پهنه بندی کیفی رودخانه‌های کارون، دز و کرخه با استفاده از شاخص‌های کیفی آب

مرجان سالاری[1*]، حیدر زارعی[2]، فریدون وفائی[3] و مجتبی زارع صفت [4]

1) کارشناس ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، گروه محیط زیست، اهواز، ایران.

2) استادیار، دانشگاه شهید چمران اهواز،گروه مهندسی علوم آب، اهواز، ایران.

3) دانشیار، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، دانشکده مهندسی عمران، تهران،ایران.

4) کارشناس ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز ،گروه زمین شناسی- هیدروژئولوژی، اهواز، ایران.

***نویسنده مسئول مکاتبات**:salari.marjan@gmail.com

تاریخ دریافت: 91/1/24 **تاریخ پذیرش**:91/4/5

چکیده

رودخانه‌ها به عنوان یکی از منابع اساسی تأمین آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعت مطرح می‌باشند. از این‌رو پایش کیفیت این منابع با توجه به خشکسالی‌های اخیر و توسعه شهری و روستایی یکی از وظایف مهم در حیطه مدیریت محیط زیست محسوب می‌گردد. در این مطالعه نمونه‌گیری به صورت فصلی از نه ایستگاه رودخانه‌های کارون، دز و کرخه در یک بازه زمانی یکساله از مهر ماه 1389 تا شهریور ماه1390مصادف با فصول گرم و سرد انجام گردید. پارامترهائی نظیر درجه حرارت، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، pH، کدورت، BOD و COD به همراه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها اصلی و پارامترهای میکروبی اندازه‌گیری گردید. داده‌های حاصل از مطالعه با استفاده از شاخص ملی کیفیت NSFWQI، کمیسیون کنترل آلودگی هند، نسبت یونی و شاخص ویلکاکس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنالیز پارامترهای اندازه گیری شده با توجه به شاخص NSFWQI حاکی از آن است که در هر سه رودخانه شاخص کیفیت کل در شش ماهه اول کمتر از 50 و بیانگر کیفیت بد می‌باشد. همچنین در شش ماهه دوم بیشتر از 50 و بیانگر کیفیت متوسط می‌باشد. طبقه بندی و تعیین کیفیت آب رودخانه با توجه به استاندارد کمیسیون مرکزی کنترل آلودگی هند نیز تقریباً با نتایج حاصل از روش NSFWQI همخوانی دارد. همچنین نتایج نسبت یونی نشان داد حداکثر غلظت مربوط به یون‌های کاتیون سدیم- منیزیم و حداقل غلظت مربوط به یون آنیون کلر می‌باشد. با توجه به رده‌بندی صورت گرفته براساس شاخص ویلکاکس، نتیجه حاصله، مطلوب بودن آب مذکور جهت آبیاری در صورت مدیریت کنترل شوری و استفاده از زهکشی مناسب زمین می‌باشد.

واژه های کلیدی: شاخص کیفیت آب، کنترل آلودگی، پهنه‌بندی کیفی، استان خوزستان.

.مقدمه

رودخانه‌ها و آب‌های جاری، از دیر باز مورد نیاز و مورد توجه جوامع بشری بوده‌اند و برای بهره بردن از منابع آب، شهرها و مراکز صنعتی و کشاورزی معمولاً در نزدیکی رودخانه‌ها برپا شده‌اند. با این کار ضمن تامین نیازهای حیاتی قادر به رفع نیازهای کشاورزی و حمل و نقل بودند (Enrique et al., 2007, Simeonov et al و2008). با وجودی که آب یکی از فراوان‌ترین ترکیباتی است که در طبیعت یافت می شود، عواملی چون توزیع ناهمگون جغرافیایی، عدم تطابق زمانی توزیع با الگوی مصرف آب و رشد روزافزون جمعیت جهان کمیت منابع آب در دسترس را کاهش داده است (Eduardo et al.,2010). از طرفی توسعه شهر نشینی و افزایش آلودگی ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه محل‌های دفن زباله موجب تغییر و تنزیل کیفیت آب‌ها شده است (Simoes et al.,2008). بنابراین همزمان با نیاز شدید به استفاده از منابع آب در دسترس، ضرورت توجه به حفاظت از آن در مقابل آلودگی احساس می شود(Lermonto et al.,2009).

با توجه به آنکه عوامل انسانی وآلاینده‌های صنعتی موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها در آب رودخانه می‌گردند و با فرض آنکه مکانیزم‌های طبیعی نظیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خودپالایی رودخانه‌ها سهم عمده در کنترل و یا تشدید این غلظت‌ها خواهند داشت (گلجان، 1388). اولین قدم در تعیین کیفیت آب رودخانه‌ها، کسب آگاهی از تغییرات کیفی آب رودخانه‌ها در ابعاد زمان و مکان و همچنین مشخص نمودن منابع اصلی و انواع آلوده کننده‌های آب می‌باشند (مفتاح هلقی، 1390). امروزه جامع‌نگری و برخورد سیستمی در مدیریت کمی و کیفی منابع آب به علت افزایش مؤلفه‌های آن سیستم‌ها و پیچیدگی ارتباطات و اثرات متقابل آن ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Meftahhelagi and Golipor, 2007). تخلیه فاضلاب مراکز مسکونی، خدماتی و تفریحی، صنعت، کشاورزی، دپوی زباله‌های شهری و روستایی از مهمترین منابع آلاینده رودخانه‌های استان خوزستان به شمار می‌روند. به همین منظور بطور موردی سه رودخانه در استان خوزستان جهت بررسی و مطالعات پارامترهای کیفی در نظر گرفته شده است.

تحقیقات انجام شده در مورد تغییرات کیفی آب رودخانه‌های تاکاهاشی و کاکیوکا در ژاپن (1984) ,Teraoka et al و رودخانه های دویجان (2010) Norozi et al و آمازون و یوکان در برزیل (1984) ,Miller et al و همچنین جریان سطحی در ایالت نوادای آمریکا نشان داده است که نحوه استفاده از زمین‌های اطراف رودخانه‌ها بر نوع و مقدار آلودگی و تغییرات آن اثرات قابل ملاحظه ای دارد. Dasilva (2001) با استفاده از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی به بررسی کیفیت آب رودخانه پارادو پرداخت.

