فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب
سال نهم • شماره سی و سوم• پاییز ۱۳۹۷

ارزیابی کیفیت آب رودخانه دز با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره

*لمیا نیسی [۱]، پروانه تیشه زن [۲]

تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۰۵/۲۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۳/۰۸

چکیده

در تحلیل آماری متغیرهای کیفی آب، تعیین روابط بین متغیرهای مزبور، از مسائل مهم به‌شمار می‌آید. در این تحقیق جهت یافتن روابط بین متغیرها و تعیین متغیرهای اصلی تعیین‌کننده‌ی کیفیت آب به‌ترتیب از تحلیل همبستگی کانونی و تحلیل مولفه‌ی اصلی استفاده شد. همچنین برای دسته‌بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه از روش تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. نتایج نشان داد بین دو دسته متغیرهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه‌ی دز، رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد که بیشتر ناشی از منابع انسان‌ساخت (مانند کشت و صنعت هفت تپه و کارخانجات صنعتی) هستند. هم-چنین نتایج تحلیل مولفه‌ی اصلی، نشان داد متغیرهای اصلی تعیین‌کننده‌ی کیفیت آب رودخانه‌ی دز EC، دما، SAR، SO_4، pH و DO هستند که اغلب ناشی از آلاینده‌های صنعتی و انسانی می‌باشند. نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای برای دسته‌بندی ایستگاه‌ها نشان داد ایستگاه‌های بامدژ و حرمله (پایین‌دست شهر دزفول) از نظر تشابه متغیرهای کیفی آب در یک دسته قرار می‌گیرند و ایستگاه تله زنگ (بالادست شهر دزفول) با سایر ایستگاه‌ها شباهتی ندارد. بنابراین منطقه‌ی شهرنشین و آلاینده‌های انسانی در دسته‌بندی ایستگاه‌ها تاثیر به‌سزایی داشته‌اند.

کلمات کلیدی: تحلیل خوشه‌ای، رودخانه‌ی دز، کیفیت آب ، مولفه‌ی اصلی، همبستگی کانونی.

[۱] دانشجوی دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب،دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، ۰۹۱۰۶۳۴۶۴۲۷، neissi.lamya@gmail.com
[۲] استادیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب ،دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، ۰۹۱۶۳۰۵۰۶۳۸،نویسنده مسوول، partishehzan@scu.ac.ir

مقدمه

کیفیت آب اصطلاحی است که برای توصیف خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب به‌کار می‌رود. کیفیت آب تحت تاثیر دامنه‌ی گسترده‌ای از عوامل طبیعی و مصنوعی قرار دارد. عوامل طبیعی (هیدرولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) بر خصوصیات فیزیکی و غلظت عناصر شیمیایی موجود در آب شیرین تاثیر گذارند(Khalil et al.,2011).

مسئله‌ی مهم در تحلیل کیفیت آب تشخیص و تفکیک پارامترهای آلاینده فیزیکی و شیمیایی و رابطه‌ی بین آن‌ها است. اگر همبستگی بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی زیاد باشد می‌توان به این نتیجه رسید که از منبع یکسانی ناشی شده‌اند. یافتن ارتباط بین آلاینده‌ها با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی هزینه‌های زیادی دارد. با استفاده از روش‌های آماری مانند تحلیل همبستگی کانونی می‌توان رابطه‌ی بین آلاینده‌های فیزیکی و شیمیایی را یافت و با روش آماری تحلیل مولفه‌ی اصلی می‌توان پارامترهای کیفی اصلی را شناسایی کرد.

عبدل آبادی و همکاران(۱۳۹۲) حوضه آبریز رود اترک را با استفاده از روش تحلیل همبستگی کانونی و تحلیل خوشه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیقاتشان نشان داد که ارتباط مؤثری میان پارامترهای فیزیکی و شیمیایی (همبستگی کانونی نسبتاً بالا) برقرار بود. در حالت کلی نتایج این تحقیق که توسط روش آنالیز خوشه‌ای نیز تأیید می‌شود، بیانگر تأثیرپذیری ترکیبات خطی به‌دست آمده برای پارامترهای فیزیکی هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول است. با توجه به این‌که پارامترهای شیمیایی بیشتر ناشی از فعالیت‌های انسان ساخت و پارامترهای فیزیکی ناشی از هر دو منشأ طبیعی و انسان‌ساخت می باشند، می‌توان نتیجه گرفت که منشا هر دو دسته پارامترها، فعالیت‌های انسانی است.

