ارزیابی کیفی آب‌های سطحی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در آلودگی این آب‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی Topsis

مهدی کماسی*[1]، سروش شرقی[2]

[1] استادیار، دکتری مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آیت اله العظمی بروجردی (ره)، بروجرد، ایران
[2] دانشجو، کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آیت اله العظمی بروجردی (ره)، بروجرد، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۶/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱٤

چکیده

زمینه و هدف: امروزه با رشد صنعت و افزایش جمعیت، منابع آبی با مشکل کمبود جدی مواجه شده است. این کمبود منابع آبی ایجاب می‌کند در مورد مدیریت در بخش صنعت و کشاورزی تمهیدات ویژه‌ای در نظر گرفته شود. از میان منابع مختلف آبی، آب‌های سطحی بیشتر در معرض آلودگی قرار می‌گیرند. مهم‌ترین آلوده‌کننده‌های این منابع، آلاینده‌های صنعتی، دترجنت‌ها (گندزداها)، آفت‌کش‌ها، مواد رادیواکتیو، گرما و غلظت نمک‌های محلول هستند.

مواد و روش‌ها: در این مقاله، ابتدا میزان اهمیت هر آلاینده با توجه به اثرات و نتایج آن موردبررسی قرار می‌گیرد و سپس ارزیابی کیفی آب‌های سطحی ازنقطه‌نظر آلاینده‌های ذکرشده موردمطالعه قرار می‌گیرد. به‌منظور ارزیابی میزان اهمیت نسبی این آلاینده‌ها، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Topsis، اولویت‌بندی این عوامل به‌عنوان یکی از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی انجام‌گرفته و سپس با استفاده از مدل‌سازی روش درخت تصمیم، با استفاده از نرم‌افزار Weka، اهمیت هر عامل بررسی و در صورت عدم برآورده شدن میزان حداقل اهمیت، از درخت تصمیم حذف می‌شوند.

یافته‌ها: نتایج بدست آمده از تحلیلی فازی Topsis گویای این مهم است که از میان شش آلاینده‌های موردبررسی در این پژوهش، آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی به ترتیب به میزان ۷٤٪ و ۲٦٪ در معرض ریسک آلودگی هستند. از سویی نتایج بدست آمده از درخت سلسله مراتبی در نرم‌افزار Weka نشان داده است که عامل گرما، نمک‌های محلول و آلاینده‌های صنعتی به ترتیب دارای ضریب تأثیر یا خلوص ۰/۱۳۳۸، ۰/۰۵۲۳ و ۱/۲٦۹٤ می‌باشند.

نتیجه‌گیری: آب‌های سطحی به‌طور نسبی در مقایسه با آب‌های زیرزمینی بیشتر در معرض آلودگی قرار می‌گیرند. همچنین عامل گرما و غلظت نمک‌های محلول از کم‌ادراری عوامل و آلاینده‌های صنعتی از تأثیرگذارترین آلاینده‌ها در آلودگی آب‌های سطحی محسوب می‌شوند.

کلمات کلیدی: ارزیابی کیفی آب‌های سطحی، Topsis، نرم‌افزار Weka، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، آلاینده‌های آب.

* استادیار، دکتری مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آیت اله العظمی بروجردی (ره)، بروجرد، ایران
ایمیل: komasi@abru.ac.ir - **شماره تماس:** ۰۹۱٦-٦٦۲٤۱۸۰

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.2.174]

