

## انتخاب منعقدکننده بهینه در تصفیه اولیه فاضلاب کارخانه نساجی مازندران با استفاده از جار تست و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

غلامرضا اسدالله فردی<sup>\*۱</sup>

[assadollahfardi@yahoo.com](mailto:assadollahfardi@yahoo.com)

حسین زنگوئی<sup>۲</sup>

مصطفی داوودی<sup>۳</sup>

صابر مرادی نژاد<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱

تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۹

### چکیده

زمینه و هدف: صنایع نساجی از جمله صناعی است که فاضلاب آن شامل آلاینده‌های متعدد است. بنابراین روش‌های تصفیه متداول قادر به حذف کلیه آلاینده‌های آن نمی‌باشد. بدین منظور استفاده از منعقدکننده‌ها برای حذف مواد جامد معلق؛ به عنوان تصفیه اولیه روش مناسبی می‌باشد. روش بررسی: در این مطالعه پس از پایش کیفیت پساب خروجی کارخانه نساجی مازندران که در حال حاضر بدون هیچ‌گونه تصفیه‌ای به رودخانه تخلیه می‌شود، با استفاده از جار تست و با بهره‌گیری از ترسیب‌کننده‌های آلوم، آهک، سولفات آهن، کلرید آهن و باریم کلراید، میزان حداکثر حذف کل مواد جامد معلق با تغییرات pH مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها: علاوه بر نوع منعقدکننده پارامترهای متعددی همچون قیمت منعقدکننده‌ها، میزان حساسیت به تغییرات pH، میزان لجن تولیدی و عوارض جانبی بر انتخاب منعقدکننده بهینه موثر می‌باشند. از این رو برای دست‌یافتن به یک انتخاب بهینه از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. این تحلیل با استفاده از نرم‌افزار Expert choice و با در نظر گرفتن معیارهای تاثیرگذار در تصمیم‌گیری و همچنین با اعمال معدل هرکدام از این پارامترها با نظر کارشناسان مربوط به وسیله پرسشنامه‌های تکمیل شده صورت گرفت.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج جار تست و مطالعه تحلیل سلسله مراتبی حاکی از آن است که بهترین منعقدکننده جهت کاهش مواد جامد معلق در پساب کارخانه نساجی مازندران، آهک می‌باشد. آزمایش جار تست ۷۰٪ حذف رنگ و ۳۰٪ حذف COD را در صورت استفاده از آهک نتیجه داد.

واژه های کلیدی: نساجی مازندران، منعقدکننده‌ها، جار تست، تحلیل سلسله مراتبی.

۱- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، تهران \* (مسئول مکاتبات)

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تهران، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، تهران

## مقدمه

ورود پساب کارخانه‌های ریسندهی و بافندگی بدون تصفیه مناسب به آب‌های سطحی باعث بروز معضلات زیست‌محیطی مانند کاهش اکسیژن محلول و همچنین رشد بی‌رویه جلبک‌ها (به علت میزان بالای نیتريت و نیترات) می‌گردد. همچنین ورود این فاضلاب‌ها به شبکه جمع‌آوری فاضلاب و در نهایت به تصفیه‌خانه فاضلاب شهری نیز، باعث گرفتگی شبکه جمع‌آوری، اختلال در واحد ته‌نشینی، کاهش شدید اکسیژن محلول در حوض هوادهی، اختلال در کار میکروارگانیزم‌ها و حتی مرگ بعضی از آن‌ها و به طور کلی باعث بروز مشکلات فراوان در کار سیستم تصفیه می‌گردد. از این رو استفاده از روش‌های مختلف تصفیه جهت بهبود کیفیت پساب این کارخانجات ضروری می‌باشد (۱). یکی از مراحل تصفیه جهت حذف رنگ از آب فرآیند انعقاد می‌باشد. با توجه به گستردگی منعقدکننده‌های موجود، انتخاب بهینه نوع منعقدکننده، با در نظر گرفتن کلیه پارامترهای تاثیرگذار ضروری است. یکی از جامع‌ترین روش‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP<sup>1</sup>) است. این روش امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله داشته و به دلیل مقایسه زوجی قضاوت‌های مستقل، نسبت به تلاش‌هایی که تمامی تصمیمات و معیارها را به طور همزمان اولویت‌بندی می‌کند، ارجحیت دارد (۳ و ۲).

Jorgenson در سال ۱۹۷۴ با استفاده از ترسیب و تبادل یونی توانست ۶۵٪ رنگ و ۴۳٪ اکسیژن‌خواهی شیمیایی را از فاضلاب کارخانه نساجی در مرحله ترسیب حذف نماید (۴). Rinker و Stargent (۱۹۷۴) از ماده منعقدکننده آلوم با غلظت ۸۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده نموده و موفق به حذف ۶۹ درصدی رنگ از فاضلاب نساجی شدند (۵). Murakami (۱۹۷۸) در ژاپن حذف رنگ از فاضلاب شهری را که با ۱۰٪ حجمی پساب رنگرزی نساجی مخلوط شده بود، مورد مطالعه قرار داد و به این نتیجه رسید که فرآیند تصفیه شیمیایی در حذف رنگ تاثیر چندانی ندارد، در حالی که تصفیه بیولوژیکی توأم با عبور فاضلاب تصفیه‌شده از روی کربن فعال در این رنگ‌بری مؤثرتر است. همچنین به این نتیجه رسید که تزریق ۱۰ میلی‌گرم در لیتر ازن نیز قادر به حذف ۷۰٪ رنگ است (۶). Damas و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از جارتست فاضلاب نساجی را قبل و بعد از استفاده از ازن، لخته‌سازی شیمیایی نموده و نشان دادند استفاده از ازن با زمان کوتاه قبل از لخته‌سازی شیمیایی باعث کاهش ۵۷ و ۹۵ درصدی اکسیژن‌خواهی شیمیایی و تیرگی می‌شود (۷). Bayramoglu و همکاران (۲۰۰۷) فاضلاب کارخانه نساجی را به وسیله انعقاد الکتریکی مورد بررسی قرار داده، سپس ارزیابی اقتصادی

از این روش صورت دادند. الکتروالومینیوم و آهن در این تحقیق به کار رفتند و نتایج نشان داد که هر دو الکترواد در حذف اکسیژن‌خواهی شیمیایی و کدورت تقریباً به یک اندازه موثرند، ولی آهن به علت هزینه کم‌تر ترجیح داده می‌شود. همچنین pH مناسب برای آهن در حدود ۷ و برای آلومینیوم در حدود ۵ ارزیابی گردید (۸). Kumar و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از آلوم موفق به حذف ۶۷٪ اکسیژن‌خواهی شیمیایی و ۷۱٪ رنگ از فاضلاب رنگرزی کارخانه نساجی تحت pH=۸ و غلظت ۵ کیلوگرم بر مترمکعب شدند. آن‌ها همچنین توانستند با به کار بردن گرماکافت در انعقاد به حذف ۹۰ درصدی اکسیژن‌خواهی شیمیایی و ۹۵ درصدی رنگ از فاضلاب نساجی دست یابند (۹). Bidhendi و همکاران (۲۰۰۷) از کلرور فریک، آهک، سولفات آهن و کلرور منیزیم برای حذف رنگ استفاده نموده و میزان رنگ و اکسیژن‌خواهی شیمیایی و کل جامدات معلق، تیرگی و لجن را بررسی کرده و مقدار بهینه ماده شیمیایی را بدست آوردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که جز آهک، سایر منعقدکننده‌ها قادر به حذف رنگ و اکسیژن‌خواهی شیمیایی از فاضلاب نساجی می‌باشند (۱۰). Gohary و Tawfik (۲۰۰۹) با استفاده از لخته‌سازی شیمیایی حذف رنگ به وسیله کلرور منیزیم، آهک و سولفات آلومینیوم را مقایسه نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که آهک از سایر منعقدکننده‌ها موثرتر است. حداکثر حذف رنگ صددرصد و اکسیژن‌خواهی شیمیایی، ۵۰٪ حاصل شد (۱۱). همچنین Gohary و همکاران (۲۰۱۰) برای تصفیه اولیه فاضلاب نساجی از دو سیستم تصفیه شامل سیستم لخته‌سازی و ته‌نشینی و دومی از شناورسازی استفاده نمودند. آن‌ها از سه لخته‌ساز کلرور فریک، سولفات آلومینیوم و سولفات آهن استفاده نمودند که آهک به عنوان کمک لخته‌ساز استفاده شد. نتایج حاکی از این بود که سه نوع لخته‌ساز تقریباً شبیه به هم در حذف اکسیژن‌خواهی شیمیایی عمل نمودند (۱۲).

