

شناسایی مناطق همگن از نظر کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از تحلیل عاملی و خوشه‌ای؛ مطالعه موردی دشت قیر استان فارس

حسن خسروی^۱، احسان مرادی^۲، حمید دارابی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۱۲

چکیده

به دلیل کمبود بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک و در نتیجه محدود بودن منابع آب‌های سطحی در این مناطق، مصرف آب در بخش کشاورزی، صنعت و شرب بشدت به آب زیرزمینی متکی است. لذا مطالعه و ارزیابی کیفیت این منابع بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند. از این رو تحقیق حاضر با هدف طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت قیر واقع در استان فارس با استفاده از تکنیک‌های آماری شامل تحلیل عاملی (FA) و تحلیل خوشه‌بندی سلسله مراتبی (HCA) (بر اساس روش چند میانگینی / میان‌های (KCA))، بر روی داده‌های کیفی (۱۴ پارامتر) در یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۱-۱۳۹۱) و نرم‌افزارهای SYSTAT13، SPSS 18 و PcOrd انجام شد. نتایج تحلیل عاملی نشان داد متغیرهای SAR، Cl، Na، PH، SO₄ و HCO₃ به ترتیب با بالاترین بارعاملی مهم‌ترین پارامترها جهت انجام آنالیزهای خوشه‌ای می‌باشند. به منظور تعیین تعداد خوشه‌های بهینه از شاخص دیویس- بولدین استفاده شد و با توجه به این شاخص تعداد ۵ خوشه جهت طبقه‌بندی نهایی چاه‌ها تعیین گردید. نتایج نشان داد که روش‌های KCA و HCA به منظور انجام طبقه‌بندی دارای هم‌پوشانی ۱۰۰٪ می‌باشند، با توجه نتایج طبقه‌بندی، مقدار پارامترهای مورد مطالعه در آب زیرزمینی از گروه اول به سمت گروه پنجم افزایش می‌یابد. بطوری‌که که چاه‌هایی که در گروه ۱ قرار می‌گیرند از نظر کیفیت مناسب‌ترین آب را دارند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل خوشه‌ای، تحلیل عاملی، دشت قیر استان فارس، کیفیت آب زیرزمینی.

۱ - استادیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران. ۰۹۱۲۸۴۴۶۳۵۸. hakhosravi@ut.ac.ir (مسئول مکاتبه)

۲- کارشناسی ارشد، دانشجوی دکتری، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران_ استان فارس، قیروکارزین، قیر، بلوار آزادگان، ۰۹۱۷۰۶۲۹۷۱۱. Ehsan_moradi13@ut.ac.ir

۳- کارشناسی ارشد، دانشجوی دکتری، گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، استان مرکزی، شهرستان اراک، میدان انقلاب (امام)، خیابان شهدای صفری، ۰۹۱۸۳۴۸۵۱۹۷. hamid.darabi2010@gmail.com

مقدمه

می‌کنند. یکی از محدودیت‌های این روش‌ها تعداد نمونه و متغیر است. از طرفی دیگر هیچ یک از روش‌های گرافیکی قدرت تمایز بین گروه‌ها و آزمایش میزان شباهت در بین آن‌ها را ندارد (کلانتری و همکاران، ۱۳۸۵). یکی از روش‌های آماری برای تعیین همگنی آب‌های زیرزمینی از نظر کیفیت، استفاده از تحلیل خوشه‌ای است. اگر کیفیت آب‌های زیرزمینی مناطق مختلف یک دشت دارای خواص اندازه‌گیری مشابه باشند، در فضای n بعدی بسیار نزدیک به یکدیگر قرار می‌گیرند لذا مشابهت‌های این نمونه‌ها به کمک اندازه‌گیری فاصله بین آن‌ها در این فضا بررسی می‌گردد که نتیجه آن شاخصی بنام ضریب مشابهت است که شباهت کیفیت منابع آب را تعیین می‌کند. هدف از تحلیل خوشه‌ای گروه‌بندی متغیرها است به طوری که متغیرهای داخل یک گروه تا حد امکان همگن باشند، لیکن خصوصیات آن‌ها در بین دیگر گروه‌ها دارای وجه تمایز باشد (غیائی و همکاران ۱۳۸۳).

محققان زیادی از جمله Williams (1982)، (2000) Edet et al. (2011)، Guler et al. (2002)، Farnham et al. (2009) و Hajalilou and Khaleghi (2009) از تجزیه خوشه‌ای برای طبقه‌بندی داده‌های کیفی آب استفاده کرده‌اند.

رضایی و امیری (۱۳۹۱) در دشت لنجان اصفهان با استفاده از تحلیل عاملی به ارزیابی تغییرات کیفی آب زیرزمینی پرداخته‌اند و با استفاده از ۱۴ مشخصه انتخابی که دارای همبستگی قوی تا متوسط بودند خوشه‌بندی داده‌ها و مشخصه‌ها و همچنین تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره را انجام دادند. عطایی و شیران (۱۳۹۰) با استفاده از تحلیل خوشه‌ای به شناسایی زیرحوضه‌های هیدرولوژیکی همگن از نظر عوامل ژئومورفولوژیک موثر بر سیلاب پرداختند. رضایی (۱۳۹۰)، به منظور تحلیل منطقه‌ای آب‌دهی سالانه با دوره بازگشت‌های مختلف در تعدادی از زیرحوضه‌های سد سفیدرود بر اساس ویژگی‌های فیزیوگرافی و بارندگی سالانه، تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی را برای رسیدن به زیرحوضه‌های همگن انجام دادند. Jingyi and Hall (۲۰۰۴)، روش‌های جغرافیایی، روش

آب‌های زیرزمینی از منابع ارزشمند تهیه آب شرب، کشاورزی و صنعت در تمام مناطق به ویژه در مناطق خشک و بیابانی هستند. با توجه به تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی که می‌تواند در اثر فعالیت‌های انسان و توسعه فعالیت‌های صنعتی صورت گیرد بررسی و مطالعه این منابع به منظور حفظ و اصلاح کیفیت آن‌ها ضروری است (پورمقدس، ۱۳۸۱)؛ حقیقی فرد و همکاران، (۱۳۸۴). در مناطق خشک و بیابانی به علت اینکه بارندگی کم بوده و تبخیر و تعرق بالا است، منابع آب سطحی منابع قابل اعتمادی برای تامین آب نبوده و در نتیجه در این مناطق بیشتر بر روی منابع آب‌های زیرزمینی تکیه می‌شود (یزدی و همکاران، ۱۳۸۶). کنترل کیفی آب‌ها از اهمیت بالایی برای انسان و موجودات زنده برخوردار است (Bricker and Jones 1995). اگرچه به نظر می‌رسد تاثیرپذیری آب‌های زیرزمینی از محیط اطراف کمتر از منابع آب‌های سطحی باشد، اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد که همگام با منابع سطحی، کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز از عوامل محیطی تاثیر می‌پذیرد و حتی در پاره‌ای از موارد این تاثیرات شدیدتر و ماندگارتر است. از جمله این تاثیرات میتوان به آلودگی آب شرب مصرفی و مسمومیت‌های ناشی از استفاده آن‌ها اشاره کرد (Kathy, ۲۰۰۵). علاوه بر کمبود منابع آب که خود معضل اساسی جوامع در عصر حاضر است، امروزه آلوده شدن این منبع حیاتی توسط فعالیت‌های انسانی این مشکل را دو چندان می‌کند (غیائی و همکاران، ۲۰۰۶). به‌طوریکه محققان زیادی به بررسی و مطالعه در این زمینه پرداخته‌اند:

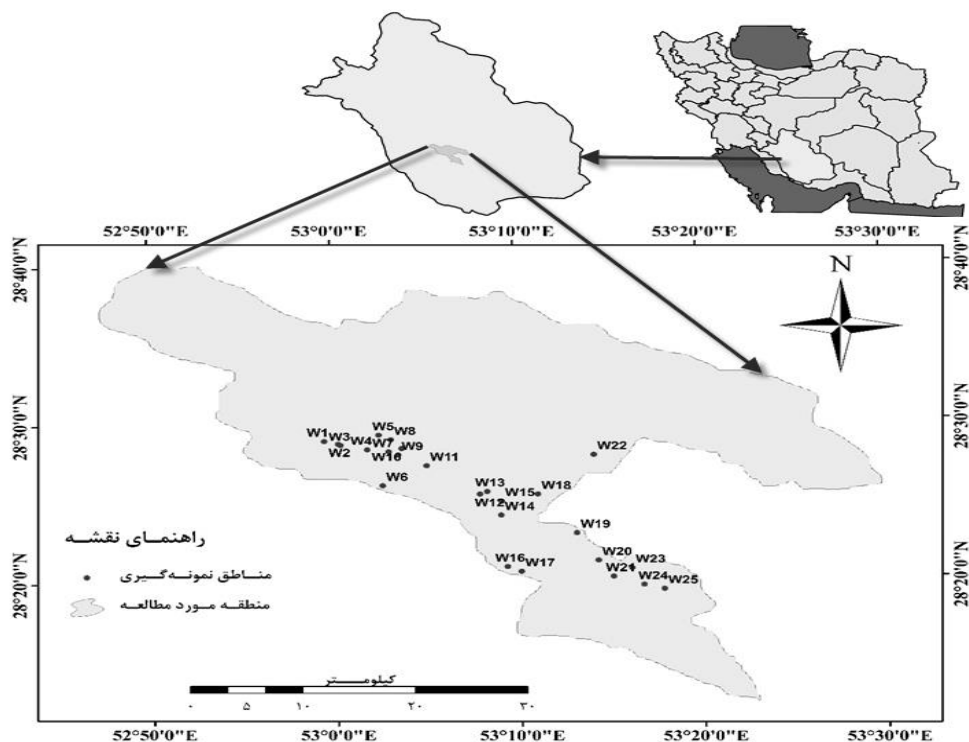
James (1999)، Makkasap and (2010)، Keeney and Hallberg (1993)، atapanajuru (2004)، Anbazhagan and Nair (2003)، Kambell et al. (2003)، Adams et al. (2001)، Mato (2001) و Kannel (2008). بیشتر روش‌های به کار رفته در مطالعات کیفی آب زیرزمینی به صورت روش‌های گرافیکی هستند که نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های آب را توسط نمودارهای مختلفی مانند نمودارهای پایپر، استیف، شولر و... ارائه

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی، نواحی مرکزی و جنوبی دشت قیر واقع در شهرستان قیر و کارزین در استان فارس می‌باشد. کل این دشت دارای مساحتی در حدود ۱۳۰۰/۹ کیلومتر مربع است که بین عرض شمالی ۲۷ تا ۲۸ و طول شرقی ۴۵' ۵۲° تا ۳۰' ۵۳° درجه قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع آن از سطح دریا ۷۵۰ متر و میانگین بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. مناطقی که در آن‌ها چاه‌ها پیرومتری جهت اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی حفر شده است در مناطق جنوبی دشت قیر که مناطق هموار و دشتی است، می‌باشد. دشت قیر در منطقه ای نیمه خشک و کم باران قرار دارد و میزان نزولات جوی آن پایین است. به علت کمبود بارندگی منابع آب‌های سطحی منطقه محدود می‌باشد، در نتیجه مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت و شرب بشدت به آب زیرزمینی متکی است. لذا مطالعه و ارزیابی کیفیت این منابع بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند.

خوشه‌بندی وارد، روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای فازی و روش شبکه عصبی کوهنون را برای ۸۶ منطقه، در دو آبخیز در جنوب چین برای تعیین مناطق همگن استفاده کردند. (Singh et al. (۲۰۰۷) برای طبقه‌بندی ایستگاه‌های هواشناسی در هند از سه تکنیک طبقه‌بندی به نام‌های تجزیه و تحلیل خوشه‌ای فازی، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به روش چند میانگینی و شبکه عصبی کوهنون استفاده کردند.

هدف از این مطالعه شناسایی مناطق همگن از نظر کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از داده‌های ۱۴ پارامترکیفی آب و تفکیک مناطق همگن در دشت قیر با استفاده از تکنیک‌های آماری تحلیل عاملی و آنالیز خوشه‌ای می‌باشد.



شکل (۱): موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در دشت قیر

تحلیل عاملی

یکی از روش‌های آماری برای تجزیه اطلاعات موجود در مجموعه داده‌ها روش تجزیه عمل‌ها یا تحلیل عاملی است. این روش نخستین بار حدود ۱۰۰ سال پیش توسط روانشناسی به نام (۱۹۴۰) Spearman و سپس توسط Kannel, P.R.S (۱۹۰۱)، ارائه شد. تحلیل عاملی تکنیکی است که کاهش تعداد زیادی از متغیرهای وابسته به هم را به صورت تعداد کوچک‌تری از ابعاد پنهان یا مکنون (عامل‌ها) امکان‌پذیر می‌سازد به‌طوری‌که در آن کمترین میزان از دست رفتن اطلاعات وجود داشته باشد. هدف اصلی آن، خلاصه کردن داده‌ها است. این روش به بررسی همبستگی درونی تعداد زیادی از متغیرها می‌پردازد و در نهایت آن‌ها را در قالب عامل‌های عمومی محدودی دسته‌بندی و تبیین می‌کند. بنابراین عمده‌ترین هدف تحلیل عاملی، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهمترین متغیرهای موثر در شکل‌گیری پدیده‌ها است.

در تحقیق حاضر جهت تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل آماری از دو روش KMO^4 و روش بارتلت استفاده شد. مقدار KMO همواره بین ۰ و ۱ در نوسان است در صورتی که KMO کمتر از ۰/۵ باشد داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهد بود و اگر مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد داده‌ها متوسط بوده و اگر مقدار این شاخص، بزرگ‌تر از ۰/۷ باشد همبستگی‌های موجود در بین داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب خواهند بود. در آزمون بارتلت، این فرضیه را که ماتریس همبستگی مشاهده شده متعلق به جامعه‌ای با متغیرهای ناهمبسته است (فرض H_1)، می‌آزماید.

همانطور که قبلاً نیز گفته شد هدف تحلیل عاملی خلاصه کردن متغیرها در تعدادی عامل است. در نتیجه باید روش استخراج عامل‌ها و معیار تعیین آن‌ها مشخص شود. در اینجا از روش استخراج عاملی مولفه‌های اصلی $(PC)^5$ استفاده شده است. در مرحله بعد برای دستیابی به ماتریس عاملی ساده و از نظر

در این پژوهش از میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده ۱۴ پارامتر کیفی آب با نمونه‌گیری از ۲۵ چاه پیرومتری در یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۹۱-۱۳۸۱) استفاده شده است. هر کدام از چاه‌های پیرومتری دارای یک نقطه نشانه است که دارای طول و عرض برحسب متریک می‌باشد، موقعیت این نقاط در دشت قیر در شکل شماره (۱) نمایش داده شده است.

در چاه‌های پیرومتری، اطلاعات کیفی آب بر حسب ۱۴ پارامتر شامل SO_4 , TH , K , Mg , Ca , $Kation$, SAR , Ph , $Anion$, Hco_3 , Cl , TDs , EC و Na در دسترس می‌باشد. در این تحقیق داده‌های کیفی آب چاه‌های پیرومتری را در ماه مشترک (اسفند) در هر سال استخراج و نهایتاً برای یک سال، ماتریسی از داده‌ها با میانگین‌گیری از کل ۱۰ سال تهیه و مورد بررسی قرار گرفته است، تا ارزیابی از کیفیت این منابع در نقاط مختلف دشت صورت گیرد. بنابر این ماتریس 14×25 (فضای نمونه‌ها = ۳۵۰) برای ورود به نرم‌افزارهای آماری تهیه شد. در تحقیق حاضر به منظور طبقه‌بندی مناطق نمونه‌گیری (۲۵ چاه) از نظر متغیرهای اندازه‌گیری شده، تعیین و تشخیص شباهت‌های بین آن‌ها بر اساس پارامترهای مذکور صورت گرفت. برای این منظور نرم‌افزارهای آماری شامل $SPSS$ 18، $SYSTAT$ 13، و $PCOrd$ استفاده شد. تکنیک‌های آماری مورد استفاده شامل تحلیل عاملی $^1(FA)$ و تکنیک‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی $^2(HCA)$ و چند میانگینی و میانه‌ای $^3(KCA)$ استفاده شدند. روش کار به این صورت بود که ابتدا جهت کاهش حجم داده‌ها و تعیین تاثیرگذارترین پارامترها جهت طبقه‌بندی نمونه‌ها از روش تحلیل عاملی استفاده شد. سپس با تعیین پارامترهای مذکور، از تکنیک تحلیل خوشه‌ای به دو روش سلسله مراتبی و چند میانگینی/میانه‌ای برای گروه‌بندی و طبقه‌بندی نمونه‌ها در گروه‌های همگن استفاده شد.

