مدیریت شهری
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017
۳۴۳-۳۶۰
زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۳/۱۲ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۸/۱

شناسایی و اولویت بندی آلاینده های آب در صنایع نفت و پتروشیمی و ارائه یک مدل ریاضی جهت کاهش مخاطرات زیست محیطی

ابوالفضل روحانی*- مربی، عضو هیات علمی گروه مهندسی صنایع دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، پردیس البرز دانشگاه تهران.
عباس کرامتی- دانشیار، عضو هیات علمی گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران
جعفر رزمی- استاد، عضو هیات علمی گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

آلودگی آب یکی از مشکلات و چالش‌های مهم دنیا و ایران است. یکی از علل اصلی بیماری‌ها و مرگ و میر در جهان آلودگی آب است. آب‌های سطحی و زیرزمینی هر دو در معرض آلاینده های مختلف قرار دارند. با توجه به ماهیت، منشا ورود آلاینده‌ها، طبیعی و یا انسان ساز بودن، تقسیم بندی های مختلفی برای آلاینده‌ها در نظر گرفته شده است. عمده آلاینده‌های آلی آب ناشی از صنایع نفت و پتروشیمی، ۴ معیار اصلی کشاورزی، شیمیایی، نفتی و غذایی می‌باشند. هریک از این چهار دسته خود دارای زیر معیارهایی می‌باشند. در این پژوهش به بررسی، شناسایی و رتبه‌بندی دقیق آلاینده‌های آب در صنایع نفت و پتروشیمی با استفاده از روش‌های آنالیز فاکتور و فرآیند تحلیل شبکه‌ای پرداخته ایم. نتایج روش آنالیز فاکتور بیانگر این واقعیت می‌باشد که آلاینده‌های نیترات، سدیم و TDS بیشترین امتیاز را از خبرگان محیط زیست در حوزه آلایندگی آب به خود اختصاص دادند. همچنین نتایج فرآیند تحلیل شبکه‌ای نشان دادند که آلاینده‌های کشاورزی با وزن ۰/۳۲۱ در رتبه اول و آلاینده‌های نفتی با وزن ۰/۱۵۲ در رتبه چهارم قرار دارند. سپس به استناد یافته‌های پژوهش به ارائه مدل ریاضی و حل مدل با برنامه‌ریزی آرمانی با هدف پیش بینی و استخراج آلاینده‌های اساسی و میزان آن‌ها در صنعت نفت و پتروشیمی با رویکرد کاهش آلاینده‌های زیست محیطی پرداخته‌ایم. محقق امیدوار است با ارائه آن به سازمانه ای مربوطه گامی موثر در جلوگیری از تخریب محیط زیست توسط آلاینده ها این صنعت برداشته شود.

واژگان کلیدی: آلاینده‌های آب، فرآیند تحلیل شبکه ای، تحلیل مولفه های اصلی، تحلیل عاملی ،صنعت نفت و پتروشیمی، مدل سازی ریاضی

Identify and Prioritize Water Pollutants in Petroleum and Petrochemical Industries and Employing a Mathematical Model to Reduce Environmental Risk Emphasis

Abstract

Water contamination is one of the important problems and challenges facing the world, including Iran. It is one of the main causes of death and mortality in the world. Surface and ground waters are both exposed to various contaminants. The contaminants have been classified into various categories, based on their nature, the source of contamination, and whether they are man-made or occur naturally. The main organic contaminants of water are agricultural, chemical, oil, and food contaminants. Each of these four groups has sub-criteria. In this research, investigation, identification, and accurate ranking of water contaminants in oil and petrochemical industries have been done using the factor analysis and analytical hierarchy process methods. The results of the factor analysis method suggest that the contaminants nitrate, sodium, and TDS have claimed the highest score from environmental experts as water contaminating agents. Further, the results of the ANP showed that agricultural and oil contaminants, with weights of 0.321 and 0.152, have been ranked first and fourth, respectively. In this research, following an investigation and ranking of water contaminants in oil and petrochemical industries, using factor analysis and ANP methods, a mathematical model was presented and then solved using goal programming with the aim of predicting and extracting the main contaminants and their levels in the oil and petrochemical industry and decreasing the environmental contaminants. The researchers hope that the presentation of the findings to relevant organizations, an effective step is taken to prevent environmental destruction .by the contaminants of this industry

Keywords: Water Contaminants, Analytical Network Process, Principal Components Analysis, Factor Analysis, Oil and Petrochemical Industry, Mathematical Modelling

* نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۵۵۴۳۵۲۳۲، رایانامه: a.rouhani1376@gmail.com

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

۱- مقدمه

آب یکی از فراوانترین ترکیباتی است که در طبیعت یافت میشود و تقریباً ۷۵٪ سطح زمین را اشغال می نماید. با این وجود، چندین عامل زمینه ساز کمبود آب در نقاط مختلف دنیا شده است. اولین عامل، توزیع ناهمگن جغرافیایی میباشد؛ بیش از ۹۷٪ کل منابع آب در اقیانوسها و دریاها قرار دارد که به دلیل بالا بودن میزان نمکهای محلول، مستقیماً برای مصرف مناسب نمی باشند. کمی بیش از ۲٪ کل منابع آب در یخچالها و مناطق قطبی و یا به صورت رطوبت در خاک و اتمسفر زمین قرار دارد، که به دلیل در دسترس نبودن، برنامه ریزی برای استفاده از آنها از نظر امکان سنجی اقتصادی قابل توجیه نیست. به این ترتیب انسان جهت ادامه حیات و رفع نیازهای صنعتی، کشاورزی و شرب، تنها به ۶۲٪ آب باقیمانده در دریاچه ها، رودخانه ها و آبهای زیرزمینی میتواند دسترسی داشته باشد. این امر نه تنها کیفیت منابع آب در دسترس را کاهش داده و با محدودیتهای بیشتری رو به رو نموده است، بلکه به دلیل توسعه ی شهرنشینی و فعالیتهای صنعتی و کشاورزی، تغییر و تنزل کیفیت آبها مواجه شده اند و سالهاست در زمینه برنامه ریزی صحیح در مدیریت منابع آب سرمایه گذاری می نمایند (Azadfallah, et al. 2016). اکنون در زمانی زندگی میکنیم که مسئله ی آلودگی محیط زیست به خاطر رشد سریع جمعیت، صنعت و محدودیتهای منابع طبیعی بیش از پیش مورد توجه کارشناسان واقع شده؛ و همچنین به شکل یک مسئله ی قابل لمس مورد توجه عام مردم قرار گرفته است؛ در جوامع امروزی اهمیت حفاظت محیط زیست امری ضروری و بدیهی به نظر میرسد؛ بدون شک اقدام و اجرای هر گونه برنامه نیاز به دانش کافی و شناخت لازم از محیط زیست و آلاینده های آن دارد. بحرانهای زیست محیطی ناشی از آلودگیها هم اکنون بسیاری از کشورها را به طرز خطرناکی تهدید میکند. لذا کشور با حفاظت جدی و منطقی از محیط زیست خود و برنامه ریزی های علمی میتوانند این بحرانهای زیست محیطی را کنترل نمایند. در همین راستا شناخت آلودگی آب در صنایع راه را برای مقابله با این آلودگیها هموار کرده است (Ramudhin, et al (2010). ساختار این مقاله به این صورت خواهد بود که در بخش ۲ به مرور آخرین تحقیقات انجام گرفته در حوزه مورد مطالعه میپردازیم. در بخش سوم اشارهای به ضرورت و نوآوری تحقیق با رویکرد کاهش مخاطرات زیست محیطی شده است. بخش چهارم بیان گر روش تحقیق میباشد. در بخش ۵ معرفی معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی و در انتها تجزیه و تحلیل و برخی جداول محاسباتی آمده است. سپس در بخشهای ۷ ، ۸ و ۹ به ترتیب نتیجه گیری، ارائه پیشنهادات و منابع آمده است.

۲- مروری بر تحقیقات پیشین

در نوامبر سال ۱۹۸۶ بر اثر ریزش موادی شامل جیوه و انواع مواد آلی سمی مانند آفتکش ها در رودخانه راین، تمام آبزیان از شهر بال سوئیس تا ساحل هلند کشته شدند. در سالها ی اخیر با غرق شدن تانکرهای بزرگ نفتی اقیانوس پیما با به گل نشستن آنها آسیب هایی به حیات دریایی وارد آمد. در سال ۱۹۸۳ بر اثر ۱۱۰۰۰ واقعه آلوده کننده در حدود ۱۲۰ میلیون لیتر مواد آلوده کننده در آبهای ایالات متحده تخلیه شده است (Rohani et al, 2016). در سال ۱۹۶۹ برای آلودگی آب تعریفی ارائه داد: آلودگی آب عبارت است از افزایش مقدار هر معرف اعم از شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی که موجب تغییر خواص و نقش اساسی آن در مصارف ویژهاش شود (Faiku, A. Haziri, 2016). آب یکی از مهمترین و بنیادی ترین عامل حیات موجودات زنده است از این نظر جلوگیری از آلودگی آب نیز به همان نسبت مهم و مورد توجه میباشد عوامل آلوده کننده آب بسیار گوناگونند و میتوانند هم منابع آبهای زیرزمینی و هم آبهای سطحی را آلوده کنند (Faiku, A. Haziri, 2016). کارول براونر، امریکا EPA، یکی از مسئولان پیشروی آلودگی آب، دکتر دیوید اوزون اف از دانشگاه بوستون از بهداشت همگانی هشدار میدهد که، «ریسک بیماری وابسته با آب آشامیدنی همگانی از نظری به واقعی پیش رفته است» بسیاری بیماریها که در گذشته نمی توانست مرتبط با یک علت احتمالی بشود، حالا میتواند مستقیما مرتبط با سموم در آب آشامیدنی مان بشود. استفاده از حشره کشها و افت کشها تا حدی فزاینده شده است که حالا بطور معمول در شیر آب خانگی با تناوب هشدار دهنده یافت میشوند (Cozzi et al, 2015; Tsyntsarski et

