ارزیابی کیفیت آب چاه نیمه‌های سیستان بر اساس شاخص‌های کیفی NSFWQI، IRWQI و شاخص آلودگی Liou

محدثه میری[1*]

۱. مربی گروه مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، دانشگاه زابل، زابل، ایران

***مسئول مکاتبات:**
Mirimohadeseh@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت : ۱۳۹۵/۰۷/۱۳
تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۱۱/۲۴
کد مقاله: ۱۳۹۶۰۴۰۴۶۳
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

ارزیابی کیفی آب چاه نیمه‌های سیستان به‌عنوان منابع مهم تأمین‌کننده آب آشامیدنی و کشاورزی شهرستان زابل و زاهدان از ارزش و اهمیت فراوانی برخوردار بوده و ضروری می‌باشد؛ بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی کیفیت آب چاه نیمه‌ها از جهت شاخص کیفی NSFWQI، شاخص کیفی آب‌های سطحی ایران IRWQI و شاخص آلودگی Liou می‌باشد. پژوهش حاضر توصیفی-مقطعی می‌باشد. پارامترهای کیفی موردنیاز جهت محاسبه شاخص‌های NSFWQI، IRWQI و Liou شامل pH، DO، BOD، TS، COD، EC، دما، فسفات، نیترات، کدورت، کلیفرم مدفوعی، سختی و آمونیاک در ۱۲ ایستگاه انتخابی در چهار چاه نیمه سیستان به مدت ۱۲ ماه با استفاده از روش استاندارد موردانداز‌ه‌گیری قرارگرفته است. نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که مقدار عددی شاخص NSFWQI بین (۶۳-۵۳) باکیفیت متوسط، شاخص IRWQI بین (۷۵/۸۲-۵۰/۵۷) باکیفیت خوب و متوسط و شاخص آلودگی Liou بین (۵-۳/۵) باکیفیت نسبتاً آلوده مشاهده شد. بهترین کیفیت آب بر اساس سه شاخص NSFWQI، IRWQI و Liou به ترتیب ۶۳، ۷۵/۸۶ و ۳ در ماه‌های سرد سال (دی تا فروردین) در چاه نیمه‌های یک، دو و سه مشاهده شد و بدترین کیفیت آب به ترتیب ۵۳، ۴۹/۷۴ و ۵/۲۵ در چاه نیمه چهار در مردادماه مشاهده شد. علت کاهش کیفیت آب در چاه نیمه چهار افزایش BOD، کاهش اکسیژن محلول و EC آب می‌باشد که می‌توان درنتیجه افزایش تبخیر، عدم برداشت آب از آن در تابستان و جنس بستر این چاه نیمه دانست؛ بنابراین نتایج نشان می‌دهد که چاه نیمه‌های یک، دو و سه از کیفیت بهتری نسبت به چاه نیمه چهار برخوردار است و همچنین باوجود تفاوت‌هایی در پارامترهای مورداستفاده و روش محاسبه شاخص‌های NSFWQI، IRWQI و Liou نتایج هر سه روش برای ارزیابی کیفیت آب هم‌پوشانی دارند.

واژگان کلیدی: شاخص کیفی، سیستان، چاه نیمه، NSFWQI، IRWQI، Liou.

مقدمه

مناطق مختلف جهان با انواعی از مشکلات مرتبط با کنترل و استفاده از منابع آب روبرو هستند که توسعه پایدار از این منابع را به مخاطره می‌اندازد. دسترسی مداوم به آب آشامیدنی سالم برای زندگی و سلامت انسان‌ها ضروری است. حفاظت از کیفیت منابع آب نقش کلیدی در تأمین آب شرب سالم ایفا می‌کند که نیازمند همکاری‌های مشترک بین مدیریت منابع آب، کارخانه‌های صنعتی، سیستم‌های تأمین‌کننده آب، جوامع و مردم است. برای حل مشکلات ناشی از تأیید کیفیت آب چندین شاخص کیفی آب براساس نرم‌افزارهای ریاضی توسعه‌یافته است (Abbasi and Abbasi, 2012; Beamonte Córdoba *et al.*, 2010; Boyacioglu, 2007; Hurley *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2014). فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی ممکن است باعث کاهش آب‌های سطحی شده درنتیجه منجر به اختلال در آب موردنیاز برای مصارفی چون شرب، صنعت، کشاورزی، فضای سبز و غیره می‌گردد (Carpenter *et al.*, 1998; Jarvie *et al.*, 1998). شاخص

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

کیفی آب WQI (Water Quality Index) به‌عنوان معیاری برای طبقه‌بندی آب‌های سطحی براساس پارامترهای استاندارد در نظر گرفته‌شده است (Couillard and Lefebvre, 1985; Sánchez *et al.*, 2007). نخستین شاخص کیفی آب توسط Horton (۱۹۶۵) براساس انتخاب و وزن دادن پارامترهای کیفی آب و با استفاده از یک تابع تجمعی توسعه یافت. موسسه بهداشت ملی آمریکا (NSF) توسط روش دلفی این شاخص را مورد بازبینی قرارداد و شاخص NSFWQI را معرفی نمود که امروزه به‌طور گسترده در سرتاسر جهان استفاده می‌شود (Chang *et al.*, 2001; Hurley *et al.*, 2012; Ocampo-Duque *et al.*, 2006, 2007; Ramesh *et al.*, 2010). موسسه بهداشت ملی ایالات‌متحده آمریکا، شاخص کیفی آب WQI را براساس پارامترهای: کلیفرم مدفوعی (FC)، اکسیژن موردنیاز زیستی (BOD_5)، نیترات (NO_3)، فسفات کل (PO_4)، دما، اکسیژن محلول (DO)، کدورت، کل مواد جامد و pH طراحی نموده است. این شاخص محدوده‌ای بین ۱۰۰-۰ است که ۱۰۰ نشان‌دهنده آب باکیفیت بالا و صفر نشان‌دهنده آب نیازمند به تصفیه برای استفاده می‌باشد. WQI (Water Quality Index) شاخصی ریاضی است که اعداد به‌دست‌آمده از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب را به‌صورت طبقه‌بندی‌شده و کیفی بیان می‌کند (Chang *et al.*, 2001; Simões *et al.*, 2008). شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQI) نیز یکی از شاخص‌های تعیین کیفیت آب می‌باشد. این شاخص با توجه به شرایط طبیعی و مسائل و مشکلات منابع آب ایران طراحی‌شده است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۴). افزایش جمعیت و فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی باعث به خطر افتادن کیفیت آب می‌شود. شاخص آلودگی (Liou) برای اولین بار در سال ۱۹۷۰ میلادی توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست (EPA) برای پایش آب‌های سطحی کشور تایوان استفاده شد. این شاخص در سال ۲۰۰۳ میلادی توسط Liou و همکاران توسعه یافت. این شاخص براساس چهار فاکتور آب شامل اکسیژن محلول، میزان اکسیژن موردنیاز زیستی، جامدات معلق و نیتروژن آمونیاکی تعیین و تفسیر می‌گردد (Liou *et al.*, 2003). این شاخص‌ها به دلیل جامع بودن، سادگی و عدم پیچیدگی و در دسترس بودن مشخصه‌های کیفی کاربرد بیشتری دارد. همچنین این شاخص‌ها سبب ارائه نتایج دقیق و پیش‌بینی سریع شده و می‌توان بابیانی ساده آب‌های سطحی را از جهت کیفیت طبقه‌بندی نمود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۴). Abtahi و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از شاخص DWQI کیفیت آب آشامیدنی را در خوزستان موردمطالعه قراردادند. طبق نتایجی که به دست آوردند میزان این شاخص در ایذه و شادگان به ترتیب ۵±۹۰ و ۱۰±۶۹ مشاهده شد؛ بنابراین با توجه به تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و حساسیت این شاخص بیان داشتند که شاخص DWQI به دلیل سادگی، انعطاف‌پذیری، پایداری و نتایج قابل‌اعتماد می‌تواند ابزاری مناسب برای تشخیص کیفیت آب مورداستفاده قرار گیرد. Samadi و همکاران (۲۰۱۵)، میزان عددی شاخص WQI را در رودخانه مرادبیک ۶۱/۶۲ به دست آوردند و آب رودخانه از جهت کیفی در طبقه متوسط قرار گرفت که دلیل آن را ورود فاضلاب‌ها و دیگر آلاینده‌های اطراف رودخانه دانست. Dadolahi و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از شاخص WQI آب قسمت جنوب غرب ایران را از جهت کیفی به‌طور سالیانه ۵۴/۶۰ (متوسط)، ۴۵/۲۹ (بد) و ۴۵/۷۱ (بد) به دست آورد و بیان داشتند که این شاخص ابزاری مفید برای طبقه‌بندی کیفی آب است. امین پور شیانی و همکاران (۱۳۹۵)، آب رودخانه گازرودبار طبق شاخص NSFWQI در رده کیفی متوسط (۶۴/۶) و براساس شاخص Liou در رده کیفی اندکی آلوده (۱/۴) قرار دادند و علت اصلی کاهش کیفیت را فاضلاب‌های خانگی، شهری، زهاب کشورزی، فضولات حیوانی و دبی پایین رودخانه دانستند. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۲)، بامطالعه‌ای که روی کیفیت رودخانه آیدوغموش انجام دادند به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های NSFWQI و Liou برای ارزیابی کیفی آب مناسب بوده و باوجود تفاوت‌هایی که باهم دارند نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان داد که با یکدیگر هم‌پوشانی دارند.