هدف از این مطالعه تعیین منعقدکننده بهینه جهت تصفیه اولیه فاضلاب کارخانه نساجی مازندران با استفاده از آزمایش جار و روش تحلیل سلسله‌مراتبی با در نظر گرفتن تمامی ویژگی‌های تاثیرگذار در انتخاب آن و در نهایت تعیین بهترین درصد حذف رنگ و اکسیژن‌خواهی شیمیایی به وسیله ماده منعقدکننده انتخابی بوده است.

## روش بررسی

## معرفی منطقه مورد مطالعه

کارخانه نساجی مازندران واقع در شهرستان قائمشهر، در غرب رودخانه سیاه‌رود واقع شده است. ظرفیت تولید این کارخانه ۵ هزار متر پارچه و ۸۰۰ کیلوگرم پنبه هیدروفیل در روز می‌باشد. قسمت عمده آب این کارخانه از دو حلقه چاه عمیق که یکی از آن‌ها به طور دائم در حال کارکردن است، تامین می‌شود. به دلیل وجود سختی در

امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم نموده و امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. همچنین این روش بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت‌ها و محاسبات را تسهیل نموده و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد (۲).

روش تحلیل سلسله مراتبی اولین بار توسط ساعتی ارایه شد (۱۶). انتخاب این روش از یک سو به دلیل ویژگی‌های موضوع مورد بررسی و از سوی دیگر به علت مزایای این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری بوده است. از جمله دلایل استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به جای روش‌های دیگر تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

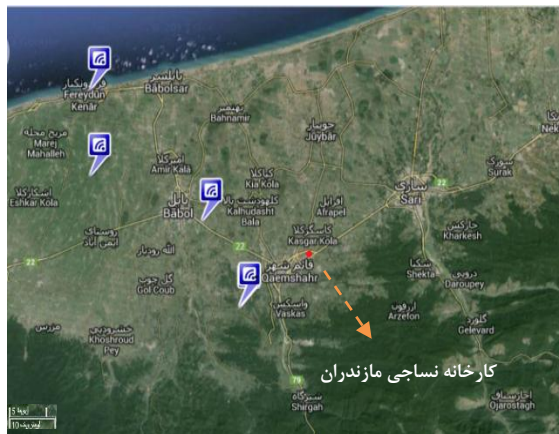
- ۱- در این روش، معیارهای کمی و کیفی در تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد و تنها مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره است که می‌تواند سازگاری قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان را اندازه‌گیری نماید.
- ۲- مقایسه زوجی در این روش به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد وزن معیارها و یا رتبه گزینه‌ها را از ماتریس‌های مقایسه زوجی استخراج کنند و تعداد زیادی از معیارها می‌توانند در نظر گرفته شوند (۱۷).
- ۳- روش تحلیل سلسله مراتبی، مسایل پیچیده را با قرار دادن گزینه‌ها در ساختار سلسله مراتبی حل می‌کند. ساختار سلسله مراتبی که از طریق مقایسه زوجی قضاوت‌های مستقل ایجاد می‌گردد، نسبت تلاش‌هایی که تمامی تصمیمات و معیارها را به طور همزمان اولویت‌بندی می‌کند، ارجحیت دارد (۳).

روش تحلیل سلسله مراتبی معمولاً شش گام زیر را شامل می‌شود (۱۸).

- ۱- تعریف غیر ساختاری مسئله و بیان شفاف اهداف و نتایج مورد انتظار
- ۲- ترکیب مسئله پیچیده به عناصر تصمیم‌گیری (بیان جزئیات معیارها و گزینه‌ها)
- ۳- به کارگیری مقایسه‌های زوجی بین عناصر تصمیم‌گیری به منظور ایجاد ماتریس‌های مقایسه
- ۴- استفاده از روش بردار ویژه برای برآورد وزن‌های نسبی عناصر تصمیم‌گیری

آب زیرزمینی، آب مصرفی در فرآیندهای سفیدگری، چاپ و رنگریزی از آب رودخانه تامین می‌گردد. شکل ۱ موقعیت این کارخانه در استان مازندران را نشان می‌دهد (۱۳).

در حال حاضر به علت عدم انجام تصفیه مناسب بر روی پساب کارخانه ریسندگی مازندران این پساب به صورت خام وارد رودخانه سیاه‌رود شده و باعث بروز معضلات زیست محیطی متعددی می‌گردد.



شکل ۱- موقعیت کارخانه نساجی مازندران (تصویر ماهواره‌ای)

در این مطالعه نمونه‌برداری به صورت دستی و با استفاده از سطل با آستر داخلی لعابی که دارای حجم کافی بوده، انجام پذیرفته است. نمونه‌گیری هر ۵ روز یک بار و در فصول تابستان و زمستان صورت گرفته است. پس از نمونه‌برداری نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و تعدادی از ویژگی‌های کیفی آن با استفاده از روش استاندارد متدز (Standard methods) آزمایش شده است (۱۴). قابل ذکر است از بررسی میزان حذف فلزات سنگین به دلیل تمرکز مطالعه بر روی حذف رنگ و اکسیژن خواهی شیمیایی و همچنین محدودیت‌های مالی و زمانی صرف نظر شده است.

در این مطالعه، آزمایش جار با مصرف ۵ ماده منعقدکننده مختلف و در pHهای گوناگون انجام گرفته است. در آزمایش‌های جار برای نمونه‌های فاضلاب، جهت رسم نمودارها از پارامتر کل جامدات معلق به جای معیار کدورت، استفاده شده است. معمولاً ترکیب فاضلاب و مواد منعقدکننده، به مدت ۱ دقیقه با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه مخلوط شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰ دور بر دقیقه لخته‌سازی انجام می‌پذیرد. پس از تشکیل لخته‌ها، به مدت ۳۰ دقیقه به آن‌ها اجازه ته‌نشینی داده شده و در نهایت اقدام به نمونه‌گیری و آنالیز نمونه‌ها می‌گردد. مواد منعقدکننده مورد آزمایش در این مطالعه، شامل آلوم، آهک، کلرور فریک، سولفات آهن و باریم کلراید می‌باشند (۱۵).

#### روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین روش‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. این روش

میانگین‌گیری صورت گرفته است، که نتایج آن در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

از میان نرم‌افزارهای مورد استفاده در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان به Expert choice اشاره نمود (۲۲). این نرم‌افزار با دریافت داده‌های کیفی مانند آنچه در جدول ۲ مشاهده می‌شود و تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی بر روی آن‌ها بهترین گزینه را مشخص می‌نماید. نحوه کار با نرم‌افزار به این صورت است که ابتدا هدف از تحلیل را برای نرم‌افزار در قسمت مشخص شده تعریف نموده و سپس معیارهای تصمیم‌گیری که در این‌جا بازده، قیمت منعقدکننده‌ها، میزان حساسیت به تغییرات pH، میزان لجن تولیدی و عوارض جانبی می‌باشد، مشخص می‌گردد. منظور از عوارض جانبی، اثرات مخرب استفاده از آلوم باعث ایجاد سختی کلسیمی و خوردگی تاسیسات می‌گردد. قدم بعدی مقایسه زوجی این معیارهاست. در این نرم‌افزار سه نوع مقایسه وجود دارد. ۱- اهمیت ۲- ارجحیت و ۳- درست-نمایی. در اینجا از مقایسه ارجحیت و به صورت عددی استفاده شده است. در این روش پنجره‌هایی برای مقایسه زوجی معیارهای مختلف با استفاده از جداول تکمیل شده توسط کارشناسان و بهره‌برداران، تکمیل گردید. با اتمام ساخت مدل به نتایج دلخواه به صورت گرافیکی و همچنین وزن و ترتیب اهمیت هر یک از معیارها دست خواهیم یافت (۲۳).