¹ - Factor analysis

² - hierarchical cluster analysis

³ - K-means & K-medians cluster analysis

4 - Kaiser Meyer Olkin

5 - Principle Components

نزدیک‌ترین خوشه موقتی اختصاص می‌یابد، این هسته دوباره در تکرارهای بعدی بر اساس میانگین خوشه موقتی جایگزین شده تا جایی که میانگین خوشه‌ها تغییر ننماید. در این روش تعداد خوشه‌ها توسط استفاده کننده تعیین می‌شود. روش دوم یا روش طبقاتی در علوم مرتبط با زمین کاربرد وسیعی دارد. از مزایای روش طبقاتی ترسیم دندروگرام می‌باشد که از آن گروه‌های همگن استخراج می‌شود (غیائی و همکاران ۱۳۸۳). تحقیق حاضر از هر دو الگوریتم، با استفاده از دو تکنیک تحلیل خوشه‌ای به روش چند میانگینی (الگوریتم جزء به جزء) و تحلیل خوشه‌ای به روش طبقاتی (الگوریتم طبقاتی) در محیط‌های نرم‌افزاری SYSTAT و PcOrdi انجام شد و در نهایت مقایسه‌ای بین این دو الگوریتم صورت گرفت.

تحلیل خوشه‌ای به روش چند میانگینی (KCA)

تحلیل خوشه‌ای چند میانگینی، که از جمله روش‌های متداول خوشه‌بندی است، توسط مک کوپین در سال ۱۹۶۷ ارائه شد و تا امروز به تنهایی و یا با تلفیق روش‌های دیگر در علوم مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. این روش بر اساس حداقل فاصله داده‌ها از مرکز خوشه‌هایی که بصورت تصادفی و از بین داده‌های موجود انتخاب می‌شود، عمل خوشه‌بندی را انجام می‌دهد (زهرائی ۱۳۸۸). این روش سعی می‌کند تا گروه‌هایی همگنی از عناصر مورد مطالعه را بر اساس ویژگی‌های انتخاب شده شناسایی کند. داده‌هایی که در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرند باید از نوع پارامتری یا کمی باشند (زارع‌چاهوکی، ۱۳۸۹).

تحلیل خوشه‌ای به روش طبقاتی (HCA)

روش طبقاتی با تعیین فاصله هر فرد از سایر افراد شروع، سپس با استفاده از یکی از دو روش زیر انجام می‌شود. الف) روش تجمعی که به تدریج افراد مشابه طی فرایند جمع‌آوری در یک گروه با هم ادغام

تئوریک معنادار و قابل تفسیرتر، عامل‌ها باید بدور مبدأ، چرخش داده شوند تا موقعیت جدیدی کسب کنند. دو نوع چرخش وجود دارد که شامل چرخش متعامد و چرخش متمایل می‌باشد. در اینجا از روش چرخش متعامد با رویکرد Varimax استفاده شد.

برای تفسیر عامل‌ها باید مشخص شود که کدامیک از بارهای عاملی باید به عنوان مقادیر معنی‌دار لحاظ گردند. برای اتخاذ این تصمیم بدین صورت عمل می‌شود که هرچه میزان بار عاملی بیشتر باشد سطح معنی‌داری آن‌ها در تفسیر ماتریس عاملی افزایش می‌یابد. بارهای عاملی که بزرگ‌تر از ± 0.3 باشند معنی‌دار و بارهای عاملی که بزرگ‌تر از ± 0.4 باشند دارای سطح معنی‌داری بالا و بارهای عاملی که بزرگ‌تر از ± 0.5 باشند بسیار معنی‌دار هستند. در این تحقیق با انجام روش‌های ذکر شده پارامترهای مورد بررسی در سه عامل که بیشترین تغییرپذیری را نشان می‌دهد، مقادیری بعنوان بارهای عاملی داده شد که در هر عامل بزرگترین مقدارهای بارعاملی را بعنوان پارامتری که بیشترین اثر را در تغییرپذیری نمونه‌ها دارد انتخاب شد.

انتخاب الگوریتم مناسب برای خوشه‌بندی

تحلیل خوشه‌ای یک روش آماری است که مبتنی بر داده‌های کمی است، با توجه به این که این داده‌ها قابل اندازه‌گیری و محاسبه می‌باشند بنابراین نتیجه بدست آمده از این روش‌ها، دقیق‌تر و از اعتماد بیشتری برخوردار هستند. انتخاب الگوریتم مناسب برای تجزیه و تحلیل خوشه‌ای بستگی به نوع داده و هدف دارد. دو روش جزء به جزء یا تجزیه‌ای و روش طبقاتی برای آنالیزهای خوشه‌ای به کار می‌روند. در روش جزء به جزء به افراد اجازه داده می‌شود تا در تکرار و مراحل مختلف به داخل یا خارج از گروه حرکت کنند. در این روش خوشه‌ها بر پایه ساختار درختی شکل نمی‌گیرند، بلکه تعدادی هسته اولیه با کمترین مجموع مربعات فاصله‌ها از میانگین‌های درون خوشه‌ای شکل می‌گیرد سپس هر مشاهده به

است پس داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی مناسبند. همچنین نتایج آزمون کرویت بارتل (شاخص تقارن بارتل) معنی‌دار است، به این صورت که اگر sig (احتمال) آزمون بارتل کوچکتر از ۵ درصد باشد (مجذور کای معنادار باشد) تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار (مدل عاملی) مناسب است. به این مفهوم که فرض مخالف تایید می‌شود، یعنی بین تغییرها همبستگی معنی‌دار وجود دارد (جدول ۱).

جدول (۱): آماره KMO و نتایج آزمون کرویت بارتل

KMO	
۰/۷۸۲	کای اسکوار
۱۴۰/۱۰۶۳	درجه آزادی
۹۱	سطح معنی‌داری
۰/۰۰۰	

می‌شوند. ب) روش تقسیم که همه افراد ابتدا در یک گروه و سپس به تدریج بر اساس تفاوت‌ها و شباهت‌ها به زیرگروه‌ها تقسیم، تا در نهایت افراد مشابه در یک گروه جمع شوند (فاضلی رستم پور ۱۳۸۹). در تحقیق حاضر با استفاده از روش طبقاتی تجمعی و محاسبه فاصله چاه‌ها از یکدیگر با استفاده از فاصله اقلیدوسی بر اساس روش حداقل واریانس وارد^۱ چاه‌ها طبقه‌بندی شدند.

شاخص ارزیابی تعداد بهینه خوشه‌ها

به منظور ارزیابی تعداد بهینه خوشه‌ها برای مجموعه‌ای از داده‌ها در اینجا از شاخص دیویس - بولدین^۱ استفاده شد (Srinivasa & Kumar, 2011) که به صورت زیر بیان می‌شود.

رابطه (۱):

$$DB = \frac{1}{n} + \sum_{i=1, i \neq j}^n \max \left(\frac{\sigma_i + \sigma_j}{d(C_i, C_j)} \right)$$

در این رابطه، n تعداد خوشه‌ها، C_i مرکز خوشه i، σ_i میانگین فاصله هر یک از اعضا در خوشه x تا مرکز C_j و $d(C_i, C_j)$ فاصله بین مراکز C_i و C_j می‌باشد. در مورد این شاخص مقدار کمتر در رابطه با تعداد خوشه‌ها، نتیجه مطلوب‌تری را ارائه می‌دهد.

نتایج

جدول (۲) مقدار داده‌های کیفیت آب زیرزمینی نقاط مورد مطالعه در دشت قیر که بصورت ماتریسی از ۲۵ چاه و ۱۴ پارامتر کیفی آب تهیه شده است را نشان می‌دهد.

