

کاربرد آنتروپی شانون در تعیین مؤثرترین پارامتر شیمیایی در کیفیت آب‌های سطحی
(مطالعه موردی: حوضه صوفی چای)
فاطمه آخونی پورحسینی و محمدعلی قربانی

دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۲۲ - ۳۳۲

Vol. 2 (4), Winter 2017, 322 - 332

**Application of Shannon Entropy in Determining
the Most Effective Chemical Parameter in
Surface Water Quality (Case Study: Sofi Chay
Watershed)**

Akhooni Pourhosseini F. and Ghorbani M. A.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

نحوه ارجاع به این مقاله: آخونی پورحسینی ف. و قربانی م. ح. (۱۳۹۵). کاربرد آنتروپی شانون در تعیین مؤثرترین پارامتر شیمیایی در کیفیت آب‌های سطحی (حوضه صوفی چای). محیط زیست و مهندسی آب، جلد ۲، شماره ۴، صفحات ۳۲۲ - ۳۳۲.

How to cite this paper: Akhooni Pourhosseini F. and Ghorbani M. A. (2016). Application of Shannon entropy in determining the most effective chemical parameter in surface water quality (Case study: Sofi Chay watershed). J. Environ. Water Eng., 2(4), 322 -332.

کاربرد آنتروپی شانون در تعیین مؤثرترین پارامتر شیمیایی در کیفیت آب‌های سطحی (حوضه صوفی چای)

فاطمه آخونی پورحسینی^{۱*} و محمدعلی قربانی^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: fateme.pourhosseini@yahoo.com

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۵/۰۸/۰۵]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۵/۰۵/۰۳]

چکیده

با توجه به کمبود منابع آب‌های سطحی در ایران، توجه به کیفیت آب دارای اهمیت است. چون پایش و ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی پرهزینه است یافتن روشی ارزان، آسان و نسبتاً دقیق بسیار مفید است. در این مطالعه، جهت سنجش کیفی آب از روش شاخص کیفیت آب (WQI) استفاده شد. به منظور پایش کیفی منابع آب سطحی و محاسبه شاخص کیفیت آب از داده‌های شش ایستگاه کیفیت‌سنجی حوضه صوفی چای وابسته به سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی در دوره آماری ۱۳۹۱-۱۳۵۱ استفاده شد. برای تعیین پارامتر مؤثر بر کیفیت آب‌های سطحی در حوضه مورد نظر از روش آنتروپی وزنی شانون استفاده گردید. بر اساس مقدار آنتروپی و وزن آنتروپی محاسباتی، پارامتر مؤثر در شش ایستگاه تازه کند، خرما زرد، اسفستانج، کهلیک‌درسی، مراغه و چکان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مؤثرترین پارامتر در این ایستگاه‌ها به ترتیب اسدیته (pH)، منیزیم (Mg)، کل مواد جامد محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC) و بی‌کربنات (HCO_3) است. نتایج محاسبه شاخص کیفیت آب با استفاده از روش آنتروپی بیانگر کیفیت عالی آب‌های سطحی منطقه است.