۵- محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس‌ها برای اطمینان از سازگاری قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان  
۶- تجمیع عناصر تصمیم وزندهی شده برای به‌دست آوردن رتبه‌بندی نهایی.

پس از ایجاد ساختار سلسله مراتبی اولویت عناصر در هر سطح تعیین می‌شود. مفاهیم مقیاس اندازه‌گیری در جدول ۱ ارائه شده است. این مقایسه‌ها، ماتریسی تشکیل می‌دهند که درایه‌های آن از مقایسه عنصر هر سطر با عناصر ستون‌ها به‌دست می‌آید. به عنوان مثال درایه  $a_{12}$  نشان می‌دهد عنصر اول چقدر نسبت به عنصر دوم اهمیت دارد (۱۹). یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام یافته برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست. به عبارت دیگر تعیین این که در تشکیل ماتریس مقایسه دودویی معیارها، چقدر سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است. وقتی اهمیت معیارها نسبت به یک دیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. یعنی اگر  $A_i$  از  $A_j$  مهم‌تر و  $A_j$  از  $A_k$  مهم‌تر باشد، قاعدتا باید  $A_i$  نیز از  $A_k$  مهم‌تر باشد. اما با وجود همه کوشش‌ها، رجحان‌ها و احساس‌های مردم ممکن است ناهماهنگ و نامتعدد باشد. پس باید سنجش‌ای را یافت که میزان ناهماهنگی داورها را نمایان سازد (۲۰). مکانیزمی که ساعتی برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته است محاسبه ضریبی به نام ضریب ناسازگاری (IR) است. چنانچه مقدار این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است و گرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود (۲۱). پس از امتیازدهی معیارهای مدنظر توسط متخصصان و بهره‌برداران تصفیه‌خانه،

جدول ۱- مقیاس ساعتی برای اهمیت‌های نسبی جدول

دو معیار سهم برابر برای هدف دارند	اهمیت برابر	۱
یکی کمی بیش‌تر از دیگری	کم اهمیت	۳
یکی قوی‌تر از دیگری	پراهمیت	۵
یکی قوی‌تر از دیگری و غلبه‌اش را در عمل نشان داده است.	بسیار پر اهمیت	۷
مطابق شواهد به طور قطع بسیار بیش‌تر از دیگری اهمیت دارد	فوق العاده پر اهمیت	۹
زمانی که بین دو مقدار قضاوت سخت باشد.	مقادیر بینابینی	۲ و ۴ و ۶ و ۸ معکوس
زمانی که بین دو مقدار ، معکوس تعاریف فوق برقرار باشد.	معکوس مقادیر فوق	

جدول ۲- نمونه‌ای از جدول امتیازدهی در روش تحلیل سلسله مراتبی

معیارها	ارزان بودن	راندمان بالا	حساسیت کمتر به pH	تولید لجن کمتر	عوارض جانبی کمتر
ارزان بودن	۱	۱/۳	۳	۵	۳
راندمان بالا	-	۱	۷	۸	۶
حساسیت کمتر به pH	-	-	۱	۳	۳
تولید لجن کمتر	-	-	-	۱	۱
عوارض جانبی کمتر	-	-	-	-	۱

## یافته‌ها

نتایج آزمایش‌های نمونه‌برداری که از تاریخ ۸۸/۱۰/۲۴ تا ۸۹/۶/۵ به طول انجامیده، در جدول ۳ ارایه شده است. با توجه به جدول ۳، میزان حداکثر اکسیژن‌خواهی زیست‌شیمیایی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی، کل جامدات معلق، فسفر و نیتروژن به ترتیب ۴۳۰، ۱۱۵۸، ۳۱۰، ۱/۷۹ و ۱۵/۸ میلی‌گرم در لیتر بوده و میزان رنگ موجود در فاضلاب جهت طراحی تصفیه‌خانه، ۱۵۵ واحد رنگ منظور شده است. جدول ۴ نتایج حاصل از نمونه‌برداری در تاریخ ۸۸/۱۱/۱۴ از فاضلاب کارخانه نساجی مازندران را نشان می‌دهد.

جهت تعیین انتخاب بهترین ماده منعقدکننده، ابتدا با تغییر مقدار pH و اندازه‌گیری کل جامدات معلق، میزان بهینه pH مشخص شده (pH بهینه دارای بیشترین میزان حذف جامدات معلق می‌باشد)، سپس با تغییر غلظت ماده منعقدکننده در pH ثابت (pH بهینه)، میزان بهینه ماده منعقدکننده تعیین گردیده است (میزان بهینه ماده منعقدکننده دارای بیشترین مقدار حذف جامدات معلق در pH ثابت می‌باشد). در ادامه نتایج به طور جداگانه برای هر منعقدکننده بیان شده است.

جدول ۳- مشخصات کیفی فاضلاب کارخانه نساجی قائمشهر

تاریخ نمونه گیری	دمای متوسط هوا (درجه سانتی‌گراد)	دمای متوسط فاضلاب (درجه سانتی‌گراد)	pH	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Color (TCU)	TP (mg/l)	TN (mg/l)
۸۸/۱۰/۲۴	-۴	۲	۸/۵	۴۱۰	۹۸۰	۲۷۲	۱۵۰	۱/۱	۱۰/۲
۸۸/۱۱/۱	-۲	۳	۸	۳۷۳	۷۵۰	۲۷۸	۱۵۵	۱/۳	۱۲
۸۸/۱۱/۱۴	۱	۵	۸/۵	۳۵۵	۱۰۰۰	۲۸۷	۱۴۰	۱	۱۰/۱
۸۸/۱۱/۲۰	-۱۱	۱	۸/۵	۴۲۵	۱۰۴۰	۲۸۲	۱۵۰	۱/۷۹	۱۲/۵
۸۸/۱۲/۷	۰	۶	۸	۴۲۰	۹۲۹	۲۸۱	۱۲۹	۱/۳۵	۱۲/۳
۸۹/۵/۱	۳۰	۳۲/۵	۸/۳۶	۳۸۰	۸۰۰	۲۶۲	۱۴۵	۱/۱۹	۱۴
۸۹/۵/۶	۲۵	۲۷	۸/۵۵	۳۶۰	۱۱۵۰	۲۵۳/۵	۱۴۰	۱/۰۵	۱۴/۳
۸۹/۵/۱۰	۲۴/۵	۲۶/۵	۹/۵	۴۳۰	۱۱۵۸	۲۹۸	۱۵۰	۱	۱۵
۸۹/۵/۱۵	۲۲/۵	۲۵	۹/۶	۳۷۰	۹۸۴	۳۱۰	۱۵۰	۱/۳	۱۵/۸
۸۹/۵/۲۰	۲۵/۶	۲۷	۹/۵	۳۶۰	۸۴۰	۲۳۵	۱۳۵	۱/۲۲	۱۵/۲
۸۹/۵/۲۵	۲۱/۵	۲۵/۵	۹/۵	۴۰۰	۹۹۲	۲۷۰	۱۳۵	۱/۱	۱۵/۵
۸۹/۶/۵	۱۷	۲۰	۸/۸	۳۷۰	۹۰۰	۲۱۳	۱۴۰	۱	۱۴/۱
میانگین	۴/۶۷	۹/۶۷	۸/۷۸	۳۸۷/۷۵	۹۶۰/۲۵	۲۷۰/۱۱۳	۱۴۳/۲۵	۱/۲	۱۳/۴۲
انحراف معیار	۱۴/۹۴۷	۱۱/۵۲۶	۰/۶	۲۷/۶	۱۲۵/۷۶	۲۶/۶۶	۷/۹۴	۰/۲۲	۱/۹۷

جدول ۴- مشخصات فاضلاب نمونه گیری شده

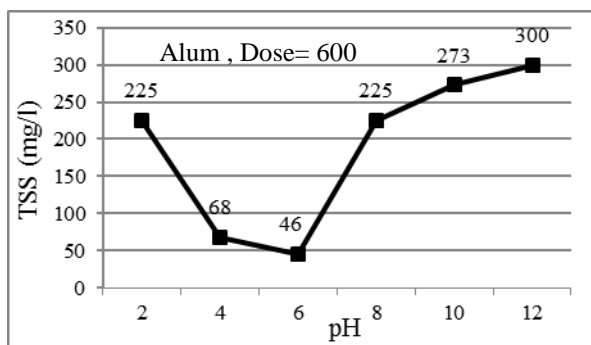
پارامتر	واحد	مقدار
اکسیژن خواهی زیست شیمیایی	mg/l	۳۵۵
اکسیژن خواهی شیمیایی	mg/l	۱۰۰۰
TSS	mg/l	۲۸۷
pH	-	۸/۵
رنگ	TCU	۱۴۰

## استفاده از آلوم

## تاثیر تغییر pH بر انعقاد در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر

فاضلاب اندازه گیری شده و در pH برابر ۶ کمترین میزان جامدات معلق مشاهده گردیده است (شکل ۲).

