

## 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

### 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

#### چکیده

آلودگی آب یکی از مشکلات و چالش های مهم دنیا و ایران است. یکی از علل اصلی بیماری ها و مرگ و میر در جهان آلودگی آب است. آب های سطحی و زیرزمینی هر دو در معرض آلاینده های مختلف قرار دارند. با توجه به ماهیت، منشأ ورود آلاینده ها، طبیعی و یا انسان ساز بودن، تقسیم بندی های مختلفی برای آلاینده ها در نظر گرفته شده است. عمده آلاینده های آلی آب ناشی از صنایع نفت و پتروشیمی، ۴ معیار اصلی کشاورزی، شیمیایی، نفتی و غذایی می باشند. هریک از این چهار دسته خود دارای زیر معیارهایی می باشند. در این پژوهش به بررسی، شناسایی و رتبه بندی دقیق آلاینده های آب در صنایع نفت و پتروشیمی با استفاده از روش های آنالیز فاکتور و فرآیند تحلیل شبکه ای پرداخته ایم. نتایج روش آنالیز فاکتور بیانگر این واقعیت می باشد که آلاینده های نترات، سدیم و TDS بیشترین امتیاز را از خبرگان محیط زیست در حوزه آلودگی آب به خود اختصاص دادند. همچنین نتایج فرآیند تحلیل شبکه ای نشان دادند که آلاینده های کشاورزی با وزن ۰/۳۲۱ و آلاینده های نفتی با وزن ۰/۱۵۲ در رتبه اول و رتبه چهارم قرار دارند. سپس به استناد یافته های پژوهش به ارائه مدل ریاضی و حل مدل با برنامه ریزی آرمانی با هدف پیش بینی و استخراج آلاینده های اساسی و میزان آن ها در صنعت نفت و پتروشیمی با رویکرد کاهش آلاینده های زیست محیطی پرداخته ایم. 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:** آلاینده های آب، فرآیند تحلیل شبکه ای، تحلیل مولفه های اصلی، تحلیل عاملی، صنعت نفت و پتروشیمی، مدل سازی ریاضی

## 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 سالهای 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 ویژه اش 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 گوناگوناند 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 میتوانند مستقیماً 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



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: Zn، Cu، Pb و Cr. این رتبه بندی در رسوبات عبارت است از: Zn، Cu، 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 چایی در ایالات متحده است، پرداخته اند. EPA<sup>۱</sup> 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 شیمیایی 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 میکنند که سرب، مس و ترکیبات آنها از هر دو روش مذکور، که در حالت های مختلف ارزیابی میشوند، بالاترین نمره خطر و بنابراین بیشترین اثر

۱. Environmental Protection Agency

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<sup>۲</sup> 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.

۲. low- and middle-income countries

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 آبی در انگلستان و بهیود 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 می یابد. استفاده از کربن فعال شده یا اضافه کردن یک مرحله ازن گزینه های مناسبی هستند که کمترین آسیب را ایجاد می نمایند. Qu

۳. The biological assay and disease (BAD) approach

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 اولویت های هر تصمیم گیرنده، چون همه ی فرضیات و اعتباردهی ها قابل ردگیری است، همزمان از شفافیت لازم نیز برخوردار است. در همین سال Kudlak و همکاران (۲۰۱۴) رتبه بندی آزمون سمیت با ارزیابی کیفیت آبهای زیرزمینی در محل های 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 شاخص های 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

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 کاملاً متفاوتی نسبت به اولویت بندی دیگری بدون در نظر گرفتن هزینه ها و تعاملات ایجاد میکند. در

۴ . Case-based reasoning

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 آبریان 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 می رود 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<sup>۵</sup> با بیش از ۳۰ پارامتر برای ارزیابی استراتژیهای مدیریت زوائد فاضلاب ارائه کرده اند و آن را برای یک منطقه با ۵۰۰۰۰۰ سکنه اجرا نموده اند؛ 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 <<< سوزاندن < سیمان کیلن ≈ اکسیداسیون مرطوب.

