

# کاهش مصرف انرژی در تصفیه خانه فاضلاب شیراز با کمک الگوریتم خلاقیت TRIZ

سید غلامحسین سادات رفیعی

شرکت آب فاضلاب شیراز

sadatrafaiee@gamil.com

خلاقیت، الگوریتم، TRIZ، تصفیه فاضلاب، هوادهی، مصرف انرژی

شخصی که در ماریپچ تاریکی حرکت می کند ممکن است چیز مفیدی پیدا کند و شاید هم سرش به جایی بخورد. شخص دیگری لامپ کوچکی را در این تاریکی حمل می کند، در طی سفر لامپ او روشنتر می درخشد و در نهایت به خورشیدی تبدیل می شود که همه چیز را روشن می کند و از همه چیز پرده بر می دارد. حال باید از خود پرسید؟ « چراغ کجاست؟ »

## چکیده:

یکی از عوامل مؤثر در بروز خلاقیت در یک جامعه، زمینه سازی و بستر سازی و ایجاد فرهنگی در بین انسان ها است که در آن همگان در تلاش برای رشد دادن یکدیگر هستند و با تأثیر بر روی دیگری به پیشرفت جامعه کمک می کنند. یکی از روش های بهبود بهره وری در سازمان ها، مدیریت مصرف انرژی است، به گونه ای که کاهش مصرف انرژی همراه با کاهش راندمان فعالیت همراه نگردد عبارت دیگر هزینه مصرف انرژی در سازمان کاهش یابد. 40 درصد هزینه کل فرآیند تصفیه فاضلاب در تصفیه خانه ها مربوط به بخش تامین انرژی است این امر سبب گردیده است که طراحان روش های نوین تصفیه فاضلاب، هدف اصلی خود در طراحی کاهش مصرف انرژی قرار دهند. لیکن در سیستم های موجود هزینه تامین انرژی با کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه همواره در تضاد است که در این تجربه مدیریتی ما می خواهیم با کمک الگوریتم TRIZ تضاد های تأثیر گذار بر فرآیند تصفیه فاضلاب را شناسایی و این عوامل متضاد را با کمک یک سری سیستم های جانبی تعدیل و بدون کاهش کیفیت پساب خروجی میزان مصرف انرژی در فرآیند تصفیه را کاهش دهیم. این روش در تصفیه خانه فاضلاب شماره یک شیراز اجرایی و توسط دفتر مدیریت انرژی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور مورد بازدید و بررسی و در نهایت مورد تقدیر قرار گرفته است.

## مقدمه:

با پیشرفت روزافزون دانش و تکنولوژی و جریان گسترده اطلاعات، امروزه جامعه ما نیازمند آموزش مهارت هایی است که با کمک آن بتوان همگام با توسعه علم و فناوری به پیش رفت. هدف پرورش انسان هایی است که بتوانند با مغزی خلاق با مشکلات روبرو شده و به حل آنها بپردازند، زیرا امروزه مردم ما نیازمند آموزش خلاقیت هستند که با خلق افکار نو جامعه را به سوی سعادت مندی رهنمون گردند. رشد فزاینده اطلاعات، سبب شده که هر انسانی از تجربه و علم و دانشی برخوردار باشد، که دیگری فرصت کسب آنها را نداشته باشد، لذا به جریان انداختن اطلاعات حاوی علم و دانش و تجربه در بین انسان ها، یکی از رموز موفقیت در دنیای امروز است. به طور کلی خلاقیت فرایندی است، که طی زمان ادامه داشته و ابتکار، انطباق پذیری و تحقق از خصوصیات بارز آن به شمار می آیند و می تواند جوابگوی مشکلات باشد. برخی از محققان اصولی برای مشخص شدن مرزهای خلاقیت تعریف نموده اند: اول اینکه خلاقیت باید متضمن پاسخ یا مفهومی نو باشد (یا آنکه احتمال وقوع آن بسیار کم باشد). اما باید توجه داشت که نو بودن و اصالت با آنکه شرط لازم خلاقیت است اما کافی نیست. زمانی یک پاسخ را می توان بخشی از یک فرایند خلاق به شمار آورد که تا اندازه ای با واقعیت مطابقت داشته یا اصولاً واقعی باشد. دوم خلاقیت باید گره ای را بگشاید یا با وضعیتی تناسب داشته و یا مقصود معینی را برآورد. سوم، خلاقیت واقعی مشروط به دوام آن باید دارای بینش ابتکاری، ارزیابی و تفسیر و رشد باشد. در جمله ای کوتاه می توان اینگونه بیان کرد «خیلی ها از افراد ایده های خوب دارند اما عده کمی آنها را عملی می کنند». همچنین هوش الهامی یکی از عواملی است که معمولاً با خلاقیت مربوط می باشد.

خلاقیت از دیدگاه سازمانی یعنی ارائه فکر و طرح نوین برای بهبود و ارتقاء کمیت یا کیفیت فعالیت‌های سازمان؛ مثلاً افزایش بهره‌وری، افزایش تولیدات یا خدمات، کاهش هزینه‌ها، ارائه تولیدات یا خدمات از روش بهتر، عرضه تولیدات یا خدمات جدید .

