پژوهش و فناوری محیط زیست، ۱۳۹۹ ۵(۸)، ۲۵-۳۵

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

بررسی کیفیت آب سدهای شاخص استان گیلان با استفاده از روش‌های چند متغیره

هانیه میربلوکی[۱]، بابک رازدار[۲*]، متین محافظت‌کار[۳]

۱- کارشناس پژوهشی گروه پژوهشی مهندسی محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، گیلان

۲- کارشناس پژوهشی گروه پژوهشی پایش منابع آب، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، گیلان

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی، گیلان

چکیده

امروزه اهمیت آب، به‌عنوان عامل حیات و محور توسعه پایدار بیش از پیش شناخته شده است که برای حفاظت و مدیریت آن نیاز به کنترل کیفیت با استفاده از تست‌های آزمایشگاهی و اندکس‌های مختلف می‌باشد. هدف این تحقیق بررسی کیفیت آب در سدهای انحرافی شاخص استان گیلان بوده که با استفاده از روش‌های آنتروپی شانون و تاپسیس به رتبه‌بندی کیفیت آب سدها اقدام شده است. سدهای موردنظر شامل پسیخان، شاخزر، پلرود و تاریک بودند و شاخص‌های مورد اندازه‌گیری نیز شامل هدایت الکتریکی (Ec)، pH، کل جامدات محلول (TDS)، دما، سولفات (SO_4)، بی‌کربنات (HCO_3)، کلر (Cl)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم، مواد معلق در آب (TSS)، اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن موردنیاز واکنش‌های بیوشیمیایی (BOD_5)، اکسیژن مورد نیاز واکنش‌های شیمیایی (COD) بود. نتایج انتروپی شانون نشان داد که در بین شاخص‌ها، بیشترین وزن شاخص مربوط به مواد معلق در آب (TSS) با مقدار ۰/۱۹۷۳ و کمترین آن مربوط به pH با مقدار صفر می‌باشد. نتایج آزمون تاپسیس نشان داد که بر اساس وزن‌های برگرفته از انتروپی و شاخص‌های کیفیت آب، سد پسیخان رتبه اول، سد پلرود رتبه دوم، سد شاخزر رتبه سوم و سد تاریک در رتبه آخر قرار دارد. بر این اساس می‌توان با توجه به روش‌های انتخاب چند متغیره، به بررسی کیفیت آب در سدهای مختلف پرداخت.

کلید واژه‌ها: سد، انتروپی، تاپسیس، کیفیت آب

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: babak.razdar@gmail.com

Journal of Environmental Research and Technology, 5(8)2020. 25-35

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Online ISSN: 3060-2676

Environmental Research institute

Investigation of Gilan index dams' water quality using multivariate methods

Hanieh Mirbolooki[1], Babak Razdar[2*], Matin Mohafezatkar[3]

1- Research Expert of Environmental Engineering Research Group, Environmental Research Institute, The Academic Center for Educatin, Culture and Research (ACECR), Gilan, Iran.

2- Research Expert of Water Resources Monitoring Research Group, Environmental Research Institute, The Academic Center for Educatin, Culture and Research (ACECR), Gilan, Iran.

3- MSc Graduated student, The Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Gilan, Iran.

Abstract

Nowadays, the importance of water is known more than before as a life factor and the axis of sustainable development that to protect and manage it, it needs to be controlled using laboratory tests and various water quality indexes. The purpose of this study was to investigate water quality in diversion dams in Guilan province in which the dams have been ranked using Shannon and TOPSIS entropy methods. The dams included Pasikhan, Shakhzar, Polrud and Tarik and the measured indicators included Ec, pH, TDS, Temperature, SO_4, HCO_3, Cl, Ca, Mg, Na, TSS, DO, BOD_5 and COD. Shannon entropy results showed that among the indicators, the highest index weight is related to TSS with the amount of 0.1973 and the lowest one is related to pH with the amount of zero. Topsis tests results showed that based on the weights derived from entropy and water quality indicators, Pasikhan dam is in the first rank, Polrud dam is in the second rank, Shakhzar dam is in the third rank and Tarik dam is in the last rank. So, according to multivariate selection methods, water quality in different dams with similar conditions can be investigated.

Keywords: Dam, Entropy, Topsis method, Water quality

* Corresponding author E-mail address: babak.razdar@gmail.com

مقدمه

افزایش رشد جمعیت و تقاضای بیشتر برای فعالیت‌های کشاورزی و آبزی‌پروری اهمیت کیفیت و کمیت منابع آبی را دوچندان کرده است. بنابراین منابع آب سطحی بیش از دیگر منابع آب در معرض آلودگی قرار دارند (قلی‌زاده و علی‌نژاد، ۱۳۹۷؛ دفتر معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی). با توجه به آسیب‌پذیر بودن منابع آبی، کنترل کیفیت آب‌های سطحی یکی از موارد کلیدی در برنامه‌های حفظ محیط زیست است (فلاح و همکاران، ۱۳۹۷؛ اصلی هاشمی و تقی‌پور، ۱۳۸۹) از لحاظ تاریخی سلامت انسان و آب به شدت به یکدیگر وابسته هستند، به طوری که بیماری‌های ناشی از آب و مرتبط با آن علت اصلی مرگ‌ومیر در انسان بوده است. پاتوژن‌ها علت بیماری‌ها هستند. آب به‌عنوان حامل یا ناقل ارگانیسم‌ها به انسان بوده است (حیدری نژاد و همکاران، ۱۳۹۷). افزایش آلودگی آب به دلیل فعالیت‌های انسانی، صنعتی شدن و شهرسازی رخ می‌دهد که نه تنها اثرات مخرب بر کیفیت آب دارد، بلکه بر سلامت انسان، تعادل اکوسیستم آبزیان، توسعه اقتصادی و اجتماعی نیز تأثیرگذار است (حیدری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۷؛ ببران و هنربخش، ۱۳۸۷؛ بریتو[1] و همکاران، ۲۰۱۸).

