

کاربرد روش شناسی سطح پاسخ برای مقایسه کارایی سیستم های نيزار مصنوعي و هوادهي گسترده در حذف مواد آلي از فاضلاب شهري

رضا شکوهي^۱، عبدالله درگاهي^{۲*}، امير کرمي^۳، ميترا محمدي^۴

۱. دانشيار گروه مهندسي بهداشت محيط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ايران
۲. مرکز پژوهش دانشجویان، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ايران
۳. مرکز پژوهش دانشجویان، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ايران
۴. گروه مهندسي بهداشت محيط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ايران

مشخصات مقاله	چکیده
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۷	مقدمه: مواد آلی یکی از مهم ترین خصوصیات کیفی خروجی از تصفیه خانه است. هدف این مطالعه مقایسه کارایی سیستم های نيزار مصنوعي و لجن فعال از نوع هوادهي گسترده در حذف مواد آلي از فاضلاب شهري بر اساس روش سطح پاسخ بود.
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۲۶	روش کار: در این مطالعه تجربی در مجموع ۱۰۰ نمونه به صورت مرکب برداشت گردید. پارامترهای BOD، COD و کل جامدات معلق با توجه به نوع سیستم تصفیه و زمان راهبری سنجش شد. کلیه مراحل نمونه-برداری، انتقال نمونه، ذخیره سازی و اندازه گیری مطابق روش های استاندارد آب و فاضلاب انجام شد. طراحی آزمایش ها، تعیین مدل و معادله حذف مواد آلی و نیز تعیین نقطه بهینه سیستم با استفاده از روش سطح پاسخ انجام شد.
واژگان کلیدی	یافته ها: بیشترین میزان حذف BOD، COD و TSS در نيزار مصنوعي به ترتیب ۹۵/۶۷٪، ۹۳/۴٪ و ۸۷/۴۱٪ و در هوادهي گسترده به ترتیب ۶۵/۱۰۹۷٪ و ۸۰/۲٪ در فصل تابستان به دست آمد. کارایی سیستم هوادهي گسترده در حذف تمامی پارامترها در تمام فصول مورد بررسی بیشتر از سیستم نيزار مصنوعي بود. ضریب همبستگی ۰/۸۹-۰/۸۰ تأییدکننده تأثیر زمان راهبری بر کارایی سیستم های تصفیه بود. مقادیر صحت و دقت در نيزار مصنوعي، ۱۷/۶۵ - ۱۲/۶۴ و در هوادهي گستره، ۱۶/۰۱-۱۹/۳۷ حاصل شد. مدل حاکم بر نيزار مصنوعي و هوادهي گسترده از نوع خطی بود.
نویسنده مسئول	نتیجه گیری: کارایی سیستم هوادهي گسترده در صورت راهبری مطلوب بیشتر از نيزار مصنوعي است. روش طراحی سطح پاسخ به خوبی از عهده تفسیر کارایی نيزار مصنوعي و هوادهي گسترده در حذف مواد آلي فاضلاب شهري برمی آید.
عبدالله درگاهی، مرکز پژوهش دانشجویان، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. تلفن: ۰۹۱۴۱۵۹۷۶۰۷ ایمیل: a.dargahi29@yahoo.com	

مقدمه

عوامل آلوده کننده زیست محیطی شناخته شده و چنانچه پساب خروجی حاوی برگ خریدهای آلاینده ای باشد که غلظت آن ها بیشتر از استاندارد دفع باشد، آثار سوء ناشی از آن به صورت تهدید در سلامت محیط زیست پذیرنده ظاهر می شود [۲]. مهم ترین اهداف از احداث سامانه های تصفیه ی فاضلاب شامل حفظ بهداشت همگان، حفاظت محیط زیست و جلوگیری از آلودگی منابع آب و استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی و صنعت است [۳]. تأسیس تصفیه خانه های تصفیه فاضلاب به تنهایی نگرانی های زیست محیطی را برطرف نمی کند بلکه برای رسیدن به استانداردهای مطلوب زیست محیطی باید عملکرد این تصفیه خانه ها مدام تحت بررسی و ارزیابی قرار گیرند [۴].

