

همگن‌بندی حوزه‌های آبخیز با رهیافت تلفیقی سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل‌های آماری چند متغیره، مطالعه موردی: حوزه آبخیز کارون

حسین بهرامی^{۱*}، حسن وقار فرد^۲، آرش ملکیان^۳، حمید غلامی^۴ و پژمان طهماسبی^۵
^۱ دانشجوی دکترای بیابان‌زایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ^۲ استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ^۳ دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۶

چکیده

درک روابط پیچیده و نحوه تأثیر متغیرهای متعدد طبیعی و انسانی در یک حوزه آبخیز به سادگی امکان‌پذیر نیست. در چنین شرایطی تلفیق تحلیل‌های آماری چند متغیره و تحلیل‌های مکانی سبب استخراج اطلاعاتی مفید و قابل درک از یک مجموعه داده پیچیده می‌شوند. در این پژوهش، اطلاعات شش گروه از داده‌های توپوگرافی، اقلیمی، خاک، آب، اقتصادی-اجتماعی و داده‌های ماهواره‌ای حوزه آبخیز کارون با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل‌های آماری چند متغیره مورد مطالعه قرار گرفت. با استفاده از تحلیل عاملی، شش عامل اصلی که در مجموع ۸۳/۲۷۰ درصد واریانس داده‌ها را پوشش می‌دهند، شناسایی شد. سپس با ورود این شش عامل در تحلیل خوشه‌ای، ابتدا تعداد بهینه خوشه‌های نهفته در داده‌ها شناسایی و از روش خوشه‌بندی k- میانگین، حوزه آبخیز کارون به ۱۶ ناحیه همگن تقسیم‌بندی شد و از تحلیل تشخیصی نیز برای اعتبارسنجی خوشه‌بندی استفاده شد. دو خوشه ۷ و ۱۲ با فاصله اقلیدسی ۸/۴۷۱ بین مراکز دو خوشه به‌عنوان متفاوت‌ترین خوشه‌ها و دو خوشه ۱۴ و ۶ با فاصله اقلیدوسی ۱/۵۶۱ به‌عنوان شبیه‌ترین خوشه‌ها، طبقه‌بندی شدند. آزمون مقایسه میانگین ۱۶ منطقه همگن، نشان داد که در مواردی دو منطقه از نظر اقلیمی و توپوگرافی شرایط یکسانی دارند، اما متغیرهای اقتصادی-اجتماعی سبب تمایز آن‌ها می‌شود. جداسازی مناطق همگن سبب فراهم شدن امکان مقایسه و شناسایی مناطق مشابه به‌عنوان واحدهای کاری و اولویت‌بندی آن‌ها برای انجام طرح‌های مطالعاتی و اجرایی مقابله با پدیده‌های مخربی از جمله بیابان‌زایی، فرسایش خاک، خشک‌سالی و سیل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبخیزداری، بیابان‌زایی، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل عاملی، تخریب سرزمین

مقدمه

وضعیت حوزه آبخیز است، در این صورت شرایط لازم برای مقایسه حوزه‌های آبخیز و شناسایی مناطق مشابه به‌منظور دسته‌بندی حوزه‌های آبخیز فراهم خواهد شد. نتیجه دسته‌بندی و شناسایی مناطق همگن در حوزه‌های آبخیز، تدوین راهبردها و

گام اول در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز جمع‌آوری اطلاعاتی حتی‌الامکان جامع، از تمامی عوامل مؤثر طبیعی و انسانی حوزه آبخیز و پردازش این اطلاعات برای فراهم نمودن یک درک روشن از

مجموعه داده پیچیده می‌باشد (Farbod و همکاران، ۲۰۱۴).

در روش تحلیل عوامل، اشتراک‌پذیری^۴ یک متغیر از بخشی از واریانس آن است که به‌وسیله عوامل مشترک بیان می‌شود. واریانس یکه یا معین^۵ بخشی از واریانس متغیر است که به‌وسیله عوامل مشترک محاسبه نمی‌شود. در صورتی که Y_i متغیر مشاهده شده و F_1 و F_2 دو عامل مؤثر باشند، بیان ریاضی مطالب فوق را می‌توان به این صورت نوشت (Mohades، ۲۰۱۰).

$$Y_i = \lambda_{i1}F_1 + \lambda_{i2}F_2 + (1)e_i$$

$$Var(Y_i) = \lambda_{i1}^2 Var(F_1) + \lambda_{i2}^2 Var(F_2) + (1)Var(e_i)$$

$$= \lambda_{i1}^2 + \lambda_{i2}^2 + \delta_i^2$$

Communality

Specific Variance

تحلیل خوشه‌ای نیز از جمله روش‌های تحلیل آماری چند متغیره است که به‌علت در نظر گرفتن تعداد زیادی از پارامترها برای طبقه‌بندی و یا به‌عنوان یکی از تکنیک‌های کاهش داده، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Castilo و همکاران، ۲۰۱۰). برای خوشه‌بندی داده‌ها باید از یک تابع هدف استفاده شود که به‌طور هم‌زمان دو کار زیر را انجام دهد. ۱- فاصله اقلیدسی بین هر نقطه یک خوشه را با مرکز آن خوشه کمینه کند، ۲- فاصله اقلیدسی بین مراکز خوشه‌ها را بیشینه کند (Alvin، ۲۰۰۲). در این روش، اعضای با بیشترین تشابه در یک گروه قرار می‌گیرند. تحلیل چند متغیره خوشه‌بندی به دو روش کلی خوشه‌بندی سلسله مراتبی و خوشه‌بندی غیر سلسله مراتبی انجام می‌شود. به‌طور کلی، ایجاد گروه‌ها در روش سلسله مراتبی با به هم پیوستن و یا جدا کردن اعمال گشته، بر این اساس شامل دو دسته انباشته‌کننده^۶ و تقسیم‌کننده^۷ می‌شود (Momeni و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج هر دو روش انباشته‌کننده و تقسیم‌کننده را می‌توان به شکل یک نمودار دو بعدی موسوم به دندروگرام نمایش داد. دندروگرام، ترکیب‌ها یا تقسیم‌بندی‌هایی

استراتژی‌های حفاظت منابع حیاتی حوزه آبخیز برای هر گروه خاص از حوزه‌های آبخیز می‌باشد، نتیجه دیگر همگن‌بندی حوزه‌های آبخیز، اولویت‌بندی آن‌ها برای اقدامات اجرایی آبخیزداری و بیابان‌زدایی است که این موضوع با توجه به محدودیت منابع مالی امری ضروری است.

شرایط و وضعیت یک حوزه آبخیز حاصل روابط پیچیده و درهم تنیده متغیرهای متعدد طبیعی و انسانی است که درک این روابط و نحوه کارکرد آن‌ها به‌سادگی امکان‌پذیر نیست. در چنین شرایطی که ابعاد داده‌ها و ترکیب ساختار آن‌ها کاملاً مشخص نیست تحلیل‌های آماری چند متغیره قادرند از طریق کاهش تعداد متغیرها، کاهش ابعاد داده‌ها، شاخص‌سازی و یافتن ساختار ارتباطی بین متغیرها، منجر به دسته‌بندی اطلاعات شده، سبب استخراج اطلاعاتی مفید و قابل‌درک از یک مجموعه داده پیچیده شوند (Mohades، ۲۰۱۰). تحلیل عاملی^۱ و تحلیل خوشه‌بندی^۲ از مهمترین روش‌های تحلیل‌های آماری چند متغیره هستند (Momeni و همکاران، ۲۰۱۲).