کیفیت آب از موضوعات مهمی است که با توسعه اقتصادی و اجتماعی، اهمیت زیادی یافته و علاوه بر هزینه‌های هنگفت بهبود آب شرب، مخاطرات سلامت انسان‌ها و محیط زیست را نیز به همراه دارد (تیموری و همکاران، ۱۳۹۷). بررسی پارامترهای کیفیت آب به منظور افزایش بهره‌وری و مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر منابع آب به خصوص در کشورهای در حال توسعه از اهمیت شایانی برخوردار است (سلیمان پور و همکاران، ۱۳۹۷). به‌دلیل واقع شدن کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک و رویارویی با بحران‌های کمی آبی، تدوین برنامه‌های کیفی برای کلیه منابع آبی، از راهکارهای ضروری و غیرقابل اجتناب در جهت حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع آبی است. حفاظت کیفی آب رودخانه‌ها و آبخوان‌ها نیاز به سرمایه‌گذاری‌های اضافی برای تصفیه پساب‌ها، یا سیستم‌های جمع‌آوری و کنترل آب‌ها داشته و از طرفی ممکن است منجر به محدود کردن توسعه فعالیت‌ها در حوضه آنها گردد و در نتیجه اثرات اقتصادی قابل‌توجهی داشته باشد. از این‌رو بررسی اثرات کیفیت آبهای سطحی ضروری است (صادق‌زاده سادات، ۱۳۹۶؛ شیخی و همکاران، ۱۳۹۶). کاهش کیفیت آب‌های سطحی به‌علت ورود آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی منجر به کاهش کیفیت آب، کاهش عملکرد محصول کشاورزی و مسائل اقتصادی و اجتماعی طولانی‌مدت می‌شود. استان گیلان نیز از این امر مستثنی نیست. بیشترین آب‌های سطحی در استان گیلان در سد منجیل و در ادامه آن در پشت سدهای انحرافی استان ذخیره می‌شوند و از این سدها برای آبیاری مزارع استفاده می‌شود. شناسایی کیفیت آب از نظر فیزیکی و شیمیایی در این سدها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد که در این تحقیق به این امر پرداخته شده است (ستاری و همکاران، ۱۳۹۶؛ جهانگیر و همکاران، ۱۳۹۷؛ کیبنا[2]، ۲۰۱۴).

مواد و روش‌ها

- اندکس کیفیت آب (WQI[3])

جهت مقایسه کیفیت آب در بخش‌های مختلف یک کشور و برای ایجاد استانداردهای شاخص کیفی منابع آب (اعم از رودخانه، دریاچه و ...) بیش از صد کارشناس کنترل کیفیت فراخوان می‌شوند که اساساً این شاخص از طریق محاسبه نتایج چندین آزمایش بدست می‌آید که نشان‌دهنده سطح کیفیت منابع آب می‌باشد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۷؛ حاتمی‌منش و همکاران، ۱۳۹۷). اندکس کیفیت آب که اخیراً در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافته در جهت کنترل تغییرات کیفیت آب در منابع آبی خاص در طی یک دوره زمانی برای پی بردن به تغییرات یک اکوسیتم آبی استفاده می‌شود. شاخص کیفیت می‌تواند سلامت منابع آبخیز را در نقطه‌های مختلف نشان دهد و برای حفظ تغییرات خط سیر و آنالیز در طی زمان می‌تواند کاربرد داشته باشد. همچنین می‌تواند برای مقایسه کیفیت منابع آب با منابع دیگر یا منابع ناحیه‌ای یا سایر منابع موجود در جهان بکار روند و این نتایج برای تعیین سلامتی آب از لحاظ کیفی نیز کاربرد دارد (هاشمی و تقی‌پور، ۱۳۸۹؛ اقدر و همکاران، ۱۳۹۶؛ هاشمی فرد، ۱۳۹۷).

مراحل محاسبه شاخص کیفیت آب سطحی $IRWQI_{SC}$[4] عبارتند از (سازمان حفاظت محیط زیست ایران):

- انتخاب پارامترها
- تبدیل غلظت اکسیژن محلول (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) به درصد اشباع (در صورت نیاز)
- تعیین وزن هر پارامتر با استفاده از جدول

---

[1] Brrito
[2] Kibena
[3] Water Quality Index
[4] Iran Water Quality Index

- به دست آوردن مقدار شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی

برای محاسبه مقدار شاخص باید پارامترهای زیر در نظر گرفته شود:

- ✓ برای BOD5 بیشتر از ۵۰ مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
- ✓ برای COD بیشتر از ۲۰۰ مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
- ✓ برای اکسیژن محلول بیش از ۱۴۰ درصد اشباع مقدار شاخص معادل ۸۰ در نظر گرفته شود.
- ✓ برای EC بیش از ۲۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
- ✓ برای کلیفرم مدفوعی بیش از 106 MPN/100ml مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
- ✓ برای آمونیم بیش از ۱۵ میلی گرم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
- ✓ برای نیترات بیش از ۳۰ میلی گرم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
- ✓ برای فسفات بیش از ۱۵ میلی گرم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
- ✓ برای سختی کل بیش از ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
- ✓ برای کدورت بیش از ۱۰۰۰ واحد مقدار شاخص معادل ۲ در نظر گرفته شود.
- ✓ برای pH بیش از ۱۰ و کمتر از ۶ مقدار شاخص معادل پنج در نظر گرفته شود.