مقدمه

انجمن حفاظت محیط‌زیست ایالت متحده آمریکا برآورد کرده است که تقریباً یک‌سوم جریان آب جهان به‌طور مشخص آلوده بوده و درنتیجه اصل کیفیت بر هم زده‌شده است. در این برآورد آلودگی به‌عنوان یک زیان مطرح‌شده است که به خواص شیمیایی و فیزیکی آب لطمه وارد می‌کند، به‌طورکلی آلوده‌کننده‌های آب به ۹ دسته تقسیم‌شده‌اند که عبارت‌اند از عوامل بیماری‌زا، ترکیبات آلی (مصنوعی)، مواد شیمیایی و معدنی و کانی‌ها، مواد غذایی گیاهی، مواد رادیواکتیو، زباله‌های نیازمند به اکسیژن، نفت، رسوبات و گرما. کیفیت آب آبیاری را می‌توان به‌وسیله خصوصیات شیمیایی شوری (غلظت کل نمک‌های محلول)، قلیایی بودن (سد یک بودن) یا غلظت موجود در آب نسبت به سایر کاتیون‌ها ترکیبات آنیونی آب به‌ویژه بی‌کربنات و غلظت بر یا دیگر عناصری که ممکن است برای رشد گیاهان سمی باشند موردبررسی قرارداد[1]. یکی از مواد دیگری که می‌توانند موجب آلودگی منابع آب‌های سطحی شوند سموم آفت‌کش می‌باشد. از زمان تمدن‌های اولیه که بشر کشاورزی را شروع کرده روش‌های مختلفی را برای حفظ منافع خویش از عوامل مزاحم به‌کاربرده است. درگذشته از مواد طبیعی مثل صابون‌ها و روغن‌های نفتی برای مبارزه با آفات استفاده می‌شد. نیاز روزافزون جامعه به غذا و رشد بی‌رویه جمعیت و کاهش منابع غذایی، یکی از مهم‌ترین مسائلی است که موجب تولید و بهره‌گیری انواع مختلفی از سموم آفت‌کش در کشاورزی شده است[2]. بسیاری از این آفت‌کش‌ها با ورود به محیط‌زیست اثرات زیان باری را بر آن گذاشته، چراکه میزان پایداری برخی از آن‌ها خیلی طولانی است. بیشترین نگرانی انسان در ارتباط با خطر آلودگی آفت‌کش‌ها مربوط به ورود آفت‌کش‌ها به آب‌های سطحی و زیرزمینی است. فعالیت‌های کشاورزی باعث ورود حداقل۷٦ درصد آفت‌کش، به آب‌های سطحی و ٤٦ درصد آفت‌کش، به آب‌های زیرزمینی می‌شود. از میان انواع مختلف سموم آفت‌کش، علف‌کش‌ها به دلیل تحرک بالا، بیش از قارچ‌ها و حشره‌کش‌ها احتمال حضور در آب‌های زیرزمینی رادارند. هم‌چنین حشره‌کش‌های کلردار بیشترین ماندگاری را در محیط‌زیست دارند، لذا برای محیط‌زیست بسیار خطرناک شناخته‌شده‌اند. از مهم‌ترین منابع آلاینده آب‌های سطحی، آلودگی نقطه‌ای سموم آفت‌کش می‌باشد. تغییرات آب و هوایی و استفاده بی‌رویه از سموم آفت‌کش توسط کشاورزان ازجمله عوامل عدم جذب سموم آفت‌کش توسط خاک بوده که منجر به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. بنابراین می‌توان با آگاهی بخشی و آموزش کشاورزان تا حدی از این معضل پیشگیری نمود. همچنین به‌جای کاربرد سموم آفت‌کش جهت مبارزه با آفات، روش‌هایی ازجمله روش مبارزه زراعی، مبارزه مکانیکی، مبارزه بیولوژیکی و مبارزه فیزیکی پیشنهاد می‌گردد[3].

ارزیابی مداوم پارامترهای فیزیکی شیمیایی و بیولوژیک آب نظیر واکنش، شوری، مواد معلق، کدورت، اکسیژن موردنیاز بیولوژیک و شیمیایی و برخی دیگر از خصوصیات از ضروری‌ترین اقدامات برای پایش کیفیت آب می‌باشند. این تلاش‌ها منجر به تولید مجموعه‌ای از اطلاعات قابل‌بررسی می‌شود که معمولاً نمی‌تواند تصویر دقیقی از کیفیت آب را به دست دهد. روش‌های متفاوتی از دست‌کاری داده‌ها به‌منظور فشرده کردن این اطلاعات توسعه‌یافته است تا بتواند اطلاعات منفرد در قالب کمیت‌های معین را بدل به‌وسیله ای برای بیان کیفیت آب نماید. در صورت توسعه چنین ابزاری ممکن است وسیله مناسبی برای طبقه‌بندی و مقایسه آب در یک منطقه و یا بین مناطق مختلف به وجود آید.

در مورد پارامترهایی که می‌توانند باعث آلودگی آب‌ها شوند نیز مطالعات زیادی و بررسی‌های گسترده‌ای صورت گرفته است. گسترش شهرنشینی و تغییر کاربری زمین‌ها از عوامل مهمی است که در دهه‌ی اخیر موجب آلودگی آب‌ها

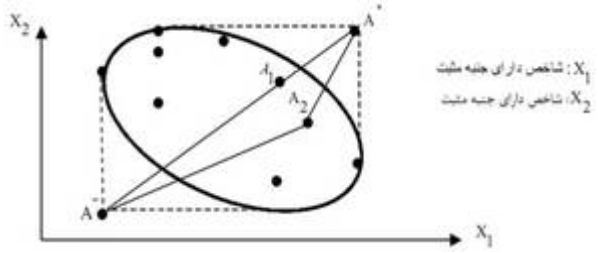
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.2.174]

شده است[4]. یک ارزیابی از نمودارهای میکروبی مربوط به آلودگی‌های مدفوعی بار زیاد اشرشیاکلی و مجموع کلی فرم‌ها را در بسیاری از آب‌های سطحی نشان داد[5]. همچنین اثرات تمرکز فلزهای سنگین گوناگونی شامل کادمیم، مس، نیکل و سرب را در نواحی ساحلی موردبررسی قرار گرفت[6]. به‌علاوه، مارک در سال ۲۰۰۵ نتایج مهمی را درزمینهٔ کیفیت آب‌ها کسب کرد، در کشور ویتنام کیفیت آب نسبتاً در مورد فلزها خوب بود اما خواص شوری و به‌خصوص سطح اسیدیته آب کمی مشکل‌زا بود[7]. اسیدیته قوی در خاک‌ها، عوامل سمی را افزایش می‌دهد و به‌طور بالقوه بر روی محصولات زراعی تأثیر می‌گذارد، همچنین می‌تواند بر روی منابع آب‌های آشامیدنی نیز تأثیر بگذارد[8]. درزمینه بررسی اسیدیته‌ی آب، بیشتر تحقیقات بر روی خاک‌های سطحی اسیدی تمرکز می‌کند که حدود ٤٠ درصد از همه‌ی نواحی کشاورزی پوشش داده می‌شود[9]. در این پژوهش هدف ارزیابی کیفی آب‌های سطحی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در آلودگی این آب‌ها و همچنین بررسی ریسک-پذیری آب‌های سطحی و زیرزمین با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی Topsis و نرم‌افزار Weka که رویکردی نوین در مبحث آلاینده‌ها و آلودگی‌های آب‌های سطحی می-باشد است.