برای توسعه و بهبود خلاقیت الگوهای متفاوتی پیشنهاد شده از جمله الگوی مناسب حل خلاقانه مساله استفاده از الگارتیم TRIZ می باشد

TRIZ در دنیای امروز ابزاری قوی است برای آنانکه می خواهند در سیر پیشستاز تعلیم و تربیت خلاق به عنوان رکن اصلی توسعه بکار گیرند . همچنین این دانش به ما کمک می کند تا آینده فناوری را پیش بینی و در بازار رقابت جهانی عقب نمانیم. واژه TRIZ برگرفته شده از حروف اول کلمات در عبارت روسی « Teoriya Resheniya Izobrototelskikh Zadatch » است که برابر انگلیسی آن عبارت « Theory of Inventive Problem Solving » (با مخفف TIPS) است که به معنای نظریه حل ابداعانه مساله می‌باشد. این دانش در سراسر جهان تحت عنوان TRIZ شناخته می‌شود و متداول شدن این نام به این علت است که بنیانگذار آن، دانشمند خلاقیت‌شناس روسی گنریچ ساتولویچ آلتشولر (Altshuller .G.S) می‌باشد.

دانش TRIZ با نام‌ها و عنوان‌های توصیف‌گر مختلفی همانند نوآوری نظام‌یافته، خلاقیت اختراعی، فناوری خلاقیت و نوآوری، روش‌شناسی اختراع، الگوریتم اختراع، روش‌شناسی حل مساله‌های ابداعی، روش‌شناسی حل ابتکاری و ابداعانه مساله، مهندسی خلاقیت و نوآوری، روش‌شناسی خلاقیت، خلاقیت‌شناسی اختراع، خلاقیت‌شناسی فناوری و مواردی از این قبیل نامیده می‌شود.

«TRIZ عبارت است از نوعی رویکرد الگوریتمی برای حل ابداعانه مسائل فنی و فناورانه.»

## 1- فواید و کاربردهای TRIZ:

با استفاده از دانش TRIZ می توان به نتایج و دستاوردهای متعددی از جمله موارد زیر دست یافت:

- 1- دستیابی به نوعی نگرش جامع و علمی به ابداعات و اختراعات.
- 2- شکل گیری جنبه های بسیار مهمی از علم خلاقیت شناسی.
- 3- دستیابی به نوعی جهان بینی خلاق.
- 4- کشف انواع راه حل ها برای مسائل ابداعی یعنی مسائلی که با روش های معمولی متداول راه حل آنها به دست نمی آید.
- 5- دستیابی به بهترین و موثرترین راه حل ها برای انواع مسائل علمی، فنی، انسانی و اجتماعی.
- 6- پیش بینی روند ابداعات و اختراعات در آینده (خلاقیت شناسی آینده شناختی)

## 2- معرفی سازمانی که در آن TRIZ اجراء گردیده :

تصفیه خانه فاضلاب شیراز در سال 1386 در مدار بهره برداری قرار گرفت در زمینی به وسعت 32 هکتار و جمعیت تحت پوششی برابر با 300.000 نفر و دبی 1000 لیتر در ثانیه بمنظورتصفیه فاضلاب خام .

فرآیند تصفیه فاضلاب در تصفیه خانه روش لجن فعال است که با کمک یک سری میکرو اورگانسیم فرآیند تصفیه فاضلاب انجام می پذیرد ، برای فعالیت و تجزیه مواد آلی، میکرو اورگانسیم ها نیاز به اکسیژن دارند که این موضوع توسط عملیات هوادهی سطحی اکسیژن رسانی می گردد . عملیات اکسیژن رسانی توسط بیست عدد هواده سطحی که هر یک با قدرت 55 کیلو وات در ساعت ، عملیات هوادهی فاضلاب را انجام می دهند . مجموعاً 1100 کیلو وات ساعت انرژی در ساعت مصرف و در طول شبانه روز 26400 کیلو وات انرژی در قسمت هوادهی تصفیه خانه فاضلاب مصرف می گردد .

اگر نرخ هوا دهی کاهش یابد این امر موجب کاهش راندمان تصفیه فاضلاب گردیده و مشکلات زیست محیطی مانند تولید بوی آزار دهنده برای ساکنین مجاور تصفیه خانه را بدنبال خواهد داشت و ...

بعبارت دیگر 40 درصد انرژی کل مصرفی کل در تصفیه خانه فاضلاب مربوط به قسمت حوض هوادهی یا قلب تصفیه خانه فاضلاب است و ارتباط مصرف انرژی و رشد میکرو ارگانسیم ها لازم و ملزوم یکدیگر هستند .

با توجه به حذف یارانه انرژی مهمترین الویت های کاری در سازمان ها، توجه به مدیریت انرژی است .

از سوی دیگر میزان حجم فاضلاب ورودی به تصفیه خانه در ساعات شبانه روز متفاوت است. به نحوی که در ساعات صبح و عصر حداکثر و زمان نیمه شب به بعد حداقل جریان ورودی به تصفیه خانه را شاهد می باشیم . که عملاً در بعضی از ساعات شب بیش از حد مورد نیاز عملیات هوا دهی انجام که موجب اتلاف انرژی و منابع مالی می گردد .

در این تحقیق با تشکیل کار گروهی به دنبال راهکار هایی جهت کاهش هزینه های تامین انرژی تصفیه خانه فاضلاب هستیم .