جدول پارامترهای شاخص $IRWQI_{SC}$ و وزن‌های آنها در جدول (۱) آورده شده است (سازمان حفاظت محیط زیست ایران):

جدول ۱. پارامترهای شاخص $IRWQI_{SC}$ و وزن‌های آنها

ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	کلیفرم مدفوعی	۰/۱۴۰	بر حسب MPN/100ml
۲	BOD5	۰/۱۱۷	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۳	نیترات	۰/۱۰۸	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۴	اکسیژن محلول	۰/۰۹۷	بر حسب درصد اشباع
۵	هدایت الکتریکی	۰/۰۹۶	بر حسب میکروزیمنس بر سانتیمتر
۶	COD	۰/۰۹۳	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۷	آمونیم	۰/۰۹۰	مجموع آمونیم
۸	فسفات	۰/۰۸۷۰	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۹	کدورت	۰/۰۶۲۰	بر حسب NTU
۱۰	سختی کل	۰/۰۵۹	بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم
۱۱	pH	۰/۰۵۱	واحد استاندارد

این تحقیق به‌صورت کیفی با رویکرد آزمایشی انجام شده است. در ابتدا با توجه به مطالعات کتابخانه‌ای و نظر کارشناسان به شناسایی شاخص‌های کیفی آب‌ها از نظر فیزیکی و شیمیایی اقدام شده و در مرحله بعد با روش انتروپی شانون[1] به وزن دهی هر یک از این شاخص‌ها پرداخته شد. سپس از طریق روش تاپسیس[2] به رتبه‌بندی هریک از سدهای انحرافی با توجه به شاخص‌های موردنظر اقدام می‌شود (گیامفی[3]، ۲۰۱۲).

- **متغیرهای تحقیق**

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل (اکسیژن محلول، نیترات، فسفات، کدورت، pH و TSS) و شاخص هیلسنهوف (شاخص کیفیت آب)، دمای آب، کلیفرم مدفوعی، منیزیم، کلسیم، سدیم، پتاسیم، کل جامدات محلول و سختی کل (طبق روش‌های استاندارد) می‌باشد.

- **محل انجام تحقیق**

[1] Shanon Entropy
[2] TOPSIS
[3] Gyamfi

سدهای انحرافی نیز شامل سد پسیخان، سد شاخرز، سد پلرود و سد تاریک هستند. مشخصات سدهای انحرافی مورد مطالعه در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات سدهای انحرافی مورد مطالعه

نام سد	محل	ظرفیت (مترمکعب بر ثانیه)
پسیخان	رشت- رودخانه پسیخان	۴
شاخزر	فومنات- رودخانه بازارجمعه	۲
پلرود	رحیم آباد- رودخانه پلرود	۳۱/۵
تاریک	امام زاده هاشم- رودخانه سفیدرود	۳۵

- **روش تاپسیس**

در این روش m گزینه به وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و هر مساله را می‌توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت. این تکنیک بر این مفهوم بنا شده است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، Aj^{+}) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن، Aj^{-}) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص به طور یکنواخت افزایشی و یا کاهشی است (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۹۱؛ مهد[1] و همکاران، ۲۰۱۱؛ ابراهیم[2] و همکاران، ۲۰۱۳).

مراحل روش تاپسیس

۱- ماتریس تصمیم‌گیری (D) را با استفاده از رابطه نرم اقلیدسی زیر به یک ماتریس بی‌مقیاس (ماتریس تصمیم‌گیری نرمال) تبدیل می‌کنیم (در این رابطه r_{ij} نشان‌دهنده امتیاز کسب شده توسط گزینه i در معیار j است).

$$r_{ij} = \frac{r_{ij}}{(\sum_{i=1}^{m} {r_{ij}}^2)^{\frac{1}{2}}}, (i = 1, \dots \dots, m)$$

ماتریس بدست آمده N_D نامیده می‌شود.

۲- ماتریس بی مقیاس موزون بدست می‌آید.

$$V = N_D \times W_{n\times n}$$

که در آن Vماتریس بی مقیاس موزون و W یک ماتریس قطری از وزن‌های به دست آمده برای شاخص‌ها می‌باشد.

۳- راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، A_j^+) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن، A_j^-) را مشخص می‌کند.