نتایج تحلیل عاملی

داده‌های جدول (۱) را وارد نرم افزار SPSS کرده و آزمون همبستگی داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی انجام گرفت. چون مقدار آماره KMO برابر با ۰/۷۸۲

جدول (۲): داده‌های کیفیت آبهای زیرزمینی چاه‌های مورد مطالعه در دشت قیر

ردیف	TH (mg/l)	SAR	Kation (meq/l)	K (meq/l)	Na (meq/l)	Mg (meq/l)	Ca (meq/l)	Anion (meq/l)	Hco3 (meq/l)	Cl (meq/l)	SO ₄ (meq/l)	PH	TDS (mg/l)	EC (μ m/c)
W ₁	۳۸۹	۰/۷۲	۹/۲۵	۰/۰۴	۱/۴۲	۳/۴۶	۴/۴۲	۹/۲۲	۴/۴۰	۱/۲۹	۳/۳۷	۸/۱۴	۶۰۶/۴	۹۰۰/۴
W ₂	۴۶۷/۵	۰/۷۵	۱۱/۰۱	۰/۰۵	۱/۶۰	۴/۹۵	۴/۴۰	۱۰/۸۵	۴/۲۰	۱/۷۷	۴/۸۸	۷/۴۰	۶۸۹/۴	۱۰۶۱
W ₃	۶۰۷/۵	۰/۹۱	۱۴/۶۱	۰/۱۸	۲/۲۷	۶/۷۱	۵/۴۴	۱۴/۵۵	۴/۴۵	۲/۷۵	۷/۳۱	۷/۵۰	۸۹۱/۶	۱۴۱۷/۲
W ₄	۷۰۴/۲۹	۱/۲۳	۱۷/۵۶	۰/۱۹	۳/۲۹	۷/۷۴	۶/۳۴	۱۶/۹۷	۴/۷۲	۳/۹۹	۸/۱۸	۷/۳۱	۱۱۰۳/۳	۱۷۷۴/۹
W ₅	۴۰۰	۰/۵۲	۹/۰۵	۰/۰۴	۱/۰۲	۳/۸۳	۴/۱۷	۸/۹۳	۴/۱۷	۱/۰۵	۳/۷۱	۷/۶۴	۵۹۸	۸۶۳/۶۷
W ₆	۱۴۲۵	۰/۸۵	۳۱/۸۶	۰/۱۶	۳/۲۰	۱۲/۸۴	۱۵/۷	۳۱/۱۰	۳/۹۰	۴/۷۲	۲۲/۷۱	۷/۳۷	۱۹۸۴/۸	۲۶۹۵
W ₇	۴۲۵	۰/۴۲	۹/۴۰	۰/۰۴	۰/۸۶	۲/۶۰	۵/۹۰	۹/۴۵	۴/۲۵	۰/۷۸	۴/۴۳	۷/۷۸	۶۴۸/۵	۹۳۱/۵
W ₈	۳۶۵	۰/۵۱	۸/۳۱	۰/۰۳	۰/۹۷	۳/۳۶	۳/۹۴	۸/۱۳	۳/۶۰	۱/۲۰	۳/۳۳	۷/۶۸	۵۳۰/۴	۷۹۵/۸
W ₉	۶۴۰/۷	۰/۴۱	۱۴/۰۳	۰/۱۹	۱/۰۳	۶/۶۷	۶/۱۴	۱۳/۷۴	۴/۶۴	۱/۵۰	۷/۵۸	۷/۳۷	۹۰۸/۳	۱۵۸۷/۳
W ₁₀	۴۷۲/۹	۰/۴۲	۱۰/۴۷	۰/۰۶	۰/۹۶	۳/۸۶	۵/۶۰	۱۰/۲۱	۳/۸۱	۱/۴۳	۴/۹۸	۷/۸۲	۶۶۸/۳	۱۱۱۲/۲
W ₁₁	۷۰۱/۴	۱/۲۵	۱۷/۴۲	۰/۰۸	۳/۳۱	۷/۰۳	۷	۱۶/۵۹	۳/۸۶	۴/۷۵	۷/۵۶	۷/۴۵	۱۰۸۳/۷	۱۶۱۶/۴
W ₁₂	۹۲۲/۸	۳/۴۷	۲۸/۹۳	۰/۱۵	۱۰/۳۲	۷/۶۴	۱۰/۸	۲۸/۲۰	۵/۱۵	۱۳/۳۲	۹/۷۹	۷/۴۲	۱۸۰۳/۸	۲۴۴۱/۸
W ₁₃	۷۷۱/۴	۳/۴۵	۲۵/۱۱	۰/۱۴	۹/۵۴	۶/۸۴	۸/۵۹	۲۴/۷۳	۴/۴۹	۱۱/۳۹	۸/۴۸	۷/۳۷	۱۵۶۶/۷	۲۳۳۱/۵
W ₁₄	۸۶۴/۳	۳/۸۵	۲۸/۵۹	۰/۱۳	۱۱/۱۸	۸/۸۸	۸/۴۱	۲۷/۷۸	۵/۰۸	۱۲/۴۷	۹/۷۲	۷/۳۴	۱۷۶۴/۱	۲۵۰۰/۲
W ₁₅	۹۲۳/۵	۳/۳۶	۲۸/۵۷	۰/۱۵	۹/۹۵	۸/۵۰	۹/۹۷	۲۸	۵/۳۱	۱۱/۵۹	۱۱/۱۶	۷/۳۳	۱۷۹۴	۲۵۹۵/۵
W ₁₆	۱۴۲۳/۳	۶/۶۵	۵۳/۱۵	۰/۲۹	۲۴/۳۹	۱۴/۶۵	۱۳/۸۲	۵۲/۷۳	۳/۳۲	۲۶/۸۸	۱۸	۷/۴۶	۳۲۸۰/۲	۳۷۲۸/۱
W ₁₇	۴۰۸/۷	۱/۵۹	۱۱/۵۰	۰/۰۸	۳/۲۵	۴/۲۳	۳/۹۵	۱۱/۳۸	۳/۵۱	۳/۲۰	۴/۶۲	۷/۷۰	۷۴۱/۷	۱۳۵۹/۴
W ₁₈	۵۸۶/۴	۲/۶۰	۱۸/۱۸	۰/۰۸	۶/۳۷	۶/۰۶	۵/۶۷	۱۸/۱۴	۴/۳۴	۶/۸۴	۶/۶۵	۷/۴۹	۱۱۵۴/۷	۱۸۵۷/۹
W ₁₉	۱۳۳۳/۳	۶	۴۸/۷۶	۰/۳۰	۲۱/۷۹	۱۱/۵۰	۱۵/۱۷	۴۸/۲۶	۳/۷۵	۲۴/۷۹	۱۸/۲۶	۷/۵۱	۳۰۱۲/۶	۳۸۵۳/۱
W ₂₀	۱۵۶۰/۷	۵/۲۷	۵۱/۵۲	۰/۲۷	۲۰/۰۳	۱۳/۵۷	۱۷/۶۴	۴۹/۷۳	۳/۳۹	۲۴/۵۶	۲۰/۹۰	۷/۵۴	۳۱۲۱/۶	۴۰۳۸/۶
W ₂₁	۲۳۳۳/۳	۶/۸۶	۸۰/۰۳	۰/۴۱	۳۲/۹۵	۲۴/۸	۲۱/۸۳	۷۶/۴۴	۳/۵۳	۲۴/۵۸	۳۵/۴۱	۷/۲۶	۴۷۳۱/۶	۵۴۸۷/۶
W ₂₂	۶۲۵	۳	۲۰/۱۷	۰/۱۶	۷/۵۱	۶/۶۹	۵/۸۱	۲۰/۰۲	۳/۶۳	۸/۳۹	۸	۷/۵۲	۱۲۷۷/۷	۱۹۵۴/۱
W ₂₃	۱۷۲۸/۵	۳/۷۶	۵۰/۳۰	۰/۲۸	۱۵/۴۵	۱۷/۸۱	۱۶/۷۶	۴۹/۱۵	۴/۰۹	۱۳/۹۹	۲۹/۱۵	۷/۱۳	۳۲۵۳/۵	۴۲۷۰/۸
W ₂₄	۶۸۰/۷	۱/۳۲	۱۶/۶۷	۰/۱۱	۲/۹۴	۷/۲۳	۶/۳۹	۱۶/۵۸	۳/۳۱	۴/۶۶	۷/۸۳	۷/۴۴	۹۷۴/۱	۱۶۴۹/۷
W ₂₅	۴۰۳/۷	۱/۵۵	۱۱/۳۱	۰/۰۵	۳/۱۸	۳/۶۵	۴/۴۳	۱۱/۱۱	۳/۵۱	۳/۴۰	۴/۱۴	۷/۷۲	۷۲۱/۸	۱۳۶۹/۴