پساب های تولید شده در بخش های مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی به عنوان یکی از مخاطرات مهم بهداشتی و زیست محیطی در جوامع مختلف تلقی می شدند. اما امروزه، افزایش روزافزون جمعیت و نیاز غذایی بشر و فشار بیش از حد به منابع آب شیرین و پاک سبب شده تا به پساب ها به عنوان یکی از منابع آب نامتعارف و جدید نگریسته شده و تلاش ها برای بازیافت و استفاده مجدد از آن ها در مصارف مختلف رو به افزایش باشد. این امر در مناطق خشک و نیمه خشکی مانند کشور ایران که با تغییرات اقلیمی و کمبود بارش مواجه هستند ضروری تر به نظر می رسد [۱]. فاضلاب ها به عنوان یکی از مهم ترین

کبا و همکاران در سال ۱۳۹۲ بر روی کارایی نیزار مصنوعی در حذف مواد آلی از فاضلاب شهری انجام داده بودند، نتایج نشان داد که این تصفیه‌خانه فاضلاب در حذف مواد آلی دارای متوسط راندمان حذف برای BOD و COD به ترتیب ۶۶/۷۸ و ۷۱/۷۷ درصد بوده است. همچنین بهترین راندمان و پایین ترین غلظت خروجی در فصل گرم و پایین ترین راندمان و بالاترین غلظت خروجی در فصل سرد به دست آمد [۱۳]. روش سطح-پاسخ (RSM) روشی کارا برای آنالیز و مدل سازی اثر متغیرهای مختلف بر روی پاسخ و نیز بهینه سازی فرایند است که به طور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرد [۱۴]. در روش سطح-پاسخ، پاسخ ها به سادگی توسط مدل های مختلف مطابق با عوامل انتخابی ارتباط داده می شوند [۱۵]. در کشورهای کم درآمد و با درآمد متوسط برخلاف کشورهای صنعتی مشکلات زیادی در مورد تأمین آب و مدیریت فاضلاب تولیدی وجود دارد. جمع آوری، تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب باعث حفاظت از محیط زیست، بهداشت عمومی و ایجاد رفاه در جامعه می شود. با توجه به اهمیت دفع بهداشتی فاضلاب و استفاده سالم و مطمئن از پساب تصفیه شده برای مصارف مختلف به ویژه آبیاری، تعیین و ارزیابی راندمان تصفیه خانه ها، این تحقیق با هدف بررسی کارایی سیستم های مختلف نیزار مصنوعی و هوادهی گسترده در حذف مواد آلی با تکیه بر روش طراحی سطح پاسخ انجام گردید.

روش کار

این مطالعه از نوع تجربی بود که از تابستان تا زمستان ۱۳۹۴ به منظور مقایسه کارایی سیستم های نیزار مصنوعی و هوادهی گسترده موجود در تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه انجام شد. جامعه مورد بررسی فاضلاب ورودی و خروجی از سیستم های تصفیه نیزار مصنوعی و هوادهی گسترده موجود در تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه است. نمونه برداری به صورت مرکب با دوره هفتگی از ورودی و خروجی تصفیه خانه ها انجام گرفت. طراحی آماری آزمایش ها و تحلیل داده ها با نرم افزار طراحی آزمایش ها و روش سطح-پاسخ استاندارد تحت عنوان طراحی ترکیب مرکزی (CCD) برای مطالعه، از دو فاکتور مختلف: فصل راهبری (A) و ماه راهبری (B) استفاده شد. متوسط دمای حاکم بر تصفیه خانه ها بین ۲۴ تا ۳۲ درجه سانتی گراد بر روی سه پاسخ فرایند (راندمان حذف، BOD_5 (Biochemocal, COD (Chemocal Oxygen Demand) و Oxygen Demand (TSS (Total Suspended Solid)) مطالعه شد. مقادیر فاکتورها در سه سطح حداقل (-)، متوسط (۰) و حداکثر (+) مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). بر اساس نرم افزار، ۱۳ آزمایش (شامل ۴ نقطه متغیر، ۴ نقطه محوری، ۱ نقطه مرکزی و ۴ نقطه تکراری در مرکز) طراحی شد [۱۵]. داده های آزمایشگاهی به دست آمده با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه، مقادیر بهینه حذف، معادلات رگرسیون چند جمله ای، اعتبارسنجی آزمایش ها و رسم نمودارهای سه بعدی تجزیه تحلیل شد. در این مطالعه نمونه برداری ترکیبی به صورت هفتگی انجام شد. نمونه ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و جهت حفظ خصوصیات شیمیایی در دمای یخچال ۴-۲ درجه سانتی گراد نگهداری گردیدند. کلیه مراحل نمونه برداری، انتقال نمونه و آنالیز آزمایشگاهی مطابق روش های استاندارد برای آزمایش ها آب و فاضلاب انجام شد [۱۶]. تمامی مواد شیمیایی و معرف ها با کیفیت پایه آزمایشگاهی با درجه خلوص ۹۹/۹۹ درصد از شرکت مارس، آلمان، خریداری شدند. جهت تهیه محلول های استاندارد از آب مقطر دو بار تقطیر تهیه شده در آزمایشگاه استفاده گردید.