- گزینه ایده آل مثبت:

$$A^+ = \left\{ \left(\max_j v_{ij} \middle| i \in I_1 \right), \left(\min_j v_{ij} \middle| i \in j \right) \right\} \qquad \text{i=1, 2, …..,n, j=1, 2, , …..,m.}$$

- گزینه ایده آل منفی:

$$A^- = \left\{ \left(\min_j v_{ij} \middle| i \in I_1 \right), \left(\max_j v_{ij} \middle| i \in j \right) \right\} \qquad \text{i=1, 2, …..,n, j=1, 2, , …..,m.}$$

$$A_j^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots \dots, v_n^+)$$
$$A_j^- = (v_1^-, v_2^-, \dots \dots, v_n^-)$$

بطوری‌که

به ازای عناصر مثبت شاخص‌ها

$$J_1 = \{1,2, \dots, n \mid associated\ with\ the\ criteria\ having\ a\ positive\ impact\}$$

به ازای عناصر منفی شاخص‌ها

[1] Mohd
[2] Ebrahim

$$J_2 = \{1,2,\dots,n \mid associated\ with\ the\ criteria\ having\ a\ negative\ impact\}$$

۴- اندازه فاصله بر اساس نرم اقلیدسی به ازاء راه‌حل ایده‌آل منفی و گزینه مثبت و همین اندازه را به ازای راه‌حل ایده‌آل مثبت و گزینه منفی به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$d_i^+ = \left\{\sum_{i=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^+\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}, (i = 1,2,\dots,m)$$

$$d_i^- = \left\{\sum_{i=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^-\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}, (i = 1,2,\dots,m)$$

۵- نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده‌آل به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)}, (i = 1,2,\dots,m)$$

چنانچه $A_i = A_i^+$ باشد، آنگاه $d_i^+ = 0$ و $C_i = 1$ می‌شود و در صورتی‌که $A_i = A_i^-$ آنگاه $d_i^- = 0$ و $C_i = 0$ خواهد شد، بنابراین هر گزینه A_i به راه حل ایده‌آل نزدیکتر باشد، مقدار C_i آن به یک نزدیکتر خواهد بود.

۶- رتبه‌بندی گزینه‌ها در این مرحله انجام می‌گیرد و براساس ترتیب نزولی C_i می‌توان گزینه‌های موجود را رتبه‌بندی نمود.

- **روش انتروپی شانون**

انتروپی شانون یکی از مفاهیم کاربردی در علوم اجتماعی، فیزیکی و تئوری اطلاعات و از طرفی یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای محاسبه وزن معیارها می‌باشد. این تکنیک نیازمند ماتریسی بر مبنای معیار و گزینه می‌باشد. در صورتی که داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری مشخص باشد، می‌توان از تکنیک آنتروپی برای ارزیابی وزن‌ها استفاده کرد. بر این اساس، هرچه پراکندگی در مقادیر یک شاخص، بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است (مینس[1]، ۲۰۱۵؛ کانها[2]، ۲۰۱۶).

- **مراحل روش انتروپی**

مرحله اول: اولین مرحله از مراحل روش آنتروپی شانون تشکیل جدول تصمیم‌گیری می‌باشد. بنابراین برای محاسبه وزن شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی ابتدا باید جدول تصمیم‌گیری مساله تشکیل داد:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11}x_{12}\dots x_{1n} \\ x_{21}x_{22}\dots x_{2n} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{m1}x_{m2}\dots x_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله دوم: نرمال‌سازی جدول تصمیم‌گیری: مرحله دوم از مراحل روش آنتروپی نرمال‌سازی یا بی‌مقیاس کردن جدول تصمیم‌گیری می‌باشد. برای نرمال‌سازی از روش نرمال‌سازی ساده یعنی همان روش میانگین حسابی استفاده می‌شود. رابطه نرمال‌سازی ساده به صورت زیر می‌باشد.

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}} \qquad j = 1,\dots,n$$

مرحله سوم: محاسبه آنتروپی هر شاخص: در این مرحله باید آنتروپی هر یک از شاخص‌ها را با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$E_j = -k\sum_{i=1}^{m} p_{ij} \times Lnp_{ij} \qquad i = 1,2,\dots,m$$

$$k = \frac{1}{Lnm}$$

نکته: مقدار K باعث می شود که مقدار آنتروپی هر شاخص بین صفر و یک باقی بماند.

[1] Meneses
[2] Cunha

مرحله چهارم: محاسبه فاصله هر شاخص از آنتروپی آن (d_j): در این مرحله باید فاصله هر یک از شاخص‌ها را از مقدار آنتروپی آن که در مرحله قبل محاسبه شد به‌دست آوریم. برای این کار از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$d_j = 1 - E_j$$

مرحله پنجم: محاسبه وزن هر شاخص: در این مرحله وزن هر شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum d_j}$$

یافته‌های پژوهش

در جدول (۳) شاخص‌های اندازه‌گیری شده در چهار سد پسیخان، شاخزر، پلرود و تاریک نشان داده شده است.

جدول ۳- شاخص‌های اندازه‌گیری شده در چهار سد پسیخان، شاخزر، پلرود و تاریک

پارامتر	سد تاریک	سد پلرود	سد شاخزر	سد پسیخان
Ec	۱۷۰۷	۳۷۱	۵۱۳	۶۵۴
pH	۸	۸	۸	۸
TDS	۱۰۷۶	۲۳۴	۳۲۳	۴۱۲
Temperature	۲۰	۱۶	۱۳	۱۳
SO_4	۵	۰	۱	۱
HCO_3	۲	۳	۲	۲
Cl	۱۰	۰	۲	۳
Ca	۵	۲	۲	۳
Mg	۳	۱	۱	۱
Na	۲۶	۵	۱۵	۱۷
TSS	۱۶/۷	۳۴۵/۳	۵۹۸	۱۳/۴
DO	۱۰	۱۰/۸	۱۱/۱	۹/۷۴
BOD_5	۱۵	۲	۵	۵
COD	۴۱	۶/۷	۸/۹	۱۱