روو و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقات خود به بررسی مشخصات زیست محیطی زنجیره تولید و عرضه پرداخته اند. 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 مسئولیت های 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، می تواند به عنوان یک راه برای شرکت های در مقیاس متوسط، کوچک و محلی برای بهبود بازاریابی زیست محیطی خود

۵ . Multi Attribute Decision Analysis

باشد. در سال ۲۰۱۵، زیلانی و همکاران در مطالعه‌ای 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 آلاینده‌های آب به این نتیجه دست یافتند که خطرات تهدید کننده فقط یک خطر بهداشت عمومی توسط ویروس‌ها در مواد غذایی مطرح زنجیره‌های تولید نمیباشد و تنها با شناسایی و ارزیابی ویروس‌ها 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، نیتريد، آمونیاک و نترات 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 نمودن آلاینده‌های صنایع شیمیایی 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 تکنولوژی‌های جدید به منظور دستیابی به محیط زیست بهره می‌جویند. در نتیجه طی سالهای اخیر، مدیریت زنجیره تامین به عنوان 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 زنجیره‌ای تامین سبز انقلاب سبزی در سطح زنجیره تامین ایجاد کرده است، شرکت‌ها باید از منابع داخلی و خارجی خود به منظور اجرای روشهای زنجیره‌ای تامین سبز استفاده کنند. آلودگی آب و منابع زیرزمینی با آلاینده‌های مختلف آثار منفی زیست محیطی متنوعی به دنبال دارد. آلودگی ناشی از فعالیتهای صنعتی همواره موجب دلمشغولی دستاوردکاران 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



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 انجام گرفته 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 جمع‌آوری شده؛ وزن‌دهی متغیرها؛ تحلیل و رتبه‌بندی با استفاده از روش ANP؛ مدلسازی ریاضی و حل آن.

#### ۴-۱- تحلیل مولفه‌های اصلی

تحلیل مولفه‌های اصلی یکی از روش‌های کلاسیک چند متغیره و شاید قدیمی‌ترین و معروف‌ترین آنها باشد. این روش ابتدا به منظور تجزیه و تحلیل ساختارهای ماتریس‌های واریانس-کواریانس و ضریب همبستگی توسعه داده شد. مثل بسیاری از روش‌های 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

۱. Principle Component Analysis (PCA)

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 در نهایت بر پایه انجام مقایسات زوجی که مشابه با مقایسه‌های زوجی انجام گرفته در روش AHP است، هست. فرآیند تحلیل شبکه‌ای را می‌توان کامل‌ترین روش تصمیم‌گیری چند معیاره نامید که تاکنون ارائه شده است؛ اما مشکل اساسی که در این مدل وجود دارد قسمت انجام مقایسات زوجی هست، این مشکل که در روش 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.

مختلف مورد توجه قرار داد: تبدیل متغیرهای وابسته به متغیرهای غیر همبسته؛ یافتن ترکیبات خطی با تغییرپذیری نسبی بزرگ یا کوچک؛ کاهش حجم داده‌ها؛ تفسیر داده‌ها. این نوع تجزیه معمولاً یک تجزیه نهایی تلقی نمی‌شود بلکه به عنوان وسیله‌ای میانی برای مطالعات و بررسی‌های بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. جنبه‌های ریاضی مورد استفاده در این روش شامل مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ماتریس‌های همبسته مثبت متقارن است. کاهش حجم داده‌ها هدف اصلی این تجزیه را تشکیل می‌دهد که این داده‌ها شامل تعداد زیادی متغیرهای با همبستگی‌های درونی می‌باشند به طریقی که حداکثر ممکن اطلاعات موجود در داده‌ها محفوظ بماند. این امر از طریق تبدیل داده‌ها (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 مولفه‌های اصلی گرچه ظاهراً توجه اصلی روی واریانس متغیرها است اما با توجه به روابط بین واریانس‌ها و کواریانس‌ها این روش به طور ضمنی کواریانس‌ها یا ضرایب همبستگی را نیز مورد توجه قرار می‌دهد.