مواد و روش‌ها

در این مقاله دو روش و مدل‌سازی به‌عنوان مبنای انجام پژوهش قرارگرفته است. به‌منظور تشخیص اهمیت و اولویت‌بندی پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب‌های سطحی از نرم‌افزار Topsis استفاده‌شده است و وزن هر معیار به‌طور جداگانه محاسبه‌شده است. همچنین از یک روش مدل‌سازی به نام درخت تصمیم بهره گرفته‌شده است که به‌صورت یک نمودار ریشه، شاخه و برگ می‌باشد. برای اولویت‌بندی پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب‌های سطحی یک پرسشنامه علمی تهیه شد که در اختیار ۲۸ نفر از کارشناسان مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی قرار گرفت.



شکل ۱: فاصله با راه‌حل ایده آل مثبت و ایده آل منفی[10]

اولویت‌بندی به روش Topsis

نرم‌افزار Topsis یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که به‌منظور اولویت‌بندی پارامترهای مختلف مورداستفاده قرار می‌گیرد. Topsis بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده آل مثبت و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده آل منفی داشته باشد.

در این روش m گزینه به وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و هر مسئله را می‌توان به‌عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت. در این روش ماتریس تصمیمی ارزیابی می شود که شامل m گزینه و n شاخص است.

مدل‌سازی به روش درخت تصمیم

درخت تصمیم یکی از پرکاربردترین روش هایی است که برای استنتاج استقرایی مورداستفاده قرار می‌گیرد. درخت تصمیم نمونه‌ها را به نحوی دسته‌بندی می‌کند که از ریشه به سمت پایین رشد می‌کنند و درنهایت به گره های برگ می‌رسد و درخت حاصل دارای ویژگی‌های می‌باشند به این شرح که هر گره داخلی یا غیر برگ با یک ویژگی مشخص می‌شود[11]. این ویژگی سؤالی را در رابطه با داده ورودی مطرح می‌کند. در هر گره داخلی به تعداد جواب‌های ممکن با این سؤال، شاخه وجود دارد که هر یک از شاخه ها با مقدار آن جواب مشخص

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.2.174]

می‌شوند. برگ‌های این درخت با یک کلاس که به آن برچسب گفته می‌شود و یا یک دسته از جواب‌ها مشخص می‌شوند. بالاترین گره در درخت تصمیم، گره ریشه نامیده می‌شود. در این پژوهش از تشکیل درخت تصمیم توسط نرم‌افزار Weka بهره گرفته‌شده است.

یافته‌ها

عوامل آلوده‌کننده آب‌های سطحی

در ارزیابی کیفی آب‌های سطحی، عوامل آلوده‌کننده‌ی آب‌های سطحی عبارت‌اند از آلوده‌کننده‌های صنعتی و دترجنت‌ها (گندزداها). بسیاری از ضایعات صنعتی به آبزیان زیان‌های جدی می‌رسانند. این آلوده‌کننده‌های صنعتی برای خنثی شدن، مقدار زیادی از اکسیژن محلول در آب را به مصرف رسانیده و موجب کاهش اکسیژن موردنیاز برای آبزیان می‌شود و تهدید به مرگ می‌کند. یکی دیگر از اثرات تخلیه فاضلاب در آب ایجاد لایه‌ای از مواد معلق بر سطح آب می‌باشد که مانع نفوذ نور خورشید موردنیاز برای انجام عملیات فتوسنتز می‌شود. از سویی دترجنت‌ها درواقع همان مواد شوینده و پاک‌کننده‌ای هستند که در هر خانه‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرند و به‌طورکلی ممکن است از طریق صنایع، فعالیت‌های کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی وارد آب‌گردند. ولی مهم‌ترین منابع ورود آن‌ها به آب‌های جاری همان پساب حاصل از استفاده‌ی منازل می‌باشد.

عوامل آلوده‌کننده آب‌های زیرزمینی

عوامل آلوده‌کننده آب‌های زیرزمینی عبارت‌اند از کانی‌های موجود در معادن سطحی که در اثر تغییر و تبدیل به عامل آلوده‌کننده تبدیل می‌شوند. مثلاً آب‌های سطحی حاصل از باران هنگام عبور از معادن زغال‌سنگ دی سولفید آهن (پریت) همراه با زغال‌سنگ را در خود حل کرده و سپس در اثر واکنش، هوا آن را به اسیدسولفوریک تبدیل می‌کند. اسید حاصل ضمن عبور از لایه‌های مختلف مخازن زمینی، موجب آلوده شدن آن می‌شود. جمع شدن فاضلاب‌های شهری به‌ویژه اگر در یک حوضه آهکی و یا شنی وارد شوند به‌این‌علت که در معرض باکتری‌ها قرار گیرند و تجزیه شوند، مستقیماً و به‌راحتی به مخازن زیرزمینی نفوذ پیداکرده و موجب آلوده شدن آن‌ها می‌شوند. ضایعات رادیواکتیوی یکی از عوامل آلوده‌کننده مهم منابع آبی زیرزمینی است که امروزه یکی از راه‌های رفع آن‌ها که در حقیقت مشکل بزرگی برای صاحبان فنّاوری هسته‌ای نیز به شمار می‌رود، دفن آن‌ها در زیرزمین است. علاوه بر دفن ضایعات رادیواکتیو در زیرزمین، همه انفجارهای هسته‌ای زیرزمینی نیز موجب آلوده شدن آب‌های زیرزمینی می‌شود[1].