پس از انجام آزمایش جارتست به وسیله آلوم با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، در pHهای مختلف جامدات معلق موجود در نمونه

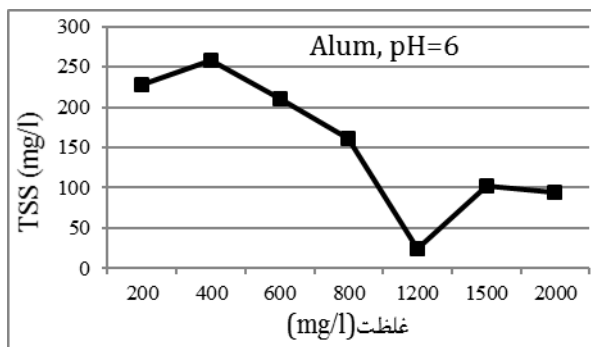


شکل ۲- اثر تغییر pH بر کل جامدات معلق در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر آلوم

## تاثیر تغییر غلظت آلوم بر انعقاد در pH=۶

در غلظت ۱۲۰۰ میلی گرم در لیتر آلوم، کمترین میزان جامدات معلق به دست می آید (شکل ۳).

پس از انجام آزمایش جارتست به وسیله آلوم در pH بهینه ۶ که از آزمایش قبل به دست آمد، به ازای غلظت‌های مختلف آلوم، جامدات معلق موجود در نمونه فاضلاب اندازه‌گیری گردید و مشاهده شد که

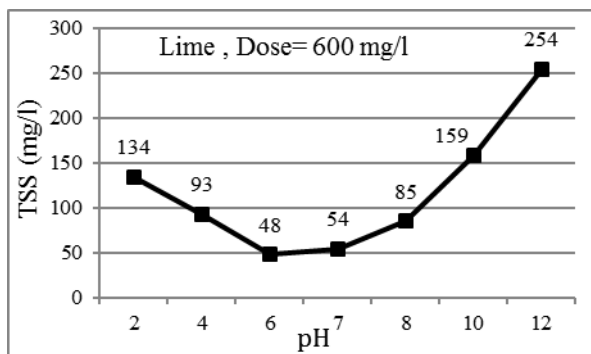


شکل ۳- اثر تغییر غلظت آلوم بر کل مواد جامد معلق در pH بهینه

استفاده از آهک

تاثیر تغییر pH بر انعقاد در غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر

مشابه قبل با انجام آزمایش به وسیله آهک با غلظت ۶۰۰ میلی- گرم در لیتر، مشاهده شد که در  $pH=6$  کمترین میزان جامدات معلق به دست می آید. نتایج در شکل ۴ نشان داده شده است.

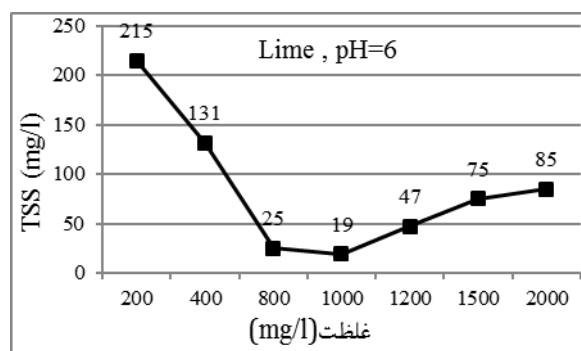


شکل ۴- اثر تغییر pH بر مواد جامد معلق در غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر آهک

تاثیر تغییر غلظت آهک بر انعقاد در  $pH=6$ 

غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر آهک، کمترین میزان جامدات معلق به دست می آید (شکل ۵).

به ازای غلظت های مختلف آهک، در  $pH=6$ ، جامدات معلق موجود در نمونه فاضلاب اندازه گیری گردید و مشاهده شد که در

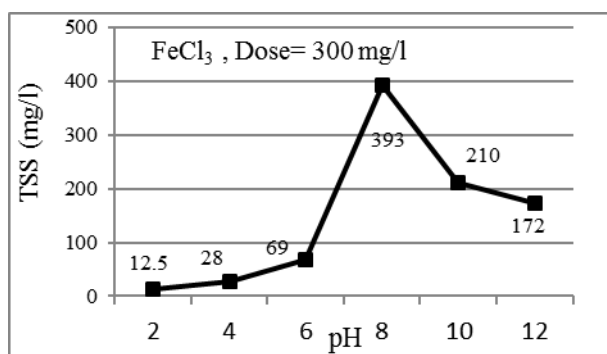
شکل ۵- اثر تغییر غلظت آهک بر کل مواد جامد معلق در  $pH$  بهینه

استفاده از کلرید آهن

تاثیر تغییر pH بر انعقاد در غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر

گیری و مشاهده شد که در  $pH$  های ۲ و ۴ کمترین میزان جامدات معلق به دست می آید. نتایج در شکل ۶ که غلظت مواد معلق را بر حسب  $pH$  رسم شده نشان داده شده است.

پس از انجام آزمایش جارتست به وسیله کلروفریک با غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر، جامدات معلق موجود در نمونه فاضلاب اندازه-

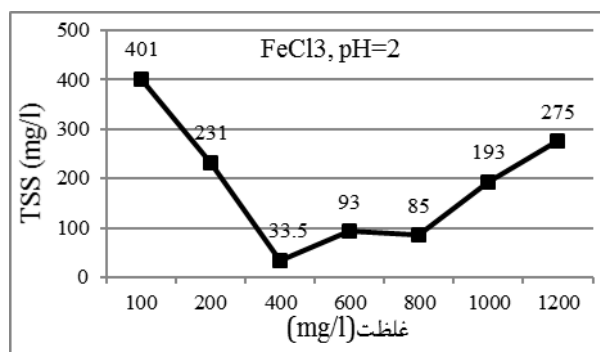


شکل ۶- اثر تغییر pH بر مواد جامد معلق در غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر کلرید آهن

#### تاثیر غلظت کلرید آهن بر انعقاد در pH=۲

میلی گرم در لیتر، میزان جامدات معلق برابر ۳۳/۵ میلی گرم در لیتر می باشد. نتایج در شکل ۷ مشاهده می شود.

پس از انجام آزمایش جارتست بوسیله کلورفریک در pH بهینه ۲ به ازای غلظت های مختلف کلورفریک، جامدات معلق موجود در نمونه فاضلاب اندازه گیری شده و مشاهده شد که در غلظت ۴۰۰

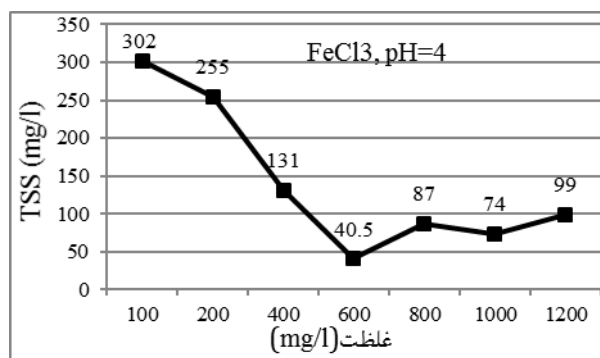


شکل ۷- اثر تغییر غلظت کلرید آهن بر کل مواد جامد معلق در pH=۲

#### تاثیر غلظت کلرید آهن بر انعقاد در pH=۴

گیری گردیده که مقدار آن در غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر، حداقل بوده است (شکل ۸).

