تعیین کیفیت آب رودخانه کارون با استفاده از مدل استنتاج فازی ممدانی

میثم ودیعتی[۱]، محمد نخعی[۲]، وهاب امیری امرایی[۳]، علی میرعربی[٤]

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه تبریز m.vadiati@yahoo.com

۲- دانشیار دانشگاه خوارزمی

۳- دانشجوی دکتری خوارزمی

٤- کارشناس مرکز تحقیقات کارست ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۸/۲۱ تاریخ تصویب: ۹۲/۵/۱۳

چکیده

در سال‌های اخیر، روش‌هایی با مبنای منطق فازی تطبیق یافته‌اند تا عدم قطعیت همراه با مسائل زیست محیطی را در نظر بگیرند. در پژوهش حاضر، از روش مدل استنتاج فازی جهت ارزیابی کیفیت آب رودخانه استفاده شده است. توان کاربرد مدل استنتاج فازی با مطالعه موردی سنجیده شد. به همین منظور از داده‌های اندازه گیری شده ۱۷ ایستگاه در مسیر رودخانه کارون در سال آبی ۱۳۸۸-۱۳۸۹ استفاده گردید. مهم‌ترین پارامترهای تأثیر گذار بر کیفیت آب رودخانه شامل اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی ۵ روزه، نیترات، کلرور و هدایت الکتریکی استفاده گردید. با استفاده از مدل استنتاج فازی، کیفیت آب رودخانه به سه طبقه خوب، متوسط و بد تقسیم شد. نتایج نشان داد، مدل استنتاج فازی قادر است تغییرات کیفیت آب را در فصول مختلف نشان دهد. بنابراین، این روش ابزار جایگزین و مناسبی را معرفی می‌کند که می‌تواند در توسعه موثر برنامه‌های مدیریت آب استفاده شود.

واژگان کلیدی: مدل استنتاج فازی، کیفیت آب رودخانه، رودخانه کارون، قوانین فازی، متلب.

مقدمه

رفتار سنجی و تصمیم‌گیری در مورد کیفیت آب بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، یکی از مشکلات مهندسان محیط زیست و هیدرولوژیست‌ها می‌باشد؛ چرا که در همه مراحل، از نمونه‌برداری تا بررسی و تحلیل نتایج، با انواع عدم قطعیت‌ها روبرو هستند [۳]. در دهه‌های اخیر مدیریت و پایش کیفیت آب رودخانه‌ها با اندازه‌گیری پارامترهای مختلف کیفیت آب افزایش یافته است. اگرچه به سبب تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب، تفسیر و بررسی آن مشکل بوده است [۵]. بدون شک مدل‌سازی کیفی نمی‌تواند مستقل از مشخصات هیدرولوژیکی و هیدرودینامیکی رودخانه و مشخصات کیفی آلاینده‌ها باشد. عوامل زیادی در تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب رودخانه دخیل هستند از عوامل مهم کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها خصوصاً در مناطق

کوهستانی خصوصیات هیدروژئولوژیکی مسیرهای عبور جریان است [۱۵]. ترکیب شیمیایی و فیزیکی آب با تغییرات زمان و مکان متغیر است. در مورد تغییرات مکانی از ارتباط میان توپوگرافی، سنگ‌شناسی سازندها و فرآیندهای هیدروژئولوژیکی و در مورد تغییرات زمانی از تغییرات فصلی در حجم کلی عبوری آب در سیستم و منطقه مورد مطالعه می‌توان یاد کرد [٦].

فعالیت‌های انسانی نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت آب رودخانه‌ها دارند. بعضی از این تأثیرات نتیجه تغییرات هیدرولوژیکی مانند ساختن سد، خشک شدن تالاب‌ها و انحراف در مسیر جریان است. همچنین آب‌های سطحی نیز نقش مهمی در انتقال فاضلاب خانگی، صنعتی و رواناب حاصل از زمین‌های کشاورزی به رودخانه‌ها دارند[۱۷]. فاکتورهای هواشناسی مانند کمیت، فراوانی و شدت بارندگی نیز با تأثیر بر روی چرخه هیدرولوژی آب بر کیفیت و کمیت منابع آبی نیز تأثیر گذار است. فرآیندهای طبیعی همچون تبخیر و تعرق، رطوبت خاک، فرسایش طبیعی و هوازدگی به علاوه کاربری اراضی، فعالیت‌های کشاورزی و دخالت‌های بشری در چرخه آب نیز بر منابع آبی مؤثر است. بنابراین استفاده مناسب و کارامد از مدل‌های ریاضی برای شبیه سازی کیفی رودخانه‌ها برای تعیین خط مشی‌های جامع و مناسب و در نهایت ارزیابی روش‌های تعیین کیفیت آب و به ویژه مدیریت آن‌ها بسیار حایز اهمیت است.