نقش آفت‌کش‌ها در آلودگی آب‌های سطحی

نقش منابع نقطه‌ای آلودگی آفت‌کش‌ها در آب‌های سطحی از آب‌های زیرزمینی مهم‌تر است. طبق مطالعاتی که در مناطق مختلف ازجمله آلمان، بلژیک و... انجام‌گرفته مشخص‌شده که ۲۰ تا ۸۰ درصد آلودگی آب‌های سطحی به آفت‌کش‌ها مربوط به منابع نقطه‌ای است. فلزات سنگین که از طریق آفت‌کش‌ها به آب‌های سطحی وارد می‌شوند باگذشت زمان به رسوبات کف رودخانه ملحق می‌شوند.

اولویت‌بندی عوامل تأثیرگذار آلودگی آب‌ها

برای ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری این آلاینده‌ها از نشریه‌ی ۵۲۲ مربوط به دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های سطحی استفاده‌شده است. در این مقاله اهمیت نسبی مربوط به این شش آلاینده به‌صورت جدول۱ تنظیم‌شده است. در ادامه در شش گام مختلف (جداول۲ تا ۷) عوامل مؤثر در آلودگی آب-های سطحی و زیرزمینی تعیین‌شده و نهایتاً مشخص می‌گردد کدام‌یک از این آب‌ها بیشتر در معرض آلودگی هستند. در این راستا در گام اول ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری ایجاد می‌شود (جدول۲) سپس در گام بعدی عملیات نرمال‌سازی یا بی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.2.174]

مقیاس کردن ماتریس صورت می‌گیرد (جدول۳). در گام سوم **ماتریس** نرمال شده وزن دهی می‌شوند (جدول٤) و در گام بعدی راه‌حل ایده آل مثبت و ایده آل منفی با استفاده از نرم‌افزار Topsis تعیین می‌گردد (جدول۵).

در گام پنجم اندازه فاصله از راه‌حل ایده آل مثبت و منفی تعیین‌شده و درواقع ضریب نزدیکی گزینه‌های قابل‌مقایسه به دست آید(جدول٦). این ضریب بیانگر میزان اهمیت نسبی هر پارامتر نسبت به وزن معیار آن می‌باشد. نهایتاً در آخرین گام درجه اهمیت هرکدام از آب‌های سطحی و زیرزمین در مقابل خطر آلوده شدن تعیین می‌گردد(جدول۷).

جدول ۱: میزان اهمیت نسبی‌تأثیر آلاینده‌ها بر آب‌های سطحی و زیرزمینی

نام آلاینده	آب‌های سطحی	آب‌های زیرزمینی
آلاینده‌های صنعتی	۳	۲
دترجنت‌ها	۳	۱
مواد رادیواکتیو	۱	٤
آفت‌کش‌ها	۲	۱
گرما	۳	۲
غلظت نمک‌های محلول	۲	۱

جدول ۲: ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از داده‌های موجود

ماتریس	آلاینده صنعتی	دترجنت‌ها	آفت‌کش‌ها	گرما	نمک‌های محلول	مواد رادیواکتیو
آب‌های سطحی	۳	۳	۲	۳	۲	۱
آب‌های زیرزمینی	۲	۱	۱	۲	۱	٤
نوع معیار	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت
وزن معیار	۳۹/۷	۲٦/٤	۱۲/۲	۷/٦	٤/۲	۹/۹

جدول ۳: ماتریس بی مقیاس با توجه به ماتریس تصمیم‌گیری

ماتریس بی مقیاس	آلاینده صنعتی	دترجنت‌ها	آفت‌کش‌ها	گرما	نمک‌های محلول	مواد رادیواکتیو
آب‌های سطحی	۰/۸۳۲۰۵	۰/۹٤۸٦۸	۰/۸۹٤٤۲	۰/۸۳۲۰۵	۰/۸۹٤٤۲	۰/۲٤۲۵۳
آب‌های زیرزمینی	۰/۵۵٤۷۰	۰/۳۱٦۲۲	۰/٤٤۷۲۱	۰/۵۵٤۷۰	۰/٤٤۷۲۱	۰/۹۷۰۱٤

جدول ٤: ماتریس وزین ساخته‌شده از ماتریس نرمال شده

ماتریس وزین	آلاینده صنعتی	دترجنت‌ها	آفت‌کش‌ها	گرما	نمک‌های محلول	مواد رادیواکتیو
آب‌های سطحی	۰/۳۳۰۳۲	۰/۲۵۰٤۵	۰/۱۰۹۱۱	۰/۰٦۳۲۳	۰/۰۳۷۵٦	۰/۰۲٤۰۱
آب‌های زیرزمینی	۰/۲۲۰۲۱	۰/۰۸۳٤۸	۰/۰۵٤۵۵	۰/۰٤۲۱۵	۰/۰۱۸۷۸	۰/۰۹٦۰٤

