



مجله علمی پژوهشی مهندسی منابع آب و محیط زیست

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیستم، شماره پنجم، ۱۳۹۲

<http://jwsc.gau.ac.ir>

ارزیابی هیدروشیمیایی منابع آب زیرزمینی از نظر شرب با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و منطق فازی در GIS (مطالعه موردی: دشت عقیلی در شمال شرق خوزستان)

منوچهر چیت‌سازان^۱، * غلامرضا رحمانی^۲ و مجتبی زارع‌صفت^۲

^۱استاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز،

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زمین‌شناسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۲

چکیده

هدف از این مقاله ارزیابی هیدروشیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت عقیلی در شرق استان خوزستان است. به این منظور از پارامترهای متعددی استفاده می‌شود که از آن جمله می‌توان به TDS و کاتیون و آنیون‌های اصلی موجود در آب اشاره کرد. وقتی که چندین پارامتر برای ارزیابی وجود دارد، کار ارزیابی نیز پیچیده‌تر می‌گردد. به این منظور می‌توان از روش AHP که یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است، استفاده کرد. در این پژوهش، به منظور انجام این مقایسه، برای هر یک از پارامترها یک ضریب خطر محاسبه شد. سپس براساس مقدار این ضریب ارزش هر دو پارامتر نسبت به هم مشخص و ضریب وزنی برای هر پارامتر تعیین گردید. برای تحلیل و ارزیابی چندمعیاره، پارامترها باید از نظر مقیاس‌های اندازه‌گیری همسان‌سازی شوند. به این منظور از روش منطق فازی استفاده شده که با اعمال تابعی مشخص، بیش‌ترین ارزش (عدد ۱) به حداکثر عضویت و کم‌ترین ارزش (عدد صفر) به حداقل عضویت اختصاص می‌دهد. به این منظور از تابع خطی ($Linear$) استفاده و مقادیر حداکثر و حداقل هر پارامتر با توجه به طبقه‌بندی شولر تعریف شد. سپس به منظور ارزش‌دهی به پارامترها نقشه استاندارد هر پارامتر در وزن به‌دست آمده از روش AHP ضرب گردید و برای ارزیابی و تعیین مدل‌های تلفیقی مناسب از عمل‌گر گامای فازی به‌عنوان مدل منتخب، استفاده شد. نتیجه این تلفیق نشان داد، بیش‌تر نواحی دشت عقیلی آب زیرزمینی از نظر شرب در طبقه خوب قرار می‌گیرد و تنها بخش‌های کوچکی از دشت در جنوب غرب دشت کیفیت نامناسب تا غیرقابل شرب را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب زیرزمینی، دشت عقیلی، تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی، GIS