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

Pantazidou.(al. 2014 و همکاران (2007) روند آلاینده ها در خلیج Elefsis یونان را با در نظر گرفتن چهار فلز سرب (Pb)، روی (Zn)، کروم (Cr) و مس (Cu) مورد بررسی قرار داده اند و یک روش برای رتبه بندی آلاینده ها مبتنی بر ویژگی های سمی بودن مشخص شده با محدودیت های مجاز ارائه داده اند. برای این کار، برای هر آلاینده و هر ماتریس، یک اندازه ی غلظت شناسایی شده و با حد مشخص شده برای آن غلظت، در آب و رسوب مقایسه شده است. در این مقاله از اطلاعات ۱۸ ساله ی غلظت چهار فلز در آب و رسوب خلیج Elefsis استفاده شده که روند کاهشی واضحی فقط برای کروم نشان میدهد. همچنین، داده های به دست آمده از محلی در نزدیکی دو کارخانه کشتی سازی خلیج Elefsis، ماکزیمم های دوره ای برای Pb، Zn و Cu در مکان های نمونه برداری نشان داده است. شاخص خطری که برای مشخص کردن کل خلیج معرفی شده است، مس و سرب را به عنوان آلاینده های پرخطرتر نشان میدهد. با رتبه بندی توسط روش پیشنهادی این پژوهش، ترتیب چهار فلز در آب دریا عبارت است از: Pb، Cu، Cr و Zn. این رتبه بندی در رسوبات عبارت است از: Cu، Zn، Pb و Cr. با توجه به نتایج به دست آمده، اگر هدف رتبه بندی، بهبود کیفیت آب است، تمرکز باید بر روی سرب صورت گیرد. در جایی دیگر Lam و همکاران (2011) به شناسایی و اولویت بندی آلودگی هایی که مانعی برای فرصتهای موجود برای صنعت تولید برد سیم کشی چاپی در ایالات متحده است، پرداخته اند. EPA[1] این کشور دو روش پایش محیط زیستی را ارائه داده است: ۱) ابزاری برای ارزیابی و کاهش اثرات محیط زیستی ۲) شاخصهای محیط زیستی پایش ریسک. در این پژوهش از هر دو روش برای رتبه بندی اثرات شیمیایی در تولیدی PWB استفاده شده است. درصد منتشر شده از مواد شمیایی مانند متانول، گلیکول اترها، و دی متیل نشان دهنده ی انتشار بیشتر این مواد در هوا و آب است، با این حال، یافته های مقاله بیان میکند که سرب، مس و ترکیبات آنها از هر دو روش مذکور، که در حالتهای مختلف ارزیابی میشوند، بالاترین نمره خطر و بنابراین بیشترین اثر محیط زیستی را دارند.

بررسی توزیع جغرافیایی، میتواند مکانهایی را که جلوگیری از آلودگی ممکن است موثرتر باشد، مشخص نماید. محدودیت این روش این است که، جمع آوری داده ها نیازمند گزارش خود (self-reported) است. در اینجا، فرایندهای شیمیایی و مواد جایگزین برای جلوگیری از آلودگی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است که تکنولوژیهای بازیابی خوردگی و تعویض مواد از آن جمله هستند. این موضوع در جای دیگر مورد توجه Caravanos و همکاران (2014) قرار گرفته است. آنها یک سیستم رتبه بندی خطر ساده شده برای رتبه بندی محله ای آلوده ارائه داده اند و تمرکز خود را بر کشورهای با درآمد کم و متوسط گذاشته اند. هدف از انجام پژوهش آنها، شرح ساده اما موثر روشی که موسسه Blacksmith برای مقدار دهی و رتبه بندی قرار گرفتن در معرض مواد سمی در LMICs[2] اتخاذ کرده، بیان شده است. این سیستم در ۳۰۰۰ سایت در ۴۸ کشور مانند هند، اندونزی، چین، غنا، کنیا، تانزانیا، پرو، بولیوی استفاده میشود. برای دستیابی به این هدف و ارائه یک فرمول برای رتبه بندی خطر – شاخص Blacksmith- فاکتورهای مهمی چون مقیاس منابع آلودگی، اندازه ی جمعیت تحت تاثیر، و راه های قرار گرفتن در معرض خطر را در نظر گرفته اند. شاخص Blacksmith یک ابزار رتبه بندی ریسک است که توصیف مشخصه های مستقیم، مقداردهی و رتبه بندی مکان های آلوده ی سمی زمانی که پول، زمان و منابع محدود است را ارائه میدهد. مدل پیشنهادی این پژوهش برای چهار نمونه مطالعه موردی، با مکانها، جمعیت، آلودگیها و راه های در معرض قرار گرفتن متفاوت، اجرا شد. در این مکانها، شاخص Blacksmith برای ارزیابی میزان و شدت آلودگی محیط زیستی به کار رفت. این شاخص پیچیدگی سیستم رتبه بندی خطر آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا را ندارد اما مطالعات موردی، اثربخشی آن را به خصوص در موارد با منابع کم تایید میکند. با توجه به محدودیتهای موجود، شناسایی دقیق خطرات سایت های آلوده به مواد سمی میتواند باعث اطمینان از استفاده بهتر از منابع و حفظ سلامت عمومی شود.

۱ . Environmental Protection Agency

۲ . low- and middle-income countries

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

Giubilato و همکاران (۲۰۱۴) روشی برای رتبه بندی عوامل استرس زای شیمیایی که بر محیط زیست اثرگذارند ارائه داده اند. به منظور کمک به تصمیم گیرندگان در شناسایی اولویت آلاینده ها، همچنین اولویت بندی منطقه ها، ابزاری مبتنی بر ریسک در این مقاله معرفی شده است که به شواهد وزن میدهد و با ترکیب سه نوع از اطلاعات- خطوط شواهد (LOE)- آلودگی محیط زیست، نیروی جذب شده و اثرات مشاهده شده، اجرا میشود. روش تحلیل تصمیم چند معیاره (MCDA) مبتنی بر منطق فازی برای پشتیبانی از این سه LOE به کار رفته است. این روش به تعیین اولویت زیرمناطق موجود در هر منطقه کمک میکند. با این حال، عملکرد این ابزار با یک مطالعه موردی در منطقه Flemish (شمال بلژیک) آزمایش شد. در این نمونه، داده های مربوط به آلودگی خاک توسط فلزات و آلاینده های آلی با اطلاعات در معرض بودن نوجوانان، در طول سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ بررسی شدند. روش پیشنهادی مقاله انعطاف پذیر است، همچنین علاوه بر ادغام اولویت‌های هر تصمیم گیرنده، چون همه ی فرضیات و اعتباردهی ها قابل ردگیری است، همزمان از شفافیت لازم نیز برخوردار است. در همین سال Kudłak و همکاران (۲۰۱۴) رتبه بندی آزمون سَمیَّت با ارزیابی کیفیت آبهای زیرزمینی در محل‌های دفن زباله چند شهر در شمال لهستان را با استفاده از روش نمودار Hasse، (HDT) انجام دادند. بررسی دقیق پارامترها نشان داده است که علاوه بر شاخص‌های شیمیایی، کاربرد تستهای حیاتی برای ارزیابی سمی بودن نیز مساله قابل توجهی است. این مقاله تلاش میکند تا علاوه بر رتبه بندی تست سمیت مورد استفاده برای بررسی کیفیت آب در محل دفن زباله، اهمیت این تستها را با اهمیت پارامترهای شیمیایی مورد استفاده برای ارزیابی کیفیت آب مقایسه کند که برای حل این مسائل، از رویکرد ارزیابی چند متغیره (Hasse diagram technique) استفاده میکند.

بعد از جمع آوری نمونه ها، تحلیل شیمیایی بر روی پارامترهایی چون PH، رسانایی، دما، تیرگی، رنگ، مزه، بو و شرایط جوی صورت گرفته است. همزمان با ارزیابی پارامترهای شیمیایی، شش تست سمیت مختلف نیز به کار گرفته شده و برای تعیین میزان کاربردی بودن این تستها، رتبه بندی سطوح پایش شده با استفاده از HDT صورت گرفته است. در این پژوهش با انجام آنالیز حساسیت مشخص شد که انتخاب تستهای سمیت میتواند با استفاده از استراتژی HDT بهینه شود. در این سال کار دیگری توسط Donnachie و همکاران (۲۰۱۴) انجام شده است؛ آنها برای شناسایی خطرناکترین حالت برای موجودات آبزی در انگلستان و بهبود شرایط، رتبه بندی ریسک فلزات موجود در رودخانه ها را با استفاده از یک فرمول ریسک انجام داده اند. روش استفاده شده در این مقاله، مقایسه اطلاعات سمیت با غلظت اندازه گیری شده در رودخانه ها است. عامل تجمع نیز به عنوان روش رتبه بندی استفاده شده است. یافته ها نشان میدهند که مس، آلومینیوم و روی به ترتیب جزو پرخطرترین فلزات در این منطقه هستند. همچنین یک محصول مراقبت شخصی مانند تریکلوزان (triclosan) خطر بیشتری نسبت به بسیاری فلزات دارد. در جایی دیگر Papa و همکاران (2015) به سراغ بررسی تهدیدات فاضلاب بر اساس اثرات آنها و رتبه بندی آنها و بررسی مزایای این کار بر سلامت انسان رفته اند. هدف این مقاله ارزیابی تهدیدات فاضلاب با محاسبه فاکتور کلیدی آسیب- آسیب از طریق انتشار در آب و هوا- به سلامت انسان است. در اینجا فاکتورهای هزینه ای برای آلودگی هوا و یک دیدگاه نوآورانه برای آلودگی آب نیز مورد استفاده قرار گرفته است. تفاوت این کار با مطالعات قبلی این است که در مطالعات پیشین، سنجش بیولوژیکی و بیماریهای مربوطه برای محاسبات نهایی استفاده شده در حالی که این پژوهش بر اساس اثر هر یک از ترکیبات آنها است.