راثی نظامی و همکاران(۱۳۹۲) با استفاده از تحلیل همبستگی کانونی و تحلیل مولفه‌ی اصلی کیفیت آب رودخانه کرخه را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آنالیز تحلیل مولفه‌ی اصلی نشان داد که تمامی پارامترهای کیفی انتخاب شده برای بررسی کیفیت آب رودخانه‌ی کرخه مهم هستند. در آنالیز همبستگی کانونی ضریب همبستگی برای سه متغیر استاندارد اول به‌ترتیب ۰/۸۹۶، ۰/۸۴۸ و ۰/۵۹۳ بودند که نشانگر این بود که کدورت ، DO و TSS از بین پارامترهای فیزیکی و BOD_5، COD ، TP و TN از بین پارامترهای شیمیایی، دارای بیشترین امتیاز در بین متغیرهای کانونیک بودند. اسکندری و همکاران (۱۳۹۳) از آنالیز همبستگی کانونی جهت تعیین ارتباط بین پارامترهای آلاینده فیزیکی و شیمیایی در دو دوره تر (اسفندماه) و خشک (شهریور ماه) در حوضه آبریز سفیدرود استفاده کردند. نتیجه‌ی این تحقیق حاکی از ارتباط قوی بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در هر دو دوره خشک و تر است. بنابراین استنباط نمودند که منشا هر دو دسته از پارامترهای آلاینده مذکور در هر دو حالت پرآبی و کم آبی رودخانه می‌تواند یکسان باشد. رسولی وهمکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از تحلیل همبستگی کانونی الگوی مناسبی برای مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب ارائه نمودند. برای این منظور رودخانه سفیدرود به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شد و نتایج بیانگر منشا انسان ساخت پارامترهای آلاینده فیزیکی و شیمیایی بود.

Banerjee et al.(2015) کیفیت آب سد Bakreswar در منطقه‌ی Birbhum کشور بنگال را با استفاده از آزمون تحلیل مولفه‌ی اصلی و تحلیل همبستگی کانونی آنالیز کردند. در این تحقیق فاکتورهای اصلی که کیفیت آب را تحت تاثیر قرار می‌دادند شامل مواد معدنی (شامل کلر، نیتروژن و فسفر)، دما و رطوبت‌نسبی بودند. تحلیل همبستگی کانونی برای تحلیل همبستگی تغییرات دمایی آب استفاده شد که نشان داد تمام متغیرهای کیفیت آب با تغییرات دمایی همبستگی دارند.

Cheng Chan et al.(2013) با استفاده از تحلیل مولفه‌ی اصلی و تحلیل همبستگی کانونی، مولفه اصلی تعیین کیفیت آب و رابطه‌ی بین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی را در سد مخزنی ماکو واقع در چین را بررسی کردند. از ۲۸ متغیر کیفیت آب ۶ متغیر اهمیت

کمتری در توصیف کیفیت آب داشتند و به‌ترتیب در متغیرهای فیزیکی و شیمیایی، هدایت الکتریکی و مقدار کلرید متغیرهای غالب بودند.

Kazama and Shrestha(2007) نیز به بررسی۱۲ پارامتر کیفیت آب در ۱۳ ایستگاه رودخانه فوجی پرداختند و با استفاده از آنالیز خوشه‌ای ابتدا ایستگاه‌ها را به سه دسته با آلودگی کم، متوسط و زیاد تقسیم نموده سپس با استفاده از آنالیز مولفه های اصلی به این نتیجه رسیدند که ۷۳/۱۸، ۷۷/۶۱ و ۶۵/۳۹ درصد آلودگی‌های آب به‌ترتیب در ایستگاه‌های با آلودگی کم ناشی از آلودگی‌های طبیعی و مواد آلی و در ایستگاه‌های با آلودگی متوسط و زیاد ناشی از مواد آلی و غذایی می‌باشد. در تحقیق دیگری برای مشخص-سازی منابع آلاینده فلزات سنگین، ترکیبات آلی و دیگر پارامترهای فیزیکی رودخانه‌ای در شمال شرقی اسپانیا از تحلیل مولفه‌ی اصلی در تلفیق با سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد(Terrado et al.,2006). کاربردهای دیگر تحلیل مولفه‌ی اصلی نیز شامل ارزیابی نوسانات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه‌ی گمتی در هند (Singh et al.,2004) و ارزیابی و مدیریت کیفیت آب‌های سطحی (Kalin et al.,2001) در زمینه‌ی کیفیت آب نیز اشاره نمود. هدف از این پژوهش بررسی ارتباط بین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی را در حوضه‌ی رودخانه‌ی دز در ۴ ایستگاه با استفاده ازتحلیل همبستگی کانونی، تحلیل مولفه‌ی اصلی و تحلیل خوشه‌ای در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. متغیرهای فیزیکی شامل دبی، دما، کدورت و هدایت الکتریکی (EC) و متغیرهای شیمیایی شامل اسیدیته (pH)، سولفات (SO_4)، نسبت جذبی سدیم (SAR)، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD)، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، اکسیژن محلول (DO)، نیترات (NO_3) و سختی کل (TH) بودند. این پژوهش در دوره‌ی۱۳۹۴-۱۳۹۵ انجام گرفته است. هدف یافتن روابط بین متغیرهای کیفیت آب و تعیین متغیرهای اصلی تعیین‌کننده‌ی کیفیت آب است. با تعیین روابط بین متغیرها، تعیین متغیر اصلی و خوشه‌بندی متغیرهای کیفیت آب می‌توان شیوه‌های مدیریتی مناسبی برای کنترل کیفیت آب رودخانه دز اتخاذ نمود.