*مسئول مکاتبه: gholamreza90@yahoo.com

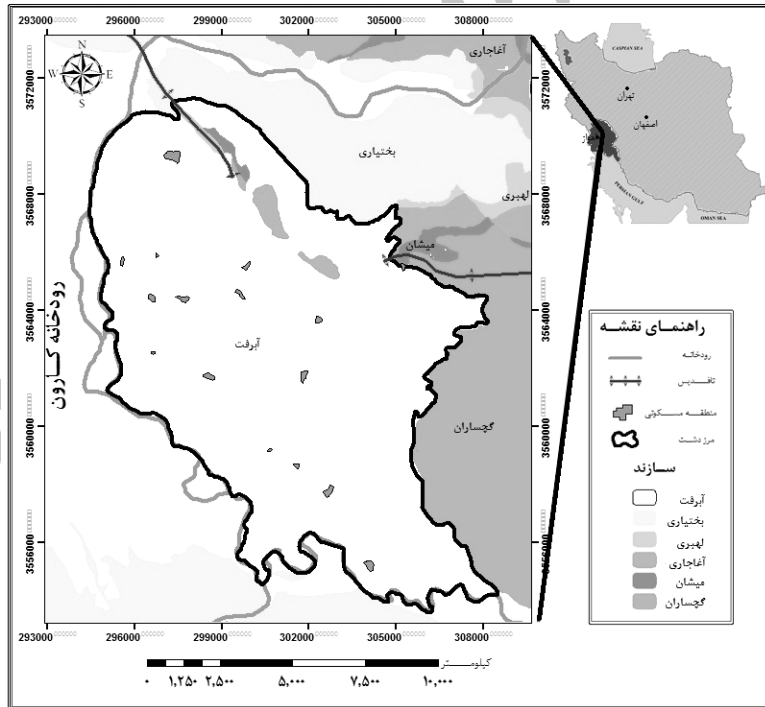
مقدمه

آب زیرزمینی از مهم‌ترین منابع طبیعی در جهان است. در شرایط کنونی، بخش قابل‌ملاحظه‌ای از مصارف کشور ایران در بخش شرب توسط منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود بنابراین ارزیابی کیفی آن اهمیت زیادی دارد. برای بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی از شاخص‌های متعددی استفاده می‌شود. انتخاب شاخص‌های مناسب به ما امکان می‌دهد که مقایسه درستی بین گزینه‌ها به‌عمل آوریم. اما وقتی که چند یا چندین گزینه متعدد برای ارزیابی وجود دارد، کار ارزیابی نیز پیچیده‌تر می‌گردد. در این هنگام کار ارزیابی و مقایسه از حالت تحلیلی که ذهن قادر به انجام آن است، خارج می‌شود و به ابزار تحلیل عملی نیاز خواهد بود (هیل و بارتن، ۲۰۰۵). *AHP* یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است که این فرآیند را عملی می‌نماید. به‌منظور ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب از معیارهای قابل اندازه‌گیری مانند *TDS* و کاتیون و آنیون‌های اصلی موجود در آب استفاده کرد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*) روشی انعطاف‌پذیر، قوی و ساده است که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد بوده و انتخاب بین گزینه‌ها مشکل می‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (برتولینی و براگلیا، ۲۰۰۶). این روش، ابتدا توسط توماس ال. ساعتی (۱۹۸۰) برای بیان تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره پیشنهاد شد و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است (نگای، ۲۰۰۳؛ ترسا، ۲۰۰۳). در ضمن استفاده از این روش کمک شایانی به ارزش‌دهی پارامترها و تلفیق آن‌ها در *GIS* نموده است زیرا *GIS* یکی از بهترین سیستم‌هایی است که استفاده از این ابزار را در اختیار قرار می‌دهد. به‌منظور تلفیق پارامترها و بررسی مکانی کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب نیز با توجه به این‌که هر یک از پارامترها مقیاس اندازه‌گیری هم‌خوان و متناسب با هم ندارند، باید با هم همسان‌سازی شوند. چند روی‌کرد اصلی در این فرآیند وجود دارد که شامل روش‌های قطعی، احتمالی و فازی است که در این پژوهش از روش فازی استفاده شده است. در این مطالعه، پارامترها به روش فازی با یکدیگر تلفیق شده‌اند. در این زمینه پژوهش‌های فراوانی صورت گرفته است. از جمله می‌توان به مانتزا فلری و همکاران (۲۰۰۹) آنالیز کیفی آب زیرزمینی را در دریاچه کاستوریا را با استفاده از *GIS* انجام داده است. خدری و همکاران (۲۰۱۰) پتانسیل کیفی آب شرب دشت درگز را با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و *GIS* بررسی کرده‌اند. نوری و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از *GIS* و روش فازی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی به روش حوضچه‌ای را تعیین کردند. فارابی (۲۰۰۸) از شاخص اشباع و آنالیز عاملی برای بررسی کیفی دشت اوان استفاده کرده است. صفوی (۲۰۱۰) کیفیت آب رودخانه‌ها را با استفاده از سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی بررسی کرده است. ناصری

و صارمی‌نژاد (۲۰۱۱) آسیب‌پذیری دشت گلگیر (واقع در شرق مسجد سلیمان) را با استفاده از مدل *DRASTIC* تجزیه و تحلیل نموده‌اند. سروش و همکاران (۲۰۱۱) از روش منطق فازی برای تعیین شاخص کیفی آب رودخانه زاینده‌رود از نظر مصارف صنعتی به‌کار برده‌اند. در این پژوهش نیز با ارتباط دادن پارامترهای هیدروشیمیایی به استاندارد *World Health Organization (WHO)* و بر مبنای طبقه‌بندی شولر، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی و با کمک *GIS*، منابع آب زیرزمینی دشت عقیلی از نظر شرب بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: دشت عقیلی در فاصله ۲۵ کیلومتری شهرستان شوشتر بین طول‌های جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۴۸ دقیقه درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۱۶ درجه و ۳۲ دقیقه درجه شمالی، در استان خوزستان واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.

مهم‌ترین راه‌های دسترسی به این منطقه، از طریق جاده اهواز- شوشتر به روستای دشت بزرگ و جاده شوشتر- گتوند به روستای ترکالکی می‌باشد. دشت عقیلی در دامنه جنوبی کوه رشته واقع شده است و مرز شرقی آن را سازند تبخیری گچساران تشکیل می‌دهد.

رودخانه‌های موجود در منطقه کارون و شور هستند که کارون مهم‌ترین رودخانه در حوضه آبریز دشت است که در مرز غربی و رودخانه شور در بخش جنوبی این دشت قرار گرفته است.

عقیلی یک دشت آبرفتی است که از رسوبات بر جای گذاشته شده توسط رود کارون و سازندهای مجاور خود منشأ گرفته است. مهم‌ترین ساختارهای زمین‌شناسی در این منطقه تاقدیس کوه رشته (با روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق) و گسل تراستی لهبری می‌باشد. سازندهای مختلفی در این محدوده رخنمون دارند به ترتیب از قدیم به جدید شامل: گچساران، میشان، آغاچارای، بخش لهبری، کنگلومرای بختیاری و رسوبات این عهد می‌باشد. عملکرد گسل تراستی لهبری در شرق دشت باعث قرار گرفتن سازند گچساران در مجاور رسوبات آبرفتی و به این ترتیب موجب نامطلوب شدن کیفیت آب در این نواحی شده است. رودخانه کارون مهم‌ترین رودخانه در حوضه آبریز دشت گتوند- عقیلی است که باعث جدا شدن این دو دشت از یکدیگر گردیده است (نجاتی‌جهرمی، ۲۰۰۹).

