فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۲۳، زمستان ۹۱

ارزیابی کمی و کیفی منابع آب رودخانه کارون با استفاده از شاخص NSFWQI و روش AHP

مرجان سالاری[1*]

Salari.marjan@yahoo.com

فریدون رادمنش[۲]

حیدر زارعی[۳]

چکیده

رودخانه‌ها به عنوان یکی از منابع اساسی تامین آب برای مصارف مختلف مطرح می‌باشند. از این رو پایش کیفیت این منابع با توجه به خشکسالی‌های اخیر و توسعه شهری و روستایی یکی از وظایف مهم در حیطه مدیریت محیط زیست مصوب می‌گردد. رودخانه کارون اهمیت بسیاری در تأمین آب آشامیدنی، حفظ حیات صنعتی استان خوزستان و تامین آب کشاورزی دارد. بنابراین مدیریت و کنترل کیفیت این منبع آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در مطالعه حاضر، کیفیت آب رودخانه کارون با استفاده از شاخص NSFWQI ارزیابی گردید و در مرحله بعد وزن ۹ عامل بررسی شده در این شاخص با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی با توجه به شرایط محلی و نظرات کارشناسان متخصص در این زمینه تغییر و اصلاح گردید.

نتایج وزن‌های اصلاح شده نشان داد که بیشترین ارزش وزنی به دست آمده از روش (AHP) در مقایسه با شاخص NSFWQI مربوط به پیراسنجه‌های اکسیژن محلول، کلیفرم و اکسیژن خواهی زیست- شیمیایی می‌باشد. همچنین روش استفاده شده در این مطالعه به دلیل قابلیت بالای مدیریتی، صحت و دقت قضاوت‌ها و مقایسات در به دست آوردن وزن نهایی معیارها ارزشمند است.

به کارگیری روش موجود اولاً تمامی اهداف تعریف شده در پروژه‌های کیفیت آب را با ارایه نظرات کارشناسان متخصص به منظور کاهش هزینه و همچنین در نظر گرفتن مسایل اقتصادی، اجتماعی و فنی بهبود می بخشد. به عبارت دیگر استفاده از روش AHP توام با شاخص‌های کیفیت آب، محدودیت‌های شاخص‌های کیفیت آب مربوط به شرایط خاص هر مکان را از بین می برد.

کلمات کلیدی: شاخص کیفیت آب، تحلیل سلسله مراتبی، رودخانه کارون و نرم افزار Expert Choice.

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران_محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز [*](مسئول مکاتبات).

۲- استادیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- استادیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

