Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال چهارم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۷
Volume 4, No. 1, Spring 2008 (IR-WRR)
۹-۲۷

تدوین سامانه اطلاعات مدیریت (MIS) برای تحلیل داده‌های کیفی رودخانه‌ها
مطالعه موردی: رودخانه‌های کارون - دز

محمد کارآموز [۱]، رضا کراچیان [۲]، احد نیک‌پناه [۳]
و مسیح اخباری [۴]

چکیده

سامانه اطلاعات مدیریت[۱] (MIS) به عنوان ابزاری کارآمد در پردازش داده‌ها و تحلیل مسائل ساختاریافته[۲] محسوب می‌شوند. با توجه به اهمیت موضوع، در این مقاله ساختار یک سامانه اطلاعات مدیریت برای پشتیبانی کارشناسان و مدیران در مدیریت کیفی رودخانه‌ها ارائه شده است. این سامانه شامل پنج ماجول اصلی مدیریت داده‌ها، صحت‌سنجی داده‌های کیفی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، پهنه‌بندی کیفی و شبیه‌سازی کیفی و تخمین بارهای غیرنقطه‌ای می‌باشد که در قالب سه بخش اصلی مدیریت داده‌ها، برنامه‌های کاربردی و زیر سامانه ارتباط با کاربر، طراحی و تدوین شده است. ماجول صحت‌سنجی داده‌های کیفی، با استفاده از آزمون‌های آماری و با در نظر گرفتن همبستگی‌های منطقی بین متغیرهای کیفی، به صحت‌سنجی داده‌های ورودی به بانک اطلاعاتی می‌پردازد. ماجول فرایند تحلیل سلسله مراتبی، امکان رتبه‌بندی بخش‌های اصلی آلوده کننده رودخانه و رتبه‌بندی منابع آلاینده در بازه‌ها را فراهم می‌سازد. در ماجول پهنه‌بندی کیفی، هدف تعیین بازه‌های مشابه، با در نظر گرفتن مجموعه‌ای دلخواه از متغیرهای کیفی شاخص می‌باشد. به این منظور، روش خوشه‌بندی فازی با استفاده از ماتریس‌های تشابه به کار گرفته می‌شود. در این ماجول، امکان رتبه‌بندی بازه‌ها از نظر کیفیت آب و تعیین بازه‌های بحرانی فراهم می‌شود. در ماجول شبیه‌سازی کیفی، تغییرات زمانی و مکانی متغیرهای کیفی در بازه‌های مختلف رودخانه، با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی عددی ارائه می‌گردند. این ماجول همچنین تخمینی از بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای را در بازه‌های مختلف سامانه رودخانه‌ای به دست می‌دهد. سامانه اطلاعات مدیریت تدوین شده در این مقاله، در تحلیل داده‌های کیفی سامانه رودخانه‌ای کارون - دز به کار گرفته شده است. بانک اطلاعاتی تهیه شده برای این سامانه، کلیه داده‌های کمی و کیفی موجود، مربوط به رودخانه‌های کارون و دز و منابع آلاینده آن‌ها را در بر می‌گیرد. نتایج تحلیل‌ها نشان‌دهنده کارایی مناسب این سامانه در پشتیبانی مدیریت کیفی رودخانه‌ها است.

کلمات کلیدی: سامانه اطلاعات مدیریت (MIS)، پهنه‌بندی کیفی، کیفیت آب، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

تاریخ دریافت مقاله: ۲۵ شهریور ۱۳۸۵
تاریخ پذیرش مقاله: ۳۱ فروردین ۱۳۸۷

۱- استاد و عضو هسته مرکزی قطب علمی مهندسی و مدیریت زیرساخت‌ها، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران
۲- استادیار و عضو قطب علمی مهندسی و مدیریت زیرساخت‌ها، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران
۳- کارشناس ارشد مهندسی آب، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
۴- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

Development of a MIS for River Water Quality Data Analysis
Case Study: The Karoon and Dez Rivers

M. Karamouz [1], R. Kerachian [2], A. Nikpanah [3] and M. Akhbari [4]

Abstract

Management Information Systems (MIS) are efficient tools for analyzing the structural problems in water resources and environmental systems management. This paper presents a MIS for river water quality data analysis. The MIS includes six modules, namely Data Management, Data Validation, Analytical Hierarchy Process, Water Quality Zoning, Water Quality Simulation, and Non-point Loads Estimation. The management of the data banks, statistical analysis and preparing different reports are the main tasks of the Data Management module. The Data Validation module uses statistical methods such as correlation analyses to verify and validate the input data related to the river water quantity and quality. Ranking pollution sources and determining their shares in river water pollution is done using the Analytical Hierarchy Process (AHP) module. The Water Quality Zoning module classifies the river reaches considering the concentration of different water quality variables. This module uses the fuzzy clustering method. In the proposed MIS, a river water quality simulation model is also used for determining the spatial and temporal variation of the water quality constituents in a river system. Finally, the characteristics of the non-point pollution sources are estimated using the Non-point Loads Estimation module. The proposed MIS has been used for water quality data analysis in the Karoon- Dez River system in southwestern part of Iran. The results show that the MIS can effectively support decision-makers in managing water quality in this river system.

Keywords: Management Information Systems (MIS), Water Quality Zoning, Water Quality, Analytical Hierarchy Process (AHP).

1- Professor, School of Civil Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: karamouz@ut.ac.ir
2- Assistant Professor, School of Civil Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: kerachian@ut.ac.ir
3- M.S. in Water Engineering, School of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran. Email: anikpanah2003@yahoo.com
4- M.S. in Environmental Engineering, School of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran. Email: akhbari@ualberta.ca

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه سامانه‌های اطلاعاتی مانند سامانه‌های اطلاعات مدیریت (MIS)، سامانه‌های پشتیبانی در تصمیم‌گیری (DSS)[۳]و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)[۴] به طور گسترده‌ای در مدیریت کمی و کیفی منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. سامانه‌های پشتیبانی در تصمیم‌گیری، معمولاً دارای پیچیدگی و انعطاف پذیری زیاد و شامل مدل‌های پیشرفته‌ای می‌باشند. این مدل‌ها حتی می‌توانند در تعامل با کاربر و بر اساس اهداف آن تغییر یابند. بنابراین سامانه‌های پشتیبانی در تصمیم‌گیری می‌توانند برای مدیریت سامانه‌هایی با درجه ساختار یافتگی کم مورد استفاده قرارگیرند. به دلیل پیچیدگی سامانه‌های پشتیبانی در تصمیم‌گیری، این سامانه‌ها اغلب برای یک منطقه خاص طراحی می‌شوند و قابلیت استفاده عمومی برای مناطق دیگر را دارا نمی‌باشند. برعکس DSS، سامانه‌های اطلاعات مدیریت، معمولاً برای مسائل ساختار یافته مورد استفاده قرار می‌گیرند و از مدل‌های ساده‌تری نسبت به سامانه‌های پشتیبانی در تصمیم‌گیری برخوردار می‌باشند و می‌توان آنها را برای مناطق مختلفی به کار گرفت. همین سادگی، عمومیت و اهمیت اطلاعات حاصل از MIS، موجب توجه مدیران به این سامانه‌ها شده است. MIS کیفی رودخانه‌ها، مدیران را قادر می‌سازند تا داده‌ها و اطلاعات کیفی موجود را در حداقل زمان و به طور مؤثرتری تفسیر نموده و بهترین سیاست‌ها و راهکارهای اجرایی را با کمترین هزینه و بیشترین منافع تدوین نمایند.

Camara et al. (1990) یک سامانه پشتیبانی در تصمیم‌گیری برای مدیریت کیفی بزرگترین خور[۵] در اروپای غربی توسعه دادند. این سامانه از سه بخش اصلی مدیریت داده‌ها، مدیریت مدل‌ها و بخش ارتباط با کاربر تشکیل شده است. بخش مدل‌ها شامل مدل بهینه‌سازی تعداد، محل، ظرفیت و راندمان تصفیه‌خانه‌های فاضلاب برای دسترسی به سطح کیفیت آب مورد نظر با کمترین هزینه می‌باشد. همچنین در این بخش، تقسیم‌بندی خور به نواحی همگن با در نظر گرفتن معیارهای کیفی و مورفولوژیکی و همچنین تخمین بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای برای تدوین سیاست‌های کنترل کیفی انجام می‌شود.

Chapra et al. (1993) ساختار یک سامانه پشتیبانی در تصمیم‌گیری را برای شبیه‌سازی کیفیت آب متشکل از سه قسمت بانک‌های اطلاعاتی، مدل‌های شبیه‌سازی و الگوریتم‌های مقایسه نتایج پیشنهاد نمودند.

Jolma (1994) تاریخچه کاربرد سامانه‌های اطلاعاتی به خصوص سامانه‌های پشتیبانی در تصمیم‌گیری را در مدیریت منابع آب تشریح نمود. بنا بر بررسی انجام شده توسط Jolma (1994)، سامانه‌های اطلاعاتی در منابع آب از سال ۱۹۸۲ تا سال ۱۹۹۳ با تاکید بر کمیت آب به کار گرفته شده‌اند.

Koncsos et al. (1995) برای سهولت بخشیدن به تحلیل گزینه‌های مدیریتی در رودخانه روهر[۶] در آلمان، یک سامانه پشتیبانی در تصمیم‌گیری توسعه دادند. این سامانه توانایی توصیف فرایندهای بیولوژیکی، شیمیایی و هیدرولوژیکی را که در یک سامانه رودخانه- مخزن رخ می‌دهد، توام با لحاظ کردن ملاحظات اقتصادی در بخش مدل تصمیم‌گیری، دارا می‌باشد.

Fedra et al. (1996) ساختار سامانه پشتیبانی در تصمیم‌گیری را که برای مدیریت کمی و کیفی آب در یک حوضه آبریز طراحی شده بود، تشریح کردند. این سامانه با بهره‌گیری از قابلیتهای سامانه‌های اطلاعاتی جغرافیایی، امکان استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای را فراهم نموده است. بانک‌های اطلاعاتی این سامانه به صورت شی‌گرا طراحی شده‌اند، به نحوی که با انتخاب هر یک از اجزای سامانه، اطلاعات آن نمایش داده می‌شود. در این سامانه، برای مدیریت کیفی آب در رودخانه، از یک مدل یک بعدی غیرقطعی استفاده می‌شود. بخشهای دیگر این سامانه، شامل شبیه‌سازی تغییرات کیفیت منابع آب زیرزمینی و پیش‌بینی نیازهای آبی، در فرآیند برنامه‌ریزی بلند مدت توسعه حوضه آبریز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

Chen et al. (1999) ساختار یک سامانه پشتیبانی در تصمیم‌گیری را برای مدیریت کیفی آب در رودخانه Catawba در آمریکا ارائه کردند. این سامانه، مدل شبیه‌سازی حوضه آبریز، بانک اطلاعاتی، ماجول رفع اختلاف و ماجولی که امکان محاسبه حداکثر بار آلودگی روزانه را فراهم می‌کند را شامل می‌شود.

Chen et al. (2004) یک سامانه اطلاعات مدیریت برای مشارکت ذینفعان و ذی‌مدخلان در کنترل حداکثر بار آلودگی روزانه (TMDL)[۷] برای حوضه‌های آبریز ایالات متحده توسعه دادند. در این سامانه، نقشه‌هایی ارائه می‌شوند که به ارائه اطلاعات علمی می‌پردازد تا تصمیم‌گیرندگان و ذینفعان و ذی‌مدخلان با استفاده از آنها شخصاً تصمیم‌گیری نمایند. این سامانه امکان فرموله‌کردن گزینه‌های جدید و پیش‌بینی بارهای آلودگی و کیفیت آب حاصل را فراهم می‌سازد. ذینفعان و ذی‌مدخلان می‌توانند گزینه‌های متعددی را برای یافتن راه‌حل‌هایی که از لحاظ علمی صحیح و از لحاظ

www.SID.ir

Archive of SID

سیاسی عملی باشد، آزمایش کنند. همچنین این سامانه ذینفعان و ذی‌مدخلان را در طی فرآیند تصمیم‌گیری راهنمائی می‌کند اما بهترین جواب را به آنها ارائه نمی‌نماید.