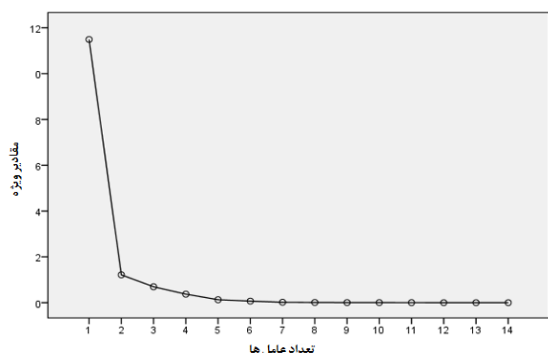
از چرخش را نشان می‌دهد. واریانس تبیین شده عامل‌هایی ارائه می‌شود که مقادیر ویژه آن‌ها بزرگ‌تر از ۰/۵ است. به عبارتی عامل‌هایی را در این ستون نشان می‌دهد که بیشترین واریانس را ارائه می‌دهند. همچنان که مشاهده می‌شود سه عامل قابلیت تبیین واریانس‌ها را دارند. اگر عامل‌های بدست آمده که با روش واریانس چرخش داده شده‌اند را مشاهده کنیم خواهیم دید که عامل‌های اول، دوم، سوم به ترتیب هر کدام ۵۳/۳۹۷، ۳۳/۳۷۸، ۸/۹۲۶ درصد و در مجموع ۹۵/۷۰۲ درصد از واریانس را در بر دارند.

انجام مراحل بعدی تحلیل عاملی نیز در نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. جدول (۳) مقدار ویژه و واریانس متناظر با عامل‌ها را نشان می‌دهد. مقدار ویژه هر عامل، نسبتی از واریانس کل متغیرهاست که توسط آن عامل تبیین می‌شود. در این جدول در ستون اول مقادیر ویژه اولیه برای هر یک از عامل‌ها در غالب مجموع واریانس تبیین شده برآورد می‌شود. واریانس تبیین شده بر حسب درصدی از کل واریانس و درصد تجمعی است. در ستون دوم مجموع مقادیر عامل‌های استخراج شده بعد

جدول (۳): درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف بعد از چرخش

مقادیر ویژه اولیه			مقادیر ویژه بعد از چرخش		
عامل	کل	درصد واریانس	مقادیر تجمعی	درصد واریانس	مقادیر تجمعی
			درصد واریانس		درصد واریانس
۱	۱۱/۴۹	۸۲/۰۷۰	۸۲/۰۷۰	۵۳/۳۹۷	۵۳/۳۹۷
۲	۱/۲۱۴	۸/۶۷۵	۹۰/۷۴۵	۳۳/۳۷۸	۸۶/۷۷۶
۳	۰/۶۹۴	۴/۹۵۷	۹۵/۷۰۲	۸/۹۲۶	۹۵/۷۰۲
۴	۰/۳۷۲	۲/۶۵۸	۹۸/۳۵۹		
۵	۰/۱۲۹	۰/۹۱۸	۹۹/۲۷۸		
۶	۰/۰۶۷	۰/۴۸۲	۹۹/۷۵۹		
۷	۰/۰۸۱	۰/۱۲۸	۹۹/۸۸۸		
۸	۰/۰۹	۰/۰۶۳	۹۹/۹۵۱		
۹	۰/۰۴	۰/۰۲۶	۹۹/۹۷۸		
۱۰	۰/۰۳	۰/۰۱۹	۹۹/۹۹۷		
۱۱	۰/۰۰	۰/۰۳	۹۹/۹۹۹		
۱۲	۰/۰۰۰۰۹۴	۰/۰۱	۱۰۰/۰۰		
۱۳	۰/۰۰۰۰۰۰۷۱۲۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵۰۹	۱۰۰/۰۰		
۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱۰۵۵	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷۵۳۵	۱۰۰/۰۰		

روش استخراج: تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی



شکل (۲): اسکری‌گراف تعداد عامل‌های پارامترهای کیفی آب

شکل (۲) تغییرات مقادیر ویژه را در ارتباط با عامل‌ها را نشان می‌دهد. این نمودار برای تعیین تعداد بهینه مولفه‌ها بکار می‌رود. با توجه به این نمودار مشاهده می‌شود که از عامل سوم به بعد تغییرات مقادیر ویژه کم می‌شود، پس می‌توان سه عامل را به عنوان عوامل مهم که بیشترین نقش را در تبیین واریانس داده‌ها دارند (۹۵/۷۰۲٪) استخراج کرد.

جدول (۴) سهم متغیرها را در هر عامل بعد از عمل چرخش (چرخش واریماکس) نشان می‌دهد. هر متغیر در عاملی قرار می‌گیرد که با آن عامل همبستگی بالای معنی‌دار داشته باشد.

نتایج حاصل از طبقه‌بندی با استفاده از روش KCA (روش چند میانگینی) در نرم‌افزار SYSTAT به این صورت بود که خوشه ۱ دارای ۱۳ منطقه نمونه‌برداری (چاه‌های ۱-۲-۳-۴-۵-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۷-۲۴)، خوشه ۲ دارای ۳ منطقه (چاه‌های ۱۶-۱۹-۲۰)، خوشه ۳ دارای ۶ منطقه (چاه‌های ۱۲-۱۳-۱۴-۱۵-۱۸-۲۲)، خوشه ۴ دارای ۱ منطقه (چاه ۲۱) و خوشه ۵ دارای ۲ منطقه (چاه‌های ۶-۲۳) می‌باشد. همچنین

شکل (۴) نمودار شاخه‌درختی یا دندروگرام حاصل از روش خوشه‌بندی HCA را نشان می‌دهد. تعداد بهینه خوشه‌ها بر اساس شاخص دویس-بولدین و همچنین در روی دندروگرام جایی است که فاصله زیاد بین ادغام دو خوشه مشاهده می‌شود و اعضای هر کدام از خوشه‌ها دارای تشابه زیادی می‌باشند.

شکل (۵) نمودارهای حاصل از روش خوشه‌بندی چند میانگینی (KCA) را نشان می‌دهد. تمام ۲۵ منطقه براساس این روش در ۵ گروه جای گرفته‌اند.

برای روش HCA نیز که در نرم‌افزار Pcordi خوشه‌بندی صورت گرفت، به ترتیب خوشه ۱ دارای ۱۳ منطقه نمونه‌برداری (چاه) (چاه‌های ۱-۲-۳-۴-۵-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳-۱۴-۱۵-۱۶-۱۷-۱۸-۱۹-۲۰)، خوشه ۲ دارای ۳ منطقه (چاه‌های ۱۶-۱۹-۲۰)، خوشه ۳ دارای ۶ منطقه (چاه‌های ۱۲-۱۳-۱۴-۱۵-۱۸-۲۲)، خوشه ۴ دارای ۱ منطقه (چاه ۲۱) و خوشه ۵ دارای ۲ منطقه (چاه‌های ۶-۲۳) می‌باشد. (جدول ۵).