واژه‌های کلیدی: آنتروپی، پارامترهای هیدرو شیمیایی، کیفیت، آب‌های سطحی، صوفی چای

۱- مقدمه

آب‌های سطحی از مهم‌ترین منابع تأمین آب، جهت مصارف شرب و کشاورزی هستند (Soleymani et al. 2013). پایش کیفیت این منابع با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر و توسعه شهری و روستایی یکی از وظایف مهم در حیطه مدیریت محیط‌زیست مصوب می‌گردد (Samadi et al. 2009). سلامتی بشر رابطه نزدیکی باکیفیت آب دارد و با هر نوع آلودگی که کیفیت آب را تغییر دهد، مورد تهدید واقع می‌شود. منابع آب، اغلب دربردارنده ناخالصی‌های شیمیایی هستند. این ناخالصی‌ها ممکن است ناشی از آلودگی هوا، آلودگی خاک یا مواد آلاینده ناشی از فعالیت‌های انسانی که به‌صورت فصولات جامد و مایع به محیط تخلیه می‌گردد، باشد. آلاینده‌های شیمیایی موجود در آب ممکن است ایجاد آسیب‌های سمی حاد یا مزمن در انسان نمایند. برخی از آلاینده‌ها حتی در مقدار کم ممکن است سلامت انسان را تحت تأثیر قرار دهند یا اینکه مواجهه درازمدت انسان با برخی آلاینده‌ها سبب ضایعات پاتولوژیکی در انسان می‌شود (Almasi and Yazdanbakhsh, 2009). Salajageh et al. (2011) اثر تغییرات کاربری اراضی و آثار آن بر کیفیت آب رودخانه‌های حوزه آبریز کرخه را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که تغییرات کاربری اراضی در این حوضه باعث کاهش شدید کیفیت آب رودخانه‌ها شده است. Rahmani et al. (2008) کیفیت آب رودخانه‌های جاری در دشت همدان - بهار را برای مقاصد آبیاری بر مبنای دیاگرام ویلکاکس مورد مطالعه قرار دادند. بدین منظور بعد از شناسایی سرشاخه‌های رودخانه‌ها، یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) اندازه‌گیری و نسبت سدیم جذبی (SAR) محاسبه شد. سپس با استفاده از دیاگرام ویلکاکس کیفیت آب رودخانه‌ها ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که کیفیت آب با حرکت به سمت پایین‌دست مسیر رودخانه کاهش می‌یابد. Chen (2015) با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان و تئوری آنتروپی انتقال اطلاعات به استخراج داده‌های هیدرولوژیکی از حوادث سیل در حوضه رودخانه یانگ در تایوان پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از تئوری آنتروپی انتقال اطلاعات باعث افزایش دقت مدل می‌شود. Olyaie et al. (2010) از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه برای مدل‌سازی شاخص‌های کیفی آب رودخانه مردابیک در همدان استفاده نمودند. شاخص‌های کیفی مورد بررسی شامل اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD) و اکسیژن محلول (DO) بودند. نتایج نشان از کارایی مدل شبکه عصبی مصنوعی به‌عنوان تکنیکی برتر برای شبیه‌سازی تغییرات شاخص‌های کیفی آب در این منطقه است. Mogadam et al. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق بولین^۱، آب دشت مشهد را بر اساس پارامترهای کیفی مؤثر در طبقه‌بندی‌های شرب و کشاورزی پهنه‌بندی کردند. سری‌های زمانی تشکیل شده برای سه پارامتر pH، TDS و EC ارزیابی و نتایج نشان داد که افزایش فعالیت انسانی، نوسانات آب و هوایی و دمای آب از عوامل مؤثر بر کیفیت آب مشهد است. Nosrati et al. (2014) برای ارزیابی تغییرات مکانی از داده‌های ۱۳ پارامتر کیفیت سطحی در ۲۲ ایستگاه هیدرومتری حوزه آبریز رودخانه هراز - قره‌سو در دوره آماری پنج‌ساله از تکنیک‌های آماری چند متغیره استفاده کردند. به‌منظور شناخت مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب در هر منطقه از تحلیل عاملی بر اساس روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده و نشان دادند در روش استاندارد تمامی پارامترها و در روش پیش‌رونده تمامی پارامترها به‌جز عامل TDS و در روش پس‌رونده دو پارامتر SO₄ و Cl به‌عنوان عامل‌های مؤثر در کیفیت آب سطحی رودخانه هراز - قره‌سو شناخته شدند. Yue et al. (2010) از روش آنتروپی شانون برای تعیین پارامترهای مؤثر در کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه لیوپان^۲ استفاده کردند و مقادیر شاخص کیفیت آب را با استفاده از آنتروپی (WQI) بر اساس استاندارد سازمان جهانی تعیین کردند. نتایج نشان داد که کیفیت آب منطقه ضعیف بوده و نیاز به تصفیه آب قبل از آشامیدن دارد. با توجه به اهمیت موضوع پایش کیفی منابع آب به‌خصوص برای مصارف شرب، استفاده از روش دقیق و ارزان جهت ارزیابی کیفیت آب از اهمیت بسزایی برخوردار است که استفاده از روش آنتروپی شانون به‌عنوان یک روش جدید با دقت بالا و هزینه کم در رسیدن به این هدف کمک می‌کند. در این مطالعه، طبقه‌بندی کیفیت آب‌های سطحی در حوضه صوفی چای با استفاده از تئوری آنتروپی شانون مورد بررسی قرار گرفت.