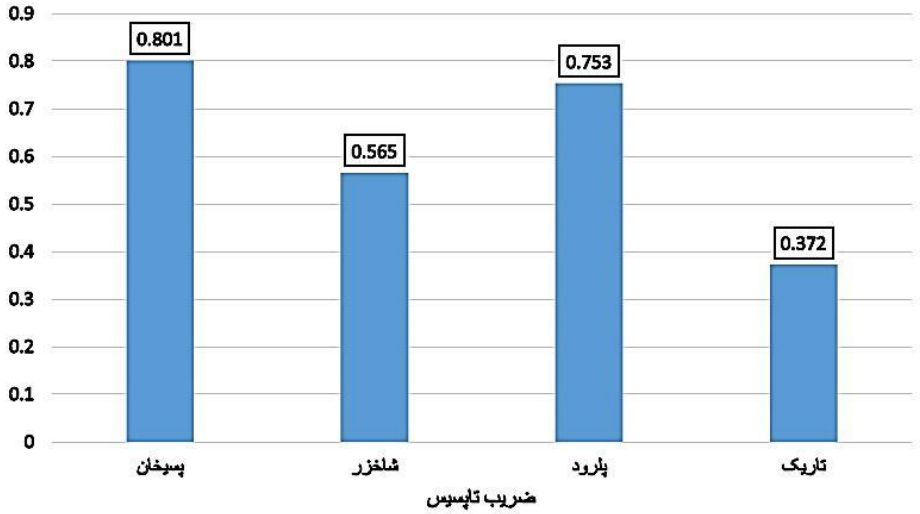
- **انتخاب بهترین سد با استفاده از روش تاپسیس**

در ابتدا ماتریس تصمیم و وزن دهی تشکیل می‌دهیم. جدول (۴) وزن هر شاخص را به همراه ماتریس تصمیم بیان می‌کند و شکل (۱) ضرایب تاپسیس را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود سد پسیخان بیشترین ضریب و سد تاریک کمترین ضریب را به خود اختصاص داده است. توجه به شاخص‌های کیفیت آب، سد پسیخان رتبه اول، سد پلرود رتبه دوم، سد شاخزر رتبه سوم و سد تاریک در رتبه آخر قرار دارد.

جدول ۴- وزن هر شاخص به همراه ماتریس تصمیم

شاخص	سد پسیخان	سد تاریک	سد پلرود	سد شاخزر	وزن
Ec	۶۵۴	۱۷۰۷	۳۷۱	۵۱۳	۰/۰۶۲
pH	۸	۸	۸	۸	۰
TDS	۴۱۲	۱۰۷۶	۲۳۴	۳۲۳	۰/۰۶۲
Temperature	۱۳	۲۰	۱۶	۱۳	۰/۰۰۶
SO_4	۱	۵	۰	۱	۰/۱۹۷
HCO_3	۲	۲	۳	۲	۰/۰۰۶
Cl	۳	۱۰	۰	۲	۰/۱۷۶
Ca	۳	۵	۲	۲	۰/۰۲۶

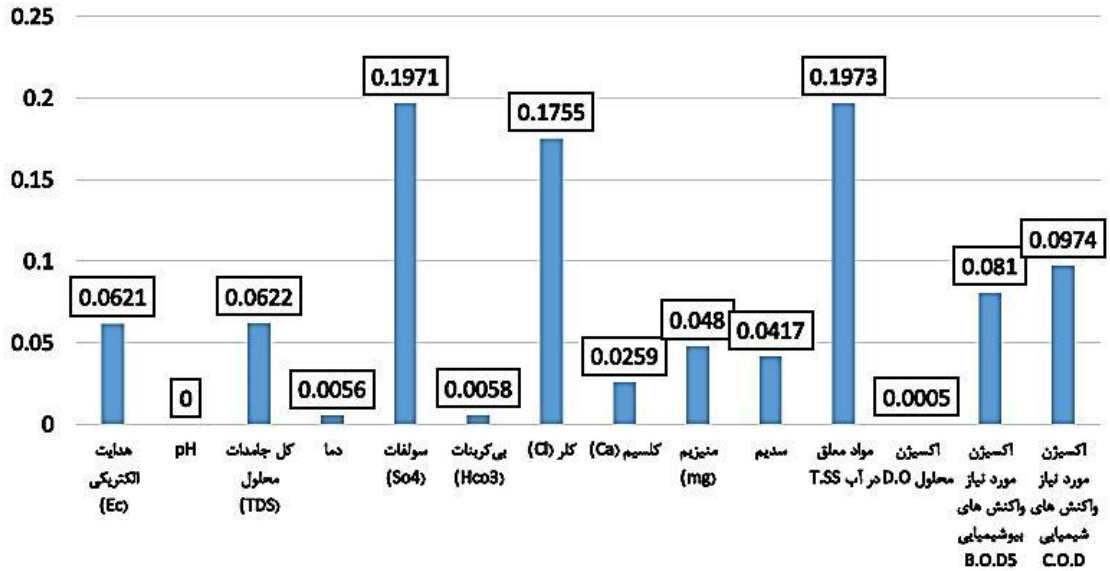
شاخص	سد پسیخان	سد تاریک	سد پلرود	سد شاخزر	وزن
mg	۱	۳	۱	۱	۰/۰۴۸
Na	۱۷	۲۶	۵	۱۵	۰/۰۴۲
TSS	۱۳/۴	۱۶/۷	۳۴۵/۳	۵۹۸	۰/۱۹۷
DO	۹/۷۴	۱۰	۱۰/۸	۱۱/۱	۰/۰۴
BOD_5	۵	۱۵	۲	۵	۰/۰۸۱
COD	۱۱	۴۱	۶/۷	۸/۹	۰/۰۹۷



شکل ۱- ضریب تاپسیس

- **محاسبه وزن‌های شاخص‌ها با روش انتروپی شانون**

برای این منظور ابتدا ماتریس تصمیم تشکیل می‌شود. با توجه به شکل (۲)، بیشترین وزن شاخص مربوط به مواد معلق در آب (TSS) با مقدار ۰/۱۹۷۳ و کمترین آن مربوط به pH با مقدار صفر می‌باشد.