جدول ۵: به دست آوردن راه‌حل ایده آل مثبت و منفی

راه حل	آلاینده صنعتی	دترجنت‌ها	آفت‌کش ها	گرما	نمک‌ها ی	مواد رادیوا

بهینه					محلول	کتیو
+	۳۳۰۳۲	۲۵۰٤۵	/۱۰۹۱۱	۰٦۳۲۳	۰۳۷۵٦	/۰۹٦۰٤
	۰/	۰/	۰	۰/	۰/	۰
–	۲۲۰۲۱	۰۸۳٤۸	/۰۵٤۵۵	۰٤۲۱۵	۰۱۸۷۸	/۰۲٤۰۱

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.2.174]

۰/	۰/	۰	۰/	۰/	۰

جدول ۶: به دست آوردن فاصله از راه‌حل ایده آل مثبت و منفی

	+	−
آب سطحی	۰/۰۷۲۰۳	۰/۲۰۹۲۲
آب زیرزمینی	۰/۲۰۹۲۲	۰/۰۷۲۰۳

جدول ۷: رتبه‌بندی گزینه‌ها با توجه به تعیین نزدیکی راه‌حل ایده آل مثبت و منفی

نتیجه	ضریب نزدیکی
آب سطحی	۰/۰۷٤۳۸۹
آب زیرزمینی	۰/۲٥٦۱۰

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Topsis می‌توان نتیجه گرفت که آب‌های سطحی به‌طور نسبی بیشتر مورد آلودگی قرار می‌گیرند، به این معنا که باید تمهیدات ویژه‌ای برای کاهش این آلودگی‌ها در نظر گرفت. یعنی پارامترهای موردبررسی، ٧٤ درصد باعث آلودگی آب‌های سطحی شده و ٢٦ درصد آب‌های زیرزمینی را آلوده می‌کنند. باکمی دقت درمی‌یابیم که تنها پارامتری که باعث افزایش نسبی آلاینده‌های زیرزمینی نسبت به آب‌های سطحی می‌شود مواد رادیواکتیوی بوده که ضایعات آن‌ها در زیرزمین مدفون‌شده و به‌شدت باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شوند. همچنین اثرات این آلاینده‌ها دارای ماندگاری بسیار بالا هستند و خطر جدی برای این منابع به شمار می‌روند. دلیل اینکه میزان اهمیت نسبی آلودگی ایجادشده در منابع آب‌های زیرزمینی توسط مواد رادیواکتیو بیشتر از منابع آب‌های سطحی می‌باشد این است که ضایعات مربوط به زباله‌های هسته‌ای در زیرزمین مدفون می‌شوند و همین عامل باعث می‌شود این آلودگی آب‌های زیرزمینی را بیشتر تحت تأثیر قرار دهد.

اولویت‌بندی عوامل تأثیر کاربر آلودگی آب‌های سطحی با استفاده از درخت تصمیم در نرم‌افزار Weka

در درخت تصمیم، برگ‌ها خروجی‌های این مدل‌سازی هستند. عواملی که در ابتدا در مورد مقایسه‌ی آن‌ها بحث می‌شد، در قسمت برگ‌های این درخت قابل‌مشاهده هستند. برگ‌ها اگر به‌صورت هرز تشخیص داده شوند از لیست مقایسه اهمیت حذف می‌شوند. برای تشخیص هرز بودن یا اصلی بودن شاخه و برگ‌ها از روش هرس کردن مطابق با رابطه(١) استفاده می‌شوند:

$$Purity(S) = 2P(logP)$$
$$If\ \ Purity(S) < 0.15 \ \ \rightarrow \ \ it\ will\ be\ removed \qquad (١)$$

حال در این قسمت انواع آلاینده‌ها و نتایج مربوط به آن‌ها بیان‌شده است. شش نوع آلاینده از بین آلاینده‌های مختلف موردبحث و بررسی قرارگرفته‌اند و پرسشنامه‌ی مربوطه با توجه به این پارامترهای اصلی طراحی‌شده است. در ادامه به‌اختصار پیامدهای زیست‌محیطی و بهداشتی هرکدام از شش آلاینده‌ها بیان می‌شود.

الف) آلاینده‌های صنعتی: این نوع آلاینده‌ها پیامدهای زیادی را به همراه خواهند داشت ازجمله آسیب به آبزیان موجود در آب‌ها، کاهش اکسیژن محلول موجود در آب، به وجود آمدن لایه‌ای از مواد معلق روی آب و جلوگیری از ورود نور خورشید به درون آب، اثرگذاری بر عمل فتوسنتز و عدم رشد گیاهان، به وجود آمدن بوهای نامطبوع، ورود عوامل بیماری‌زا به آب و غیرقابل‌شرب شدن آب.

ب) درترجنت‌ها: این نوع آلاینده‌ها موجب ایجاد کف بر روی آب، مرگ‌ومیر آبزیان موجود در این آب‌ها، عدم رشد گیاهان به علت کاهش رسیدن نور خورشید به آن‌ها و ورود عوامل بیماری‌زا به آب می‌شوند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.2.174]

ج) مواد رادیواکتیو: تغییر در ساختار مولکول آب، در صورت آلوده شدن بسیار کشنده، ماندگاری بسیار بالا در آب‌ها و ورود عوامل بیماری‌زا به آب از پیامدهای این نوع آلاینده‌ها به شمار می‌آید.