از اواسط دهه ۱۹۷۰ با توسعه سریع ابزارهای محاسباتی و کامپیوترها و توسعه روش‌های عددی در حل معادلات دیفرانسیلی، مدل‌سازی کیفی رودخانه‌ها رشد چشمگیری یافت [۱۱]. ابهام و نبود قطعیت ذاتی حاکم بر منابع آب در ارزیابی اهداف، معیارها و واحدهای تصمیم‌گیری از یک‌سو و ناسازگاری و بی‌دقتی در نظرات و قضاوت افراد تصمیم‌گیرنده از سوی دیگر، سبب گرایش به نظریه مجموعه‌های فازی و به دنبال آن منطق فازی به عنوان ابزاری کارآمد و مفید برای برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در منابع آب گردیده است [٤و۹].

از زمانی که تئوری مجموعه‌های فازی، اولین بار توسط پروفسور لطفی عسگر زاده (۱۹٦۵) پایه گذاری شد، تحقیقات گسترده‌ای در مورد کاربرد سیستم‌های فازی در منابع آب صورت گرفته است [۱۳].. برای مثال لیو و لو (۲۰۰٤) کاربرد تئوری فازی را در ارزیابی کیفیت رودخانه کیلینگ تایوان بررسی نمودند. ایشان نشان دادند؛ استنتاج فازی تحلیل منطقی‌تری جهت تفسیر کیفیت آب رودخانه ارائه می‌کند [۱۰]. موسایی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی کیفی آب رودخانه و سر شاخه های کارون در استان چهارمحال و بختیاری پرداختند [۲]. ماهاپراتا و همکاران (۲۰۰۱) به پیش بینی کیفیت آب رودخانه پرداختند؛ نتایج نشان داد پیش بینی کیفیت آب رودخانه به سبب استفاده از نظرات کارشناس خبره، بسیار مناسب و قابل اعتماد است [۱۲].

حوضه آبریز رودخانه کارون توسط رودخانه کارون که در جنوب غربی ایران قرار گرفته است، زهکش می‌شود. مساحت حوضه آبریز برابر ٦۷۰۰۰ کیلومتر مربع و بین طول جغرافیایی '۱۵ °٤۸ و '۳۰ °۵۲ شرقی و عرض جغرافیایی '۱۷ °۳۰ و '٤۹ °۳۳ شمالی قرار گرفته است. سر شاخه اصلی رودخانه کارون از رشته کوه‌های زاگرس منشأ می‌گیرد و به شمال شرقی

خلیج فارس می‌ریزد. کارون طولانی‌ترین رودخانه ایران با دبی متوسط ۹۰ مترمکعب بر ثانیه در فصل خشک و ۲۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه در فصول تر است [۱۵].

نزدیک به شصت شهر مختلف از آب این رودخانه استفاده می‌کنند و مواد زائد خود را به آن سرازیر می‌کنند.

با ساخت و بهره‌برداری از چندین سد مختلف در مسیر رودخانه برداشت آب از این رودخانه افزایش یافته و رها سازی فاضلاب‌های صنعتی، خانگی و کشاورزی به این رودخانه باعث بدتر شدن کیفیت آب رودخانه شده است [۱٤].

کیفیت و کمیت آب رودخانه کارون نقش مهمی در توسعه صنعتی و کشاورزی استان خوزستان دارد. بنابراین پایش و مدیریت کیفیت آب رودخانه کارون اهمیت بالایی دارد. تعداد ۱۷ ایستگاه پایش کیفی در طول رودخانه کارون پارامترهای فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب را اندازه‌گیری می‌کنند. در این پژوهش از مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی شامل اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی ۵ روزه (BOD_5)، هدایت الکتریکی (EC) و یون‌های مهم محلول در آب شامل نیترات (NO_3^-) و کلرور (Cl^-) جهت طراحی مدل فازی کیفیت آب رودخانه انتخاب گردیدند.