مطالعات انجام شده قبلی نشان می‌دهند که کاربرد سامانه‌های اطلاعاتی در مدیریت کمی و کیفی منابع آب عمدتاً معطوف به سامانه‌های پشتیبانی در تصمیم‌گیری است و اغلب این سامانه‌ها مربوط به منطقه‌ای خاص می‌باشند.

- هدف

هدف اصلی این مقاله، پیشنهاد یک سامانه اطلاعات مدیریت کیفی رودخانه برای کمک به تصمیم‌گیری در مدیریت کیفی سامانه‌های رودخانه‌ای است. ساختار پیشنهادی در برگیرنده مدل‌های ساختاریافته می‌باشد، بنابراین این سامانه می‌تواند در رودخانه‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. ماجول‌های اصلی سامانه پیشنهادی، شامل ماجول مدیریت داده‌ها، ماجول صحت‌سنجی داده‌های کیفی، ماجول فرایند تحلیل سلسله مراتبی، ماجول پهنه‌بندی کیفی و ماجول شبیه‌سازی کیفی و تخمین بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای می‌باشند.

در این مقاله، کارایی سامانه پیشنهادی، در تحلیل داده‌های کیفی سامانه رودخانه‌ای کارون- دز مورد ارزیابی قرار گرفته است. ابزار کار تهیه شده، عملکرد مناسب این MIS را در استفاده از اطلاعات مناسب برای اتخاذ سیاست‌ها و تصمیم‌های پایه‌ای برای مدیریت کیفی سامانه رودخانه‌ای کارون، نشان می‌دهد.

۲- مؤلفه‌های کمی و کیفی سامانه رودخانه‌ای کارون - دز

رودخانه کارون بزرگ به عنوان پرآب‌ترین و طویل‌ترین رودخانه کشور، در مسیر خود، آب شرب شهرهای مسجدسلیمان، اهواز، آبادان، خرمشهر و بخشی از شهرهای ایذه، شوشتر و همچنین صدها روستای مسیر را تأمین می‌نماید. این رودخانه به همراه رودخانه دز در حدود یک پنجم منابع آب سطحی کشور را تشکیل می‌دهند. همچنین آب مورد نیاز صنایع فولاد و واحدهای تولید لوله در محدوده شهر اهواز، پتروشیمی بندر امام، کارخانجات تصفیه شکر و صدها واحد صنعتی کوچک و متوسط منطقه نیز توسط این رودخانه‌ها تأمین می‌گردد. رودخانه‌های کارون و دز تأمین کننده آب بیش از ۷۵ درصد از اراضی آبی استان خوزستان و به خصوص اراضی کشت و صنعت مانند طرح‌های توسعه نیشکر می‌باشند.

بر پایه مطالعات انجام شده، میانگین سالانه آب ورودی به سد دز ۸/۵ میلیارد متر مکعب بوده و نتایج تحلیل‌های فراوانی انجام شده نشان‌دهنده این مطلب است که میانگین آبدهی سالانه در محل سد دز، بر اساس بهترین توزیع (توزیع نرمال)، با احتمال ۸۰ درصد، بزرگتر از ۶/۲ میلیارد متر مکعب می‌باشد. میانگین سالانه دبی جریان ورودی به سد شهید عباسپور ۱۱/۹ میلیارد متر مکعب است. تحلیل فراوانی اطلاعات ورودی به سد شهید عباسپور از ابتدای بهره‌برداری نشان می‌دهد که با توزیع پیرسون نوع ۳، میانگین آبدهی سالانه رودخانه در محل ورودی به سد، با احتمال ۸۰ درصد برابر یا بزرگتر از ۱۰/۴ میلیارد متر مکعب می‌باشد (کارآموز، ۱۳۸۱).

منابع اصلی آلاینده آب این رودخانه‌ها منابع آلاینده صنعتی و شهرک‌های صنعتی، فاضلاب‌های شهری و زه‌آب‌های کشاورزی و کشت و صنعت می‌باشند. آلاینده‌های صنعتی سالانه مقادیر زیادی مواد آلی، معدنی، مغذی، املاح، مواد معلق و پاتوژن‌ها را به سامانه وارد می‌کنند که هرکدام ازاین آلودگی‌ها می‌تواند عوارض زیست محیطی متعددی را به دنبال داشته باشد. از جمله کانون‌های آلودگی صنعتی مهم می‌توان به واحدهای صنعتی در مجاورت رودخانه کارون در بالادست و پایین دست شهر اهواز، کشتارگاهها، واحدهای نفتی و پتروشیمی، کارخانه‌های کاغذسازی و مراکز پرورش ماهی (به خصوص در رودخانه گرگر) اشاره کرد.

فاضلاب‌های شهری از جمله عوامل ایجاد کننده آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محسوب می‌شوند. در مطالعات بیلان کمی و کیفی بازه‌های رودخانه، میزان پساب برگشتی از شهرها مخصوصاً شهرهای بزرگ به منابع سطحی و یا زیرزمینی اهمیت زیادی دارد. از مجموع شهرهای موجود در منطقه، شهرهای مسجدسلیمان، شوشتر، اهواز، آبادان و خرمشهر در مجاورت رودخانه کارون و شهرهای دزفول، اندیمشک و شوش در مجاورت دز قرار گرفته‌اند.

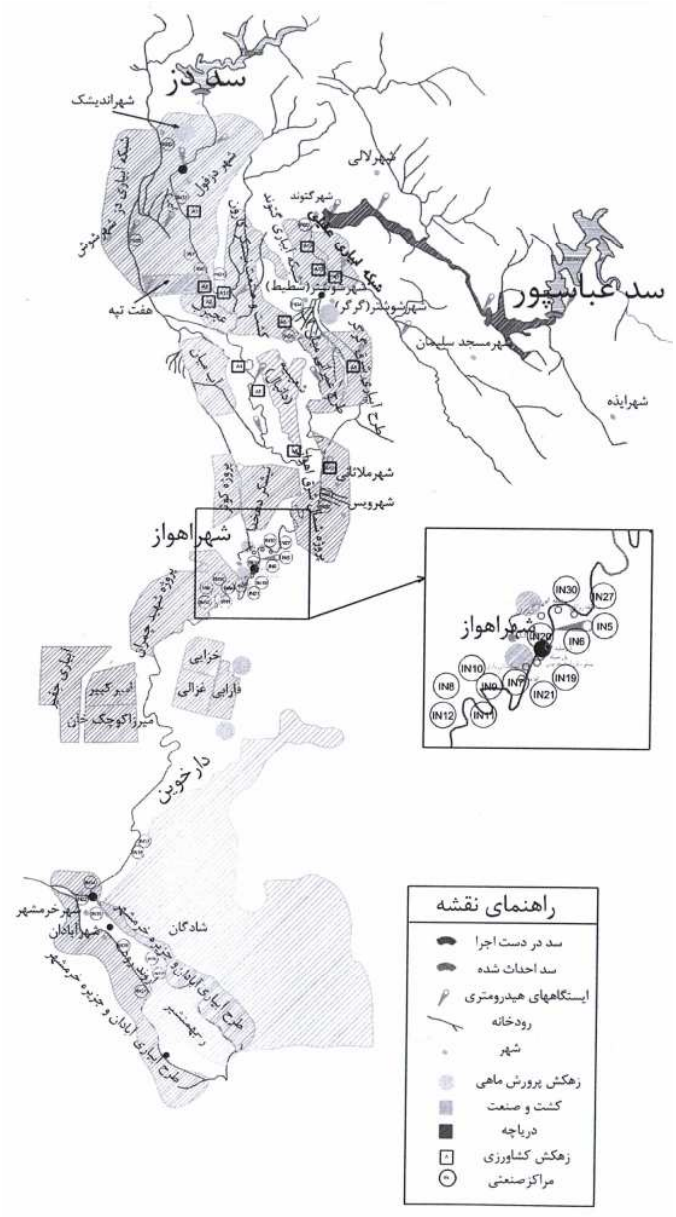
بر اساس مطالعات انجام شده در قالب طرح جامع کاهش آلودگی کارون، مجموع مساحت اراضی کشاورزی استان خوزستان در حدود ۱/۲ میلیون هکتار و اراضی زیر کشت دیم استان در حدود ۵۰۰ هزار هکتار می‌باشند. نیمی از این اراضی در حوضه آبریز کارون و دز قرار گرفته‌اند. در حال حاضر در حدود ۸ میلیارد مترمکعب آب در سال از رودخانه‌های کارون و دز برای آبیاری اراضی کشاورزی برداشت می‌شود که حدود ۱/۸ میلیارد مترمکعب آن به رودخانه برگشت داده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

بیش از ۸۴ هزار هکتار از اراضی شمال و جنوب اهواز برای کشت و صنعت‌ها و صنایع وابسته به نیشکر در نظر گرفته شده‌اند. هفت واحد کشت و صنعت در منطقه وجود دارند که آب مصرفی این کشت و صنعت‌ها مجموعاً حدود۳۵۰ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. مقدار قابل توجهی از این آب‌ها به صورت پساب در می‌آید که بخشی از آن به حوضچه‌های تبخیر فرستاده شده و بخش دیگر در رودخانه کارون تخلیه می‌گردد.

مولفه‌های سامانه رودخانه‌ای کارون – دز و منابع آلاینده آن در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. بررسی اندازه‌گیری‌های کیفی انجام شده، نشان می‌دهد کیفیت آب رودخانه از نظر متغیرهای کیفی متعددی به خصوص TDS، باکتریهای کلیفرم و فلزات سنگین از استانداردهای کیفیت آب رودخانه تخطی می‌کند.



شکل ۱- مولفه‌های سامانه رودخانه‌ای کارون – دز و منابع آلاینده آن (کارآموز و همکاران، ۱۳۸۴)

با توجه به کیفیت مناسب آب رودخانه‌های کارون و دز در بالادست محدوده مورد مطالعه، دلیل اصلی تخطی غلظت متغیرهای کیفی از استانداردها در پایین دست، ورودی بارهای آلودگی شامل فاضلاب‌های تصفیه

www.SID.ir

Archive of SID

نشده شهری (مانند شهرهای اهواز، دزفول، شوشتر)، کشتارگاه‌ها (مانند کشتارگاه ملاثانی)، فاضلاب‌های صنعتی (مانند فاضلاب کارخانه کاغذسازی پارس) و همچنین ورود زهاب‌های کشاورزی و کشت و صنعت (مانند زهاب طرح‌های توسعه نیشکر و صنایع جانبی) می‌باشد. در بخش‌های آتی این مقاله جزئیات بیشتری از تغییرات غلظت آلاینده‌ها در این سیستم رودخانه‌ای و دلایل آن ارائه می‌شود.