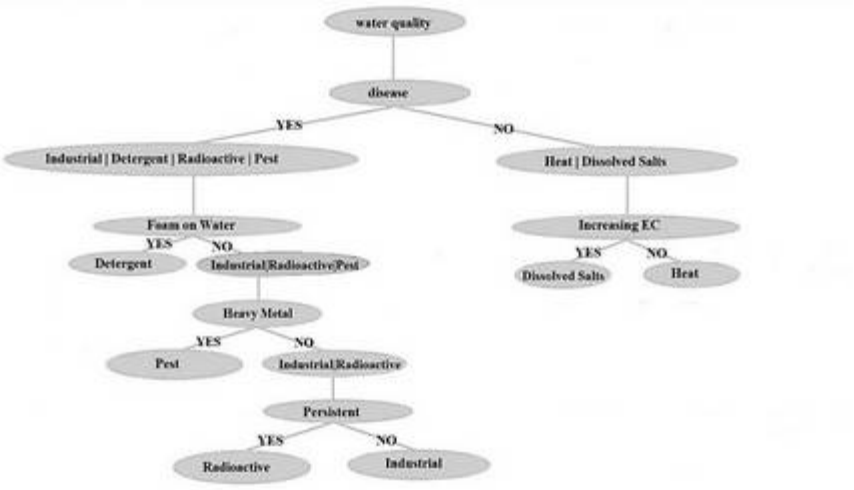
د) آفت‌کش‌ها: این نوع آلاینده‌ها باعث افزایش فلزات سنگین در آب‌ها و ایجاد رسوبات در کف منابع آب، ورود عوامل بیماری‌زا به درون آب می‌شوند و ماندگاری تقریباً زیادی دارند.

ه) گرما: گرما مانند یک آلاینده‌ی مخرب موجب از بین رفتن شدید برخی از آبزیان حساس به دما می‌شود. دما بی‌تأثیر در طعم و بوی آب و بی‌تأثیر در غیرقابل‌شرب شدن و طعم آب می‌باشد.

و) غلظت نمک‌های محلول : تأثیر بر رشد گیاهان و افزایش میزان هدایت الکتریکی از تأثیرات غلظت نمک‌های محلول در آب می‌باشد.

تشکیل درخت تصمیم به‌وسیله ریشه، شاخه و برگ

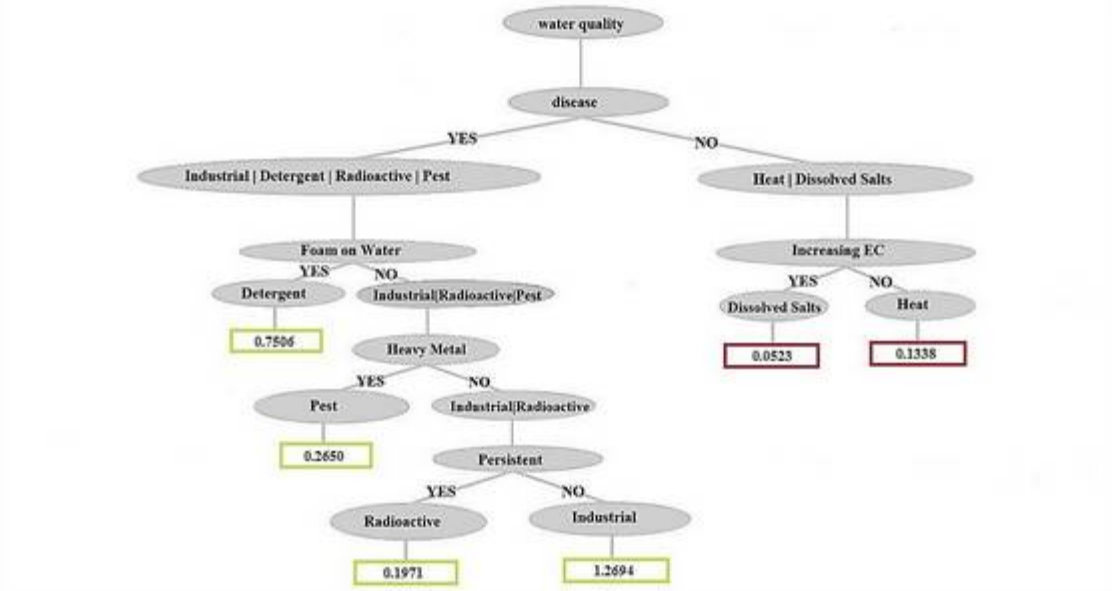
با توجه به پیامدهای مربوط به عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌های سطحی باید اجزای درخت تعیین شوند. هدف اصلی در این پژوهش به‌عنوان ریشه انتخاب می‌شود. بنابراین عوامل مؤثر بر کیفیت آب به‌عنوان ریشه‌ی این درخت انتخاب می‌شود. ساقه در درخت تصمیم همان ویژگی اصلی بود که بین اکثر پارامترها مشترک بود. باکمی دقت درمی‌یابیم که عامل مشترک اکثر این آلاینده‌ها ورود عوامل بیماری‌زا به آب بوده که بیشترین تکرار را در میان این پارامترها دارد. با انتخاب این پارامتر به‌عنوان ساقه و تنه‌ی اصلی، در حقیقت یک ساقه‌ی اصلی تشکیل خواهد شد و احتمالاً ساقه‌ی هرز نیز تشکیل شود که وجود این ساقه با استفاده از فرمول هرس کردن درخت تصمیم بررسی خواهد شد. در این قسمت از نرم‌افزار تمام پارامترهایی که قبلاً درباره‌ی آن‌ها بحث شد به‌صورت ریشه، ساقه، شاخه و برگ به نرم‌افزار معرفی‌شده و درخت تصمیم اولیه مربوط به آن به‌صورت شما تیک رسم خواهد شد. باکمی دقت درمی‌یابیم درخت تصمیم مربوطه تا جایی از کاربر مؤلفه می‌گیرد که به برگ نهایی برسد و الگوریتم آن پایان یابد. به‌عنوان‌مثال در شکل۲ مشاهده می‌شود که این درخت انقدر دارای زیرشاخه شده است تا به تک عامل نهایی برسد. عوامل نهایی دقیقاً همان پارامترهای آلوده‌کننده آب‌های سطحی هستند که از ابتدا اولویت‌بندی آن‌ها دارای اهمیت بود.