روش تحقیق

مجموعه فازی برخلاف مجموعه‌های سنتی یاد شده، به هر عضو درجه ای از عضویت به یک مجموعه را تخصیص می‌دهد. در واقع تابع ویژگی یک مجموعه فازی عددی بین ۰ و ۱ را به عنوان درجه عضویت هر عضو به مجموعه، به آن اختصاص می‌دهد.

اگر X را مجموعه‌ای از x ها در نظر بگیریم، آن‌گاه مجموعه فازی A در X به صورت مجموعه‌ای از زوج‌های مرتب زیر تعریف می‌شود:

$$A = \{(x, \mu - A(x)) | x \in X\} \qquad (۱)$$

که μ_A (x) تحت عنوان تابع عضویت مجموعه فازی A شناخته می‌شود. تابع عضویت، هر عضو از x را به درجه‌ای از عضویت (و یا مقدار عضویت) که یک مقدار بین ۰ و ۱ است، نگاشت می‌کند.

استنتاج فازی فرآیندی است که طی آن نگاشت از ورودی‌ها به خروجی‌ها با استفاده از منطق فازی ظابطه‌مند می‌گردد. گزاره‌های فازی با توابع شرطی و به صورت قوانین فازی «اگر- آنگاه» شناخته می‌شوند. این قوانین روابط میان ورودی و خروجی را توصیف کرده و از دو بخش تقدم و تأخر تشکیل شده‌اند [۸].

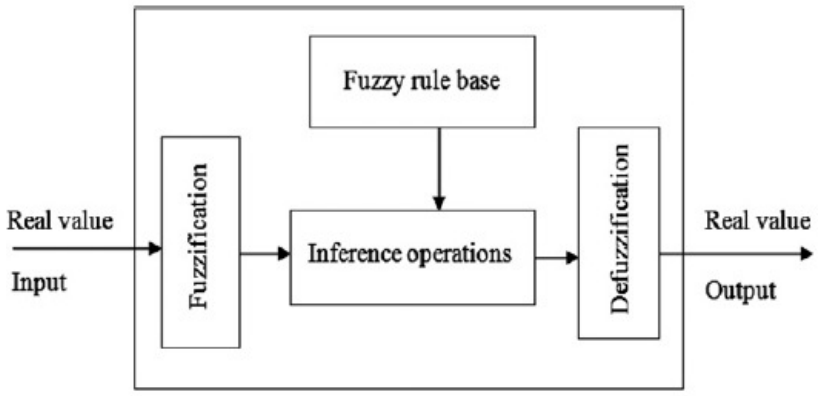
سیستم فازی همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است .

فرآیندهای فازی سازی، قاعده- بنیاد فازی، موتور خروجی فازی و غیر فازی سازی است. مدل‌های استنتاج فازی بسیار زیادی وجود دارد.

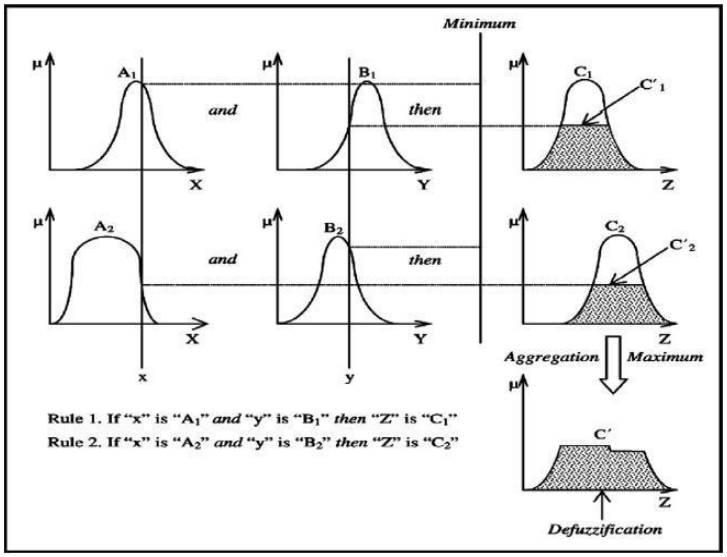
مشهورترین آن‌ها در علوم مهندسی، مدل فازی ممدانی است.

اغلب از این مدل جهت حل مسائل مربوط به منابع آب استفاده می‌شود.