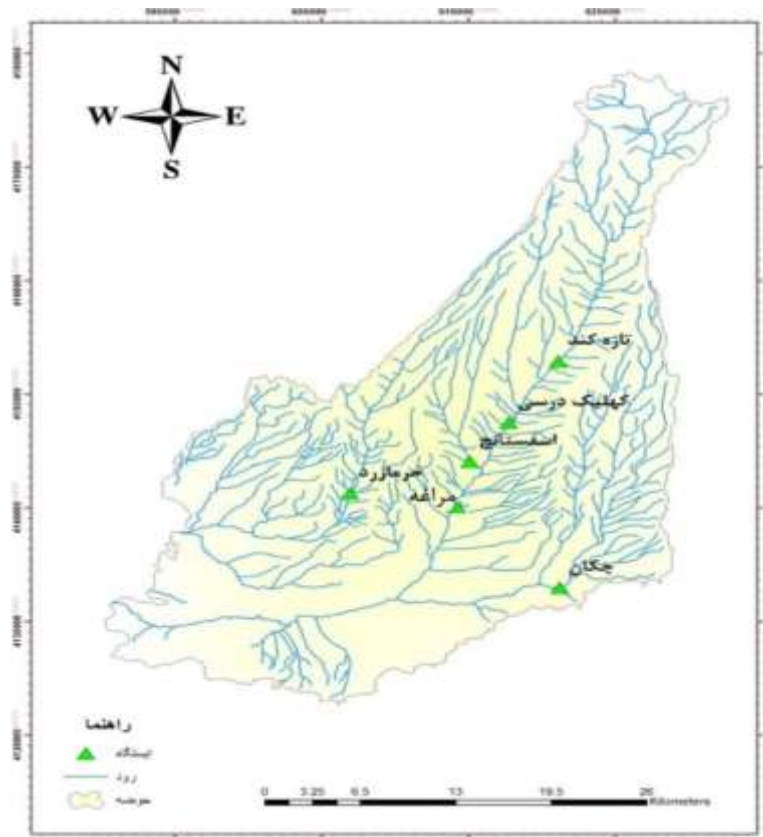
¹ Boolean logic

² Liupan

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه و ایستگاه‌های موردمطالعه

حوزه آبخیز صوفی چای یکی از زیر حوضه‌های دریاچه ارومیه هست که با موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 37'$ شمالی و $46^{\circ} 16'$ شرقی در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. حوضه صوفی چای با مساحت تقریبی 1095 کیلومتر مربع از ارتفاعات سه‌سهند سرچشمه گرفته و با طی مسیری به طول 74 کیلومتر به دریاچه ارومیه می‌ریزد. متوسط بارندگی سالانه حوضه در حدود 330 میلی‌متر هست، که بیشترین و کمترین میزان بارش در فصل بهار و تابستان به ترتیب در حدود 40 درصد و 2 درصد از بارش کل رخ می‌دهد. متوسط دمای سالانه 12 درجه سانتی‌گراد است. میزان متوسط تبخیر سالانه از تشت 1470 میلی‌متر است (Osoli و Asadi, 2010). در این پژوهش، به منظور پایش کیفیت آب سطحی از آمار شش ایستگاه کیفیت‌سنجی حوضه صوفی چای، اخذ شده از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی استفاده شد. از متغیرهای اندازه‌گیری شده در شش ایستگاه حوضه صوفی چای، متغیرهای سدیم (Na)، منیزیم (Mg)، کلسیم (Ca)، سولفات (SO_4)، کلراید (Cl)، بی‌کربنات (HCO_3)، نسبت سدیم جذبی (SAR)، اسدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC) و کل مواد جامد محلول (TDS) استفاده شد. شکل (۱) موقعیت حوزه آبریز صوفی چای و ایستگاه‌های کیفیت‌سنجی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه حوضه صوفی چای و ایستگاه‌های کیفیت‌سنجی

۲-۲- تئوری آنتروپی شانون

شانون^۳ نشان داد که وقایع با احتمال وقوع زیاد اطلاعات کمتری در اختیار می‌گذارند و برعکس هرچقدر احتمال وقوع یک رخداد کمتر باشد، اطلاعات حاصل از آن بیشتر است. با به دست آوردن اطلاعات جدید، درواقع عدم قطعیت‌ها کاهش یافته و ارزش اطلاعات جدید برابر با مقداری است که از عدم قطعیت کاسته شده است. در نتیجه عدم قطعیت و اطلاعات پارامترهایی وابسته

³ Shannon

به هم هستند. به عبارت دیگر، از تئوری آنتروپی می‌توان به عنوان شاخصی برای کمی کردن میزان عدم آگاهی و دانش نسبت به مشخصات یک سامانه، استفاده کرد (Yue et al. 2010). برای به دست آوردن وزن آنتروپی ω_j از معادله (۱) استفاده شد:

$$\omega_j = \frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^n 1-e_j} \quad (1)$$

پارامتر e_j مقدار آنتروپی انتقال اطلاعات را بیان می‌کند در واقع آنتروپی انتقال اطلاعات نوعی از آنتروپی است که برابر با تفاضل مجموع آنتروپی مرزی و آنتروپی مشترک است. هرچه مقدار آنتروپی کمتر باشد، تأثیر j بیشتر خواهد بود. آنتروپی انتقال اطلاعات بین دو متغیر i و j به صورت رابطه (۲) بیان می‌شود:

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (2)$$

با توجه به اینکه پارامترهای ورودی دارای واحدهای یکسانی باشند معمولاً با استفاده از تابع نرمال‌سازی، داده‌ها آماده‌سازی می‌شوند. تابع نرمال‌سازی به صورت رابطه (۳) بیان می‌شود:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - (x_{ij})_{\min}}{(x_{ij})_{\max} - (x_{ij})_{\min}}$$

ماتریس داده‌های خام پس از نرمال‌سازی به صورت رابطه (۴) بیان شد:

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

نسبت مقدار شاخص پارامتر j در نمونه i بر اساس معادله (۵) محاسبه شد:

$$P_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^m y_{ij} \quad (5)$$

که در رابطه (۵)، P_{ij} احتمال روی دادن مشترک i و j است. به منظور کمی سازی کیفیت آب از شاخص‌های متعددی استفاده می‌گردد. یکی از این شاخص‌ها، شاخص کیفیت آب (WQI^4) است. برای محاسبه شاخص کیفیت آب از رابطه (۶) استفاده می‌گردد (Yue et al. 2010):

$$WQI = \sum_{j=1}^n \omega_j \cdot q_j \quad (6)$$

که در آن q_j نسبت غلظت هر پارامتر به مقدار استاندارد آن برحسب درصد است و ω_j میزان آنتروپی پارامتر j را توصیف می‌کند. q_j طبق رابطه (۷) محاسبه می‌شود:

$$q_j = \frac{C_j}{S_j} \times 100 \quad (7)$$

که، C_j غلظت هر پارامتر شیمیایی در هر نمونه آب برحسب میلی‌گرم بر لیتر و S_j غلظت استاندارد جهانی همان پارامتر برای کیفیت آب آشامیدنی برحسب میلی‌گرم بر لیتر است. بر اساس تقسیم‌بندی (Yue et al. 2010) کیفیت آب‌های سطحی بر اساس WQI که یک شاخص بدون بعد است، با توجه به جدول (۱) در پنج رده قرار می‌گیرد.