### 3- بیان مسئله و ضرورت :

با توجه به کاهش منابع انرژی در جهان و افزایش قیمت حامل های انرژی در دنیا و بخصوص در ایران و از جنبه دیگر با افزایش مصرف انرژی در جهان موجب گرم تر شدن هوای کره زمین می گردد که این افزایش دمای کره زمین موجب تغییرات آب هوایی و تشدید خشکسالی ها در قسمت های مختلف کره زمین گردیده برای نجات کره زمین باید تک تک افراد جامعه به دنبال راهکارهای برای بهینه سازی مصرف انرژی در پیرامون خود باشند، که این امر مستلزم شناسایی راه های جدید بهینه سازی مصرف انرژی می باشد و برای شناسایی راه های جدید باید قدرت خلاقیت فردی و گروهی در سازمان را ارتقاء بخشیم .

با توجه به سیر تاریخی افزایش قیمت انرژی در ایران و همچنین کمبود منابع مالی ، بقاء سازمان ها مستقیماً با بهینه سازی منابع مالی موجود ارتباط پیدا می کند و از جهت دیگر در سازمان ها همواره برای تولید، نیازمند انرژی هستند چنانچه در سازمانی مصرف انرژی بهینه سازی گردد در نتیجه بدون کاهش در عملکرد سازمان می توان مصرف انرژی را کاهش داده و در آمدی ناشی از کاهش مصرف انرژی در سازمان ایجاد و صرف توسعه ، بازسازی یا تولید بیشتر گردد که منجر به مزیت رقابتی برای آن سازمان خواهدگردید .

در تصفیه خانه فاضلاب شیراز در طول ماه در قسمت حوض هوادهی میزان 464.000 کیلووات ساعت انرژی مصرف که ماهیانه 38.5 میلیون ریال برای شرکت هزینه در بر داشته و هزینه تمام شده تصفیه فاضلاب سالانه در حال افزایش بوده بعلت مشکلات بهره برداری می باشد که اگر این روند متوقف نگردد کلیه درآمد های شرکت باید صرف خرید انرژی گردیده و سایر موارد مسکوت ماند که این امر موجب شده در کوتاه مدت کلیه تاسیسات موجود از مدار بهره برداری خارج و شرکت ها سالیانه با یک زیان انباشته مواجه گردند .

### 4-تصمیم گیری برای رفع این مشکل :

عملکرد فعلی ما ناشی از روش انجام کار جاری ما می باشد برای اینکه عملکرد خود را افزایش دهیم نیازمند جستجو و جایگزینی روش جدید به جای روش قدیم می باشیم ، زیرا روش فعلی افزایش چندانی نخواهد یافت . خلاقیت یگانه راه شناسایی راه های جدید برای ارتقاء عملکرد سیستم می باشد ، همچنین به واسطه وجود محیط رقابتی شدید در دنیا و نیاز مشتری به محصول با کیفیت بالاتر و ارزان تر، نیاز بیشتری به رویکردهای ابداعی در دنیا بوجود آمده ، در حال حاضر فعالیت های علمی باید در سطح بالاتر، با بودجه کمتر و سرعت بیشتری نسبت به گذشته، صورت گیرند. تحقیقات اخیر نشان میدهد که تکنیک TRIZ به تولید ایده برای محصولات و خدمات جدید و ایجاد بهبود کیفیت، به میزان 70 تا 300 درصد سرعت می بخشد. روش TRIZ تکنیکهای مهندسی و تئوری های علمی را به سمت یک چارچوب داده که متبحر شدن در فرآیند روش TRIZ، فقط تنها شناسایی تمام پتانسیل توسط تیم فنی نیست ، بلکه روش TRIZ در ابتدا به آنها یاد آوری می کند که چرا آنها مهندس یا دانشمند بودن را برگزیده اند. روش TRIZ از راه های مختلفی به این هدف می رسد. یکی از مهمترین راهها این است که ما برای یافتن راه حل مسئله مان، می بایست به زمینه های خارج از دانش، تجربه، سازمان، حتی خارج از صنعت خود آگاهی داشته باشیم (هرچند که این روش ممکن است غیر معمول به نظر رسد).

بکارگیری روش TRIZ یعنی بازگشت به اصول اولیه، ولی معمولاً در این راه از اصول، علوم و راه حل های مهندسی که برای ما آشنا نیستند استفاده نموده و این فرآیند با تجزیه تمام مسائل به وظایف بنیادی طراحی و با القاء درک کاملی از اساس مسئله ای راکه با آن دست به گریبانیم ساده میگردد. با بکارگیری TRIZ ما در مسیر یافتن راه حل ها قرار گرفته و در می یابیم که چگونه دیگران مشکلات مشابهی را در تمام زمینه های علمی و مهندسی بدین وسیله حل نموده اند.

با بکارگیری روش TRIZ میتوانیم با یک روش سیستماتیک عصاره و چکیده ای جهت حل مسائلی که بشریت با آنها روبرو است، دست یافت و در می یابیم که تمام مسائل قبلاً به طریقی حل شده اند. مطمئناً در صورت عدم استفاده از روش TRIZ زمان زیادی هدر خواهد رفت. درست مثل اینکه به جای کشف راه حل هوشمندانه ای برای بهبود بخشیدن به عملکرد چرخ، آن را دوباره اختراع کنیم. روش TRIZ ما را به سمت راه حل هایی که نیاز داریم، راه حل هایی که وجود دارند و راه حل هایی که ابداعی هستند هدایت می کند.