مواد و روش ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

دز رودخانه ای است که از رشته کوه‌های زاگرس و از الیگودرز در جنوب استان لرستان سرچشمه می‌گیرد. این رود که چند صد سال در اقتصاد شمال خوزستان تاثیر داشته است از ترکیب چند رودخانه به‌وجود می آید و پس از گذشتن از جنوب لرستان و شمال خوزستان و شهرستان‌هایی مانند الیگودرز، اندیمشک، شوشتر و شوش در منطقه‌ای به نام بندقیر در جنوب شوشتر به رود کارون می‌پیوندد (عبادتی و هوشمندزاده، ۱۳۹۳). شکل ۱ نشان‌دهنده‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه است و جدول ۱ خصوصیات ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول۲ خلاصه‌ی مشخصات آماری داده‌های کیفیت آب رودخانه‌ی دز را نشان می‌دهد. عمده‌ترین فاضلاب‌های صنعتی وارد شده به رودخانه دز به‌ترتیب مربوط به کارخانجات کاغذسازی پارس، کشت و صنعت نیشکر هفت تپه و شیر پاستوریزه شوش می‌باشد. هیچ یک از کارخانجات فوق مجهز به سیستم تصفیه فاضلاب نبوده و پساب خام خود را مستقیماً به رودخانه تخلیه می‌نمایند (فدایی، ۱۳۸۴).

تحلیل همبستگی کانونی(CCA[1])

تحلیل همبستگی کانونی، از روش‌های پیشرفته آماری چندمتغیره بوده که ارتباط بین متغیرها و وابستگی آن‌ها به یکدیگر را مورد بررسی قرار می‌دهد. این روش، به‌وسیله هاتلینگ برای مطالعات اجتماعی توسعه یافت و برای آنالیز ژئوفیزیکی مورد استفاده قرار گرفت (Hotelling.,1936). در این روش در نظر گرفتن یک مجموعه از متغیرها به عنوان متغیرهای مستقل و مجموعه دیگر به عنوان متغیر وابسته می تواند بسیار مفید باشد(Noori et al.,2010). در برخی

[1] Canonical Correlation Analysis

از موارد تعداد متغیرهای پاسخ بیشتر از یکی است و برای تجزیه و تحلیل روابط بین آن‌ها نمی‌توان از روش هایی مانند رگرسیون خطی چندمتغیره استفاده نمود. در چنین مواردی، تحلیل همبستگی کانونی به‌عنوان گزینه‌ای مناسب می‌تواند ارتباط بین این دو گروه از داده‌ها را بررسی نماید. در این روش، هدف رسیدن به دو دسته متغیر استاندارد مانند $U=aX$ و $V=bY$ که ترکیبی خطی از متغیرهای اصلی می‌باشد (Gramotnev and Gramotnev, 2007). در این روش، مقادیر a و b طوری انتخاب می‌شوند که U و V بیشترین همبستگی را با یکدیگر داشته باشند. این روش تا به‌دست آوردن m مجموعه دسته از متغیرهای کانونی ادامه پیدا می‌کند که m کمینه تعداد متغیرهای گروه‌های مورد بررسی است ((Noori et al.(2010).

جدول(۱): موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
بامدژ	۴۸-۴۱-۱۲	۳۱-۴۰-۴۹	۱۳
تله زنگ	۴۸-۴۶-۰۳	۳۲-۴۹-۱۸	۶۳۹
دزفول	۴۸-۲۴-۰۶	۳۲-۲۳-۵۴	۱۲۲
حرمله	۴۸-۳۳-۳۰	۳۱-۵۷-۱۹	۶۸

شکل (۱): موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

بین U و V همبستگی خطی ساده‌ای وجود دارد. برای یافتن a و b باید ماتریس همبستگی بین متغیرهای x و y تشکیل شود. فرض کنید که ماتریس همبستگی بین متغیرهای x و y تشکیل شود. و ماتریس همبستگی (p+q) که برای متغیرهای x_1 تا x_p به صورت زیر باشد:

$$\begin{array}{c} \\ X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \\ Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_q \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cc} X_1\ X_2 \dots X_p & Y_1\ Y_2 \dots Y_q \end{array} \\ \left[\begin{array}{cc} p \times p \text{ matrix} \\ A & p \times q \text{ matrix} \\ & C \\ \hline q \times p \text{ matrix} \\ C' & q \times q \text{ matrix} \\ & B \end{array}\right] \end{array}$$

این ماتریس براساس نمونه‌ای که در آن متغیرها اندازه‌گیری می‌شوند، محاسبه شده‌اند. از این ماتریس یک ماتریس qxq یعنی $B^{-1}\ C'A^{-1}C$ را می‌توان محاسبه نمود و مقدار ویژه‌ی آن را با حل معادله‌ی زیر محاسبه کرد:

$$(B^{-1}C'\ A^{-1}C - \lambda I)b=0 \qquad (۱)$$

در این حالت مقادیر ویژه $r<\dots\ \lambda <\lambda_2<\lambda_1$ عبارت از مربع مقادیر همبستگی بین دسته متغیرهای کانونی می‌باشند. بردارهای ویژه b_1 تا b_r ضرایب متغیرهای y را برای دسته متغیرهای کانونی به‌دست می‌دهد. ضریب U_i متغیر کانونی iام(α_i) برای متغیرهای X توسط معادله زیر به‌دست می‌آید (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۳):