⁴ Water Quality Index

جدول ۱- کلاس‌بندی کیفی آب بر اساس شاخص WQI

WQI	رتبه	کیفیت آب
$50 >$	۱	عالی
۵۰ - ۱۰۰	۲	خوب
۱۰۰ - ۱۵۰	۳	متوسط
۱۵۰ - ۲۰۰	۴	ضعیف
$200 <$	۵	خیلی ضعیف

۳- یافته‌ها و بحث

در این تحقیق از میان متغیرهای اندازه‌گیری شده در شش ایستگاه منابع آب‌های سطحی حوضه صوفی چای متغیرهای Na، Ca، Mg، SO₄، Cl، HCO₃، SAR، pH، EC، TDS استفاده شد. در جدول (۲) خصوصیات آماری پارامترهای مذکور به همراه استاندارد WHO^۵ برای آب‌های سطحی ارائه شده است. تمامی واحدهای پارامترهای مورداستفاده برحسب (ppm) است، به جز هدایت الکتریکی که برحسب (μmhos.cm) و نسبت سدیم جذبی که برحسب (mmol L⁻¹)^{0.5} است. همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود مقدار مجاز TDS بر طبق استانداردهای سازمان جهانی بهداشت ۱۰۰۰ mg/l است. مقدار زیاد TDS در آب‌های آشامیدنی، مضر نیست. ولی رسوب بیش‌ازحد TDS در بدن انسان باعث بیماری‌های قلبی و یبوست است. در این مطالعه، مقدار میانگین TDS در ایستگاه تازه کند حدود ۱۲۹/۹ mg/l، ایستگاه خرما زرد حدود ۳۰۰/۸۹ mg/l، ایستگاه اسفستانج حدود ۲۶۹ mg/l، ایستگاه کهلیک درسی حدود ۱۱۲/۹۱ mg/l، ایستگاه مراغه حدود ۱۹۹/۶۳ ml/g و ایستگاه چکان حدود ۲۶۶/۹۱ mg/l است. در ایستگاه کهلیک درسی میزان TDS کمتر از سایر ایستگاه‌ها است و در ایستگاه خرما زرد بالاترین مقدار TDS است. همچنین مقدار زیاد سولفات (SO₄) در منطقه به علت باران کم و دمای بالا و تبخیر زیاد نسبت داده می‌شود (et 2010 Yue al.). بر طبق سازمان جهانی بهداشت میزان سولفات ۵۰۰ mg/l است که در این مطالعه در ایستگاه تازه کند حدود ۰/۲۶ mg/l، ایستگاه خرما زرد حدود ۰/۳۵ mg/l، ایستگاه اسفستانج حدود ۰/۲۷ mg/l، ایستگاه کهلیک درسی حدود ۰/۱۸ mg/l، ایستگاه مراغه حدود ۰/۴۸ mg/l و ایستگاه چکان حدود ۰/۳۸ mg/l هست که در ایستگاه کهلیک درسی میزان SO₄ کمتر از سایر ایستگاه‌ها است. ایستگاه مراغه بالاترین مقدار TDS را داراست. در ایستگاه‌های تازه کند، خرما زرد، اسفستانج، کهلیک درسی، مراغه و چکان مقدار میانگین این پارامتر پایین‌تر از حد مجاز هستند. همچنین جدول (۲) نشان می‌دهد که مقدار میانگین سایر پارامترها کیفی آب سطحی صوفی چای از مقدار مجاز سازمان جهانی بهداشت کمتر است.

با استفاده از روابط فوق، میزان WQI و رتبه کیفیت آب‌های سطحی مربوط به شش ایستگاه حوضه صوفی چای اندازه‌گیری شد. جدول (۳) محاسبات شاخص کیفیت آب WQI و نتایج ارزیابی کیفیت آب را نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی‌ها نشان داد که کیفیت آب سطحی در منطقه مورد مطالعه در رتبه عالی قرار دارد. با توجه به معادله‌های (۱) و (۲) به ترتیب وزن آنتروپی و مقدار آنتروپی برای هر پارامتر محاسبه شدند. سپس معیار رتبه‌بندی کیفی آب بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی تعیین شد. با توجه به اینکه مقادیر پایین آنتروپی بیان‌گر تأثیرگذاری بیشتر این پارامتر نسبت به سایر پارامترهاست (Wu et al. 2011) و مقدار وزن آنتروپی نیز نشان‌دهنده پایداری کیفیت آب‌های سطحی از نظر پارامتر مورد نظر است. مقدار وزن آنتروپی بیشتر نشان‌دهنده تغییرات کیفی آب زیرزمینی است (Guey-Shin et al. 2011).