تأمین آب سالم و بهداشتی و حفاظت منابع از آلودگی، یکی از دغدغه‌های کنونی دولت و مراکز تصمیم‌گیری است. لذا لزوم جلوگیری از تخریب منابع آبی و رواناب‌های سطحی، باشناسایی، اندازه‌گیری آلاینده‌ها و وضع و اجرای قوانین بیش از پیش اهمیت پیدا می کند. دادالهی و ارجمند،(1389). در این راستا و جهت نیل به این مهم، هدف از این مطالعه بررسی و پهنه بندی پارامترهای کیفی سه رودخانه کارون، دز و کرخه در استان خوزستان می‌باشد. با توجه به این که رودخانه‌های مذکور مهم‌ترین منابع تامین آب مورد نیاز بخش کشاورزی و صنعت در استان خوزستان محسوب می شوند لذا پایش و کنترل آلاینده‌های ورودی به این رودخانه‌ها ضروری است. از میان

شاخص‌های مختلف که برای این کار توصیه شده (Marian et al .,2002 ؛ اسدللهی فردی و همکاران، 1382؛ افخمی، 1378؛ Said.,2003). شاخص NSFWQI بدلیل سادگی و وسعت کاربرد و نیز در دسترس بودن پارامترهایی مورد نیاز انتخاب شده است. همچنین استفاده از این شاخص بسیار متداول بوده و برای طبقه‌بندی کیفی آب‌های سطحی از لحاظ آشامیدن، شاخصی کامل و جامع محسوب می شود (نصیراحمدی و همکاران ،1391).

در این پژوهش نمونه‌هایی از کاربرد این شاخص‌ها مرور می‌گردد (نصیر احمدی و همکاران ،1391 ؛ حسینیان و همکاران،1385 ؛ سعادتی و همکاران ،1385 ؛ جمشیدیان و علوی مقدم، 1385 ؛ بصیر و نبوی، 1388 ؛Mirzaei et al .,2005) برای طبقه بندی کیفی رودخانه‌های مختلف از شاخص NSFWQI و کمیسیون کنترل آلودگی هند استفاده نمودند که نتایج آن ها کارایی این شاخص را نشان می‌دهد. با استفاده از شاخص‌های کیفی آب هم می‌توان تغییرات کیفی آب را در طول زمان در یک ایستگاه مورد پایش قرار داد و هم می‌توان از این شاخص‌ها برای نشان دادن تغییرات کیفی آب در طول رودخانه‌ها یا مقایسه‌ی منابع آبی در نقاط مختلف یک کشور و یا جهان استفاده نمود(نیکو نهاد و معاضد،1386).

مواد و روش‌ها

استان خوزستان با مساحتی حدود 64236 کیلومتر مربع، بین 47 درجه و 41 دقیقه تا 50 درجه و 39 دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و 29 درجه و 58 دقیقه تا 33 درجه و 4 دقیقه عرض شمالی از خط استوا، در جنوب غربی ایران واقع شده است. استان خوزستان نیز به لحاظ شرایط جغرافیایی و هیدرولوژیکی از بیشترین سهم آب‌های شیرین در کل کشور برخوردار است. بطوری که با جریان 5 رودخانه بزرگ و پر آب ایران (کارون، کرخه، دز، جراحی و هندیجان) حدود 33 درصد کل منابع آب سطحی را به خود اختصاص داده است. در زیر به معرفی مختصر رودخانه‌های مورد مطالعه براساس طرح آبی استان خوزستان در سال1390 پرداخته شده است.

مشخصات رودخانه کارون

متوسط بارندگی سالانه در حوضه آبریز کارون 620 میلی‌متر و ارتفاع بخش برفگیر حوزه آبریز، 2000 متر از سطح دریا می باشد. براساس آمار شصت ساله جریان آب، میانگین سالانه جریان آب در محل طرح کارون 727 متر مکعب بر ثانیه برآورد گردید. اقلیم حوضه آبریز کارون، گرم با تابستآن های خشک و زمستآن های معتدل است.

مشخصات رودخانه دز

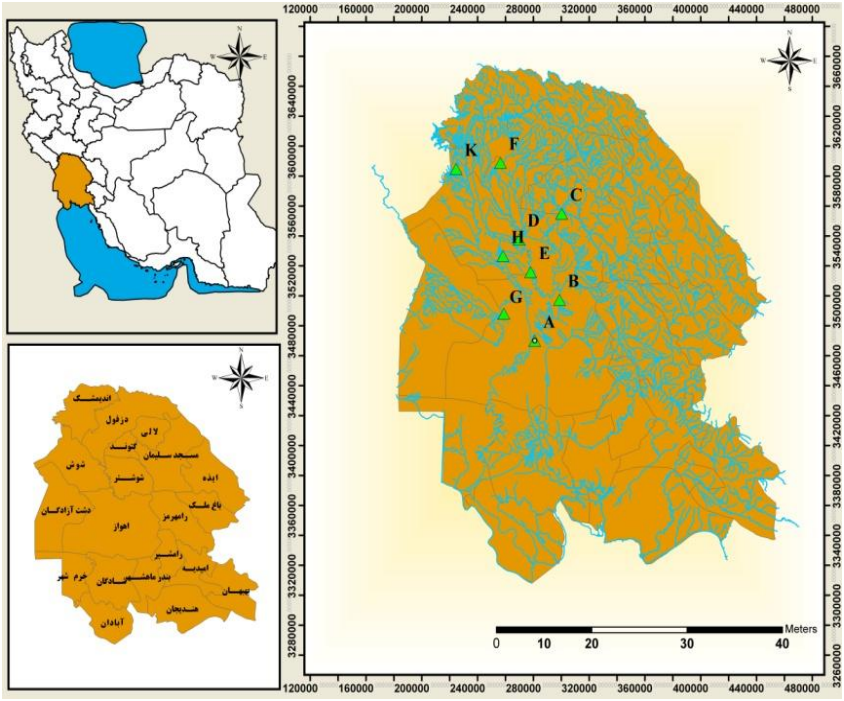
رودخانه دز از ارتفاعات اشترانکوه و بختیاری سرچشمه گرفته و پس از طی مسافتی از مناطق کوهستانی و با شیب تند به سمت جنوب، جریان اصلی به دریاچه سد دز تخلیه می گردد، همچنین این رودخانه طولی معادل 515 کیلومتر دارد.