در این مقاله، رویکرد BAD[3] فشارها را اندازه گیری میکند و آنها را به اثرات مشابه و قابل مقایسه، با توجه به آسیب ایجاد شده بر سلامت انسان منتقل و به صورت ارزش اقتصادی بیان میکند. با اجرای فرایند بیولوژیکی ثانویه، بیش از نیمی از آسیب کاهش می‌یابد. استفاده از کربن فعال شده یا اضافه کردن یک مرحله ازن گزینه‌های مناسبی هستند که کمترین آسیب را ایجاد می‌نمایند. Qu

۳. The biological assay and disease (BAD) approach

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

و همکاران (2016) یک رتبه بندی چند مرحله ای برای حوادث آلودگی منبع آب با استفاده از ابزار تصمیم گیری گروهی فازی انجام داده اند. به دلیل عدم قطعیت این حوادث، تدوین گزینه بهینه بسیار مشکل است. نویسندگان این مقاله از آزمایش فنی چند مرحله ای و روش TOPSIS فازی، برای تعیین رویکرد فنی بهینه استفاده کرده اند. در مرحله اول، یک ابزار تصمیم گروهی مبتنی بر CBR[4] استفاده شده است. سپس در مرحله دوم، درجه خطر آلودگی با استفاده از سیستم ارزیابی خطر تعیین و به چهار سطح تقسیم میشود. روش تصمیم گیری گروهی چند مرحله ای برای حوادث آلودگی در سطوح تهدید مختلف به کار گرفته شده است. شرایط بیان میکند که وجود روشی با حداکثر راندمان حذف آلاینده ها ضروری است. در این حالت عملکرد، حساسیت زمانی و سهولت تهیه مهمترین معیارهای این مورد بودند. نتایج به دست آمده نشان میدهد، وقتی که معیار هزینه، وزنی بیشتر از دیگر معیارها دارد، انتظار سطح حداقلی از تهدید وجود دارد. روش پیشنهادی این مقاله علاوه بر تعیین وزن کارشناسان، میتواند اثر استدلال غیرمنطقی بر نتایج تصمیم نهایی را مینیمم کند. در همان سال Mantyka-Pringle (۲۰۱۶) اقدامات لازم مدیریتی برای حفاظت از تنوع زیستی در آب شیرین را با در نظر گرفتن تغییرات آب و هوایی و پوشش زمین رتبه بندی کرده اند. این امر به دلیل حداکثر سازی بازده سرمایه گذاری در زمینه حفاظت از آب صورت میگیرد. نوآوری این مقاله، استفاده از یک مدل محیط زیستی برای تهدیدهای متقابل چندگانه است که مقرون به صرفه باشد.

در این مقاله یک رویکرد تصمیم گیری بیزین برای اولویت بندی اقدامات ممکن برای حفظ منابع طبیعی به منظور حفاظت از تنوع زیستی آب ارائه شده است. روش پیشنهادی این مقاله در جنوب شرق کوئینزلند (SEQ)، استرالیا با تغییرات آب و هوا، تغییرات پوشش زمین، و اثر ترکیبی آنها اجرا شده است. نتایج نشان میدهند، اولویت بندی با لحاظ کردن تهدیدات چندگانه و هزینه ها نتیجه کاملا متفاوتی نسبت به اولویت بندی دیگری بدون در نظر گرفتن هزینه ها و تعاملات ایجاد میکند. در غیاب معیار هزینه، ترمیم ساحلی و جریان داشتن، تنها استراتژی قابل استفاده برای حفاظت است؛ در حالی که با حضور معیار هزینه، مدیریت زمین با ترمیم ساحلی و جاری شدن، مقرون به صرفه ترین راه برای حفاظت از آب و آبزیان است. بر اساس یافته های مقاله، رتبه بندی استراتژیهای حفاظت به این بستگی دارد که آیا تهدیدهای متقابل چندگانه در نظر گرفته شده اند یا خیر. همچنین تولید محصولات کشاورزی باید با اکوسیستم‌های سلامت به منظور هماهنگ کردن اقدامات، سازگار شوند. مدیریت زمین مقرون به صرفه تر از ترمیم ساحلی در مناطق روستایی است، اما انتظار می‌رود که بدون سرمایه گذاری در ترمیم، فقط بهبود کمی در تنوع زیستی آب شیرین صورت گیرد. در جایی دیگر رتبه بندی استراتژی‌های مدیریت لجن فاضلاب توسط Bertanza و همکاران (2016) انجام گرفته است. آنها مدلی بر اساس تحلیل تصمیم چند معیاره[5] با بیش از ۳۰ پارامتر برای ارزیابی استراتژی‌های مدیریت زوائد فاضلاب ارائه کرده اند و آن را برای یک منطقه با ۵۰۰۰۰۰ سکنه اجرا نموده‌اند؛ در این منطقه استفاده کشاورزی، سوزاندن، اکسیداسیون مرطوب و بازیابی در کوره سیمان کیلن (Kiln) صورت می‌گیرد. با بررسی این چهار جایگزین نتایج به دست آمده برای اولویت بندی استراتژی‌ها عبارت است از: استفاده کشاورزی $\ll\ll$ سوزاندن $<$ سیمان کیلن $\cong\cong$ اکسیداسیون مرطوب.

روو و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقات خود به بررسی مشخصات زیست محیطی زنجیره تولید و عرضه پرداخته‌اند. در این پروژه برای ارزیابی اثرات زیست محیطی در یک منطقه بیش از حد خشک از روش LCA استفاده شده است. آنها به این نتیجه رسیدند که تولید کودهای معدنی به نظر می رسد یک منبع مهم تاثیر گذار در این رابطه باشد. همچنین حالت حمل و نقل بار و مسافت ها، نقش کلیدی در مسئولیت‌های کلی زیست محیطی دارد. در نهایت در این مطالعه در نظری ارائه داده اند که، یک پروکسی برای درک نقاط خاص مربوط به تولید مارچوبه سبز در پرو، می‌تواند به عنوان یک راه برای شرکت های در مقیاس متوسط، کوچک و محلی برای بهبود بازاریابی زیست محیطی خود

٤ . Case-based reasoning

٥ . Multi Attribute Decision Analysis

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

باشد. در سال ۲۰۱۵، زیلانی و همکاران در مطالعه‌ایی با هدف بررسی عوامل موثر بر پذیرش نوآوری سبز و اثر آن بر عملکرد شرکت‌های تولیدکننده خودرو در کشور مالزی پرداختند. در این پژوهش با بررسی زنجیره تامین ۱۵۳ شرکت خودروساز مالزیایی که داده‌های آنها با استفاده از روش حداقل مربعات جزئی مورد بررسی قرار گرفت، دریافتند که مقررات زیست محیطی، تقاضا در بازار، و طرح‌های داخلی شرکت دارای اثر مثبت بر روی طرح‌های نوآوری سبز دارای اثر مثبت بر سه دسته از عملکرد پایدار (به عنوان مثال، زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی) دارند. همچنین در همین سال کوزی و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به ارائه ارزیابی مکانی برای کشاورزی با هدف افزایش بهره‌وری از نظر اقتصادسنجی در کشور ایتالیا پرداختند. در این پژوهش که در در منطقه باسیلیکاتا ایتالیا انجام گرفته برای فیلتر کردن فضولات ناشی از پسماندهای شیمیایی از روش متوسط وزنی و با استفاده از کمیت سنج کلامی مورد استفاده قرار گرفت. براین اساس نقشه مناسب برای کاهش محصولات کشوری که به دور از پسماندهای شیمیایی و بخصوص پسماندهای آبی بود در سطح منطقه مورد مطالعه مشخص گردید. براساس مقیاس‌های زمین‌شناسی و همچنین کشاورزی مورد استفاده در این پژوهش محققان دریافتند که از کل سطح منطقه مورد مطالعه فقط ۲۵ هکتار از ۱۶۳ هکتار موجود قابل کشت می‌باشد. همچنین نتایج این پژوهش موید این واقعیت می‌باشد که در صورت جلوگیری نکردن از ورود پسماندهای شیمیایی و بخصوص آلاینده‌های آبی به آب‌های زیر سطحی مناطق کشاورزی، این مناطق در خطر نابودی خواهند بود. در پژوهشی دیگر بوکنگت و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی خطرات موجود در تولید محصولات تازه کشاورزی با وجود سبز بودن برگ‌های آن در طول زنجیره تامین آن در اروپا پرداختند. در این پژوهش با توجه به بررسی‌های انجام گرفته بر روی طیف وسیعی از آلاینده‌های محیطزیستی و بخصوص آلایندهای آب به این نتیجه دستیافتند که خطرات تهدید کننده فقط یک خطر بهداشت عمومی توسط ویروس ها در مواد غذایی مطرح زنجیرهای تولید نمیباشد و تنها با شناسایی و ارزیابی ویروس ها در محصولات در خرده فروشی نمیتوان به مقابله با آن پرداخت. بر این اساس ارائه راهکاری در این رابطه بسیار حائز اهمیت میباشد. در این پژوهش با استفاده از یک مدل مفهومی و بررسی شاخص‌های تاثیرگذار بر روی کیفیت محصولات کشاورزی از قبیل: میزان آلاینده‌های آب مانند فنول، نیترید، آمونیاک و نیترات موجود در چندین ماده غذایی کشت شده نزدیک به مراکز صنایع شیمیایی در چندین نقطه از کشورهای عضو اتحادیه اروپا تاثیر منفی این آلاینده‌ها بر روی کیفیت محصولات به وفور مشاهده شده است. نتایج پژوهش بروی چند محصول خاص کشاورزی مانند کاهو و میوه‌های نرم شکل مانند توت فرنگی، در مناطق آلوده در مقایسه با مناطق پاک کیفیت این محصولات به میزان ۹۷/۵ ٪ افت کیفیت داشتند و این کاهش کیفیت به دلیل رها نمودند آلایندهای صنایع شمیایی موجود در منطقه به سمت مزارع کشاورزی می‌باشد.