$$\alpha_i= A^{-1}\ C\ b_i \qquad (۲)$$

جدول(۲): خلاصه‌ای از مقادیر پارامترهای کیفی رودخانه‌ی دز در دوره‌ی۹۵-۱۳۹۴

	متغیرها	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
متغیرهای فیزیکی	دبی	۱۷۸/۱۲	۱۵۵/۱۲۱	۰	۹۷۶
	دما	۱۹/۹۸	۴/۵۱۴	۱۴	۳۰
	EC	۹۰۷/۵۷	۴۸۸/۵۳۲	۲۹۵	۲۱۷۰
	کدورت	۳۹۲/۴۵	۱۳۵۴/۷۶۴	۱	۷۰۱۵
متغیرهای شیمیایی	pH	۷/۵۴	۰/۲۷۹	۷	۸
	SO_4	۳/۳۷	۳/۳۶۵	۰	۱۳
	SAR	۱/۴۲	۰/۷۷۴	۱	۳
	BOD	۲/۰۷	۱/۰۳۴	۰	۴
	COD	۱۹/۳۸	۵/۶۳۰	۱۱	۲۹
	DO	۶/۸۵	۱/۷۶۳	۲	۱۰
	TH	۱۶۹/۵۵	۳۰/۷۹۹	۱۰۵	۲۲۵
	NO_3	۶/۳۸	۲/۰۷	۲	۹

تحلیل مولفه اصلی(PCA[1])

تحلیل مولفه‌ی اصلی یکی از تکنیک‌های چند متغیره آماری است و در مواردی که حجم داده زیاد باشد، می‌تواند در تحلیل مولفه‌ی اصلی یک ماتریس همبستگی تشکیل می‌شود و در ادامه، مؤلفه‌هایی که بخش کوچکی از تغییرات جامعه را پوشش می‌دهند، کنار گذاشته می‌شوند. در نهایت، تعداد عامل‌های اصلی که قادر باشند توصیف جامعی از متغیرها داشته باشند، تعیین می‌شوند و متغیرها با توجه به‌میزان همبستگی با این مؤلفه‌ها، در زیر گروه آن‌ها قرار می‌گیرند. در نهایت، از روی بیشینه بار عاملی، متغیرهای اصلی در هر مؤلفه تعیین می‌شوند(Nash and Chaloud, 2002).

تحلیل خوشه‌ای(CA[2])

در این روش، گروه‌بندی داده‌ها براساس فاصله بین آن‌ها انجام می‌شود. بدین ترتیب، مشاهداتی که از هم‌دیگر فاصله کمتری دارند، در یک گروه قرار می‌گیرند. هدف اصلی تحلیل خوشه‌ای، ایجاد طبقات و گروه‌هایی است که تنوع و تفرق درون گروهی آن‌ها کمتر از تفرق و پراکنش بین گروهی باشد. روش فاصله‌ای اغلب برای گروه‌بندی دو یا چند معیاری به‌کار می‌رود. در اینروش برای تعیین فاصله اعضا از یکدیگر، از هندسه اقلیدسی استفاده می‌شود. طبق فاصله اقلیدسی بین نقاط مکانی یا زمانی، ماتریس فاصله‌ها حاصل می‌شود که براساس فاصله‌های این ماتریس، گروه‌های مکانی و زمانی تعیین می‌شوند.

مراحل گروه‌بندی ایستگاه‌های آب‌سنجی با روش تحلیل خوشه‌ای شامل تهیه ماتریس خام داده‌ها، تعیین بار عاملی هر ایستگاه به روش تحلیل عاملی، ادغام گروه‌ها به روش کمترین واریانس (روشWard) و در نهایت، گروه‌بندی و ترسیم دندروگرام است. در آغاز فرایند خوشه‌بندی، به تعداد مشاهدات، خوشه وجود دارد و در آخرین مرحله، داده‌ها در تعداد کمتری خوشه تفکیک می‌گردند. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS.22 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

پس از انجام مراحل ذکر شده در قسمت مواد و روش‌ها، نتایج به‌دست آمده با استفاده از آزمون همبستگی کانونی، تحلیل مولفه‌ی اصلی و تحلیل