مشخصات رودخانه کرخه

رودخانه کرخه پس از رودخانه‌های کارون و دز سومین رودخانه بزرگ ایران از نقطه نظر آبدهی محسوب می شود. حوزه آبریز رودخانه کرخه به وسعت حدود 43 هزار کیلومتر مربع، بین 46 درجه و 57 دقیقه تا 49 درجه و 10 دقیقه طول شرقی و 31 درجه و 48 دقیقه تا 34 درجه و 58 دقیقه عرض شمالی واقع شده است. متوسط آبدهی دراز مدت سالیانه در این ایستگاه معادل 188متر مکعب بر ثانیه است. جدول (1) مختصات ایستگاه‌های نمونه‌برادری و شکل (1) موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می دهد.

جدول 1: مختصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نام رودخانه	علامت ایستگاه	ایستگاه	طول جغرافیا	عرض جغرافیا	ارتفاع به متر
	A	اهواز	253221	3454657	16
کارون	B	ملاثانی	263270	3559822	23
	C	گتوند	266613	3581935	71
	D	آب شیرین	265128	3546034	31
دز	E	بامدژ	253768	3477943	25
	F	دزفول	239940	3570381	150
	G	حمیدیه	239199	3466091	20
کرخه	H	عبدالخان	236901	3488341	40
	K	پای پل	224859	3570780	90



شکل1: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه‌های کارون، دز و کرخه در استان خوزستان

کیفیت آب ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از شاخص ملی کیفیت (NSFWQI)، طبقه بندی آب ها با استفاده از کمیسیون کنترل آلودگی آب هند، دیاگرام ستونی آنیون‌ها - کاتیون‌ها و شاخص ویلکاکس انجام گرفت. پارامترهای کیفی آب رودخانه از مهرماه 1389 تا شهریور ماه 1390 مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌برداری و آنالیز و آماده سازی نمونه‌ها طبق روش استاندارد (Standard Method 1998) انجام گردید. مرجع اخذ داده‌های کیفی سازمان آب و برق استان خوزستان می باشد.

1- طبقه بندی آب‌ها با توجه به شاخص ملی کیفیت آب (NSFWQI)

شاخص‌های کیفی آلودگی روش‌هایی هستند که در مدیریت کیفی آب می‌توان از آن ها بعنوان یک ابزار مدیریتی قوی برای تصمیم گیری‌های مربوطه استفاده نمود (Hemandez and Jonnalagadda et al,2004). جدول (2) پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مورد نظر را نشان می دهد.

جدول 2: پارامترهای اندازه گیری شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه (Standard Method 1998)

متغیر نمونه برداری	نام اختصاری	واحد اندازه گیری	دستگاه اندازه گیری
درجه حرارت آب	T	درجه سانتی گراد	ترمومتو دیجیتالی
اکسیژن مورد نیاز زیستی	BOD_5	میلی گرم بر لیتر	روش ستون جیوه ای با دستگاه هوریبا
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی	COD	میلی گرم بر لیتر	تیتراسیون با محلول تیوسولفات سدیم در حضور یدرو قلیایی
هدایت الکتریکی	EC	میکروزیمس بر متر	EC متر دیجیتالی
کدورت	Turbidity	NTU	2800 -DR
اسیدیته	pH	-	pH متر دیجیتالی
کلی فرم مدفوعی	FC	تعداد کلی فرم در 100 میلی لیتر	MPN روش
کلی فرم کل	TC	تعداد کلی فرم در 100 میلی لیتر	MPN روش
فسفات	PO_4^{3-}	میلی گرم بر لیتر	2800 -DR
نیترات	NO_3^-	میلی گرم بر لیتر	2800 -DR

شاخص ملی کیفیت آب در سال 1970 با حمایت بهداشتی ملی آمریکا، براون و همکارانش یک شاخص کیفی کاهش ارائه کردند. آن ها در ابتدا حدود 35 پارامتر آلودگی را معرفی کرده و سپس براساس نظر افراد متخصص حدود 9 پارامتر را برای ایجاد شاخص اصلی انتخاب کردند که شامل پارامترهای زیر می باشند. BOD_5، اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوعی، نیترات، pH، تغییرات درجه حرارت، کل مواد جامد، فسفات کل، کدورت یا توربیدیتی. استفاده از این شاخص بسیار متداول بوده و برای طبقه‌بندی کیفی آب‌های سطحی از لحاظ آشامیدن

شاخصی کامل و جامع محسوب می‌گردد و با بکارگیری آن می‌توان دید مناسبی در مورد کیفیت آب رودخانـه‌ها بـه دسـت آورد Liou (2003), Ramirez et al, (2004). شاخص NSFWQI با استفاده از رابطه (1) بدست می آید:

$$NSFWQI = \sum W_i \ I_i \qquad (1)$$

I_i = زیر شاخص i ام، W_i= ضریب وزنی شاخص i ام. پس از اندازه‌گیری مشخصه‌های فوق، زیر شاخص هر یک از آن ها از روی منحنـی های تبدیل بدست می‌آیند که با استفاده از این منحنی‌ها پارامترها به معیارهای 0 تا 100 تبدیل می شوند. در این روش بـرای محاسـبه شاخص نهایی هر یک از زیر شاخص‌های بدست آمده از منحنی‌های مربوطه در فاکتور وزنی خود ضرب شده و از حاصل جمع آن ها طبق رابطه (1) شاخص نهایی بدست می‌آید و جدول (3) طبقه بندی شدت آلودگی و جدول (4) فـاکتور وزنـی شـاخص کیفیـت آب را ارائـه می‌دهد. (Simoes et al, 2008).

