustering sub basins in point of view thirteen geomorphologic variables have revealed that Hierarchical method can gain a better clustering for sub-basins.

2- The Hierarchical and Fuzzy methods for clustering sub basins in point of view flood-intensity have indicated both methods achieved to similar cluster and rightness of classification was proved by discriminate analysis

3- By clustering variants in fit groups we can improve conclusions of clustering.

4- Theoretical classification of sub-basins can be a complementary method for comparison and validation of statistical clustering methods.

Key words: cluster analysis, Fuzzy cluster, geomorphologic variants, Karvan basin, and Homogeneous sub-basins.

References

- Abdi, Parviz. (2007). Estimate of flood potential zanzan rood basin by SCS method and GIS, Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, workshop co-existence with flood workshop.
- Alizadeh, Amin, Applied Principles of Hydrology, Astan Ghods press, Seventeenth edition, Mashhad.
- Amir Ahmadi, Abolghasem, Shiran, Mahnaz. (2010). The role of flood routing on the sensitivity analysis of some of geomorphic variants effective on Karvan plain flood by HEC-HMS model, Geography and Development journal, No: 119, Zahedan.
- Armed Forces Geographical Organization. (2008). Topography map (1:50000) Chadegan, Askaran, Ashen, Dehagh sheets.
- Ataei, Hooshmand. (2005). Multivariate statistical analysis for regionalization of precipitation area of Iran, PhD Thesis, Masoodian, Abolfazl, Isfahan university, Geography department.
- Babaei, Gholamreza, Feyzi, Avat. (2005). Classification of provinces based on population and health indicators by using fuzzy clustering statistical techniques, Hakim journal, No:4, Tehran.
- Biyabanaki, Monireh, Eslamiyan, Sayed Saied. (2005). Using cluster method in the determination of hydrologic homogeneous and evaluation by discriminate analysis and Andrew curves in Karkheh catchment, Agriculture journal, No: 2, Tehran.
- Burrough, P. A. (1989). Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. European Journal of Soil Science, Vol 40 Issue 3.
- Cooke, R.U, Doornkamp, John Charles, Geomorphology in Environmental Management, Godarzi Nejad, Shapoor, Samt press, First edition, Tehran.
- Esmailiyan, Mahdi. (2006). Guideline of SPSS 12, Naghoos press, First edition, Tehran.
- Gath, I. and Hoory, D. (1995). Fuzzy clustering of Elliptic ring –shaped clusters. Pattern Recognition Letters, vol 16.
- Ghanavati, Ezatollah. (2004). Flood geomorphologic model for ghamasiyab basin, Geographical Research journal, No: 71, Tehran.
- Ghiyasi, Najafgholi, Arabkhederi, Mahmood, Ghafari, alireza. (2005). Survey on the effect of some morphometric characteristics of basins on peak discharge with different return periods (Case study north Alhors basins), Research and development journal, No: 62, Tehran.
- Hargrove, W.W, Hoffman, F.M. (1999). Multivariate Geographic Clustering Using a Beowulf-Style Parallel, Conference: Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '99), Las Vegas.
- Holawe, F, Dutter, R. (1999). Geostatistical study of precipitation series in Austria. Journal of Hydrology, Vol: 219.
- Hoseini, Hasan, Assessment of karvan plain hydrologic landforms. (2005). Master thesis, Khosh hal, Javad, Isfahan University, Geography department.
- Koreh Pazan Dezfooli, Amir, Principles of fuzzy theory and its applications in hydro engineering modeling, Jahad daneshgahi (branche of Amir Kabir) press, First edition, Tehran.
- MathSoft. (1997). S-PLUS 4 Guides to Statistics, Data Analysis Products Division, MathSoft, Seattle.
- Roger, M. C, Durk, R, Cazemier, P. (2000). Representing and processing uncertain soil information for mapping soil hydrological properties Computers and electronics in agriculture, vol:29.
- See, L, Openshaw, S. (1998). Using Soft Computing Techniques to Enhance

- Flood Forecasting, International Conference on The River Ouse, Proceeding Hydroinformatics, Copenhagen, Denmark, 24-26 August.
- Shekari, Parviz, Bagher nejad, Majid. (2006). the application of fuzzy methods in soil classification, the case study: Cheshme sefid (Kermanshah), Journal of Agricultural Science and Technology, No: 4, Tehran.
- Shiran, Mahnaz. (2008). The role of flood routing on the sensitivity analysis of some of geomorphic variants effective on Karvan basin flood with taking HEC- HMS model into consideration, Amir Ahmadi, Abolghasem, Sabzevar tarbiate moallem university, Gheography department.
- Srinivas, V.V, Shivam, T. (2008). Regional flood frequency analysis by combining self-organizing feature map and fuzzy clustering. Journal of Hydrology, Vol: 348.
- Telvari, Abdol Rasoul, Khederi Tajan, Bakhtiyar, Sadeghi, Sayed Hamid R. (2005). Application of fuzzy logic in prioritizing the sub-basin of Shahrestanak watershed, Proceeding of the First Annual Conference on Water Resources Management in Iran, Tehran.
- Ziyaei, Hojatollah, Behniya, Abdolkarim. (2008). Principles of Watershed Management Engineering, Astan ghods press, Second edition, Mashhad.