[1] Principal Component Analysis
[2] Cluster Analysis

خوشه‌ای در این بخش تحلیل می‌شوند. نتایج آزمون همبستگی کانونی(تحلیل همبستگی کانونی) در جدول ۳ ارائه شده‌اند. با توجه به جدول تعداد متغیرهای کمتر (چهار متغیر) متغیرهای فیزیکی تعیین‌کننده‌ی تعداد دسته‌های کانونی ایجاد شده است. مقدار ضریب همبستگی برای دسته‌های کانونی ۱،۲،۳و۴ به‌ترتیب برابر ۰/۹۹۱، ۰/۳۸۶، ۰/۲۸۱و ۰/۱۶۴می‌باشد که بیانگر میزان همبستگی کانونی بالا برای گروه اول است. مطابق تاباکیک و فیدل، همبستگی بین متغیرهای کانونی اصلی با مقدار بیش از ۰/۳ قابل تفسیر بوده و با توجه به کمتر بودن میزان همبستگی در دسته‌ی دوم، سوم و چهارم، نتایج به‌دست آمده در این دسته در تفسیر نتایج کیفیت آب اعمال نخواهند شد(Tabachnick and Fidell, 2001). مقدار ضریب معنی‌داری در دسته‌ی ۱ بیانگر وجود رابطه‌ی معنی‌دار در این دسته است و متغیرهای موجود در این دسته دارای رابطه‌ی معنی‌داری با یکدیگر هستند. جدول۳ نشان می‌دهد بین متغیرهای شیمیایی و فیزیکی همبستگی قوی وجود دارد. در گروه اول، در بین متغیرهای فیزیکی، متغیرهای هدایت الکتریکی(EC) و دما و در متغیرهای شیمیایی متغیرهای COD، SAR و SO_4 با توجه به ضریب همبستگی کانونی دارای همبستگی کانونی با یکدیگر هستند. در گروه دوم، سوم و چهارم با توجه به بالا بودن میزان ضریب معنی‌داری، متغیرها در این گروه دارای روابط معنی‌داری با یک-دیگر نیستند و در تفسیر نتایج مدنظر قرار نمی‌گیرند. جدول ۴ میزان همبستگی داده‌های کیفی را نشان می‌دهد. با استفاده از این جدول می‌توان میزان همبستگی کانونی بین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی را به‌دست آورد و مقایسه کرد. متغیرهای EC و دما در متغیرهای فیزیکی و متغیرهای COD، SAR، SO_4 و NO_3در متغیرهای شیمیایی دارای ضریب همبستگی کانونی با یک‌دیگر هستند که این امر مصداق جدول ۳ است.

جدول(۳) : نتایج آنالیز آزمون همبستگی کانونی

		گروه ها			
متغیر		۱	۲	۳	۴
همبستگی		۰/۹۹۱	۰/۳۸۶	۰/۲۸۱	۰/۱۶۴
F		۹/۴۳۷	۰/۶۹۷	۰/۳۴۶	۰/۲۰۹
درجه آزادی		۳۲	۲۱	۱۲	۵
معنی داری		۰/۰۰	۰/۸۲۷	۰/۹۷۷	۰/۹۵۷
متغیرهای فیزیکی	دما	۰/۷۴۶	-۰/۶۱۳	-۰/۲۴۹	-۰/۰۶۸
	EC	۰/۹۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲۱
	کدورت	-۰/۲۰۴	۰/۳۸۲	-۰/۷۵۳	-۰/۴۹۵
	دبی	-۰/۳۴۵	-۰/۲۱۶	.۰/۴۸۳	-۰/۷۷۵
متغیرهای شیمیایی	pH	۰/۰۴۳	۰/۴۶۳	۰/۱۳۵	۰/۳۹۹
	BOD	۰/۱۱۸	-۰/۰۵۱	۰/۲۳۲	-۰/۳۰۲
	COD	-۰/۶۴۰	-۰/۰۲۵	-۰/۳۱۹	-۰/۲۴۵
	NO_3	-۰/۳۳۴	۰/۴۴۰	-۰/۱۴۱	۰/۱۴۵
	SO_4	۰/۹۸۱	-۰/۱۰۸	-۰/۰۶۶	۰/۰۱۵
	TH	۰/۳۰۸	۰/۰۴۳	۰/۶۵۳	۰/۲۴۸
	DO	۰/۳۳۷	۰/۲۷۱	۰/۵۸۳	-۰/۵۰۲
	SAR	۰/۹۲۹	۰/۲۰۱	-۰/۱۳۴	-۰/۰۹۸

در جدول۴ متغیرهای فیزیکی دما و EC بیشترین میزان همبستگی کانونی را با متغیر شیمیایی SO_4 دارند و متغیر شیمیایی SAR بیشترین میزان همبستگی را با متغیرهای SO_4 و COD دارد.

جدول(۵): نتایج آزمون KMO

شاخص آزمون KMO		**۰/۷۰۵**
آزمون بارتلت	X^2	۳۳۶/۶۸
	درجه آزادی	۶۶
	معنی داری	۰

جدول(۴): همبستگی داده‌های کیفی

متغیر	دما	EC	کدورت	دبی	pH	BOD	COD	NO_3	SO_4	سختی	DO	SAR
دما	۱											
EC	۰/۷۴۴	۱										
کدورت	-۰/۱۶۵	-۰/۲۱۵	۱									
دبی	-۰/۱۹۲	-۰/۳۶۰	۰/۰۰۸	۱								
pH	-۰/۱۲۰	۰/۰۴۴	۰/۰۱۶	-۰/۰۹۶	۱							
BOD	۰/۰۸۹	۰/۱۱۶	-۰/۰۵۸	۰/۰۳۵	۰/۰۷۳	۱						
COD	-۰/۴۴۱	-۰/۶۳۵	۰/۲۱۲	۰/۲۰۹	-۰/۰۹۴	۰/۰۴۲	۱					
NO_3	-۰/۳۷۰	-۰/۳۳۰	۰/۱۶۷	۰/۰۳۰	-۰/۰۹۷	۰/۲۱۳	۰/۳۷۲	۱				
SO_4	۰/۷۶۲	۰/۹۷۲	-۰/۲۰۵	-۰/۳۳۴	۰/۰۳۲	۰/۱۱۷	-۰/۵۹۵	-۰/۳۲۶	۱			
سختی	۰/۱۶۷	۰/۳۰۷	-۰/۲۱۲	-۰/۰۵۳	-۰/۱۱۱	۰/۱۱۴	-۰/۲۹۳	۰/۰۳۷	۰/۱۹۲	۱		
DO	۰/۱۳۴	۰/۳۳۳	-۰/۱۰۰	-۰/۰۰۱	۰/۲۱۰	۰/۰۸۹	-۰/۲۸۹	-۰/۳۱۲	۰/۳۰۱	۰/۱۴۹	۱	
SAR	۰/۶۳۸	۰/۹۲۱	-۰/۱۱۴	-۰/۳۴۴	۰/۱۵۶	۰/۰۳۹	-۰/۶۱۰	-۰/۴۱۲	۰/۸۷۶	۰/۱۴۹	۰/۳۵۰	۱