در این پژوهش نیز از عملگر استلزام ممدانی استفاده شده است.



این مدل به سبب مقبولیت عام و سادگی کاربرد، به دیگر مدل‌های موجود ترجیح داده می‌شود . توابع عضویت خروجی مجموعه فازی در استنتاج فازی ممدانی باید غیر فازی گردند. این روش کارایی فرآیند غیر فازی سازی را با کاهش محاسبات مورد نیاز افزایش می‌دهد [۱۳]. روش‌های min-max, max-max, min-min, max-min از مهم‌ترین روش‌های مورد استفاده در مدل فازی ممدانی به‌شمار می‌روند و به طور معمول از ترکیب max-min استفاده می‌شود [۱٦]. در مدل فازی ممدانی مورد استفاده در این پژوهش نیز از ترکیب عملگرهای max-min استفاده شده است. در شکل ۲ مدل سیستم استنتاج فازی ممدانی نشان داده شده است.



شکل ۲- مدل سیستم استنتاج فازی[۱۳].

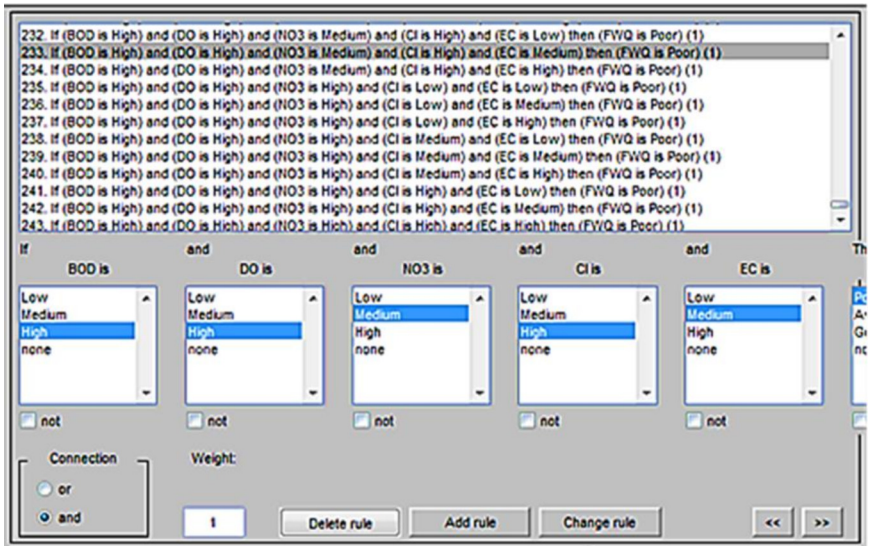
در این بخش تمامی عملیات از فازی سازی تا غیر فازی سازی به صورت فشرده نشان داده شده است. جریان اطلاعات از سمت چپ آغاز شده و پس از پردازش هر قاعده، خروجی‌ها در سمت راست با هم ترکیب شده و خروجی نهایی تولید می‌شود. تصمیم سازی سیستم استنتاج فازی، بر اساس قوانین اعمال شده توسط کارشناس خبره صورت می‌گیرد. قوانین از دو بخش «اگر- آنگاه» تشکیل شده‌اند. در بخش «اگر» ورودی مدل تعریف می‌شود. پارامترهای کیفی DO، BOD5، NO_3^-، Cl^- و EC به سه مشخصه زبانی «کم»، «متوسط» و «بالا» ترسیم شده‌اند. در بخش آنگاه خروجی مدل تعریف شده است. خروجی مدل کیفیت آب رودخانه نیز به صورت سه مشخصه زبانی «بد، «متوسط» و «خوب» در نرم افزار MATLAB ترسیم شدند. دو نوع تابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌ای به سبب سادگی فرمول و بهینه بودن محاسبات، به صورت گسترده‌ای در سیستم‌های استنتاج فازی دارای کاربرد هستند [۱] . در این پژوهش از توابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌ای استفاده گردید. تابع عضویت هر یک از ورودی‌ها را مجموعه فازی تعیین می‌کند. با مشخص کردن ورودی‌های کلاسیک و اعداد قطعی در محدوده از قبل تعیین شده (تمام غلظت‌های ممکن پارامتر کیفی آب) هر یک از مجموعه‌های فازی تابع عضویتی بین ۰ و ۱ می‌گیرند. جدول ۱ توابع عضویت پارامترهای استفاده شده در مدل استنتاج فازی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- توابع عضویت پارامترهای ورودی استفاده شده در مدل استنتاج فازی