جامدات معلق موجود در نمونه فاضلاب در pH=۴ اندازه



شکل ۸- اثر تغییر غلظت کلرید آهن بر کل مواد جامد معلق در pH=۴



## استفاده از سولفات آهن

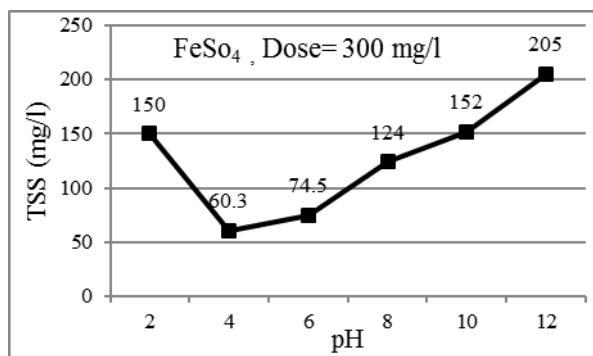
## تاثیر تغییر pH بر انعقاد در غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر

پس از انجام آزمایش جارتست به وسیله سولفات آهن با

غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر، جامدات معلق موجود در نمونه فاضلاب

اندازه گیری گردیده و مشاهده شد که در  $\text{pH}=4$  کمترین میزان

جامدات معلق به دست می آید (شکل ۹).



شکل ۹- اثر تغییر pH بر مواد جامد معلق در غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر سولفات آهن

تاثیر غلظت سولفات آهن بر انعقاد در  $\text{pH}=4$ 

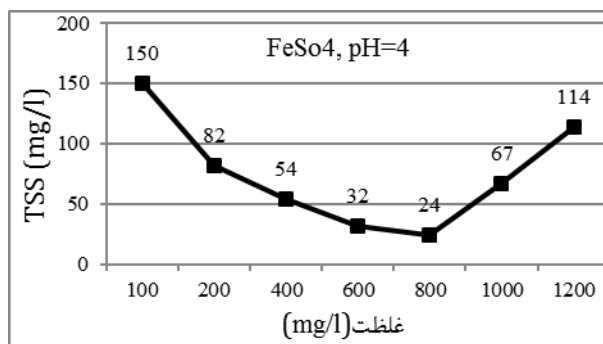
پس از انجام آزمایش جارتست به وسیله سولفات آهن در  $\text{pH}=4$

به ازای غلظت های مختلف سولفات آهن، جامدات معلق موجود در

نمونه فاضلاب اندازه گیری گردید و مشاهده شد که در غلظت ۸۰۰

میلی گرم در لیتر، میزان جامدات معلق ۲۴ میلی گرم در لیتر به دست

می آید که کمترین میزان ممکن می باشد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- اثر تغییر غلظت سولفات آهن بر کل مواد جامد معلق در  $\text{pH}=4$

## استفاده از باریم کلراید

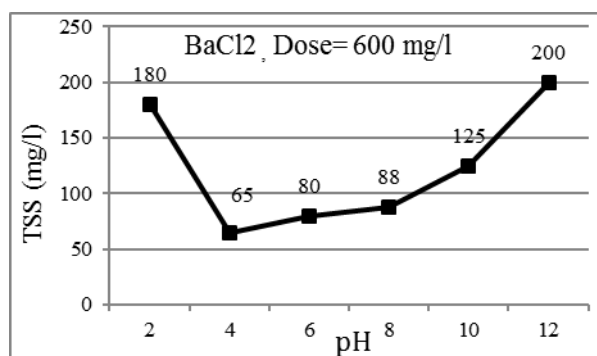
## تاثیر تغییر pH بر انعقاد در غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر

پس از انجام آزمایش جارتست به وسیله باریم کلراید با غلظت

۶۰۰ میلی گرم در لیتر، جامدات معلق موجود در نمونه

فاضلاب اندازه گیری و مشاهده شد که در  $\text{pH}=4$  کمترین میزان

جامدات معلق به دست می آید. نتایج در شکل ۱۱ مشاهده می شود.

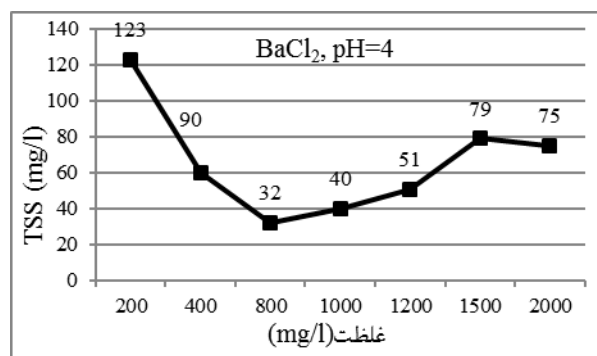


شکل ۱۱- اثر تغییر pH بر مواد جامد معلق در غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر باریم کلراید

#### تاثیر غلظت باریم کلراید بر انعقاد در pH=۴

نمونه فاضلاب اندازه گیری گردید و مشاهده شد که در غلظت ۸۰۰ میلی گرم در لیتر، میزان جامدات معلق

پس از انجام آزمایش جارتست به وسیله باریم کلراید در pH=۴، به ازای غلظت های مختلف باریم کلراید، جامدات معلق موجود در ۳۲ میلی گرم در لیتر به دست می آید که کمترین مقدار می باشد (شکل ۱۲).



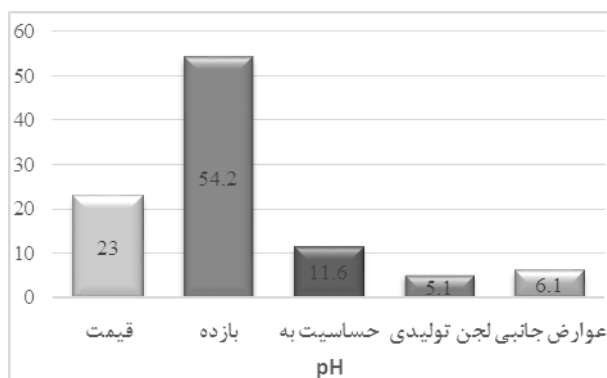
شکل ۱۲- اثر تغییر غلظت باریم کلراید بر کل مواد جامد معلق در pH=۴

در بالا نسبت به یکدیگر با نظر کارشناسان فن تعیین و به نرم افزار داده شده است. در این مطالعه پرسشنامه های تدوین شده توسط پنج نفر از بهره برداران تصفیه خانه تکمیل گردیده و از این نظرات میانگین گیری شده و به اعدادی نزدیک با ناسازگاری کم تر گرد شد. شکل ۱۳ میزان اهمیت عوامل موثر در انتخاب منعقدکننده بهینه با نظر بهره برداران را نشان می دهد. در مرحله بعد باید امتیاز هر کدام از این عوامل را برای منعقدکننده های مورد استفاده تعیین نماییم. بدین صورت که امتیاز عوامل بازده و حساسیت به تغییرات pH با توجه به نتایج آزمایش ها، قیمت منعقدکننده ها با توجه به اطلاعات موجود در بازار و میزان مورد نیاز از هر کدام از منعقدکننده ها و عوارض جانبی و میزان لجن تولیدی با توجه به نظر کارشناسان و بهره برداران تصفیه-خانه تعیین می گردد.

جدول ۵ خلاصه نتایج عمل انعقاد روی نمونه فاضلاب برای مواد منعقدکننده مورد نظر را نشان می دهد. میزان درصد کاهش جامدات معلق بر اساس جامدات معلق میانگین نمونه های اندازه گیری شده محاسبه شده است.

#### انتخاب منعقدکننده بهینه

پس از دست یافتن به نتایج آزمایشگاهی جهت انتخاب بهترین منعقدکننده، با لحاظ کردن عواملی از جمله بازده، قیمت منعقدکننده ها، میزان حساسیت به تغییرات pH، عوارض جانبی و میزان لجن تولیدی از سیستم تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. برای این منظور از نرم افزار Expert choice بهره گرفته شده است. نحوه کار این گونه است که میزان اهمیت هر یک از عوامل ذکر شده



شکل ۱۳- میزان اهمیت عوامل موثر در انتخاب منعقدکننده بهینه با نظر بهره‌برداران

ذکر شده (ارزان بودن، بازده حذف مواد جامد معلق، میزان حساسیت به تغییرات pH، میزان لجن تولیدی کم‌تر و عوارض جانبی) به عنوان بهترین ماده منعقدکننده جهت تصفیه اولیه پساب کارخانه نساجی مازندران قابل انتخاب است.