جدول3: طبقه بندی شدت آلودگی رودخانه براساس شاخص (NSFWQ)

شاخص محاسبه شده	کلاس	وضعیت کیفیت آب
91 – 100	A	عالی
71 – 90	B	خوب
51 – 70	C	متوسط
26 – 50	D	بد
0 – 25	E	بسیار بد

جدول 4: فاکتور وزنی شاخص (NSFWQI)

پارامترها	کدورت	BOD (mg/l)	DO (mg/l)	کلی فرم مدفوعی	NO_3^- (mg/l)	pH	T (درجه سانتی گراد)	TDS (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)
فاکتور وزنی	0/08	0/11	0/17	0/16	0/10	0/11	0/10	0/07	0/10

2- طبقه بندی آب‌ها با توجه به استانداردهای کمیسیون مرکزی کنترل آلودگی هند

طبقه بندی کیفی آب‌های سطحی با توجه به دو پارامتر اکسیژن محلول و اکسیژن مورد نیاز فعالیت‌های بیولوژیکی توسط کمیسیون مرکزی کنترل آلودگی در هند در جدول (5) آورده شده است.

(A): منابع آب قابل شرب بدون انجام تصفیه متعارف و بعد از گندزدایی، (B): جهت مصارف بهداشتی، حمام، شناکردن و مصارف تفریحی، (C): منابع آب قابل شرب بعد از تصفیه متعارف، (D): استفاده در حیات وحش، ماهیگیری و غیره، (E): جهت آبیاری، خنک نمودن تاسیسات صنعتی و کنترل آبهای دفعی.

جدول (5): طبقه بندی کیفی آب های سطحی با توجه به استاندارد کمیسیون مرکزی کنترل آلودگی هند

	طبقه بندی				
mg/lit	A	B	C	D	E
DO	>6	>5	>4	>4	4
BOD	<2	<3	<4	<6	>6

3- بررسی ضریب انحراف یونی

ضریب انحراف یونی (α) از رابطه زیر تعیین می گردد.

$$\frac{\sum \frac{meq}{L}Anions-\frac{meq}{L}Catiuns}{\sum \frac{meq}{L}Anions+\frac{meq}{L}Catiuns} \times 100 \qquad (2)$$

اگر در مورد نمونه های آبی $\alpha>0,05$ باشد آنگاه آنالیز آب اشکال دارد و یا آب مورد خاصی دارد در مورد ایستگاه های مختلف دیاگرام یون بالانس نمونه ها رسم شده است و مقدار ضریب (α) محاسبه گردیده است.

4- استانداردهای کیفی آب آبیاری جهت استفاده در اراضی کشاورزی

از اولین روش‌هایی که برای طبقه‌بندی آب آبیاری بر حسب شوری و نسبت جذبی سدیم صورت گرفت، روش آزمایشگاه شوری خاک آمریکا می باشد که بر اساس آن نمودار معروف ویلکاکس تهیه شده است. در روش ویلکاکس، آب ها از نظر شوری با نمایه (EC) در چهار گروه و از نظر زیان حاصله از سدیم با نمایه (SAR) نیز در چهار گروه قرار می‌گیرند. نسبت جذبی سدیم (SAR) آب آبیاری می تواند به عنوان نمایه‌ای برای تعیین خطرات ناشی از سدیمی شدن خاک مورد استفاده قرار گیرد.

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (3)$$

معادله (3)، Na^{+} یون سدیم (میلی اکی والانت در لیتر)، Mg^{2+} یون منیزیم (میلی اکی والانت در لیتر).

رتبه بندی آب بر اساس شاخص ویلکاکس به قرار زیر است:

گروه سدیمی 1 (SAR<10) خطرات سدیمی شدن کم

گروه سدیمی 2 (10 < SAR <20) خطرات سدیمی شدن متوسط

گروه سدیمی 3 (20 < SAR <28) خطرات سدیمی شدن زیاد

گروه سدیمی 4 (SAR >28) خطرات سدیمی شدن بسیار زیاد

که گروه‌های فوق به ترتیب با علائم S1 , S2 , S3 , S4 نشان داده می‌شوند.

گروه شوری 1 (EC<250 µmhos/cm) شوری کم

گروه شوری 2 (250 µmhos/cm< EC<750 µmhos/cm) شوری متوسط

گروه شوری 3 (750 µmhos/cm< EC<2250 µmhos/cm) شوری زیاد

گروه شوری 4 (EC>2250 µmhos/cm) شوری بسیار زیاد

که گروه‌های فوق نیز به ترتیب با علائم C1 , C2 , C3 , C4 نشان داده می‌شوند.

نتایج و بحث

آنالیز پارامترهای اندازه‌گیری شده و مقایسه با استانداردهای ملی آب حاکی از آن است که به جز چند مورد پارامترهای اندازه‌گیری شده در محدوده مجاز آلاینده‌های آب شیرین قرار دارند تنها میزان غلظت دو یون بی‌کربنات، منیزیم و همچنین پارامتر هدایت الکتریکی در برخی از ایستگاه‌های بالاتر از حداکثر مجاز می باشد که با توجه به ساختار زمین شناسی منطقه و شبکه گیسواری رودخانه قابل توجیه می باشد. مقادیر شاخص کیفی آب سازمان بهداشت ملی آمریکا با توجه به جدول (6) برای کلیه ایستگاه‌ها محاسبه شده است. چنانکه ملاحظه می شود کیفیت آب هر سه رودخانه در فصول کم آبی به دلیل توزیع فعالیت‌های کشاورزی و اجتماعی و افزایش جمعیت در

اطراف رودخانه شاخص کیفی کاهش یافته و در طبقه بد قرار گرفته است. در فصول پر آبی در شـرایط بهتـری از جهـت شـاخص کیفـی برخوردار می باشد و در طبقه متوسط آلودگی از لحاظ شرب قرار دارند.

جدول 6: تعیین شاخص کیفیت رودخانه با توجه به شاخص (NSFWQI)

نام رودخانه	علامت ایستگاه	ایستگاه	شاخص NSF در فصول کم‌آبی	شاخص NSF در فصول پرآبی
کارون	A	اهواز	43/35	52/26
	B	ملاثانی	44/55	51/17
	C	گتوند	44/86	53/45
دز	D	آب شیرین	44/72	46/19
	E	بامدژ	47	53/65
	F	دزفول	48/04	51/39
کرخه	G	حمیدیه	45/47	50/40
	H	عبدالخان	49/05	44/86
	K	پای پل	53/35	51/78

نتایج طبقه بندی آب‌ها با توجه به استانداردهای کمیسیون مرکزی کنترل آلودگی هند

با مقایسه مقادیر DO و BOD موجود در نمونه‌های آب رودخانه‌های کارون، دز و کرخه نتایج طبقه بندی کیفی آب‌های سطحی با توجه به استاندارد کمیسیون مرکزی کنترل آلودگی هند در جدول (7) آورده شده است.