#### ۴-۲- روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

ساعتی در سال ۱۹۹۶ روشی را برای تصمیم‌گیری چند معیاره ارائه کرده است که این روش فرآیند تحلیل شبکه یا به اختصار ANP نامیده شده و هدف از ارائه آن ساختن مدلی هست که از طریق آن بتوان مسائل پیچیده تصمیم‌گیری چند معیاره را به صورت اجزاء کوچک‌تر تجزیه نمود و به واسطه مقداردهی معقولانه به اجزاء ساده‌تر و سپس ادغام این مقادیر تصمیم‌گیری نهایی را انجام داد. روش ANP شکل توسعه یافته‌ای 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 به واسطه این ویژگی این فن متمایز و برتر از مدل‌های قبلی مربوطه هست. درواقع می‌توان گفت که AHP شکل خاصی از روش ANP هست. روش ANP دارای دو قسمت اصلی است که این دو

## مجموعه‌ها

|                       |   |                                          |
|-----------------------|---|------------------------------------------|
| $i$                   | : | شاخص آلاینده‌های اصلی                    |
| $I = \{1, \dots, m\}$ | : | مجموعه آلاینده شاخص‌های اصلی             |
| $j$                   | : | شاخص صنعت                                |
| $J = \{1, \dots, n\}$ | : | مجموعه صنایع آلاینده                     |
| $k$                   | : | زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی        |
| $K = \{1, \dots, p\}$ | : | مجموعه زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی |

## پارامترها و متغیرهای تصمیم

|           |   |                                                                                                                                                                   |
|-----------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $g_i$     | : | حداقل سطح مجاز آلاینده‌گی زیست محیطی شاخص‌های اصلی $i$ ام                                                                                                         |
| $a_i$     | : | وزن آلاینده‌گی زیست محیطی شاخص‌های اصلی $i$ ام                                                                                                                    |
| $l_j$     | : | حداقل سطح مجاز آلاینده‌گی زیست محیطی شاخص‌های اصلی در صنعت $j$ ام                                                                                                 |
| $b_j$     | : | وزن آلاینده‌گی زیست محیطی زیست محیطی شاخص‌های اصلی در صنعت $j$ ام                                                                                                 |
| $o_k$     | : | حداقل سطح مجاز آلاینده‌گی زیست محیطی زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی $k$ ام                                                                                     |
| $d_k$     | : | وزن آلاینده‌گی زیست محیطی زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی $k$ ام                                                                                                |
| $s_{ijk}$ | : | اگر سطح مجاز آلاینده‌گی زیست محیطی زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی $k$ ام در صنعت $j$ ام شاخص‌های اصلی $i$ ام بیشتر باشد برابر با ۱ در غیر اینصورت برابر با صفر |
| $c_{ijk}$ | : | ضریب تاثیر آلاینده‌گی زیست محیطی زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی $k$ ام در صنعت $j$ ام شاخص‌های اصلی $i$ ام                                                     |
| $y_{ijk}$ | : | اگر زیرمعیارهای شاخص آلاینده‌های اصلی $k$ ام در صنعت $j$ ام شاخص‌های اصلی $i$ ام 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

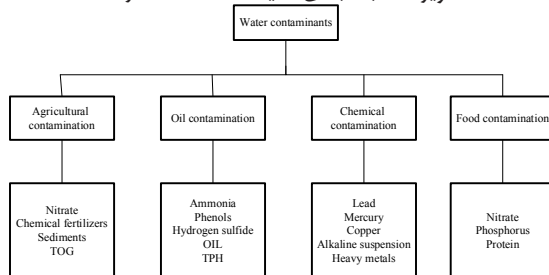
۳۵۱

## 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 فرآیند 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 آلاینده‌های آلی آب ناشی از صنایع نفت و پتروشیمی، ۴ معیار اصلی کشاورزی، شیمیایی، نفتی و غذایی می‌باشند. در سطح دو زیر شاخص‌ها آمده است که به صورت نیترات ( $\text{NO}_3$ )، نیتريد ( $\text{N}^-_3$ ) و آمونیاک ( $\text{NH}_3$ ) موجود در صنایع غذایی، فسفات ( $\text{PO}_4$ )، سولفات ( $\text{SO}_4$ ) و کلراید ( $\text{CL}^-$ ) موجود در صنایع شیمیایی، فنول ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ )، سولفید ( $\text{H}_2\text{S}$ )، نفت، جیوه ( $\text{Hg}$ ) و کادمیم ( $\text{Cd}$ ) موجود در صنایع نفتی و نیترات ( $\text{NO}_3$ )، آمونیاک ( $\text{NH}_3$ )، فسفات ( $\text{PO}_4$ ) و کلراید ( $\text{CL}^-$ ) موجود در صنایع کشاورزی می‌باشد. ( $\text{BOD}$ )، ( $\text{COD}$ )، ( $\text{TDS}$ )، ( $\text{TSS}$ ) 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 آلاینده‌ها در صنعت به ترتیب میزان آلاینده‌گی در محیط زیست اولویت‌بندی می‌شوند. لیست آلاینده‌ها به قرار زیر می‌باشند (کوزی و همکاران، ۲۰۱۵).