پس از انجام آزمایش با منعقدکننده برتر (آهک)، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی و رنگ فاضلاب به ترتیب ۶۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و ۴۲ واحد رنگ حاصل شده و در نتیجه میزان درصد حذف اکسیژن خواهی شیمیایی، ۳۵٪ و درصد حذف رنگ ۷۰٪ به دست آمد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، از یک سو به این دلیل که اکسیژن خواهی شیمیایی خروجی شرایط استاندارد محیط زیست را احراز نمی‌کند و از سوی دیگر وجود فلزات سنگین باعث کاهش حذف اکسیژن خواهی شیمیایی می‌گردد، از این روش تنها می‌توان به عنوان تصفیه اولیه کارخانه نساجی مازندران بهره برد. جدول ۷ مقایسه نتیجه این آزمایش‌ها با کارهای مشابه صورت گرفته توسط دیگر محققان را نشان می‌دهد که بیانگر مطابقت نتایج این مطالعه با سایر کارهای انجام یافته در این زمینه در جهان می‌باشد. البته باید به این مسئله نیز واقف بود که مطالعات پیشین ممکن است به وسیله مواد منعقدکننده دیگری انجام گرفته باشد و از طرفی مواد اولیه مورد استفاده در کارخانه‌های نساجی مختلف، متفاوت می‌باشد. بنابراین این موارد امکان مقایسه منطقی نتایج را سلب می‌نماید. با توجه به استانداردهای سازمان محیط زیست مشاهده می‌گردد که میزان رنگ خروجی از حوض انعقاد و لخته‌سازی میزانی بسیار مطلوب بوده و در مورد اکسیژن خواهی شیمیایی نیز باید اذعان داشت با توجه به تغییر یافتن این پارامتر در سایر فرآیندهای تصفیه نمی‌توان اکسیژن خواهی شیمیایی خروجی از حوض انعقاد را ملاک ارزیابی قرار داد.

به عنوان مثال جهت امتیازدهی منعقدکننده‌های مختلف با توجه به پارامتر اقتصادی بودن با استفاده از قیمت‌های بازار و میزان مورد استفاده از هر کدام از منعقدکننده‌ها با نظر بهره‌برداران به روشی که در شکل ۲ ملاحظه شد، به جدول ۶ دست یافته و از آن به عنوان ورودی نرم‌افزار استفاده شده است.

پس از وارد نمودن تمامی داده‌ها و انجام تحلیل سلسله‌مراتبی توسط نرم‌افزار، خروجی‌های مورد نظر قابل دسترسی خواهند بود. یکی از این خروجی‌ها پنجره مقایسه سربسر منعقدکننده‌های مختلف می‌باشد. در این پنجره میزان برتری دو منعقدکننده نسبت به هم با توجه به عوامل ارزان بودن، بازده بالاتر، حساسیت کم‌تر نسبت به تغییرات pH، لجن تولیدی کم‌تر و عوارض جانبی کم‌تر نمایش داده شده است. شکل‌های ۱۴ تا ۲۰ نمونه‌هایی از پنجره مقایسه سربسر منعقدکننده‌های مختلف را نسبت به عوامل تعیین شده نشان می‌دهد. به عنوان مثال در شکل ۱۴ که مقایسه سربسر آلوم و آهک را نشان می‌دهد، مشاهده می‌گردد که از جنبه‌های بازده، اقتصادی بودن و تولید لجن کم‌تر، آهک برتری محسوسی نسبت به آلوم دارا می‌باشد.

شکل ۲۱ پنجره آنالیز نهایی به همراه مقدار عددی ناسازگاری را نشان می‌دهد. در این جا عددی ناسازگاری برابر ۰/۰۴ بوده که نمایانگر منطقی بودن داده‌های ورودی به نرم‌افزار می‌باشد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود نمودار میله‌ای شکل ۲۱ میزان اهمیت نسبی متغیرهای مختلف (در اینجا منعقدکننده‌ها)، را با بیان یک وزن برای هر کدام از آن‌ها نشان می‌دهد.

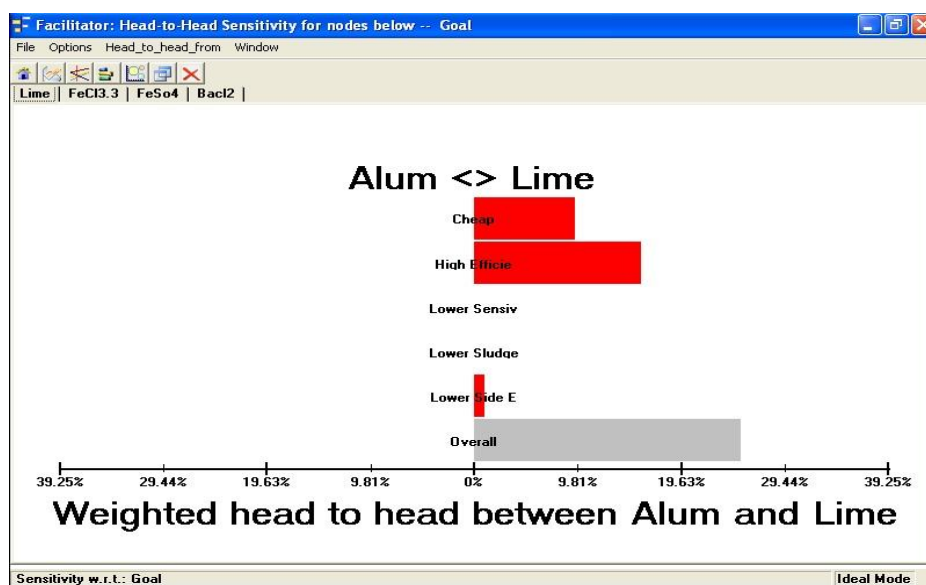
با توجه به این اولویت‌بندی عوامل مختلف موثر بر انتخاب منعقدکننده بهینه (شکل ۱۳)، همان‌طور که در شکل ۲۱ مشاهده می‌شود، آهک با وزن ۴۶/۶٪، با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای

جدول ۵- خلاصه نتایج عمل انعقاد بر روی نمونه فاضلاب

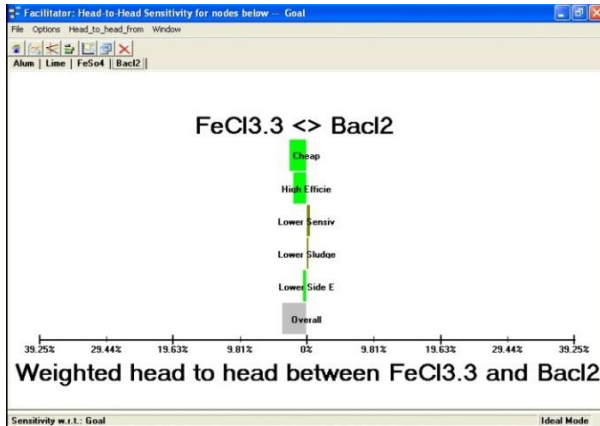
نام ماده منعقد کننده	pH مناسب	مقدار بهینه (mg/l)	حداقل جامدات معلق بدست آمده (mg/l)	درصد کاهش جامدات معلق (%)
آلوم	۶	۱۲۰۰	۲۴	۹۱
آهک	۶	۱۰۰۰	۱۹	۹۲/۹
FeCl <sub>3</sub> (کلرید آهن ۳)	۲	۴۰۰	۳۳/۵	۸۷/۵
FeCl <sub>3</sub> (کلرید آهن ۳)	۴	۶۰۰	۴۰/۵	۸۵
FeSO <sub>4</sub> (سولفات آهن ۲)	۴	۸۰۰	۲۴	۹۱/۱
BaCl <sub>2</sub> (باریم کلراید)	۴	۸۰۰	۳۲	۸۸/۱۴