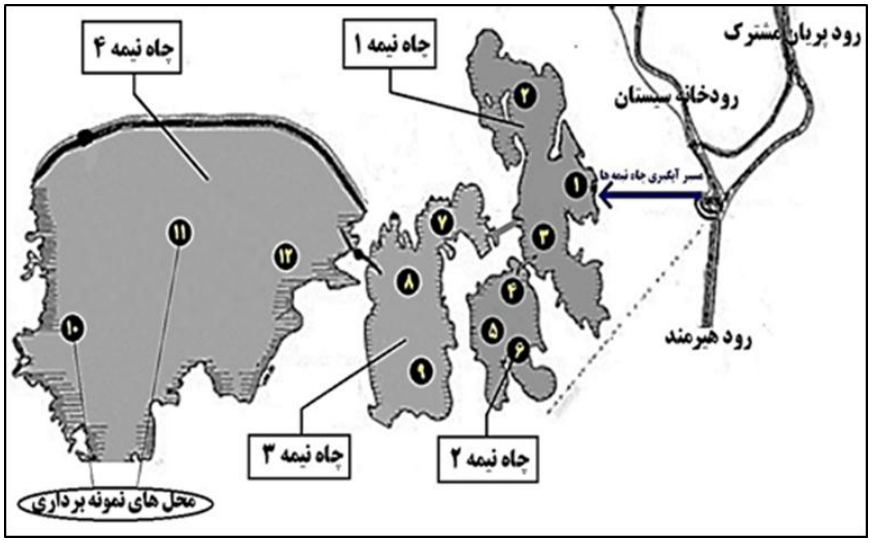
منطقه سیستان در قسمت شمالی استان سیستان و بلوچستان قرار دارد. به دلیل خشکسالی‌های طولانی‌مدت و خشک شدن هامون‌ها و عدم مدیریت صحیح از منابع آبی، منطقه با مشکلات جدی روبه‌رو شده است (ابراهیم‌زاده، ۱۳۷۹)؛ بنابراین وجود چاه نیمه‌های سیستان به‌عنوان مخازن آبی برای تأمین آب آشامیدنی، توسعه کشاورزی و حفظ حیات در منطقه سیستان حائز اهمیت است. آب شرب مردم سیستان از چاه نیمه ۱ (روستایی) و ۳ (شهری) و همچنین آب شهرستان زاهدان از چاه نیمه ۳ تأمین می‌گردد. چاه نیمه چهار نیز وظیفه تأمین آب کشاورزی و حق آبه تالاب هامون را بر عهده دارد. مطالب فوق نشان‌دهنده اهمیت حفظ و نگهداری و توسعه پایدار این مخازن آبی در منطقه است که نیازمند

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

مدیریت صحیح، برنامه‌ریزی اصولی و علمی در جهت بهبود وضعیت کیفی و کمی این مخازن و بالا بردن راندمان بهداشت و کشاورزی در منطقه است. این مطالعه باهدف ارزیابی کیفیت آب چاه نیمه‌های سیستان توسط شاخص کیفی آب (NSFWQI) و شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) و شاخص آلودگی (Liou) با توجه به اهمیت آب این مخازن در استان سیستان و بلوچستان و مقایسه این شاخص‌ها طراحی و اجرا گردیده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه توصیفی-مقطعی حاضر، بر روی مخازن چاه نیمه‌ها در استان سیستان و بلوچستان و در محدوده جغرافیایی ″۰′۴۰ º۳۰ تا ″۰′۵۵ º۳۰ درجه شمالی و ″۰′۳۵ º۶۱ تا ″۰′۴۵ º۶۱ درجه شرقی، انجام‌شده است. چاه نیمه‌ها که شامل چهار گودال طبیعی آب هستند در ۳۵ کیلومتری زابل در شهرستان زهک با حجمی بالغبر ۱۴۰۰ میلیون مترمکعب (سامانه فرآیندهای طبیعی، ۱۳۸۷) قرار دارند (شکل ۱). نمونه‌برداری از فاصله ۴۰ سانتی‌متری سطح آب چاه نیمه‌ها از ۱۲ ایستگاه (شکل ۱) با سه تکرار از هر ایستگاه و در ۱۲ ماه انجام‌شده است. محدوده جغرافیایی هر ایستگاه در جدول یک آمده است. ظروف جمع‌آوری نمونه‌ها، تثبیت نمونه‌ها، حمل‌ونقل و کارهای آزمایشگاهی براساس روش‌های استاندارد و آژانس حفاظت محیط‌زیست (EPA) انجام‌شده است (APHA, 2002).



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در چهار مخزن چاه نیمه.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های موردمطالعه.

چاه نیمه	ایستگاه	طول و عرض جغرافیایی		چاه نیمه	ایستگاه	طول و عرض جغرافیایی	
یک	۱	۶۱°۴۳′۳/۸″E	۳۰°۴۸′۴۳/۹″N	سه	۷	۶۱°۳۸′۳/۰۲″E	۳۰°۴۷′۵۹/۰۲″N
	۲	۶۱°۴۲′۱/۸″E	۳۰°۵۰′۴۰/۷۳″N		۸	۶۱°۳۹′۱۵/۸″E	۳۰°۴۶′۱۱/۰۷″N
	۳	۶۱°۴۲′۱۸/۲۵″E	۳۰°۴۷′۳۳/۶″N		۹	۶۱°۳۹′۴/۸″E	۳۰°۴۵′۱۸/۸۹″N
دو	۴	۶۱°۴۱′۵۰/۷۷″E	۳۰°۴۶′۵۸/۴۹″N	چهار	۱۰	۶۱°۳۶′۱۶/۳″E	۳۰°۴۷′۲۰/۳۹″N
	۵	۶۱°۴۱′۱۲/۹۱″E	۳۰°۴۶′۱۸/۲۶″N		۱۱	۶۱°۳۳′۲۸/۱″E	۳۰°۴۸′۲۳/۸۵″N