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی کانونی نشان می‌دهد همبستگی بین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اغلب ناشی از منابع انسان ساخت و آلودگی‌های صنعتی بوده است.

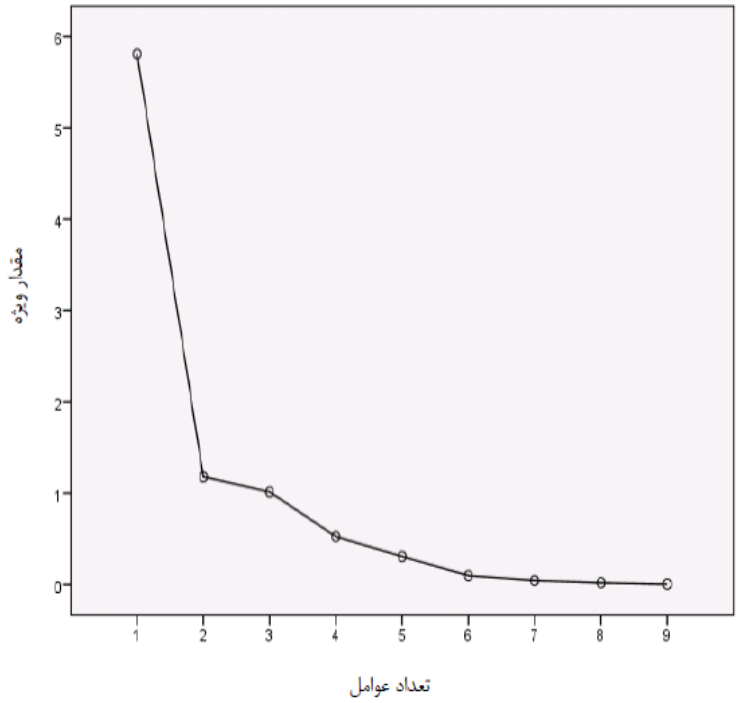
انجام آزمون تحلیل مولفه‌ی اصلی ابتدا باید آزمون KMO را انجام داد که از کافی بودن اندازه نمونه‌ها اطمینان حاصل شود. جدول ۵ نتایج آزمون KMO را نشان می‌دهد. مقدار شاخص آزمون KMO بیشتر از ۰/۶ است و مقدار شاخص معنی‌داری نیز کمتر از ۰/۵ است بنابراین طبق آزمون KMO داده‌ها جهت استفاده در آزمون تحلیل مولفه‌ی اصلی مناسب هستند.

جدول۶ بیانگر نتایج آزمون تحلیل مولفه‌ی اصلی است. طبق این آزمون متغیرها به چهار گروه دسته‌بندی شده‌اند. جهت تعیین رابطه‌ی بین مقدار ویژه و تعداد متغیرها می‌توان از نمودار اسکری استفاده کرد. مطابق با نمودار (شکل۲) دو عامل اول دارای مقدار ویژه بیشتر از یک هستند و دارای اهمیت می‌باشند. در دسته‌ی اول متغیرهای EC و دما در گروه متغیرهای فیزیکی و SAR و SO_4 در گروه متغیرهای شیمیایی به‌دلیل داشتن ضرایب بالا به‌عنوان متغیرهای اصلی تعیین کیفیت آب رودخانه‌ی دز معرفی می‌شوند. در گروه دوم متغیر اسیدیته و DO عامل اصلی تعیین‌کننده‌ی کیفیت آب هستند. بنابراین متغیرهای ذکر شده در تعیین کیفیت آب رودخانه‌ی

دز جهت استفاده در امور آبیاری دارای اهمیت می‌باشند و دارای منشا انسانی هستند و جهت بهبود کیفیت منابع آب جهت امور آبیاری ورود آلاینده‌ها کنترل‌شوند.