شکل ۲- وزن هر شاخص

در ادامه به بررسی تحقیقات انجام شده و مقایسه نتایج پرداخته می‌شود:

فلاح و همکاران در تحقیق خود ارزیابی کیفیت آب با استفاده از روش TOPSIS در تالاب بین‌المللی انزلی پرداختند. براساس نتایج، ایستگاه ۵ (سرخانکل) بهترین وضعیت کیفی آب و ایستگاه ۸ (پیربازار) کمترین وضعیت کیفی آب را داشت. همچنین نتایج فصلی مقادیر TOPSIS نشان داد که بیشترین مقدار کیفیت آب هم در فصل بهار اندازه‌گیری شد (فلاح و همکاران، ۱۳۹۷).

ترابی پوده و همه‌زاده در تحقیق خود به بررسی روند تغییرات کیفی در رودخانه‌های حوضه کشکان پرداختند. به این منظور روند تغییرات کیفی طولانی‌مدت در دو سرشاخه کشکان (خرم آباد و هرود) ارزیابی شد؛ برای تعیین روند یابی داده‌ها از آزمون من کندال استفاده شد. برای بررسی کیفیت آب با استفاده از نرم افزارAqQA ، دیاگرام شولر برای هر ایستگاه استخراج و تحلیل شد. برای بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی اطلاعات مورد نیاز به دیاگرام ویل کاکس منتقل و دسته‌بندی آب مشخص شد. در همه ایستگاه‌ها روند دبی منفی و برای بیشتر شاخص‌های کیفی آب روند مثبتی مشاهده شد. نتایج نشان داد در هر دو سرشاخه پارامترهای کیفی آب کاهش یافته است. تغییرات کیفی آب پس از پیوستن دو سرشاخه خرم‌آباد و هرود به یکدیگر، در ایستگاه پلدختر بررسی شد. در ایستگاه پلدختر بسیاری از پارامترها در محدوده‌های بین مقدار آنها در دو سرشاخه قبل از پیوستن قرار گرفتند، اما در برخی از آنها نیز این قانون نقض شد و در ایستگاه پلدختر افزایش یافتند (ترابی‌پور و وهمه‌زاده، ۱۳۹۷).

حسینی و همکاران در تحقیق خود به بررسی کاربرد شاخص کیفیت آب (WQI) و هیدروژئوشیمی در ارزیابی کیفی آب سطحی در استان سیستان و بلوچستان پرداختند. یافته‌ها نتایج تحلیل هیدروژئوشیمیایی نشان‌دهنده تغییر تیپ آب از بیکربناته سدیک و سولفاته سدیک به کلروره سدیک در طی دوره‌های نمونه‌برداری است. نمودار گیبس نشان داد که هوازدگی سنگ‌ها به طور عمده کنترل کننده شیمی یون‌های اصلی آب بوده است. نتایج تحلیل‌های آماری مشخص کرد که همبستگی بالایی میان پارامترهایی مانند کلیفرم، نیترات، سولفات و کلر با شاخص کیفیت آب وجود دارد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۷).

میرزایی و همکاران در تحقیق خود به بررسی کیفیت آب رودخانه‌های جاری در استان بوشهر با استفاده از شاخص کیفیت آب طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۰ پرداختند. ایشان کیفیت آب رودخانه‌های جاری شاپور، دالکی، حله، باغان، مند و باهوش در استان بوشهر با استفاده از دو شاخص IRWQISC و NSFWQI به دلیل اهمیت آب این رودخانه‌ها در شرب، مصارف کشاورزی و صنعتی بررسی کردند. پارامترهای BOD، COD، DO، PO_4 وNO_3 برای محاسبه شاخص IRWQISC، و پارامترهای PO_4، NO_3، DO و BOD برای محاسبه شاخص NSFWQI استفاده شد. یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که بر اساس شاخص IRWQISC کیفیت آب رودخانه باغان و دالکی با مقادیر ۳/۳۱ و ۸/۳۹ در طبقه آب‌های با کیفیت نسبتاً بد و رودخانه‌های شاپور، مند، باهوش و حله با مقادیر بین ۴۶ تا ۵۳ در وضعیت متوسطی از کیفیت آب قرار گرفتند. همچنین از نظر شاخص NSFWQI رودخانه باغان با مقدار ۶۸ در رده آب‌های با کیفیت متوسط قرار گرفت و سایر رودخانه‌ها با مقادیر ۷۳ تا ۸۰ در طبقه آب‌های با کیفیت خوب قرار گرفتند. نتایج نشان داد که آب رودخانه‌های شاپور، دالکی، حله، مند، باهوش و باغان، برای کشاورزی مناسب بوده ولی برای شرب باید تصفیه شود (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۶).