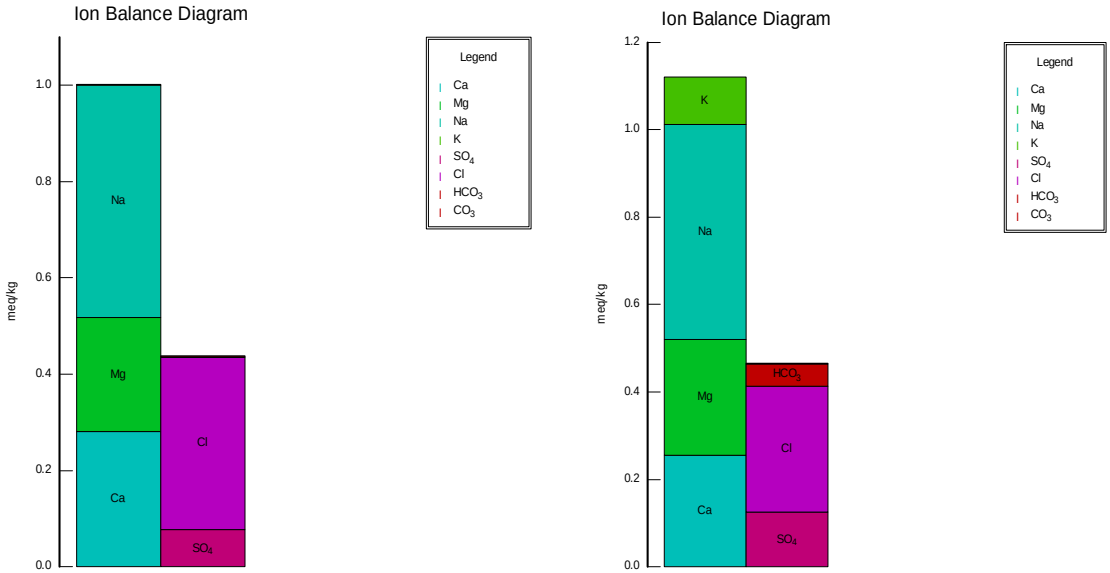
جدول 7: تعیین کیفیت آب رودخانه با توجه با استاندارد کمیسیون مرکزی کنترل آلودگی هند

نام رودخانه	علامت ایستگاه	ایستگاه	فصول کم‌آبی	فصول پرآبی
کارون	A	اهواز	A-C	A-C
	B	ملاثانی	A-C	A-B
	C	گتوند	A-C	A-B
دز	D	آب شیرین	A-D	B-D
	E	بامدژ	A-E	A-E
	F	دزفول	A-C	A-C
کرخه	G	حمیدیه	A-C	A-B
	H	عبدالخان	A-B	A-B
	K	پای پل	A-B	A-B

نتایج ضریب انحراف یونی در جدول (8) آورده شده است. با توجه به اینکه مقدار این ضریب کمتر از (α) باشد آنالیز آب صحیح است و همچنین مقدار جزیی اختلاف را می‌توان به مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آب که در این تحقیق اندازه گیری نشده اند از قبیل NH_4 ، Fe و یا خطای ناشی از اندازه‌گیری ارتباط داد.

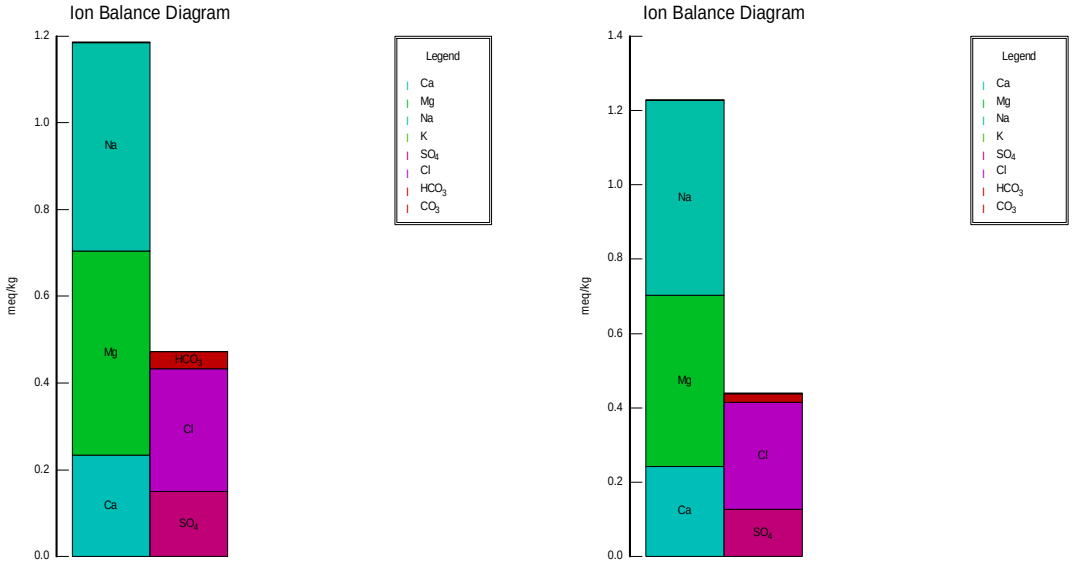
جدول 8: ضریب انحراف (α) در ایستگاه‌های مختلف