مقدمه

رودخانه‌ها و آب‌های جاری، از دیرباز مورد نیاز و مورد توجه جوامع بشری بوده‌اند و برای بهره بردن از منابع آب، شهرها، مراکز صنعتی و کشاورزی معمولاً در نزدیکی رودخانه‌ها برپا شده‌اند. با این ایده ضمن تامین نیازهای حیاتی قادر به رفع نیازهای کشاورزی و حمل و نقل بودند (۱و۲). افزایش تقاضای آب، بالا رفتن سطح زندگی و گسترش آلودگی منابع آب در اثر توسعه فعالیت‌های کشاورزی، شهری و صنعتی موجب ایجاد وضع نامساعد زیست محیطی و تشدید آلودگی منابع آب شده و مدیریت معقول و منطقی آن را بسیار دشوار و پیچیده کرده است (۳). منابع آب سطحی بیش از سایر منابع تامین آب در معرض آلودگی قرار دارند. به دنبال بارندگی، به خصوص بارش‌های شدید، ذرات مختلف گیاهی، حیوانی و حتی صنعتی و سمی با آب حمل شده و این منابع حیاتی را آلوده می‌سازند. انسان با ریختن آب‌های آلوده به دست آمده از زندگی روزمره صنعتی خود به جریان‌های آب، باعث آلودگی آب‌ها می‌شوند (۴). با توجه به این که عوامل انسانی (آلاینده‌های صنعتی) موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها در آب رودخانه می‌گردند و با فرض این که سازو کارهای طبیعی نظیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خودپالایی رودخانه‌ها سهم عمده در کنترل و یا تشدید غلظت این آلاینده‌ها خواهند داشت، 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 می‌باشد (۵). بنابراین، امروزه جامع‌نگری و برخورد سیستمی در مدیریت کمی و کیفی منابع آب به علت افزایش مؤلفه‌های آن سیستم‌ها و پیچیدگی ارتباطات و اثرات متقابل آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۶). تحقیقات انجام شده در مورد تغییرات کیفی آب رودخانه‌های تاکاهاشی و کاکیوکا در ژاپن (۷) و آمازون و یوکان در برزیل (۸) و همچنین جریان سطحی در ایالت نوادای آمریکا با استفاده از شاخص (National Sanitation Foundation Water Quality Index) نشان داده است که نحوه استفاده از زمین‌های اطراف رودخانه‌ها بر نوع و مقدار آلودگی و تغییرات آن اثرات قابل ملاحظه‌ای دارد. داسیلوا (۲۰۰۱) با استفاده از عوامل فیزیکی و شیمیایی به بررسی کیفیت آب رودخانه پارادو پرداخت (۹). 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 می‌کند (۱۰). با توجه به این که رودخانه کارون مهم‌ترین منبع تامین آب مورد نیاز بخش کشاورزی و صنعت در استان خوزستان محسوب می‌شود لذا پایش و کنترل آلاینده‌های ورودی به این رودخانه ضروری است. از میان شاخص‌های مختلف که برای این کار توصیه شده (مارینا و همکاران، ۲۰۰۲؛ اسدللهی فرد و همکاران، ۲۰۰۳) شاخص NSFWQI به دلیل سادگی و وسعت کاربرد و نیز در دسترس بودن عوامل مورد نیاز انتخاب شده است (۱۱،۱۲). همچنین استفاده از این شاخص بسیار متداول بوده و برای طبقه بندی کیفی آب‌های سطحی از لحاظ آشامیدن، شاخصی کامل و جامع محسوب می‌شود (۱۳). در این پژوهش نمونه‌هایی از کاربرد این شاخص‌ها مرور می‌گردد. نصیر احمدی و همکاران (۱۳۹۱)، حسینیان و همکاران (۲۰۰۶) و بصیر و نبوی (۲۰۰۹) و کرباسی و همکاران (۲۰۱۱) برای طبقه بندی کیفی رودخانه‌های مختلف از شاخص NSFWQI و روش AHP استفاده نمودند که نتایج آن‌ها کارایی این شاخص را نشان می دهد (۱۵ و ۱۴،۱۳). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اولین بار توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ معرفی شد. این روش یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه می‌باشد. زیرا این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد. این فرآیند، گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را

نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این روش در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. همچنین از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است (۱۷و۱۶). بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی کیفیت آب رودخانه کارون با استفاده از شاخص کیفیت آب و کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی با توجه به شرایط محلی و نظرات کارشناسان متخصص در این زمینه بوده است.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۲۳۶ کیلومترمربع، بین ′۴۱- °۴۷ تا ′۳۹- °۵۰ طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و′۵۸-°۲۹ تا ′۰۴-°۳۳ عرض شمالی از خط استوا، در جنوب غربی ایران واقع شده است. این استان به لحاظ شرایط جغرافیایی و هیدرولوژیکی از بیشترین سهم منابع آب شیرین در کل کشور برخوردار است. همچنین با توجه به اینکه جریان ۵ رودخانه بزرگ و پر آب ایران (کارون، کرخه، دز، جراحی و هندیجان) حدود ۳۳٪ کل منابع آب سطحی کشور را به خود اختصاص داده است. حوزه آبریز کارون و دز مجموعاً بیش از ۷۰٪ جمعیت، ۴۵٪ از اراضی آبی و ۸۰٪ صنایع استان را در خود جای داده و استقرار فعالیت بیش از ۳۰٪ صنایع مادر و طرح های عظیم نظیر قند دزفول، کاغذ سازی پارس، کشت و صنعت، صنایع وابسته و ... در آن مشهود است. در حال حاضر حجم بسیار بالایی از زه آب اراضی کشاورزی و فاضلاب صنعتی به ویژه فاضلاب صنایع سلولزی و غذایی به این محیط‌های آبی تخلیه می‌گردد، لذا این امر موجب می‌شود که نه تنها کیفیت آب شرب بلکه حتی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی و صنعتی نیز با مشکلات جدی مواجه گردد (۱۸). جدول ۱ موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام رودخانه	علامت ایستگاه	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
کارون	A	اهواز	′۴۱-°۴۸	′۲۰-°۳۰
	B	دارخوین	′۲۵-°۴۸	′۴۴ -°۳۰
	C	کوت امیر	′۳۶-°۴۸	′۱۳-°۳۱
	D	زرگان	′۴۵-°۴۸	′۲۲-°۳۱