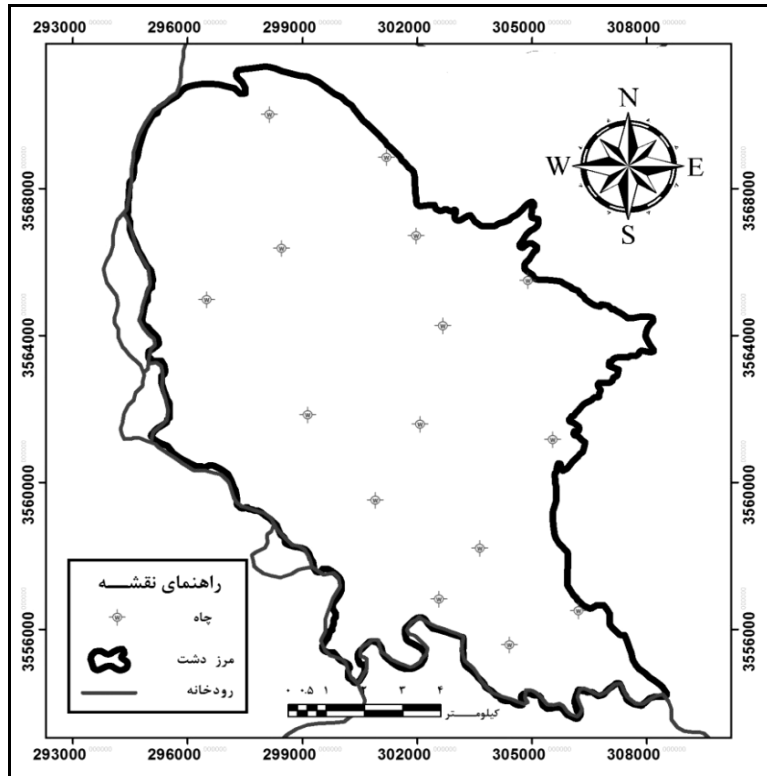
مطالعات هیدروژئولوژیکی انجام شده، نشان می‌دهد که آب‌خوان منطقه گتوند عقیلی به صورت آزاد می‌باشد و به‌طور عمده از رسوبات گراولی، گراول ماسه‌ای، ماسه سیلتی و رس سیلتی تشکیل شده است. بررسی نقشه‌های تراز سطح ایستابی نشان می‌دهند که برای جریان آب زیرزمینی از توپوگرافی سطحی پیروی به نسبت کاملی دارد و از شرق به سمت غرب و بخش‌های جنوبی دشت می‌باشد. سازند بختیاری که در بخش‌های شمالی دشت و سازند گچساران که در شرق دشت بیش‌ترین رخنمون را دارند از سازندهای بسیار نفوذپذیر منطقه می‌باشند که باعث تغذیه دشت می‌شوند.

تهیه نقشه مکانی پارامترها و تعیین ضریب خطر: برخورداری از منابع آب زیرزمینی با کیفیت مطلوب از موارد بسیار ضروری برای مصرف‌کنندگان می‌باشد. به همین علت ارزیابی و مطالعه کیفیت آب زیرزمینی اهمیت بسیاری دارد. با این هدف، در این مقاله از داده‌های هیدروشیمیایی مربوط به نمونه آب ۱۵ حلقه چاه عمیق موجود در دشت عقیلی که در مردادماه ۸۸ نمونه‌برداری شده، استفاده شده است (شکل ۲). داده‌های نام‌برده شامل کاتیون‌های Na^+ ، Ca^{+2} و Mg^{+2} و آنیون‌های SO_4^{-2} ، Cl^- و TDS می‌باشد که در محیط *Arc GIS 10* با استفاده از گزینه تحلیل مکانی^۱ و روش کریجینگ^۲

1- *Spatial Analyst*

2- *Kriging*

درون‌یابی و نقشه‌تغییرات مکانی هر یک از پارامترهای نام برده به‌دست آمده است. سپس میانگین کل مقادیر هر پارامتر در سطح دشت به‌دست آمده و بر مقدار استاندارد *WHO* تقسیم و برای هر پارامتر ضریبی به‌دست آمده که ضریب خطر نامیده شده است.



شکل ۲- موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در دشت.

وزن‌دهی به معیارها: به‌منظور وزن‌دهی به پارامترها، با توجه مقادیر ضریب خطر هر یک از آن‌ها، از بزرگ به کوچک (در واقع از میزان خطرپذیری بیش‌تر به کم‌تر) مرتب شده‌اند. حال با استفاده نرم‌افزار *Expert Choice 11* و با استفاده از روش *AHP* مقایسه بین پارامترها صورت گرفته و میزان تأثیر هر یک در کیفیت آب از نظر شرب بررسی شده است. در این نرم‌افزار هدف، به‌عنوان اصلی‌ترین شاخه تحلیل سلسله‌مراتبی است و معیارها به‌عنوان زیرشاخه هدف هستند.

بنابراین در قدم بعد، معیارهای اصلی مؤثر بر هدف باید به صورت زیرشاخه هدف در نمودار درختی^۱ (که نرم‌افزار مشخص می‌کند) تکمیل شود. پس از تعریف گزینه‌ها، نوبت به وزن‌دهی بین معیارها و گزینه‌ها می‌شود. این کار را می‌توان به چند صورت مقایسه زوجی عددی، گرافیکی و محاوره‌ای و مقایسه کلی در نرم‌افزار انجام داد (ژوزه، ۲۰۰۵). در این پژوهش، از روش مقایسه زوجی عددی استفاده شده است. در اثنای مقایسه زوجی برای هر مجموعه، تجزیه و تحلیل سازگاری به وسیله نرم‌افزار صورت می‌پذیرد که این معیار باید کم‌تر از ۰/۱ باشد (تزنک، ۲۰۰۲).

ساختن سلسله مراتبی که شامل هدف و گزینه‌ها و معیارها می‌شود. تبدیل موضوع یا مسأله موردنظر مهم‌ترین بخش فرآیند سلسله مراتبی محسوب می‌شود (سیمرن و همکاران، ۲۰۰۷). زیرا در این قسمت با تجزیه مسایل مشکل و پیچیده فرآیند تحلیل سلسله مراتبی آن‌ها را به شکلی ساده، که با ذهن و طبیعت انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل می‌کند. به عبارت دیگر، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مسایل پیچیده از طریق تجزیه آن به عناصر جزئی که به صورت سلسله مراتبی به هم مرتبط بوده و ارتباط هدف اصلی مسأله با پایین‌ترین سطح سلسله مراتبی را به شکل ساده‌تری در می‌آورد (اومکارپرسد، ۲۰۰۴؛ نگای، ۲۰۰۳؛ ماو، ۲۰۰۵).

برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها، چند روش وجود دارد که معمول‌ترین آن‌ها، مقایسه دودویی است. در این روش، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند و درجه اهمیت هر معیار، نسبت به دیگری مشخص می‌شود. در این مطالعه نیز مقایسه دودویی بین ۶ پارامتر هیدروشیمیایی انجام و براساس ضریب خطرپذیری بین هر دو پارامتر نسبت به هم یک درجه اهمیت داده شده است. بر این اساس، نرم‌افزار برای هر یک از پارامترها یک وزن تعیین نموده است.

در ارزیابی چندمعیاری برای دستیابی به یک هدف معین باید شاخص‌هایی تعیین کرد که در این بررسی این شاخص‌ها شامل ۶ پارامتر هیدروشیمیایی هستند. این ۶ پارامتر که به صورت ۶ نقشه هم‌مقدار مکانی (نقشه معیار) درآمده‌اند دارای محدوده و مقیاس اندازه‌گیری متفاوتی هستند. برای تحلیل و ارزیابی چندمعیاری باید مقیاس اندازه‌گیری پارامترها هم‌خوان و متناسب با یکدیگر باشند. برای همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آن‌ها به واحدهای قابل مقایسه از فرآیند استانداردسازی معیارها استفاده می‌شود. در GIS برای ساخت نقشه‌های معیار چند رویکرد اصلی شامل روش‌های قطعی، احتمالاتی و فازی وجود دارد که در این بررسی از روش فازی استفاده شده است. به این منظور از گزینه *Fuzzy Membership* در نرم‌افزار *Arc GIS 10* استفاده شده است. در استانداردسازی به

این روش، تمامی مقادیر را در محدوده بین صفر تا ۱ قرار می‌گیرد. این فرآیند از طریق باز قالب‌بندی مقادیر به شکل یک مجموعه عضویت عملی می‌گردد. در این حالت بیش‌ترین ارزش یعنی مقدار ۱ به حداکثر عضویت و کم‌ترین ارزش یعنی عدد صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد. در روش استانداردسازی فازی از تابع‌های مختلفی برای باز قالب‌بندی استفاده می‌شود که از جمله می‌توان توابع گوسین^۱، سیگموئید^۲، شکل و خطی^۳ نام برد. در این پژوهش از تابع خطی استفاده و مقادیر حداکثر و حداقل برای هر پارامتر براساس طبقه‌بندی شولر^۴ قرار داده شده است. در منطق فازی، هر منطقه با توجه به مقداری که معیار موردنظر دارد، عضویتی می‌گیرد که بیان‌کننده میزان مطلوبیت آن ناحیه است. به این معنی که هر ناحیه، با مقدار عضویت بالاتر از مطلوبیت بالاتری برخوردار است. در منطق فازی مسأله قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و هر لایه در مقیاسی بین صفر و ۱ درجه‌بندی می‌شود. در این مقیاس‌ها اعداد بزرگ‌تر مطلوبیت بیش‌تری خواهند داشت. یعنی عدد ۱ از بالاترین مطلوبیت و عدد صفر بدون مطلوبیت است (لین و همکاران، ۱۹۹۶).

یکی دیگر از عوامل مؤثر در استانداردسازی نقشه‌های فازی تعیین حد آستانه می‌باشد که به آن‌ها نقاط کنترل نیز گفته می‌شود. اما نکته‌ای که باید در انتخاب تابع به آن توجه نمود، نوع کاهشی یا افزایشی بودن آن می‌باشد. در این‌جا منظور از کاهشی، حداقل‌شونده یا نزولی بودن تابع و منظور از افزایشی حداکثرشونده یا صعودی بودن تابع می‌باشد (ولی‌زاده و شهابی، ۲۰۰۹).

بعد از تهیه نقشه‌های استاندارد هر پارامتر به‌منظور ارزش‌دهی به پارامترها برای مکان‌یابی کیفی منابع آب زیرزمینی از نظر شرب در سطح دشت، ابتدا هر یک از نقشه‌ها در وزنی که به‌وسیله روش AHP به‌دست آمده ضرب شده‌اند.

تلفیق نقشه‌های معیار: حال به‌منظور ترکیب ۶ نقشه به‌دست آمده از روش منطق فازی استفاده شده و به‌وسیله گزینه *Fuzzy Overly* نقشه نهایی تغییرات کیفی آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی برای شرب به‌دست آمده است. با در دست داشتن دو یا چند نقشه با توابع عضویت فازی برای مجموعه مشابه عمل‌گرهای متنوعی را می‌توان برای ترکیب کردن مقادیرهای عضویت با یکدیگر به‌کار گرفت (در این رابطه‌ها درجه عضویت با μ نمایش داده می‌شود) که شامل موارد زیر می‌شود:

- 1- Gaussian
- 2- Sigmoid
- 3- Linear
- 4- Schoeller

عمل‌گر عطفی فازی (AND): این عمل‌گر مشابه اشتراک در مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد و زمانی استفاده می‌شود که دو یا چند معیار با هم می‌توانند حل یک مسأله کمک کنند.

$$\mu_{combination} = MIN(\mu_A, \mu_B, \dots) \quad (1)$$

عمل‌گر فازی AND به پدید آمدن یک تخمین محافظه‌کارانه از عضویت مجموعه‌ای با تمایلی به ایجاد مقادیر کوچک منجر می‌شود. عملیات AND در مواقعی که دو یا چند قسمت از مدارک و شواهد لازم برای فرضیه باید برای اثبات فرضیه با هم وجود داشته باشند مناسب است (مالچوسکی، ۱۹۹۹).