⁵ Water health organization

جدول ۲- خلاصه آماری و استاندارد WHO برای هر متغیر در ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	پارامترهای آماری	سدیم (ppm)	متنیزیم (ppm)	کلسیم (ppm)	سولفات (ppm)	کلراید (ppm)	بی‌کربنات (ppm)	نسبت سدیم جذبی (mmol/L) ^{0.5}	اسدیته (ppm)	هدایت الکتریکی (μ) (mohs.cm)	کل مواد جامد محلول (ppm)
تازه کند	حداکثر	۳/۸۵	۱/۵	۳/۵	۱/۷۵	۳/۷	۲/۶	۳/۴۱۷	۸/۷	۶۴۰	۴۱۹
	حداقل	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳۹	۰/۰۳	۸۶	۰
میانگین	میانگین	۰/۴۴	۰/۵	۱/۱	۰/۲۶	۰/۳۲	۱/۴۳	۰/۴۸	۷/۶۱	۲۰۱/۹۴	۱۲۹/۹
	انحراف معیار	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۳۷	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۵۲	۶۲/۸۳	۴۱/۳۴
خرما زرد	حداکثر	۶	۳	۴/۸	۴/۴۲	۲/۴	۷/۲	۶	۸/۸	۸۰۰	۵۲۰
	حداقل	۰/۰۵	۰/۲	۰/۴	۰/۰۱	۰/۰۷	۱/۲	۰/۰۵۸	۶	۱۶۰	۰
میانگین	میانگین	۰/۷۹	۱/۳۸	۲/۵۵	۰/۳۵	۰/۴۴	۳/۹۵	۰/۵۹	۷/۶۳	۴۷۰/۳۴	۳۰۰/۸۹
	انحراف معیار	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۷۷	۰/۴	۰/۲۳	۱/۰۷	۰/۴۹	۰/۴۱	۱۱۸/۷۴	۸۱/۳۲
اسفستانج	حداکثر	۲/۸	۳/۴	۴/۵	۱/۴	۱/۳	۶	۲/۶۰۳	۸/۷	۷۵۰	۴۹۳
	حداقل	۰/۱	۰/۱	۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۱/۶	۰/۰۷۳	۰/۷	۱۹۰	۱۲۵
میانگین	میانگین	۰/۶۶	۱/۰۲	۲/۳۷	۰/۲۷	۰/۴۱	۳/۳۳	۰/۵۲	۷/۷۴	۴۰۶/۳۴	۲۶۲/۱
	انحراف معیار	۰/۴۳	۰/۵۴	۰/۷۲	۰/۲۵	۰/۲	۰/۹۶	۰/۳۷	۰/۶۸	۱۰۹/۲۵	۷۱/۸۶
کهلیک درسی	حداکثر	۱/۶	۱/۲	۱/۸	۱/۲	۰/۸	۲/۶۵	۲/۳۸۵	۹/۰۶	۳۲۰	۲۰۵
	حداقل	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۳۵	۰/۰۲۲	۲/۶۲	۷۹	۵۱
میانگین	میانگین	۰/۳۲	۰/۴۴	۰/۹۸	۰/۱۸	۰/۲	۱/۳۲	۰/۳۹	۷/۷۶	۱۷۵/۱۶	۱۱۲/۹۱
	انحراف معیار	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۴۰	۰/۲۴	۰/۵۷	۴۴/۹۲	۲۸/۹۱
مراغه	حداکثر	۴/۵	۴	۴/۸	۲/۱۸	۲/۹	۵/۶	۳/۵۵۸	۱۰/۱	۷۹۰	۵۳۰
	حداقل	۰/۰۲	۰/۱	۰/۲	۰/۰۲	۰/۱	۰/۲	۰/۰۲۵	۵/۹	۸۹	۵۵
میانگین	میانگین	۰/۸۱	۰/۸	۱/۷۳	۰/۴۸	۰/۵۴	۲/۲۶	۰/۷۴	۷/۵۳	۳۱۰/۴۱	۱۹۹/۶۳
	انحراف معیار	۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۸۶	۰/۴۲	۰/۳۷	۱/۰۳	۰/۵۵	۰/۶۸	۱۴۶/۱۷	۹۶/۶۲
چکان	حداکثر	۵/۷	۳/۷	۵/۲	۲/۳۶	۴/۴	۶/۶	۳/۸	۸/۹۸	۱۰۱۵	۶۶۵
	حداقل	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۷	۰/۰۱	۰/۱	۰/۲	۰/۰۳۹	۶	۱۲۵	۸۵
میانگین	میانگین	۰/۹۹	۱/۰۴	۲/۱۵	۰/۳۸	۰/۴۷	۳/۳۳	۰/۷۶	۷/۶۱	۴۱۴/۳۷	۲۶۶/۹۱
	انحراف معیار	۰/۷۲	۰/۵۷	۰/۷۳	۰/۳۸	۰/۳۵	۱/۲۷	۰/۵۱	۰/۴۵	۱۵۴/۵۵	۹۹/۴۴
WHO	WHO	۲۰۰	۳۰	۳۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۵۰	۱۵	۸/۵	۱۵۰۰	۱۰۰۰