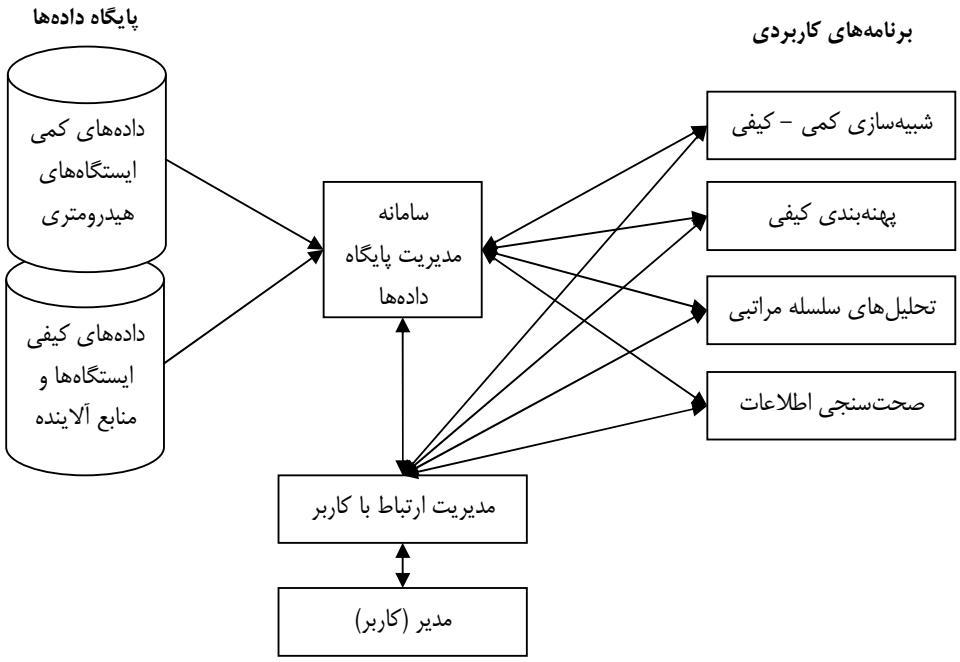
۳- ساختار سامانه اطلاعات مدیریت (MIS)

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، سامانه اطلاعات مدیریت توسعه داده شده در این مقاله شامل پنج ماجول اصلی مدیریت داده‌ها، صحت‌سنجی اطلاعات کیفی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، پهنه‌بندی کیفی و شبیه‌سازی کمی - کیفی است. این پنج ماجول که تشکیل دهنده ساختار کلی MIS می‌باشند در قالب سه بخش اصلی مدیریت داده‌ها، برنامه‌های کاربردی و ارتباط با کاربر، طراحی شده‌اند. اگرچه صحت سنجی داده‌ها می‌تواند در بخش مدیریت داده‌ها نیز انجام شود، در این ساختار پیشنهادی، برای تأکید بیشتر بر اهمیت صحت سنجی داده‌ها، این بخش به طور جداگانه در قسمت برنامه‌های کاربردی ارائه شده است. در بخش‌های بعد، ساختار کلی MIS، جزئیات ماجول‌ها و ارتباطات بین آن‌ها تشریح خواهند شد.

۳-۱- ساختار ماجول مدیریت داده‌ها

شکل شماره ۳ اجزاء و نحوه ارتباطات بین بخش‌های مختلف ماجول مدیریت داده‌ها را نشان می‌دهد. همان طور که در این شکل نشان داده شده است، مدیریت بانک اطلاعاتی، محاسبات آماری، استانداردهای کیفیت آب و گزارش گیری، زیرماجول‌های اصلی این ماجول می‌باشند.

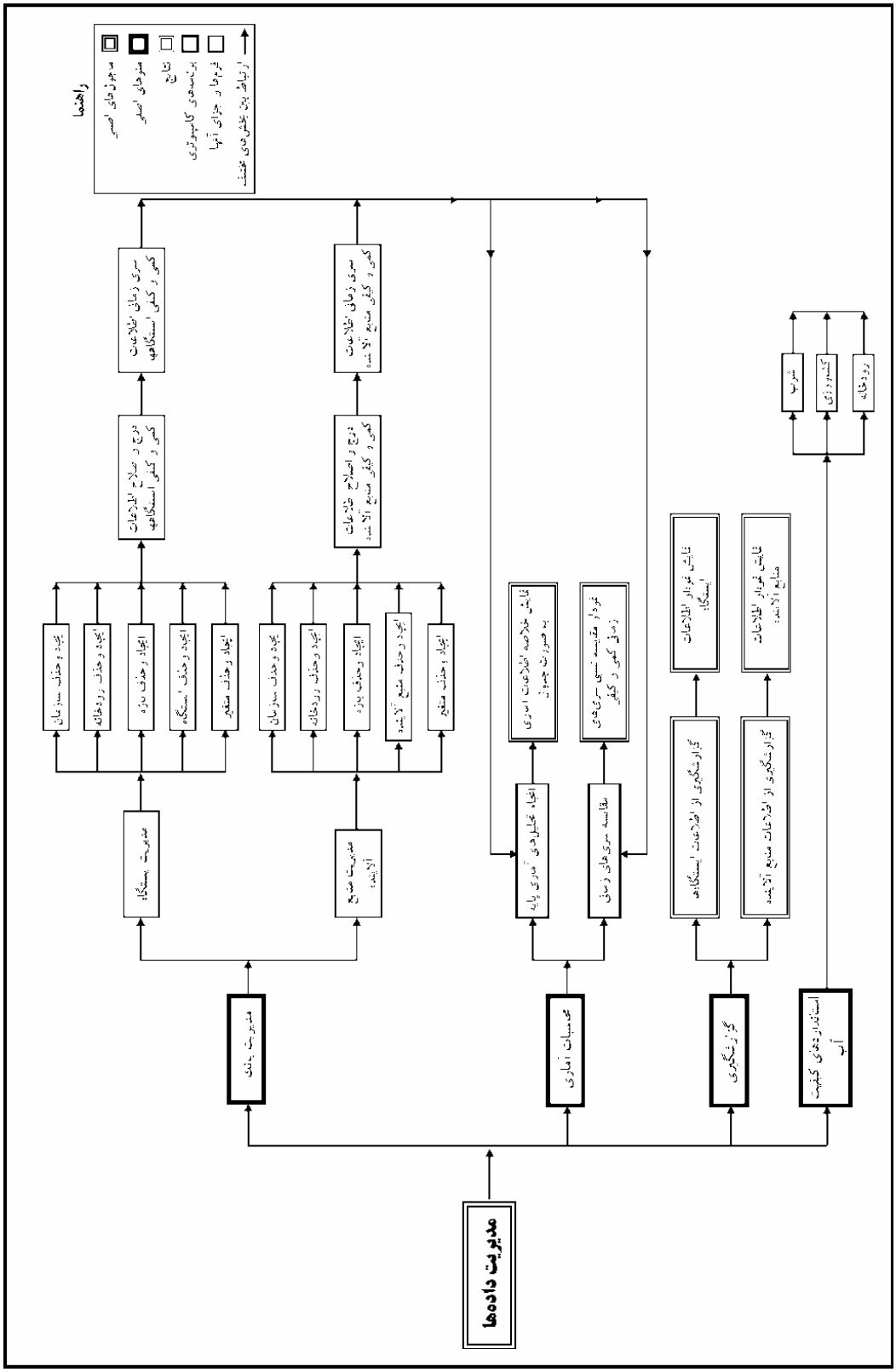
برای مدیریت بانک اطلاعاتی، زیرماجولی تحت این نام در نظر گرفته شده است. بانک اطلاعاتی این سامانه با استفاده از نرم افزار Microsoft Access و فرم‌ها و ارتباطات بین اجزا با استفاده از نرم افزار Visual Basic تهیه شده است. در بانک اطلاعاتی، کلیه اطلاعات مربوط به سامانه‌های پایش سازمان‌های مسئول اندازه‌گیری، نام ایستگاه، نام متغیرهای کمی و کیفی، تاریخ‌های اندازه‌گیری و مقادیر اندازه‌گیری شده وجود دارند. در بخش مدیریت بانک اطلاعاتی امکان افزودن ایستگاه‌ها و متغیرهای جدید یا حذف اطلاعات موجود فراهم شده است.



شکل ۲- اجزا MIS پیشنهادی و ارتباطات بین آنها

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- ساختار ماجول مدیریت داده‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

در طراحی بانک سعی شده است با تعریف برخی مشخصه‌های خاص برای اطلاعات، داده‌ها به نحوی در بانک اطلاعاتی سازماندهی شوند که دسترسی به آنها با استفاده از این مشخصه‌ها به شکل ساده‌تری صورت گیرد.

زیرماجول محاسبات آماری، امکان مشاهده خلاصه اطلاعات آماری سری زمانی داده‌های کمی و کیفی را فراهم می‌سازد. در این بخش می‌توان برخی خصوصیات آماری مانند میانگین، مقادیر حداکثر و حداقل، انحراف از معیار و ضریب تغییرات مقادیر مشاهده شده در ایستگاه‌ها را به صورت عددی و نموداری مقایسه کرد.

در زیر ماجول استانداردهای کیفیت آب، امکان ورود و ویرایش استانداردهای مختلف ملی و بین‌المللی در زمینه کیفیت فراهم شده است. این استانداردها در تحلیل داده‌های کیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ماجول گزارش‌گیری نیز، تهیه گزارش‌های مختلف به صورت متنی و نموداری از کلیه نتایج تحلیل‌های انجام شده، امکان‌پذیر است.

۳-۲- ساختار ماجول صحت سنجی داده‌های کیفی

ساختار ماجول صحت سنجی داده‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است. در این ماجول، دو بخش صحت‌سنجی حذفی و صحت‌سنجی معکوس پیش‌بینی شده است که در زیر تشریح شده‌اند:

۳-۲-۱- صحت‌سنجی حذفی

در این روش صحت‌سنجی، همخوانی داده‌های کمی و کیفی یک سال با استفاده از داده‌های سال‌های دیگر مورد آزمون قرار می‌گیرد. این روش مبتنی بر تعیین فاصله اطمینان با استفاده از خصوصیات توزیع آماری داده‌ها می‌باشد. نوع تابع توزیع چگالی احتمال متغیر، بر اساس داده‌های موجود تعیین شده و در صورتی که داده‌ای به ازای یک تراز اطمینان دلخواه، خارج از بازه اطمینان محاسبه شده قرار گیرد، به عنوان داده مشکوک به کاربر هشدار داده خواهد شد.

۳-۲-۲- صحت‌سنجی معکوس

در این روش صحت‌سنجی، سازگاری بین متغیرهای کیفی با توجه به خصوصیات آن‌ها بررسی می‌شود. بنابراین لازم است برای متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت آب، یک سری روابط مشخصی تعریف گردد که متغیرهای مذکور با آن روابط کنترل می‌شوند و در صورت صادق نبودن یک رابطه، سامانه با اعلام رابطه و متغیر مشکوک، کاربر را آگاه می‌سازد. به عنوان مثال، در یک سامانه رودخانه‌ای COD همواره بزرگتر از BOD_5 می‌باشد، بنابراین می‌توان منطقی بودن داده‌های همزمان این دو متغیر کیفی را کنترل نمود.

در سامانه تهیه شده، امکان تعریف این روابط توسط کاربر وجود دارند. روابط زیر به عنوان پیش فرض در نظر گرفته شده‌اند:

$$TDS \geq \sum Anions + \sum Cations \qquad (۱)$$

در این رابطه کنترل می‌شود که مجموع غلظت یون‌های منفی (آنیون‌ها) و مثبت (کاتیون‌ها) اندازه‌گیری شده از غلظت کل مواد جامد محلول بیشتر نباشد. در این رابطه فرض شده است غلظت مواد جامدی که به شکل ملکولی در آب حل می‌شوند ناچیز است.