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

۶	۶۱°۴۱′۱۱/۸۹″E	۳۰°۴۵′۳۸/۲۹″N	۱۲	۶۱°۳۲′۲۶/۶″E	۳۰°۴۶′۳۰/۰۴″N

برای ارزیابی کیفیت آب چاه نیمه‌ها پارامترهای موردنیاز شامل pH، DO، BOD، TS، COD، EC، دما، فسفات، نیترات، کدورت، کلیفرم مدفوعی، سختی و آمونیاک اندازه‌گیری شد. دما، اکسیژن محلول، pH، TS و هدایت الکتریکی در محیط توسط پرتابل مدل Cpcwp3003k از هر ایستگاه اندازه‌گیری و نمونه آب جمع‌آوری‌شده درون بطری‌های شیشه‌ای ۲۵۰ میلی‌لیتر برای سنجش سایر پارامترها به آزمایشگاه منتقل شد. بطری‌های شیشه‌ای قبل از استفاده توسط اسید نیتریک و آب دو بار تقطیر شست‌وشو داده‌شده بودند. کدورت توسط کدورت سنج مدل HACH، COD با دستگاه DR5000، مدل WTW ساخت کشور آلمان و BOD براساس روش استاندارد و با استفاده از انکوباتور BOD مدل WTW TS606/2-I اندازه‌گیری شدند. پارامترهای نیترات، فسفات، آمونیاک و سختی طبق دستورالعمل استاندارد و توسط دستگاه Palintest مدل ۸۰۰۰ ساخت کشور انگلیس سنجیده و کلیفرم مدفوعی با استفاده از روش استاندارد فیلتر غشایی در ۱۰۰ میلی-لیتر نمونه انجام شد.

WQI ابزاری ریاضی است که مقادیر زیادی از داده‌های کیفی آب را به یک عدد واحد تبدیل می‌کند تا وضعیت کیفی آب را به‌طور خلاصه بیان نماید. ازنظر ریاضی شاخصی برای توزین کردن نرمال داده‌های کیفی آب است (Chang *et al.*, 2001). در محاسبه این شاخص دو عامل، وزن پارامتر و کیفیت پارامتر دخیل می‌باشد. جهت محاسبه شاخص NSFWQI از نرم‌افزار NSFWQI calculator به‌صورت online و براساس رابطه ۱ استفاده شد. در این رابطه Ii مقدار مربوط به زیر شاخص (پارامتر کیفی) و W_i ضریب وزنی مربوط به زیر شاخص می‌باشد (جدول ۲). سپس با قرار دادن شاخص در جدول رتبه‌بندی شاخص کیفی آب (جدول ۳) سطح کیفیت آب چاه نیمه‌ها تعیین شد (Terrado *et al.*, 2010).

رابطه (۱): $\mathrm{NSFWQI} = \sum_{i=1}^{n} W_i Q_i$

جدول ۲: پارامترهای موردنیاز و وزن هر پارامتر در محاسبه شاخص NSFWQI.

پارامتر	واحد	وزن
DO	درصد اشباع	۰/۱۷
کلیفرم مدفوعی	Coloni/100ml	۰/۱۶
pH	–	۰/۱۱
BOD	ppm	۰/۱۱
دما	ºC	۰/۱۰
نیترات	ppm	۰/۱۰
فسفات	ppm	۰/۱۰
کدورت	NTU	۰/۰۸
TS	ppm	۰/۰۷

جدول ۳: درجه‌بندی، تفسیر و رنگ‌بندی مربوط به مقادیر عددی شاخص NSFWQI.

مقدار عددی شاخص	تفسیر مقدار عددی شاخص	رنگ مربوط به مقدار عددی شاخص
۰–۲۵	بسیار بد	قرمز
۲۶–۵۰	بد	نارنجی
۵۱–۷۰	متوسط	زرد

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

۷۱-۹۰	خوب	سبز
۹۱-۱۰۰	عالی	آبی

جهت محاسبه شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران $IRWQI_{SC}$ پارامترهای موردبررسی طبق روش استاندارد اندازه‌گیری شدند و سپس با توجه به منحنی‌های هرکدام از پارامترها و رابطه ۲ شاخص $IRWQI_{SC}$ محاسبه شد که W_i وزن پارامتر، n تعداد پارامتر، I_i مقدار شاخص برای هر پارامتر و y مجموع اوزان پارامترها می‌باشد. جدول ۴ پارامترهای موردنیاز جهت محاسبه شاخص به همراه وزن هر پارامتر را نشان می-دهد. این شاخص دارای مقدار عددی صفر تا ۱۰۰ می‌باشد که با قرار دادن شاخص در جدول رتبه‌بندی (جدول ۵) سطح کیفیت آب چاه نیمه‌ها براساس شاخص $IRWQI_{SC}$ تعیین شد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۴).

رابطه ۲: $$IRWQI = [\prod_{i=1}^{n} Ii^{wi}]^{\frac{1}{y}}$$

جدول ٤: پارامترهای موردنیاز و وزن هر پارامتر در محاسبه شاخص $IRWQI_{SC}$.

پارامتر	واحد	وزن
DO	درصد اشباع	۰/۰۹۷
کلیفرم مدفوعی	Coloni/100ml	۰/۱۴
pH	–	۰/۰۵۱
BOD	ppm	۰/۱۱۷
سختی	ppm	۰/۰۵۹
نیترات	ppm	۰/۱۰۸
فسفات	ppm	۰/۰۸۷
کدورت	NTU	۰/۰۶۲
COD	ppm	۰/۰۹۳
EC	ppm	۰/۰۹۶

جدول ۵: درجه‌بندی، تفسیر و رنگ‌بندی مربوط به مقادیر عددی شاخص $IRWQI_{SC}$.

مقدار عددی شاخص	تفسیر مقدار عددی شاخص	رنگ مربوط به مقدار عددی شاخص
کمتر از ۱۵	بسیار بد	بنفش
۱۵-۲۹/۹	بد	قرمز
۳۰-۴۴/۹	نسبتاً بد	نارنجی
۴۵-۵۵	متوسط	زرد
۵۵/۱-۷۰	نسبتاً خوب	سبز
۷۰/۱-۸۵	خوب	آبی فیروزه‌ای
بیشتر از ۸۵	بسیار خوب	آبی

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

مقدار عددی شاخص Liou براساس رابطه ۳ به دست آمد و دارای چهار محدوده کیفی آب است که در جدول ۶ ذکرشده است (Terrado *et al.*, 2010).

رابطه ۳: $Liou = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} I_i$

جدول ٦: پارامترهای کیفی آب و تفسیر عددی شاخص Liou.

پارامتر کیفی	مقدار پارامتر	مقدار اختصاصی داده‌شده با توجه به شاخص	مقدار شاخص	تفسیر مقدار عددی شاخص
اکسیژن محلول	>۶/۵	I_{DO}=۱	<۲	کیفیت آب خوب
	۴/۶–۶/۵	I_{DO}=۳		
	۲–۴/۵	I_{DO}=۶		
	<۲	I_{DO}=۱۰		
میزان اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی	<۳	I_{BOD}=۱	۲–۳	اندکی آلوده
	۳–۴/۹	I_{BOD}=۳		
	۵–۱۵	I_{BOD}=۶		
	>۱۵	I_{BOD}=۱۰		
جامدات معلق	<۲۰	I_{SS}=۱	۳/۱–۶	نسبتاً آلوده
	۲۰–۴۹	I_{SS}=۱		
	۵۰–۱۰۰	I_{SS}=۱		
	>۱۰۰	I_{SS}=۱		
نیتروژن آمونیاکی	<۰/۵	I_{NH3-N}=۱	>۶	بسیار آلوده
	۰/۵–۰/۹۹	I_{NH3-N}=۱		
	۱–۳	I_{NH3-N}=۱		
	>۳	I_{NH3-N}=۱		

با استفاده از نرم‌افزار SPSS میانگین شاخص‌های NSFWQI، IRWQI و Liou در ماه‌های مختلف و چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار مقایسه شد. پس از مشخص نمودن نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از آزمون واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) و پس‌آزمون Tukey مقایسه میانگین مقدار عددی شاخص‌ها انجام گرفت.