[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.2.174]

شکل ۲: درخت ترسیم‌شده با استفاده از آلاینده‌های معرفی‌شده



شکل ۳: نحوه‌ی هرس کردن پارامترهای بااهمیت نسبی کم در درخت تصمیم

یکی از ویژگی‌های درخت تصمیم این است که میزان اهمیت شاخه‌های مختلف را بررسی می‌کند و شاخه‌هایی که به‌صورت هرز تشخیص داده شوند از این درخت حذف خواهند شد. این ویژگی درخت توسط فرمول هرس کردن کنترل می‌شود. در فرمول مربوط به هرس کردن، اگر خروجی مربوط به هر برگ از عدد ۰/۱۵ کوچک‌تر باشد، نرم‌افزار آن شاخه را به‌صورت خودکار کنار خواهد گذاشت. در شکل۳ که مربوط به نرم‌افزار Weka است اعداد خروجی که بارنگ قرمز نشان داده‌شده‌اند مربوط به شاخه‌های هرز بوده و خروجی‌های سبزرنگ مربوط به شاخه‌های اصلی است.

در این نرم‌افزار شش پارامتر معرفی‌شده با یکدیگر ازنظر اهمیت مقایسه شدند. در این پژوهش، گرما با میزان خلوص ۰/۱۳۳۸ و نمک‌های محلول با خلوص ۰/۰۵۲۳ به علت اینکه از ۰/۱۵ کمتر می‌باشند از درخت تصمیم حذف‌شده و به‌عنوان برگ‌های هرز معرفی می‌شوند. همچنین آلاینده‌های صنعتی با خلوص ۱/۲۶۹٤، اصلی‌ترین شاخه معرفی‌شده و دترجنت‌ها، آفت کش ها و مواد رادیواکتیو به ترتیب دارای میزان خلوص ۰/۷۵۰٦، ۰/۲٦۵۰ و ۰/۱۹۷۱ هستند که به‌عنوان برگ‌های اصلی شناخته می شوند. از مقایسه میزان خلوص نتیجه گیری می شود که با حذف شاخه و برگ های هرز، باید تمرکز بیشتری روی پارامترهای اصلی داشت و در نبود عوامل هرز، یک ارزیابی کیفی جداگانه بر روی آن ها انجام داد. زیرا عوامل هرز از میزان اهمیت ناچیزی برخوردار بوده و قابل صرف‌نظر کردن می‌باشند.

نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، آب‌های سطحی بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی در معرض آلودگی قرار دارند. در این پژوهش، اثرات و نتایج مربوط به شش آلاینده یعنی آلاینده‌های صنعتی، دترجنت‌ها (گندزداها)، آفت‌کش‌ها، مواد رادیواکتیو، گرما و غلظت نمک‌های محلول موردبررسی قرار گرفت. در این میان، به‌جز آلودگی مربوط به مواد رادیواکتیو که آب‌های زیرزمینی را بیشتر در معرض آلودگی قرار می‌دهند، بقیه‌ی آلاینده‌ها بر روی آب‌های سطحی اثرگذارترند. برای

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.2.174]