متغیرهای کیفی کربن آلی کل (TOC) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) به طور تقریبی نشان دهنده غلظت کربن آلی قابل تجزیه (به صورت شیمیایی و بیولوژیکی) می‌باشند. این مقدار لازم است از مقدار اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5) که نشان دهنده غلظت مواد آلی قابل تجزیه به صورت بیولوژیکی است، بیشتر باشد:

$$TOC \approx COD \geq BOD_5 \qquad (۲)$$

$$Total\ Organic\ Carbon \geq Dissolved\ Organic\ Carbon \qquad (۳)$$

توانایی آب برای هدایت الکتریسیته (EC) تابعی از قدرت یونی آب است. از آنجا که بخش عمده مواد محلول در آب به صورت مواد یونیزه می‌باشند، معمولاً همبستگی قابل توجهی به صورت زیر در رودخانه‌ها مشاهده می‌شود و می‌توان از این رابطه برای صحت‌سنجی داده‌های مربوط به EC و TDS استفاده کرد:

$$TDS\ (mg/l) \approx 0.64 \times EC\ (\mu Si/cm) \qquad (۴)$$

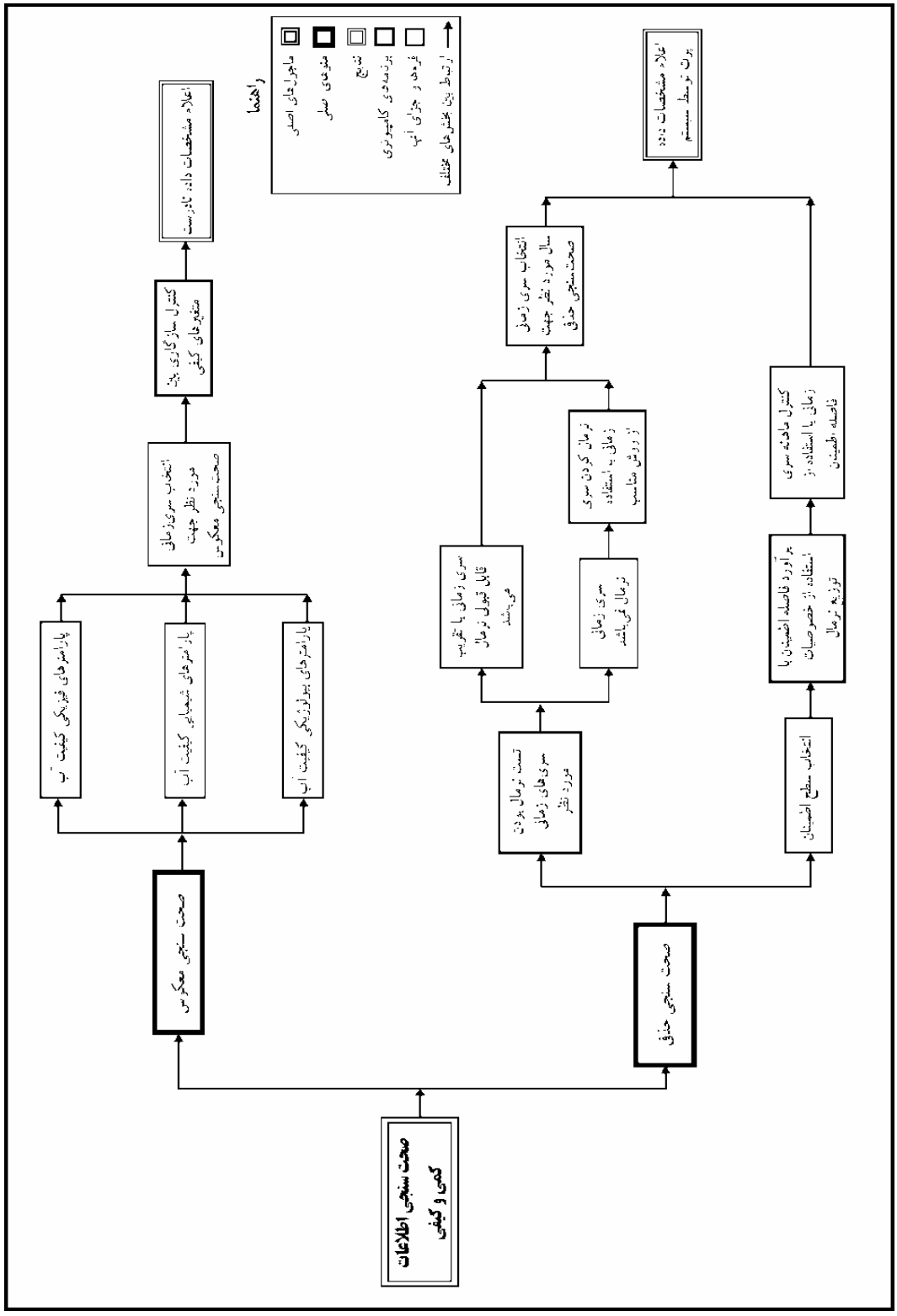
فسفر در محیط‌های آبی به شکل فسفات یافت می‌شود. اشکال متعددی از فسفات وجود دارند که شامل ارتوفسفات، فسفات‌های متراکم (پیرو، متا و پلی فسفات‌ها) و ترکیبات آلی فسفات‌ها می‌باشند. این ترکیبات می‌توانند به صورت محلول یا جامد باشند. غلظت گروه‌های اصلی فسفات‌ها را می‌توان از طریق رابطه زیر کنترل نمود:

(۵)

$$Total\ Phosphates \geq Total\ Dissolved\ Phosphates \geq Ortho-phosphates$$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴ – ساختار ماجول صحت‌سنجی داده‌های کمی و کیفی

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به چرخه نیتروژن، نیتریت، نیترات، آمونیاک، آمونیوم و نیتروژن آلی اشکال مختلف نیتروژن در محیط‌های آبی‌اند. مجموع نیتروژن آلی و یون آمونیوم نیز نیتروژن کجلدال نامیده می‌شود. بنابراین روابط زیر برای کنترل غلظت ترکیب‌های مختلف نیتروژن قابل استفاده می‌باشند:

(۶)

$$Total\,Nitrogen \approx NO_2^- + NO_3^- + NH_3 + NH_4^+ + OrganicN$$

(۷)

$$Total\ Kjeldahl\ Nitrogen \geq Total\ Dissolved\ Kjeldahl\ Nitrogen \geq Ammonia$$

۳-۳- ساختار ماجول فرایند تحلیل سلسله مراتبی

در انجام تحلیل‌های مرتبط با کیفیت آب، معمولاً متغیرهای کیفی مختلفی در نظر گرفته می‌شوند. منابع آلاینده سامانه‌های منابع آب و روش‌های کاهش بار آلودگی نیز معمولاً به طور یکسان غلظت متغیرهای کیفی را تغییر نمی‌دهند. بنابراین در مدیریت کیفی سامانه‌های منابع آب لازم است با استفاده از روش‌های برنامه ریزی چندمعیاره، کلیه متغیرهای کیفی با توجه به اهمیت نسبی آنها مورد توجه قرار گیرند. از آنجا که متغیرهای کیفی آب دارای ساختار سلسله مراتبی می‌باشند، روش‌های برنامه‌زیری چندمعیاره‌ای که امکان تحلیل‌های سلسله مراتبی معیارها را فراهم می‌سازند، از کاربرد بهتری برخوردار هستند.

در طرح‌های مدیریت کیفی سامانه‌های رودخانه‌ای، تعیین سهم بخش‌های اصلی آلوده کننده رودخانه مانند بخش کشاورزی، بخش صنعت و بخش شهری، برای تعریف پروژه‌ها و راهکارهای کاهش آلودگی و تخصیص اعتبارات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به کار بردن یک روش علمی در تعیین سهم‌های فوق، در رفع یا کاهش اختلاف‌های موجود و جلب مشارکت سازمان‌ها و بخش‌های مختلف در تدوین و اجرای راهکارهای کاهش آلودگی موثر است.

همان‌طور که اشاره شد کیفیت و کمیت آلودگی حاصل از منابع و بخش‌های مختلف متفاوت می‌باشد و ممکن است بار آلودگی منابع مختلف از طریق متغیرهای کیفی مختلفی منبع آب را آلوده نمایند، بنابراین تعیین ارزش و اهمیت نسبی متغیرهای کمی و کیفی موثر در سهم بار آلودگی بخش‌های مختلف ضروری می‌باشد. یکی از روش‌های مناسب برخورد با مسأله استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. کارآموز و کراچیان (۱۳۸۲) و کارآموز و همکاران (۱۳۸۴)، کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[۸] را در تدوین طرح‌های جامع کاهش آلودگی ارائه کردند. در آن مطالعات، از روش AHP برای محاسبه سهم بار آلودگی بخش‌های مختلف آلوده کننده سامانه رودخانه‌ای استفاده شده است. در سامانه تدوین شده در این مقاله نیز امکان انجام محاسبات AHP برای تعیین سهم بار آلودگی بخش‌ها و سازمان‌های مختلف فراهم شده است. در این روش از مقایسه زوجی بین معیارها استفاده می‌شود. معیار اصلی برای پذیرفتن مقایسه‌های زوجی این است که مقایسه‌ها با هم سازگار باشند. برای این منظور باید نشان دهیم که:

(۸)

$$W \cdot w = \begin{pmatrix} 1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \lambda \cdot w$$

در این رابطه λ یک مقدار ویژه، W ماتریس مقایسه زوجی و w یک بردار متناظر با مقدار ویژه λ می‌باشد که ماتریس n×۱ است. از آنجا که اختلاف بزرگترین مقدار ویژه ماتریس مقایسه زوجی $(\lambda_{\max})$ بعد ماتریس (n) نشان‌دهنده میزان ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی می‌باشد، اختلاف $\lambda_{\max}$ و n توسط Saaty برای تعریف ضریب ناسازگاری(CI)[۹] استفاده شده است:

(۹)

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

همچنین نسبت ناسازگاری (IR)[۱۰] به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۱۰)

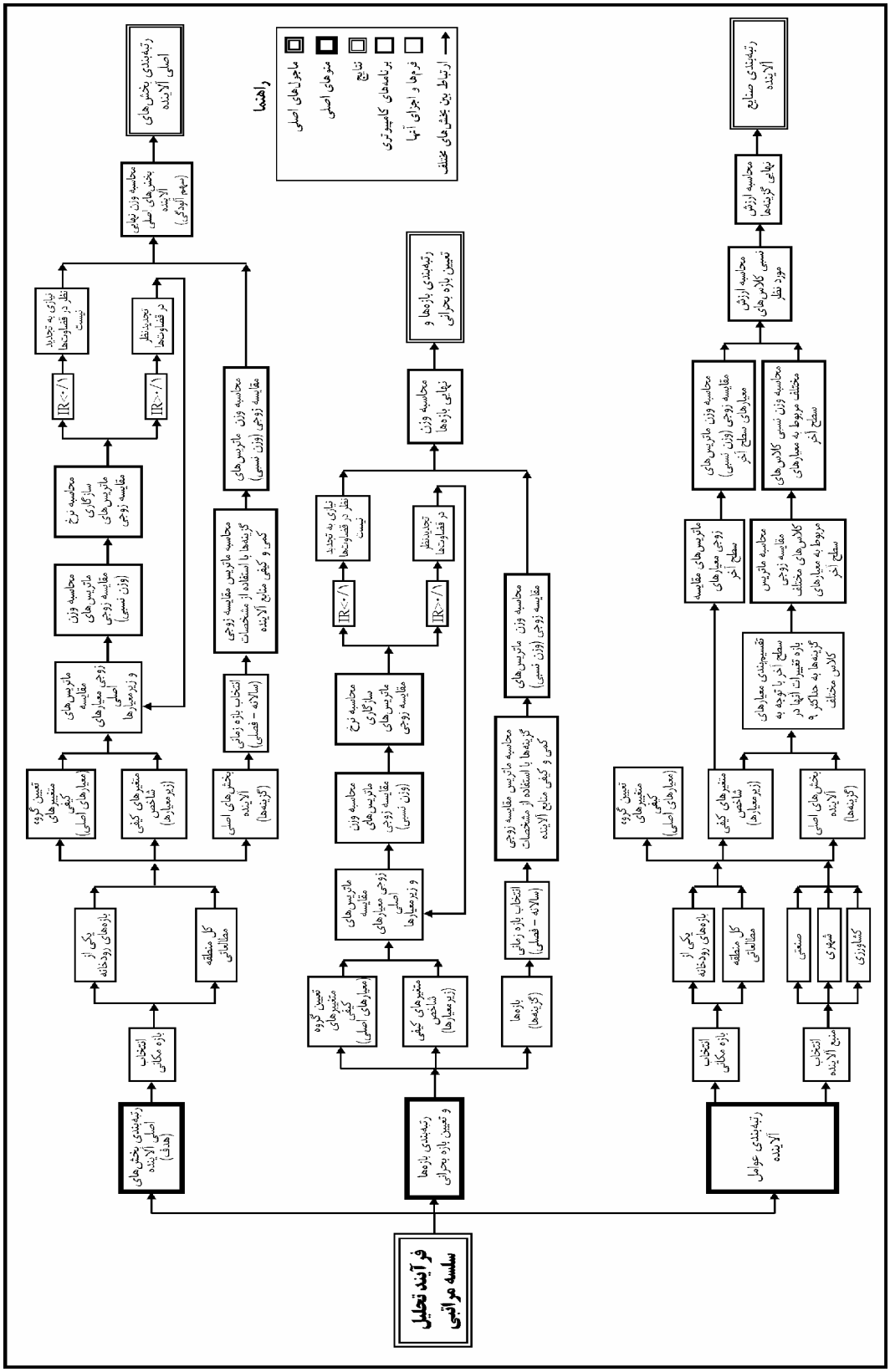
$$IR = CI / CRI$$

که CRI ضریب ناسازگاری ماتریس تصادفی برای ماتریس n×n است که بصورت تصادفی پر شده است. اگر IR<٪۱۰ باشد معیار سازگاری ارضاء شده است و در غیر این صورت از تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود که مجدداً مقایسه زوجی را ارزیابی کند. این مرحله تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که تمام مقایسه‌ها معیار سازگاری را ارضاء نمایند. در صورتی که سازگاری ماتریسهای مقایسه زوجی[۱۱] بررسی و مورد تایید قرار گیرد وزنهای نسبی زیر معیارها و معیارها با استفاده از روش بردار ویژه محاسبه می‌گردد.