ضمناً، بررسی اساس تمام ابداعات و اختراعات به ثبت رسیده در جهان نشان می دهد که هزاران ساعت نیروی انسانی صرف حل مسائل مشابهی شده است که انسانها در زمینه های مختلفی با آن درگیر بوده اند و در نهایت پس از حل آنها، به نتایج مشابهی دست یافته اند. روش TRIZ با طبقه بندی راه حل های هوشمندانه را عامل ابداعی هر مسئله را شناسایی می کند.

#### 4-1 مراحل اجرا :

روش TRIZ، یک دانش انسان گرای مبتنی بر روش شناسی نظام یافته، برای حل ابداعانه مساله است، اصول و روش های زیادی در روش TRIZ وجود دارند که اساس و پیکره آن را تشکیل می دهند

مبتکر الگوریتمی TRIZ آلتشولر بود که با بررسی اختراعات مختلف به ثبت رسیده در دنیا 40 اصل ابتکاری را پیشنهاد کرد. این اصول به مهندسان، جهت دستیابی به راه حل ابداعی مناسب کمک می کند. وی ماتریسی از تناقضات برای بدست آوردن اصول منطبق با مسئله و تشخیص این که باید از کدام یک از این 40 اصل استفاده شود، ایجاد نموده. وی در این جدول 39 پارامتر مهندسی نظیر وزن، طول، شفافیت و غیره را در ستونها قرار داد. (آثار ثانویه نامطلوب) و پارامترهایی را که لازم است بهبود یابند را در ردیف ها قرار داده. در خانه هایی که از تقاطع هر سطر و ستون بدست می آمدند، دو یا سه اصل از اصول 40 گانه ابتکاری را که در به دست آوردن راه حل خلاقانه مورد استفاده قرار می گیرند، قرار داد که در حل مسائل مختلف می توان از این روش استفاده نمود، ولی این روش دارای محدودیتی است که کاربران در ابتدا باید مسئله را به صورت پارامترهای 39 گانه مهندسی فرموله نمایند البته این روش برای حل مسائل پیچیده کاری وقت گیر و دشوار می باشد.

#### 4-2 الگوریتم برای حل مسئله به روش ابداعی :

این روش رویه ای سیستماتیک جهت شناسایی راه حل ها بدون در نظر گرفتن تناقضات است. بر اساس ماهیت مسئله، تعداد مراحل اجرای آن می تواند از 5 الی 16 مرحله تغییر کند. در این روش ممکن است از یک مسئله فنی غیر واضح و نامعلوم، مسائلی که در لایه های زیرین قرار دارند بیرون آمده و نمایان شوند که برای ما قابل حل می باشند. مراحل پایه ای این رویه عبارتند از:

1- مسئله را فرموله کنید

2- مسئله را به یک مدل تبدیل کنید

3- مدل را تجزیه و تحلیل کنید

4- تناقضات را حل کنید

5- راه حل ایده آل را فرموله کنید

در دانش TRIZ مفهوم تناقض از مفاهیم بنیادی و اصلی است. منظور از تناقض دو ویژگی یا وضعیت متعارض یا متضاد با یکدیگر می باشد. اگر چنانچه بین دو ویژگی یک سیستم حالت تضاد و ضد و نقیض بودن وجود داشته باشد یعنی ایجاد تغییر مثبت در یک ویژگی (مثلا افزایش کیفیت یک محصول) منجر به ایجاد تغییر منفی در یک ویژگی دیگر (مثلا ازدیاد قیمت محصول) بشود در این صورت سیستم دچار تناقض می باشد. دانش TRIZ بیان می دارد که مسئله ابداعی با وجود نوعی تناقض همراه است و حل مسئله (مثلا اختراع) هنگامی روی می دهد که این تناقض برطرف شود. یکی از مهم ترین نقش های TRIZ، شناسایی و تحلیل تناقض ها و ارائه راهکارهای بر طرف نمودن آن می باشد.

برای شرح بهتر مفهوم تناقض به این مثال توجه کنید: یکی از مهم ترین مسئله های باز (مسئله ابداعی یا غیر معمولی) در حوزه سلامت انسان و پزشکی ناشی از بیماری سرطان است که در اثر آن سیستم بخشی از سلول ها از تعادل خارج شده و به رشد غیر معمولی دچار می شوند. رویکرد کلی درمانی (مثل شیمی درمانی یا پرتودرمانی) بر آن است که جلوی رشد غیر اصولی سلول های غیر متعادل به طریقی گرفته شده و از بین بروند. در این موضوع این تناقض اصلی وجود دارد که دارو یا پرتو دارای تاثیر مثبت بر سلول های سرطانی (توقف رشد و از بین رفتن سلول های سرطانی) و تاثیر منفی بر سلول های سالم (آسیب به سلول های سالم) می باشد. انتظار می رود چنانچه این تناقض برطرف شود آنگاه داروی قاطع درمان این بیماری نیز ابداع یا کشف گردیده و به عبارتی مسئله مذکور حل شده است.