جدول ۶- مقایسه زوجی اجزا بر اساس معیار ارزان بودن

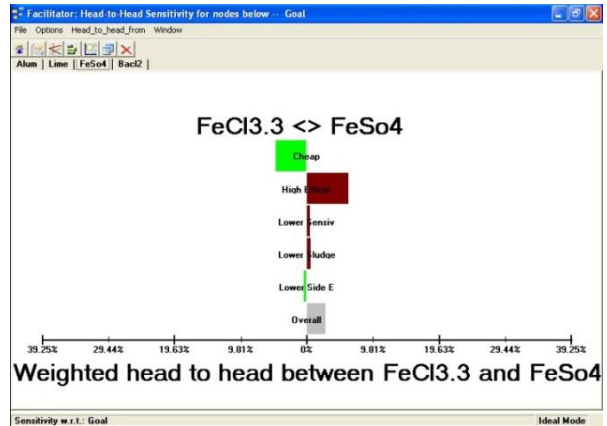
منعقد کننده	آلوم	آهک	کلرید آهن	سولفات آهن	باریم کلراید
آلوم	۱	۱/۵	۱/۳	۳	۱/۲
آهک	-	۱	۳	۹	۵
کلرید آهن	-	-	۱	۵	۳
سولفات آهن	-	-	-	۱	۱/۵
باریم کلراید	-	-	-	-	۱



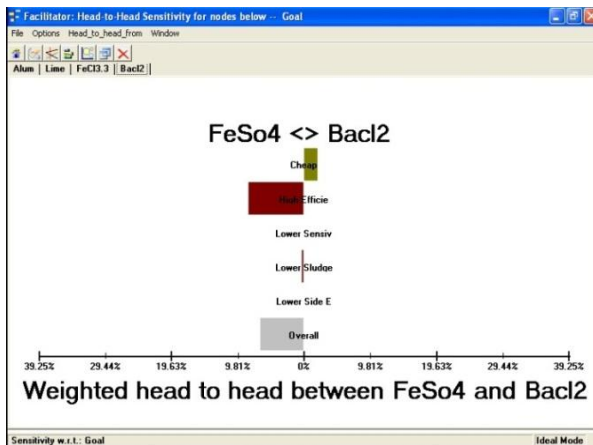
شکل ۱۴- پنجره مقایسه سربه سر آلوم و آهک



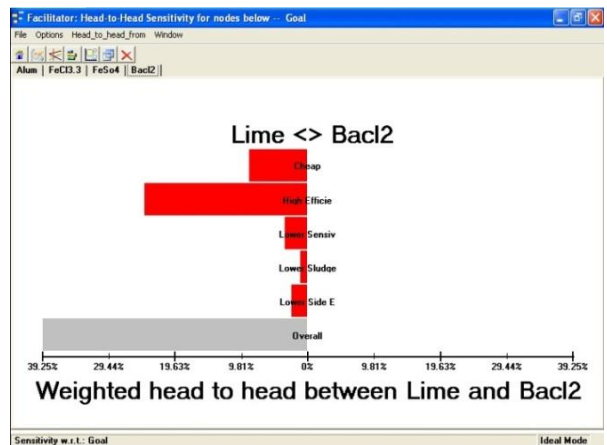
شکل ۱۶ - پنجره مقایسه سربه سر کلرید آهن و باریم کلراید



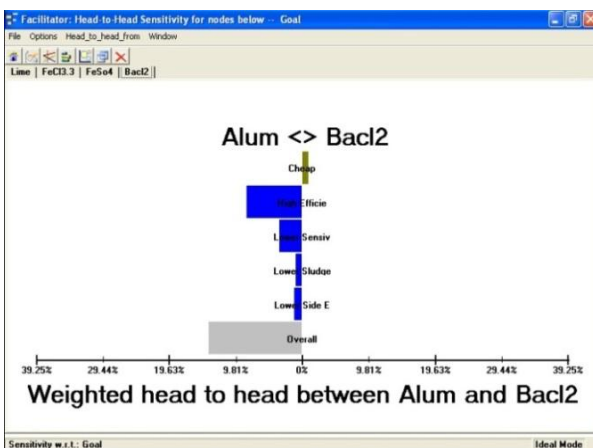
شکل ۱۵ - پنجره مقایسه سربه سر کلرید آهن و سولفات آهن



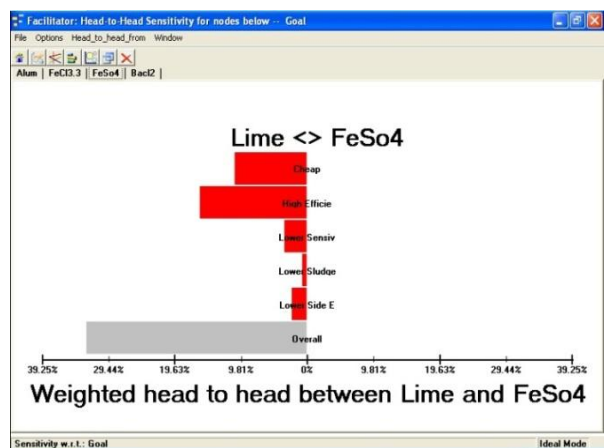
شکل ۱۸ - پنجره مقایسه سربه سر سولفات آهن و باریم کلراید



شکل ۱۷ - پنجره مقایسه سربه سر آلوم و باریم کلراید



شکل ۲۰ - پنجره مقایسه سربه سر آلوم و باریم کلراید



شکل ۱۹ - پنجره مقایسه سربه سر آلوم و سولفات آهن

جدول ۷- مقایسه نتایج انعقاد به وسیله آهک با تحقیقات صورت گرفته در جهان

مرجع	ملاحظات	ماده منعقد کننده	غلظت مصرفی (mg/l)	پارامتر	درصد کاهش
نتایج حاصل از این مطالعه	دارای زمان ماند حوضچه انعقاد ۱ دقیقه و چرخش ۱۰۰ دور بر دقیقه و زمان ماند حوضچه لخته سازی ۱۵ دقیقه و چرخش ۳۰ دور بر دقیقه و زمان ماند ته نشینی ۳۰ دقیقه	آهک	۱۰۰۰	اکسیژن خواهی شیمیایی	۳۵
				مواد معلق	۹۲/۹
				رنگ	۷۰
(2013) Muhammad (۲۱)		پلی آلومینیوم کلراید	۱۰۰۰	اکسیژن خواهی شیمیایی	۷۶
				مواد معلق	۹۵
				رنگ	۹۵
(2010) Gohary		آلوم	۷۰۰	اکسیژن خواهی شیمیایی	$3/2 \pm 77/5$
(2009) Gohary		آهک	۲۰۰	اکسیژن خواهی شیمیایی	۵۰
				رنگ	۵۰
Kumar (2007)	نتیجه بهینه در $pH = 8$ به دست آمد	آلوم	۵۰۰۰	اکسیژن خواهی شیمیایی	۶۶/۸۵
				رنگ	۷۱/۴
Seleuk (2005)		آلوم	۱۵۰۰	رنگ	۵۰-۶۰
		سولفات آهن و ازن	۱۰۰۰	اکسیژن خواهی شیمیایی	۶۰
مهدوی (۱۳۶۷)	نتیجه بهینه در $pH = 8/5$ به دست آمد	کلرید آهن	۶۰	کدورت	۶۳
مهدوی (۱۳۶۷)	نتیجه بهینه در $pH = 7$ به دست آمد	آلوم	۱۲۰	کدورت	۸۳
(1976) Shelley		آلوم	۵۰۰	اکسیژن خواهی شیمیایی	۵۴-۶۹
		آهک	۱۰۰۰	رنگ	۷۲-۸۷
Jorgenson (1974)		آلوم و تبادل یونی	۸۰	رنگ	۶۹

## Synthesis with respect to: Goal

Overall Inconsistency = .04



شکل ۲۱- پنجره آنالیز نهایی

### بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از انجام آزمایش جار بر روی فاضلاب کارخانه نساجی مازندران، تحت شرایط مختلف pH و غلظت‌های متفاوت منعقدکننده‌های آلوم، آهک، کلرور فریک، سولفات آهن و باریوم کلراید، میزان بازده هر یک از منعقدکننده‌ها برآورد گردید. سپس با استفاده از سیستم تحلیل سلسله‌مراتبی و با در نظر گرفتن معیارهای اقتصادی، راندمان، حساسیت به تغییرات pH، تولید لجن کمتر و عوارض جانبی، آهک به عنوان ماده منعقد کننده بهینه انتخاب گردید. کارخانه نساجی مازندران به طور متوسط، روزانه ۳۵۰ متر مکعب فاضلاب تولید کرده (در یک شیفت کاری ۸ ساعته)، که سهم فاضلاب خروجی از فرآیندهای مختلف تولید تقریباً، ۲۵ متر مکعب در ساعت و سهم فاضلاب‌های بهداشتی و سطحی، در حدود ۱۴ متر مکعب در ساعت می‌باشد. نتایج پایش فاضلاب این کارخانه نشان داد که محدوده‌ی تغییرات اکسیژن‌خواهی شیمیایی، بین ۷۵۰ تا ۱۱۵۸ میلی‌گرم بر لیتر، اکسیژن‌خواهی زیست‌شیمیایی، ۴۳۳-۳۵۵ میلی‌گرم بر لیتر، کل جامدات معلق ۳۱۰-۲۱۳ میلی‌گرم بر لیتر و رنگ ۱۵۵-۱۲۹ (واحد رنگ) بوده است.