شکل ۵ جزئیات و مراحل انجام محاسبات در ماجول تحلیل سلسله مراتبی را نشان می‌دهد. در این روش برای تعیین وزن نسبی معیارها (وزن نسبی متغیرهای کیفی) از روش مقایسه زوجی استفاده می‌شود. بدین صورت که تصمیم‌گیرنده یا تصمیم‌گیرندگان، معیارها و زیرمعیارهای هر معیار را فقط به صورت دو به دو مقایسه می‌کنند و نیازی به وزن‌دهی همزمان تمامی معیارها وجود ندارد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- ساختار ماجول فرایند تحلیل سلسله مراتبی

www.SID.ir

Archive of SID

در این روش، در صورتی که در مقایسه زوجی معیارها سازگاری وجود نداشته باشد، میزان ناسازگاری و قابلیت اعتماد تصمیمات قابل کمی کردن می‌باشند. به عبارت دیگر تصمیم‌گیرنده باید برای هر معیار، ارزش نسبی n زیرمعیار مربوط به آن معیار را در قالب ماتریس مقایسه زوجی $(W = a_{ij})$ که یک ماتریس $n \times n$ است، تهیه کند. درایه‌های این ماتریس نسبت وزن معیار i به معیار j را نشان می‌دهند. در این روش امکان کمی کردن ناسازگاری‌های موجود در وزن‌دهی، اولویت‌بندی‌ها و مقایسه‌های زوجی نیز وجود دارد. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$IR = \frac{(\frac{\lambda_{\max} - n}{n-1})}{CRI} \qquad (۱۱)$$

در این رابطه، IR نسبت ناسازگاری، λ_{max} بزرگترین مقدار ویژه ماتریس مقایسه زوجی، n بعد ماتریس، CRI ضریب ناسازگاری ماتریس تصادفی برای یک ماتریس $n \times n$ است که به صورت تصادفی پر شده است. اگر IR <۱۰٪ باشد، معیار سازگاری ارضاء شده است. در غیر این صورت از تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود که ماتریس مقایسه زوجی را بازنگری نماید. این مرحله تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که تمام مقایسه‌ها معیار سازگاری را ارضاء نمایند. در صورتی که سازگاری ماتریسهای مقایسه زوجی بررسی و مورد تایید قرار گیرد وزنهای نسبی زیر معیارها و معیارها با استفاده از روش بردار ویژه محاسبه می‌گردند. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود از تحلیل سلسله مراتبی می‌توان برای رتبه‌بندی بازه‌های رودخانه بر اساس کیفیت آب نیز استفاده کرد. اگرچه این موضوع تخمینی از پهنه‌بندی کیفی رودخانه به دست می‌دهد، بهتر است برای پهنه‌بندی کیفی از ماجول مخصوص به آن که در بخش بعد تشریح می‌گردد، استفاده کرد. برای مطالعه جزئیات بیشتر تحلیل سلسله مراتبی به Karamouz et al. (2003) مراجعه نمایید.

۳-۴- ساختار ماجول پهنه‌بندی کیفی

در این بخش، هدف تعیین بازه‌های مشابه رودخانه از نظر آلودگی، تعیین کلاسهای مختلف برای کیفیت آب در بازه‌های مختلف رودخانه و شناسایی بازه‌های بحرانی است. برای یک تصمیم‌گیرنده، آگاهی از بازه‌های مشابه رودخانه از نظر کیفیت آب، برای تدوین طرح‌های کاهش آلودگی و تخصیص بودجه به این طرح‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در MIS تهیه شده، به منظور پهنه‌بندی کیفی رودخانه کارون از روش خوشه‌بندی فازی استفاده شده است. گام‌های اصلی در پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه با استفاده از این روش عبارتند از:

۱- تعیین معیارها: در پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه، غلظت متغیرهای کیفی شاخص، به عنوان معیار خوشه بندی در نظر گرفته می‌شود.

۲- استاندارد کردن داده‌های کیفی آب: داده‌های کیفی آب، به منظور هم سنگ و قابل مقایسه شدن باید استاندارد شوند. به منظور استاندارد کردن غلظت آلاینده‌های کیفی آب مثل TDS، مقدار اندازه‌گیری شده بر مقدار استاندارد متناظر آن تقسیم می‌گردد.

۳- تعیین شبکه تشابه: روابط زیر به منظور تشکیل شبکه تشابه استفاده می‌گردند. این روابط توسط Wang (1983) ارائه گردیدند:

$$r_{ij} = \left\{ \frac{\sum_{k=1}^{N} (x_{ik} . x_{jk})}{\sum_{k=1}^{N} (x_{ik} . x_{ik}) . \sum_{k=1}^{N} (x_{jk} . x_{jk})} + \frac{N}{\sum_{i=1}^{N} (x_{ik} . x_{ik}) - \sum_{i=1}^{N} (x_{jk} . x_{jk})} \right\} \quad i \neq j \qquad (۱۲)$$

$$M \geq Max\ r_{ij} \quad \forall i \neq j \qquad (۱۳)$$

$$r_{ij} = M \qquad i = j \qquad (۱۴)$$

در روابط فوق:

r_{ij}: i و j اُمین المان ماتریس تشابه

M: عددی دلخواه که باید از بزرگترین درایه غیر قطری ماتریس تشابه بزرگتر باشد.

x_{ik} غلظت استاندارد شده در بازه i اُم رودخانه برای متغیر کیفی k که از اندازه‌گیری میدانی یا شبیه‌سازی کیفی به دست آمده است.

N: تعداد کل متغیرهای کیفی شاخص

۱- تثبیت ماتریس تشابه: ماتریس تشابه باید با استفاده از فرآیند حاصل‌ضربی ماکزیمم-مینیمم[۱۲] تثبیت گردد.

۲- تعیین خوشه‌ها (دسته‌ها): در این گام با توجه به اهداف پهنه‌بندی کیفی، خوشه‌ها بر اساس مقادیر مختلف تراز برش (λ) تعیین می‌گردند. λ مقداری بین صفر تا حداکثر مقدار r_{ij} است. با افزایش مقدار تراز برش از صفر تا مقدار حداکثر آن، تعداد خوشه‌ها از تعداد حداکثر خود (تعداد بازه‌های مورد نظر در رودخانه) به یک کلاس کاهش می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

برای اطلاع بیشتر از جزئیات پهنه‌بندی کیفی رودخانه‌ها به روش خوشه بندی فازی، به Karamouz et al. (2005) مراجعه شود.

۴-۵- ساختار ماجول شبیه‌سازی کیفی و تخمین بارهای غیرنقطه‌ای

برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی غلظت آلاینده‌ها در سامانه‌های رودخانه‌ای لازم است معادله اصلی پخش- انتقال توسط یک روش عددی مناسب حل گردد. شکل کلی معادله پخش - انتقال در رابطه ۱۵ نشان داده شده است:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -U\frac{\partial c}{\partial x} + E_x\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - kc \qquad (۱۵)$$

در رابطه فوق، c غلظت آلاینده، U سرعت متوسط رودخانه، E_x ضریب پخش طولی و k ثابت واکنش (ضریب زوال) است.

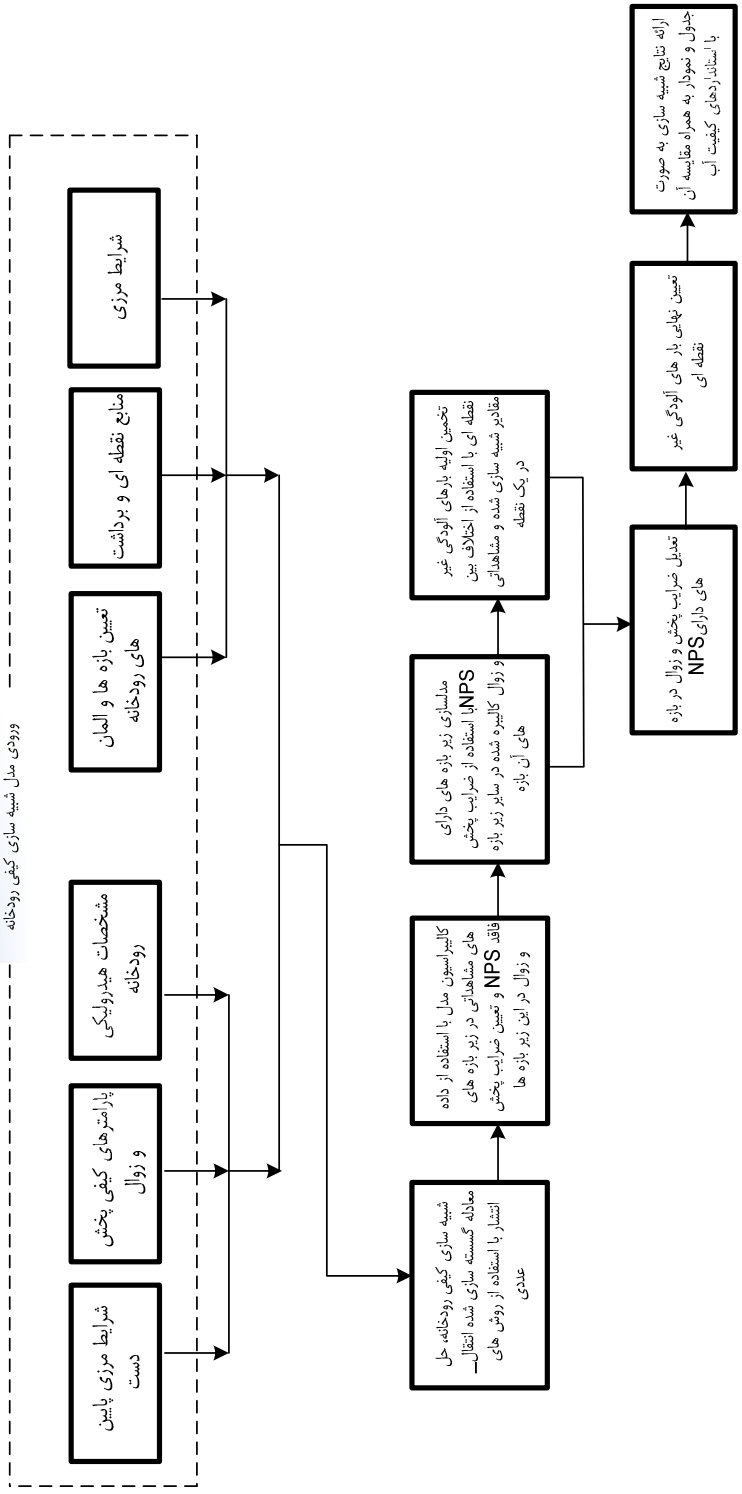
روش‌های متنوعی برای حل معادله پخش- انتقال آلودگی در رودخانه‌ها وجود دارند. انتخاب روش مناسب عموماً بر پایه دقت مورد نیاز و هزینه محاسباتی روش صورت می‌گیرد. ماجول شبیه‌سازی کیفی سیستم اطلاعات مدیریت تدوین شده در این تحقیق بر پایه اصول و فرضیات موجود در نرم‌افزار QUAL2E در محیط برنامه‌نویسی فرترن برنامه‌نویسی شده است. این ماجول نیازمند داده‌های ورودی زیاد و متنوعی از جمله: پارامترهای هواشناسی (دمای هوا، رطوبت نسبی، درصد ابری بودن هوا و...)، پارامترهای هیدرولیکی (سطح مقطع، شیب رودخانه و ...)، پارامترهای هیدرولوژیکی (دبی)، شرایط مرزی در بالادست و پایین دست رودخانه (کمی و کیفی)، ضرائب پخش و زوال متغیرهای کیفی و غیره می‌باشد. برای مطالعه جزئیات بیشتر پارامترهای مورد نیاز در شبیه‌سازی هر متغیر کیفی می‌توان به راهنمای مدل QUAL2E مراجعه کرد. در این مدل شبیه‌سازی، ابتدا رودخانه به تعدادی بازه تقسیم می‌گردد. در داخل هر بازه خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی رودخانه (شیب رودخانه، مقطع عرضی رودخانه، زبری و غیره) و ضرایب واکنش‌ها (مانند ضریب زوال BOD) تقریباً ثابت می‌باشند. هر بازه رودخانه نیز به تعدادی المان محاسباتی با طول یکسان تقسیم می‌گردد. مشخصات جریان در داخل هر المان محاسباتی همگن فرض می‌شود. در این ماجول، معادلات پخش – انتقال آلودگی با استفاده از یک روش تفاضل محدود ضمنی حل می‌گردند تا تغییرات زمانی و مکانی غلظت آلاینده‌ها را در رودخانه مشخص کنند. در حال حاضر کالیبراسیون و صحت سنجی مدل با سعی و خطا و به صورت غیرخودکار انجام می‌شود. به منظور تأمین داده‌های ورودی مورد نیاز این ماجول از سری زمانی اطلاعات کمی و کیفی ایستگاه‌های پایش موجود در سیستم رودخانه‌های مورد نظر استفاده می‌شود. همچنین در مورد پارامترهایی که کمبود اطلاعات وجود دارد، از فرضیات ساده کننده استفاده می‌شود (به عنوان مثال، سطح مقطع رودخانه در هر بازه ثابت فرض می‌گردد). این ماجول بر اساس داده‌های مذکور اجرا شده و با استفاده از این داده‌های مشاهداتی کالیبره و صحت سنجی شود. در صورت کالیبراسیون مناسب مدل شبیه‌سازی کیفی، این ماجول قابلیت شبیه‌سازی کیفی رودخانه مورد نظر را دارا خواهد بود.