روش تحقیق

در مطالعه حاضر کیفیت آب رودخانه کارون در چهار ایستگاه هیدرومتری اهواز، دارخوین، کوت امیر و زرگان در فصل تابستان سال ۱۳۹۰ با استفاده از شاخص ملی کیفیت آب NSFWQI و روش AHP مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌برداری و آنالیز و آماده‌سازی نمونه‌ها طبق روش استاندارد (Standard Method 1998) انجام گردید. مرجع اخذ داده‌های کیفی سازمان آب و برق استان خوزستان می‌باشد.

شاخص ملی کیفیت آب (National Sanitation Foundation Water Quality Index)

شاخص ملی کیفیت آب در سال ۱۹۷۰ با حمایت سازمان بهداشت ملی آمریکا، توسط براون و همکارانش ارایه گردید. این افراد در ابتدا حدود ۳۵ عامل آلودگی را معرفی کرده و سپس بر اساس نظر افراد متخصص حدود ۹ عامل را برای ایجاد شاخص اصلی انتخاب کردند. که این عوامل عبارتند از: اکسیژن خواهی زیست- شیمیایی، اکسیژن محلول، کلیفرم

مدفوعی، نیترات، pH، تغییرات درجه حرارت، کل مواد جامد، فسفات کل و کدورت می باشند. استفاده از این شاخص بسیار متداول بوده و برای طبقه بندی کیفی منابع آب سطحی از لحاظ آشامیدن شاخصی کامل و جامع محسوب می‌گردد که با به کارگیری آن می‌توان دید مناسبی در مورد کیفیت آب رودخانه‌ها به دست آورد (۲۰و۱۹). این شاخص را می‌توان با استفاده از رابطه (۱) محاسبه نمود:

$$NSFWQI = \sum W_i I_i \qquad (۱)$$

در این رابطه:

I_i= زیر شاخص iام

W_i= ضریب وزنی شاخص i ام

پس از اندازه‌گیری مشخصه‌های فوق، زیر شاخص هر یک از عوامل از روی منحنی‌های تبدیل به دست می‌آیند که با استفاده از این منحنی‌ها عوامل موثر به معیارهای صفر تا ۱۰۰ تبدیل می‌شوند. در این روش برای محاسبه شاخص نهایی هر یک از زیر شاخص‌های به دست آمده از منحنی‌های مربوطه در عامل وزنی خود ضرب شده و از حاصل جمع آن‌ها طبق رابطه (۱) شاخص نهایی به دست می‌آید. جدول ۲ طبقه بندی شدت آلودگی و جدول ۳ عوامل وزنی شاخص کیفیت آب را ارایه می‌دهد.

جدول ۲- طبقه بندی شدت آلودگی رودخانه براساس شاخص NSFWQ (۲۱)

شاخص محاسبه شده	کلاس	وضعیت کیفیت آب
۹۱ –۱۰۰	A	عالی
۷۱ – ۹۰	B	خوب
۵۱ – ۷۰	C	متوسط
۲۶ – ۵۰	D	بد
۰ – ۲۵	E	بسیار بد

جدول ۳- عوامل وزنی شاخص NSFWQI (۲۱)

پارامترها	کدورت	BOD (mg/l)	DO (mg/l)	کلی فرم مدفوعی	NO3- (mg/l)	PH	T (درجه سانتی‌گراد)	TS (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)
فاکتور وزنی	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۱۰

روش تحلیل سلسله مراتبی

روش تحلیل سلسله مراتبی شامل مراحل اصلی زیر است:

الف) تولید ماتریس مقایسه دوتایی: یک مقیاس اساسی را با مقادیری از یک تا ۹ برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار به کار می‌گیرد. جدول ۴ میزان اهمیت معیارها بر اساس ماتریس مقایسه دوتایی را نشان می‌دهد.