جدول (۴): سهم متغیرها یا بار عاملی در هر عامل بعد از عمل چرخش با استفاده از تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی

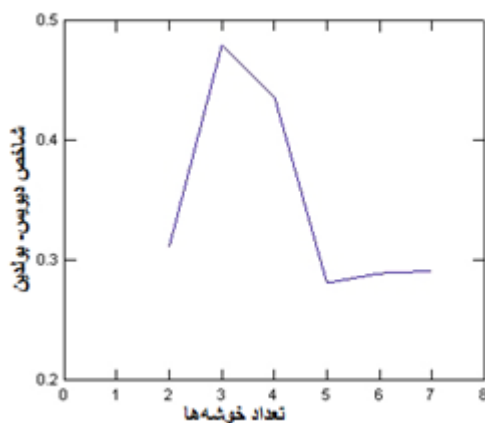
مولفه			مولفه				
۳	۲	۱	متغیر	۳	۲	۱	متغیر
۰/۱۳۷	۰/۵۵۸	۰/۸۱۶	Anion	۰/۱۵۶	۰/۷۰۹	۰/۶۷۴	TH
-۰/۹۶۰	-۰/۰۰۱	-۰/۱۱۸	Hco3	۰/۰۱۱	-۰/۲۴۰	-۰/۹۵۲	SAR
۰/۰۵۷	۰/۲۷۱	۰/۹۴۴	Cl	۰/۱۳۸	۰/۵۶۴	۰/۸۱۱	Kation
۰/۲۰۵	۰/۷۶۳	۰/۵۸۷	So4	۰/۰۶۵	۰/۶۱۳	-۰/۷۱۲	K
۰/۳۶۴	-۰/۸۱۳	-۰/۱۷۰	Ph	۰/۱۰۹	۰/۳۵۷	۰/۹۱۹	Na
۰/۱۲۸	۰/۵۶۹	۰/۸۱۰	TDS	۰/۱۵۷	۰/۷۴۳	۰/۶۳۲	Mg
۰/۰۸۷	۰/۶۰۱	۰/۷۸۸	EC	۰/۱۵۰	۰/۶۵۲	۰/۶۹۶	Ca

نتایج تحلیل خوشه‌ای

بعد از انجام تحلیل عاملی و تعیین ۶ متغیر مذکور که بعنوان تاثیرگذارترین متغیرها در تغییرپذیری کیفیت آب بین مناطق مختلف مورد مطالعه، ماتریس ۲۵×۶ از ۶ پارامتر کیفی و ۲۵ منطقه تهیه و عملیات تحلیل خوشه‌ای بروی این داده‌ها انجام گرفت. داده‌های موردنظر برای طبقه‌بندی نهایی وارد محیط نرم افزاری SYSTAT و Pcordi شدند که با استفاده از دو تکنیک KCA و HCA طبقه‌بندی نهایی انجام شد. جهت تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها، مقدار شاخص دویس-بولدین برای تعداد خوشه‌های ۲، ۳، ۴، ۵، و ۶ در نرم‌افزار SYSTAT بدست آمد.

با توجه به اینکه کمترین مقدار این شاخص مبین تعداد بهینه خوشه‌ها می‌باشد، لذا تعداد بهینه خوشه‌ها، برای انجام عمل طبقه‌بندی برابر با ۵ می‌باشد (شکل ۳).

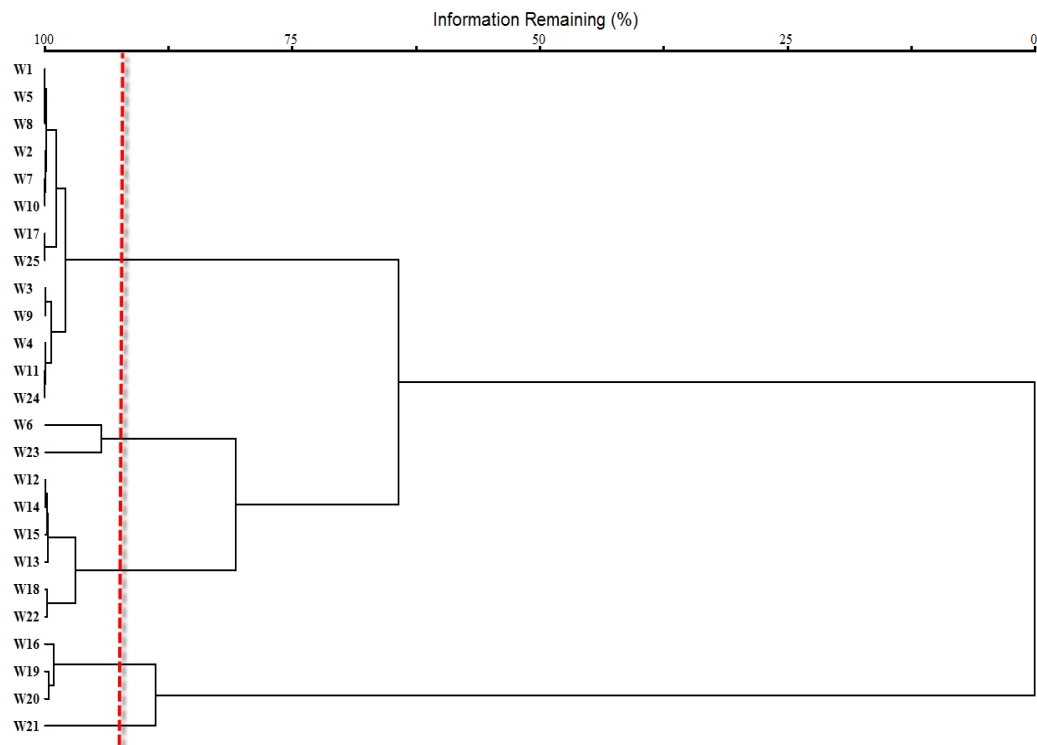
با توجه به اینکه عامل ۱، ۲ و ۳ به ترتیب بیشترین نقش را در تبیین واریانس داده‌ها دارند در نتیجه از عامل اول سه متغیر، از عامل دوم دو متغیر و از عامل سوم یک متغیر را بعنوان متغیرهایی که بیشترین نقش را در تغییرپذیری متغیرها دارند انتخاب می‌کنیم. بدین صورت که در هر عامل متغیرهایی که بارعاملی آنها بیشترین فاصله را از صفر دارند بعنوان سطح معنادار انتخاب می‌کنیم. در این تحقیق با توجه به جدول (۴) و بارهای عاملی متغیرها، در عامل اول متغیرهای SAR، Na و Cl و در عامل دوم Ph و SO_4 و در عامل سوم HCO_3 بعنوان متغیرهای تاثیرگذار انتخاب شدند.



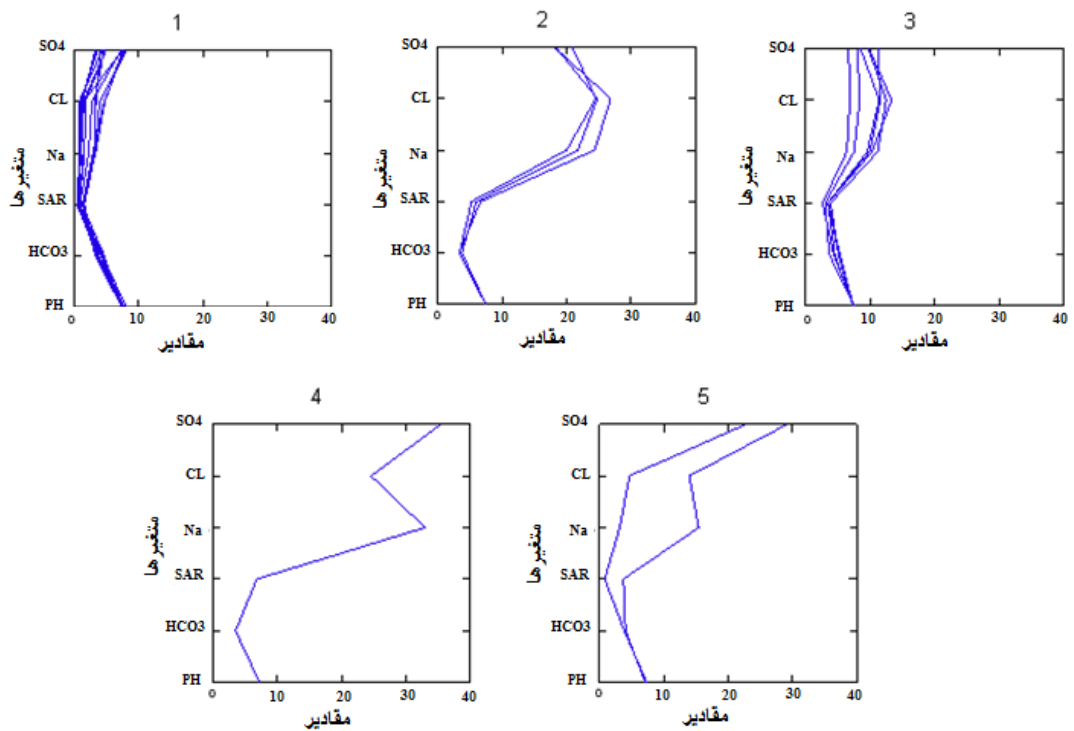
شکل (۳): مقادیر شاخص دیویس-بولدین برای تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها

جدول (۵): نتایج طبقه‌بندی نهایی توسط روش‌های KCA و HCA

خوشه	تکنیک	ترکیبی از هر دو تکنیک HCA و KCA
	KCA	
	K-means	
	K-medians	
۱	۱-۲-۳-۴-۵-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۷-۲۴-۲۵ (۱۳)	۱-۲-۳-۴-۵-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۷-۲۴-۲۵ (۱۳)
۲	۲۰-۱۹-۱۶ (۳)	۲۰-۱۹-۱۶ (۳)
۳	۱۲-۱۴-۱۵-۱۸-۲۲ (۵)	۱۲-۱۴-۱۵-۱۸-۲۲ (۵)
۴	۲۱ (۱)	۲۱ (۱)
۵	۲۳-۶ (۲)	۲۳-۶ (۲)
مجموع	۲۵	۲۵



شکل (۴): دندروگرام حاصل از روش طبقه‌بندی HCA



شکل (۵): نمودارهای حاصل از روش خوشه‌بندی KCA جهت دسته‌بندی چاه‌ها در ۵ دسته

اینجا می‌توان روش طبقاتی تجمعی (HCA) را به دلیل کاربرد وسیع‌تر در ارتباط با موضوع بکار برد (زارع‌چاهوکی ۱۳۸۹).

ضمن اینکه لطفی و همکاران (۱۳۹۳) ارزیابی پارامترهای کیفیت آب را با استفاده از روش‌های آماری تحلیل عاملی (FA) و خوشه‌بندی (CA) در دشت ساری-نکاه انجام دادند. نتایج حاصل از روش FA نشان داد که ۲ پارامترهای TH و Anion به منظور کنترل کیفیت آب دارای بیشترین بار عاملی بر روی عامل‌های استخراج شده بودند، بنابراین جهت برنامه ریزی و مدیریت، در اولویت قرار دارند. همچنین براساس نتایج حاصل از روش CA چاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه از نظر پارامترهای کیفیت و بر اساس شاخص دیویس-بولدین، در ۴ خوشه طبقه‌بندی شدند. همچنین قیداری (۱۳۹۲) در تحقیقی به منظور تعیین چاه‌های موثر در تعیین تراز سطح آب زیرزمینی دشت قیدار (استان زنجان) و حذف چاه‌های کم اهمیت از آنالیز مولفه‌های اصلی استفاده نمود. بررسی‌ها نشان داد که با حذف چاه‌هایی که اهمیت نسبی آن‌ها کمتر از ۰/۵ است ضریب تغییرات سطح آب زیرزمینی نسبت به حالتی که از تمامی چاه‌ها استفاده شد افزایش چندانی ندارد. گالر و همکاران (۲۰۱۲) به منظور بررسی فعالیت‌های انسانی بر روی هیدروژئوشیمی آب‌های زیرزمینی در دشت ساحلی تارتوس در ترکیه از روش‌های آماری چند متغیره، خوشه بندی فازی و تکنیک GIS استفاده نمودند. نتایج حاصل از خوشه بندی فازی، نمونه‌های آب زیرزمینی را در ۴ کلاس متفاوت نشان داد که با استفاده از روش کوکریجینگ معمولی این تغییرات درونیابی شد، همچنین نتایج PCA نشان داد که عوامل موثر در تغییرات شیمیایی کلاس‌های آب تعامل آب و سنگ بستر و آلودگی نترات، شورشدن توسط نفوذ آب دریا و فعالیت‌های انسانی هستند.

در واقع با توجه به نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای، آبخوان از لحاظ کیفی به پنج منطقه یا زون تقسیم‌بندی شده است. در نمودارهای شکل (۵) میانگین هریک از متغیرها در هر گروه با روش چند

بحث و نتیجه‌گیری

رویکرد ارائه شده در این تحقیق در حقیقت کاربرد روش‌های تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای در یک ناحیه جهت طبقه‌بندی منطقه از نظر کیفیت آب بوده است. بدین منظور داده‌های کیفیت آب زیرزمینی در هر منطقه، مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از تحلیل عاملی بترتیب متغیرهای SAR، Cl، Na، PH، SO_4 و HCO_3 بعنوان مهمترین پارامترهای کیفی که در تفکیک مناطق نمونه‌برداری از نظر کیفیت آب موثرترند، انتخاب شد. این پارامترها بیشترین تغییرپذیری را در منطقه مورد مطالعه در بین مناطق نمونه‌گیری دارد و با در نظر گرفتن این پارامترها مناطق همگن از نظر کیفیت آب با استفاده از تحلیل‌های خوشه‌ای و براساس شاخص دیویس-بولدین به ۵ گروه طبقه‌بندی شدند.

همان طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود در اینجا تکنیک‌های متفاوت (در اینجا KCA و HCA) نتایج یکسانی را برای مجموع معینی از داده‌ها فراهم می‌آورند. برای انجام تجزیه و تحلیل‌های خوشه‌ای روش‌های متعددی برای کاربردهای مختلف وجود دارد که برخی مکانی، زمانی و یا برخی خوشه‌بندی را به صورت مکانی - زمانی انجام می‌دهند. لیکن تا کنون هیچ کدام از آن‌ها به عنوان بهترین روش معرفی نشده‌اند به عنوان مثال جینگی و هال (۲۰۰۴)، پس از تعیین مناطق همگن در دو آبخیز در جنوب چین با استفاده از روش‌های مختلف به این نتیجه رسیدند که روش شبکه عصبی کوهنون نتیجه بهتری را نسبت به بقیه روش‌ها ارائه می‌دهد. این در حالی است که اسرینی واسا و ناگش کومار (۲۰۱۱) روش KCA را به دلیل پارامترهای مورد نیاز کمتر و کاربرد وسیع‌تر جهت طبقه‌بندی زیرحوضه‌ها معرفی کرده است و یا دیویس (۱۹۸۶)، استفاده از روش طبقاتی تجمعی را به دلیل کاربرد وسیع‌تر در علوم زمینی توصیه نموده است. در تحقیق حاضر نیز روش‌های KCA و HCA به منظور انجام طبقه‌بندی استفاده شدند که نتایج حاصل از هر دو روش دارای همپوشانی ۱۰۰٪ می‌باشد، در

خوشه با توجه به خط Cut off (خط تفکیک‌کننده خوشه‌ها از یکدیگر بر اساس تعداد خوشه‌ها و حداکثر ضریب تشابه آن‌ها) موجود در دندروگرام، دارای ضریب تشابهی حدود ۹۵/۷٪ می‌باشند (شکل ۴). با استفاده از این نوع طبقه‌بندی‌ها شناخت بهتری از کیفیت آب منطقه بدست می‌آید و برنامه‌ریزی و اجرای عملیات مدیریتی، در مناطق با ویژگی‌های مشابه را ساده‌تر می‌کند. در نهایت ۵ گروه پیشنهاد شده توسط این دو روش می‌تواند به منظور شناخت بهتر توسط مدیران و برنامه‌ریزان اولویت‌بندی شده و جهت انجام پروژه‌های مختلف بر اساس اولویت‌ها به مرحله اجراء درآیند.