نتایج

براساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها، میانگین فاکتورهای اندازه‌گیری شده و مقدار عددی شاخص NSFWQI در ایستگاه‌های مختلف چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار سیستان به مدت یک سال در جدول ۷ آورده شده است. با توجه به جدول ۷، مقدار عددی شاخص NSFWQI کیفیت آب در ایستگاه‌های مختلف در حد متوسط و به رنگ زرد می‌باشد. بیشترین و کمترین میزان این شاخص در طی مدت پژوهش به ترتیب ۶۳ (ایستگاه ۸ چاه نیمه سه) و ۵۳ (ایستگاه ۱۱ چاه نیمه چهار) مشاهده شد که نشان‌دهنده کیفیت آب چاه نیمه‌ها در حد متوسط است (جدول ۷).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

مقدار عددی شاخص IRWQI و میانگین فاکتورهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف چاه نیمه‌ها طی یک سال در جدول ۸ آورده شده است. کیفیت آب چاه نیمه‌ها طبق مقدار عددی این شاخص بین متوسط، نسبتاً خوب و خوب متغیر بود. بیشترین و کمترین میزان شاخص IRWQI طی یک سال به ترتیب ۷۵/۸۲ (ایستگاه ۴ چاه نیمه دو) باکیفیت خوب و ۴۸/۹۵ (ایستگاه ۱۲ چاه نیمه چهار) باکیفیت متوسط مشاهده شد (جدول ۸).

در جدول ۹ میانگین فاکتورهای DO، BOD، TS و آمونیاک و مقدار عددی شاخص Liou در ایستگاه‌های مختلف چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار آورده شده است. کیفیت آب در ایستگاه‌های مختلف براساس شاخص Liou نسبتاً آلوده است. بیشترین و کمترین میزان این شاخص به ترتیب ۵ که در ایستگاه‌های مختلف چاه نیمه چهار و ۳/۵ در ایستگاه‌های چاه نیمه‌های دو و سه مشاهده شد (جدول ۹).

آنالیزهای آماری نشان داد که میانگین عددی شاخص‌های NSFWQI، IRWQI و Liou بین چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار باهم اختلاف معنی‌دار دارند ($P<۰/۰۵$). چاه نیمه چهار با سه چاه نیمه دیگر اختلاف معنی‌دار نشان داد و از جهت کیفی این چاه نیمه از بدترین کیفیت آب برخوردار است (جدول ۱۰).

جدول ۷: مقدار عددی شاخص NSFWQI و میانگین سالانه پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف موردمطالعه در چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار سیستان.

چاه نیمه	پارامتر / ایستگاه	DO	BOD	pH	TS	دما	فسفات	نیترات	کدورت	کلیفرم مدفوعی	NSFWQI
یک	۱	۶/۴۸	۳/۰۴	۸/۴۵	۷۳۵/۱۵	۲۰/۰۴	۰/۱۶	۱/۵۷	۲۳/۵۹	۸/۳	۵۹
	۲	۶/۲۷	۲/۲۹	۸/۴۹	۸۱۴/۱۳	۱۹/۱۶	۰/۰۶	۱/۲۹	۱۶/۳۵	۵/۸	۶۰
	۳	۶/۲۹	۲/۴۱	۸/۴۲	۸۰۴/۲۷	۲۰	۰/۱۳	۱/۱۲	۱۶/۴۶	۷/۶	۵۷
دو	۴	۵/۰۳	۲/۰۴	۸/۴۴	۸۲۰/۳۵	۲۰/۳۳	۰/۰۷	۱/۲۱	۱۷/۳۵	۶/۳	۶۱
	۵	۵/۹۱	۱/۹۱	۸/۴۵	۷۹۵/۸۴	۲۰/۲۵	۰/۱۲	۱/۲۹	۱۴/۲	۴/۵	۶۱
	۶	۵/۴۱	۱/۵	۸/۴۴	۷۹۴/۸۳	۲۰/۶۶	۰/۰۸	۱/۴	۱۲/۹۵	۹/۶	۵۸
سه	۷	۵/۴۹	۱/۹۱	۸/۴۶	۷۹۸/۶۴	۱۹/۱۶	۰/۰۹	۱/۳۴	۱۷/۶۵	۵/۷	۶۱
	۸	۵/۹۷	۱/۵	۸/۴۴	۷۹۱/۸۹	۱۹/۹۱	۰/۰۸	۱/۳۹	۱۵/۷۵	۷/۲	۶۳
	۹	۶/۱	۱/۶	۸/۴۶	۷۸۷/۲۶	۱۹/۴۱	۰/۰۹	۱/۶۸	۱۴/۶۶	۶/۳	۶۲
چهار	۱۰	۶/۶۳	۱۰/۲	۸/۳۷	۷۸۶	۲۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۳۴	۱۶/۶۶	۸/۳	۵۶
	۱۱	۵/۸۷	۱۰/۶	۸/۴۱	۷۳۸/۲۸	۲۰/۲	۰/۱۲	۰/۴۵	۱۵	۱۰/۹	۵۳
	۱۲	۶/۲۱	۹/۳۴	۸/۵۳	۷۸۵/۵۴	۲۰/۲۹	۰/۱۵	۰/۵	۱۷/۷	۷/۶	۵۶

جدول ۸: مقدار عددی شاخص IRWQI و میانگین سالانه پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف موردمطالعه در چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار سیستان.

چاه نیمه	پارامتر / ایستگاه	DO	BOD	pH	COD	EC	سختی	فسفات	نیترات	کدورت	کلیفرم مدفوعی	IRWQI
یک	۱	۶/۴۸	۳/۰۴	۸/۴۵	۹/۰۵	۱۱۲۳	۲۸۷/۷۹	۰/۱۶	۱/۵۷	۲۳/۵۹	۸/۳	۶۹/۴۳
	۲	۶/۲۷	۲/۲۹	۸/۴۹	۱۸/۶۵	۱۰۷۱	۲۶۷/۵	۰/۰۶	۱/۲۹	۱۶/۳۵	۵/۸	۶۹/۲۸
	۳	۶/۲۹	۲/۴۱	۸/۴۲	۱۴/۶۴	۱۱۸۵	۲۷۱/۵	۰/۱۳	۱/۱۲	۱۶/۴۶	۷/۶	۶۶/۴۵
دو	۴	۵/۰۳	۲/۰۴	۸/۴۴	۱۲/۱۷	۱۰۸۹	۲۷۰	۰/۰۷	۱/۲۱	۱۷/۳۵	۶/۳	۷۵/۸۲