جدول(۶): نتایج آزمون تحلیل مولفه‌ی اصلی

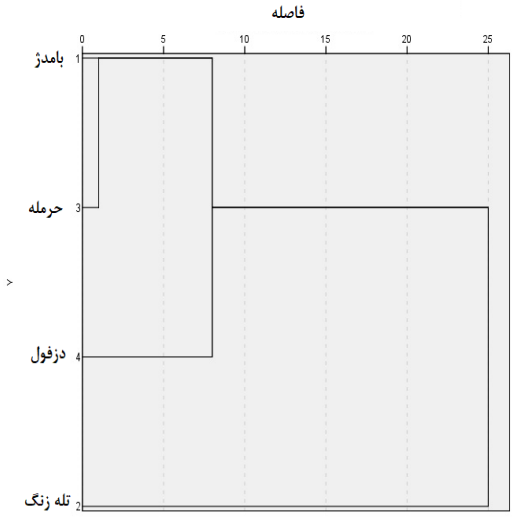
متغیر	عوامل			
	۱	۲	۳	۴
دبی	-۰/۵۲۵	۰/۰۵۴	۰/۴۲۱	-۰/۱۴۶
دما	.۰/۸۰۱	-۰/۱۲۹	۰/۱۶۴	-۰/۰۸۸
EC	۰/۹۵۵	۰/۱۱۴	۰/۱۷۰	۰/۰۳۴
pH	-۰/۰۰۴	۰/۸۰۶	-۰/۲۷۵	۰/۰۹۴
کدورت	-۰/۱۱۷	-۰/۰۳۸	-۰/۶۶۰	۰/۰۶۳
SO_4	۰/۹۴۳	۰/۰۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۱۰
SAR	۰/۹۰۰	۰/۲۴۱	۰/۰۲۰	-۰/۰۸۵
BOD	۰/۰۷۳	۰/۱۹۹	۰/۱۶۴	۰/۷۹۴
COD	-۰/۶۴۸	-۰/۲۰۲	-۰/۲۸۴	۰/۱۸۲
سختی	۰/۲۱۸	-۰/۱۰۱	۰/۶۳۴	۰/۲۹۶
DO	۰/۲۱۰	۰/۶۸۲	۰/۳۱۴	-۰/۰۷۸
NO_3	-۰/۳۴۰	-۰/۳۱۳	-۰/۱۷۹	۰/۶۸۳



شکل(۲): نمودار مقدار ویژه برای متغیرها

در این تحقیق روش تحلیل آنالیز خوشه‌ای برای دسته‌بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۳ نمودار دندوگرام حاصل از تحلیل خوشه‌ای را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل با در نظر گرفتن فاصله‌ی ۵ ایستگاه‌های مورد مطالعه به سه خوشه دسته‌بندی شده‌اند. ایستگاه‌های بامدژ و حرمله در قسمت پایین-دست منطقه مورد مطالعه قرار دارند و طبق نمودار خوشه‌بندی دارای خصوصیات کیفیت آب مشابهی هستند.



شکل(۳): نمودار دندوگرام حاصل از تحلیل خوشه‌ای

ایستگاه تله زنگ در بالادست این منطقه قرار گرفته است و در دسته‌ای جداگانه و طبق نمودار با فاصله‌ی بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها قرار گرفته است. نتایج حاصل از نمودار تحلیل خوشه‌ای نشان می‌دهند از بالادست به پایین‌دست ایستگاه‌ها از نظر بررسی متغیرهای کیفیت آب خصوصیات مشابهی پیدا می‌کنند و این امر اهمیت تاثیر شهر و منابع انسان ساخت بر آلودگی منابع آب اثبات می‌کند.

نتیجه‌گیری

به‌منظور تعیین متغیرهای تعیین‌کننده کیفیت آب برای مدیریت بهتر رودخانه دز پژوهش حاضر انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد متغیرهای اصلی کیفیت آب رودخانه‌ی دز اغلب منشا انسانی دارند و همبستگی بین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی در اثر آلاینده‌های صنعتی و انسانی به‌وجود آمده است در این صورت جهت مصرف آب رودخانه‌ی دز در امور آبیاری لازم است آلاینده‌های ورودی به این رودخانه کنترل شوند. همچنین نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای برای دسته‌بندی ایستگاه‌ها تاثیر عبور رودخانه از منطقه شهری را نشان می‌دهد و از بالادست به پایین‌دست (خصوصا بعد از شهر دزفول) کیفیت آب ایستگاه‌های مورد مطالعه تغییر به‌سزایی دارند و دو ایستگاه موجود در پایین‌دست دزفول تشابه بسیاری نسبت به یک‌دیگر دارند. درنهایت پیشنهاد می‌شود آلاینده‌های ورودی به رودخانه خصوصا در ایستگاه‌های بعد از شهر دزفول به دقت کنترل شوند.

منابع

اسکندری، آ.، ر.آ. نوری، آ. رسولی و م.ر. وصالی ناصح. ۱۳۹۳. ارایه راهکاری جدید برای مدیریت کیفی رودخانه سفیدرود بر مبنای روش تحلیل همبستگی کانونی. پژوهش‌های محیط زیست. سال پنجم. شماره۹. ص ۸۶-۷۹.

راثی نظامی،س.، م. نظری ها، آ. باغوند و ع. مریدی. ۱۳۹۱. بررسی کیفیت آب رودخانه کرخه با استفاده از آنالیز آماری چند متغیره بر پایه همبستگی و تغییرات داده های کیفی. سال۸. شماره۷. ۱۲۹۲-۱۲۸۰.