عمل‌گر فصلی فازی (OR): این عمل‌گر مشابه اجتماع در مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد و زمانی استفاده می‌شود که معیارهای مثبت کافی در منطقه مطالعاتی وجود داشته باشد. این رابطه از مقادیر عضویت واحدهای پیکسلی^۱ موجود در هر فاکتور در یک موقعیت مشخص برای فاکتورهای مختلف، حداکثر درجه عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نموده و در نقشه‌های نهایی منظور می‌نماید (مالچوسکی، ۱۹۹۹).

$$\mu_{combination} = MAX(\mu_A, \mu_B, \dots) \quad (2)$$

عمل‌گر ضربی فازی (Product): عمل‌گر ضرب فازی در یک موقعیت مشخص موجود در فاکتورهای مختلف، درجه عضویت واحدهای پیکسلی را ضرب نموده و در نقشه نهایی منظور می‌نماید. این عمل‌گر زمانی استفاده می‌شود که نقشه معیار اثر کاهشی بر روی هم داشته باشند (مالچوسکی، ۱۹۹۹).

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad (3)$$

عمل‌گر جمعی فازی (Sum): عمل‌گر جمع فازی، مکمل عمل‌گر ضرب فازی می‌باشد. این عمل‌گر زمانی استفاده می‌شود که نقشه‌های معیار اثر افزایشی بر روی هم داشته باشند. از این عمل‌گر، مقادیر عضویت فازی در نقشه خروجی بزرگ شده و به سمت ۱ میل می‌کند (مالچوسکی، ۱۹۹۹).

$$\mu_{combination} = 1 - \left(\prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right) \quad (4)$$

عمل‌گر گاما (Gama): این عمل‌گر حالت کلی عمل‌گر ضربی و جمعی فازی می‌باشد و زمانی به‌کار می‌رود که تأثیرات کاهش‌ی و افزایشی در تعامل معیارها وجود داشته باشد (مالچوسکی، ۱۹۹۹).

$$\mu_{combination} = (FuzzySum)^\gamma \times (Fuzzy Product)^{1-\gamma} \quad \gamma \in [0,1] \quad (5)$$

در این پژوهش نیز به‌دلیل اثر کاهش‌ی معیارها، عمل‌گر ضرب فازی به‌عنوان مدل منتخب برای ارزیابی و تعیین مدل‌های تلفیقی مناسب، انتخاب شده است.

نتایج و بحث

به‌منظور ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت عقیلی از نظر شرب ابتدا، نقشه تغییرات مکانی ۶ پارامتر هیدروشیمیایی Ca^{+2} ، Na^+ ، So_4^{-2} ، Mg^{+2} ، Cl^- و TDS تهیه شده است. سپس با به‌دست آوردن مقدار میانگین هر پارامتر در سطح منطقه مورد مطالعه، این مقدار بر استاندارد WHO (۲۰۰۶) تقسیم و مقدار ضریب خطر برای هر پارامتر به‌دست آمده است (جدول ۱).

جدول ۱- مقدار متوسط، استاندارد WHO و ضریب خطر ۶ پارامتر هیدروشیمیایی.

پارامتر	متوسط (میلی‌گرم بر لیتر)	WHO (میلی‌گرم بر لیتر)	ضریب خطر
Ca	۱۶۳/۹۸۷	۳۰۰	۰/۵۴۶
Mg	۱۹۰/۲۸۶	۳۰۰	۰/۶۳۴
Na	۹۳/۸۴۱	۲۰۰	۰/۴۶۹
Cl	۱۷۰/۰۷	۲۵۰	۰/۶۸
So_4	۱۵۹/۴۵۳	۲۵۰	۰/۶۳۷
TDS	۱۲۲۵/۰۶	۱۰۰۰	۱/۲۲۵

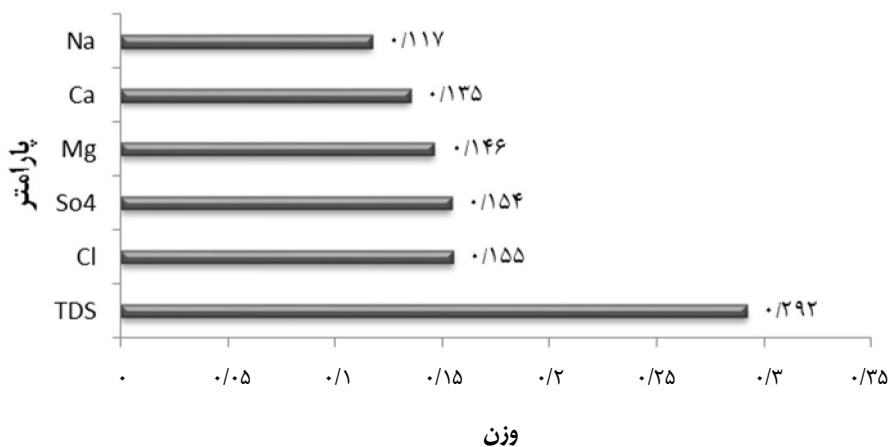
همان‌گونه که در این جدول دیده می‌شود ضریب خطر برای ۵ پارامتر کم‌تر از ۱ است که بیانگر تغییرات پایین‌تر از استاندارد WHO است و تنها TDS مقدار ضریب خطر بالای ۱ را نشان می‌دهد. به این ترتیب براساس میزان خطرپذیری هر پارامتر از نظر شرب از مقدار ضریب بیش‌تر به کم‌تر مرتب شده‌اند و در نرم‌افزار *Expert Choice 11* به‌عنوان معیارهای اصلی هدف تعریف شده‌اند و نمودار درختی توسط نرم‌افزار تشکیل شده است. اکنون به‌منظور مقایسه دودویی هر یک از پارامترها