ورودی مدل	واحد	«کم»			«متوسط»				«بالا»		
		A=B	C	D	A	B	C	D	A	B	C=D
DO	Mg/L	۰	۳	٤	۳	٤	۷	۸	۷	۸	۱۲
BOD5	Mg/L	۰	۲/۵	۳/۵	۲/۵	۳/۵	٤	۵	٤	۵	۱۵
Cl	Mg/L	۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۱۱۰۰
NO_3	Mg/L	۰	۱۰	۲۰	۱۰	۲۰	۳۰	٤۰	۳۰	٤۰	۵۰
EC	µS/cm	۰	٦۰۰	۷۰۰	٦۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۹۰۰	۸۰۰	۹۰۰	۱٤۰۰

مدل‌های استنتاج فازی، تعداد قوانین به تعداد پارامترهای ورودی و متغیرهای زبانی مورد استفاده بستگی دارد. برای مثال به تعدادی قانون استفاده شده در مدل اشاره می‌شود. فرض شد اگر پارامترهای ورودی به مدل شامل BOD5، EC، Cl^- و NO_3^- مقادیر کمی داشته باشند و DO مقدار بالایی داشته باشد، کیفیت آب خوب خواهد بود. در حالتی که مقادیر EC و NO_3^- بالا بودند و پارامترهای DO، BOD5 و Cl^- مقادیر کمی نشان می‌دادند؛ کیفیت نهایی آب نامناسب فرض شد. زیرا مقادیر EC به عنوان نماینده تمامی مواد محلول در آب و نیترات به عنوان آنیون خطرناک محلول در آب مقادیر بالایی دارند و بر کیفیت آب تأثیر بدی خواهند گذاشت. از این‌رو مدل کیفیت نهایی آب رودخانه را بد در نظر

خواهد گرفت. همچنین فرض شد اگر پارامترهای BOD5، EC، Cl^- و NO_3 مقدار بالایی داشته باشند و DO مقدار کمی داشته باشد؛ کیفیت آب بد خواهد بود. همچنین در شرایطی که تمامی پارامترها مقادیر متوسطی داشته باشند، فرض شد کیفیت آب نیز متوسط خواهد بود. به همین ترتیب تعداد ۲٤۳ قانون به مدل وارد گردید. هر قانون دارای وزن مشخصی (بین ۰ و ۱) می‌باشد. این مقدار بر روی مقادیر حاصله از قسمت فرض اعمال می‌شود. عموماً مقدار وزن قوانین برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود. در این مدل نیز وزن قوانین برابر ۱ در نظر گرفته شد. شکل ۳ ویرایشگر قوانین If-Then مدل استنتاج فازی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- ویرایشگر قوانین If-Then مدل استنتاج فازی

برای اینکه بتوان خروجی نسبی یا منطقی بدست آورد؛ تجمیع قوانین انجام می‌شود. در سیستم‌های عملگر (and/or) قوانین با or و and به هم مرتبط می‌شوند . پس از تخصیص مقادیر مناسب به وزن هر یک از قوانین، روش دلالت پیاده سازی می‌شود در پژوهش حاضر از روش دلالت حداقل min استفاده شده است. از میان سه روش بیشینه (max، OR) احتمالی (probor) و محاسبه مجموع (sum) برای فرآیند تجمیع از روش بیشینه max استفاده شد. همچنین از میان روش‌های مرسوم در راستای غیر فازی کردن، از روش غیر فازی ساز مرکز ثقل در مدل استنتاج فازی حال حاضر استفاده شده است.

بحث

پس از طراحی مدل، تمامی ۱۷ نمونه کیفیت آب که در طول رودخانه کارون اندازه گیری شده بودند؛ مورد ارزیابی قرار گرفتند و کیفیت آب رودخانه و سطوح اطمینانِ هر یک از نمونه‌ها به روش استنتاج فازی تعیین گردید. مقایسه این دو روش در جدول ۲ برای مقادیر حداقل پارامترها، جدول ۳ برای مقادیر