جدول ۳- مقادیر شاخص کیفیت آب برای شش ایستگاه در حوضه صوفی چای

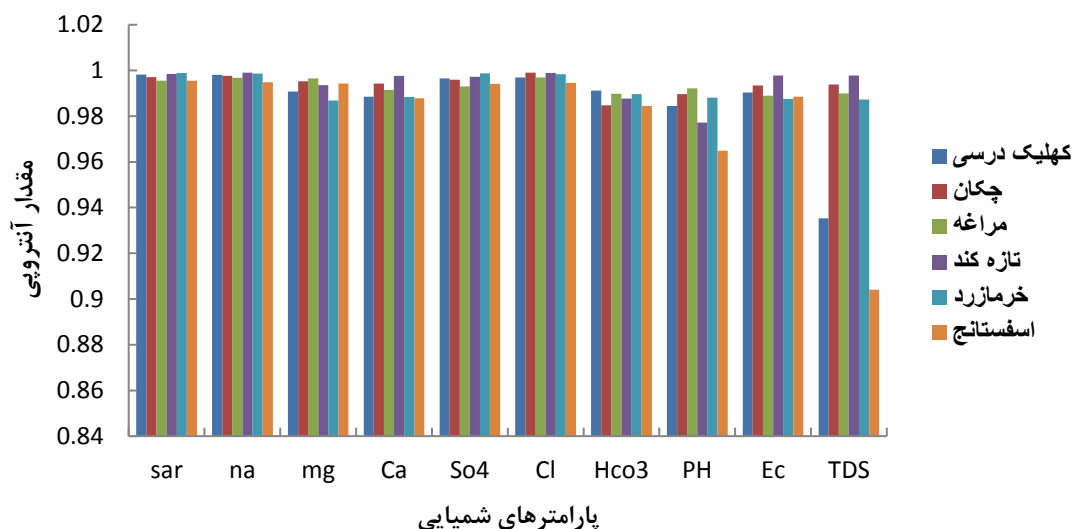
شاخص WQI	رتبه	ایستگاه
۱۹/۸	۱	تازه کند
۲۰/۵	۱	خرما زرد
۱۴/۸	۱	اسفستانج
۱۶/۳	۱	کهلیک درسی
۱۵/۵	۱	مراغه
۱۷/۵	۱	چکان

در شکل (۲) نتایج مربوط به محاسبه مقدار آنتروپی و شکل (۳) نتایج مربوط به وزن آنتروپی برای ۱۰ پارامتر موردنظر ایستگاه‌ها نشان داده شده است. با استفاده از شکل‌های (۲) و (۳) می‌توان نتیجه گرفت که اسیدیته دارای بالاترین نرخ تأثیرگذاری بر کیفیت آب‌های سطحی ایستگاه تازه کند است. پس از آن به ترتیب بی‌کربنات، منیزیم، سولفات، کل مواد جامد محلول، کلسیم، کلراید، سدیم و نسبت سدیم جذبی قرار دارند. بنابراین اسیدیته دارای بیشترین ناپایداری و تغییرات مداوم است. کمترین وزن آنتروپی نیز مربوط به سدیم است که تغییرات پایدار و یکنواختی در آب‌های سطحی منطقه مورد مطالعه دارد. در ایستگاه خرما زرد منیزیم دارای بالاترین نرخ تأثیرگذاری بر کیفیت آب‌های سطحی است. سپس به ترتیب کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، اسیدیته، کلسیم، بی‌کربنات، کلراید، سدیم، سولفات و نسبت سدیم جذبی قرار دارند و منیزیم دارای بیشترین ناپایداری و تغییرات مداوم است. کمترین وزن آنتروپی نیز مربوط به نسبت سدیم جذبی است که تغییرات پایدار و یکنواختی در آب‌های سطحی دارد. در ایستگاه اسفستانج عامل مؤثر بر کیفیت، کل مواد جامد محلول است. چراکه میزان آنتروپی کمتری نسبت به سایر پارامترهای شیمیایی دارد و این نشان می‌دهد که تأثیرگذاری پارامتر مذکور در کیفیت آب‌های سطحی منطقه بیشتر است. بعد از آن به ترتیب در ایستگاه اسفستانج اسیدیته، بی‌کربنات، کلسیم، کلراید، سولفات، منیزیم، سدیم، هدایت الکتریکی، نسبت سدیم جذبی قرار دارند. بنابراین کل مواد جامد محلول دارای بیشترین ناپایداری و تغییرات مداوم است. در ایستگاه کهلیک درسی عامل مؤثر بر کیفیت، کل مواد جامد محلول است چون میزان آنتروپی کمتری نسبت به سایر پارامترهای شیمیایی دارد. بعد از آن به ترتیب اسیدیته، کلسیم، هدایت الکتریکی، منیزیم، بی‌کربنات، سولفات، کلراید، سدیم، نسبت سدیم جذبی قرار دارند و کل مواد جامد محلول دارای بیشترین ناپایداری و تغییرات مداوم است. در ایستگاه مراغه هدایت الکتریکی دارای بالاترین نرخ تأثیرگذاری است و بعد از آن به ترتیب کل مواد جامد محلول، بی‌کربنات، کلسیم، اسیدیته، نسبت سدیم جذبی، منیزیم، سولفات، کلراید قرار دارند و هدایت الکتریکی دارای بیشترین ناپایداری و تغییرات مداوم است. در ایستگاه چکان عنصر بی‌کربنات بر کیفیت آب‌های سطحی تأثیر بیشتری دارد بعد از آن به ترتیب اسیدیته، هدایت الکتریکی، کل مواد جامد محلول، کلسیم، منیزیم، سولفات، نسبت سدیم جذبی، سدیم، کلراید قرار دارند و بی‌کربنات دارای تغییرات مداوم و ناپایداری بیشتر است و بیشترین وزن آنتروپی نیز مربوط به بی‌کربنات در طول سال‌های اخیر است. نتایج تحقیق، با نتایج مطالعه (Wu et al. (2011) و Yue et al. (2011) مطابقت دارد.