جدول ۴- میزان اهمیت معیارها بر اساس ماتریس مقایسه دوتایی (۱۷)

مقدار عددی	میزان اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر
۱	اهمیت برابر
۳	اهمیت متوسط
۵	اهمیت قوی
۷	اهمیت بسیار قوی
۹	اهمیت مطلق
۲،۴،۶،۸	اهمیت بین فواصل

ب) محاسبه وزن‌های معیار: این مرحله شامل مراحل: ۱) جمع کردن مقادیر هر ستون ماتریس مقایسه دو تایی؛ ۲) تقسیم نمودن هر مولفه ماتریس بر مجموع ستون مربوط به آن (ماتریس حاصل ماتریس مقایسه دوتایی نرمال شده نام دارد) و ۳) محاسبه میانگین مولفه‌ها در هر ردیف از ماتریس نرمال شده است.

ج) تخمین نسبت توافق: این مرحله شامل عملیات: ۱) تعیین بردار مجموع وزنی بوسیله ضرب کردن وزن اولین معیار در اولین ستون ماتریس مقایسه دوتایی اصلی، سپس ضرب نمودن دومین معیار در دومین ستون، سومین معیار در سومین ستون ماتریس اصلی، سرانجام جمع نمودن این مقادیر در سطرها و ۲) تعیین بردار توافق بوسیله تقسیم بردار وزنی بر وزن‌های معیار که قبلاً تعیین شده است، می باشد (۱۷).

روش‌های وزن‌دهی افزودنی ساده (Simple Additive Weighting Model) از متداول‌ترین فنون در تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی هستند. به این روش همچنین تلفیق خطی وزنی یا روش امتیازدهی نیز گفته می‌شود. این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تصمیم‌گیرنده یا تحلیل گر به طور مستقیم بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار مورد بررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد. سپس از طریق ضرب کرن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه (مثلاً عنصر تصویر در تحلیل فضایی) به دست می‌آید. پس از آن که مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد، گزینه‌هایی که بیشترین مقدار را داشته باشند، مناسب‌ترین گزینه برای هدف مورد نظر خواهند بود (۱۶). هدف مورد نظر می‌تواند تعیین تناسب زمین برای یک کاربرد خاص یا ارزیابی توان یک رخداد ویژه باشد. در این روش تصمیم‌گیری، مقدار هر گزینه (A_i) به وسیله‌ی رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$A_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \times x_{ij}$$

$$\sum w_j = 1 \qquad (۲)$$

در این رابطه:

W_j= وزن شاخص j ام،

X_{ij}= مقداری است که مکان i ام به خود پذیرفته است. به عبارت دیگر این مقدار می‌تواند بیانگر درجه مناسب بودن مکان i ام در ارتباط با شاخص j ام باشد،

N= تعداد کل شاخص‌ها،

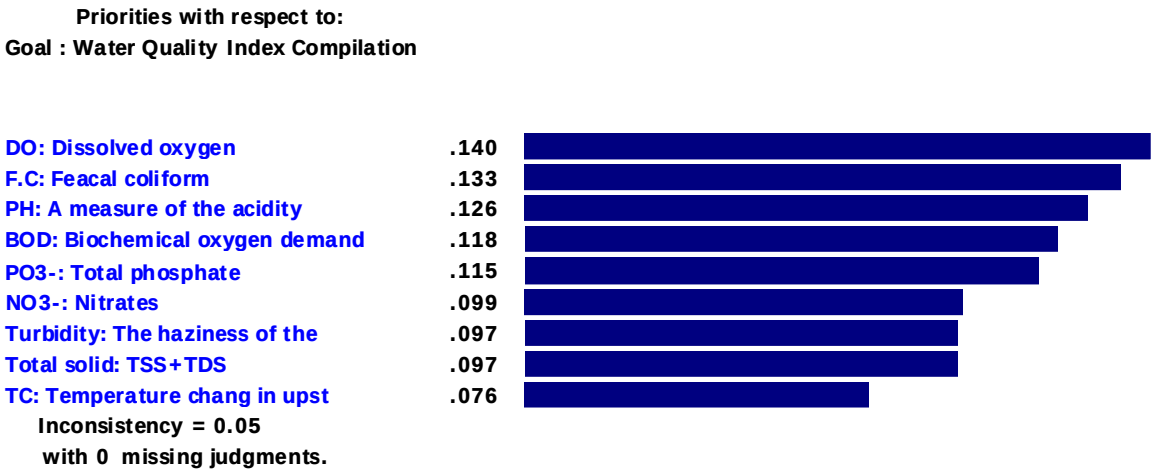
A_i= مقداری است که در نهایت به مکان i ام تعلق می‌گیرد. به گونه‌ای که جمع جبری وزن‌های محاسبه شده هر معیار در نرم افزار Expert Choice برابر یک شود (۱۶).