دونکا[1] در مقاله خود به ارزیابی آلودگی آب و کیفیت آب رودخانه بنات[2] رومانی پرداختند. در این مطالعه از شاخص کیفیت آب (WQI) استفاده کردند و پارامترهای مورد بررسی ایشان pH، DO، BOD_5 ، دما، فسفر کل، $N\text{-}NO2^-$ و شفافیت در دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۴ بود (دونکا، ۲۰۱۸).

بویان و باکار[3] (۲۰۱۷) در تحقیق خود به ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ای در بنگلادش پرداختند. پارامترهای مورد اندازه‌گیری ایشان غلظت های pH،EC، COD، BOD_5، DO، کلرید، قلیایی و سختی بود. در این تحقیق، از تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره، مانند تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) و همچنین ماتریس همبستگی (CM) استفاده شد. نتایج نشان داد شاخص آلودگی رودخانه، از آلودگی کم تا زیاد متغیر است که این امر به دلیل وجود فاضلاب منطقه صنعتی در نزدیکی رودخانه است (بویان و باکار، ۲۰۱۷).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق ارزیابی کیفیت آب در سدهای انحرافی شاخص استان گیلان می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از روش‌های چند متغیره انتروپی شانون و تاپسیس به رتبه‌بندی سدها اقدام شد. سدهای موردنظر شامل پسیخان، شاخزر، پلرود و تاریک بودند. شاخص‌های مورد اندازه‌گیری نیز شامل هدایت الکتریکی (Ec)، pH، کل جامدات محلول (TDS)، دما، سولفات (SO_4)، بی‌کربنات (HCO_3)، کلر (Cl)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم، مواد معلق در آب (TSS)، اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن موردنیاز واکنش‌های بیوشیمیایی

[1] Dunca
[2] Banat
[3] Bhuyan and Bakar

(BOD_5)، اکسیژن موردنیاز واکنش‌های شیمیایی (COD) بودند. نتایج انتروپی شانون نشان داد که در بین شاخص‌ها، بیشترین وزن شاخص مربوط به مواد معلق در آب (TSS) با مقدار ۰/۱۹۷۳ و کمترین آن مربوط به پارامتر pH با مقدار صفر می‌باشد. نتایج آزمون تاپسیس نشان داد که براساس وزن‌های برگرفته از انتروپی و شاخص‌های‌کیفیت آب، سد پسیخان رتبه اول، سد پلرود رتبه دوم، سد شاخزر رتبه سوم و سد تاریک در رتبه آخر قرار دارد. این تحقیق نشان داد که می‌توان با توجه به روش‌های انتخاب چند متغیره به بررسی کیفیت آب در سدهای مختلف با شرایط مشابه اقدام کرد.

منابع

اصلی هاشمی، احمد و تقی پور، حسن؛ (۱۳۸۹). اندکس کیفیت آب (WQI). کاربرد شیمی در محیط زیست، ۷-۱ :(۴)۱.

اقدر، حسین؛ محمدیاری، فاطمه؛ بیگ محمدی، فوزیه. (۱۳۹۶). کاربرد مدل تصمیم گیری FAHP باکلی در ارزیابی و پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی ۹ شهر استان ایلام برای مصارف شرب و کشاورزی. پژوهش‌های محیط زیست، ۱۲۳-۱۱۳ :(۱۵)۸.

آذر، عادل؛ رجب زاده، علی. (۱۳۹۷). تصمیم گیری کاربردی رویکرد. MADM انتشارات نگاه دانش، تهران، ۲۳۰ صفحه.

ببران، صدیقه؛ هنربخش، نازلی. (۱۳۸۷). بحران وضعیت آب در ایران و جهان. فصلنامه راهبرد، سال شانزدهم، شماره ۲ .۴۸.

ترابی پوده، حسن؛ همه‌زاده، پرستو. (۱۳۹۷). بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی در حوضه کشکان. اکوهیدرولوژی، ۵ (۱): ۲۳ – ۳۶.

تیموری، مهدی؛ شیخ واحد، بردی؛ سعدالدین، امیر. (۱۳۹۷). ارزیابی و مقایسه کیفیت آب با استفاده از روش‌های تحلیل رابطه خاکستری و NSFWQI در مخزن سد شیرین دره. فصلنامه سلامت و محیط زیست, ۱۱(۲), ۱۶۹-۱۸۲.

جهانگیر، محمدحسین؛ حقیقی، پارسا؛ ساداتی‌نژاد، سیدجواد. (۱۳۹۷). ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف شرب با استفاده از مدل استنتاج فازی (مطالعه موردی: دشت مرودشت). اکوهیدرولوژی، ۶۷۳-۶۶۳ :(۲)۵.

حاتمی منش، مسعود؛ حق‌شناس، آرش؛ میرزایی، محسن؛ سلگی، عیسی؛ محمدی بردکشکی، بهزاد. (۱۳۹۷). سنجش غلظت فلزات سنگین و استفاده از شاخص‌های WQI،TRIX در ارزیابی کیفیت آب سواحل بین جزرومدی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در فصول مختلف. طب جنوب، ۴۵۸-۴۳۹ :(۶)۲۱.

حسن زاده نفوتی، محمد؛ امامی میبدی، احسان. (۱۳۹۷). گزارش فنی: تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی دشت مروست. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۳۲-۱۲۱ :(۱)۱۰.

حسینی، علیرضا؛ پورمحمد، پژمان؛ یارمحمدی، احسان. (۱۳۹۷). بررسی کیفیت آب زیرزمینی در محدوده شبکه‌های آبیاری و زهکشی با اهداف کشاورزی و شرب (مطالعه موردی دشت عباس). مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۲ (۲۰): ۵۱ – ۵۸.