نسبت به هم با توجه مقدار ضریب خطر هر دو پارامتر نسبت به هم یک درجه اهمیتی برای آن‌ها در نظر گرفته که در جدول ۲ آورده شده است. بر این اساس، نرم‌افزار یک وزنی را برای هر پارامتر اختصاص داده شده است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد معیار ارزیابی صحت درجه اهمیت در نظر گرفته شده و پایداری آن، با ضریب ناسازگاری معین می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود میزان این ضریب $0/00081$ به دست آمده است که بیانگر انتخاب مناسب درجه‌های اهمیت بین پارامترها و سازگاری مناسب بین آن‌ها دارد.

جدول ۲- مقایسه دودویی بین پارامترهای هیدروشیمیایی مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب.

پارامتر	TDS	Cl	So ₄	Mg	Ca	Na	وزن
TDS		۲	۲/۱	۲/۱	۲/۲	۲/۴	۰/۲۹۲
Cl			۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۰/۱۵۵
So ₄				۱	۱/۲	۱/۴	۰/۱۵۴
Mg					۱/۱	۱/۲	۰/۱۴۶
Ca						۱/۲	۰/۱۳۵
Na							۰/۱۱۷

$$\text{ضریب ناسازگاری} = 0/00081$$



شکل ۳- اولویت‌بندی و وزندهی به ۶ پارامتر هیدروشیمیایی مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب.

با توجه به وزن‌های اختصاص داده شده توسط نرم‌افزار، مشاهده می‌شود که *TDS* تأثیر تقریباً دو برابری را نسبت به دیگر پارامترها در کیفیت آب از نظر شرب دارد و وزن تقریباً ۲ برابر به آن اختصاص داده شده است.

بعد تعیین ضرایب اهمیت (وزن) هر یک از پارامترها، با هدف تعیین تغییرات مکانی کیفیت آب از نظر شرب و ارزش‌دهی به آن‌ها، نقشه‌های مربوط پارامترهای هیدروشیمیایی نام برده تهیه و هم‌مقیاس شده‌اند. به این منظور فرآیند استانداردسازی پارامترها به روش فازی انجام گرفته است. برای بازقالب‌سازی پارامترها به مقیاس یکسان بین صفر و ۱، تابع خطی استفاده و مقادیر حداکثر و حداقل برای هر پارامتر نیز براساس طبقه‌بندی شولر در نظر گرفته شده است (جدول ۳).

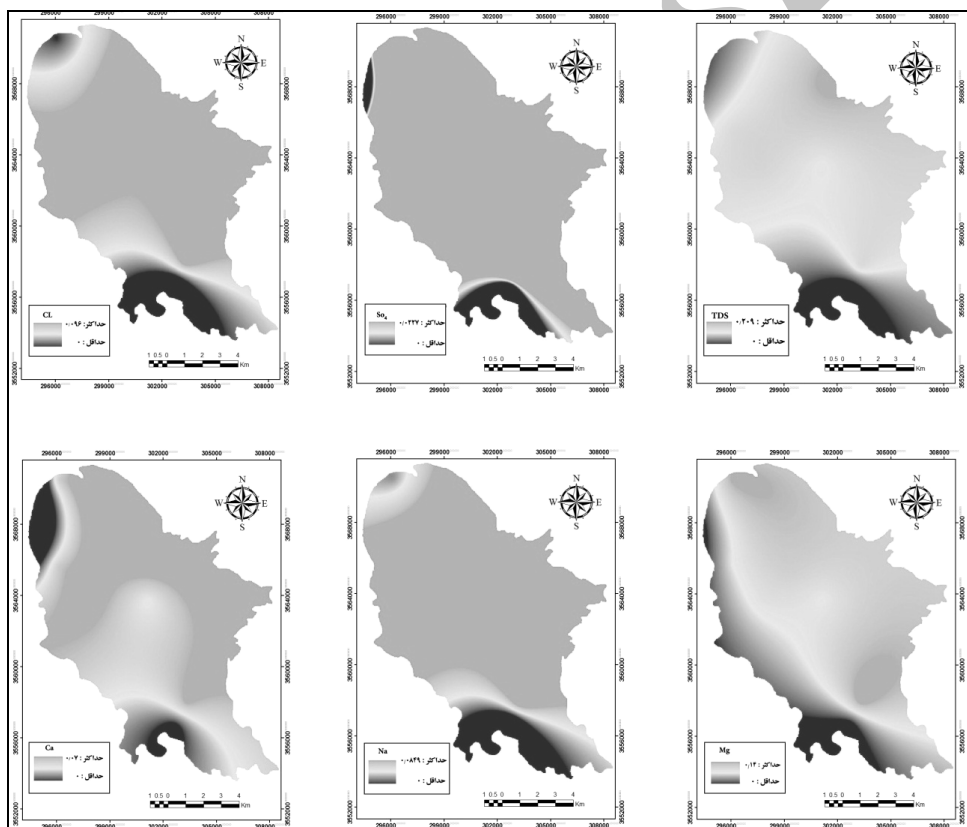
جدول ۳- مقادیر حداقل و حداکثر پارامترهای هیدروشیمیایی براساس طبقه‌بندی شولر (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر).