در این روش به منظور استاندارد سازی نقشه‌های تحلیل سلسله مراتبی، ابتدا تک تک معیارهای مورد بررسی را مقایسه نموده و میزان اهمیت نسبی هر جفت نسبت را با توجه به امتیاز بندی جدول ۲ اختصاص داده و سپس آن‌ها را در یک ماتریس وارد می‌گردد. پس از آن وزن‌ها و نسبت توافق (CR) را محاسبه نموده، چنانچه این نسبت CR<۰/۱ باشد، مقایسه‌ها

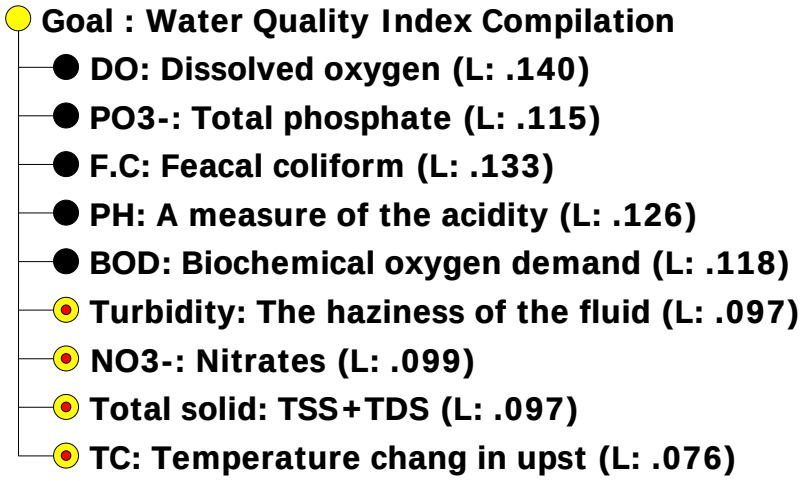
قابل قبول و وزن‌های محاسبه شده استخراج می‌گردند. در صورتی که نسبت توافق از CR≥۰/۱ باشد، در مرحله بعد با اعمال تغییراتی در ماتریس مقایسه دوتایی آن را برای حد قابل قبول تنظیم می‌گردد (۲۲). عملیات محاسبه وزن‌ها توسط نرم افزار Expert Choice انجام گردید. این نرم افزار دارای چند قابلیت از جمله اولویت تصمیم‌گیری، محاسبه وزن‌های نهایی و آنالیز حساسیت می باشد.

یافته‌ها

در این تحقیق به طور کلی ۳۶ مقایسه دوتایی میان عوامل شاخص کیفیت آب (NSF) صورت گرفت در واقع با ارایه نظرات کارشناسانه میان ۹ عامل به صورت دودویی مقایسه صورت گرفت و در مرحله بعد وزن نهایی عوامل با توجه به نظرات کارشناسان بر حسب اولویت محاسبه گردید. شایان ذکر است این نسبت برای داده‌های این تحقیق کمتر از ۰/۱ و در حدود ۰/۰۵ به دست آمد که نشان دهنده قابل قبول بودن نتیجه می‌باشد. شکل‌های ۱و۲ وزن‌های (EC) محاسبه شده پارامترها را نشان می‌دهند.