تحلیل عاملی از جمله روش‌های تحلیل آماری چند متغیره است که به بررسی رفتار هم‌زمان چندین متغیر همبسته می‌پردازد. در این روش، متغیرهای موجود در یک فضای چند حالته همبسته به یک مجموعه از عامل‌های غیر همبسته خلاصه می‌شوند که هر یک از آن‌ها ترکیب خطی از متغیرهای اصلی می‌باشند (Mohades، ۲۰۱۰). مؤلفه‌های غیر همبسته به‌دست آمده مؤلفه‌های اساسی^۳ یا عامل‌های اصلی نامیده می‌شوند که از بردارهای ویژه ماتریس کوواریانس یا ماتریس همبستگی متغیرهای اصلی به‌دست می‌آیند (Momeni و همکاران، ۲۰۱۲). به‌طور کلی، کاربرد عمده روش تحلیل اجزای اساسی عبارت از کاهش تعداد متغیرها و یافتن ساختار ارتباطی بین متغیرها که در حقیقت همان دسته‌بندی متغیرها است که روش فوق یکی از با ارزش‌ترین نتایج کاربرد جبر خطی برای استخراج اطلاعات مرتبط از یک

⁴ Communality

⁵ Specific variance or uniqueness

⁶ Agglomerative

⁷ Divisive

¹ Factor analysis

² Cluster analysis

³ Principal component

تحلیل‌های آماری چند متغیره، ابزاری سودمند برای تعیین شاخص‌های مکانی محیط زیست است. از جمله Castillo و همکاران (۲۰۱۰) در تهیه نقشه واحدهای زیست محیطی با استفاده از واحدهای اراضی و داده‌های خاک، پوشش گیاهی و کاربری اراضی، با استفاده از تحلیل عاملی، عوامل عمده کنترل کننده خصوصیات محیط زیستی را در منطقه لامالینچ در مکزیک استخراج کردند. نتایج نشان داد که ارتفاع، شیب و دما مهمترین متغیرهای کنترل کننده خصوصیات بیوفیزیکی منطقه مورد مطالعه هستند. Yaouti و همکاران (۲۰۰۸) نیز در بررسی فرایند شور شدن منابع آب زیرزمینی سواحل مدیترانه در مراکش، با استفاده از تحلیل‌های آماری چند متغیره شامل خوشه‌بندی و تحلیل عاملی نشان دادند که منبع اصلی آلودگی و سه مؤلفه اصلی اول، به ترتیب نفوذ آب دریا در سواحل، نفوذ از تشکیلات آهک و گچ و فعالیت‌های انسانی بوده است. Ping و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات مکانی و زمانی آلودگی به نیتروژن در رودخانه‌های ژی جیانگ چین را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، خوشه‌بندی و تحلیل عاملی بررسی کردند. تحلیل عاملی و بررسی تغییرات مکانی آلودگی نشان داد که تخریب کیفیت آب به وسیله فعالیت‌های انسانی و مدیریت ضعیف حوزه آبخیز ایجاد شده است.

در مطالعه‌ای برای تشخیص تخریب سرزمین در ایتالیا با استفاده از معیارهای اقتصادی-اجتماعی و اکولوژیکی ابتدا با استفاده از تحلیل عاملی نسبت به استخراج روابط پنهان و کاهش حجم و پیچیدگی داده‌ها، اقدام شد و سپس با استفاده از تحلیل خوشه‌بندی k-mean نسبت به تعیین مناطق همگن اقدام شد. سه طبقه از نواحی تحت خطر شناسایی شدند که شاخص‌های تخریب سرزمین در این سه طبقه به ترتیب شامل: ۱- سه بستن خاک، ۲- شور شدن خاک و ۳- فرسایش خاک بودند (Salvati و Ziti, ۲۰۰۹). Denti (۲۰۰۴) در بررسی شاخص‌های بیابان‌زایی در کاتالونیا واقع در شمال شرق اسپانیا برای خلاصه‌سازی و محدودسازی متغیرهای مرتبط باکیفیت اراضی از تحلیل عاملی استفاده کرد. سه مؤلفه بیش از ۷۰ درصد تغییرات را در بر می‌گرفتند. نتایج حاکی از اهمیت بیشتر سه شاخص میزان تولید

که در سطوح متوالی ساخته شده‌اند را تشریح می‌کنند. در روش‌های غیر سلسله مراتبی بر خلاف روش سلسله مراتبی، از ابتدا باید تعداد خوشه‌ها مشخص باشند و مهمترین روش خوشه‌بندی غیر سلسله مراتبی الگوریتم K- میانگین^۱ نام دارد (Tahmasebi, ۲۰۱۵).

تحقیقات مربوط به کاربرد تحلیل‌های آماری چند متغیره در زمینه حوزه‌های آبخیز در ایران به‌طور عمده معطوف به مطالعات سیل‌خیزی و همگن‌بندی زیرحوضه از دیدگاه هیدرولوژی و سیلاب بوده است از جمله Omidvar و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از تحلیل عاملی ۲۸ خصوصیت زیرحوضه‌های آبخیز کنجانچم در استان ایلام را در قالب عوامل اصلی شامل ژئومتری، فیزیوگرافی، نفوذپذیری و اقلیمی خلاصه‌سازی کردند و سپس بر اساس امتیاز عاملی منطقه مورد مطالعه را به پنج دسته سیل‌خیزی زیاد، نسبتاً زیاد، متوسط، نسبتاً کم و کم تقسیم کردند. Nosrati و همکاران (۲۰۱۴) پس از تقسیم حوزه آبخیز دره شهر به مناطق همگن، برای شناخت عوامل مؤثر بر دبی بیشینه در هر کدام از زیرحوضه‌ها از تحلیل عاملی بر اساس ۲۱ پارامتر استفاده کردند. Samiei و Telvari (۲۰۰۹) در ۲۴ زیرحوضه استان فارس با انجام تجزیه و تحلیل عاملی از میان ۲۱ متغیر، عوامل مساحت، متوسط بارندگی سالیانه، تراکم زهکشی و ضریب گراولیوس را به‌عنوان عوامل مؤثر بر سیلاب شناسایی کردند. Abdi و همکاران (۲۰۱۴) کاربرد الگوریتم خوشه‌بندی فازی را در تخمین میزان رسوبات بار معلق مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که خوشه‌بندی فازی با دقت بسیار مناسب و با اطمینان بیشتر نسبت به روش منحنی سنج رسوب، می‌تواند برای تخمین رسوبات بار معلق مورد استفاده قرار گیرد. Rahmati و همکاران (۲۰۱۰) به‌منظور تخمین آبدهی و همگن‌بندی حوزه‌های آبخیز از تحلیل خوشه‌ای استفاده کرده، با توجه به دندروگرام استخراج شده و بر اساس فاصله اقلیدسی، حوضه‌ها را به دو گروه همگن تقسیم کردند.

^۱ k-means cluster

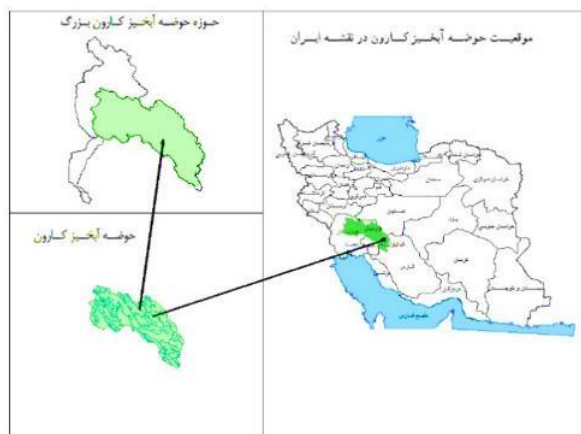
مواد و روش‌ها

محدوده مورد پژوهش: حوزه آبخیز کارون بالا با مساحت ۳۶۸۸۰ کیلومتر مربع حدود ۵۶ درصد از کل مساحت حوزه آبخیز کارون بزرگ را در بر می‌گیرد. این حوزه بین مختصات جغرافیایی $۳۰^{\circ} ۱۵' ۵۴''$ تا $۰۲^{\circ} ۵۱' ۰۳''$ شرقی و $۵۱^{\circ} ۳۷' ۴۸''$ تا $۱۳' ۰۰''$ شمالی محدود است. این حوزه از ناحیه غرب و شمال با حوزه آبخیز رودخانه دز و از جهت شمال شرق با حوزه آبخیز زاینده‌رود و از جهت جنوب و جنوب شرق به ترتیب با حوزه آبخیز دریاچه بختگان و حوزه آبخیز رودخانه زهره هم مرز است. رودخانه‌های پر آب متعددی با جریان دائمی در این حوزه آبخیز وجود دارند که معروف‌ترین آن‌ها عبارتند از بشار، کبکیان، خرسان، آب بازفت، آب ونک، ماربر، دشت روم، لردگان، شور، کیار و کریک که از بلندی‌های واقع در بخش‌های مختلف حوزه آبخیز کارون سرچشمه گرفته، پس از پیوستن به یکدیگر شاخه اصلی آن را تشکیل می‌دهند. شکل ۱، موقعیت حوزه آبخیز کارون بالا را در حوزه آبخیز کارون بزرگ و در نقشه کشور ایران نمایش می‌دهد.