مثال های زیر بیانگر تناقض یا تضاد فنی می باشند:

\* افزایش سرعت خودرو، منجر می شود به افزایش مصرف سوخت

\* افزایش کیفیت محصول X، منجر می شود به افزایش قیمت آن

روند و جریان خلاقیت را به سه مرحله تقسیم می کنند: تحلیلی، عملیاتی (برطرف کردن تضاد فنی) و ترکیبی (معرف تغییرات اضافی). هر مرحله به چندین مرحله پیاپی تقسیم میشود. بنابراین، این الگوریتم مجموعه ای جداگانه، و بسیار مشکل، را به چندین اقدام آسانتر، به شرح زیر، تقسیم می کند:

1- مرحله تحلیلی	
قدم ها	مراحل منطقی
1	صورت مسئله
2	تصور نتیجه نهایی مطلوب (IFR)
3	چه چیز با این نتیجه تضاد دارد؟
4	علت این تضاد چیست؟
5	تحت چه شرایطی ایجاد تضاد نخواهد کرد؟
2- مرحله عملیاتی	
قدم ها	مراحل منطقی
1	بررسی تغییرات در هدف به ویژه امکان تقسیم بندی آن
2	بررسی امکان تقسیم هدف به قسمت های مختلف
3	بررسی امکان تغییر محیط خارجی
4	بررسی امکان تغییر اشیاء مجاور
3- مرحله ترکیب	
قدم ها	مراحل منطقی
1	تغییر شکل شیء به دست آمده
2	تغییر در اشیاء دیگر
3	ایجاد تغییر از طریق مینا قراردادن عملیات شیء جدید
4	کشف چگونگی استفاده از دستاورد جدید در حل مسائل فنی دیگر

### استفاده از TRIZ برای حل مشکل بهینه سازی مصرف انرژی در تصفیه خانه فاضلاب

هدف در این تجربه مدیریتی :

کاهش میزان مصرف انرژی در تصفیه خانه فاضلاب بدون کاهش کیفیت خروجی پساب می باشد. این دو در عمل در تضاد هستند زیرا:

هرچه هوادهی بیشتر ← رشد میکروارگانیسمها بیشتر ← کاهش آلودگی پساب ← هزینه و مصرف انرژی بیشتر

به این منظور باید یک حالت بهینه بین میزان مصرف انرژی و کیفیت قابل قبول منطبق بر استاندارد خروجی فاضلاب بوجود آورد.

بنابراین مطابق الگوی عنوان شده پیش می رویم:

الف) هدف اصلی از بیان این مساله کاهش مصرف انرژی می باشد.

ب) تضاد در این مساله از آنجایی ناشی می شود که میزان انرژی مصرفی الکتروموتورها همواره ثابت است و زمان کارکرد آنها با توجه به شرایط کیفیت فاضلاب ثابت می باشد. و از طرفی با گران شدن قیمت انرژی برق و افزایش هزینه های بهره برداری فاضلاب نیاز است که میزان مصرف انرژی (برق) را کاهش دهیم. پس بایستی زمان کارکرد الکتروموتورهای هوادهی باید کاهش یابد تا مصرف انرژی بالطبع کاهش یابد. (ارتباط مصرف انرژی و رشد میکرو ارگانیسم ها لازم و ملزوم یکدیگر هستند.)

1- مرحله تحلیلی		
قدم ها	مراحل منطقی	مراحل حل مساله
1-1	صورت مسئله	ایجاد حالت بهینه بین مصرف انرژی و میزان هوادهی به فاضلاب
1-2	تصور نتیجه نهایی مطلوب (IFR)	بهینه سازی میزان مصرف انرژی و استاندارد نمودن خروجی فاضلاب
1-3	چه چیز با این نتیجه تضاد دارد؟	هزینه مصرف انرژی
1-4	علت این تضاد چیست؟	کیفیت خروجی فاضلاب با مصرف انرژی رابطه مستقیم دارد
1-5	تحت چه شرایطی ایجاد تضاد نخواهد کرد؟	استفاده از میزان قابل قبولی از انرژی
نتیجه	میزان مصرف انرژی در تصفیه خانه فاضلاب کاهش یابد	

چنانچه با کمک بکارگیری سیستمی جانبی که با مصرف انرژی مشخص و کمتر موجب گردد که میزان قابل قبول انرژی در تصفیه خانه کاهش یابد، هزینه اجرای این سیستم جانبی قابل قبول و توجیه پذیر می باشد.

2- مرحله عملیاتی		
قدم ها	مراحل منطقی	مراحل حل مساله
2-1	بررسی تغییرات در هدف به ویژه امکان تقسیم بندی آن و جایجای هدف	می توان از روش پیش هوادهی شبکه استفاده نمود
2-2	بررسی امکان تقسیم هدف به قسمت های مختلف	امکان کاهش هزینه انرژی مصرفی به طریقی دیگر وجود ندارد.
2-3	بررسی امکان تغییر محیط خارجی	مولفه خارجی برای موضوع وجود ندارد.
2-4	بررسی امکان تغییر اشیاء مجاور	می توان از روشهای دیگری استفاده نمود اما مستلزم تغییر در کلیه تجهیزات و صرف هزینه هنگفت می باشد. مانند هوا دهی عمقی

نتیجه : با جایگزین کردن روش هوا دهی به روش پیش هوادهی با مصرف انرژی کمتر در ساعت 10 هزار متر مکعب هوا به سطح آزاد شبکه فاضلاب در ساعت شب تزریق شده که در این ساعات دبی فاضلاب حداقل ممکن می باشد و حجم هوای آزاد لوله در بیشتر حد خود می باشد و در اثر حرکت فاضلاب به صورت طبیعی اکسیژن محلول فاضلاب افزایش یافته و اثربخشی پخش اکسیژن (حل شدن اکسیژن) در داخل فاضلاب افزایش می یابد. که این کار مستلزم از مدار خارج کردن تاسیسات فعلی و سرمایه گذاری مجدد می باشد.