نام رودخانه	فصول کم‌آبی	فصول پرآبی
کارون	4/3	3/15
دز	4/4	4/1
کرخه	4/9	5/4



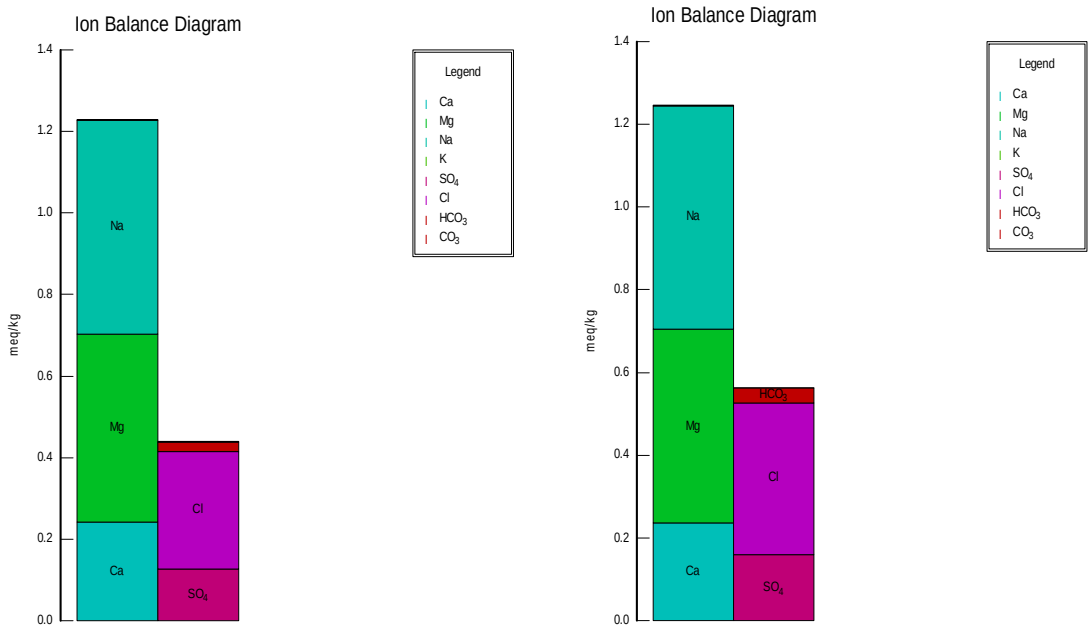
ب الف

شکل 2: نسبت کاتیون و آنیون نمونه‌های برداشتی از رودخانه کارون الف- فصول کم آبی و ب- فصول پرآبی



ب الف

شکل 3: نسبت کاتیون و آنیون نمونه های برداشتی از رودخانه دز الف- فصول کم آبی و ب- فصول پرآبی



ب الف

شکل4: نسبت کاتیون و آنیون نمونه‌های برداشتی از رودخانه کرخه الف - فصول کم آبی و ب - فصول پرآبی

با مشاهده دیاگرام‌های ستونی می‌توان غلظت هر عنصر را براحتی در نمونه‌های مورد نظر شناسایی کرد و اگر چند نمونه وجود داشته باشد برای هر نمونه باید ستون جداگآن های رسم شود و در بالای هر ستون، شماره نمونه را نوشت. با در دست داشتن این ستون‌ها می‌توان نمونه‌ای که دارای غلظت کمتر و یا بیشتری است را شناسایی کرد و همچنین براحتی می‌توان حداکثر و حداقل غلظت را در هر نمونه نشان داد. در این مطالعه حداکثر غلظت مربوط به یون های کاتیون سدیم- منیزیم و حداقل غلظت مربوط به یون آنیون کلر می باشد.

بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس محور افقی به شوری آب (بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر) و محور عمودی به نسبت جذبی سدیم (SAR) اختصاص دارد، جداول (10و9) به ترتیب نتایج طبقه بندی آب رودخانه‌های کارون، دز و کرخه را در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص ویلکاکس در فصول کم‌آبی و پرآبی نشان می‌دهد.

جدول 9: طبقه بندی آب رودخانه های کارون، دز و کرخه براساس شاخص ویلکاکس در فصول کم آبی

کیفیت آب برای کشاورزی	کلاس آب	کلاس EC	کلاس SAR	علامت اختصاری (فصول کم‌آبی)
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S2	C4	S2	
کمی شور – مناسب برای کشاورزی	C2-S1	C2	S1	رودخانه کارون
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	C3	S1	رودخانه دز
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S2	C4	S2	رودخانه کرخه

جدول 10: طبقه بندی آب رودخانه های کارون، دز و کرخه براساس شاخص ویلکاکس در فصول پرآبی

کیفیت آب برای کشاورزی	کلاس آب	کلاس EC	کلاس SAR	علامت اختصاری (فصول پرآبی)
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S2	C4	S2	رودخانه کارون
کمی شور – مناسب برای کشاورزی	C2-S1	C2	S1	
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	C3	S1	رودخانه دز
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S2	C3	S2	رودخانه کرخه

بر اساس نتایج شاخص ویلکاکس نمونه‌های آب رودخانه کارون در فصول کم آبی و پرآبی در کلاس C4-S2 (خیلی شور و نامناسب برای کشاورزی) و فقط در ایستگاه گتوند در فصول کم آبی و پرآبی در کلاس C2-S1 (کمی شور- مناسب برای کشاورزی)، و نمونه‌های آب رودخانه دز در فصول کم‌آبی و پرآبی در کلاس C3-S1 (شور- مناسب برای کشاورزی) و همچنین نمونه‌های آب رودخانه کرخه در فصول کم‌آبی در کلاس C4-S2 و فصول پرآبی در کلاس C3-S2 (شور و قابل استفاده برای کشاورزی) قرار گرفته است. بطور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که کیفیت آب رودخانه‌های کارون، دز و کرخه در طی ماه‌های مختلف فصول تغییرات چندانی ندارد.