حداکثر و جدول ٤ برای مقادیر میانه پارامترهای مورد مطالعه در ١٧ ایستگاه انتخابی ارائه شده است. مقادیر حداقل پارامترهای اندازه گیری شده در ١٧ ایستگاه انتخابی، به مدل وارد شدند. نتایج نشان داد. کیفیت ٢ نمونه آب متوسط، یک نمونه بد و ١٤ نمونه به لحاظ ارزیابی فازی کیفیت خوبی دارند. مقادیر سطح اطمینان هر نمونه به صورت درصد داخل پرانتز آورده شده است. نمونه شماره یک و ١٠ هر دو به روش ارزیابی فازی کیفیت خوبی دارند. مقادیر عددی و قطعی پارامترهای نمونه شماره یک کم است؛ درحالی‌که، مقدار پارامترهای BOD5، NO_3^-، Cl^- و EC در نمونه شماره ١٠ کم بوده و مقدار DO در ارزیابی قطعی در رده «متوسط» قرار گرفته است. از آنجای که هر چه میزان DO بیشتر باشد، کیفیت آب بهتر خواهد بود. این استنتاج به صورت قانون در مدل طراحی شده، اعمال گردیده است. با قرار گرفتن DO در رده «کم»، مدل به ارزیابی نهایی کیفیت آب سطح اطمینان کمتری اختصاص می‌دهد. ارزیابی روش قطعی برای دو نمونه ١٢ و ١٤ مشابه است؛ اما به دلیل بالا بودن مقادیر عددی نمونه ١٤ نسبت به نمونه ١٢، مدل سطح اطمینان بیشتری برای نمونه ١٢ به روش فازی پیش بینی کرده است.

جدول ٢- مقایسه روش قطعی و نتایج ارزیابی فازی کیفیت آب رودخانه کارون (حداقل)

نمونه	تصمیم‌گیری به روش فازی	تصمیم‌گیری به روش قطعی		
		«کم»	«متوسط»	«بالا»
١	خوب(٨٦/٦)	DO,EC,NO_3,BOD,Cl		
٢	خوب(٨٦/٩)	DO,EC, NO_3,BOD	Cl	
٣	خوب(٨٧/٦)	EC, NO_3,BOD,Cl	DO	
٤	خوب(٨٢)	DO, NO_3,BOD	EC,Cl	
٥	خوب(٨٦/٩)	EC, NO_3,BOD	DO,Cl	
٦	خوب(٨٧/٦)	EC, NO_3,BOD	DO,Cl	
٧	خوب(٨٦/٥)	EC, NO_3,BOD	DO,Cl	
٨	خوب(٨٦/٥	DO,EC, NO_3,BOD,Cl		
٩	خوب(٨٧/٦)	EC, NO_3,BOD	DO,Cl	
١٠	خوب(٨٧/٦)	EC, NO_3,BOD,Cl	DO	
١١	متوسط(٦٨/٩)	NO_3,BOD	DO,EC,Cl	
١٢	خوب(٨٢)	NO_3,BOD	DO, EC	Cl
١٣	خوب(٨٧/٦)	EC, NO_3,BOD	DO,Cl	
١٤	متوسط(٦٠)	NO_3,BOD	DO,EC	Cl
١٥	خوب(٨٧/٥)	EC, NO_3,BOD	DO,Cl	
١٦	بد(٤٦/٧)	EC, BOD	DO, NO_3	Cl
١٧	خوب(٨٧/٦)	EC, NO_3,BOD	DO	Cl

برتری روش فازی نسبت به دیگر روش‌های مرسوم در ارزیابی داده‌های مرزی بهتر مشخص می‌شود. به همین سبب برای نمونه ١٢ کیفیت خوبی پیش‌بینی شده و برای نمونه ١٤ کیفیت متوسط پیش بینی شده است. نمونه شماره ١٦ به دلیل بالا بودن مقدار نیترات، مدل کیفیت بدی را برای این نمونه پیش بینی کرده است. همچنین با وارد کردن حداکثر مقادیر پارامترهای ورودی به مدل برای یک سال آبی، نتایج در جدول ٣ آورده شده است. نتایج ارزیابی فازی کیفیت بدی را برای تمامی نمونه‌ها پیش بینی کرد. مقادیر سطح اطمینان حداقل ٢٢/٣ درصد و حداکثر ٢٣/٣ درصد برآورد شدند. در نهایت مقادیر میانه پارامترهای اندازه‌گیری شده به مدل وارد شد تا بتوان درک درستی از کیفیت آب رودخانه در سال آبی داشت. نتایج نشان دادند؛ کیفیت ١٣ نمونه بد، یک نمونه کیفیت متوسط و ٣ نمونه کیفیت خوبی دارند. با مقایسه روش قطعی و فازی در جدول ٤، مشخص شد نمونه شماره ٣ با سطح اطمینان ٨٧/٦ درصد به روش ارزیابی فازی خوب و نمونه شماره ٩ با سطح اطمینان ٦٠ درصد، کیفیت متوسطی دارد. ارزیابی فازی برای نمونه ٤ و ١٦ به دلیل بالا بودن مقادیر قطعی EC و Cl سطح اطمینان ٢٢/٣ درصد و کیفیت بدی را پیش بینی کرده است.