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

چاه نیمه	پارامتر / ایستگاه	DO	BOD	pH	COD	EC	سختی	فسفات	نیترات	کدورت	کلیفرم مدفوعی	IRWQI
	۵	۵/۹۱	۱/۹۱	۸/۴۵	۱۴/۵۴	۱۰۹۷	۲۵۸/۱۵	۰/۱۲	۱/۲۹	۱۴/۲	۴/۵	۷۰/۳۱
	۶	۵/۴۱	۱/۵	۸/۴۴	۱۲/۴۵	۱۱۵۴	۲۷۷/۸۵	۰/۰۸	۱/۴	۱۲/۹۵	۹/۶	۶۸/۲۴
	۷	۵/۴۹	۱/۹۱	۸/۴۶	۱۸/۴۵	۱۰۴۱	۲۶۸/۴۲	۰/۰۹	۱/۳۴	۱۷/۶۵	۵/۷	۶۶/۸۲
سه	۸	۵/۹۷	۱/۵	۸/۴۴	۲۱/۱۵	۱۱۳۴	۲۶۵/۹	۰/۰۸	۱/۳۹	۱۵/۷۵	۷/۲	۶۸/۱۳
	۹	۶/۱	۱/۶	۸/۴۶	۲۴/۵۴	۱۱۹۵	۲۵۳/۱۸	۰/۰۹	۱/۶۸	۱۴/۶۶	۶/۳	۶۹/۲۳
	۱۰	۶/۶۳	۱۰/۲	۸/۳۷	۲۱/۱۵	۱۸۰۱	۳۴۵	۰/۱۴	۰/۳۴	۱۶/۶۶	۸/۳	۶۰/۸۶
چهار	۱۱	۵/۸۷	۱۰/۶	۸/۴۱	۲۵	۱۹۶۸	۳۶۵/۱۶	۰/۱۲	۰/۴۵	۱۵	۱۰/۹	۵۰/۵۷
	۱۲	۶/۲۱	۹/۳۴	۸/۵۳	۲۳/۲۸	۱۶۳۱	۳۷۴	۰/۱۵	۰/۵	۱۷/۷	۷/۶	۴۸/۹۵

جدول ۹: مقدار عددی شاخص Liou و میانگین سالانه پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف موردمطالعه در چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار سیستان.

چاه نیمه	پارامتر / ایستگاه	DO	BOD	آمونیاک	TS	Liou
	۱	۶/۴۸	۳/۰۴	۰/۰۷	۷۳۵/۱۵	۴/۲۵
یک	۲	۶/۲۷	۲/۲۹	۰/۰۵	۸۱۴/۱۳	۳/۷۵
	۳	۶/۲۹	۲/۴۱	۰/۰۳	۸۰۴/۲۷	۳/۵
	۴	۵/۰۳	۲/۰۴	۰/۰۹	۸۲۰/۳۵	۳/۵
دو	۵	۵/۹۱	۱/۹۱	۰/۰۵	۷۹۵/۸۴	۳/۵
	۶	۵/۴۱	۱/۵	۰/۰۴	۷۹۴/۸۳	۳/۵
	۷	۵/۴۹	۱/۹۱	۰/۰۷	۷۹۸/۶۴	۳/۵
سه	۸	۵/۹۷	۱/۵	۰/۰۹	۷۹۱/۸۹	۳/۵
	۹	۶/۱	۱/۶	۰/۰۵	۷۸۷/۲۶	۳/۵
	۱۰	۶/۶۳	۱۰/۲	۰/۱	۷۸۶	۴/۵
چهار	۱۱	۵/۸۷	۱۰/۶	۰/۱۴	۷۳۸/۲۸	۵
	۱۲	۶/۲۱	۹/۳۴	۰/۰۹	۷۸۵/۵۴	۵

جدول ۱۰: مقایسه میانگین شاخص‌های NSFWQI، IRWQI و Liou بین چاه نیمه‌های مختلف.

چاه نیمه‌ها	NSFWQI	IRWQI	Liou
یک	۵۸/۶۶±۱/۵^{ab}	۶۸/۳۷±۰/۳۹^{b}	۳/۸۳±۰/۳۸^{a}
دو	۶۰±۱/۷^{ab}	۷۱/۴۴±۰/۹^{b}	۳/۵±۰/۰۳^{a}
سه	۶۲±۱^{b}	۶۸/۰۶±۱/۲^{b}	۳/۵±۰/۰۵^{a}
چهار	۵۵±۲/۷^{a}	۵۳/۴۶±۱/۷^{a}	۴/۸±۰/۲۸^{b}

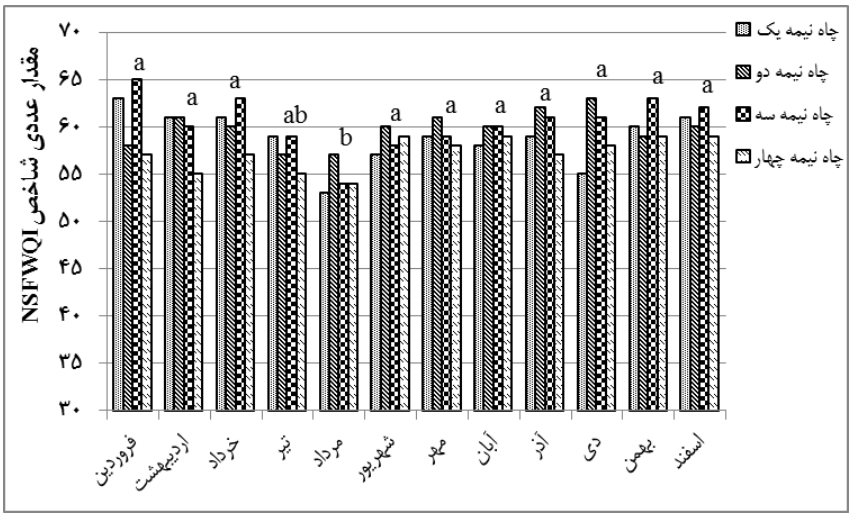
حروف نامشابه اختلاف در سطح (P<۰/۰۵) را بین چاه نیمه‌های مختلف نشان می‌دهد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

شکل ۲ مقدار عددی شاخص NSFWQI در چاه‌نیمه‌های مختلف در ماه‌های متفاوت را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲ و مقدار عددی این شاخص مشخص گردید که کیفیت آب در ماه‌های مختلف سال و چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار در حد متوسط و به رنگ زرد است. بهترین کیفیت آب براساس مقدار عددی شاخص NSFWQI در ماه‌های دی، بهمن و اسفند به میزان ۶۳ در چاه نیمه‌های دو و سه و بدترین کیفیت در ماه‌های تیر و مرداد به میزان ۵۳ در چاه نیمه چهارم مشاهده شد و مقایسه میانگین این شاخص نشان داد که کیفیت آب در مردادماه نسبت به سایر ماه‌های سال اختلاف معنی‌دار دارد (P<۰/۰۵)(شکل ۲).

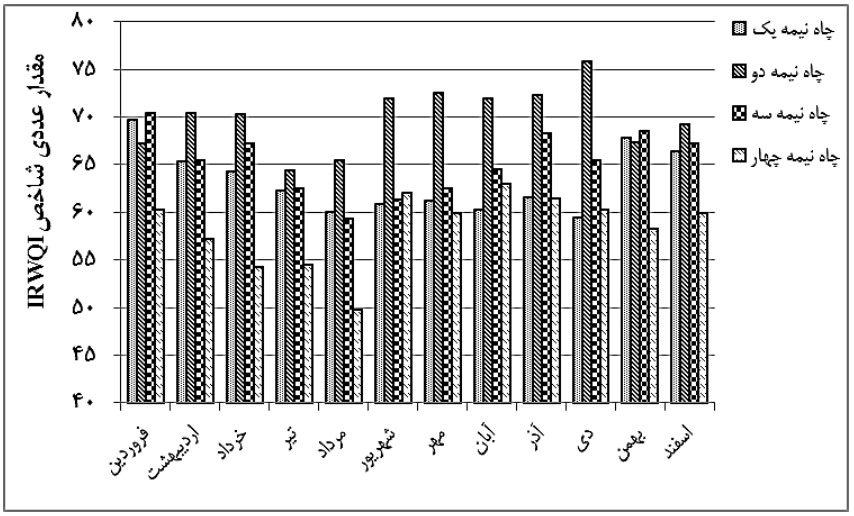
مقدار عددی شاخص IRWQI نشان می‌دهد که کیفیت آب چاه نیمه‌ها در ماه‌های مختلف سال متفاوت است. به‌طوری‌که کیفیت آب بین متوسط، نسبتاً خوب و خوب متغیر است. بیشترین مقدار عددی شاخص IRWQI در دی‌ماه به میزان ۷۵/۸۶ (چاه نیمه دو) مشاهده شد که طبق طبقه‌بندی در زمره آب‌هایی باکیفیت خوب قرار می‌گیرد. کمترین میزان این شاخص در مردادماه به میزان ۴۹/۷۴ (چاه نیمه چهار) باکیفیت متوسط مشاهده شد. آنالیزهای آماری نشان داد که بین ماه‌های مختلف سال اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (P>۰/۰۵)(شکل ۳).