## تقسیم‌بندی آلاینده‌های آب

تصویر ۱. طبقه‌بندی آلاینده‌ها؛ مأخذ: نگارنده.



## ۶- تجزیه و تحلیل و بیان یافته‌ها ۶-۱- تحلیل آماری

براساس مطالعات پیشین ۲۰ شاخص آلاینده آب استخراج گردید و در بین ۱۴۵ افراد خبره قرار گرفت تا براساس تجربه قبلی خود به آنها امتیازی بین ۱ (کمترین اهمیت) الی ۱۰ (بیشترین اهمیت) داده شود. براین اساس به جهت رتبه‌بندی آلاینده‌ها از روش‌های آماری و بخصوص آنالیز فاکتور و PCA استفاده نمودیم. در ادامه این بخش به بیان نتایج پرسشنامه باز می‌پردازیم. در جداول ۱ و ۲ نتایج تحلیل عاملی اولیه شاخص‌ها برای تخمین عملکرد تأثیری هریک از آلاینده‌ها بر هدف مسئله نشان داده شده است.

جدول ۱. نسبت واریانس، هر یک از آلاینده‌ها

| Communalities        | Initial | Extraction |
|----------------------|---------|------------|
| Nitrate              | ۱,۰۰۰   | ۰,۷۸۳      |
| phosphor             | ۱,۰۰۰   | ۰,۶۷۱      |
| PH                   | ۱,۰۰۰   | ۰,۶۶۷      |
| Oil                  | ۱,۰۰۰   | ۰,۶۶۷      |
| TDS                  | ۱,۰۰۰   | ۰,۷۱۲      |
| heavy metals         | ۱,۰۰۰   | ۰,۵۷۹      |
| TSS                  | ۱,۰۰۰   | ۰,۵۵۹      |
| Ammonia              | ۱,۰۰۰   | ۰,۵۹۹      |
| Phenols              | ۱,۰۰۰   | ۰,۵۳۲      |
| Protein              | ۱,۰۰۰   | ۰,۴۹۱      |
| Chemical fertilizers | ۱,۰۰۰   | ۰,۶۲۷      |
| COD                  | ۱,۰۰۰   | ۰,۵۹۱      |
| Sediments            | ۱,۰۰۰   | ۰,۷۱۲      |
| Hydrogen sulfide     | ۱,۰۰۰   | ۰,۶۸۴      |
| Lead                 | ۱,۰۰۰   | ۰,۷۰۸      |
| Mercury              | ۱,۰۰۰   | ۰,۷۲۵      |
| Copper               | ۱,۰۰۰   | ۰,۷۲۶      |
| DO                   | ۱,۰۰۰   | ۰,۵۷۲      |
| BOD                  | ۱,۰۰۰   | ۰,۴۷۲      |
| Sodium               | ۱,۰۰۰   | ۰,۷۷۹      |

Extraction Method: Principal Component Analysis.

فرآیندهای انتخاب معیارهای انتخاب میزان آلودگی صنایع بر مبنای دو حوزه‌ی زیر بنا نهاده شده است: ۱. بررسی معیارهای مورد استفاده توسط پژوهشگران گذشته؛ ۲. بررسی شاخص‌های آلاینده‌ی و صنایع مهم آلوده کننده از منظر مدیران و کارشناسان محیط زیست. بر مبنای فرآیند گفته شده، مجموعه‌ای از مهمترین شاخص‌های انتخاب صنایع و آلاینده‌ها، به عنوان اصلی‌ترین معیارها سنجش مدنظر قرار گرفتند. توضیح این که آلاینده‌های آب در صنایع نفت و پتروشیمی با ۴ معیار اصلی به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱. **معیار آلودگی صنایع غذایی؛** بر مبنای میزان اهمیت و افزایش این آلاینده‌ها در آبهای زیرزمینی، معیار صنایع غذایی از سه زیر معیار «نیترات، فسفر و پروتئین» تشکیل شده است (ژانگ<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۳).