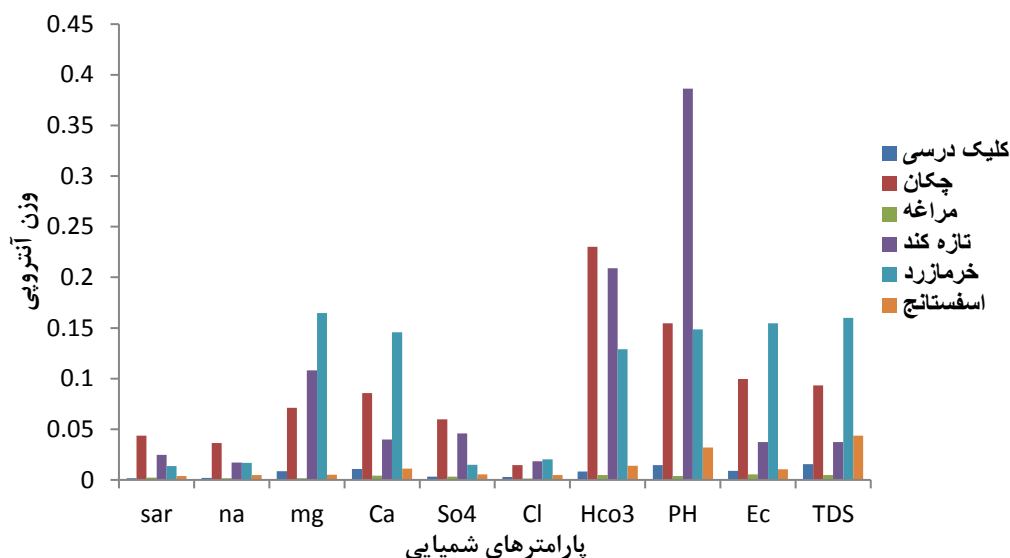
(Wu et al. (2011) برای تعیین کیفیت آب زیرزمینی در منطقه نینگوخیا^۶ از آنتروپی وزنی شانون استفاده کردند. که از ۱۲ پارامتر مورد استفاده در این پژوهش، TDS و آهن مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در کیفیت آب زیرزمینی منطقه بوده که نشان از دقت خوب آنتروپی در تعیین پارامتر مؤثر در کیفیت آب زیرزمینی منطقه موردنظر است. (Yue et al. (2011) جهت تعیین کیفیت آب منطقه دونگ شینگ^۷ از روش آنتروپی وزنی استفاده کردند. نتایج نشان داد که کیفیت آب منطقه با کیفیت بوده و از روش آنتروپی وزنی به‌عنوان یک روش جدید جهت تعیین کیفیت آب منطقه می‌توان استفاده کرد.

^۶ Ningxia

^۷ Dongsheng



شکل ۲- مقدار آنیونی پارامترهای مورد استفاده در شش ایستگاه کیفیت سنجی



شکل ۳- وزن آنیونی پارامترهای مورد استفاده در شش ایستگاه کیفیت سنجی

۴- نتیجه گیری

تعیین کیفیت آب سطحی ابزاری مؤثر برای ارزیابی وضعیت آب آشامیدنی یک منطقه است. کاربرد روش آنیونی وزنی شانون باعث دستیابی به نتایج قابل قبولی، جهت تعیین کیفیت آب سطحی می‌شود. در این تحقیق تغییرات پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب‌های سطحی با توجه به اطلاعات شش ایستگاه تازه کند، خرمازرد، اسفستانج، کهلک درسی، مراغه و چکان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده عبارتند از:

- ۱- تمامی پارامترهای مورد استفاده، مقدار میانگین پایینی از مقدار مجاز استاندارد برای آب شرب را دارا هستند.
- ۲- در حوضه صوفی چای می‌توان از آنیونی وزنی شانون به عنوان یک روش جدید جهت تعیین کیفیت آب استفاده نمود.
- ۳- با استفاده از روش آنیونی شانون، پارامتر مؤثر در آب‌های سطحی در ایستگاه تازه کند، خرمازرد، مراغه و چکان به ترتیب اسدیته، منیزیم، هدایت الکتریکی و بی‌کربنات است و پارامتر مؤثر در ایستگاه اسفستانج و کهلک درسی کل مواد جامد محلول بوده است.

۴- نتایج شاخص کیفیت تمام ایستگاه‌های حوضه نشان داد که همه ایستگاه‌های حوضه در رتبه یک قرار دارند، بنابراین کیفیت آب‌های سطحی منطقه مورد مطالعه در رده عالی است.