مقدار عددی شاخص Liou نیز در ماه‌های مختلف سال در چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار در (شکل ۴) نشان داده‌شده است. طبق این شکل کیفیت آب چاه نیمه‌ها در ماه‌های مختلف سال نسبتاً آلوده است. بیشترین و کمترین مقدار عددی شاخص Liou به ترتیب ۵/۲۵ در مردادماه (چاه نیمه چهار) و ۳ در بیشتر ماه‌های سال مشاهده شد که آب ازنظر کیفی جزء آب‌های نسبتاً آلوده دسته‌بندی می‌شوند؛ اما آنالیزهای آماری اختلاف معنی‌دار بین ماه‌های مختلف سال نشان نداد (P۰/۰۵)(شکل ۴).

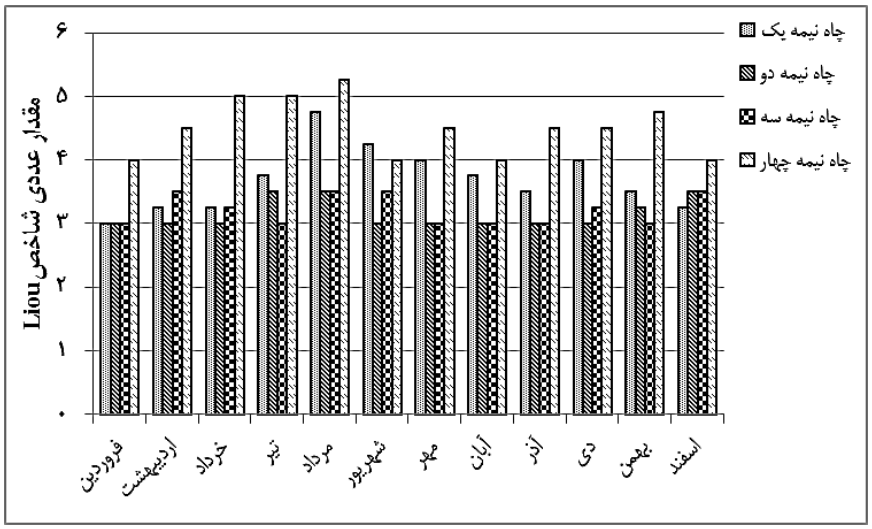


شکل ۲: مقدار عددی شاخص NSFWQI در ماه‌های مختلف سال در چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار سیستان (حروف نامشابه اختلاف در سطح (P<۰/۰۵) بین ماه‌های مختلف را نشان می‌دهد).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]



شکل ۳: مقدار عددی شاخص IRWQI در ماه‌های مختلف سال در چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار سیستان.



شکل ٤: مقدار عددی شاخص Liou در ماه‌های مختلف سال در چاه نیمه‌های یک، دو، سه و چهار سیستان.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که مقدار عددی شاخص NSFWQI برای تمامی ایستگاه‌های موردمطالعه بین ۵۳ تا ۶۳ است که از جهت کیفی، آب همه چاه نیمه‌ها طبق تفسیر عددی شاخص NSFWQI در دامنه (۷۰-۵۱) متوسط با رنگ زرد قرار داشتند (جدول ۷). طبق جدول ۱۰ مشخص شد که این شاخص در چاه نیمه چهار در مقایسه با چاه نیمه‌های دیگر اختلاف معنی‌دار دارد ($P<0/05$) و میزان عددی این شاخص در چاه نیمه چهار ۵۵ است. دلیل کاهش مقدار عددی این شاخص در ایستگاه‌های چاه نیمه چهار می‌تواند افزایش پارامتر BOD و همچنین عدم برداشت آب به دلیل آماده نبودن خروجی این چاه نیمه جهت استفاده در بخش کشاورزی باشد (سامانه فرآیندهای طبیعی، ۱۳۸۷).

طبق جدول (۸) کیفیت آب چاه نیمه‌ها براساس شاخص کیفی IRWQI در سه‌طبقه متوسط (۵۵-۴۵)، نسبتاً خوب (۷۰-۵۵/۱) و خوب (۸۵-۷۰/۱) قرار داشت. بدترین کیفیت آب در ایستگاه‌های چاه‌نیمه چهارم به دلیل افزایش BOD، EC و سختی نسبت به سایر ایستگاه‌ها مشاهده شد. سایر چاه نیمه‌ها از آب نسبتاً خوبی برخوردار بودند (جدول ۸ و ۱۰). صادقی و همکاران (۱۳۹۴)، آب رودخانه زرین گل استان