نتیجه گیری

اولین گام جهت تعیین و برآورد میزان آلودگی که از طریق رودخانه‌ها به دریا منتقل می‌شوند شناخت نوع و تعیین حجم آلاینده‌ها و ترکیبات فیزیکی و شیمیایی موجود در آب آن ها می‌باشد. با توجه به اینکه مطالعات و تحقیقات زیادی بررسی کیفیت آب رودخانه‌های ایران از نظر درجه‌بندی کیفیت انجام نشده است. استفاده از تکنیک NSFWQI به عنوان روشی ساده برای شناخت اولیه از کیفیت رودخانه‌ها مناسب بوده و برای مدیران و مهندسان به منظور برنامه‌ریزی حفاظت کیفی قابل استفاده است. پایش منظم رودخانه‌ها به صورت هدفمند و براساس برنامه‌ریزی و طراحی مناسب و سپس درجه بندی آن با روش شاخص کیفی امکان دسترسی به تغییرات و تحولات کیفی و پیش‌بینی اقدامات کاهش آلودگی در حوزه آبریز رودخانه را برای مدیران و مسئولان فراهم می‌سازد. بر اساس نتایج آنالیز پارامترهای اندازه گیری شده با توجه به شاخص NSFWQI حاکی از آن است که در هر سه رودخانه شاخص کیفیت کل در شش ماهه اول که مصادف با فصول کم آبی می‌باشد کمتر از (50) و بیانگر کیفیت بد می‌باشد و در شش ماهه دوم که مصادف با فصول پر آبی می‌باشد، بیشتر از (50) و بیانگر کیفیت متوسط می‌باشد. در روش N.S.F که مجموعه‌ای از پارامترهای فیزیکوشیمیایی از قبیل اکسیژن محلول و پارامترهای بیولوژیکی مانند BOD و پارامترهای میکروبی را تواماً مورد ارزیابی قرار می‌دهد کیفیت آب هر سه رودخانه شرایط نامطلوبی را بخصوص در پایین دست رودخانه دارا می‌باشد. همچنین مقایسه نتایج طبقه‌بندی و تعیین کیفیت آب رودخانه با توجه به استاندارد کمیسیون مرکزی کنترل آلودگی هند نشان می‌دهد که تقریباً با نتایج حاصل از روش N.S.F همخوانی دارد.

پژوهشگران دیگری شاخص NSFWQI و کمبود اکسیژن محلول را در طول رودخانه Guadarrama و Manzanares مورد مطالعه قرار دادند. نمونه برداری در طول رودخانه برای دو سال (2003- 2001) متوالی انجام گرفت و نمونه‌ها از شش ایستگاه برداشت گردید. در این مطالعه 11 پارامتر شامل pH، TSS، COD، BOD، DO ، هدایت الکتریکی، آمونیاک، نیترات، نیتریت، فسفات و درجه حرارت مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج آن بصورت فصلی گزارش گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص NSFWQI در ابتدای رودخانه Guadarrama حائز امتیاز 70 (کیفیت خوب) و در انتهای آن در امتیاز 64 (کیفیت متوسط) گردیده است. همچنین مقدار عددی شاخص برای رودخانه Manazanares نیز حدود 65 گزارش گردید (Enrique et al, 2007). در مطالعه دیگر karimian et al, 2007 شاخص NSFWQI جهت پهنه بندی رودخانه زهره را مورد مطالعه قرار دادند. ایستگاه‌های منتخب شامل 9 ایستگاه در طول رودخانه بود و نمونه‌ها به صورت ماهیانه و در طول سال یکسال آبی، از این ایستگاه‌ها برداشت گردید. پارامترهای مورد مطالعه در این تحقیق نیز شامل pH، هدایت الکتریکی، کلیفرم‌های مدفوعی، فسفات، کدورت، اکسیژن محلول واکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) بود. نتایج این مطالعه نشان داد که آب این رودخانه در سرچشمه دارای کیفیت مناسب بوده است و بتدریج در طول مسیر با پساب‌های گوناگون آلوده شده و از کیفیت آن کاسته شده تا حد کیفیت بد رسیده است (karimian et al, 2007). میرزایی و همکاران مطالعه مشابهی بر روی پهنه بندی کیفی رودخانه جاجرود در سال 2005 انجام دادند. در این مطالعه جهت پهنه بندی از دو شاخص NSFWQI و WQI استفاده گردید. پارامترهای مورد مطالعه برای شاخص NSFWQI شامل pH، هدایت الکتریکی، TS، کلیفرم مدفوعی، فسفات، نیترات، کدورت، اکسیژن محلول، BOD بود و اندازه گیری

پارامترهای مذکور در طول یکسال و بصورت فصلی انجام گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که علیرغم ورود آلودگی در بالا دست رودخانه از قدرت پالایش طبیعی بالایی برخوردار بود(Mirzaie, 2005). بطور کلی نتایج پژوهشگران مختلف کارایی این شاخص را نشان می دهد. شاخص بدست آمده در ایستگاه‌ها مورد مطالعه در فصول سرد و پرآبی نسبت به فصول گرم و کم آبی از وضعیت کیفی مطلوب‌تری برخوردار است. بهبود کیفیت آب در فصول پرآبی در اثر کاهش FC در فصول سرد و افزایش اکسیژن محلول در آب بیشتر ایستگاه‌ها و کاهش BOD آب در فصول سرد نسبت به فصول گرم اتفاق افتاده است و همچنین در فصول سرد از بار جمعیتی حاضر در منطقه کاسته می شود. افزایش تدابیر و الزامات بهداشتی در منطقه برای کاهش تاثیرات آلودگی انسانی به رودخانه، بویژه در مراکز جمعیتی و بهبود کیفیت آب در این نقاط خواهد بود. همچنین با توجه به رده بندی صورت گرفته بر اساس شاخص ویلکاکس، به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که برای استفاده از آب مورد بحث در مصارف کشاورزی بهتر است زمین‌های زراعی، دارای زهکش مناسب باشند و برای استفاده مداوم از این آب، مدیریت کنترل شوری ضروری به نظر می‌رسد. اما در رابطه با دیگر خصوصیات شیمیایی، استفاده از این آب تهدیدی برای خاک و گیاه محسوب نمی شود. با پایش عوامل فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و همچنین با کنترل شاخص ملی کیفیت آب ایستگاه‌های مورد نظر، امکان تصمیم‌گیری در خصوص نحوه استفاده از آب در بخش‌های مختلف آن را برای مسئولین ذیربط فراهم می‌سازد.

پیشنهادات

-آلایندهای موجود در آب رودخانه‌ها بصورت منظم در زمآن های مشخص اندازه گیری و کنترل گردد.

-مطالعاتی در زمینه آلودگی‌های رسوبات بستر رودخانه‌ها انجام شود.

-برآورد آلودگی رودخانه‌ها با روش مدل سازی عددی از قبیل QUAL2E انجام و روش‌های کاهشی آن در نظر گرفته شود.

-استفاده از موجودات آبزی تجزیه کننده عوامل آلایندگی مانند عدسک های آبی.

-ترویج کشاورزی پاک (بدون استفاده از سموم و کودهای شیمیایی و یا حداقل استفاده از انواع بی‌خطر آن ها) و استفاده از روش‌های مبارزه بیولوژیکی و طبیعی.