جدول ٣- مقایسه روش قطعی و نتایج ارزیابی فازی کیفیت آب رودخانه کارون (حداکثر)

نمونه	تصمیم‌گیری به روش فازی	تصمیم‌گیری به روش قطعی		
		«کم»	«متوسط»	«بالا»
١	بد(٢٢/٣)		DO	NO_3, BOD ,EC,Cl
٢	بد(٢٢/٣)		DO	NO_3, BOD ,EC,Cl
٣	بد(٢٢/٥)	NO_3	Cl	BOD,DO,EC
٤	بد(٢٢/٣)			NO_3, BOD,DO,EC,Cl
٥	بد(٢٢/٨)		DO	NO_3, BOD ,EC,Cl
٦	بد(٢٢/٣)	DO		NO_3, BOD ,EC,Cl
٧	بد(٢٢/٣)			NO_3, BOD,DO,EC,Cl
٨	بد(٢٢/٣)		DO	NO_3, BOD, EC,Cl
٩	بد(٢٢/٩)	NO_3		BOD,DO,EC,Cl
١٠	بد(٢٢/٣)		NO_3	BOD,DO,EC,Cl
١١	بد(٢٢/٣)		NO_3	BOD,DO,EC,Cl
١٢	بد(٢٢/٣)	DO		NO_3, BOD ,EC,Cl
١٣	بد(٢٣)		NO_3	BOD,DO,EC,Cl
١٤	بد(٢٢/٣)	NO_3		BOD,DO,EC,Cl
١٥	بد(٢٢/٦)			NO_3, BOD,DO,EC,Cl
١٦	بد(٢٢/٣)	NO_3		BOD,DO,EC,Cl
١٧	بد(٢٢/٣)			NO_3, BOD,DO,EC,Cl

جدول ٤- مقایسه روش قطعی و نتایج ارزیابی فازی کیفیت آب رودخانه کارون (میانه)

نمونه	تصمیم‌گیری به روش فازی	تصمیم‌گیری به روش قطعی		
		«کم»	«متوسط»	«بالا»
١	بد(٢٣/١)	NO_3	BOD, DO	EC, Cl
٢	بد(٢٣/٥)	BOD, NO_3	Cl	DO,EC
٣	خوب(٨٧/٦)	BOD, NO_3,EC, Cl		DO
٤	بد(٢٣/٣)	BOD, NO_3	DO	Cl, EC
٥	بد(٢٣/٣)	NO_3	BOD	DO,EC, Cl
٦	بد(٢٣/٥)	BOD	DO, NO_3	EC, Cl
٧	بد(٢٣/٤)	NO_3	BOD	DO,EC, Cl
٨	خوب(٨٧/٢)	BOD, NO_3,EC,Cl		DO
٩	متوسط(٦٠)	BOD, NO_3	EC, Cl	DO
١٠	خوب(٨٧/٣)	BOD, NO_3,EC, Cl		DO
١١	بد(٢٣/٣)	NO_3	BOD, DO	EC, Cl
١٢	بد(٢٣/٥)	BOD, NO_3		DO,EC,Cl
١٣	بد(٢٣/٣)	BOD, NO_3		DO,EC, Cl
١٤	بد(٢٣)	NO_3	BOD, DO	EC,Cl
١٥	بد(٢٣)	NO_3, Cl	BOD, DO	EC
١٦	بد(٢٣/٣)	NO_3	BOD, DO	EC,Cl
١٧	بد(٢٣/٥)	NO_3, Cl	BOD, DO	EC