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

گلستان را براساس شاخص‌های کیفی NSFWQI و IRWQI بین ۵۴ تا ۶۱ به دست آوردند که براساس این دو شاخص در دوطبقه متوسط (۵۵-۴۵) و نسبتاً خوب (۷۰-۵۵/۱) قرار داشتند. ایشان بیان داشتند که پارامترهای کل جامدات، کدورت، نیترات، درجه حرارت و کلی‌فرم مدفوعی تأثیرگذار بر مقدار عددی این شاخص‌ها بوده‌اند و آب این رودخانه برای کشاورزی مناسب بوده و برای شرب باید تصفیه شود. یوسف-زاده و همکاران (۱۳۹۲)، کیفیت آب رودخانه خرم‌رود در خرم‌آباد با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI به مدت شش ماه و تعیین شش ایستگاه موردمطالعه قراردادند. طبق نتایج گزارش نمودند که کیفیت آب در ایستگاه یک خوب، ایستگاه‌های دوم، سوم و چهارم متوسط و در ایستگاه‌های پنجم و ششم بد می‌باشد؛ بنابراین شاخص کیفی آب (NSFWQI) شاخص خوبی جهت مشخص نمودن اثر منابع آلوده‌کننده بر روی آب رودخانه می‌باشد. Samadi و همکاران (۲۰۱۵)، کیفیت رودخانه مرادبیک را براساس شاخص کیفی NSFWQI موردمطالعه قراردادند. آن‌ها کیفیت متوسط (۶۱/۶۲) آب رودخانه را در ایستگاه یک و کیفیت بد (۲۶/۴۱) را در ایستگاه شش این رودخانه مشاهده نمودند و بیان کردند با پایش آب رودخانه توسط شاخص کیفی، حضور آلاینده‌ها در اطراف این رودخانه مشخص شد. Dadolahi و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI رودخانه کارون را به دوطبقه متوسط (۵۴/۶۰) و بد (۴۰/۲۹) طبقه‌بندی نمودند و بیان کردند که این شاخص به‌عنوان شاخص ساده برای ارزیابی کیفی آب در منطقه جنوب غرب ایران است. شاخص Liou نیز به دلیل افزایش مقادیر BOD و آمونیاک در چاه نیمه چهار نسبت به سایر چاه نیمه‌ها افزایش‌یافته است. مقدار عددی این شاخص بین ۳/۵ تا ۵ به دست آمد که آب چاه نیمه‌ها در تمامی ایستگاه‌های موردمطالعه از جهت کیفی جزء گروه نسبتاً آلوده قرار می‌گیرد (جدول ۹). Shih و همکاران (۲۰۱۰)، کیفیت آب رودخانه Hofanchuken در تایوان را با شاخص‌های Liou و NSFWQI موردمطالعه قراردادند. آن‌ها بیان داشتند که شاخص Liou به‌تنهایی نمی-تواند شاخص خوبی برای ارزیابی کیفی آب یک منطقه باشد زیرا این شاخص براساس یک تابع جمع‌بندی غیر وزنی محاسبه می‌شود که دارای یکسری محدودیت‌هایی است. ازجمله محدودیت‌های این نوع جمع‌بندی در این شاخص، تحت تأثیر قرار گرفتن شاخص کلی با زیر شاخص‌های باارزش وزنی پایین می‌باشد به عبارتی زیر شاخص‌های مهم‌تر تحت تأثیر دیگر زیر شاخص‌ها قرار می‌گیرند (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۲)، کیفیت آب رودخانه آیدوغموش را با استفاده از شاخص کیفیت NSFWQI و شاخص آلودگی Liou موردمطالعه قرار دادند. آن‌ها بیان داشتند که آب این رودخانه براساس این دو شاخص در بیشتر ایستگاه‌های موردمطالعه در رده متوسط قرار دارد و باوجود تفاوت‌های موجود در پارامترهای مورداستفاده درروش محاسبه این دو شاخص نتایج ارزیابی کیفیت آب هم‌پوشانی داشت که با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. امین‌پور شیانی و همکاران (۱۳۹۵)، بیان کردند که کیفیت آب رودخانه گاز رودبار براساس شاخص کیفی NSFWQI در رده کیفی متوسط (۷۰-۵۰) و براساس شاخص آلودگی Liou در رده کیفی اندکی آلوده (۳-۲) قرار می‌گیرد. آن‌ها تخلیه زباله و فاضلاب‌های خانگی، روستایی و شهری، زه آب‌های کشاورزی، فضولات حیوانی و دبی پایین رودخانه از علل اصلی کاهش کیفیت آب رودخانه در ایستگاه‌های موردمطالعه دانستند (امین‌پور شیانی و همکاران، ۱۳۹۵). Abtahi و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از شاخص DWQI کیفیت آب آشامیدنی را در خوزستان موردمطالعه قرار دادند. طبق نتایجی که به دست آوردند میزان این شاخص در ایذه و شادگان به ترتیب ۵±۹۰ و ۱۰±۶۹ مشاهده شد؛ بنابراین با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌ها و حساسیت این شاخص بیان داشتند که شاخص DWQI به دلیل سادگی، انعطاف پذیری، پایداری و نتایج قابل اعتماد می‌تواند ابزاری مناسب برای تشخیص کیفیت آب مورداستفاده قرار گیرد. شکل‌های (۲، ۳ و ۴) نشان می‌دهند که مقدار عددی شاخص‌های کیفی در چاه نیمه چهار نسبت به سایر چاه نیمه‌ها در کمترین مقادیر خود قرار دارند. علت کیفیت بد آب این چاه نیمه می‌تواند افزایش BOD، کاهش اکسیژن محلول، افزایش سختی، EC و آمونیاک آب باشد که درنتیجه عدم خروج آب و تبخیر دانست.

براساس شاخص‌های کیفی NSFWQI، IRWQI و شاخص آلودگی Liou، آب چاه نیمه‌ها در تمامی ماه‌های موردمطالعه بخصوص ماه-های سرد سال دارای کیفیت خوب بوده است. دلیل این امر کاهش دما و درنتیجه کاهش تبخیر آب از سطح چاه نیمه‌ها و آبگیری چاه نیمه‌ها از طریق رودخانه هیرمند می‌باشد (سامانه فرآیندهای طبیعی، ۱۳۸۷). کمترین مقادیر عددی شاخص‌های کیفی NSFWQI، IRWQI و شاخص

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

آلودگی Liou در ماه‌های گرم سال تیر و مردادماه مشاهده شد و آب از جهت کیفی در این ماه‌ها در طبقه متوسط و نسبتاً آلوده قرار می‌گیرد (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). کاهش کیفیت آب چاه نیمه‌ها در ماه‌های گرم سال به علت کاهش اکسیژن محلول و افزایش BOD و کدورت است. میزان کدورت و TS در آب چاه نیمه‌ها به دلیل افزایش تبخیر سطحی درنتیجه افزایش دما و وزش بادهای ۱۲۰ روزه در این منطقه بالاست؛ که کیفیت آب منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عالی و همکاران (۱۳۹۲)، آب چاه نیمه‌ها را از جهت شاخص کیفی NSFWQI در طبقه خوب قرار داده درحالی‌که طبق نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر کیفیت آب چاه نیمه‌ها در طبقه متوسط قرار می‌گیرند که علت آن می‌تواند خروج آب بیشتر از مخازن به دلیل رشد زمین‌های زیر کشت، تغییر اقلیم و افزایش نسبی دما، کاهش باران و افزایش پرورش ماهی در مناطق اطراف چاه نیمه‌ها می‌باشد (قرایی و همکاران، ۱۳۹۴). عالی و همکاران (۱۳۹۲)، بدترین کیفیت آب چاه نیمه‌ها را در مردادماه مشاهده نمودند که با نتایج مطالعه حاضر مشابه است. سمرقندی و همکاران (۱۳۹۲)، میر مشتاقی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش نمودند که تغییرات فصلی بر شاخص-های کیفی NSFWQI و IRWQI تأثیر گذاشته به‌طوری‌که در ماه‌های گرم سال دارای کمترین مقادیر و در ماه‌های سرد سال مقادیر عددی این شاخص‌ها افزایش‌یافته است که با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر مشابه است. نصیر احمدی و همکاران (۱۳۹۱)، گزارش نمودند که آب رودخانه هراز در شش ایستگاه (ایستگاه خروجی از سد لار تا ایستگاه کره سنگ) براساس شاخص NSFWQI در کلاس آب‌های دارای کیفیت متوسط با شاخص محدوده ۷۰-۵۰ قرار گرفت درحالی‌که ایستگاه سرخرود در ماه‌های خرداد و تیر به زیر ۵۰ تقلیل یافته و به‌عنوان منطقه‌ای باکیفیت آب ضعیف (آلوده) شناخته شد که علت آن را بالا بودن کلی‌فرم مدفوعی ناشی از تخلیه فاضلاب واحدهای خدماتی-رفاهی و استخرهای پرورش ماهی دانستند. طبق نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه مددی‌نیا و همکاران (۱۳۹۳)، شاخص کیفی NSFWQI در ایستگاه‌های پایین‌دست نسبت به ایستگاه‌های بالادست رودخانه کارون به دلیل ورود پساب بیمارستانی کمتر بود. همچنین کیفیت آب در فصل سرد به علت بارندگی و کاهش آلاینده‌ها بهترین وضعیت و در فصل گرم به دلیل کاهش بارندگی، وجود دمای مناسب برای رشد کلی‌فرم‌ها و نیز کدورت بدترین وضعیت را داشته است.

منابع

ابراهیم‌زاده، ع.، ۱۳۷۹. دریاچه هامون و نقش آن در مسائل اقتصادی و اکولوژیک سیستان. فصلنامه آب و محیط‌زیست، شماره ۱۲، صفحات ۱۳-۱.