حیدری‌نژاد، ضحی؛ حیدری، محسن؛ سلیمانی، حامد؛ حسین نجفی، صالح. (۱۳۹۷). ارزیابی کیفیت فیزیکی و شیمیایی منابع آب زیرزمینی شهرستان‌های خواف، تایباد و رشتخوار طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۴. مجله طب پیشگیری, ۵(۱), ۳۶-۴۴.

سازمان حفاظت محیط زیست ایران.

ستاری، محمدتقی؛ میرعباسی نجف آبادی؛ رسول؛ عباسقلی نایب زاد، مهدی. (۱۳۹۶). استفاده از داده کاوی در پیش بینی کیفیت آب‌های سطحی (مطالعه موردی: رودخانه‌های دامنه شمالی سهند). اکوهیدرولوژی، ۴۱۹-۴۰۷ :(۲)۴.

سلیمان پور، سید مسعود؛ مصباح، سید حمید؛ هدایتی، بهرام. (۱۳۹۷). کاربرد تکنیک داده کاوی درخت تصمیم CART در تعیین مؤثرترین فاکتورهای کیفیت آب آشامیدنی (مطالعه موردی: دشت کازرون استان فارس). فصلنامه سلامت و محیط زیست, ۱۱(۱), ۱-۱۴.

شیخی آلمان آباد، زهرا؛ اسدزاده، فرخ؛ پیرخراطی، حسین. (۱۳۹۶). کاربرد شاخص DWQI برای ارزیابی جامع کیفیت آب در آبخوان اردبیل. اکوهیدرولوژی، ۲(۴): ۴۳۶-۴۲۱.

صادق زاده سادات، مصطفی؛ ناظمی، امیرحسین؛ صدرالدینی، علی اشرف، (۱۳۹۶). اثرات کیفیت آب‌های سطحی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت تبریز). دانش آب و خاک، ۲۳۷-۲۲۵ :(۳)۲۷.

فلاح، مریم؛ پیرعلی، احمدرضا؛ هدایتی، سید علی اکبر. (۱۳۹۷). ارزیابی کیفیت آب با استفاده از روش TOPSIS در تالاب بین‌المللی انزلی. فصلنامه سلامت و محیط زیست, ۱۱(۲), ۲۲۵-۲۳۶.

قلی زاده، محمد؛ علی نژاد، مجید. (۱۳۹۷). بررسی تغییرات مکانی برخی از پارامترهای موثر بر کیفیت آب رودخانه زرین‌گل در استان گلستان. فصلنامه علوم محیطی, ۱۶(۱), ۱۱۱-۱۲۶.

میرزایی، مژگان؛ سلگی، عیسی؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول. (۱۳۹۷). نقش کاربری اراضی در کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود. مهندسی منابع آب، ۱۱(۳۸): ۶۱ – ۷۰.

نگاهی به وضعیت منابع آب در ایران و جهان. (۱۳۸۷). (دفتر معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی)

هاشمی فرد، اکبر؛ کردوانی، پرویز؛ اسدیان، فریده. (۱۳۹۷). تحلیل اثرات مواد آلاینده با منشاء انسانی بر کیفیت آب رودخانه کارون (حدفاصل سد گتوند تا اهواز). برنامه ریزی منطقه‌ای، ۳۰(۸): ۱۶۴-۱۵۵.

Bhuyan, M.S. and Bakar, M.A. (2017). Assessment of water quality in Halda River (the Major carp breeding ground) of Bangladesh. Pollution, 3(3): 429-441.

Cunha, D. G. F., Sabogal-Paz, L. P., & Dodds, W. K. (2016). Land use influence on raw surface water quality and treatment costs for drinking supply in São Paulo State (Brazil). Ecological Engineering, 94, 516-524.

Britto, F. B., Vasco, A. N. D., Aguiar Netto, A. D. O., Garcia, C. A. B., Moraes, G. F. O., & Silva, M. G. D. (2018). Surface water quality assessment of the main tributaries in the lower São Francisco River, Sergipe. RBRH, 23.

Dunca, A. M. (2018). Water pollution and water quality assessment of major transboundary rivers from Banat (Romania). Journal of Chemistry, 2018.

Ebrahim, N., Kershi, R.M., Saif, B.N., and Rastrelli, L., (2013), "Physico-chemical analysis of drinking water from Maoh (Zafar) village, Yemen", World Applied Sciences Journal, 26(2), 244-247.

Gyamfi, E.T., Ackah, M., Anim, A.K., Hanson, J.K., Kpattah, L., Enti-Brown, S., Adjei-Kyereme, Y., and Nyarko, E.S., (2012). "Chemical analysis of potable water samples from selected suburbs of Accra, Ghana", Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 2(2), 118-127.

Kibena, J., Nhapi, I., & Gumindoga, W. (2014). Assessing the relationship between water quality parameters and changes in landuse patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 67, 153-163.

Meneses, B.M., R. Reis, M.J., Vale and Saraiva. R.(2015). Land use and land cover changes water quality parameters and changes in landuse patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth. 67, 153-163.

Mohd, I., Mansor, M.A., Awaluddin, M.R.A., Nasir, M.F.M., Samsudin, M.S., Juahir, H. and Ramli, N., (2011). Pattern recognition of Kedah River water quality data by implementation of principal component analysis. World Applied Sciences. 14, 66-72.