پارامتر	حداقل	حداکثر
Ca	۱۲۰	۱۷۰۰
Mg	۷۵	۱۰۰۰
Na	۱۱۵	۱۸۴۰
Cl	۱۷۷/۵	۲۸۴۰
So _۴	۱۴۴	۲۳۴۰
TDS	۵۰۰	۸۰۰۰

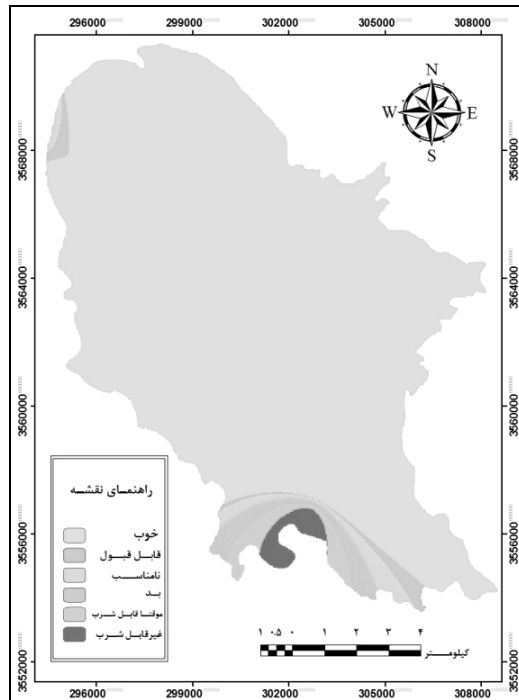
سپس هر یک نقشه‌های استاندارد شده پارامترها در وزن به‌دست آمده به روش *AHP* ضرب و در واقع براساس درجه اهمیت آن‌ها در کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب ارزش‌دهی شده‌اند. اکنون براساس روش فازی با یکدیگر ترکیب شده و نقشه نهایی تغییرات کیفی آب زیرزمینی از نظر شرب در سطح دشت عقیلی به‌دست آمده است. نقشه‌های نهایی ۶ پارامتر نام برده به همراه نقشه تغییرات کیفی آب زیرزمینی از نظر شرب در شکل‌های ۴ و ۵ آورده شده است.

همان‌گونه که در شکل ۵ دیده می‌شود بیش‌تر نواحی دشت عقیلی از نظر شرب در طبقه خوب قرار می‌گیرند و تنها بخش‌های کوچکی از دشت در جنوب‌غرب دشت کیفیت نامناسب تا غیرقابل شربی را نشان می‌دهد. در نتیجه در بیش‌تر قسمت‌های دشت امکان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به‌منظور تامین آب شرب منطقه وجود دارد. به‌علاوه کیفیت نامناسب بخش‌های جنوب‌غربی دشت را

می‌توان به دلایل متعددی دانست. با توجه به این‌که این بخش از منطقه شامل رسوبات آبرفتی به‌دست آمده از سازند ژیبسی گچساران است و همچنین این سازند با قرارگیری در مجاورت آبرفت دشت و با توجه به جهت جریان از منابع مهم تغذیه‌کننده دشت به حساب می‌آید، آب زیرزمینی در این بخش در اثر تماس چنین رسوباتی از نظر کیفی تحت تأثیر قرار گرفته است. از طرفی با توجه به این‌که در انتهای جریان آب زیرزمینی آب‌خوان قرار دارند با توجه به توالی چبوتارو آب از نوع سولفات و تا حدی کلره است و همچنین عمق کم آب زیرزمینی (حدود ۲ متر)، آب‌خوان را تا حدودی تحت تأثیر تبخیر نیز قرار می‌دهد، کیفیت آب زیرزمینی به‌ویژه از نظر شرب نامطلوب شده است.



شکل ۴- نقشه‌های استاندارد ۶ پارامتر هیدروشیمیایی.



شکل ۵- نقشه نهایی تغییرات کیفی آب زیرزمینی از نظر شرب.

نتیجه‌گیری

۱- عقیلی یک دشت آبرفتی است که از رسوبات بر جای گذاشته شده توسط رود کارون و سازندهای مجاور خود منشأ گرفته است و به دلیل آزاد بودن آب‌خوان، تغذیه از سازند گچساران و عمق کم آب در بیش‌تر نواحی دشت از نظر کیفی در معرض خطر قرار دارد.

۲- محاسبه ضریب خطر ۵ پارامتر مقدار کم‌تر از ۱ را نشان می‌دهند که نشان‌دهنده تغییرات پایین‌تر از استاندارد WHO است و تنها TDS مقدار ضریب خطر بالای ۱ را نشان می‌دهد و مقدار آن بالاتر از حد استاندارد می‌باشد.

۳- وزن‌هایی که به روش AHP با توجه مقادیر ضریب خطر به هر اختصاص یافته نشان می‌دهد که TDS تأثیر تقریباً دو برابری را نسبت به دیگر پارامتر در کیفیت آب از نظر شرب دارد و وزن تقریباً دو برابر به آن اختصاص داده شده است.

۴- با توجه به نقشه نهایی به‌دست آمده به روش منطق فازی بیش‌تر نواحی دشت عقیلی از نظر شرب در طبقه خوب قرار می‌گیرند و تنها بخش‌های کوچکی از دشت در جنوب‌غرب دشت کیفیت نامناسب تا غیرقابل شربی را نشان می‌دهد. در نتیجه در بیش‌تر قسمت‌های دشت امکان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به‌منظور تامین آب شرب منطقه وجود دارد.

۵- بخش‌های جنوب‌غربی دشت به‌علت قرار گرفتن در انتهای جهت جریان آب در دشت و همچنین وجود رسوبات آبرفتی متأثر از سازند گچساران و عمق کم سطحی ایستابی کیفیت نامناسبی را نشان می‌دهد.