بانک اطلاعات: اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق، شامل شش گروه داده‌های توپوگرافی، اقلیمی، خاک و فرسایش خاک، آب، اقتصادی-اجتماعی و داده‌های ماهواره‌ای است. جزئیات داده‌های مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

رواناب، میزان تولید رسوب و میزان هدررفت مواد غذایی بود و این سه شاخص به‌عنوان معیاری برای کیفیت خاک و کاربری اراضی در بیابان‌زایی به حساب آمدند. Hafezi و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثرات عملیات کشاورزی و کاربری اراضی در نحوه توزیع و منشأ عناصر سمی در خاک در استان گلستان، با استفاده از تحلیل عاملی و خوشه‌بندی آشکار کردند که منشأ بیشتر عناصر سمی در خاک منشأ طبیعی و ژئوشیمیایی منطقه است. همچنین، سطح بالاتر عناصر در اراضی آبی نسبت به دیم‌زارها، ناشی از استفاده از مواد شیمیایی و کودها در فعالیت‌های کشاورزی است. همچنین، معلوم شد که سطح بالاتر عناصر سرب و کادمیم در اراضی ناشی از مجاورت آن‌ها با مناطق صنعتی و کشاورزی است.

در این تحقیق، استفاده از روش تحلیل عاملی سبب شاخص‌سازی، کاهش ابعاد و تعداد متغیرها و دسته‌بندی متغیرها خواهد شد. سپس با استفاده از عامل‌های استخراج شده و از طریق تحلیل خوشه‌ای نسبت به همگن‌بندی حوزه آبخیز اقدام خواهد شد. همگن‌بندی به‌دلیل طبقه‌بندی و دسته‌بندی مناطق، واحدهای کاری را برای انجام طرح‌های مطالعاتی و اجرایی برای مقابله با پدیده‌های مخربی از جمله بیابان‌زایی، فرسایش خاک، خشک‌سالی و سیل مشخص می‌کند.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز کارون نسبت به حوزه آبخیز کارون بزرگ و کشور ایران

جدول ۱- داده‌ها و منابع اطلاعاتی استفاده شده

سال تهیه	منبع اطلاعات	متغیر	گروه
۱۳۹۲	مطالعات هواشناسی ستاد هماهنگی طرح آبخیزداری کارون	بارش سالانه تبخیر پتانسیل سالانه شاخص خشکی (نسبت بارش سالانه به تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه)	اقلیم
۱۳۸۸	نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی	مدل رقومی ارتفاع جهت شیب شیب تراکم آبراهه جریان تجمعی	توپوگرافی
۱۳۹۰	مطالعات سیمای فرسایش خاک ستاد هماهنگی طرح آبخیزداری کارون	اشکال فرسایشی کاربری اراضی حساسیت سنگ به فرسایش فرسایش ویژه (تن در هکتار) نفوذپذیری خاک عمق خاک	خاک
۱۳۹۰	به‌هنگام‌سازی مطالعات تلفیق منابع آب حوضه کارون بزرگ (سازمان آب و برق خوزستان ۱۳۹۰)	افت سطح آب زیرزمینی شوری آب	آب
۱۳۹۲	ادارات کل منابع طبیعی حوزه آبخیز کارون	مساحت تحت تاثیر آتش‌سوزی به کل مساحت حوضه میزان جمعیت باسواد نسبت به کل جمعیت بالای	اقتصادی اجتماعی
۱۳۹۰	آمارنامه سرشماری عمومی	نسبت درآمد به هزینه سالانه خانوار روستایی تراکم جمعیت انسانی (نفر در کیلومتر مربع)	
۱۳۹۲	ادارات کل امور عشایر استان‌های حوزه آبخیز کارون	تراکم جمعیت عشایر (نفر در کیلومتر مربع) تراکم دام عشایر (تعداد دام عشایر در کیلومتر مربع)	
۱۳۹۲	سازمان‌های جهاد کشاورزی حوزه آبخیز کارون	تراکم تعداد کل واحد دامی (واحد دامی در کیلومتر مربع)	
۲۰۰۷ میلادی	تصاویر ماهواره‌های Landsat (ETM+)	شاخص NDVI شاخص Greenness شاخص Brightness شاخص Wetness	پوشش گیاهی

برداری و سپس رستری، یکسان کردن سامانه مختصات و سامانه تصویر و هم اندازه کردن اندازه پیکسل لایه‌ها، تولید برخی لایه‌ها مانند شیب، تراکم آبراهه، تبدیل اطلاعات نقشه‌های رستری به داده متنی (ASCII) و در نهایت تبدیل داده‌های متنی

پردازش اطلاعات: پردازش اطلاعات با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS22، MINITAB17، ENVI5.1، ArcGIS9.3 و EXCEL2010 انجام شد. نرم‌افزار ArcGIS9.3 برای تبدیل برخی لایه‌های اطلاعاتی متنی مانند اطلاعات اقتصادی اجتماعی به داده‌های

این مسئله که آیا تعداد داده‌ها (اندازه نمونه‌ها) و رابطه بین متغیرها برای تحلیل عاملی مناسبند یا خیر، از شاخص KMO و آزمون بارتلت استفاده شد. به‌منظور خلاصه‌سازی مؤثر اطلاعات و کاهش تعداد متغیرها تعدادی از عامل‌ها حفظ و سایر عامل‌ها حذف شدند (Rencher, ۲۰۰۲). در انتها به‌منظور تهیه نقشه پراکنش عامل‌های اصلی، ماتریس نمرات عامل‌ها تبدیل به نقشه رستری شد.

محدوده مورد مطالعه با استفاده از زیرنرم‌افزار SWAT در نرم‌افزار ArcGIS به تعداد ۲۳۱ زیرحوضه تقسیم‌بندی شد و در ادامه برای همگن‌بندی، از شش عامل اصلی (PC) به‌جای استفاده از ۲۷ متغیر استفاده شد، در نتیجه تحلیل خوشه‌بندی با استفاده از شش عامل اصلی و ۲۳۱ زیرحوضه حاصل از مدل SWAT انجام گرفت.