شکل ۱- نتایج وزن‌ها از مقایسه دو تایی

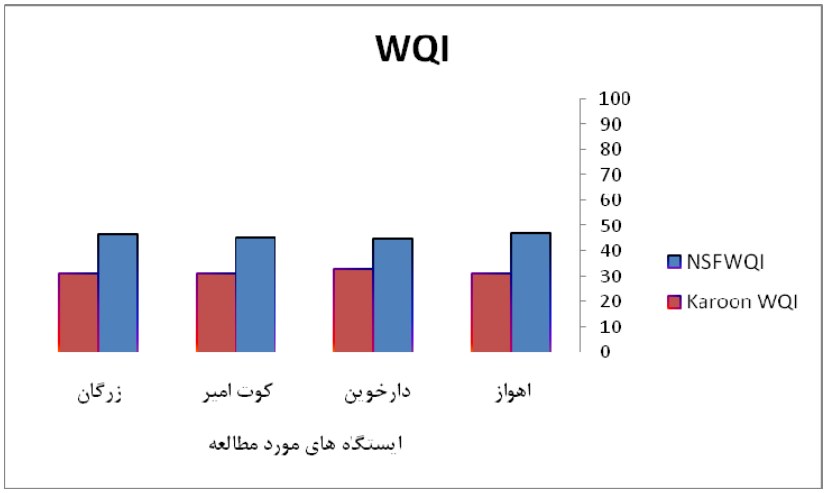


شکل ۲-نمایش مدل درختی با استفاده از نرم افزار Expert Choice

در این بخش نتایج کیفیت آب رودخانه کارون در فصل تابستان در ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۵ و شکل ۳ ارایه شده است.

جدول ۵- محاسبه شاخص WQI پیشنهادی و NSFWQI رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه برداری

Water Quality Factors	NSF Weights	Karoon Weights	ایستگاه‌های مورد مطالعه			
			اهواز	دارخوین	کوت امیر	زرگان
BOD	۰/۱۱	۰/۱۱۸	۳/۶	۳/۴	۳/۵	۳/۶
DO	۰/۱۷	۰/۱۴۰	۸/۷	۹/۱	۹	۸/۳
FC	۰/۱۶	۰/۱۳۳	۶۱	۵۹/۸	۵۲	۵۱
Nitrate	۰/۱	۰/۰۹۹	۸/۵	۹/۸	۹/۲	۸/۷
PH	۰/۱۱	۰/۱۲۶	۵/۱	۴/۵	۵/۲	۵
TC	۰/۱	۰/۰۷۶	۲۹	۱۶	۱۶	۲۰/۸۷
TDS	۰/۱	۰/۰۹۷	۱۶۴/۲	۱۵۸/۴	۱۵۹/۸	۱۶۵/۵
Phosphate	۰/۱	۰/۱۱۵	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱
Turbidity	۰/۰۸	۰/۰۹۷	۳۳/۴	۳۱/۸	۳۲/۲	۳۳/۳
WQI	NSFWQI		۴۵/۰۵	۴۵/۴۴	۴۷/۱۵	۴۶/۵۰
	Karoon WQI		۳۳	۳۱	۳۱	۳۱



شکل ۳- مقایسه نتایج شاخص های NSFWQI و WQI به دست آمده از رودخانه کارون

بحث و نتیجه‌گیری

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 آن‌ها می‌باشد. با توجه به این که 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 درجه‌بندی 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. در این مطالعه شاخص کیفیت آب برخی از عوامل از جمله اکسیژن محلول که عنصر ضروری برای حیات آبزیان می باشد، کلیفرم و pH از اولویت و اهمیت بیشتری برخورد دارند. سایر عوامل کیفی شامل: اکسیژن خواهی زیست- شیمیایی، فسفات، نیترات، کدورت، غلظت کل جامدات محلول و دما از اهمیت و وزن کمتری برخوردار می‌باشند. بر اساس نتایج حاصل از شاخص کیفیت آب، ایستگاه‌های اهواز، دارخوین، کوت امیر و زرگان در وضعیت بد تا متوسط قرار دارند و با مراجعه به وزن‌های به دست آمده از نرم افزار همه ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده دارای وضعیت بد از لحاظ شاخص کیفی می‌باشند. به همین لحاظ کاهش اولویت‌ها در بسیاری از عوامل به دلیل اهمیت و نقش آن‌ها در کیفیت آب، منطقی به نظر می‌رسد. به همین منظور باید به عوامل کیفی با وزن بیشتر به علت اثرات نامطلوبی که بر کیفیت آب رودخانه کارون از طریق منابع آلوده کننده بر جای می‌گذارند، اهمیت و توجه بیشتری شود. تعداد کلیفرم‌ها یک معیار مهم و اساسی برای ارزیابی آلودگی فاضلاب و کیفیت منابع آب می‌باشند. سطح بالای باکتری‌ها در منابع آب می‌تواند باعث کاهش کیفیت این منابع و همچنین آسیب به حیات آبزیان و حیات وحشی که از این منابع استفاده می‌کنند، گردد. در این تحقیق با توجه به نتایج و موقعیت رودخانه کارون به تعداد کلیفرم‌ها به عنوان یک عامل ضروری توجه شده است. اگر چه نتایج این روش به طور کلی بستگی زیادی به نظرات کارشناسان و منطقه مورد مطالعه دارد ولی همچنان نتایج این روش در شناسایی عوامل کیفی حساس بر حسب اولویت از لحاظ آلودگی حایز اهمیت است.