منابع

اسداللهی فرد، غ.، افشار، الف. و سبحانی، ن. (1382). مروری بر شاخص‌های کیفیت آب و کاربرد آن در پهنه قسمتی از رودخانه کارون. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده عمران. دانشگاه علم و صنعت تهران، ص 154.

افخمی، م. (1378). بررسی کیفیت فاضلاب رودخانه کارون. سومین کنفرانس ملی انرژی، دانشگاه تهران، ص 165-172.

بصیر، م. و نبوی، م. (1388). مطالعه کیفیت آب رودخانه کارون از بند قیر تا اهواز با استفاده از WQI و بکارگیری نرم افزار GIS. اولین کنفرانس بین المللی بحران آب، دانشگاه زابل.

سعادتی، ن.، زارع، ح. و گندمکار، ب. (1385). بررسی کیفیت آب رودخانه مارون – جراحی با شاخص ملی کیفیت آب (WQI). هفتمین کنفرانس بین المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه اهواز، بهمن، ص291-299.

داداللهی، ع. و ارجمند، ف. (1389). شاخص کیفیت (WQI) آب رودخانه کارون به عنوان نشان دهنده اثرات پساب صابون سازی خرمشهر. مجله اقیانوس شناسی، سال اول، شماره4، زمستان، ص 27-21.

حسینیان، س. زارع، ح. و آخوندزاده، ح. (1385). طبقه بندی کیفیت آب رودخانه کارون با استفاده شاخص ملی کیفیت آب (WQI) از گتوند تا خرمشهر و از دزفول تا بامدژ. هفتمین کنفرانس بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه اهواز، بهمن،ص 325-334.

جمشیدیان، ز. و علوی مقدم، م. (1385). بررسی ارزیابی کیفیت آب با شاخص (WQI). اولین کنفرانس بین المللی مهندسی بهداشت. تهران، ص 81 تا 88.

گلجان، ف. ،کرباسی، ع.، حاجی‌زاده ذاکر، ن. و نبی بیدهندی، غ. (1388). تعیین کلاسه کیفی آب رودخانه های شهرستان نور. فصلنامه تحقیقات علوم آب. سال اول، شماره اول، ص 48-35.

مفتاح هلقی، م. (1390). پهنه بندی کیفی آب با استفاده از شاخص های متفاوت کیفی (مطالعه موردی: رودخانه اترک). مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد هجدهم، شماره دوم، ص 211-220.

نصیر احمدی، ک.، ذبیح اله، ی. و ترسلی، الف. (1391). پهنه بندی کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص (NSFWQI). مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره 22، شماره 92، شهریور. ص 72-63.

نیکو نهاد، ع. و معاضد، ه. (1386). بررسی توان سد مخزنی کرخه در تغییر کیفیت آب رودخانه ی کرخه. مجله آب و محیط زیست، شماره 66. ص 8-3.

Dasilva, A., and Maria, M. (2001). Using chemical and physical parameters to define quality of Parado river water (botucatu- sp- brazil). Journal Water Resarch, Elsivier sience, 35(6), pp.1609-1616.

Eduardo, C., Alejandro, CM. and Ernesto, VF. (2010). probabilistic index and a general quality index. The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar (Spain). Ecological Indicators, 10(5), pp.1049-1054.

Enrique, S., Manuel, F., Colmenarejo, JA., Angel, RG., Garcl, LT. and Borja, R. (2007). Use of the water qualityindex and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators, (7), pp.315–328.

Hernandez-Romero, AH.,Tovilla-Hernandez, C., Malo, EA. and Bello-Mendoza, R. (2004). Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico. Marine pollution Bull, (48), pp.1130–1141.

Jonnalagadda, SB. and Mhere, G. (2001). Water quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. Journal Water Res, (35), pp. 2371–2376.

Karimian, A., Jafarzadeh, N., Nabizaheh, R. and Afkhami, M. (2007). Zoning of water quality bases on WQI index Zohreh river case study. Int J Water Eng, (18), pp.56-62.

Liou, SM. and Losl, H. (2003). Application of twostage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. Journal Water Res, (37), pp.1406–1416.

Lermonto, A., Yokoyam, L., Lermontov, M., Augusta, M. and Machado, S. (2009). River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. Ecological Indicators, (6), pp.1188-1197.

Meftah Halaghi, M., and Golalipor, A. (2007). Classification of Water Quality of Atrak River. Technical Report of Golestan Environmental Office,8,pp. 177.

Miller, W., Guitjens, J.,and Mahannah, C.n. (1984). Water quality of irrigation and surface teturn flows from flood-irrigated pasture and alfalfa hay. Journal Environ, Qual, 13, pp.543-548.

Marina, C., Paolo, A., and Alfredo, S. (2002). Water quality control in the river Arno. Journal Water Research, 6, pp. 2673-2680.

Norozi, J., Jahani, A., Moradi, M. and Jolokhani, H. (2010). An investigation of zoning water quality on Diojin river with GIS. National seminar of water with approach on clean water. Power and Water University of Technology (shahid abbaspour).

Mirzaei, M., Nazari, A. and Bagheri, A.(2005). Jadjrood River Qualification. Journal Environ Sci, 37, pp.17-26.

National Sanitation Foundation (NSF). (2003). http://www.Nsfconsumer.rg/environment/wqi.asp.

Ramirez, NF. and Solano, F. (2004). Physic-chemical water quality indices-A comparative review. RevistaBifua. J . (27), pp.437-441.

Simoes, F., Moreira, AB., Bisinoti, MC., Gimenez, S. and Santos, M. (2008). Water quality index as a simple indicatorof aquaculture effects on aquatic bodies. Ecological Indicators, Vol(38), pp. 476-480.

Simeonov, V., Stratis, JA., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsa, D., and Anthemidis, A.(2008). Assessment of the surface water quality in Northern Greece. Journal Water Res, No(37), pp.4119–4124.

Teraoka, H. and Ogava, M. (1984). Behavior of elemet in the Takahashi, Japan river basin. Journal Environ, Qual. (13), pp.453-459.

Said, A. (2003). Water quality evalution using water quality index for streams. http//emrc.usu. edu / tmd1 /ineel /papers /said-awa.pdf.