جداسازی مناطق همگن در حوزه آبخیز کارون از طریق تحلیل خوشه‌ای و در سه مرحله انجام شد. در مرحله اول با استفاده از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی تجمعی به روش واریانس کمینه (روش وارد) و فاصله مربع اقلیدسی تعداد خوشه‌های نهفته در ساختار داده‌ها، با استفاده از دندروگرام حاصل به‌دست آمد. در روش وارد مبنای تلفیق دو خوشه p و q کاهش واریانس درون‌خوشه‌ای حاصل از تلفیق خوشه p و q است. به‌عبارت دیگر دو خوشه‌ای که در نتیجه تلفیق آن‌ها کمترین واریانس درون خوشه‌ای به‌دست آید با یکدیگر تلفیق می‌شوند. واریانس درون خوشه‌ای نیز مجموع فواصل مربعات هر کدام از افراد از مرکز ثقل خوشه می‌شود. مجموع مربعات فواصل درون خوشه‌ای از مرکز ثقل خوشه (C) از طریق زیر محاسبه می‌شود (Tahmasebi, ۲۰۱۵).

$$Q(p, q) = \sum_{j=1}^n d^2(j, c) \quad (5)$$

که در آن، d^2 فاصله اقلیدسی بین فرد j از مرکز ثقل خوشه C با n فرد است. مرکز ثقل خوشه نیز نقطه‌ای است که در برگیرنده متوسط کل خصوصیات افراد آن خوشه است. مرکز ثقل خوشه از طریق زیر محاسبه می‌شود (Tahmasebi, ۲۰۱۵).

$$C(X, Y) = \left(\frac{X_1 + X_2 + \dots + X_r}{r}, \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_r}{r} \right) \quad (6)$$

حاصل از تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌بندی به نقشه استفاده شد. به‌دلیل در دسترس نبودن اطلاعات دقیق کمی از پوشش گیاهی حوزه آبخیز کارون، شاخص‌های NDVI^۱ و Tasseled Cap با استفاده از داده‌های سنجنش از دور به‌دست آمدند که بدین منظور تصاویر ماهواره‌ای Landsat (ETM⁺) حوضه کارون به‌وسیله نرم‌افزار ENVI5.1 پس از انجام تصحیحات لازم موزاییک شده و شاخص‌های یاد شده، استخراج شد. از نرم‌افزارهای EXCEL2010 و SPSS22 برای انجام تحلیل‌های آماری استفاده شد.

از بین متغیرهای مورد مطالعه سه لایه اشکال فرسایش، کاربری اراضی و حساسیت سنگ به فرسایش ماهیتی کیفی داشتند که برای کمی کردن آن‌ها از معیارهای مدل تجربی برآورد فرسایش خاک EPM استفاده شد. تمام لایه‌ها تبدیل به داده رستری شدند، سپس اطلاعات پیکسل‌ها تبدیل به داده متنی (ASCII) شدند. با استفاده از نرم‌افزار MINITAB17 تمام ۲۷ ماتریس حاصله STACK شدند (تمام ستون‌ها در یک لایه، تبدیل به یک ستون شدند) که در نتیجه این پردازش ماتریسی به ابعاد ۱۴۷۵۰۶×۲۷ حاصل شد.

به‌منظور از بین بردن اثر متفاوت بودن واحدهای اندازه‌گیری متغیرهای مورد مطالعه و جلوگیری از تأثیر بزرگی اعداد در تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌بندی سلسله مراتبی تجمعی، استانداردسازی داده‌ها با استفاده از رابطه (۴) انجام شد، به‌طوری که متغیرهای استاندارد شده دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک هستند (Lindsay, ۲۰۰۲).

$$Z = \frac{(X - \bar{X})}{S} \quad (4)$$

که در آن، \bar{X} میانگین داده‌ها و S انحراف معیار داده‌ها است.

تحلیل عاملی با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS22 انجام شد که این تحلیل شامل به‌دست آوردن میانگین پارامترها به تفکیک پارامتر، به‌دست آوردن ماتریس واریانس و کوواریانس، به‌دست آوردن مقادیر ویژه و بردار مقادیر ویژه و محاسبه نمرات عاملی هر متغیر است (Farbod و همکاران، ۲۰۱۴). برای اطمینان از

² Ward

¹ Normalized Difference Vegetation Index

محاسبه نشده است را در نظر می‌گیرد. سایر عامل‌های استخراج شده نیز ویژگی مذکور را دارا هستند. در تحلیل عاملی چرخش عامل‌ها سبب تغییر تعداد عامل‌های استخراج شده نمی‌شود، بلکه هدف از چرخش عامل‌ها آن است که با تغییر توزیع بارهای عاملی رابطه بین برخی از متغیرها و عامل‌ها به بیشینه برسد که با این کار درک ساختار عامل‌ها و تفسیر هر عامل آسان‌تر انجام خواهد شد (Farbod, ۲۰۱۴). در جدول ۳، بارهای عاملی متغیرهای تعیین کننده در هر عامل که دارای بزرگ‌ترین قدر مطلق همبستگی با آن عامل را دارند، بعد از عمل دوران ارائه شده است. بارهای عاملی ضرایب همبستگی بین هر یک از متغیرها و عامل‌ها را نشان می‌دهد که در دامنه بین -۱ تا +۱ قرار دارند. بنابر نتایج تحلیل عاملی، شش عامل اصلی که تبیین بیشترین واریانس داده‌ها را بر عهده داشته، بیانگر تأثیرگذاری این عوامل و دلیل ایجاد تفاوت‌ها در سطح حوزه آبخیز کارون می‌باشند. به ترتیب بیشترین درصد واریانس شامل عامل خاک، عامل پوشش گیاهی-توپوگرافی، عامل اقلیم، عامل اقتصادی-اجتماعی، عامل زمین‌شناسی و عامل آب هستند (جدول ۴).

تحلیل خوشه‌ای: خوشه‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز با استفاده از شش عامل اصلی و به روش k - میانگین انجام شد. یکی از الزامات روش k - میانگین، لزوم تعیین تعداد خوشه‌ها قبل از خوشه‌بندی است، به منظور تعیین تعداد خوشه‌ها، از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی استفاده شد.

خوشه‌بندی سلسله مراتبی: نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌بندی ۲۳۱ زیرحوضه به روش سلسله مراتبی در قالب دندروگرام (شکل ۸) ارائه شده است. انتخاب مکان قطع در دندروگرام بسیار مهم است، چرا که با تغییر مکان قطع، تعداد خوشه متفاوتی استخراج می‌شود (Tahmasebi, ۲۰۱۵). بنابر نتایج حاصل از دندروگرام تعداد خوشه‌ها در فاصله اقلیدسی دو، سه، چهار و پنج به ترتیب برابر با ۱۱، ۱۳، ۱۶ و ۲۸ خوشه است (شکل ۲). بنابراین، به منظور انتخاب یکی از گزینه‌های مذکور به عنوان تعداد بهینه خوشه و اعتبارسنجی خوشه‌بندی از تحلیل تشخیصی استفاده شد. با توجه به ساختار دندروگرام استخراج شده،

که در آن، X و Y ارزش عددی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در r بعد است. در مرحله دوم خوشه‌بندی، به منظور انتخاب تعداد بهینه خوشه و ارزیابی و اعتبارسنجی خوشه‌بندی از روش تحلیل تشخیصی^۱ (Farbod و همکاران، ۲۰۱۴) استفاده شد. در مرحله سوم، به روش خوشه‌بندی k - میانگین^۲ نسبت به خوشه‌بندی پیکسل‌ها اقدام شد. برخلاف روش سلسله مراتبی در این روش از ابتدا باید تعداد خوشه‌ها مشخص باشند. در این روش، در مرحله اول به تعداد خوشه‌های در نظر گرفته شده بذر در محدوده مشاهدات به صورت تصادفی قرار می‌گیرد که هر بذر به عنوان مرکز ثقل خوشه عمل می‌کند. در مرحله بعد هر مشاهده با توجه به فاصله آن نسبت به بذرها به نزدیک‌ترین خوشه اختصاص می‌یابد. سپس بذرها با توجه به موقعیت مشاهدات خوشه خود جابه‌جا شده، مجدداً مشاهدات به خوشه‌های جدید اختصاص می‌یابند. این سیکل تا جایی ادامه می‌یابد که هیچ مشاهده‌ای، تغییر خوشه ندهد (Tahmasebi, ۲۰۱۵). پس از خوشه‌بندی داده‌ها در انتها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نسبت به تهیه نقشه همگن‌بندی حوزه آبخیز کارون اقدام شد.