۳- ضرورت و نوآوری تحقیق (کاهش مخاطرات زیست محیطی)

ویژگی محیط کسب و کار مدرن، رقابت دائماً در حال افزایش و جهانی‌سازی اقتصاد است. در چنین شرایطی تولیدکنندگان از استراتژی‌ها و تکنولوژی-های جدید به‌منظور دستیابی به محیط زیست بهره می‌جویند. درنتیجه طی سالهای اخیر، مدیریت زنجیره تأمین به‌عنوان یک فلسفه کسب و کار اثربخش توجه زیادی را هم از سوی دانشگاه و هم از سوی صنعت به خود جلب کرده است. از آنجایی که روش‌های زنجیره‌ی تامین سبز انقلاب سبزی در سطح زنجیره تامین ایجاد کرده است، شرکت‌ها باید از منابع داخلی و خارجی خود به منظور اجرای روشهای زنجیره‌ی تامین سبز استفاده کنند. آلودگی آب و منابع زیرزمینی با آلاینده‌های مختلف آثار منفی زیست محیطی متنوعی بهدنبال دارد. آلودگی ناشی از فعالیتهای صنعتی همواره موجب دلمشغولی دستاندرکاران صنعت و مراجع ناظر بر حفظ محیط زیست بوده و برگزیدن سیاست‌های سازگار و راه‌حلهای منطقی برای پاکسازی محیط زیست در مسیری هماهنگ با ملاحظات زیست محیطی، اجتناب‌ناپذیر است.. باتوجه به تاثیر محیط زیست در زندگی و به طبع آن بقای انسان، حفاظت از محیط زیست امری ضروری تلقی می‌شود. لذا

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

برای دستیابی به این هدف شناخت مواردی که زمینه‌ی آلودگی محیط زیست را فراهم می‌کنند. بدیهی به نظر میرسد با توجه به اینکه کشور دارای شهرک‌های صنعتی (صنایع تولیدی) زیادی بوده لذا آگاهی و شناخت عوامل موثر در آلودگی-های زیست محیطی آن مهم جلوه می‌دهد. بدین وسیله میتوان این عوامل را کاهش داده و برای حذف آنها تدابیر مهمی اندیشید و در راستای حفظ محیط زیست برآمد. از آنجایی که آب یک کالای مصرفی و بی ارزش نیست. آب امروزه یک کالای استراتژیک، راهبردی اقتصادی و بسیار ارزشمند است و دارندگان آن قدرت چانه زنی و برهم زدن معادلات سیاسی و منطقه ای را دارا هستند. همچنین کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک از یک طرف و استفاده‌ی بیرویه و غلط از منابع آب و آلودگی آن از طرف دیگر، تهدیدی جدی برای توسعه‌ی پایدار و حفاظت محیط زیست است. با توجه به مطالب ذکر شده در بالا و همچنین با توجه به مطالعات پیشین به شکاف مطالعاتی و فقدان روشی کارآمد برای شناسایی و اولویتبندی انواع آلودگی‌های آب در زنجیره تامین سبز دست یافتیم. با توجه به این واقعیت در این پژوهش سعی داریم تا با طراحی سیستم خبره برای شناسایی و اولویت‌بندی انواع آلودگی‌های آب در زنجیره تامین سبز بتوان به عنوان ابزاری برای پاسخگویی به نیاز جامعه هدف ارائه گردد. به طور خلاصه نوآوری‌های این پژوهش شامل موارد زیر می‌شود. در این پژوهش پیش‌بینی می‌شود آلاینده‌های اساسی و میزان آنها در صنعت نفت و پتروشیمی کشور و بخصوص در استان تهران استخراج و پس از رتبه‌بندی شاخص-ها و زیرشاخص‌ها با روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای و مدلسازی ریاضی و حل آن با ارائه به سازمان‌های مربوطه گامی موثر در جلوگیری از تخریب محیط توسعه آلاینده‌ها این صنعت برداشته شود. از آن جایی که ایران کشوری نفت خیز است و دارای پالایشگاه‌های فراوان و صنایع پتروشیمی و مرتبط با آن میباشد، از نتایج طرح فوق میتوان در این صنایع و صنایع مشابه نیز بهره مند شد.

۴- روش تحقیق

این تحقیق از نظر هدف کاربردی است و در چارچوب تحقیقات توصیفی و مدلسازی قرار می-گیرد و از حیث نوع یک روش ارزیابی مبتنی بر تحلیل پرسشنامه‌ای در فضای واقعی هست؛ که میتواند به‌عنوان یک مطالعه موردی مطرح شود، تعیین شاخص‌های ورودی و خروجی، به دست آوردن و استخراج متغیرها در این نوع از تحقیقات خود بخش مهمی از اجرای این تحقیق هست. با توجه به مطالب فوق در این پژوهش پس از بررسی و شناسایی دقیق آلاینده‌های آب در صنایع سنگین بخصوص صنعت نفت و پتروشیمی که از طریق مصاحبه و استفاده از نظرات خبرگان امر(کارشناسان محیط زیست و بررسی آزمایشات گذشته در این حوزه و روش PCA با طراحی ماتریسهای ارجحیت، اقدام به جمع‌آوری داده‌های این پژوهش می-نمایم. پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز و تحلیل و بررسی پرسشنامه، به رتبه‌بندی دقیق آلاینده-های آب از روش‌های مرسوم تصمیم‌گیری چند معیاره (مانند روش ANP) می‌نمایم. سپس با توجه به تحلیل ماتریسها و همچنین تحلیل‌های بدست آمده از روش ANP به تخصیص منابع محدود به فعالیت‌های تولید(فعالیتها در قالب تولید سبز) از قبل تعریف شده با ارائه یک مدل ریاضی و حل آن در جهت کاهش آلاینده‌های زیست محیطی اقدام میگردد. مراحل انجام‌گرفته در این تحقیق به شرح زیر است: تعیین معیارها با استفاده از پیشینه تحقیق و روش PCA؛ تهیه پرسشنامه؛ بررسی پایایی پرسشنامه؛ جمع‌آوری داده‌ها؛ تعیین روایی سؤالات پرسشنامه‌های جمع‌آوری‌شده؛ وزن‌دهی متغیرها؛ تحلیل و رتبه‌بندی با استفاده از روش ANP؛ مدل‌سازی ریاضی و حل آن.

۴-۱- تحلیل مولفه های اصلی[۶]

تحلیل مولفه های اصلی یکی از روش‌های کلاسیک چند متغیره و شاید قدیمی ترین و معروف ترین آنها باشد. این روش ابتدا به منظور تجزیه و تحلیل ساختارهای ماتریس های واریانس- کواریانس و ضریب همبستگی توسعه داده شد. مثل بسیاری از روش های چند متغیره تا قبل از اختراع رایانه‌ها به دلیل پیچیدگی در محاسبات به طور گسترده ای مورد استفاده واقع نشد. بعد از آن از دیدگاه تئوری و کاربرد به طور وسیعی توسعه پیدا کرده و بکار برده شد. این نوع تجزیه را می‌توان از دیدگاه‌های

۶. Principle Component Analysis (PCA)

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

مختلف مورد توجه قرار داد: تبدیل متغیرهای وابسته به متغیرهای غیر هم‌بسته؛ یافتن ترکیبات خطی با تغییرپذیری نسبی بزرگ یا کوچک؛ کاهش حجم داده ها؛ تفسیر داده ها. این نوع تجزیه معمولاً یک تجزیه نهایی تلقی نمی‌شود بلکه به عنوان وسیله‌ای میانی برای مطالعات و بررسی های بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. جنبه‌های ریاضی مورد استفاده در این روش شامل مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ماتریس های همیشه مثبت متقارن است. کاهش حجم داده ها هدف اصلی این تجزیه را تشکیل می‌دهد که این داده ها شامل تعداد زیادی متغیرهای با همبستگی های درونی می‌باشند به طریقی که حداکثر ممکن اطلاعات موجود در داده ها محفوظ بماند. این امر از طریق تبدیل داده ها (متغیرها) به متغیرهای جدیدی است که مولفه‌های اصلی نامیده شده و غیر همبسته بوده و به ترتیبی اولویت بندی می‌شوند که تعداد اندکی از آنها اغلب تغییرات موجود در متغیرهای اولیه را با خود به همراه دارند. در تجزیه مولفه های اصلی گرچه ظاهراً توجه اصلی روی واریانس متغیرها است اما با توجه به روابط بین واریانس ها و کواریانس‌ها این روش به طور ضمنی کواریانس ها یا ضرایب همبستگی را نیز مورد توجه قرار می‌دهد.

۴-۲- روش فرآیند تحلیل شبکهایی (ANP)

ساعتی در سال ۱۹۹۶ روشی را برای تصمیم‌گیری چند معیاره ارائه کرده است که این روش فرآیند تحلیل شبکه یا به‌اختصار ANP نامیده شده و هدف از ارائه آن ساختن مدلی هست که از طریق آن بتوان مسائل پیچیده تصمیم‌گیری چند معیاره را به‌صورت اجزاء کوچک‌تر تجزیه نمود و به‌واسطه مقداردهی معقولانه به اجزاء ساده‌تر و سپس ادغام این مقادیر تصمیم‌گیری نهایی را انجام داد. روش ANP شکل توسعه‌یافته‌ای از روش AHP است که قادر است همبستگی‌ها و باز خوردهای موجود بین عناصر مؤثر در یک تصمیم‌گیری را مدل‌سازی نموده و تمامی تأثیرات درونی اجزای مؤثر در تصمیم‌گیری را منظور و وارد محاسبات نماید، لذا به‌واسطه این ویژگی این فن متمایز و برتر از مدل‌های قبلی مربوطه هست. درواقع می‌توان گفت که AHP شکل خاصی از روش ANP هست. روشANP دارای دو قسمت اصلی است که این دو قسمت را در یک فرآیند ادغام می‌نماید. قسمت اول شامل دسته‌هایی مرکب از ملاک‌های کنترلی و زیر ملاک‌ها و نیز دسته جای گزینه‌های داوطلب هست و قسمت دوم شبکه‌ای از بردارها و کمان‌ها که نشان‌دهنده وابستگی‌ها و همبستگی‌ها و نیز باز خوردهای موجود در سیستم تصمیم‌گیری است، هست. این روش درنهایت بر پایه انجام مقایسات زوجی که مشابه با مقایسه‌های زوجی انجام‌گرفته درروش AHP است، هست. فرآیند تحلیل شبکه‌ای را می‌توان کامل‌ترین روش تصمیم‌گیری چند معیاره نامید که تاکنون ارائه‌شده است؛ اما مشکل اساسی که در این مدل وجود دارد قسمت انجام مقایسات زوجی هست، این مشکل که درروش AHP نیز وجود دارد از آن جهت است که یک تصمیم‌گیرنده همواره با حالت‌های دقیق نظردهی مواجه نبوده و در بسیاری از تصمیم‌گیری‌های دنیای واقعی، تصمیم‌گیرندگان نمی‌توانند با قطعیت در مورد مقایسات زوجی تصمیم‌گیری نمایند. فرایند مدل‌سازی شامل مراحل زیر هست:

گام اول، پایه‌ریزی مدل و ساختار مسئله
گام دوم، ماتریس مقایسات زوجی و برآورد وزن نسبی
گام سوم، تشکیل سوپر ماتریس اولیه
گام چهارم، تشکیل سوپر ماتریس وزنی
گام پنجم، محاسبه بردار وزنی عمومی
گام ششم، محاسبه وزن نهایی معیارها

۴-۳-مدل برنامه ریزی ریاضی

در این بخش به مدل‌سازی برنامه‌ریزی آرمانی با توجه به نتایج روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای می‌پردازیم. قبل از پرداختن به مدل‌سازی به تعریف متغیرها و پارامترهای مورد استفاده در مدل می‌پردازیم.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

مجموعه‌ها

i : شاخص آلاینده‌های اصلی

I : مجموعه آلاینده شاخص‌های اصلی $I = \{1,...,m\}$

j : شاخص صنعت

J : مجموعه صنایع آلاینده $J = \{1,...,n\}$

k : زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی

K : مجموعه زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی $K = \{1,..., p\}$

پارامترها و متغیرهای تصمیم

g_i : حداقل سطح مجاز آلایندگی زیست محیطی شاخص‌های اصلی iام

a_i : وزن آلایندگی زیست محیطی شاخص‌های اصلی iام

l_j : حداقل سطح مجاز آلایندگی زیست محیطی شاخص‌های اصلی در صنعت jام

b_j : وزن آلایندگی زیست محیطی زیست محیطی شاخص‌های اصلی در صنعت jام

o_k : حداقل سطح مجاز آلایندگی زیست محیطی زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی k ام

d_k : وزن آلایندگی زیست محیطی زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی k ام

s_{ijk} : اگر سطح مجاز آلایندگی زیست محیطی زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی k ام در صنعت jام شاخص‌های اصلی iام بیشتر باشد برابر با ۱ در غیر اینصورت برابر با صفر

c_{ijk} : ضریب تاثیر آلایندگی زیست محیطی زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی k ام در صنعت jام شاخص‌های اصلی iام

y_{ijk} : اگر زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی k ام در صنعت jام شاخص‌های اصلی iام بیشتر باشد برابر با ۱ در غیر اینصورت برابر با صفر

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

۵- معرفی معیارهای موثر و زیر معیارها در فرآیند ارزیابی

در این تحقیق، با ارائه چارچوبی به منظور شناسایی و اولویت‌بندی میزان سبز بودن صنایع تولیدی و ارائه راهکاری برای ارتقای سبز بودن زنجیره تامین است. با توجه به سوابق و مصاحبه با کارشناسان خبره، معیارهای موثر در فرایند ارزیابی به صورت گام‌های ارائه شده در تحقیق بر اساس شکل ۱ تنظیم شده است. در این مدل هدف شناسایی و اولویت‌بندی آلاینده‌های صنعتی در آب (پساب) است که در سطح یک قرار دارد. عمده آلاینده های آلی آب ناشی از صنایع نفت و پتروشیمی، ۴ معیار اصلی کشاورزی، شیمیایی، نفتی و غذایی می باشند. در سطح دو زیر شاخص‌ها آمده است که به صورت نیترات (NO_3)، نیترید (N^-_3) و آمونیاک (NH_3) موجود در صنایع غذایی، فسفات (PO_4)، سولفات (SO_4)و کلراید (CL^-)موجود در صنایع شیمیایی، فنول (C_6H_5OH)، سولفید (H_2S)، نفت، جیوه(Hg)و کادمیم(Cd) موجود در صنایع نفتی و نیترات (NO_3)، آمونیاک (NH_3)، فسفات (PO_4) و کلراید(CL^-) موجود در صنایع کشاورزی میباشد. (BOD)، (COD)، (TDS)، (TSS) که به عنوان شاخص‌های ارزیابی مقایسه‌ای آلاینده‌ها در همه‌ی صنایع تولیدی میباشند، که آنها نیز به عنوان زیر معیار در سطح سوم قرار دارد. که در نهایت این آلاینده ها در صنعت به ترتیب میزان آلایندگی در محیط زیست اولویت‌بندی می‌شوند. لیست آلاینده‌ها به قرار زیر میباشند (کوزی و همکاران، ۲۰۱۵).

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

تقسیم‌بندی آلاینده‌های آب

فرآیندهـای انتخـاب معیارهـای انتخـاب میـزان آلودگـی صنایـع بـر مبنـای دو حـوزه‌ی زیـر بنـا نهاده شـده اسـت: ۱. بررسـی معیارهـای مـورد اسـتفاده توسـط پژوهشـگران گذشـته؛ ۲. بررسـی شـاخص‌های آلایندگـی و صنایـع مهـم آلـوده کننـده از منظـر مدیـران و کارشناسـان محیط زیسـت. بـر مبنـای فرآینـد گفتـه شـده، مجموعـه‌ای از مهمتریـن شـاخص‌های انتخـاب صنایـع و آلاینده‌هـا، بـه عنـوان اصلی‌تریـن معیارهـا سـنجش مدنظـر قـرار گرفتنـد. توضیـح ایـن کـه آلاینده‌هـای آب در صنایـع نفـت و پتروشـیمی بـا ۴ معیـار اصلـی بـه شـرح زیـر طبقه‌بنـدی می‌شـوند:

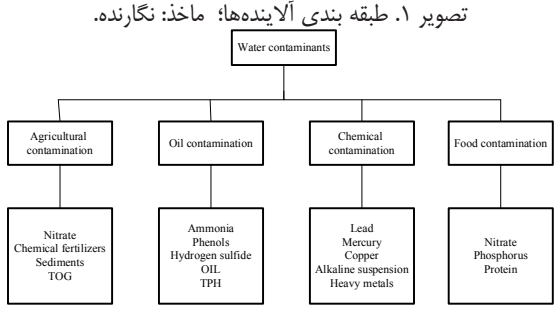
۱. معیـار آلودگـی صنایـع غذایـی؛ بـر مبنـای میـزان اهمیـت و افزایـش ایـن آلاینده‌هـا در آبهـای زیرزمینـی، معیـار صنایـع غذایـی از سـه زیـر معیـار «نیتـرات، فسـفر و پروتئیـن» تشـکیل شـده اسـت (ژانـگ[۷] و همـکاران، ۲۰۱۳).

۲. معیـار آلودگـی صنایـع شـیمیایی؛ چهـار مـورد زیـر بـه عنـوان مهمتریـن زیـر معیارهـای ویژگـی‌هـای ایـن صنعـت در آزمایشـگاه معتمـد محیـط زیسـت مطـرح هسـتند کـه در ایـن مرحلـه انتخـاب شـده‌اند: سـرب، جیـوه، مـس، قلیایـی بـودن موادمعلـق و فلـزات سـنگین (وو[۸] و همـکاران، ۲۰۱۲).

۳. معیـار آلودگـی صنایـع نفتـی: مـوارد زیـر نیـز از مهمتریـن زیرمعیارهـای ایـن صنعـت در سـنجش میـزان آلایندگـی بـه شـمار مـی‌رود: فنـول، سـولفید هیـدروژن، نفـت، آمونیـاک و TPH (زیلانـی[۹] و همـکاران، ۲۰۱۵).

۴. معیـار آلودگـی صنایـع کشـاورزی: همچنیـن چهـار مـورد زیـر بـه عنـوان زیرمعیارهـای مربـوط بـه صنایـع کشـاورزی اسـتخراج و مدنظـر قـرار گرفتـه اسـت: نیتـرات- کودهـای شـیمیایی- رسـوبات و TOG (یونـگ مینـگ[۱۰] و همـکاران، ۲۰۰۶) شـکل ۱ نشـان‌دهنده آلاینده‌هـای اصلـی بـه تفکیـک نـوع آن می‌باشـد.

تصویر ۱. طبقه بندی آلاینده‌ها؛ ماخذ: نگارنده.



۶- تجزیه و تحلیل و بیان یافته‌ها

۶-۱- تحلیل آماری

براسـاس مطالعـات پیشـین ۲۰ شـاخص آلاینـده آب اسـتخراج گردیـد و در بیـن ۱۴۵ افـراد خبـره قـرار گرفـت تـا براسـاس تجربـه قبلـی خـود بـه آنهـا امتیـازی بیـن ۱ (کمتریـن اهمیـت) الـی ۱۰ (بیشـترین اهمیـت) داده شـود. برایـن اسـاس بـه جهـت رتبه‌بنـدی آلاینـده‌هـا از روش‌هـای آمـاری و بخصـوص آنالیـز فاکتـور و PCA اسـتفاده نمودیـم. در ادامـه ایـن بخـش بـه بیـان نتایـج پرسشـنامه بـاز میپردازیـم. در جـداول ۱ و ۲ نتایـج تحلیـل عاملـی اولیـه شـاخص‌ها بـرای تخمیـن عملکـرد تاثیـری هریـک از آلاینده‌هـا بـر هـدف مسـئله نشـان داده شـده اسـت.