یکی از موارد بسیار مهم در مدیریت کیفی سامانه‌های رودخانه‌ای، تخمین بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای (NPS)[۱۳] ورودی است. از آنجا که کنترل بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای مشکل‌تر از بارهای آلودگی نقطه‌ای می‌باشد، تخمین این نوع از بارهای آلودگی می‌تواند گامی موثر در کنترل و کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آنها باشد. در ساختار MIS، به لحاظ اهمیت موضوع، زیر ماجولی برای تخمین این نوع بارهای آلودگی تدوین شده است.

برای تخمین بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای، ابتدا بازه‌های که احتمال وجود منابع آلاینده غیرنقطه‌ای در آنها وجود دارد، مشخص می‌شوند و سپس مدل شبیه‌سازی با استفاده از داده‌های مشاهداتی زیربازه‌ای که تقریباً فاقد بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای است، کالیبره می‌شود و مقادیر ضرایب پخش و زوال کالیبره شده به تقریب برای زیربازه‌های دیگر در همان بازه که دارای بار آلودگی غیرنقطه‌ای هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد و این زیربازه‌ها نیز مدل‌سازی می‌شوند. پس از مدل‌سازی زیربازه‌های دارای بار آلودگی غیرنقطه‌ای، اختلاف موجود میان مقادیر مشاهداتی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌ها و مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل، به بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای نسبت داده می‌شود. در این حالت با کالیبره‌کردن مدل نسبت به ترم مربوط به منابع آلاینده خارجی[۱۴] در معادله پخش- انتشار آلودگی، مقدار بارهای آلودگی ورودی خارجی با سعی و خطا تخمین زده می‌شوند به طوری که مقادیر شبیه‌سازی شده تا حد امکان به مقادیر مشاهداتی نزدیک شوند. به عبارت ساده‌تر، مقادیر بارهای غیرنقطه‌ای با توزیع یکنواخت در مناطق محتمل به صورتی تخمین زده می‌شوند که مقادیر غلظت‌های متغیرهای کیفی شاخص در ایستگاه‌های هیدرومتری به دست آیند. شکل ۶ ساختار ماجول شبیه‌سازی کیفی را نشان می‌دهد که زیرماجول تخمین بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای را نیز در بر دارد. جزئیات روش تخمین بار غیر نقطه‌ای استفاده شده در این ماجول به طور کامل توسط Warwick et al. (1997) تشریح شده است.

www.SID.ir

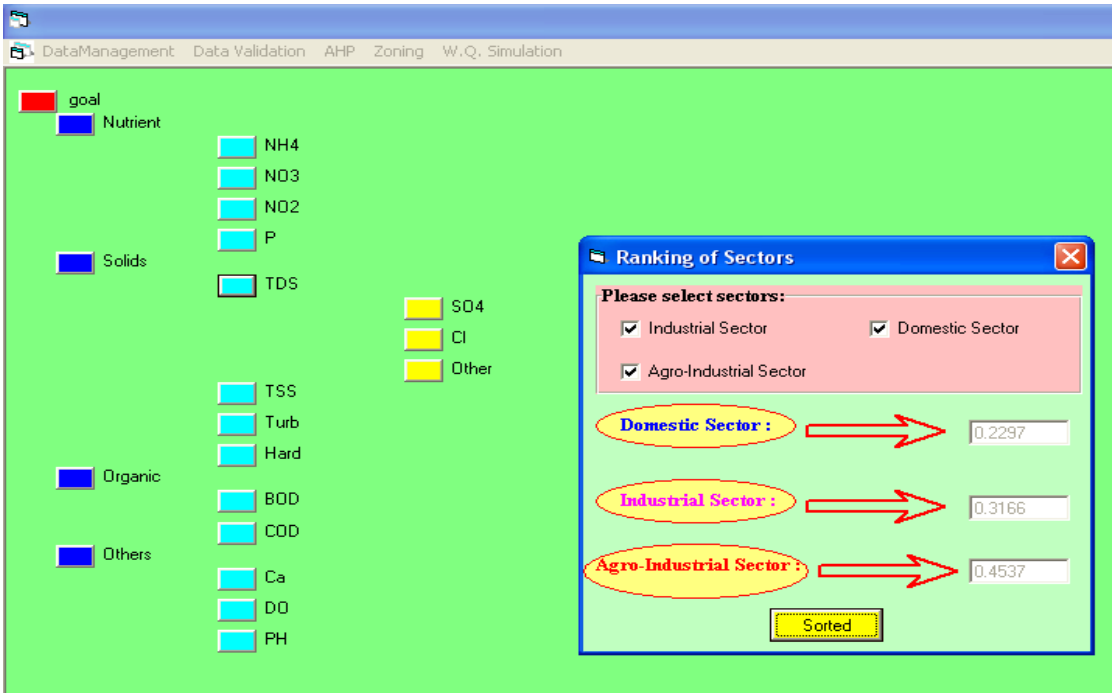
Archive of SID



شکل ۶ – ساختار ماجول شبیه‌سازی کیفی و تخمین بارهای آلودگی غیر نقطه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷ – نمایی از ماجول AHP برای تعیین سهم بخش‌های اصلی آلوده کننده رودخانه

۵- مطالعه موردی: کاربرد MIS برای سامانه رودخانه‌ای کارون – دز

برای تهیه بانک اطلاعاتی MIS، کلیه اطلاعات کمی و کیفی جمع‌آوری شده توسط شرکت سهامی آب و برق خوزستان، اداره کل حفاظت محیط زیست خوزستان، بخش‌های خصوصی و مهندسین مشاور در طول دهه‌های گذشته جمع‌آوری و در محیط Microsoft Access ذخیره شده است. این بانک، اطلاعات مربوط به منابع آلاینده را نیز شامل می‌شود.

در این بخش برخی از نتایج کاربرد MIS تدوین شده برای تحلیل اطلاعات کیفی سامانه رودخانه‌ای کارون – دز ارائه می‌گردند. اولین گام در تحلیل داده‌های کیفی، صحت سنجی اطلاعات می‌باشد. به این منظور کلیه اطلاعات کمی و کیفی موجود بررسی و صحت‌سنجی شده‌اند.

گام بعد در پردازش داده‌های کمی و کیفی، تعیین سهم نسبی بخش‌های آلوده کننده رودخانه در بازه‌ها یا فصول مختلف است. بر اساس این سهم‌های بار آلودگی، بخش‌های مسئول آلودگی سامانه (آلوده‌کننده‌های اصلی) مشخص می‌شوند و توزیع بودجه و طرح‌های کاهش آلودگی بر پایه این سهم‌ها صورت می‌گیرد. برای تعیین این سهم‌ها از ماجول فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده می‌شود. در ساختار سلسله مراتبی AHP، متغیرهای کیفی انتخاب شده در چهار گروه مواد آلی، مواد جامد، مواد مغذی و آلاینده‌های متفرقه تقسیم‌بندی شده‌اند. نتایج حاصل از تحلیل‌ها، سهم نسبی بخش کشاورزی و کشت و صنعت، بخش صنعت و بخش شهری را به ترتیب برابر با ۰/۴۵، ۰/۳۲ و ۰/۲۳ به دست می‌دهند که نشان دهنده سهم قابل توجه زهاب‌های کشاورزی و کشت صنعت در آلودگی رودخانه می‌باشد (شکل ۷). لازم به ذکر است در نتایج ارائه شده در جدول ۷ بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای در نظر گرفته نشده‌اند.

با استفاده از MIS تهیه شده، به راحتی می‌توان بخش‌های آلوده‌کننده بازه‌های مختلف کارون را در ماه‌های مختلف سال مشخص نمود. بر اساس وزن‌های نسبی متغیرها و بار آلودگی ورودی بخش‌های مختلف، برای متغیرهای کیفی شاخص، سهم آلاینده‌های بخش کشاورزی و کشت و صنعت، شهری و صنعتی برای کل محدوده مطالعه در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان محاسبه شده‌اند (جدول ۱). نتایج ارائه شده در این جدول با استفاده از روابط ارائه شده در بخش ۳-۳ و ساختار نشان داده شده در شکل ۵ محاسبه گردیده‌اند. همچنین برای فصل تابستان (به عنوان یک فصل بحرانی) و به صورت سالانه، سهم منابع آلاینده مختلف به صورت جداگانه محاسبه شده است و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده‌اند. نتایج این بررسی‌ها نشان‌دهنده سهم عمده بخش کشاورزی در آلودگی رودخانه‌های دز و کارون (تا قبل از بندقیر) می‌باشد. برای مطالعه جزئیات بیشتر در مورد مدل‌سازی کیفیت آب در رودخانه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

کارون و دز و تعیین سهم بخش‌های مختلف در آلودگی کارون به کارآموز (۱۳۸۱) و کارآموز و همکاران (۱۳۸۴) مراجعه نمایید.