نتایج و بحث

تحلیل عاملی (PCA): مقادیر ویژه و واریانس متناظر با هر عامل در جدول ۳ آمده است. مجموع مقادیر ویژه شش عامل نخست برابر با ۲۲/۴۸۲ است که ۸۳/۲۷ درصد واریانس موجود در داده‌ها را دربر می‌گیرند. اولین عامل اصلی استخراج شده که بیشترین مقدار پراکندگی داده‌ها را در کل مجموعه داده‌ها در نظر می‌گیرد، با مقدار ویژه ۶/۵۲ معادل ۲۴/۱۸ درصد کل تغییرات را نشان می‌دهد. این امر بدان معنی است که اولین عامل با تعدادی از متغیرها همبستگی بالایی دارد (Lindsay, ۲۰۰۲). دومین عامل استخراج شده نیز ۲۱/۸۴ درصد تغییرات را دربر می‌گیرد. در تحلیل عاملی، دومین عامل، بیشترین واریانس مجموعه داده‌ها که به وسیله عامل اول

¹ Discriminant analysis

² k-means cluster

تحلیل تشخیص برای تعداد ۲۸، ۱۶، ۱۳ و ۱۱ خوشه اجرا شد. بعد از سه بار تعویض تعداد گروه‌ها، میزان دقت مدل بر مبنای تعداد ۱۶ خوشه برابر با ۱۰۰ درصد شد.

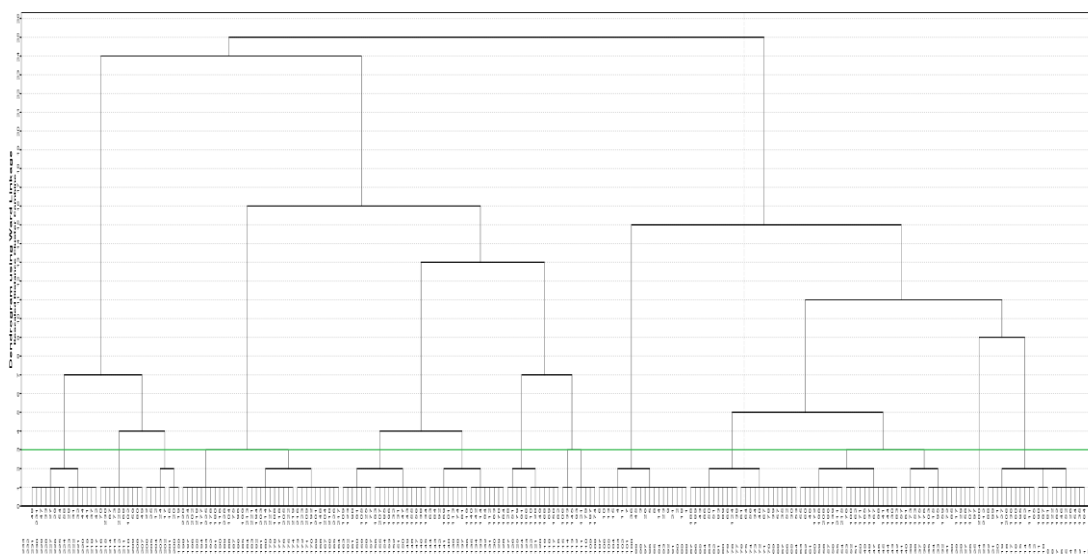
خوشه‌بندی: خروجی حاصل از اجرای خوشه‌بندی k- میانگین با ورودی شش عامل اصلی و تعداد ۱۶ خوشه در حوزه آبخیز کارون در قالب شکل ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر ویژه و واریانس عامل‌های استخراج شده

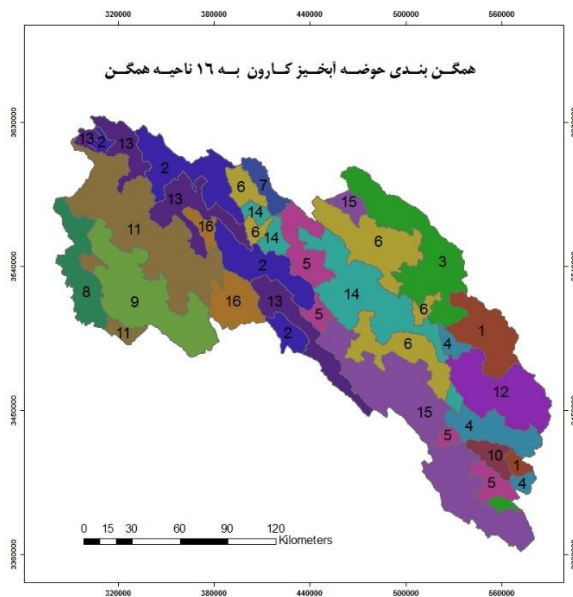
عامل	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
اول	۶/۵۲۹	۲۴/۱۸۱	۲۴/۱۸۱
دوم	۵/۷۲۰	۲۱/۱۸۴	۴۵/۳۶۵
سوم	۴/۶۴۹	۱۷/۲۲۰	۶۲/۵۸۶
چهارم	۲/۸۵۹	۱۰/۵۸۸	۷۳/۱۷۴
پنجم	۱/۴۷۰	۵/۴۴۶	۷۸/۶۲۰
ششم	۱/۲۵۵	۴/۶۵۰	۸۳/۲۷۰

جدول ۴- متغیرهای تعیین کننده در هر عامل و میزان ضرایب حاصل از عامل‌های دوران یافته

نام عامل	متغیر	ضریب
خاک	اشکال فرسایش	۰/۹۳
	فرسایش ویژه	۰/۹۱
	عمق خاک	-۰/۹۱
پوشش گیاهی- توپوگرافی	ارتفاع	۰/۸۸
	شاخص NDVI	-۰/۹۰
اقلیم	بارش سالیانه	۰/۸۷
اقتصادی-اجتماعی	نسبت درآمد به هزینه خانوارهای روستایی	۰/۸۱
	تراکم جمعیت عشایر	-۰/۹۲
زمین‌شناسی	حساسیت سنگ به فرسایش	۰/۸۷
آب	شوری	-۰/۶۴
	افت سطح آب زیرزمینی	-۰/۶۲



شکل ۲- دندروگرام حاصل از خوشه‌بندی سلسله مراتبی



شکل ۳ - تقسیم حوزه آبخیز کارون به ۱۶ ناحیه همگن

آزمون مقایسه میانگین ANOVA یک طرفه نشان داد که تفاوت میانگین‌های هر شش عامل اصلی (PC) در بین ۱۶ خوشه در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار هستند. به عبارتی، شش عامل اصلی که به عنوان ورودی تحلیل خوشه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند، به طور قابل اعتمادی باعث تمایز ۱۶ خوشه شده‌اند.

عامل‌های تأثیرگذار بر تمایز نواحی همگن

عامل اول: به طوری که آزمون مقایسه میانگین به روش Tukey HSD نشان می‌دهد، میانگین عامل اول در خوشه شماره ۹ نسبت به تمام ۱۵ خوشه دیگر دارای اختلاف معنی‌داری است. پس از خوشه ۹، خوشه شماره ۱۱ دارای بیشترین مقادیر عامل اول هستند (شکل ۴). عامل اول به دلیل داشتن بالاترین قدر مطلق ضرایب همبستگی با متغیرهای مرتبط با ویژگی‌های خاک و متغیرهای مرتبط با فرسایش خاک به عنوان عامل خاک نام‌گذاری شد. بنابراین، وجود بالاترین مقادیر عامل اول در خوشه‌های ۹ و ۱۱ بیانگر تأثیرگذاری شدید پارامترهای مرتبط با خاک و فرسایش خاک در این دو ناحیه همگن است. بنابراین هرگونه برنامه‌ریزی در این دسته از زیرحوضه‌ها می‌بایست تمرکز و اولویت آن بر کنترل فرسایش خاک و تلاش برای کاهش فرسایش خاک باشد.