امین‌پور شیانی، س.، محمدی، م.، خالدیان، م. ر. و میر روشندل، ا. ا.، ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت آب رودخانه گاز رودبار با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI و شاخص آلودگی Liou. مجله اکوبیولوژی تالاب- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، دوره ۸، شماره ۲۷، صفحات ۷۸-۶۵.

حسین‌زاده، ا.، خرسندی، ح.، رحیمی، ن.، حسین‌زاده، س. و علی پور، م.، ۱۳۹۲. ارزیابی کیفیت آب رودخانه آیدوغموش با استفاده از شاخص کیفیت NSFWQI و شاخص آلودگی Liou. مجله پزشکی ارومیه، دوره ۲۴، شماره ۲، صفحات ۱۶۲-۱۵۶.

سمرقندی، م.، ویسی، ک.، ابویی مهریزی، ا.، کاسب، پ. و دانایی، ع.، ۱۳۹۲ . بررسی کیفیت آب دریاچه سد مخزنی اکباتان شهرستان همدان با بهره‌گیری از شاخص کیفی NSFWQI. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، دوره ۵، شماره ۱، صفحات ۶۹-۶۳.

عالی، ط.، رضایی، م. ر. و جوان سیامردی، ص.، ۱۳۹۲. پهنه‌بندی کیفی آب چاه نیمه سیستان در سال ۹۲ براساس شاخص‌های کیفی آب. اولین همایش سراسری محیط‌زیست، انرژی و پدافند محیط‌زیست، صفحات ۱۰-۱.

قرایی، ا.، راهداری، ع.، کیخا، م.، بارانی، ه.، میردار، ج. و کرمی، ر.، ۱۳۹٤. مطالعه چاه نیمه‌ها جهت صید و صیادی و آبزی‌پروری. اداره کل شیلات سیستان. ۴۳۵ ص.

صادقی، م.، بای، ا.، بای، ن.، سفلایی، ن.، مهدی‌نژاد، م. ه. و ملاح، م.، ۱۳۹٤. تعیین وضعیت کیفیت آب رودخانه زرین گل استان گلستان با کاربرد شاخص کیفی آب (NSFWQI) و شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$). فصلنامه بهداشت در عرصه، دوره ۳، شماره ۳، صفحات ۳۳-۲۷.

مددی‌نیا، م.، منوری، س. م.، کرباسی، ع. ا. و رجب‌زاده، ا.، ۱۳۹۳. بررسی کیفیت آب رودخانه‌ی کارون در بازه‌ی اهواز با استفاده از شاخص کیفی آب. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۱۶، شماره ۱، صفحات ۶۰-۴۹.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

مهندسین مشاور سامانه فرآیندهای طبیعی، ۱۳۸۷. مطالعات تبخیر چاه نیمه چهارم. شرکت توسعه منابع آب‌وخاک سیستان. ۱۰۷ ص.

میرمشتاقی، س.، امیرنژاد، ر. و خالدیان، م.، ۱۳۹۰. بررسی کیفیت رودخانه سفیدرود با استفاده شاخص‌های NSFWQI و OWQI. مجله اکوبیولوژی تالاب- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، دوره ۳، شماره ۹، صفحات ۳۴-۲۳.

نصیر احمدی، ک.، یوسفی، ذ. ا. و ترسلی، ا.، ۱۳۹۱. پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه هراز براساس شاخص NSFWQI. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره ۲۲، شماره ۹۲، صفحات ۷۱-۶۴.

یوسف زاده، ع.، شمس خرم‌آبادی، ق.، گودینی، ح.، حسین‌زاده، ا. و صفری، م.، ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب رودخانه خرم‌رود خرم‌آباد با شاخص کیفیت آب (NSFWQI) و پهنه‌بندی آن با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). مجله دانشگاه علوم پزشکی لرستان، دوره ۱۵، شماره ۵، صفحات ۹۲-۸۲.

Abbasi, T. and Abbasi, S. A., 2012. Water Quality Indices. Elsevier, Oxford, UK.APHA, AWWA, WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water andWastewater, 21st ed. American Public Health Association, Washington, DC.

Abtahi, M., Golchinpour, N., Yaghmaeian K., Rafiee, M., Jahangiri-rad, M., Kyani, A. and

APHA, AWWA, WPCF. 2002. Standard method for the examination of water and waste-water. Washington, DC.

Beamonte Córdoba, E., Casino Martínez, A. and Veres Ferrer, E., 2010. Water qualityindicators: comparison of a probabilistic index and a general quality index.The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar (Spain). Ecological Indicators,10: 1049-1054.

Boyacioglu, H., 2007. Development of a water quality index based on a European classification scheme. Water SA, 33: 101-106.

Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N. and Smith, V. H., 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecology Application, 8(3): 559-68.

Chang, N. B., Chen, H. W. and Ning, S. K., 2001. Identification of river water quality using the fuzzy synthetic evaluation approach. Journal of Environmental Management, 63(3): 293-305.

Couillard, D. and Lefebvre, Y., 1985. Analysis of water quality indices. Journal of Environmental Management, 21(2): 161–79.

Dadolahi, A. S., Arjomand, F. and Fadaei, M. N., 2012. Water quality index as a simple indicator of watersheds pollution in southwestern part of Iran. Water and Environment Journal, 26: 445-454.

Horton, R. K., 1965. An index number system for rating water quality. Journal of Water Pollution Control Federation, 37(3): 300-306.

Hurley, T., Sadiq, R. and Mazumder, A., 2012. Adaptation and evaluation of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) foruse as an effective tool to characterize drinking source water quality. Water Research, 46: 3544-3552.

Jarvie, H. P., Whitton, B. A. and Neal, C., 1998. Nitrogen and phosphorus in east coast British rivers: speciation, sources and biological significance. Science Total Environment, 211: 79-109.

Li, P., Wu, J., Qian, H., Lyu, X. and Liu, H., 2014. Origin and assessment of ground water pollution and associated health risk: a case study in an industrial park, northwest China. Environmental Geochemistry and Health, 36: 693-712.

Ocampo-Duque, W., Ferre-Huquet, N., Domingo, J. L. and Schuhmacher, M., 2006. Assessing water quality in rivers with fuzzy inference systems: a case study. Environmental International, 32: 733-742.

Ocampo-Duque, W., Schuhmacher, M. and Domingo, J. L., 2007. A neural-fuzzy approachto classify the ecological status in surface waters. Environmental Pollution, 148: 634-641.

Ramesh, S., Sukumaran, N., Murugesan, A. and Rajan, M., 2010. An innovative approach of Drinking Water Quality Index—a case study from Southern Tamil Nadu, India. Ecological Indicators, 10: 857-868.

Samadi M. T., Sadeghi S., Rahmani A., and Saghi M. H., 2015. Survey of water quality in Moradbeik river basis on WQI index by GIS. Environmental Health Engineering and Management Journal, 2(1): 7-11.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

Sánchez, E., Colmenarejo, M. F., Vicente, J., Rubio, A., García, M. G. and Travieso, L., 2007. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators, 7(2): 315-28.

Shih, C. H., Chu, T. J., Kuo, Y. Y., Lee, Y. C., Tzeng, T. D. and Chang, W. T., 2010. Environmental Pre-evaluation for Eco-leisure: A Case Study of a Restored Stream System in Hofanchuken Creek of Taipei County, Taiwan. Environmental Engineering and Management Journal, 20(2): 99-108.

Simões, F. S., Moreira, A. B., Bisinoti, M. C., Gimenez, S. M. and Yabe, M. J., 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. Ecological Indicators, 8(5): 476-84.

Terrado, M., Barcel, D., Tauler, R., Borrell, E. and Campos, S. D., 2010. Surface-water-quality indices for the analysis of data generated by automated sampling networks. Journal TrAC Trends in Analytical Chemistry, 29(1): 40-52.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]