رسولی،آ.، ر. نوری، م.ر. وصالی ناصح، م. نظری ها و آ. کیاقادی. ۱۳۹۰. تعیین رابطه‌ی بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در حوضه‌ی سفید رود براساس روش تحلیل همبستگی کانونی. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه صنعتی امیرکبیر. تهران. ایران.ص۸.

عبادتی،ن. و م. هوشمندزاده. ۱۳۹۳. بررسی کیفیت آب رودخانه‌ی دز در ایستگاه آب سنجی دزفول. اکوهیدرولوژی. دوره۱. شماره۲. ص ۸۱-۶۹.

عبدل آبادی، ح.، م. اردستانی و ح. حسنلو. ۱۳۹۱. ارزیابی پارامترهای کیفی آب به روش تحلیل آماری چند متغیره (مطالعه موردی: رودخانه اترک). آب و فاضلاب. دوره۲۵. شماره۳.ص ۱۱۷-۱۱۰.

فدایی، آ.، ۱۳۸۴ . بررسی کیفیت آب رودخانه دز با استفاده از منحنی های شاخص کیفیت آب (از سد تنظیمی تا محل اتصال به بند قیر)، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

Banerjee, M., J. Mukherjee, A. Banerjee, M. Roy, G. Bandyopdhyay and S. Ray. 2015. Impact of environmental factors on maintaining water quality of Bakreswar reservoir, India. Computational Ecology and Software, 5(3): 239-253.

Cheng Chan, M., I. Lou, W. Kin Ung and K. Meng Mok. 2013. Integrating Principle Component Analysis and Canonical Correlation Analysis for Monitoring Water Quality in Storage Reservoir. Applied Mechanics and Materials.1458-1462.

Gramotnev, G., and D.K. Gramotnev. 2007. Multi-channel statistical analysis of combustion aerosols. part 1: canonical correlations and sources of particle modes. Atmospheric Environment. 41: 3521-3534.

Hotelling, H. 1936. Relation between two sets of variates. Biometrica. 28: 321-329.

Kalin, M., Y. Cao, M. Smith and M.M. Olaveson. 2001. Development of the phytoplankton community in a pit-lake in relation to water quality changes. Water Res. 35(13): 3215-25.

Kazama, F., and S. Shrestha. 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. Environmental Modelling & Software. 22: 464-475.

Khalil B., T.B.M.J. Ouarda and A. St-Hilaire. 2011. Estimation of water quality characteristics at ungauged sites using artificial neural networks and canonical correlation analysis. Hydrology. 405:277–287.

Nash, M.S., and D.J. Chaloud. 2002. "Multivariate analyses (canonical correlation and partial least square (PLS)) to model and assess the association of landscape metrics to surface water chemical and biological Properties using Savannah River basin data." U.S. Environmental Protection Agency Las Vegas, Nevada,USA.

Noori, R., A. Khakpour, B. Omidvar and A. Farokhnia. 2010. Comparison of ANN and principal component analysis-multivariate linear regression models for predicting the river flow based on developed discrepancy ratio statistic. Expert Systems with Applications. 37(8): 5856-62.

Noori, R., M.S. Sahabi, A.R. Karbasi, A. Baghvand and H. Taati-Zadeh. 2010. Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlation and variations in the dataset. Desalination. 260: 129-136.

Ouyang, Y., P. Nkedi-Kizza, Q.T. Wu, D. Shinde and C.H. Huang. 2006. Assessment of seasonal variations in surface water quality. Water Research. 40: 3800–3810.

Singh, K.P., A. Malik, D. Mohan and S. Sinha. 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)-a case study. Water Res. 38(18): 3980-92.

Tabachnick, B.G and L.S. Fidell. 2001. Using Multivariate Statistics. Allyn and Bacon.Boston. London.

Terrado M., D. Barcelo and R. Tauler. 2006. Identification and distribution of contamination sources in the Ebro river basin by chemometrics modelling coupled to geographical information systems. Talanta. 70(4): 691-704.

Dez River Water Quality assessment by using multivariate statistical methods

Lamya neissi[1], Parvaneh Tishehzan[2*]

Abstract

In statistical analysis of water quality variables, determining the relationships between these variables is one of the most important issues. In this research, Canonical Correlation Analysis was used to find the relation between physical and chemical variables and Principal Component Analysis was used to determine the main variables of Dez water quality. Also for classification of stations Cluster Analysis was used. Results show that there was significant relation between physical and chemical variables of Dez River because of human activities like Haft-Tapeh sugarcane Agro-Industry Company and industrial companies. Also results of principal component analysis showed that Ec, Temprature, SAR, SO_4 ,pH and DO were the main variables of Dez River water quality which were because of human activities and industrial pollutions. Results of cluster analysis for classification of stations showed that Bamdezh and Harmaleh stations (downstream of Dezful city) were in the same class and Tele-Zang station (upstream of Dezful city) was different from other stations then urban zone and human activities have the major impact on station classification.

Key Word: Canonical Correlation, Cluster analysis, Dez River, Principle Component, Water quality

[1]Ph.D Student of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water science engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, Neissi.lamya@gmail.com
[2]Assistant professor of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water science engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, partishehzan@scu.ac.ir. Corresponding Author