۲. **معیار آلودگی صنایع شیمیایی؛** چهار مورد زیر به عنوان مهمترین زیر معیارهای ویژگی‌های این صنعت در آزمایشگاه معتمد محیط زیست مطرح هستند که در این مرحله انتخاب شده‌اند: سرب، جیوه، مس، قلیایی بودن موادمعلق و فلزات سنگین (وو<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۲).

۳. **معیار آلودگی صنایع نفتی؛** موارد زیر نیز از مهمترین زیرمعیارهای این صنعت در سنجش میزان آلاینده‌ی به شمار می‌رود: فنول، سولفید هیدروژن، نفت، آمونیاک و TPH (زیلانی<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).

۴. **معیار آلودگی صنایع کشاورزی؛** همچنین چهار مورد زیر به عنوان زیرمعیارهای مربوط به صنایع کشاورزی استخراج و مدنظر قرار گرفته است: نیترات- کودهای شیمیایی- رسوبات و TOG (یونگ مینگ<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۶) شکل ۱ نشان‌دهنده آلاینده‌های اصلی به تفکیک نوع آن می‌باشد.

۷. Zhang

۸. Wu

۹. Zailani

۱۰. Yongming

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management

شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶

No.48 Autumn 2017

۳۵۲

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 آلاینده‌گی 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.

## ۲-۶- 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 و کارشناس حوزه زیست محیطی مرتبط با آلاینده‌های نفت و پتروشیمی نظرخواهی شد، که در نتیجه نرخ ناسازگاری ۰/۰۴ به‌دست آمد. با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری، کمتر از ۰/۱ است، اوزان به‌دست آمده، قابل اعتماد هستند. در ادامه نتایج حاصل از فرآیند تحلیل شبکه‌ای به تفصیل 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.

جدول ۵. رتبه‌بندی زیر معیارهای آلاینده‌های کشاورزی

| The main criterion   | weight | Rank |
|----------------------|--------|------|
| nitrate              | ۰,۳۸۷  | ۱    |
| chemical fertilizers | ۰,۳۵۵  | ۲    |
| sediments            | ۰,۲۱۵  | ۳    |
| TOG                  | ۰,۳۴۳  | 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 آلودگی محیط 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.

### ۳-۶- ارائه مدل ریاضی

تابع هدف

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

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

محدودیتها

$$\sum_j y_{ijk} \cdot s_{ijk} \leq 1 \quad (۲)$$

$$\sum_j y_{ijk} = g_i \quad (۳)$$

$$\sum_j y_{ijk} = l_j \quad (۴)$$

$$\sum_j y_{ijk} = o_k \quad (۵)$$

$$\sum_i g_i \leq 1500 \quad (۶)$$

$$\sum_j l_j \leq 250 \quad (۷)$$

$$\sum_k o_k \leq 1700 \quad (۸)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk} a_i \leq 0.3 \quad (۹)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk} b_j \leq 0.4 \quad (۱۰)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk} d_k \leq 0.3 \quad (۱۱)$$

رابطه (۲) تضمین کننده حداقل میزان آلودگی در صنعت بیشتر از حد مجاز نباشند. رابطه (۳) الی (۵) بیانکننده میزان حداقل آلودگی 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

شده در این محدودیت‌ها براساس نتایج استاندارد موسسه تحقیقات صنعتی ایران و استاندارد ملی آلاینده‌گی زیست‌محیطی آب با کد ۱۰۵۳ می‌باشند. رابطه (۹) الی (۱۱) نشان‌دهنده ضریب وزنی هریک از آلاینده‌های نسبت به کلا آلاینده‌گی زیست-محیطی در هریک از صنایع (پتروشیمی و نفت) می‌باشد. میزان ضرایب تاثیر هریک از آلاینده‌گی‌ها براساس پژوهش وو<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۱۲) بیان شده است.