3- مرحله ترکیب		
قدم ها	مراحل منطقی	مراحل حل مساله
3-1	تغییر شکل شیء به دست آمده	بدلیل وجود هزینه زیاد امکان تعویض تجهیزات و استفاده از روش دیگر امکانپذیر نیست.
3-2	تغییر در اشیاء دیگر	امکان تغییر در طراحی الکترومپ ها هم وجود ندارد.
3-3	ایجاد تغییر از طریق مینا قراردادن عملیات شیء جدید	بدلیل وجود هزینه زیاد امکان تعویض تجهیزات و استفاده از روش دیگر در تصفیه خانه فاضلاب امکانپذیر نیست.
3-4	کشف چگونگی استفاده از دستاورد جدید در حل	می توان از روشهای استخراج نفت نیز استفاده نمود اما هزینه پمپاژ محلول اشباع از

مسائل فنی دیگر	اکسیژن بسیار زیاد است.
3-5 بکار گیری سیستم های جایگزین	بکار سیستم پیش هوا دهی در شبکه فاضلاب در ساعات از شبانه روز می تواند اثر بخش باشد

نتیجه: با بکارگیری روش پیش هوا دهی موجب کاهش مصرف انرژی در تصفیه خانه فاضلاب شده و علاوه برآن از خطرات خوردگی شیمیایی لوله فاضلاب و انفجار

در کل فرایندهای هوادهی فاضلاب به سه گونه انجام می گردد:

1- سطحی با لکتروموتورها به کمک هوا

2- هوا دهی عمقی با تولید حباب های ریز

3- پمپاژ عمقی آب غنی از اکسیژن

4- پیش هوا دهی شبکه فاضلاب

#### 3-4 مقایسه انرژی مصرفی در سه روش هوا دهی:

ردیف	روش هوا دهی	میزان انرژی مورد نیاز در ساعت	هزینه های احداث و راه اندازی میلیون ریال
1	روش هوا دهی سطحی	1100	5700
2	روش هوا دهی عمقی (تولید حباب ریز هوا)	750	3400
3	پمپاژ آب غنی از اکسیژن	630	2800
4	پیش هوا دهی شبکه فاضلاب	5.5	120

#### برای تبیین مسئله نیاز است به سوالات زیر پاسخ داده شود:

- 1- هدف فنی چیست؟ کاهش انرژی الکتریکی مصرفی حوض هوادهی
- 2- چه ویژگی از شی را نمی توان در جریان حل مسئله تغییر داد؟ تغییر تجهیزات هوا دهی، تغییر فرآیند تصفیه فاضلاب
- 3- هدف اقتصادی از حل مسئله چیست؟ کاهش هزینه تامین انرژی و هزینه تعمیر نگهداری تجهیزات هوا دهی
- 4- هزینه قابل قبول کلی چیست؟ هزینه های اجرای سیستم جدید حداکثر در طی مدت دو سال بازگشت داده شود.
- 5- ویژگی فنی که باید اصلاح شود کدام است؟ نوع روش هوا دهی و تغییر مکان هوادهی
- 6- امکان جابجایی زمانی بکار گیری سیستم جایگزین ممکن است؟ امکان بکار گیری سیستم به صورت جایگزین و همزمان مقدور می باشد.
- 7- مسئله کاهش انرژی مصرفی در صنعت تصفیه فاضلاب چگونه می باشد؟ برای کاهش مصرف انرژی باید تغییر فرآیند داد که هزینه خیلی زیادی به سیستم وارد می نماید.
- 8- مسئله کاهش انرژی مصرفی در صنعت دیگر چگونه می باشد؟ در صنایع استخراج نفت معمولاً زمانی که میزان تست مخزن کاهش پیدا می کند هزینه پمپاژ نفت افزایش یافته که با کمک تزریق گاز به داخل مخزن موجب شده میزان نفت استحصالی افزایش یافته و هزینه پمپاژ نفت تعدیل می گردد.
- 9- ویژگی های کمی لازم را تعیین کنید؟ کیلوات ساعت انرژی مصرف شده، میزان هوای جابجا شده در شبکه فاضلاب، میزان افزایش غلظت اکسیژن محلول فاضلاب و زمان تزریق هوا به شبکه
- 10- اصلاح زمانی برای ویژگی های کمی چیست؟ سیستم جایگزین باید در زمان بکار گرفته شود که حداکثر اثر بخشی داشته باشد که از ساعت 2الی 6 بامداد بعلت دبی جریان فاضلاب و دمای هوا تزریق شده می باشد
- 11- موارد و شرایط خاصی که در تزریق هوا به شبکه باید توجه شود؟ محل تزریق و زمان تزریق هوا به درون شبکه فاضلاب