روش‌های جدید ارزیابی کیفیت منابع آب‌های سطحی در سال‌های اخیر توسعه پیدا کرده است. با توجه به اینکه کیفیت آب‌های سطحی در سلامت انسان‌ها همواره اهمیت بسزایی دارد. لذا در این تحقیق سعی بر آن شد از یک روش جدید و کاربردی به نام آنتروپی وزنی شانون جهت تعیین کیفیت آب رودخانه صوفی چای که به‌عنوان یک منبع آب آشامیدنی مهم محسوب می‌شود، مورد استفاده قرار گیرد. مهم‌ترین مزیت این روش، دقت بالا و هزینه کم آن است. همچنین می‌توان از این روش جهت تعیین کیفیت آب سطحی، در سایر مناطق و آب‌های زیرزمینی که در مناطق روستایی به‌عنوان مهم‌ترین منبع آب شرب محسوب می‌شود، مورد استفاده قرار گیرد.

References

- Almasi A. and Yazdanbakhsh A. (2009). Public health comprehensive book. Medical Sciences Publications, first volume, Tehran [In Persian].
- Asadi E. and Osoli S. (2010). SofiChay basin surface water quality assessment using water quality index. International conference on sustainable development, strategies and challenges with a focus on agriculture, natural resources, environment and tourism, Tabriz, Iran [In Persian].
- Chen S. (2015). Mining informative hydrologic data by using support vector machines and elucidating mined data according to information entropy. *J. Entropy*, 17, 1023 – 1041.
- Shyu G-S., Cheng B-Y., Chiang C-T., Yao P-H. and Chang T-K. (2011). Applying factor analysis combined with kriging and information entropy theory for mapping and evaluating the stability of groundwater quality variation in Taiwan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8, 1084-1109.
- Olyaie E., Banejad H., Samadi M.T., Rahmani A.R. and Saghi M. H. (2010). ANN predictable performance evaluation of qualitative parameters (BOD and DO) water Hamadan Morad Beik River. *J. Soil Water*, 20(3), 199-210 [In Persian].
- Mogadam A., Tikhmadash Ghalebani M., and Esmaeli K. (2013). Investigation of temporal and spatial trend of water quality parameters in view of weather fluctuations using GIS Mashhad Plain. *J. Soil and Water*, 20(3), 211-225 [In Persian].
- Nosrati K., Derakhshi K., Ghara Chahi S., and Rahimi K. (2014). Surface water quality assessment Haraz-Gharehsou River basin using multivariate statistical techniques. *Res. Earth Sci.*, 2(5), 41-55 [In Persian].
- Rahmani A., Samadi M. T. and Heydari V. M. (2008). Water quality assessment of rivers in the plain of Hamadan - spring for irrigation on the Vikoks diagram. *J. Biotechnol. Agricul.*, 8(1), 27-36 [in Persian].
- Salajageh A. S., Rezvanzadeh N. A., Khorasani M. and Hamidifar V. S. (2011). Land use changes and its effects on quality of river water. *J. Ecol.*, 37(57), 81-86 [in Persian].
- Soleymani M., Vali A., Gazavi R. and Saeedi H. (2013). Routing analysis and chemical water quality parameters (Case Study: Cham River Khorramabad. *J. Irrigation Water*, 12(3), 95-106 [In Persian].
- Samadi M., Saghi M., Rahmani A. and Torabzade H. (2009). Zoning water quality of the river valley and enjoying NSFQI Moradbeyg Hamadan based on Geographic Information System. *Sci. J. Hamadan Univ. Med. Sci. Health Serv.*, 16(3), 38-43 [In Persian].
- Wu J. P., Li H. and Qian M. (2011). Groundwater quality in Jingyuan County a semi-humid area in northwest China. *J. Chem.*, 8(2), 787-793.

- Yue L. P., Hui Q., and Jian-Hu W. (2010). Groundwater quality assessment based on improved water quality index in Pengyang Country, Ningxia, northwest China. *J. Chem.*, 7(S1), 209-216.
- Yue L. P., Hui Q. and Jian-Hu W. (2011). Application of Set Pair Analysis Method Based on Entropy Weight in Groundwater Quality Assessment a Case Study in Dongsheng City, Northwest China. *J. Chem.*, 8(2): 851-858.

Application of Shannon Entropy in Determining the Most Effective Chemical Parameter in Surface Water Quality (Case Study: Sofi Chay Watershed)

Fateme Akhooni Pourhosseini¹ and Mohamad Ali Ghorbani²

¹Post Graduate of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran

*Corresponding author: fateme.pourhosseini@yahoo.com

Received: July 24, 2016

Accepted: October 26, 2016

Abstract

Because of scarcity of surface water, consideration of water quality is a crucial issue in Iran. Surface water quality monitoring and assessment is very expensive and time consuming; therefore, it would be very useful to find a cheap, simple, and relatively exact method predicting water quality. In this study, Water Quality Index (WQI) was used for measuring water quality. In order to monitor surface water quality and to calculate water quality, the data used were of six quality survey stations in Sofi Chay Watershed for the period of 1972-2012. To determine the influencing parameter on the surface water quality within the watershed, the Shannon weight entropy method was used. Based on the amount of Shannon entropy and the calculated entropy weight, the effective parameter was evaluated in six stations: i.e. Tazekand, khormazard, Esfestanaj, Kahlikdarasi, Maragheh, and Khekan. The results indicated the most effective parameters at the stations studied are pH, Mg, TDS, EC, and HCO₃ respectively. Calculating WQI through using Shannon entropy indicated excellent quality of surface waters of the study area.

Keywords: Entropy; Hydrochemical Parameters; Quality; Surface Water; Sofi Chay