### حل مدل ریاضی

با توجه به محاسباتی که در فوق توسط ماتریس‌ها در جدول ۳ الی ۷ نشان داده شده، و همچنین با توجه به تعریف مدل برنامه‌ریزی، در ادامه به حل مدل تعریف شده با توجه به یافته‌های تحقیق و براساس آلاینده‌ها می‌پردازیم.

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

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

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

| معیار اصلی | واحد محاسبه            | حداکثر مجاز | حداقل مجاز | میانگین منطقه | وزن   |
|------------|------------------------|-------------|------------|---------------|-------|
| نیترات     | میلی گرم 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 آلاینده‌گی شاخص‌های مورد بررسی در دسته آلاینده‌های شیمیایی

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

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

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

مدل فوق با استفاده از نرم‌افزار لینگو ۱۴ حل گردید. نتایج در جدول ۱۲ قابل مشاهده می‌باشند.

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

| متغیر            | صنعت نفت | صنعت پتروشیمی |
|------------------|----------|---------------|
| 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             |

بر مبنای یافته‌های تحقیق براساس مدل برنامه-ریزی ریاضی، ۲۰ عنصر به عنوان عناصر آلاینده محیط زیست در دو صنعت نفت و پتروشیمی، به عنوان مهمترین عناصر مشخص گردید. با توجه به ضریب اهمیت نسبی هریک از عناصر که در ماتریس  $W^{ANP}$  نشان داده شد (جدول ۳)، بیشتر اهمیت مربوط به آلاینده‌های کشاورزی و کمترین مقدار به آلاینده‌های دسته غذایی مربوط می‌شوند. با توجه به این موارد و داده‌های جداول ۸ الی ۱۱ که از سازمان محیط زیست و آزمایشگاه‌های معتبر سطح استان گردآوری شد، جدول ۱۲ بیانگر نتایج بدست آمده از حل مدل ریاضی در دو صنعت به تفکیک می‌باشد. همانطوری که در جدول ۱۲ قابل مشاهده هست، مقدار یک بیانگر آلاینده بودن

و صفر عدم آلاینده بودن می‌باشد. نکته بسیار مهم در نتایج بدست آمده این حقیقت هست که براساس تفاوت تعریف در مقدار سطح آلاینده‌گی هریک از عناصر در واحدهای محیط زیست این دو صنعت، تفاوت در تشخیص آلاینده بودن یا نبودن هر یک از شاخص‌های می‌باشد که در جدول ۱۲ نیز به وضوح قابل مشاهده می‌باشد.

## ۷- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

فعالیت‌های مربوط به توسعه منابع آب تغییراتی را در محیط زیست بدنبال دارد. اثرات زیست‌محیطی سیستم‌های توسعه منابع آب، در ضمن مفید بودن می‌تواند مضر هم باشند. برای مثال مخازن سدها اغلب بخش‌هایی از بستر سیلگیر رودخانه و نیز حوزه آبریز را تخریب می‌نمایند درحالی‌که از طرف دیگر دریاچه‌ای بوجود می‌آورند و به این ترتیب بعضی از خصوصیات زیست‌محیطی و اکولوژی این رودخانه‌ها در حوزه‌های آبریز از دست می‌رود. افزایش دمای زمین به این معنی است که سطح آب دریا بالا خواهد رفت و مناطق ساحلی و رودخانه‌ها را غرقاب خواهد کرد و زندگی بیش از ۱۰۰ میلیون جمعیت را به مخاطره خواهد انداخت.

بسیاری از رودخانه‌های کشور مانند کارون، زاینده رود، سفید رود علاوه بر مسائل کمی گرفتار تخریب کیفیت منابع آب می‌باشند. پمپ بنزین‌ها و مخازن زیر زمینی ذخیره فرآورده‌ها و مشتقات نفتی به دلیل عدم انجام پایش‌های لازم و پوسیدگی جداره آنها، به طور مرتب محیط و به ویژه منابع آب زیر زمینی را آلوده می‌نمایند. در بیشتر روستاهای کشور، فاضلاب‌های خانگی در سطح کوچه‌ها و انبارهای روباز جاری بوده یا از طریق چاه‌های جذبی دفع می‌شوند. این نوع تخلیه فاضلاب‌ها آلودگی منابع آب زیر زمینی و سطحی را به دنبال داشته است. همچنین شیرابه‌های ناشی از فضولات دامی که دارای مقدار زیادی ازت و موجودات ریزنده می‌باشند، منابع آب را آلوده می‌نمایند. به طور معمول این منابع آلاینده نیز بیماری‌زا می‌باشند. با محدود کردن منشاء آلاینده‌های آب می‌توان تا حد زیادی به بهبود کیفیت منابع آبی کمک نمود. استفاده از مواد شوینده و بهداشتی به صورت کنترل شده و در حد نیاز، محدود کردن استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کشها و حشره‌کشها و عدم تخلیه