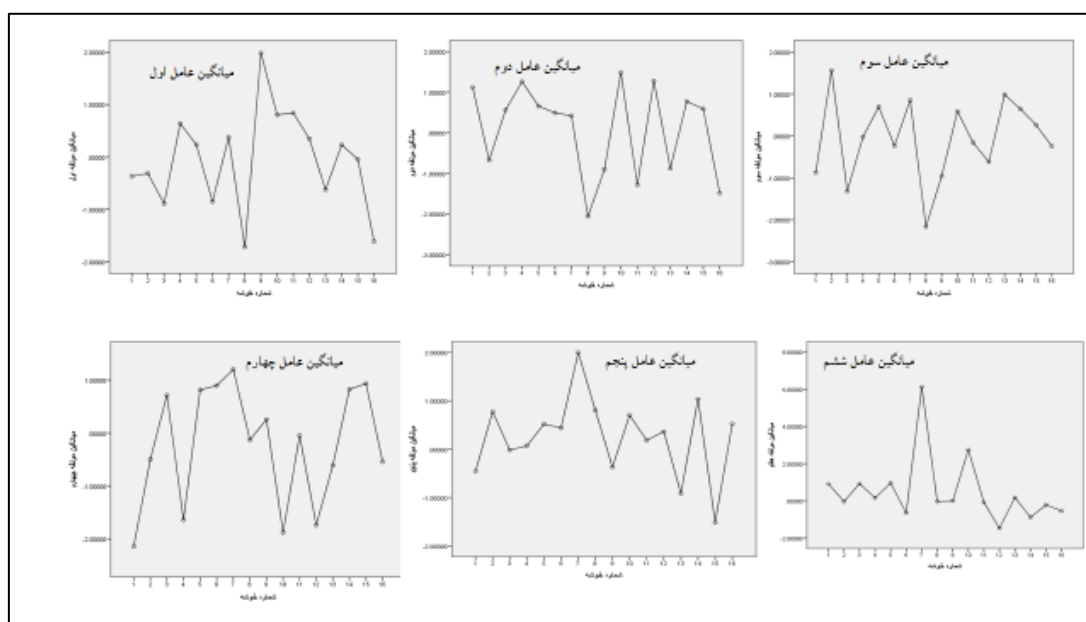
عامل دوم: عامل دوم به عنوان عامل پوشش گیاهی و فیزیوگرافی نامیده شد، چرا که متغیرهای توپوگرافی و پوشش گیاهی بالاترین قدر مطلق ضریب همبستگی با این عامل را داشتند. در بین خوشه‌ها، خوشه ۸ کمترین مقدار میانگین عامل دوم را نسبت به سایر خوشه‌ها دارد (شکل ۴)، به طوری که میانگین عامل دوم نسبت به تمام خوشه‌های دیگر اختلاف معنی‌داری دارد. کمترین میزان عامل دوم در خوشه ۸ به معنی ضعیف بودن مقادیر متغیرهای توپوگرافی به ویژه ارتفاع و همچنین، ضعف پوشش گیاهی در این خوشه است. بیشترین مقدار میانگین عامل دوم نیز مربوط به خوشه شماره ۱۰ است. وجود بالاترین مقدار عامل دوم در خوشه ۱۰ بیانگر قوی بودن ترکیبی از عوامل پوشش گیاهی و فیزیوگرافی در این خوشه است. مقایسه موقعیت جغرافیایی خوشه ۱۰ و ۸ به خوبی تأثیر این عامل را در تمایز خوشه‌ها نشان می‌دهد، به طوری که خوشه ۸ کمینه پستی و بلندی را دارد. تقویت و توسعه پوشش گیاهی و جلوگیری از تغییر کاربری اراضی جنگلی و مرتعی در ناحیه همگن شماره ۸ می‌تواند به عنوان رهیافتی برای جلوگیری از فرایند تخریب در خوشه ۸ باشد.

عامل سوم: بزرگ‌ترین مقدار عامل سوم، مربوط به خوشه ۲ و کمترین آن همانند عامل دوم متعلق به خوشه ۸ است (شکل ۴). اختلاف میانگین عامل سوم

است (شکل ۴). عامل چهارم به‌عنوان عامل اقتصادی-اجتماعی نام‌گذاری شده، بالاترین مقدار این عامل در خوشه شماره ۶ به معنی تراکم بیشتر جمعیت انسانی و تراکم دام در آن است. بدیهی است تمرکز و اولویت برنامه‌های مدیریت حوزه آبخیز در این منطقه می‌بایست مبتنی بر پارامترهای اقتصادی-اجتماعی و چاره‌اندیشی برای حل مشکلات همچون حذف دام بیش از حد از عرصه مرتعی و جنگلی و برنامه‌های مقابله با فقر باشد. کمترین میانگین عامل چهارم، متعلق به خوشه شماره ۱ است. دقت در پراکنش مکانی خوشه یک (شکل ۳) نشان می‌دهد که این خوشه در نواحی شرق حوزه آبخیز کارون واقع است که در واقع عموماً اختصاص به دشت‌های با اقلیم کم‌بارش و نیمه‌خشک دارد که تراکم جمعیت انسانی و تراکم تعداد واحد دامی و دام‌عشایر در آن کمتر است و به همین دلیل، در این خوشه میزان عامل چهارم کمتر است.

در خوشه شماره ۲ نسبت به سایر خوشه‌ها به‌جز خوشه شماره ۷، معنی‌دار است. این موضوع بیانگر نقش شدید پارامترهای اقلیمی در این خوشه و مقادیر بیشتر متغیرهای اقلیمی در این خوشه نسبت به سایر خوشه‌ها است. همچنین، از آنجا که عامل سوم به نام عامل اقلیم-فیزیوگرافی نام‌گذاری شده، متغیرهای شیب و ارتفاع در آن نقش مهمی دارند. بنابراین، در اینجا هم شبیه عامل دوم خوشه ۸، کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است (شکل ۴). الگوی بارش و دما در حوزه آبخیز کارون به‌گونه‌ای است که از خط‌الراس به سمت خروجی حوضه بارش کاهش و دما و تبخیر افزایش می‌یابد (KWMO, ۲۰۱۱). از آنجا که خوشه ۸ در محل خروجی حوضه قرار دارد، برنامه‌های حفاظت آب و خاک در این خوشه می‌باید مبتنی بر کاهش تبخیر و تقویت اقدامات آبخیزداری برای افزایش نفوذ آب در خاک باشد.