اولویت‌بندی پارامترهای مربوط به ارزیابی کیفی آب‌های سطحی، از نرم‌افزار Topsis که یکی از ابزارهای بررسی روش‌های تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد استفاده شد. این نرم‌افزار اولویت‌بندی پارامترها را در ٦ مرحله انجام داده تا درنهایت ضریب نزدیکی گزینه‌های قابل‌مقایسه به دست آید. در این پژوهش، با توجه به خروجی این نرم‌افزار، منابع آب‌های سطحی با ٧٤ درصد و منابع آب‌های زیرزمینی با ٢٦ درصد در معرض آلودگی‌های یادشده قرار می‌گیرند. همچنین، آلاینده‌های صنعتی به‌عنوان تأثیرگذارترین نوع آلاینده و غلظت نمک‌های محلول به‌عنوان کم تاثیرترین نوع آلودگی انتخاب شدند. به‌عنوان جمع‌بندی می‌توان اظهار داشت که تنها عاملی که باعث به وجود آمدن ضریب نزدیکی بین آب‌های سطحی و زیرزمینی شد مواد رادیواکتیو است که با ضریب اهمیت ٤ برای آب‌های زیرزمینی و ضریب اهمیت ١ برای آب‌های سطحی این ضریب نزدیکی را ایجاد کرد. در غیر این صورت اگر همه‌ی وزن معیارها برای یک گزینه از گزینه‌ی دیگر بیشتر باشد ضریب نزدیکی ١ و ٠ به ترتیب برای گزینه‌ی مهم‌تر و کم‌اهمیت‌تر ایجاد خواهد شد. مدل‌سازی به روش درخت تصمیم یکی از روش‌هایی است که به‌وسیله‌ی آن می‌توان یک نظم خاصی بین پارامترهای تأثیرگذار روی هدف به وجود آورد. این مدل‌سازی در پژوهش حاضر به‌وسیله‌ی نرم‌افزار Weka انجام شد. نتایج بدست آمده گویای این موضوع هستند که گرما با میزان خلوص ٠/١٣٣٨ و نمک‌های محلول با خلوص ٠/٠٥٢٣ به علت اینکه از ٠/١٥ کمتر می‌باشند از درخت تصمیم حذف‌شده و به‌عنوان برگ‌های هرز معرفی می‌شوند. همچنین آلاینده‌های صنعتی با خلوص ١/٢٦٩٤، اصلی‌ترین شاخه معرفی‌شده و دترجنت‌ها، آفت‌کش‌ها و مواد رادیواکتیو به ترتیب دارای میزان خلوص ٠/٧٥٠٦، ٠/٢٦٥٠ و ٠/١٩٧١ هستند که به‌عنوان برگ‌های اصلی شناخته می‌شوند.

منابع

1. Dehghanian, K. The Parameters of evaluating surface water quality and pure method. The third national congress of civil engineering 1390, Tabriz, Pages 1-3. [In Persian]
2. Brown, H. Camargo, J. Alonso, A. Rice monoculture and integrated rice-fish farming, Vietnam. Total Environ 2004, 332: 95-107.
3. Dehdarifar, M. The effects of Pestkiller on surface water quality. The problems and solutions 1388, 2:614-617. [In Persian]
4. Kerlinjer, S. Urbanization, land use and water quality in Shanghai. Environ Int 2003, 29: 649-659.
5. Isobe, K. Torao, M. Chiem, N. Effects of environmental factors on relationship between concentration of coprostanol and fecal indicator. Appl Environ microbial 2004, 70:814-821.
6. Cenci, R. Martin, J. Concentration and fate of tracements in Mekong River Delta. Sci Total Environ 2004, 332:167-182.
7. Marc, J. Overview of the hydrology of the Mekong Basin, Mekong River commission 2005, 73-75.
8. Ljung, K. Maley, F. Cook, A. Weinsten acid surface soils and human health- a millennim ecosystem assessment. Environ Int 2009, 35:1234-1242
9. Guong, H. Aquaculture and Agricultural production in the Mekong Delta and its effects on nutrient pollution of soil and water. Renaud FG, editors, environmental Sci 2012, 363-393.
11. Chen, L. Seasonal Variation of nitrogen-concentration in the surface water and its relationship with land use in a catchment of northern China. Environ Sci 2005, 17:224-231.
12. Pakgohar, A. Analyzing statistics data using decision tree. Third edition, 1387, 8:38-40. [In Persian]

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.2.174]

Surface Water Quality Assessment and Prioritize the Factors Pollute This Water Using Topsis Fuzzy Hierarchical Analysis

Mehdi Komasi[1*], Soroush Sharghi[2]

1. Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Ayatollah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran
2. MS Student, Hydraulic Structures, Ayatollah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran

** E-mail: komasi@abru.ac.ir*

Received: 15 Sep 2016 ; Accepted: 3 Jan 2017

ABSTRACT

Background & Objective: Nowadays, according to growth of industry and increasing population, water resources are seriousely shortened. This lack of water resources will require special management to be considered in industry and agriculture. Among the various sources of water, surface waters are more susceptible to infection. The most important of these sources of pollution are industrial pollution, detergent, pesticides, radioactive materials, heat and salt concentration.

Materials & methods: In this article, at first the importance of each pollutant will be evaluated base on the effects and its results and then quality evaluation of surface water will be studied. In order to assess the relative importance of these pollutants primarily using TOPSIS software, prioritize these factors as one of the hierarchical analysis and then is modeled with decision tree method using Weka software, the importance of each factor is evaluated and if it does not meet the minimal importance of the decision tree will be removed.

Results: The results obtained from the Topsis fuzzy analysis indicate that surface water and groundwater are exposed to pollution about 74% and 26% respectively among the six pollutants examined in this study. In addition, results obtaned from the hierarchical tree in software Weka has shown that the heat factor, soluble salts and industrial pollutants give impac factor or purity about 0.1338, 0.0523 and 1.2694 respectively.

Conclusion: Surface water is at greater risk of being polluted compared with groundwater. The heat factor and low concentration of dissolved salts have the low impact and industrial pollutants are considered as the most influential factors in surface water pollution.

Keywords: Surface water quality evaluation, Topsis, Weka software, Fuzzy hierarchical analysis, Water pollution

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.2.174]