میانگینی مشخص شده است. باتوجه به نمودارها، مقدار پارامترهای مورد مطالعه در آب زیرزمینی از گروه اول به سمت گروه پنجم افزایش می‌یابد. از این گراف‌ها می‌توان نتیجه گرفت که چاه‌هایی که در گروه ۱ قرار می‌گیرند از نظر کیفیت مناسب‌ترین آب را دارند. نتایج بدست آمده از تفکیک گروه‌ها در هر دو تکنیک نشان می‌دهد چنانچه گروه‌های کوچک‌تر انتخاب شوند، ضرائب همبستگی یا تشابه آنها بالاتر خواهد بود. بنابراین با توجه به دندروگرام حاصل از روش HCA (شکل ۴) و همچنین با توجه به تعداد خوشه‌های بهینه (در تحقیق حاضر ۵ خوشه)، می‌توان اظهار داشت که چاه‌های موجود در هر یک از ۵

منابع

- پورمقدس، ح. ۱۳۸۱. بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه لنجانان اصفهان. مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، شماره ۴، ص ۳۱-۴۰.
- جعفرزاده حقیقی فرد، ن.، حسنی. ا. زین الدینی میمند و ع، حسینی. ۱۳۸۴. بررسی اثرات بهره‌برداری بی رویه از منابع آب زیر زمینی انار کرمان بر کیفیت آب منطقه با استفاده از نمودارهای تشخیص کیفیت. علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲۴، ص ۷۷-۸۶.
- رضایی، م و و. امیری. ۱۳۹۲. ارزیابی تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت لنجانان با استفاده از تحلیل عاملی ترکیب شده با نظریه انتروپی اطلاعات. مجله محیط شناسی، شماره دوم، ص ۳۳-۴۴.
- رضایی، ع. ۱۳۹۰. تحلیل منطقه‌ای آب‌دهی سالانه با دوره‌های بازگشت مختلف در زیرحوضه‌های سد سفیدرود. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۱۸، شماره ۱، ص ۱۴۶-۲۴۱.
- زارع چاهوکی م. ع. ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش‌های منابع طبیعی با نرم افزار SPSS. انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه تهران، ۱۷۸ صفحه.
- زهراپی ب. ۱۳۸۸. تدوین مدل خوشه‌بندی اطلاعات و سیگنال‌های هواشناسی با هدف پیش بینی دوره‌های کم بارش. گزارش نهایی شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران. وزارت نیرو، تهران. ۲۱۶ صفحه.
- عطایی، ه و م. شیران. ۱۳۹۰. شناسایی زیرحوضه‌های هیدرولوژیکی همگن از نظر عوامل ژئومورفولوژیک موثر بر سیلاب با استفاده از تحلیل خوشه‌ای (مطالعه موردی: دشت کرون). مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، جلد ۴۲، شماره ۲، ص ۷۹-۹۸.
- غیاثی، ن، م، عرب خدری. و ع. غفاری. ۱۳۸۳. بررسی تاثیر برخی ویژگی‌های هندسی آبخیزها در سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت‌های مختلف. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۶۱، ص ۱۰-۲.
- فاضلی رستمپور م. ۱۳۸۵. تجزیه و تحلیل با استفاده از SAS. انتشارات سپهر، تهران. ۲۶۷ صفحه.
- کلانتری، ن.، م. ح. رحیمی و ع. چرچی. ۱۳۸۵. استفاده از دیاگرام‌های ترکیبی، تحلیل عاملی و نمایه‌های اشباع در ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت‌های زویرچری و خران. مجله زمین‌شناسی مهندسی، شماره دوم، ص ۹۵-۱۱۴.

- لطفی، ا. ک.، شاهدی و ح. دارابی. ۱۳۹۳. ارزیابی پارامترهای کیفیت آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های آماری (مطالعه‌ی موردی دشت ساری- نکا). اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، همدان، ۸ صفحه.
- نوری قیداری، م. ح. ۱۳۹۲. تعیین چاه‌های موثر در تعیین تراز سطح آب زیرزمینی با آنالیز مولفه‌های اصلی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال هفدهم، شماره ۶۴، ص ۱۵۸-۱۴۹.
- Adams, S., et al. 2001. Hydrochemical characteristics of aquifers near Sutherland in the Western Karoo, South Africa. *J. Hydrol.* 241, 91-103.
- Anbazhagan, S. and A. Nair. 2004. Geographic information system and groundwater quality mapping in Panvel basin, Maharashtra, India. *J. Environ. Geol.* 45, 753-761.
- Davis, J. E. 1986. *Statistical and Data Analysis in Geology*. John Wiley Pub, American, New York.
- Edet, A., et al. 2011. Groundwater chemistry and quality of Nigeria: A status review. *African Journal of Environmental Science and Technology* Vol. 5(13), pp. 1152-1169.
- Farnham, I. K. Stetzenbach., A. Singh and k. Johannesson. 2000. Deciphering groundwater flow systems in Oasis Valley, Nevada, using trace element geochemistry, multivariate statistics, and geographical information system, *Mathematical Geology*, 32: 943- 968.
- Ghasemi Ziarani, E. Sh. Faryadi and S. Sheikh Kazemi. 2006. Zoning the contamination in Sad- e- Karaj catchment using GIS software, first professional symposium of Environmental engineering, Tehran.
- Guler, C, G. D. Thyne., J. E. McCray and A. K. Turner. 2002. Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data, *Hydrogeology journal*, 10: 455- 474.
- Guler, G. M. Kurt., A. Alpaslan and C. Akbulut. 2012. *Journal of hydrology*. 414-415: 435-451.
- Hajalilou, B. and F. Khaleghi. 2009. Investigation of hydrogeochemical factors and groundwater quality assessment in Marand Municipality, northwest of Iran: A multivariate statistical approach. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.7: 3 and 4: 930-937.
- Hallberg, G. R and D. R. Keeney. 1993. Nitrate. *Regional Ground-Water Quality*. Van Nostrand Reinhold, New York. PP 297-322.
- James, C. S. 1999. *Analytical chemistry of foods*. New York, Springer; pp 136-40.
- Jingyi, Z. and M.J. Hall. 2004. Regional flood frequency analysis for the GanMing river basin in China. *Hydrology*, 296: 98 -117.
- Kampbell, D. H., et al .2003. Groundwater quality surrounding Lake Texoma during short-term drought condition. *Journal of Environmental Pollution*, 125: 183-191.
- Kannel, P. R. S. Lee and Y .S. Lee. 2008. Assessment of spatial-temporal patterns of surface and ground water qualities and factors influencing management strategy of groundwater system in an urban river corridor of Nepal. *Journal of Environment Management*, 86: 595-604.
- Kathy, P. 2005. *Water Recreation and Disease Acute plausibility of Associated Infections: Effects, Sequelae and Mortality*, World Health Organization.
- Makkasap, T and T. Satapanajaru. 2010. Spatial Distribution of Cd, Zn and Hg in Groundwater at Rayong Province, Thailand. *World Academy of Science. Engineering and Technology* 72 pp.
- Singh, P. K., V. Kumar., R. C. Purohit., M. Kothari and P. K. Dashora. 2009. Application of principal component analysis in grouping geomorphic parameters for hydrologic modeling. *Water Resoure Management*, 23: 325- 339.
- Spearman, C. 1940. General intelligence, objectively determined and measured. *Am. J. Psychol*, 15: 201-293.
- Srinivasa, K and D. Nagesh Kumar. 2011. Classification of microwatersheds based on morphological characteristics. *Hydro-environment Research*, 5: 101-109.
- Williams, R. 1982. Statistical identification of hydraulic connections between the surface of a mountain and internal mineral mimeralized zones. *Ground Water*, 20: 466-478.

Identification of Homogeneous Groundwater Quality Regions Using Factor and Cluster Analysis; A case study Ghir Plain of Fars Province

Hassan Khosravi^{*1}, Ehsan Moradi², Hamid Darabi³

Abstract

Because the lack of precipitation in arid and semi-arid regions and therefore limitation of surface water resources in theirs, water usage in agriculture, industry and drinking heavily dependent on groundwater. For this reason, the study and evaluation of the quality of these resources is more important. The present study was done in order to classify groundwater quality of Ghir plain using statistical techniques, including factor analysis (FA) and Hierarchical clustering techniques (HCA) (Based on K-means/K-medians cluster analysis (KCA) method), on qualitative data (14 parameters) in a 10-years period (1391-1381) and SYSTAT13, SPSS 18 and PcOrd softwares. Factor analysis results showed that the variables of SAR, Cl, Na, PH, SO₄ and HCO₃ with the highest factor loading respectively are the most important parameters to performing clustering analysis. In order to determine the optimum number of clusters used from Davis- Boldin index and according to this index, five clusters were determined for classification of wells. The Results revealed that the KCA and HCA methods have jointed 100% in order to classification. According to the classification results, amount of the parameters of groundwater samples increasing from first to fifth groups. However the wells are placed in Group 1, have the best water quality.

Keywords: Cluster analysis, Factor analysis, Ghir Plain, Groundwater quality.

1 - Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran (Corresponding Author: hakhosravi@ut.ac.ir)

2- Ph.D. Student of Combating Desertification, University of Tehran (ehsan_moradi13@ut.ac.ir)

3-Ph.D. Student of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (hamid.darabi2010@gmail.com)