- 12- انواع روش های هوادهی که ممکن است در صنعت تصفیه فاضلاب بکار گرفته شود عبارت است؟ هوا دهی سطحی مکانیزه ، هوا دهی عمقی، هوا دهی توسط آب غنی از اکسیژن و هوا دهی سطحی آرام
- 13- آسان ترین و کم هزینه ترین روش برای هوادهی چیست؟ هوادهی سطحی آرام که در لاگون های تصفیه فاضلاب بکار گرفته می شود .
- 14- راه بکار گیری هوا دهی سطحی آرام فاضلاب در شبکه فاضلاب چگونه می باشد؟ با کمک یک توربین هوا دهی هوا را به درون شبکه فاضلاب تزریق کرده و جریان هوا در بالای سطح جریان فاضلاب در درون لوله به طور مصنوعی ایجاد کرده که موجب افزایش غلظت اکسیژن محلول می گردد .
- 15- تضاد بین میزان انرژی مصرفی و کیفیت پساب خروجی چگونه تعدیل می گردد؟ در هوا دهی سطحی مکانیزه با پاشش محلول فاضلاب در هوا موجب شده سطح تماس فاضلاب با هوا افزایش یافته امکان مبادله اکسیژن هوا با گاز کربنیک محلول فاضلاب فراهم گردد و در نتیجه غلظت اکسیژن محلول افزایش یافته و میکرو اورگانسیم ها فعال تر می گردند . ولی در هوادهی سطحی آرام جریان هوا از سطح فاضلاب عبور کرده و با توجه به تفاوت غلظت اکسیژن محلول و هوا منجر به افزایش انتشار اکسیژن به درون محلول فاضلاب می گردد . که باید شرایط فراهم کنیم سطح تماس فاضلاب با هوا اکسیژن دار افزایش دهیم .
- به دلیل اینکه انرژی برای پاشش فاضلاب بیشتر از ایجاد جریان هوا می باشد بنابراین با تغییر سیستم و مکان سیستم این تضاد کاهش یافته و منجر به افزایش بهره وری انرژی می گردد .

### 5- محل استقرار توربین پیش هوا دهی فاضلاب :

برای افزایش اثر بخشی پیش هوا دهی جریان فاضلاب مکان استقرار نقش بسیار مهمی دارد باید چندین فاکتور زیر در نظر گرفت تا اثر بخش پیش هوا دهی افزایش یابد .

- 1- وضعیت هیدرولیکی جریان فاضلاب
- نقطه تزریق هوا باید مکانی باشد که جریان فاضلاب در طول مسیر خود در اثر تلاطم فاضلاب در هوا میزان اکسیژن فاضلاب ورودی بیش از 1 میلی گرم در لیتر باشد .
- 2- قطر لوله بیش از 800 میلیمتر باشد که حجم هوا درون لوله شانزده برابر حجم فاضلاب در لوله باشد .
- 3- زمان تزریق زمانی باشد که حجم فاضلاب انتقالی در کمتر بن حد خود باشد (ساعت 2 الی 6 بامداد)
- 4- راه های برای خروج گاز های درون شبکه فاضلاب پیش بینی گردد (سوراخ دریچه های آدم رو ها و هواکش های)

با توجه به فاکتور های بالا دو محل در سطح شهر شیراز انتخاب و دستگاه توربین تزریق هوا نصب شده و از ساعت 2 الی 6 بامداد که میزان تولید فاضلاب در حداقل ممکن می باشد هر یک از توربین ها 10 هزار متر مکعب هوا به درون شبکه فاضلاب تزریق نموده که طی این مدت 2.8 برابر هوا داخل شبکه تعویض شده و جریان فاضلاب غنی از اکسیژن شده است . و در این ساعات بیست الکتروموتور های هوادهی تصفیه خانه خاموش شده و هزینه های مصرف انرژی در ساعات شب کاهش می یابد.

### 5-1 در طول شبکه فاضلاب فاکتور های مهندسی زیر اندازه گیری شود و بررسی شود

- اندازه گیری میزان گاز هیدروژن سولفید در هوای آزاد لوله فاضلاب.
- اندازه گیری میزان یون سولفید محلول در فاضلاب.
- اندازه گیری میزان اکسیژن در هوای لوله فاضلاب.
- اندازه گیری میزان اکسیژن محلول در فاضلاب.
- اندازه گیری میزان اسیدیته فاضلاب.



## 6- نتیجه گیری:

پس از بررسی گامهای فوق الذکر و در نظر گرفتن راه حل های مختلف با نصب درپوش در مسیر هوادهی به فاضلاب و تزریق هوا به داخل به داخل شبکه فاضلاب به این نتیجه رسیده ایم که بهترین گزینه برای کاهش مصرف انرژی می باشد نتیجه به لحاظ کیفیت خروجی فاضلاب و مصرف بهینه انرژی را بدست آورد. ماحصل این تفکر خلاقانه باعث کاهش انرژی و نگهداشتن کیفیت خروجی فاضلاب در سطح مطلوب و استاندارد شده است.