پژوهشگران دیگری از جمله کرباسی و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی کیفیت آب رودخانه گرگان رود با استفاده از شاخص NSFWQI و AHP پرداختند. در این مطالعه وزن نه عامل موثر در شاخص کیفی با استفاده از روش AHP و همچنین با توجه به نظرات کارشناسان متخصص در این زمینه و در نظر گرفتن شرایط جغرافیایی منطقه مورد مطالعه تغییر و اصلاح گردید. نتایج نشان داد که اکسیژن محلول، فکال کلیفرم، اکسیژن خواهی زیست- شیمیایی به ترتیب دارای بیشترین وزن به دست آمده بودند (۱۵). در مطالعه دیگر کریمیان و همکاران در سال ۱۳۸۵ شاخص NSFWQI جهت پهنه بندی رودخانه زهره را مورد مطالعه قرار دادند. ایستگاه‌های منتخب شامل ۹ 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 زیست-شیمیایی (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 (۲۳). میرزایی و همکاران مطالعه مشابهی بر روی پهنه بندی کیفی رودخانه جاجرود در سال ۱۳۸۳ انجام دادند. در این مطالعه جهت پهنه‌بندی از شاخص NSFWQI استفاده گردید. پارامترهای مورد مطالعه برای شاخص NSFWQI شامل pH، هدایت الکتریکی، TS، کلیفرم مدفوعی، فسفات، نیترات، کدورت، اکسیژن محلول و BOD می باشند و اندازه‌گیری پارامترهای مذکور در طول یک‌سال و به صورت فصلی انجام گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که علیرغم ورود آلودگی در بالا دست رودخانه از قدرت پالایش طبیعی بالایی برخوردار بود (۲۴). به طور کلی نتایج پژوهشگران مختلف کارایی این شاخص را نشان می‌دهد. روش استفاده شده در این مطالعه به علت قابلیت بالای مدیریتی، صحت و دقت قضاوت‌ها در به دست آوردن وزن نهایی عوامل موثر ارزشمند است. به کارگیری روش موجود اولاً تمامی اهداف تعریف شده در پروژه‌های کیفیت آب را با ارایه نظرات کارشناسان متخصص و به منظور کاهش هزینه و

همچنین در نظر گرفتن مسایل اقتصادی، اجتماعی و فنی بهبود می‌بخشد. همچنین به کارگیری آنالیز حساسیت ویژگی مکانی عوارض را اصلاح می‌کند. به عبارت دیگر استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی توام با شاخص‌های کیفیت آب، محدودیت‌های شاخص کیفیت آب (NSF) مربوط به شرایط خاص هر مکان را از بین می‌برد. همچنین با پایش عوامل فیزیکی، شیمیایی و میکروبی و همچنین با کنترل شاخص ملی کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد نظر، اثرات زیست محیطی ورود آلودگی در قسمت‌های مختلف رودخانه به خوبی مشهود بوده و امکان تصمیم‌گیری در خصوص نحوه استفاده از آب در بخش‌های مختلف آن را برای مسئولین ذیربط فراهم می سازد.

پیشنهادات

۱. آلاینده‌های موجود در آب رودخانه‌ها به صورت منظم در زمان‌های مشخص اندازه‌گیری و کنترل گردد.
۲. مطالعاتی در زمینه آلودگی‌های رسوبات بستر رودخانه‌ها انجام شود.
۳. استفاده از موجودات آبزی تجزیه کننده عوامل آلایندگی مانند عدسک‌های آبی.
۴. از تخلیه مستقیم فاضلاب خانگی به رودخانه جلوگیری شده و از روش‌های تصفیه فاضلاب خانگی استفاده شود.
۵. ترویج کشاورزی پاک (بدون استفاده از سموم و کودهای شیمیایی و یا حداقل استفاده از انواع بی‌خطر آن‌ها) و استفاده از روش‌های مبارزه بیولوژیکی و طبیعی.