منابع

1. Bertolini, M., and Braglia, M. 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, Original research article, 17 January. Pp: 422-430.
2. Çimren, E., Çatay, B., and Budak, E. 2007. Development of a machine tool selection system using AHP, Inter. J. Adv. Manufact. Technol. Pp: 363-376.
3. Faryabi, M. 2008. Using of saturation index minerals and factor analysis in investigation of ground water in Evan plain. P 997-1001, A collection articles of the twelfth conference of Geology convocation, Tehran. (In Persian)
4. Hill, M.J., and Braaten, R. 2005. Multi-criteria decision analysis in spatial decision support: the ASSESS analytic hierarchy process and the role of quantitative methods and spatially explicit analysis, Environmental Modeling and Software, 20: 955-976.
5. Jose, M., Moreno, J., Juan, A.J., and Alberto, T.L. 2005. A spreadsheet module for consistent consensus building in AHP-group decision making, Group Decision and Negotiation, 14: 89-108.
6. Khedri, A., Veidati, M., Nakhaei, M., and Rezaii, M. 2010. The Determining Potential drinking water quality in Dargaz plain by Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information System (GIS). P 50-69, A collection articles of the fourth conference of water resources Iran management, AmirKabir (Poly Technic) University, Tehran. (In Persian)
7. Lin, H., Kao, J., Li, K., and Hwang, H. 1996. Fuzzy GIS assisted landfill silting analysis, Proceedings of 12th international conference on Solid waste technology and management.
8. Ma, J., Scott, N.R., DeGloria, S.D., and Lembo, A.J. 2005. Siting analysis of farm-based centralized anaerobic digester systems for distributed generation using GIS. Biomass and Bioenergy, 28: 591-600.
9. Malczewski, J. 1999. GIS AND multi criteria Decision. Analysis, John Wiley and so as Inc, 387p.

10. Mantzafleri, N., Psilovikos, Ar., and Blanta, A. 2009. Water Quality Monitoring and Modeling in Lake Kastoria, Using GIS. Assessment and Management of Pollution Sources, *Water Resource Management*, 23: 3221-3254.
11. Naseri, N., and Sarminejad, F. 2011. A Comparison delineative of vulnerability of Aquifer using DRASTIC Model and Fuzzy logic, case study: Golgir plain of Masjed Solaiman, *J. Phys. Geograph.* 11: 17-33.
12. Nejati Jahromi, Z. 2009. Simulations ground water resources Aghli plain with using mathematical finial differences models, thesis of M.Sc. hydrogeology, Earth Sciences Faculty, Shahid Chamran University, Ahvaz, 187p. (In Persian)
13. Ngai, E.W.T. 2003. Selection of web sites for online advertising using the AHP, *Information and Management*, 40: 233-242.
14. Noori, B., Ghaumian, J., Mohseni Saravi, M., Darvishsefat, A.A., and Fayznia, S. 2004. Determining suitable areas for artificial discharge Groundwater with discharge ponds Method by GIS, *Natural Recourses Iran*, 57: 4. 635-647. (In Persian)
15. Omkarprasad, V., and Sushil, K. 2004. Analytic hierarchy process: An overview of applications, *Europ. J. Oper. Res.* 169: 1-29.
16. Safavi, H. 2010. Rivers Quality predicting by comparative Fuzzy-Neural Analytical System, *Environ. Stud. J.* 56: 1-10.
17. Soroush, F., Mousavi, S.F., and Gharechahi, A. 2011. A Fuzzy Industrial Water Quality Index: Case study of Zayanderud River System, Iran. *J. Sci. Technol. Trans. B. Engin.* 35: 1. 131-136. (In Persian)
18. Theresa Mau-Crimmins, J.E. 2003. De Steiguer and Donald Dennis AHP as a means for improving public Participation: a pre-post experiment with university students, *Forest Policy and Economics*, 7: 501-514.
19. Tzeng, G.H., and Teng, M.H. 2002. Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei, *Hospitality Management*, 21: 171-187.
20. Valizadeh, K., and Shahabi, H. 2009. Necessities of GIS Usage in urban water management At the Time of Natural Accidents (Case Study: Saqqez City), *International Conference on Geographic*, Paris, France.
21. World Health Organization (WHO). 2006. Guidelines for drinking-water quality, vol. 1, 3rd edn, recommendations. WHO, Geneva, Switzerland, 67p.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(5), 2013
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Hydrochemical assessment of groundwater resources for drinking by Analytical Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Logic in GIS (Case Study: Aghili Plain in northeast Khuzestan)

M. Chitsazan¹, *Gh.R. Rahmani² and M. Zaresefat²

¹Professor, Dept. of Geo Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz,

²M.Sc. Student, Dept. of Water Hydrogeology, Shahid Chamran University of Ahvaz

Received: 11/17/2011; Accepted: 10/23/2012

Abstract

The target of this article is hydrochemical of assessment Aghili plain ground water resources in the eastern Khuzestan province. In order to do this several parameters such as TDS and cation and anion that exists in the water were used. AHP method as one of the most widespread method using decision-making tools was applied. In order to do comparison, a coefficient of danger for each parameter was calculated. Then based on this coefficient, the value of each parameter and specified weight coefficient was determined. For analyzing and assessment of several criterion, parameters should be accommodated for measurement's scale. For this purpose, the logic fuzzy method using specific function, devoting the most value (number one) to the maximum of membership and the lowest value (number zero) to least membership was applied. In order to use the linear function the Schoeller classification was used to define maximum and minimum quantities of each parameter. The results indicate that ground water in most area of the Aghili Plain for drinking is in good level and just small parts indicate unsuitable quality in the south-west plain.

Keywords: Groundwater quality, Aghili plain, Analytical hierarchy process, Fuzzy logic, GIS

* Corresponding Author; Email: gholamreza90@yahoo.com