پس از انجام تحلیل سلسله‌مراتبی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice، آهک به عنوان منعقدکننده بهینه، با در نظر گرفتن تمامی عوامل ذکر شده، انتخاب گردید.

بر اساس آزمایش‌های جار صورت‌گرفته، آهک در pH=۶ دارای بالاترین درصد حذف بوده و در این pH و غلظت بهینه‌ی ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، درصد حذف جامدات معلق به ۹۲٪ رسیده است. با انتخاب آهک به عنوان منعقدکننده، میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی و رنگ فاضلاب به ترتیب ۶۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و ۴۲ واحد رنگ کاهش یافته، که بیانگر ۳۵ درصد حذف اکسیژن‌خواهی شیمیایی و ۷۰ درصد حذف رنگ می‌باشد. این مقدار در مقایسه با سایر تحقیقات، مقداری قابل قبول می‌باشد.

### منابع

۱. مهدوی، علی، ۱۳۶۷، بررسی کمی و کیفی فاضلاب کارخانه نساجی مازندران و ارائه راه حل تصفیه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
2. Hajkowicz, S., Young, M., Wheeler, S., MacDonald, D., and Young, D., 2000. Supporting decisions: Understanding natural resource management assessment techniques, CSIRO Land and Water.
3. Saaty, T.L., 1980. The analytic hierarchy process: Planning, Priority setting, resource allocation, 1<sup>st</sup> Ed., McGraw – Hill, New York.
4. Jorgenson, S.V., 1974. Recirculation of wastewater from the textile industry possible when combined precipitation and ion exchange treatment is used, Vatten, pp. 394-396.
5. Rinker, T., Stargent, L., 1974. Activated sludge and alum coagulation treatment of textile wastewater, Proceeding 29th Purdue industrial wastewater conference, pp.456-471.
6. Murakami, K., 1978. Removal of color from municipal sewage Containing textile wastewater, Sixth US/Japan conference.
7. Damas, B.S., Iborra-Clar, M.I., Bes-Pia, A., Alcaina-Miranda, M.I., Menda-Roca, J.A., and Iborra-Clar, A., 2005. Study of preozonation influence on the physical - chemical treatment of textile wastewater, Desalination, Vol. 182, pp. 267-274.
8. Bayramoglu, M., Eyvaz, M., and Kobya, M., 2007. Treatment of the textile wastewater by electrocoagulation Economical evaluation, Chemical

- Annual Book of ASTM Standards, vol. 11.02.
16. Saaty, T.L., 2000. Fundamentals of decision making and priority theory, 2<sup>nd</sup> Ed., PA: RWS pub., Pittsburgh. Journal, Vol. 128, pp. 155-161
  17. Mahmoodzadeh, S., Shahrabi, J., Pariazar, M., and Zaeri, M.S., 2007. Project selection by using fuzzy AHP and TOPSIS technique, International J. of Human and Social Sciences, Vol. 30, pp. 333-338.
  18. Lee, A.H.I., Chen, W.C., and Chang, C.J., 2008. A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan, Expert Systems with Applications, Vol. 34, pp. 96-107.
۱۹. توفیق، ف.، ۱۳۷۲، ارزشیابی چندمعیاری در طرح‌ریزی کالبدی، آبادی، شماره ۱۱، ۴۰-۴۳.
۲۰. زبردست، ا.، ۱۳۸۰، کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۰، ۱۳-۲۱.
21. Partovi, F.Y., 1994. Determining what to benchmark: An analytic hierchy process approach, Int. J. of Operations and Production Management, Vol. 14(6), pp. 25-39.
  22. نیکمردان، ع.، ۱۳۸۶، معرفی نرم‌افزار Expert choice11، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ اول.
  23. Irfan, M., Butta, T., Imtiaza, N., Abbas, N., Ahmad Khan, A., Shafique, A., 2013. The removal of COD, TSS and colour of black liquor by coagulation-flocculation process at optimized pH, settling and dosing rate', Arabian Journal of Chemistry, In Press, Available online 23 August 2013.
  - Engineering Journal, Vol. 128, pp. 155-161.
  9. Kumar, P.B., Prasad, I.M., Mishra, Shri Chand, 2007. Decolorization and COD reduction of dyeing wastewater from a cotton textile mill using thermolysis and coagulation, Journal of Hazardous Materials, Vol. 153, pp. 635-645.
  10. Bidhendi, N.G., Torbian, A., Ehsani, H, Razmkhah, N., and Abbasi, M., 2007. "Evaluation of industrial dyeing wastewater treatment with coagulants", International journal of environmental research, Vol. 1(3), pp. 242-247.
  11. Gohary, F., and Tawfik, A., 2009. "Decolorization and reduction of disperse and reactive dyes wastewater chemical - coagulation followed by sequential batch reactor (SBR) process", Desalination, Vol. 249, pp. 1159-1164.
  12. Gohary, F., Tawfik, A., and Mahmoud, V, 2010. Comparative study between chemical coagulation/ precipitation versus coagulation/ dissolved air floatation for pretreatment of personal care products wastewater, Desalination, Vol. 252, pp. 106-112.
۱۳. داوودی، م.، ۱۳۸۹. استفاده از منعقدکننده‌ها در تصفیه اولیه فاضلاب کارخانه نساجی مازندران با استفاده از جارتست، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی.
14. APHA, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (18th ed.) American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution and Control Federation, Washington, D.C.
  15. ASTM, 1995. Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water E1-1994 R (1995). D 2035-80.



## Coagulation selection optimization for primary treatment of Mazandran textile waste treatment using Jar test and Analytic hierarchy process (AHP)

Gholamreza Assadollah Fardi<sup>1</sup> (Corresponding Author)

[Assdollahfardi@yahoo.com](mailto:Assdollahfardi@yahoo.com)

Hossein Zangoeei<sup>2</sup>

Mostafa Davoodi<sup>3</sup>

Saber Moradinejad<sup>3</sup>

### Abstract

**Introduction:** The textile industry is one of the industry, which its wastewater includes different pollutants. Therefore, conventional treatment are not able to treat all of the pollutants. Using chemical coagulation may be suitable for removal of Total Suspended Solids (TSS) as a primary treatment.

**Material and Methods:** In this study, after monitoring the effluent of wastewater treatment of Mazandran textile factory, which it discharges to the river without treatment .Jar test was applied using alum, calcium oxide, ferrous sulfate, ferrous chloride and barium chloride, and the maximum amount of TSS removal with changing pH was studied.

**Results:** In addition to the types of coagulation, a few other parameters such as coagulation cost, sensitivity to pH changing, the amount of sludge generation and side effects are effective for selection of coagulation. Hence, for achievement of optimized selection the AHP was applied using Expert choice software considering the important effective parameters in making decision and also used the score of each parameter considering the related expert's opinion which the questionnaires was completed by them.

**Discussion:** The results of Jar test and the AHP indicated that the calcium oxide is the best selection for TSS reduction in wastewater treatment of Mazandran textile factory. Also the Jar test results indicated 70 percent dye removal and 30 percent removal of COD using calcium oxide as a coagulant.

**Keywords:** Mazandran Textile factory, Jar test,

---

1- Assoc. Prof. of civil Eng., Dept. of Eng., Kharazmi Uiversity, Tehran, Iran.

2- Young Researchers and Elite Club, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3- Graduate student Dept. of civil Eng., Kharazmi Uiversity, Tehran, Iran.