منابع

1. Enrique, S., Manuel, F., Colmenarejo, JA., Angel, RG., Garcı, LT., Borja, R. 2007. Use of the water qualityindex and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators. No (7). p: 315–328.
2. Simeonov, V., Stratis, JA., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsa, D., Anthemidis, A., 2003. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. Journal Water Res. No (37). p: 4119–4124.
3. Chapman, D., 1996. Water Quality assessment. E&FN spon, an imprint of Chapman &Hall. 2nd Edition.

۴. ۴- رحیمی، آزاده. «شبکه‌های پایش کیفیت آب»، مجله‌ی آب و محیط زیست، شماره ۵۱، ۱۳۸۳؛ صفحه ۳۰.

۵. ۵- مفتاح هلقی، مهدی. «پهنه‌بندی کیفی آب با استفاده از شاخص‌های متفاوت کیفی (مطالعه موردی: رودخانه اترک)». مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد هجدهم. شماره دوم. ۱۳۹۰؛ صفحات ۲۱۱-۲۲۰.

6. 6- Meftah Halaghi, M., Golalipor, A. 2007. Classification of Water Quality of Atrak River, Technical Report of Golestan Environmental Office. p: 177.
7. 7- Teraoka, H., Ogava, M,. 1984. Behavior of element in the Takahashi, Japan river basin. Journal Environ. Qual. No (13). p: 453-459.
8. 8- Miller, W., Guitjens, J., Mahannah, C.n. 1984. Water quality of irrigation and surface teturn flows from flood-irrigated pasture and alfalfa hay. Journal Environ. Qual. No (13). p: 543-548.
9. Dasilva, A,. Maria M., 2001. Using chemical and physical parameters to define quality of Parado river water (botucatu- sp-brazil), Journal Wat Res. Elsivier sience. 35(6). p: 1609-1616.

۱۰. گلجان، فاطمه و همکاران، «تعیین کلاسه کیفی آب رودخانه‌های شهرستان نور». فصلنامه تحقیقات علوم آب. سال اول، شماره اول. ۱۳۸۸؛ صفحات ۴۸-۳۵.

11. Marina, C., Paolo, A., Alfredo, S. 2002. Water quality control in the river Arno, Journal Water Research. No (36). p: 2673-2680.

۱۲. اسداللهی فرد، قادر و همکاران، «بررسی شاخص‌های کیفیت و طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد علم و صنعت. دانشگاه تهران. ۱۳۷۸؛ صفحات ۱۵۶-۱۵۲.

۱۳. نصیر احمدی، کامران و همکاران، «پهنه بندی کیفیت آب رودخانه هراز براساس شاخص NSFWQI »، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره ۲۲. شماره ۹۲. شهریور ۱۳۹۱. صفحات ۲۲-۲۰.

۱۴. حسینیان، سعید و همکاران، «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، اهواز، بهمن ۱۳۸۵. صفحات ۳۲۵-۳۳۴.

15. Karbassi, AR., MirMohammad Hosseini, F., Baghvand, A., Nazariha, M., 2011. Development of water Quality Index (WQI) for Gorganrood River. Int. J. Environ. Res., 5(4). p:1041-1046.

16. Malczewski, J., 1999. GIS and Multi criteria Decision Analysis, John Wiley and so as Inc.395.

۱۷. قدسی پور، حسین. «فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP»، انتشارت دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۵.

۱۸. طرح توسعه استان خوزستان. ۱۳۹۰. طرح منابع آبی استان خوزستان.

19. Ramirez, NF., Solano, F. 2004. Physic-chemical water quality indices-a comparative review. RevistaBifua. J .No (27). p: 437-441.

20. Liou, S., Losl, H., 2003. Application of twostage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. Water Res.37. p: 1406–1416.

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

22. Saaty, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Sci., 1(1).83-98.

23. Karimian, A., Jafarzadeh, N., Nabizaheh, R., & Afkhami, M., 2007. Zoning of water quality bases on WQI index, Zohreh river case study. Int J Water Eng. 18. p: 56-62.

24. Mirzaei, M., Nazari, A., Bagheri, A., 2005. Jadjrood River Qualification, Journal Environ. Sci. No (37). p: 17-26.