عامل چهارم: بزرگ‌ترین مقدار عامل چهارم مربوط به خوشه ۶ و کمترین مقدار آن مربوط به خوشه ۱



شکل ۴- نمودار میانگین هفت عامل اصلی حاصل از تحلیل عاملی در ۱۶ ناحیه همگن

است که با پارامتر حساسیت سنگ به فرسایش سنجیده شد (شکل ۴). کمترین میزان عامل پنجم در خوشه ۱۵ به معنای مقادیر کوچک‌تر متغیر حساسیت سنگ به فرسایش در این خوشه است و بزرگ‌ترین مقادیر عامل پنجم در خوشه ۷ و ۱۴ به معنای

عامل پنجم: کمترین مقدار میانگین عامل پنجم مربوط به خوشه ۱۵ در جنوب غرب حوزه آبخیز کارون است (شکل ۴) و بیشترین آن مربوط به خوشه‌های ۷ و ۱۴ است. تأثیرگذارترین متغیر در عامل اصلی پنجم، متغیر ویژگی زمین‌شناسی منطقه

به طرز معنی‌داری از خوشه ۱۲ بیشتر است. از منظر میزان بارش و خصوصیات فیزیوگرافی به‌خصوص شیب و ارتفاع تفاوت معنی‌داری بین دو خوشه وجود دارد، همچنین، دو خوشه ۷ و ۱۲ از نظر متغیرهای اقتصادی و اجتماعی نیز متمایزند. متغیرهای تراکم جمعیت، تراکم دام و میزان درآمد سالانه خانوار روستایی اختلاف معنی‌داری باهم دارند. توجه به موقعیت جغرافیایی این دو خوشه تا حد زیادی توجیه این موضوع را آشکار می‌کند، چرا که خوشه ۷ در مناطق مرتفع و پر بارش حوزه آبخیز کارون در محدوده شهرستان کوهرنگ واقع است که محل تمرکز عشایر و زندگی عشایری است، در حالی که خوشه ۱۲ در شرق حوضه در مناطقی هموار و کم بارش و زندگی اجتماعی مبتنی بر زندگی روستایی و بهره‌برداری کشاورزی است. دو خوشه از نظر شاخص‌های سنجش از دور پوشش گیاهی شامل NDVI و شاخص سبزیگی^۱ نیز متمایزند که این موضوع با توجه به اختلاف ۴۹۳ میلی‌متری میانگین بارش سالانه در بین دو ناحیه قابل انتظار است.

مقایسه مناطق همگن ۱۴ و ۶ به‌عنوان شبیه‌ترین خوشه‌ها به هم: نتایج آزمون Tukey post-hoc برای مقایسه میانگین خوشه‌های ۱۴ و ۶ به‌عنوان شبیه‌ترین دو ناحیه همگن نشان داد که این دو ناحیه در بسیاری متغیرها اختلاف میانگین معنی‌داری با هم ندارند، به‌ویژه از منظر ویژگی‌های اقلیمی، دو ناحیه یکسان هستند. از نظر ارتفاع نیز تفاوت دو طبقه معنی‌دار نیست. از نظر متغیرهای اقتصادی و اجتماعی نیز تمایزی ندارند و دو خوشه از نظر شاخص‌های پوشش گیاهی نیز اختلاف معناداری ندارند. آنچه باعث تمایز دو خوشه و قرارگیری زیرحوضه‌ها در دو خوشه ۶ و ۱۴ شده، متغیرهای مرتبط با کاربری اراضی، خصوصیات خاک و میزان فرسایش خاک در این دو خوشه است.

نتیجه‌گیری

حوزه آبخیز یک واحد فیزیکی، بیولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی برای برنامه‌ریزی و مدیریت کلیه

بزرگ‌تر بودن مقادیر حساسیت سنگ به فرسایش در این دو ناحیه است. مقادیر بزرگ عامل پنجم به معنای ضرورت تمرکز بر وضعیت زمین‌شناسی و فرسایش‌پذیری ذاتی منطقه به‌دلیل سازند زمین‌شناسی سست و حساس آن است. تطابق نقشه خوشه‌ها با نقشه سازندهای زمین‌شناسی نیز این موضوع را تأیید می‌کند. خوشه‌های ۷، محل تمرکز سازندهای تبخیری گچساران است که فرسایش‌های شدیدی را ایجاد کرده، بر عکس، خوشه‌هایی که مقدار عامل پنجم در آن‌ها کوچک است، محل تمرکز سازندهای آهکی و کنگلومرای بختیاری هستند که سازندی مقاوم به فرسایش است.

عامل ششم: عامل ششم کمترین واریانس عامل‌ها را دارد و ۴/۶۵ درصد کل واریانس داده‌ها را در بر گرفته، به‌همین دلیل متغیرهایی که بیشترین قدر مطلق ضرایب همبستگی با این عامل را دارند، متغیرهایی کم اهمیت بوده که تفاوت بین داده‌های آن‌ها در زیرحوضه‌های مختلف زیاد نیست و در واقع عامل ایجاد تغییرات نیستند و یا در حد جزئی تغییراتی ایجاد می‌کنند. به همین دلیل، از نظر بررسی تخریب سرزمین و به‌طور کلی بررسی وضعیت حوزه آبخیز، از اهمیت کمتری برخوردارند.

فاصله اقلیدسی مراکز خوشه‌ها: ماتریس فواصل مراکز خوشه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین فاصله بین مرکز خوشه‌ها مربوط به فاصله بین مرکز خوشه ۷ با خوشه ۱۲ و کمترین مقدار فاصله بین مرکز خوشه‌ها متعلق به فاصله مرکز خوشه ۱۴ با مرکز خوشه ۶ است. به‌عبارتی، کمترین شباهت بین خوشه‌ها مربوط به خوشه ۷ و ۱۲ است و این دو منطقه همگن تفاوت را با هم دارند، در حالی که بیشترین میزان شباهت و یا به بیانی کمترین اختلاف بین دو گروه ۱۴ و ۶ است.

مقایسه مناطق همگن ۷ و ۱۲ به‌عنوان دورترین خوشه‌ها از هم: نتایج حاصل از اجرای آزمون مقایسه میانگین متغیرها به روش Tukey post-hoc در دو خوشه ۷ و ۱۲ نشان داد که متغیرهایی مانند جهت شیب، تراکم آبراهه، نفوذپذیری، حساسیت سنگ به فرسایش و تراکم جمعیت اختلاف معنی‌داری ندارند، اما دو خوشه ۷ و ۱۲ از نظر شاخص‌های فرسایش خاک متمایزند. میزان فرسایش ویژه خاک در خوشه ۷

¹ Gness

نحوه برهم‌کنش متغیرها مواجهه است، تحلیل عاملی قادر به تمایز روابط درونی متغیرها و طبقه‌بندی متغیرها از نظر درجه اهمیت و تأثیر است.

شناسایی و جداسازی مناطق همگن سبب فراهم شدن امکان مقایسه و درک بهتر ساختار پیچیده زیرحوزه‌های آبخیز می‌شود که نتیجه آن شناسایی مناطقی یکنواخت به‌عنوان واحدهای کاری برای تدوین راهبردهای مدیریتی و عملیاتی خاص هر طبقه برای مقابله با پدیده‌های مخربی از جمله فرسایش خاک، خشک‌سالی و سیل می‌شود. تحلیل خوشه‌ای با استفاده از شش عامل خروجی تحلیل عاملی نشان داد که زیرحوزه‌های آبخیز کارون را با توجه به ویژگی‌های طبیعی و انسانی می‌توان به ۱۶ ناحیه همگن تقسیم کرد. نتایج همگن‌بندی حاکی از آن است که در برخی نواحی عوامل طبیعی و در برخی دیگر عوامل اقتصادی و اجتماعی سبب تمایز این نواحی از سایر مناطق شده است. نتایج نشان داد که برخی متغیرهای طبیعی مانند جهت شیب و تراکم آبراهه تأثیر معنی‌داری بر ایجاد تغییرات ندارند و می‌توان گفت این دو متغیر شاخص‌های مهمی در تمایز مناطق همگن نیستند.

مقایسه تفاوت‌های دو خوشه ۷ با ۱۲ و خوشه ۶ با ۱۴ که به ترتیب به‌عنوان دورترین و نزدیک‌ترین خوشه‌ها نسبت به هم هستند. چشم‌اندازی از چگونگی همگن‌بندی و تفاوت‌های بین مناطق همگن و لزوم بررسی هم‌زمان متغیرهای گوناگون در فرایند بررسی و مقایسه وضعیت حوزه‌های آبخیز را آشکار کرد. نتایج همگن‌بندی نشان داد که در حوزه‌های آبخیز تا آنجا که مقدور است باید متغیرهای گوناگونی را هم‌زمان بررسی کرد، چرا که در مواردی، دو حوضه از نظر اقلیمی و توپوگرافی شرایط یکسانی دارند اما متغیرهای انسانی سبب تمایز دو حوضه می‌شود.