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف استفاده از روش‌های استنتاج فازی در تعیین کیفیت آب رودخانه کارون انجام شد. ارزیابی کیفی آب بر اساس روش‌های قبلی و تقسیم بندی کیفیت آب به رده‌های مطلوب، قابل قبول و غیر قابل قبول بر اساس استانداردهای کیفیت آب چندان مناسب به نظر نمی‌رسید. به همین سبب از مدل استنتاج فازی ممدانی استفاده گردید؛ تا بتوان کیفیت آب رودخانه کارون را به طور دقیق‌تری پیش بینی نمود. با توجه به این که در ارزیابی فازی برای هر یک از پارامترهای کیفی آب حدود فازی تعیین می‌شود، کیفیت آب در قالب رده‌های بد، متوسط و خوب طبقه‌بندی گردید. پس از طراحی مدل، مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های نمونه برداری به مدل وارد گردید. تعداد کمی از نمونه‌ها در رده خوب قرار گرفتند و اغلب نمونه‌ها کیفیت مناسبی نداشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت کیفیت آب رودخانه کارون به طور کل مناسب نیست. با مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی فازی برای مقادیر حداقل، حداکثر و میانه پارامترهای بکار رفته در مدل، به سبب

تغییرات شدید کیفیت آب، می‌توان نتیجه گرفت؛ مدل استنتاج فازی کیفیت آب رودخانه را با دقت مناسبی تعیین می‌کند، لذا استفاده از این روش در ارزیابی کیفیت آب در دیگر مناطق و دیگر منابع آب نیز سودمند خواهد بود.

منابع

١- کیا، م، (١٣٨٩)، منطق فازی در MATLAB، انتشارات کیان رایانه سبز، ٢٤٠ ص.

٢- موسایی، ف، نخعی، م، و رمضانی، ا، (١٣٨٩)، ارزیابی کیفی آب رودخانه و سر شاخه های کارون در استان چهارمحال و بختیاری، همایش ملی آب پاک.١٢٢ص.

٣- هاشمی، ا، موسوی، ف، طاهری، م، و قره‌چاهی، ع، (١٣٨٩)، ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی ٩ شهر استان اصفهان برای مصارف شرب با استفاده از سیستم استنتاج فازی، فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران، ٦، ٣٤-٢٥ص.

4- Bardossy, A., Bronstert, A., and Merz, B., (1995). 1. 2 and 3dimensional modeling of water movement in the unsaturated soil matrix using a fuzzy approach. Advanced Water Resources 18, 237-251pp.

5-Dixon, W., Chiswell, B., (1996). .Reviewof aquaticmonitoring program design. Water Research, 30, 1935–1948pp.

6-Fernández, A.C., Fernández, A.M., Domínguez, C.T., and Santos, B.L., (2006). Hydrochemistry of northwest Spain ponds and relationships to groundwater. Journal of the Ecology of the Iberian Inland Waters, Madrid, 25, 433-452pp.

7-Gokceoglu, C., (2002). A fuzzy triangular chart to predict the uniaxial compressive strength of the Ankara agglomerates from their petrographiccomposition.EngineeringGeology, 66, 39–51pp.

8-Iphar, M., and Goktan, R.M., (2006). An application of fuzzy sets to the dig ability index rating method for surface mine equipment selection253–266PP.

9-Li, Y.P., Huang, G.H., Huang, Y.F., and Zhou, H.D., (2009). A multistage fuzzy-stochastic programming model for supporting sustainable water-resources allocation and management, Env Mod and Software, 24: 786-797PP.

10-Liou, S., and Lo, S.L., (2004). A fuzzy Index Model for Tropic Status Evolution of Reservoir Waters. Water Resources, 96, 35-52PP.

11-Little, K.W., and Williams, R.E., (1975). Least-squares calibration of QUAL2E. Water Environment Research, 64, 179-18PP.

12-Mahapatra, S.S., Santosh, Kumar, Nanda, B.K., Panigrahy, (2001). A Cascaded Fuzzy Inference System for Indian River water quality prediction. Advances in Engineering Software, 42, 787–796PP.

13-Mamdani, E. H., and Assilian, S., (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. International Journal of Man–Machine Studies, 7(1), 1–13pp.

14-Mojahedi, S.A., and Attari, J., (2009). A Comparative Study of Water Quality Indices for Karun River. World Envirn and Water Res Congress, Kansas City. Missouri.126P.

15-Naddafi, K., Honari, H., Ahmadi, M., (2007) Water quality trend analysis for the Karoon River in Iran. Environmental Monitoring and Assessment, 134, 305–312pp.