جدول ۱- سهم آلودگی بخش‌های آلاینده اصلی در کل محدوده مورد مطالعه با توجه به غلظت آلاینده‌های شاخص در فاضلاب تولیدی آنها (درصد)

فصل	کشاورزی وکشت و صنعت	شهری	صنعتی
بهار	۶۲	۲۴	۱۴
تابستان	۴۷	۲۷	۲۶
پاییز	۲۸	۳۳	۳۹
زمستان	۳۱	۳۴	۳۵

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، ماجول پهنه‌بندی کیفی، امکان بررسی وضعیت کیفی بازه‌های مختلف رودخانه و تعیین بازه‌های بحرانی را فراهم می‌سازد. با توجه به اطلاعات موجود، برای پهنه‌بندی کیفی سامانه رودخانه‌ای کارون – دز، از متغیرهای کیفی شاخص TSS، TDS، SO_4^{-2}، Cl^-، BOD، COD، DO، NO_3^-، و PO_4^{-3} استفاده شده است. سری زمانی اطلاعات اندازه‌گیری شده مربوط به این متغیرهای کیفی از اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان و سازمان آب منطقه‌ای استان خوزستان اخذ گردیده است. از آنجا که اطلاعات کافی برای مدلسازی دقیق متغیرهای فوق وجود نداشته است، در این مقاله از اطلاعات اندازه‌گیری شده برای پهنه‌بندی کیفی استفاده شده است. از بین متغیرهای کیفی فوق، TSS و TDS به ترتیب غلظت مواد جامد معلق و محلول را نشان می‌دهند. با توجه به آورد و فرسایش قابل توجه در این رودخانه و حوضه آبریز آن به خصوص در مواقع سیلابی و وجود آب‌های برگشتی حاصل از کشاورزی، پایش این دو متغیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. متغیرهای کیفی SO_4^{-2} و Cl^- علاوه بر نشان دادن ترکیب مواد جامد محلول در آب، از متغیرهای مهم برای ارزیابی کیفیت آب کشاورزی هستند. متغیرهای کیفی BOD، COD، DO و NO_3^- نیز از شاخص‌های اصلی برای بررسی بار مواد آلی ورودی به رودخانه و بررسی کیفیت آب از نظر محیط زیست می‌باشند. متغیر کیفی PO_4^{-3} نیز با توجه به مصرف کودهای فسفاته در اراضی کشاورزی و کشت و صنعت موجود در محدوده مطالعه و ورود زهاب‌های کشاورزی به رودخانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

بازه‌های منتخب برای پهنه‌بندی کیفی در جدول ۳ نشان‌داده شده‌اند. با توجه به اینکه ایستگاه‌های پایین‌دست دارخوین از لحاظ کمی و کیفی تحت تأثیر پس‌زدگی خلیج فارس می‌باشند، این ایستگاه‌ها برای پهنه‌بندی در نظر گرفته نشده‌اند.

به ازای مقادیر مختلف تراز برش (λ)، سامانه رودخانه‌ای به تعداد متفاوتی دسته طبقه‌بندی می‌شود. بنابراین به ازای تعداد دسته مورد نظر، مقدار λ با سعی و خطا تعیین می‌شود. به عنوان مثال، شکل ۸، به ازای مقدار λ برابر با ۱۲/۵، ۵ دسته حاصل را نشان می‌دهد. این طبقه‌بندی علاوه بر تراز برش، به تعداد و نوع متغیرهای کیفی شاخص نیز وابسته است. به طوری که در صورت اضافه نمودن متغیرهای کیفی جدید، نتایج نشان داده شده در شکل ۸ ممکن است تغییر کند. همچنین به منظور پهنه‌بندی کیفی رودخانه لازم است کلیه متغیرهای کیفی در نظر گرفته شده در تمام ایستگاه‌ها اندازه‌گیری شده باشند، در غیر این صورت پهنه‌بندی کیفی بر اساس روش پیشنهادی امکان پذیر نمی‌باشد. بر اساس بررسی غلظت آلاینده‌ها، بازه ۷ که در یک کلاس مجزا قرار گرفته است، بحرانی‌ترین شرایط کیفی آب را دارا می‌باشد. غلظت برخی متغیرهای کیفی مثل COD، BOD، TSS، Cl^- و کدورت در این بازه معمولاً از حدود استاندارد تجاوز می‌نماید. این شرایط بحرانی اصولاً به دلیل تخلیه پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های حاصل از حوضچه‌های پرورش ماهی می‌باشد.

جدول۲- سهم آلودگی بخش‌های آلاینده اصلی در بازه‌های مختلف با توجه به غلظت آلاینده‌های شاخص در فاضلاب تولیدی آنها

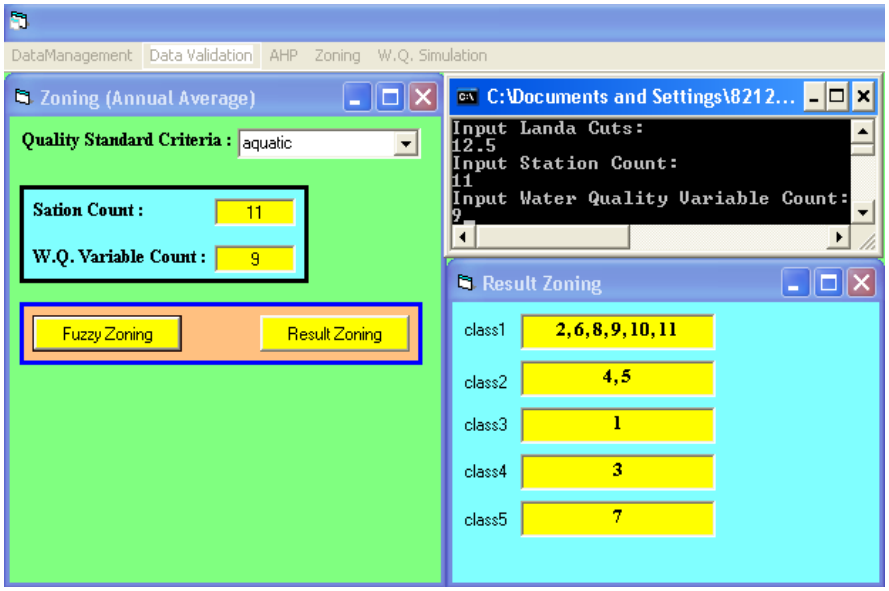
بازه زمانی	فصل تابستان (درصد)			سالانه (درصد)		
بازه	کشاورزی و کشت و صنعت	شهری	صنعتی	کشاورزی و کشت و صنعت	شهری	صنعتی
رودخانه کارون از سد گتوند تا بند قیر	۴۱	۲۴	۳۵	۷۳	۱۷	۱۰
رودخانه دز از محل ورود به استان خوزستان تا بند قیر	۵۹	۱۹	۲۲	۵۵	۲۰	۲۵
رودخانه کارون از بند قیر تا فارسیات	۵	۷۴	۲۱	۱۵	۶۱	۲۴
رودخانه کارون از فارسیات تا محل ورود به خلیج فارس	ناچیز	۴۲	۵۸	ناچیز	۴۱	۵۹

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- ایستگاه‌های در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی کیفی رودخانه کارون

شماره بازه	نام بازه	موقعیت	شماره بازه	نام بازه	موقعیت
۱	دز – چم‌گلک	بین سد دز و شهر دزفول	۷	گرگر – بندقیر	بین پل کشتارگاه و بندقیر
۲	دز – بندقیر	بین دزفول و بندقیر	۸	کارون – بندقیر	بین بندقیر و شهر ویس
۳	کارون – سد گتوند	بین سد گتوند و شوشتر	۹	کارون – زرگان	بین ویس و بالادست اهواز
۴	کارون – بندمیزان	بین شوشتر و بندمیزان	۱۰	کارون – پل پنجم	منطقه اهواز
۵	کارون–پل کشتارگاه	بین شوشتر و پل کشتارگاه	۱۱	کارون – ام‌الطمیر	بین پائین‌دست اهواز و دارخوین
۶	شطیط – بندقیر	بین بندمیزان و بندقیر			



شکل ۸- فرم پهنه‌بندی کیفی رودخانه بر اساس استاندارد کیفیت آب در رودخانه به ازای مقدار λ برابر۱۲/۵

بازه‌های مابین بند قیر و ام‌الطمیر که از لحاظ کیفیت آب شرایط تقریباً مشابهی دارند در یک کلاس قرار گرفته‌اند. زه‌کش ملاثانی، تخلیه نیروگاه‌های رامین و زرگان و فاضلاب‌های اهواز و صنایع بزرگ موجود در منطقه، منابع اصلی آلاینده در این محدوده می‌باشند. بازه‌های ۱ و ۳ به ترتیب واقع در پائین‌دست سد دز و پائین‌دست سد گتوند دارای بهترین شرایط کیفی آب می‌باشند اما همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، این دو بازه در یک کلاس واقع نشده‌اند. دلیل این امر، تخلیه فاضلاب شهر مسجدسلیمان و نیز پساب‌های کشاورزی در منطقه گتوند می‌باشد. برای مطالعه جزئیات بیشتر در مورد پهنه بندی کیفی کارون به Karamouz et al. (2005) مراجعه نمایید.

قابلیت دیگر MIS، مربوط به شبیه‌سازی کمی – کیفی نیز در سامانه رودخانه‌ای کارون – دز به کار گرفته شده است. برای مدل سازی کمی – کیفی، رودخانه‌ها به بیش از ۸۸ بازه و ۱۵۰۰ المان تقسیم‌بندی شده‌اند. بدین ترتیب که در رودخانه دز، ۲۶ بازه و ۴۷۰ المان، در شاخه گرگر، ۱۱ بازه و ۲۱۰ المان، در رودخانه کارون از گتوند تا زرگان، ۲۹ بازه ۴۲۵ المان و در این رودخانه از زرگان تا دارخوین، ۲۲ بازه و ۴۰۵ المان مشخص گردیده‌اند. متوسط ضرایب سینتیکی بدست آمده از کالیبراسیون مدل برای بازه‌های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

سیستم رودخانه‌ای کارون – دز در جدول ۴ آورده شده‌اند. برای مطالعه جزئیات بیشتر در مورد مدل‌سازی کیفیت آب در رودخانه‌های کارون و دز به کارآموز (۱۳۸۱) و کارآموز و همکاران (۱۳۸۴) مراجعه نمایید.

جدول ۴- متوسط ضرایب سینتیکی بدست آمده از کالیبراسیون مدل برای بازه‌های مختلف

محدوده طرح	دز	کارون (گتوند تا اهواز)وگرگر	کارون (اهواز تا دارخوین)
COD-Benthos (mg/m^2-day)	۱/۳۸	۱/۵	۲/۹۸
COD-Settling (1/day)	۰/۹۸	۰/۰۵	۰/۰۰۱–۰/۵
COD-Decay (1/day)	۱/۷۳	۰/۹	۰/۰۰۱–۰/۵
Coliform-Decay (1/day)	۰/۳۳۵	۰/۴	۱/۰۶
Benthal - Dis.-P (mg/m^2-day)	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴
Org-P - Sett. Co. (1/day)	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Org-P - Decay (1/day)	۰/۲	۰/۲	۰/۰۴
NO-2 - Oxidat. (1/day)	۰/۲۵	۰/۵	۰/۲۵
Benthal (mg/m^2-day) NH-3	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
NH-3 - Oxid. (1/day)	۰/۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۲
Org-N - Sett. Co. (1/day)	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
Org-N - Hydrol. (1/day)	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱
BOD decay (1/day)	۴–۵	۳	۱–۰/۱
BOD settling (1/day)	۲–۴	۳	۰/۰۱–۰/۱
SOD rate (g/m2-Day)	۲–۴	۲	۲/۹۸

تحلیل اطلاعات کیفی موجود در بانک اطلاعاتی با استفاده از قابلیت‌های MIS، اطلاعات مهمی از تغییرات کیفی سامانه رودخانه‌ای کارون – دز به دست می‌دهد. در این بخش به عنوان نمونه نتایج مربوط به اکسیژن محلول (DO) با توجه به اهمیت این متغیر کیفی ارائه می‌گردند. برای این منظور از سری زمانی اطلاعات موجود DO استفاده شده است.