منابع موجود در طبیعت پذیرفته شده است. در نواحی کوهستانی و بالادست برنامه‌های توسعه و مدیریت اراضی در قالب طرح‌های مدیریت حوزه آبخیز انجام می‌شود (van Lynden و همکاران، ۱۹۹۸). در این نواحی سنجش تخریب در قالب حوزه‌های آبخیز انجام می‌شود و حوزه‌های آبخیز در یک دامنه‌ای از تخریب نشده تا به‌شدت تخریب شده طبقه‌بندی می‌شوند که این موضوع، پایه‌ای می‌شود برای شناسایی نواحی دارای اولویت اقدام (van Lynden و همکاران، ۱۹۹۸). تخریب حوزه‌های آبخیز نتیجه برهم‌کنش بین محیط طبیعی و محیط اجتماعی است که از عوامل متعددی اعم از طبیعی، اجتماعی و اقتصادی تأثیر می‌گیرد، بنابراین، ارزیابی تخریب در یک حوزه آبخیز، نیازمند بررسی وضعیت منابع خاک، منابع آب، پوشش گیاهی، اقلیم و وضعیت اقتصادی و اجتماعی است (Baartman و همکاران، ۲۰۰۷).

در این مطالعه، با استفاده از متغیرهای متعدد طبیعی و اقتصادی-اجتماعی و با به‌کارگیری تحلیل عاملی که مهمترین کارکرد آن شناخت ساختارهای پیچیده، شاخص‌سازی و کاهش ابعاد داده‌ها است، معیارهای اصلی ایجاد‌کننده تغییرات در سطح این حوزه آبخیز شناسایی شدند. نتایج تحلیل عاملی اصلی حاکی از آن است که تبدیل ۲۷ متغیر به شش عامل اصلی، قادر است بیش از ۸۳ درصد واریانس داده‌ها را تبیین کند. تعیین‌کننده‌ترین عامل که بیان بیشترین واریانس موجود در داده‌ها را بر عهده دارد، عامل خاک است و پس از آن عامل‌های پوشش گیاهی-توپوگرافی، عامل اقلیم، عامل اقتصادی-اجتماعی، عامل زمین‌شناسی و عامل آب مهمترین عامل‌های استخراجی هستند. نتایج نشان داد که در مواردی مانند این تحقیق که با تعداد زیاد داده و ابهام زیاد در

منابع مورد استفاده

1. Baartman, E., M. Jantene, W.J. van Lynden, M.S. Reed, C.J. Ritsema and R. Hessel. 2007. Desertification and land degradation: origins, processes and solutions. Desire Report 4.
2. Castillo-Rodríguez, M., J. López-Blanco and E. Muñoz-Salinas. 2010. A geomorphologic GIS-multivariate analysis approach to delineate environmental units, a case study of La Malinche volcano (central México). Applied Geography, 30(4): 629-638.
3. Denti, D. 2004. Gemma. Developing a desertification indicator system for a small Mediterranean catchment: a case study from the Serra de Rodes, Alt Empordà, Catalunya, NE Spain. Universitat de Girona.

4. El Yaouti, F. 2009. Salinization processes in the unconfined aquifer of Bou-Areg (NE Morocco): a geostatistical, geochemical and tomographic study. *Applied Geochemistry*, 24(1): 16-31.
5. Farbod, E., B. Oladi and N. Abasi. 2014. Data analysis with SPSS software. Tehran, Abed Press, 332 pages (in Persian).
6. Karoon Watershed Management Office (KWMO). 2011. Karoon watershed studies. 350 pages (in Persian).
7. Khuzestan Water and Power Authority. 2011. Combining studies of water resources of Karoon Basin. 450 pages (in Persian).
8. Moghaddas, N. 2013. The effects of agricultural practice and land-use on the distribution and origin of some potentially toxic metals in the soils of Golestan Province, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 68(2): 487-497.
9. Mohades, F. 2010. The index and its effect on asset price inflation. *Economic Report and Balance Sheet*, 60: 29-62 (in Persian).
10. Momeni, M. and A.F. Ghayoumi. 2012. Statistical analysis with SPSS. Tehran, 300 pages (in Persian).
11. Nosrati, K., M. Ahmadi, M.R. Servati and M. Mazbani. 2014. The factors related to the flooding potential of Darehshar Watershed based on homogeneous regions. *Geographical Planning of Space*, 119-136 (in Persian).
12. Omidvar, K., A. Kiyafar and Sh. Asgari. 2010. Zoning the flood-producing potentials of Konjanchem Basin. *Physical Geography Research*, 42: 73-90 (in Persian).
13. Rahmati, H., J. Porhemat, P. Arasteh and M. Haidarizade. 2009. Yield estimation and homogenizing in north-west ungauged sites of Iran by applying Regional Growth Curve, East Azerbaijan, West Azerbaijan, Ardebil, Kordestan and Ilam Provinces. *Irrigation and Water Engineering*, 1: 44-56 (in Persian).
14. Rencher, C. 2003. *Methods of multivariate analysis*. John Wiley and Sons, 168 pages.
15. Salvati, L. and M. Zitti, 2009. The environmental "risky" region: identifying land degradation processes through integration of socio-economic and ecological indicators in a multivariate regionalization model. *Environmental Management*, 44(5): 888-898.
16. Smith, I. 2002. *A tutorial on principal components analysis*. Cornell University, USA, 152 pages.
17. Tahmasebi, P. 2015. *Environmental data clustering*. Shahrekord University, Iran, 230 pages (in Persian).
18. Telvari, A.R. and M. Samiei. 2009. Homogeneity of the watersheds of the Fars Province with the factors analysis and affecting flood discharge. *Pajouhesh and Sazandegi*, 85: 2-20 (in Persian).
19. Van Lynden, G.W.A. and L.R. Odeman. 1998. *The assessment of the status of human-induced soil degradation in south and south-east Asia*. International Soil Reference and Information Centre, 41 pages.

Homogenization of watersheds with an integrated approach GIS and multivariate statistical analysis, case study: Karoon Watershed

Hossein Bahrami^{*1}, Hassan Vagharfard², Arash Malekian³, Hamid Gholami⁴ and Pejman Tahmasebi⁵

PhD Student, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University, Iran,^{2 and 4} Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University, Iran,³ Associate Professor, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Iran and⁵ Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Shahrekord University, Iran

Received: 16 January 2016

Accepted: 21 June 2016

Abstract

Homogeneous sub watershed Are useful for comparison and better understanding of the complex structure of watershed and thereby facilitating the development and management approaches specific to each class to deal with the destructive phenomena such as soil erosion, drought and flood. In this study, the database contains 6 groups of information such as climatic and socio-economic, topography, soil, water, remote sensing were studied. These Factors converted to raster and then the pixel data converted to text data (ASCII). So matrix was produced with dimensions of 27 * 147 506. Eigenvalues and the variance associated with each factor showed that 6 first component includes a total of 83.27% of the changes. In order to select the optimal number of clusters and clustering evaluation and validation of the method, hierarchical clustering and discriminant analysis and clustering using k- mean cluster of the data was performed. Karoon Sub watersheds were classified into 16 groups. The discriminant analysis was used to validate the clustering. Based on the euclidean distance between cluster centers, two clusters 7 and 12 were classified as the most different clusters , and the two clusters 6 and 14 were classified as the most similar clusters. The mean comparison test of homogenous regions shows that in some cases, both regions are similar in terms of climate and topography, but socio-economic variables cause differentiation. Separation of homogenous regions allows for comparison and identification of similar areas as working units and prioritization of them to carry out the study and implementation plans to deal with destructive phenomena such as desertification, soil erosion, drought and flooding.

Keywords: Watershed Management, Desertification, Factor Analysis, Cluster analysis, Land degradation

* Corresponding author: bahrami374@yahoo.com