جدول ۱. نسبت واریانس هر یک از آلاینده‌ها

Communalities		
	Initial	Extraction
Nitrate	۱,۰۰۰	.۷۸۳
phosphor	۱,۰۰۰	.۶۷۱
PH	۱,۰۰۰	.۶۶۷
Oil	۱,۰۰۰	.۶۶۷
TDS	۱,۰۰۰	.۷۱۲
heavy metals	۱,۰۰۰	.۵۷۹
TSS	۱,۰۰۰	.۵۵۹
Ammonia	۱,۰۰۰	.۵۹۹
Phenols	۱,۰۰۰	.۵۳۲
Protein	۱,۰۰۰	.۴۹۱
Chemical fertilizers	۱,۰۰۰	.۶۲۷
COD	۱,۰۰۰	.۵۹۱
Sediments	۱,۰۰۰	.۷۱۲
Hydrogen sulfide	۱,۰۰۰	.۶۸۴
Lead	۱,۰۰۰	.۷۰۸
Mercury	۱,۰۰۰	.۷۲۵
Copper	۱,۰۰۰	.۷۲۶
DO	۱,۰۰۰	.۵۷۲
BOD	۱,۰۰۰	.۴۷۲
Sodium	۱,۰۰۰	.۷۷۹
Extraction Method: Principal Component Analysis.		

۷. Zhang
۸. Wu
۹. Zailani
۱۰. Yongming

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

جدول ۱ نسبت واریانس امتیازات اخذ شده هریک از آلاینده توسط خبرگان را نشان می‌دهد. همانطوری که در جدول فوق قابل مشاهده می‌باشد، آلاینده‌های نیترات، سدیم و TDS بیشترین امتیاز را از خبرگان محیط زیست در حوزه آلایندگی آب به خود اختصاص دادند

جدول ۲. رتبه بندی نهایی آلاینده‌ها براساس نظرات خبرگان

Final Ranking	Score	Contaminants
۲	۰,۹۵۵	Nitrate
۱۱	۰,۷۳۴	phosphor
۵	۰,۸۰۸	PH
۱۵	۰,۷۱۹	OIL
۱۷	۰,۷۱۱	TDS
۱۳	۰,۷۲۶	heavy metals
۱۲	۰,۷۲۹	TSS
۱۳	۰,۷۲۶	Ammonia
۴	۰,۸۳	Phenols
۱۶	۰,۷۱۷	Protein
۱۸	۰,۷۰۷	Chemical fertilizers
۸	۰,۷۶۴	COD
۹	۰,۷۵۴	Sediments
۱۴	۰,۷۲۶	Hydrogen sulfide
۱	۰,۹۷	Lead
۱۹	۰,۷۰۳	TOG
۷	۰,۷۸۵	Mercury
۶	۰,۷۸۸	Copper
۱۰	۰,۷۴۳	DO
۲۰	۰,۷۰۳	BOD
۳	۰,۸۷۴	Sodium

همانطوری که در جدول ۲ مشاهده میشود، آلاینده سرب(Lead) از نظر خبرگان مهمترین آلاینده آب می‌باشد. بعد از سرب، آلاینده نیترات با امتیاز ۰/۹۵۵ در رتبه دوم قرار گرفته است. همچنین در جدول فوق میتوان استنباط کرد چند آلاینده از نظر خبرگان امتیاز برابری داشتند مانند سولفید هیدروژن و فلزات سنگین که هر دوی این آلاینده امتیازی برابر با ۰/۷۱۷ را به خود اختصاص دادند.

۶-۲- تحلیل فرآیند شبکه‌ای

به منظور دستیابی به هدف تحقیق پرسشنامه‌های مقایسات زوجی طراحی و بین خبرگان توزیع شد. در این قسمت با توجه به شبکه سلسله مراتبی، جداول مقایسات زوجی انجام شده و روش اصلاح شده اصغرپور و همکاران (۱۳۸۸) وزن مؤلفه‌ها را بدست آورده شده و بر اساس آن اولویت‌بندی میشوند. نتایج با استفاده از نرم‌افزار Super Decision محاسبه گردید. در تحقیق حاضر، از تکنیک ANP برای تعیین اولویت آرمان‌ها (اهداف) استفاده شد. بدین منظور، به کمک پرسشنامه ANP، از ۱۵ مدیر وکارشناس حوزه زیست محیطی مرتبط با آلاینده‌های نفت و پتروشیمی نظرخواهی شد ، که در نتیجه نرخ ناسازگاری ۰/۰۴ بدست آمد. با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری، کمتر از ۰/۱ است، اوزان بدست آمده، قابل اعتماد هستند. در ادامه نتایج حاصل از فرآیند تحلیل شبکه‌ای به تفضیل بیان میگردد.

جدول ۳. رتبه‌بندی معیارهای اصلی

The main criterion	weight	Rank
agricultural contaminants	۰,۳۲۱	۱
chemical industries	۰,۲۸۶	۲
oil contaminants	۰,۱۵۲	۴
food industries	۰,۲۴۱	۳

جدول ۳ بیانگر رتبه‌بندی معیارهای اصلی آلاینده‌های آب میباشد. همانطوری که در جدول مشاهده میشود آلاینده‌های کشاورزی با وزن ۰/۳۲۱ در رتبه اول و آلاینده‌های نفتی با وزن ۰/۱۵۲ در رتبه چهارم قرار دارند. در ادامه در جداول ۴ الی ۷ بیانگر رتبه‌بندی زیرمعیارهای آلاینده‌های هریک از معیارهای چهارگانه اصلی میباشد.

جدول ۴. رتبه بندی زیر معیارهای آلاینده‌های غذایی

The main criterion	weight	Rank
Nitrate	۰,۴۵۵	۱
Phosphorus	۰,۴۳۱	۲
Protein	۰,۱۱۴	۳

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که عنصر نیترات در زیرمعیار آلاینده‌های غذایی در رتبه اول می‌باشد. همچنین این نتیجه موید بخش اول پژوهش در پرسشنامه باز میباشد که اکثریت خبرگان این عنصر را به عنوان دومین آلاینده انتخاب کرده بودند.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

جدول ۵. رتبه‌بندی زیر معیارهای آلاینده‌های کشاورزی

The main criterion	weight	Rank
nitrate	۰,۲۸۷	۱
chemical fertilizers	۰,۲۵۵	۲
sediments	۰,۲۱۵	۳
TOG	۰,۲۴۳	۴

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که عنصر نیترات در زیرمعیار آلاینده‌های کشاورزی در رتبه اول می‌باشد. همانطور که در نتایج زیرمعیارهای آلاینده‌های غذایی نیز بیان شد، این نتیجه موید بخش اول پژوهش در پرسشنامه باز میباشد که اکثریت خبرگان این عنصر را به عنوان دومین آلاینده انتخاب کرده بودند.

جدول ۶. رتبه‌بندی زیر معیارهای آلاینده‌های شیمیایی

The main criterion	weight	Rank
alkalinity of suspended solids	۰,۱۵۵	۴
Heavy metal	۰,۰۹۶	۵
lead	۰,۳۸۲	۱
mercury	۰,۱۶۶	۳
copper	۰,۲۰۱	۲

جدول ۶ بیانگر نتایج رتبه‌بندی زیرمعیارهای آلاینده‌های شیمیایی می‌باشد. همانطوریکه مشاهده میشود سرب با وزن ۰/۳۸۲ در رتبه اول این زیرمعیار میباشد. همانطوری که در جدول ۲ نشان داده شده بود، عنصر سرب از نظر خبرگان حوزه آلاینده‌های محیط زیستی صنایع نفت و پتروشیمی بیشتر تاثیر بر آلایندگی میحط را به خود اختصاص داده است.

جدول ۷. رتبه‌بندی زیر معیارهای آلاینده‌های نفتی

The main criterion	Weight	rank
oil	۰,۱۶۰	۴
TPH	۰,۱۹۸	۲
ammonium	۰,۳۰۱	۱
hydrogen sulfide	۰,۱۸۸	۳
phenol	۰,۱۴۳	۵

جدول ۷ بیانگر نتایج رتبه‌بندی زیرمعیارهای آلاینده‌های نفتی می‌باشد. همانطوریکه مشاهده میشود آمونیاک با وزن ۰/۳۰۱ در رتبه اول این زیرمعیار میباشد. عناصر TPH و سوافید هیدروژن به ترتیب با اوزان ۰/۱۹۸ و ۰/۱۸۸ در رتبه‌های دوم و سوم این زیر معیار میباشند.

۶-۳- ارائه مدل ریاضی

تابع هدف

$$\min \quad \sum_i \sum_j \sum_k c_{ijk} . y_{ijk} . s_{ijk} \qquad (۱)$$

رابطه (۱) بیانگر تابع هدف مسئله تحقیق میباشد. این رابطه بیانگر حداقل میزان آلایندگی زیست محیطی براساس ضریب اهمیت انتشار آنها در صنعت نفت و پتروشیمی می‌باشد.

محدودیتها

$$\sum_j y_{ijk} . s_{ijk} \le 1 \qquad (۲)$$

$$\sum_j y_{ijk} = g_i \qquad (۳)$$

$$\sum_j y_{ijk} = l_j \qquad (۴)$$

$$\sum_j y_{ijk} = o_k \qquad (۵)$$

$$\sum_i g_i \le 1500 \qquad (۶)$$

$$\sum_j l_j \le 250 \qquad (۷)$$

$$\sum_k o_k \le 1700 \qquad (۸)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk} a_i \le 0.3 \qquad (۹)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk} b_j \le 0.4 \qquad (۱۰)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk} d_k \le 0.3 \qquad (۱۱)$$

رابطه (۲) تضمین کننده حداقل میزان آلایندگی در صنعت بیشتر از حد مجاز نباشند. رابطه (۳) الی (۵) بیانکننده میزان حداقل آلایندگی به ترتیب برای معیارهای اصلی، زیرمعیارها و صنعت آلاینده می‌باشد. رابطه‌های (۶) الی (۸) بیانگر حداقل میزان مجاز آلاینده‌های زیست‌محیطی برای هریک از شاخص‌های اصلی، زیر شاخص‌ها و صنعت مورد نظر می‌باشند. میزان حداقل‌های در نظر گرفته

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

شـده در ایـن محدودیت‌هـا براسـاس نتایـج اسـتاندارد موسسـه تحقیقـات صنعتـی ایـران و اسـتاندارد ملـی آلایندگـی زیسـت‌محیطی آب بـا کـد۱۰۵۳ می‌باشـند. رابطـه (۹) الـی (۱۱) نشـاندهنده ضریـب وزنـی هریـک از آلاینده‌هـای نسـبت بـه کلا آلایندگـی زیسـت-محیطـی در هریـک از صنایـع (پتروشـیمی و نفـت) میباشـد. میـزان ضرایـب تاثیـر هریـک از آلایندگی‌هـا براسـاس پژوهـش وو[11] و همـکاران(۲۰۱۲) بیـان شـده اسـت.