پس از سه ماه بکار گیری سیستم فوق در شبکه فاضلاب شهر شیراز نتایج زیر حاصل گردید:

### 6-1 محاسن تزریق هوا به داخل مسیر فاضلاب شهر شیراز

- 1- میزان مصرف انرژی در فرآیند تصفیه فاضلاب 59 درصد کاهش یافته است به نحوی در فرآیند تصفیه اختلال ایجاد نگردد.
- 2- میزان انرژی مصرفی اکتیو معمولی از 464000 به رقم 166000 کیلو وات ساعت کاهش یافته است.
- 3- میزان هزینه پرداختی برای برق تصفیه خانه از 38/5 میلیون ریال به رقم 22/6 میلیون ریال کاهش یافته است.
- 4- میزان اکسیژن در فضای بالای جریان فاضلاب در عمق 9/5 متری برابر با 19 PPM می باشد در نتیجه آزاد سازی گاز هیدروژن سولفید متوقف شده است.
- 5- دمای داخل لوله و منهول فاضلاب در عمق 9/5 متری از 38 درجه سانتی گراد به 32 درجه کاهش یافته و سرعت رشد و تکثیر میکروب ها در جدار لوله کاهش یافته.
- 6- میزان گاز هیدروژن سولفید در فضای آزاد لوله در قسمت 9/5 متری از 17 میلی گرم در لیتر به صفر رسیده است.
- 7- میزان بوی سولفید در فاضلاب در عمق 9/5 متری از 55 میلی گرم در لیتر به کمتر از 2 میلی گرم در لیتر رسیده است.
- 8- میزان اکسیژن محلول در ورودی به به تصفیه خانه از 0/1 میلی گرم لیتر به 4 میلی گرم در لیتر رسیده است.
- 9- میزان گاز H<sub>2</sub>S در هوای ورودی تصفیه خانه از 7 میلی گرم در لیتر به صفر رسیده است.
- 10- میزان راندمان رسوب لجن در حوض ته نشینی اولیه از 20% به 51% رسیده است.
- 11- در حوض ته نشینی اولیه بطور متوسط 50 میلی گرم BOD را کاهش می دهد.
- 12- PH فاضلاب از 7/2 به 7/9 افزایش یافته است که میزان حالیت یون سولفید از 50% به 10% کاهش می یابد.
- 13- میزان فسفر محلول از 18 میلی گرم در لیتر به 7 میلی گرم در لیتر کاهش یافته .
- 14- با توجه به اینکه سیستم هوادهی در شب کار می نماید و هوای سرد به داخل شبکه تزریق می کند. موجب شده هوای گرم مرطوب به خارج رانده شود میزان رطوبت در داخل لوله کاهش یافته در زمستان شرایط زیستی سوسک ها با مشکل روبرو می شود و جمعیت سوسک ها کاهش یافته است.
- 15- سیستم هوا در زمان کار 82 دسی بل تولید نویز می نماید که این نویز در داخل لوله ها گسترش یافته و فرار آنها گردیده از زمان نصب تا کنون هیچ گونه موش در محدوده هوادهی رویت نشده است.
- 16- زمانی که بوی سولفید در فاضلاب کاهش یافت میزان ترکیبات سمی سولفید فلزات سنگین در تصفیه خانه کاهش یافته در نتیجه راندمان تصفیه خانه افزایش یافته.
- 17- زمانی که غلظت اکسیژن محلول بیشتر 1 میلی گرم در لیتر باشد تولید یون سولفید متوقف می گردد.
- 18- در فرآیند تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال چنانچه در فاضلاب میزان H<sub>2</sub>S بالا باشد در فرآیند تصفیه ابتدا باید گازهای H<sub>2</sub>S از فاضلاب خارج شده پس از فرآیند تصفیه شروع می گردد که این امر موجب اتلاف انرژی و کاهش راندمان تصفیه و کاهش زمان ماند در حوض هوا دهی می گردد.
- 19- زمانی که اکسیژن فاضلاب ورودی افزایش یابد موجب شده تصفیه خانه بدون بو ایجاد گردد و پراختی انجام وظیفه نمایند.
- 20- به دلیل عدم وجود گاز H<sub>2</sub>S در فضای تصفیه خانه و میل ترکیبی میان فلز مس و گاز هیدروژن سولفید میزان خوردگی در تابلوهای برق به صفر رسیده است.

- 21- میزان کاهش انرژی مصرفی به میزان 59% ماهیانه بیست و دو میلیون ریال کاهش هزینه در مصرف انرژی شده است.
- 22- ارتقاع کیفیت پساب خروجی با BOD زیر 10 میلی گرم در لیتر و کدورت زیر 5 واحد.
- 23- هزینه تعمیر و نگهداری به میزان 32% کاهش یافته است.
- 24- 500 کیلو وات دیماند کاهش یافته است.
- 25- امکان زمان استراحت برای تجهیزات مهیا شده است به نحوی که از ساعت 4 الی هفت صبح کلیه هواده ها خاموش می گردند. نرخ تولید لجن کاهش یافته است.
- 26- بطور متوسط 70% BOD در ابتدا حوض هوا دهی حذف می گردد.

## مراجع

دکتر محمد احمدپور داریانی - کارآفرینی - تعاریف - الگوها - ناشر شرکت پردیس  
پیتر دراگر - رشته علمی به نام خلاقیت - مترجم سید صالح واحدی - مجله تدبیر شماره ۴۳  
علی نیلی آرام - خلاقیت و نوآوری در سازمان مجله تدبیر شماره ۸۵  
تراز ام اماایل - خلاقیت را چگونه از بین ببریم - مترجم حسین حسینی - مجله تدبیر  
دکتر محمد حسین سلیمی - الگوریتم نوآوری TRIZ - موسسه خدمات فرهنگی رسا  
مقاله: خلاقیت و نوآوری: تعریف، مفاهیم و مدیریت آن، نویسنده: محمدی، ناهید