آلاینده‌های نفتی روی زمین‌های نفوذپذیر و منابع آب روان می‌تواند تا حد زیادی از ورود آلاینده به سیستم‌های آبی جلوگیری می‌کند. همچنین باید محل زندگی و چرای دام‌های محلی حتی الامکان دور از منابع آبی باشد تا از ورود فضولات آنها به آبهای سطحی جلوگیری شود. فاضلاب صنایع، کارگاه‌های کوچک و رستوران‌ها و غذاخوری‌ها محتوی مقادیر زیادی آلاینده‌های آلی و غیرآلی است، که نباید به طور مستقیم و بدون تصفیه به رودخانه و دریاچه‌ها تخلیه گردند. با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر و همچنین یافتن اهمیت هریک از آلاینده‌ها، طبق تحقیقات پیشین در زمینه کاهش آلاینده‌های آب، روش‌های مختلفی به منظور حذف آلودگی از منابع آب ابداع شده که می‌توان این روش‌ها را در ۵ دسته کلی قرار داد: روش‌های بیولوژیک، روش‌های شیمیایی، جذب سطحی، اسمز معکوس و تبادل یونی. البته هر کدام از این روش‌ها مشکلات خود را به همراه دارند که از جمله آنها می‌توان به غیراقتصادی بودن برخی از این روش‌ها، آسان نبودن انجام برخی از مراحل حذف آلاینده‌ها و تولید مواد زاید زیاد اشاره کرد. به‌طور مثال روش‌های اسمز معکوس و تبادل یونی موجب تولید آب شور می‌شود. روش‌های بیولوژیک هم نیاز به تامین مستمر بسترهای آلی دارد و از مشکلات این روش نیز می‌توان به تولید لجن اشاره کرد. پژوهشگران برای مقابله با این مشکلات به دنبال طراحی فناوری‌هایی هستند که با کمترین چالش‌ها بتوانند طیف وسیعی از آلاینده‌ها را از منابع آبی حذف کنند. فناوری نانو توجه پژوهشگران محیط‌زیست را به خود جلب کرده و به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است.

#### ۸- پیشنهادات

۱. استفاده از محاسبات Z-numbers در بررسی متغیرها
۲. توسعه روش‌های ابتکاری و فراابتکاری دیگر برای مسائل بهینه‌سازی چند هدفه تحت شرایط عدم قطعیت با ابعاد بزرگ
۳. مدل سازی مسئله با در نظر گرفتن اهداف دیگری نظیر کمینه نمودن تغییر در سطح نیروی انسانی، کمینه نمودن انتشار گازهای گلخانه ای و پسماندهای صنعتی

۴. مدل سازی مسئله بصورت سلسله مراتبی و مقایسه نقاط ضعف و قوت آن با رویکرد یکپارچه

۵. مدل سازی بصورت غیر متمرکز و مقایسه نقاط ضعف و قوت آن نسبت به رویکرد متمرکز (در مدل‌های پیشنهادی تمام تصمیمات تاکتیکی و عملیاتی توسط شرکت اصلی و با لحاظ نمودن زیان و سود کل زنجیره بصورت متمرکز مدل شده است، رویکرد غیر متمرکز میتواند این گونه باشد که در زنجیره تأمین، هر شرکت بصورت منفرد طوری برنامه‌ریزی شود ضمن آنکه برنامه خود را بهینه نماید در یک بازی چند طرفه کل زنجیره نیز به سمت بهینه کل حرکت نماید)

- 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 ecotoxicity 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, R. Z., Jafari, M., & Zanjir, R. (2016). A new approach in group decision-making based on pairwise comparisons. *Journal of Entrepreneurship and Management 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*



- 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.



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

■ ۳۵۹ ■



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

■ ۳۶۰ ■