حل مدل ریاضی

بـا توجـه بـه محاسـباتی کـه در فـوق توسـط ماتریس‌هـا در جـداول ۳ الـی ۷ نشـان داده شـده، و همچنیـن بـا توجـه بـه تعریـف مـدل برنامه‌ریـزی، در ادامـه بـه حـل مـدل تعریـف شـده بـا توجـه بـه یافته‌هـای تحقیـق و براسـاس آلاینده‌هـا میپردازیـم.

جدول ۸. سطح مجاز آلایندگی شاخص‌های مورد بررسی در دسته آلاینده‌های کشاورزی

معیار اصلی	واحد محاسبه	حداکثر مجاز	حداقل مجاز	میانگین منطقه	وزن
نیترات	میلی‌گرم بر لیتر	۱۲	۷	۱۳/۸	۰/۲۸۷
کودهای شیمیایی	تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر	کمتر از ۱۰۰۰	بیشتر از ۵۵۰	۸۷۵	۰/۲۵۵
رسوبات	میلی‌گرم بر لیتر	۲۲۰	۱۴۳	۲۰۰	۰/۲۱۵
TOG	میلی‌گرم بر لیتر	۵۰	۳۲	۵۵	۰/۲۴۳

جدول ۹. سطح مجاز آلایندگی شاخص‌های مورد بررسی در دسته آلاینده‌های غذایی

معیار اصلی	واحد محاسبه	حداکثر مجاز	حداقل مجاز	میانگین منطقه	وزن
نیترات	میلی‌گرم بر لیتر	۱۴	۶	۱۳/۸	۰/۴۵۵
فسفر	تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر	۰/۸۵	۰/۰۶	۰/۸	۰/۴۳۱
پروتئین	تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر	۳۵	۱۵	۲۸	۰/۱۱۴

جدول ۱۰. سطح مجاز آلایندگی شاخص‌های مورد بررسی در دسته آلاینده‌های شیمیایی

معیار اصلی	واحد محاسبه	حداکثر مجاز	حداقل مجاز	میانگین منطقه	وزن
قلیایی بودن مواد	میلی‌گرم بر لیتر	۶۵	۴۴	۷۳	۰/۱۵۵
سـایر فلـزات سنگین	تعـداد در ۱۰۰ میلی لیتر	کمتر از ۳	بزرگتر از ۱	۴	۰/۰۹۶
سرب	میلی‌گرم بر لیتر	کمتر از ۶	بزرگتر از ۳	۸	۰/۳۸۲
جیوه	میلی‌گرم بر لیتر	کمتر از ۱۲/۵	بزرگتر از ۲	۱۵/۵	۰/۱۶۶
مس	میلی‌گرم بر پلاتین	کمتر از ۵	بزرگتر از ۳	۹	۰/۲۰۱

جدول ۱۱. سطح مجاز آلایندگی شاخص‌های مورد بررسی در دسته آلاینده‌های نفتی

معیار اصلی	واحد محاسبه	حداکثر مجاز	حداقل مجاز	میانگین منطقه	وزن
نفت	میلی‌گرم بر لیتر	کمتر از ۷	بیشتر از ۳	۸	۰/۱۶۰
TPH	PH	۹	۵/۵	۷	۰/۱۹۸
آمونیاک	میلی‌گرم HOCL بر لیتر	۵۰	۲۱	۸۶	۰/۳۰۱
سولفید هیدروژن	میلی‌گرم بر لیتر	کمتر از ۴۰۰	بیشتر از ۲۴۰	۳۶۵	۰/۱۸۸
فنول	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۰۸	۰/۰۰۱	۰/۱۱	۰/۱۴۳

مـدل فـوق بـا اسـتفاده از نرم‌افـزار لینگـو ۱۴ حـل گردیـد. نتایـج در جـدول ۱۲ قابـل مشـاهده می‌باشـند.

۱۱. Wu

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

جدول ۱۲. نتایج حل مدل ریاضی در صنعت نفت و پتروشیمی

متغیر	صنعت نفت	صنعت پتروشیمی
	مقدار	
کشاورزی		
نیترات	۱	۱
کودهای شیمیایی	۰	۱
رسوبات	۱	۰
TOG	۰	۱
غذایی		
نیترات	۰	۱
فسفر	۰	۰
پروتئین	۰	۱
شیمیایی		
قلیایی بودن مواد	۱	۱
سایر فلزات سنگین	۱	۰
سرب	۱	۱
جیوه	۱	۰
مس	۰	۰
نفتی		
نفت	۱	۰
TPH	۰	۰
آمونیاک	۱	۱
سولفید هیدروژن	۰	۱
فنول	۱	۱

برمبنـای یافته‌هـای تحقیـق براسـاس مـدل برنامـه-ریـزی ریاضـی، ۲۰ عنصـر بـه عنـوان عناصـر آلاینـده محیـط زیسـت در دو صنعـت نفـت و پتروشـیمی، بـه عنـوان مهمتریـن عناصـر مشـخص گردیـد. بـا توجـه بـه ضریـب اهمیـت نسـبی هریـک از عناصـر کـه در ماتریـس W^{ANP} نشـان داده شـد (جـدول ۳)، بیشـتر اهمیـت مربـوط بـه آلاینده‌هـای کشـاورزی و کمتریـن مقـدار بـه آلاینده‌هـای دسـته غذایـی مربـوط می‌شـوند. بـا توجـه بـه ایـن مـوارد و داده‌هـای جـداول ۸ الـی ۱۱ کـه از سـازمان محیـط زیسـت و آزمایشـگاههای معتبـر سـطح اسـتان گـردآوری شـد، جـدول ۱۲ بیانگـر نتایـج بدسـت آمـده از حـل مـدل ریاضـی در دو صنعـت بـه تفکیـک می‌باشـد. همانطـوری کـه در جـدول ۱۲ قابـل مشـاهده هسـت، مقـدار یـک بیانگـر آلاینـده بـودن و صفـر عـدم آلاینـده بـودن میباشـد. نکتـه بسـیار مهـم در نتایـج بدسـت آمـده ایـن حقیقـت هسـت کـه براسـاس تفـاوت تعریـف در مقـدار سـطح آلایندگـی هریـک از عناصـر در واحدهـای محیـط زیسـت ایـن دو صنعـت، تفـاوت در تشـخیص آلاینـده بـودن یـا نبـودن هـر یـک از شـاخص‌های میباشـد کـه در جـدول ۱۲ نیـز بـه وضـوح قابـل مشـاهده می‌باشـد.

۷- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

فعالیتهـای مربـوط بـه توسـعه منابـع آب تغییراتـی را در محیـط زیسـت بدنبـال دارد. اثـرات زیسـت‌محیطی سیسـتم‌های توسـعه منابـع آب، در ضمـن مفیـد بـودن می‌توانـد مضـر هـم باشـند. بـرای مثـال مخـازن سـدها اغلـب بخشـهائی از بسـتر سـیلگیر رودخانـه و نیـز حـوزه آبریـز را تخریـب مـی نماینـد درحالیکـه از طـرف دیگـر دریاچـه ای بوجـود مـی آورنـد و بـه ایـن ترتیـب بعضی از خصوصیـات زیسـتم‌حیطی و اکولـوژی ایـن رودخانه‌هـا در حـوزه هـای آبریـز از دسـت مـی‌رود. افزایـش دمـای زمیـن بـه ایـن معنـی اسـت کـه سـطح آب دریـا بـالا خواهـد رفـت و مناطـق سـاحلی و روخانه‌هـا را غرقـاب خواهـد کـرد و زندگـی بیـش از ۱۰۰میلیـون جمعیـت را بـه مخاطـره خواهـد انداخـت.

بسـیاری ازرودخانـه هـای کشـور ماننـد کارون، زاینـده رود، سـفید رود عـلاوه بـر مسـائل کمـی گرفتـار تخریـب کیفیـت منابـع آب مـی باشـند. پمـپ بنزیـن هـا و مخازن زیـر زمینـی ذخیـره فـرآورده هـا و مشـتقات نفتـی بـه دلیـل عـدم انجـام پایـش هـای لازم و پوسـیدگی جداره آنهـا، بـه طـور مرتـب محیـط و بـه ویـژه منابـع آب زیـر زمینـی را آلـوده می‌نماینـد. در بیشـتر روسـتاهای کشـور، فاضلاب‌هـای خانگـی در سـطح کوچـه هـا و انبارهـای روبـاز جـاری بـوده یـا از طریـق چاه‌هـای جذبـی دفـع میشـوند. ایـن نـوع تخلیـه فاضـلاب هـا آلودگـی منابـع آب زیـر زمینـی و سـطحی را بـه دنبـال داشـته اسـت. همچنیـن شـیرابه‌های ناشـی از فضـولات دامـی کـه دارای مقـدار زیـادی ازت و موجـودات ریززنـده مـی باشـند، منابـع آب را آلـوده مـی نماینـد. بـه طـور معمـول ایـن منابـع آلاینـده نیـز بیمـاری زا مـی باشـند. بـا محـدود کـردن منشـاء آلاینـده هـای آب میتـوان تـا حـد زیـادی بـه بهبـود کیفیـت منابـع آبـی کمـک نمـود. اسـتفاده از مـواد شـوینده و بهداشـتی بـه صـورت کنتـرل شـده و در حـد نیـاز، محـدود کـردن اسـتفاده از کودهـای شـیمیایی و آفـت کشـها و حشره‌کشـها و عـدم تخلیـه