در اغلب تحقیقات قبلی انجام شده در مورد کیفیت آب رودخانه‌های محدوده طرح (مانند طرح ساماندهی رودخانه کارون)، ذکر شده است که رودخانه‌های کارون و دز از نظر اکسیژن محلول مشکلی ندارند. نتایج مطالعات انجام شده در این تحقیق این موضوع را تأیید نمی‌نمایند. شکل ۹، تغییرات غلظت روزانه اکسیژن محلول را در ایستگاه شوشتر نشان می‌دهد. در این شکل، مقادیر اکسیژن محلول از اندازه‌گیری‌های مستقیم میدانی و اکسیژن محلول اشباع بر اساس روابط موجود محاسبه شده است همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود، غلظت اکسیژن محلول دارای نوسانات شدیدی است و حتی گاهی از میزان غلظت اشباع نیز فراتر می‌رود.

از طرف دیگر اندازه‌گیری‌های انجام شده در ایستگاه‌های موجود در طول رودخانه‌ها، بر خلاف انتظار نشان دهنده افزایش همزمان غلظت آلاینده‌های آلی و اکسیژن محلول از بالادست به پایین دست می‌باشند. دلیل این افزایش و نوسانات شدید، احتمالاً به علت وجود جلبک به میزان زیاد در طول این رودخانه‌ها و تنفس این جلبک‌ها می‌باشد. از آنجا که تنفس جلبکی تابعی از نور خورشید است، تولید و مصرف اکسیژن محلول نیز در طول روز تغییرات شدیدی دارد. در تحقیقات قبلی، عملاً اندازه‌گیری و مدل‌سازی ساعتی دما، غلظت اکسیژن محلول، جلبک‌ها، ترکیبات نیتروژن و فسفر مورد توجه قرار نگرفته است و تحلیل‌های انجام شده در مورد تغییرات زمانی و مکانی غلظت اکسیژن محلول از جامعیت و کفایت لازم برخوردار نمی‌باشند. بنابراین پیشنهاد می‌شود به منظور مطالعه دقیق دلایل تغییرات اکسیژن محلول در رودخانه کارون و ایجاد امکان مدل‌سازی دقیق این متغیر کیفی، کلیه عوامل مؤثر در غلظت اکسیژن محلول از جمله دمای آب، جلبک‌ها، ترکیبات نیتروژن و فسفر به صورت همزمان در هر ایستگاه پایش اندازه‌گیری شوند.

۶- جمع‌بندی

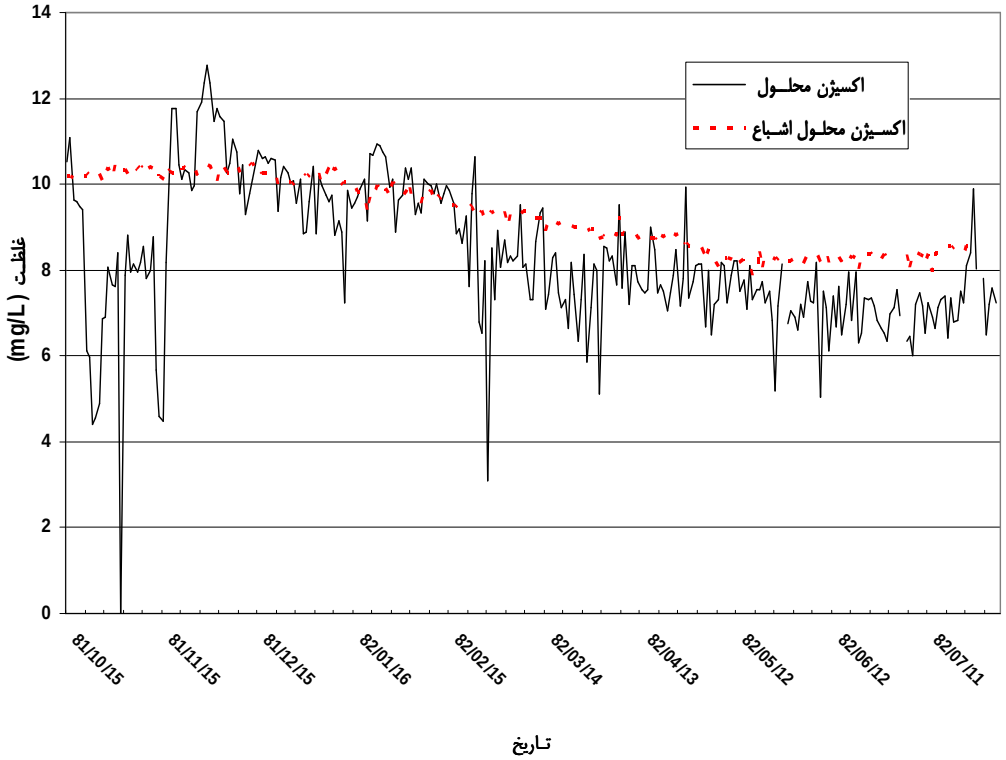
در این مقاله ضمن معرفی مؤلفه‌های کمی و کیفی سامانه‌های رودخانه‌ای کارون و دز، ساختار یک سامانه اطلاعات مدیریت کیفی جدید تشریح گردید. در تدوین این سامانه، بر وجود یک نگرش سیستمی برای تحلیل مسائل ساختار یافته در مدیریت کیفی رودخانه‌ها تأکید شده است. ماجول‌های اصلی سامانه تدوین شده شامل مدیریت داده‌ها، صحت‌سنجی داده‌های کیفی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، پهنه‌بندی کیفی و شبیه‌سازی کیفی می‌باشند. مجموع این پنج ماجول که تشکیل دهنده ساختار کلی سامانه اطلاعات مدیریت می‌باشد، در قالب سه بخش اصلی مدیریت داده‌ها، برنامه‌های کاربردی و ارتباط با کاربر طراحی شده است.

سامانه اطلاعات مدیریت تدوین شده در این مقاله، در تحلیل داده‌های کیفی سامانه رودخانه‌ای کارون – دز به کار گرفته شده

www.SID.ir

Archive of SID

است. بانک اطلاعاتی تهیه شده برای این سامانه، کلیه داده‌های کمی و کیفی موجود، مربوط به رودخانه‌های کارون و دز و منابع آلاینده آن‌ها را که توسط سازمان‌ها و شرکت‌های مهندسین مشاور جمع‌آوری شده است، در بر می‌گیرد.



شکل ۹- مقایسه غلظت‌های اکسیژن محلول و اکسیژن محلول اشباع در ایستگاه شوشتر در رودخانه کارون

بر پایه تحلیل‌های انجام شده توسط این MIS، داده‌های مورد استفاده توسط سامانه صحت سنجی شده و سهم بخش‌های مختلف آلوده کننده رودخانه در بازه‌ها و ماه‌های مختلف محاسبه شده است. همچنین در این سامانه، پهنه‌بندی کیفی انجام شده است و بازه‌های بحرانی از نظر کیفیت آب تعیین گردیده‌اند. بر اساس این تحلیل‌ها، بازه گرگر- بند قیر و بازه‌های بین بندقیر و منطقه ام‌الطمیر در جنوب اهواز، بحرانی‌ترین بازه‌های سامانه رودخانه‌ای کارون – دز می‌باشند.

با استفاده از ماجول شبیه‌سازی و تعیین بارهای غیر نقطه‌ای، تغییرات مکانی و زمانی غلظت متغیرهای کیفی شاخص تعیین شده و وضعیت کیفیت آب با توجه به استانداردهای ملی و بین‌المللی تحلیل شده است. همچنین در این ماجول بارهای غیر نقطه‌ای در بازه‌های مختلف سامانه برآورد شده‌اند. به طور کلی، نتایج تحلیل‌ها، نشان‌دهنده کارایی مناسب این سامانه برای مدیریت اطلاعات و در تصمیم‌گیری‌های کیفی رودخانه‌ها است. از این MIS می‌توان در تحلیل داده‌های کیفی رودخانه‌ها نیز استفاده نمود.

۷- تشکر

بخشی از این تحقیق در قالب پروژه تحقیقاتی «تحلیل آماری پارامترهای کیفی کارون و طراحی سیستم پایش کیفی» انجام شده است که اداره کل حفاظت محیط زیست خوزستان کارفرمای آن بوده است. بدین وسیله از مدیران و کارشناسان این اداره کل تشکر و سپاسگزاری می‌شود. همچنین از مشارکت آقای مهندس محمد رسول ذوقی و خانم مهندس آزاده احمدی تشکر و قدردانی می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

پی‌نوشت‌ها

1- Management Information Systems (MIS)
2- Structural
3- Decision Support Systems (DSS)
4- Geographical Information Systems (GIS)
5- Estuary
6- Ruhr
7- Total Maximum Daily Load
8- Analytical Hierarchy Process (AHP)
9- Coefficient of Inconsistency
10- Inconsistency Ratio
11- Pairwise comparison
12- Max-Min Self-Multiplying Process
13-Non-Point Source
14- External sources

۸- مراجع

کارآموز، محمد، رضا کراچیان، بنفشه زهرائی، نعمت ا... جعفرزاده (۱۳۸۴)، « برنامه‌ریزی برای تدوین طرح‌های جامع کاهش آلودگی سیستم‌های رودخانه‌ای، مطالعه موردی: سیستم‌های رودخانه‌ای کارون و دز»، تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۱، ۲۸-۱۲.

کارآموز، محمد و رضا کراچیان (۱۳۸۲) « *برنامه‌ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب*»، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۴۱۰ صفحه.

کارآموز، محمد، (۱۳۸۱)، «طرح جامع کاهش آلودگی آب رودخانه کارون»، گزارش فنی، اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان.

مهندسین مشاور دزآب (۱۳۷۸)، «طرح ساماندهی رودخانه کارون – گزارش مدل‌سازی کیفی»، سازمان آب و برق خوزستان.

Camara, A. S., M. Cardoso daSilva, A. Camara Rodrigues, J. M. Remedio, P. P. Castro, M. J. Soares de Oliveira, and T. F. Fernandes (1990), "Decision Support System for Estuarine Water Quality Management", *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 130, No.3.

Chen, C. W., J. Herr, L. Zimelis, R. A. Goldstein, and L. Olmsted (1999), "Decision Support System for Total Maximum Daily Load", *Journal of Environmental Engineering*, ASCE, Vol. 125, No7.

Chen ,W, J. Herr,. and L. Weintraub (2004), "Decision Support System for Stakeholder Involvement", *Journal of Environmental Engineering*, ASCE, Vol. 130, No 6.

Chapra, S. C., M. Boyer, and R. L. Runkel (1993), "Advanced Decision Support System for Environmental Simulation Modeling", *Proceedings of ASCE 20th Anniversary Conference- Water Management in the 90s, A Time for Innovation*.

Fedra, K., D. G. Jamieson (1996), "The Water Ware Decision Support System for River Basin Planning*", Journal of Hydrology*, Elsevier, 177, pp 177-198.

Jolma, A. (1994), "A Decision Support System for Real- Time Operation of A River System", *Proceedings of the Second European Conference on Advances in Water Resources Technology and Management*, Lisbon, Portugal, 14-18 June.

Karamouz, M., B. Zahraie and R. Kerachian (2003), "A Master Plan for Pollution Control: A Case Study for Isfahan Province in Iran", *Water International*, IWRA, Vol. 28, No. 4.

Karamouz, M., N. Mahjouri, and R. Kerachian (2005), "River Water Quality Zoning: A Case Study of Karoon-Dez River System", *Iranian Journal of Public Health Science and Engineering*, Vol. 1, No. 2, pp. 16-27.

Koncsos, L., E. Schutz (1995), "Application of a Comprehensive Decision Support System for the Water Quality Management of the River Ruhr,Germany", IAHS Publication, No. 231, *Modeling and Management of Sustainable Basin-Scale Water Resource Systems*,pp. 97-106.

Warwick, J. J., D. Cockrum, and M. Hovath (1997), "Estimating Non-Point-Source Loads And Associated Water Quality Impacts", *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 123, No. 5.

Wang, P. (1983), "Theory of Fuzzy Sets and Application", *Shanghai Science and Technology Publishers*, Shanghai, China.

www.SID.ir