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

آلایندههـای نفتـی روی زمین‌هـای نفوذپذیـر و منابـع آب روان مـی توانـد تـا حـد زیـادی از ورود آلاینـده بـه سیستم هـای آبـی جلوگیـری مـی کنـد. همچنیـن بایـد محـل زندگـی و چـرای دام‌هـای محلـی حتـی الامـکان دور از منابـع آبـی باشـد تـا از ورود فضـولات آنهـا بـه آبهـای سـطحی جلوگیـری شـود. فاضـلاب صنایـع، کارگاه هـای کوچـک و رسـتوران هـا و غذاخـوری هـا محتـوی مقادیـر زیـادی آلاینـده هـای آلـی و غیرآلـی اسـت، کـه نبایـد بـه طـور مسـتقیم و بـدون تصفیـه بـه رودخانـه و دریاچـه هـا تخلیـه گردنـد. بـا توجـه بـه نتایـج حاصـل از تحقیـق حاضـر و همچنیـن یافتـن اهمیـت هریـک از آلاینده‌هـا، طبـق تحقیقـات پیشـین در زمینـه کاهـش آلاینده‌هـای آب ، روش‌هـای مختلفـی بـه منظـور حـذف آلودگـی از منابـع آب ابـداع شـده کـه می‌تـوان ایـن روش‌هـا را در ۵ دسـته کلـی قـرار داد: روش‌هـای بیولوژیـک، روش‌هـای شـیمیایی، جـذب سـطحی، اسـمز معکـوس و تبـادل یونـی. البتـه هرکـدام از ایـن روش‌هـا مشـکلات خـود را بـه همـراه دارنـد کـه ازجملـه آنهـا می‌تـوان بـه غیراقتصـادی بـودن برخـی از ایـن روش‌هـا، آسـان نبـودن انجـام برخـی از مراحـل حـذف آلاینده‌هـا و تولیـد مـواد زایـد زیـاد اشـاره کـرد. به‌طـور مثـال روش‌هـای اسـمز معکـوس و تبـادل یونـی موجـب تولیـد آب شـور می‌شـود. روش‌هـای بیولوژیـک هـم نیـاز بـه تامیـن مسـتمر بسـترهای آلـی دارد و از مشـکلات ایـن روش نیـز می‌تـوان بـه تولیـد لجـن اشـاره کـرد. پژوهشـگران بـرای مقابلـه بـا این مشـکلات به‌دنبـال طراحـی فناوری‌هایـی هسـتند کـه بـا کمتریـن چالش‌هـا بتواننـد طیـف وسـیعی از آلاینده‌هـا را از منابـع آبـی حـذف کننـد. فنـاوری نانـو توجـه پژوهشـگران محیط‌زیسـت را بـه خـود جلـب کـرده و به‌طـور گسـترده‌ای مـورد مطالعـه قـرار گرفتـه اسـت.

۸- پیشنهادات

۱. اسـتفاده از محاسـبات Z-numbers در بررسـی متغیرهـا
2. توسـعه روش‌هـای ابتـکاری و فراابتـکاری دیگـر بـرای مسـائل بهینه‌سـازی چنـد هدفـه تحـت شـرایط عدم‌قطعیـت بـا ابعـاد بـزرگ
۳. مـدل سـازی مسـئله بـا در نظـر گرفتـن اهـداف دیگـری نظیـر کمینـه نمـودن تغییـر در سـطح نیـروی انسـانی، کمینـه نمـودن انتشـار گازهـای گلخانـه ای و پسـماندهای صنعتـی
۴. مـدل سـازی مسـئله بصـورت سلسـله مراتبـی و مقایسـه نقـاط ضعـف و قـوت آن بـا رویکـرد یکپارچـه
۵. مـدل سـازی بصـورت غیـر متمرکـز و مقایسـه نقـاط ضعـف و قـوت آن نسـبت بـه رویکـرد متمرکـز (در مدلهـای پیشـنهادی تمـام تصمیمـات تاکتیکـی و عملیاتـی توسـط شـرکت اصلـی و بـا لحـاظ نمـودن زیـان و سـود کل زنجیـره بصـورت متمرکـز مـدل شـده اسـت، رویکـرد غیـر متمرکـز میتوانـد ایـن گونـه باشـد کـه در زنجیـره تأمیـن، هـر شـرکت بصـورت منفـرد طـوری برنامه‌ریـزی شـود ضمـن آنکـه برنامـه خـود را بهینـه نمایـد در یـک بـازی چنـد طرفـه کل زنجیـره نیـز بـه سـمت بهینـه کل حرکـت نمایـد)

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

منابع و ماخذ

رزمی، جعفر- نصرالهی، میثم (۱۳۹۲)، زنجیره تامین سبز (طراحی، برنامه ریزی، استقرار و ارزیابی)، سازمان چاپ و انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، چاپ اول

اصغرپور، محمدجواد (۱۳۸۱). مدلهای تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران (چاپ دهم).

A. Ramudhin, A. Chaabane, M, Paquet (2010),. "Carbon market sensitive sustainable supply chain network design" , Internatioanal Journal of Management Science and Engineering Management 5(1). 30-38.

Azadfallah, M., &Azizi, M. (2016). A new approach in group decision-making based on pairwise comparisons. Journal for International Business and Entrepreneurship Development, 8(2), 159-165.

Bertanza, G., Baroni, P., & Canato, M. (2016). Ranking sewage sludge management strategies by means of Decision Support Systems: A case study. Resources, Conservation and Recycling, 110, 1-15.

Bouwknegt, M., Verhaelen, K., Rzeżutka, A., Kozyra, I., Maunula, L., von Bonsdorff, C. H., & Pavlik, I. (2015). Quantitative farm-to-fork risk assessment model for norovirus and hepatitis A virus in European leafy green vegetable and berry fruit supply chains. International journal of food microbiology, 198, 50-58.

Caravanos, J., Gualtero, S., Dowling, R., Ericson, B., Keith, J., Hanrahan, D., & Fuller, R. (2014). A simplified risk-ranking system for prioritizing toxic pollution sites in low-and middle-income countries. Annals of global health, 80(4), 278-285.

Cozzi, M., Viccaro, M., Di Napoli, F., Fagarazzi, C., Tirinnanzi, A., & Romano, S. (2015). A spatial analysis model to assess the feasibility of short rotation forestry fertigated with urban wastewater: Basilicata region case study. Agricultural Water Management, 159, 185-196.

Donnachie, R. L., Johnson, A. C., Moeckel, C., Pereira, M. G., & Sumpter, J. P. (2014). Using risk-ranking of metals to identify which poses the greatest threat to freshwater organisms in the UK. Environmental Pollution, 194, 17-23.

F. Faiku, A. Haziri (2016), Assessment of the water quality of Lumbardhi river, Prizren (Kosovo). Bulgarian Chemical Communications, Volume 48, Number 4 (pp. 646 – 658) 2016

Giubilato, E., Zabeo, A., Critto, A., Giove, S., Bierkens, J., Den Hond, E., & Marcomini, A. (2014). A risk-based methodology for ranking environmental chemical stressors at the regional scale. Environment international, 65, 41-53.

Kudlak, B., Tsakovski, S., Simeonov, V., Sagajdakow, A., Wolska, L., & Namieśnik, J. (2014). Ranking of ecotoxisity tests for underground water assessment using the Hasse diagram technique. Chemosphere, 95, 17-23.

Lam, C. W., Lim, S. R., & Schoenung, J. M. (2011). Environmental and risk screening for prioritizing pollution prevention opportunities in the US printed wiring board manufacturing industry. Journal of hazardous materials, 189(1), 315-322.

Liu, G., E. D. Larson, R. H. Williams, T. G. Kreutz and X. Guo (2011). "Making fischer-tropsch fuels and electricity from coal and biomass: Performance and cost analysis." Energy & Fuels 25: 415–437.

Mantyka-Pringle, C. S., Martin, T. G., Moffatt, D. B., Udy, J., Olley, J., Saxton, N., ... & Rhodes, J. R. (2016). Prioritizing management actions for the conservation of freshwater biodiversity under changing climate and land-cover. Biological Conservation, 197, 80-89.

Mulbry, W., Kangas, P., & Kondrad, S. (2010). Toward scrubbing the bay: Nutrient removal using small algal turf scrubbers on Chesapeake Bay tributaries. Ecological Engineering, 36(4), 536-541.

Pantazidou, M., Kapniaris, S., Katsiri,

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

A., & Christidis, A. (2007). Pollutant trends and hazard ranking in Elefsis Bay, Greece. Desalination, 210(1-3), 69-82.
Papa, M., Alfonsín, C., Moreira, M. T., & Bertanza, G. (2016). Ranking wastewater treatment trains based on their impacts and benefits on human health: a “Biological Assay and Disease” approach. Journal of Cleaner Production, 113, 311-317.
Qu, J., Meng, X., & You, H. (2016). Multi-stage ranking of emergency technology alternatives for water source pollution accidents using a fuzzy group decision making tool. Journal of hazardous materials, 310, 68-81.
Razmi, J., Sangari, M. S., & Ghodsi, R. (2009). Developing a practical framework for ERP readiness assessment using fuzzy analytic network process. Advances in Engineering Software, 40(11), 1168-1178.
Rohani, A., Keramati, A. & Razmi, J. (2016). Presenting an Innovative Approach Combining FA and ANP Methods to Identify and Prioritize Water Pollutants in Petroleum and Petrochemical Industries. Archives of Business Research, 4(6), 405-418.
Saaty (1996). Analytical Network Process. RWS Publications, USA.
Tsyntsarski, B. G., Petrova, B. N., Budinova, T. K., Petrov, N. V., & Teodosiev, D. K. (2014). Removal of phenol from contaminated water by activated carbon, produced from waste coal material. Bulgarian Chemical Communications, 46(2), 353-361.
Vázquez-Rowe, I., Kahhat, R., Quispe, I., & Bentín, M. (2016). Environmental profile of green asparagus production in a zone in coastal Peru. Journal of hyper-arid Cleaner Production, 112, 2505-2517.
Wu,G.C., J.H.,Ding, P.S.,Chen .2012. The effects of GSCM drivers and institutional practices in Taiwan’s pressure on GSCM textile and apparel industry, International Economics, Production
Vol. 135, pp. 618-636.
Zailani, S., Govindan, K., Iranmanesh, M., Shaharudin, M. R., & Chong, Y. S. (2015). Green innovation adoption in automotive supply chain: the Malaysian case. Journal of Cleaner Production, 108, 1115-1122.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-02]