از جمله پارامترهای که برای ارزیابی عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب باید مورد توجه قرار گیرد میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و کل جامدات معلق است [۵]. به طور کلی دستگاه های تصفیه فاضلاب شامل دستگاه های تصفیه مکانیکی و طبیعی است که می توان از آن ها برای تصفیه انواع فاضلاب ها استفاده نمود. آنچه در این زمینه حائز اهمیت است انتخاب فناوری مناسب با توجه به مشخصات فاضلاب، وضعیت آب و هوایی، وضعیت اقتصادی منطقه و منابع مالی موجود، بزرگی و کوچکی پروژه، استانداردهای زیست محیطی، وضعیت منابع انسانی متخصص، وضعیت توپوگرافی منطقه، قابلیت های اجرایی، نحوه بهره برداری و نگهداری، نوع منابع پذیرنده پساب تصفیه شده، سطح آب های زیرزمینی، میزان زمین در دسترس، عمر طرح، جنس زمین، هزینه های سرمایه گذاری اولیه، نرخ تورم، نرخ بهره بانکی، وضعیت توسعه منطقه، شرایط گردشگری و فرهنگی، پتانسیل های بالقوه منطقه، شرایط رفاهی و بهداشتی، مسائل سیاسی، امنیتی و اجتماعی هر منطقه است که استفاده از روش مورد نظر را ممکن می سازد. در چنین شرایطی روش های آسان، ارزان و کارآمد پالایش پساب آلوده که فاقد تبعات اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی باشند از اهمیت دوچندان برخوردار می گردند و زمینه را برای تلاش پژوهشگران فراهم می سازند [۶]. فرآیندهای مختلف بیولوژیکی برای حذف یا کاهش مواد آلاینده فاضلاب وجود دارد که هر کدام از آن ها دارای مزایا و معایب خاص خود می باشند. اما در میان دستگاه های مختلف تصفیه، سیستم متداول، فرایند لجن فعال است که با وجود نیاز به تجهیزات مکانیکی و الکتریکی و صرف انرژی، یکی از بهترین و کارآمدترین فرآیندها در تصفیه فاضلاب های شهری به شمار می رود [۷]. فرایند لجن فعال هوادهی گسترده که غالباً در تصفیه خانه های کوچک به کار گرفته می شود شامل یک استخر هوادهی و استخر ته نشینی است که مخلوط لجن از استخر هوادهی به استخر ته نشینی، که در آن لجن از پساب جدا می شود، منتقل می گردد. اساس کار در فرایند لجن فعال هوازی، شامل هوادهی فاضلاب خام در مجاورت میکروارگانیسم ها در حوضچه هوادهی و سپس جداسازی جرم میکروبی از فاضلاب هوادهی شده در حوض های ته نشینی و به دست آوردن پساب تصفیه شده است [۸]. در مقابل این روش ها فرآیندهای کم هزینه تر نیز وجود دارد که جزء فرآیندهای تصفیه طبیعی می باشند که نیزارهای مصنوعی در این دسته قرار دارند [۹]. یکی از این روش های بیولوژیکی مؤثر و کارا که می تواند عملکرد آن مورد بررسی قرار گیرد نیزار مصنوعی است. این روش قرن های زیادی است که انسان ها از آن برای کنترل آلودگی استفاده می کنند [۱۰]. از مزایای سیستم های نیزار مصنوعی می توان به هزینه های پایین ساخت و بهره برداری و نگهداری، عدم نیاز به بهره برداران متخصص، مصرف پایین انرژی، ارزان بودن و همچنین به کارگیری آن ها برای جوامع کوچک و تا حدودی بزرگ اشاره نمود. از جمله معایب نیزارهای مصنوعی می توان به مواردی هم نامطلوب برخی از آلاینده های سمی روی عملکرد نیزار مصنوعی و نابودی گیاهان و رشد پشه و حشرات در مجاورت آن را نام برد [۱۱]. در مطالعه ای که پیر صاحب و همکاران در سال ۱۳۹۲ بر روی کارایی فرایند لجن فعال از نوع هوادهی گسترده جهت تصفیه فاضلاب شهر پاره انجام دادند، نتایج نشان داد که میزان حذف COD و TSS در فصل زمستان به ترتیب برابر با ۸۹/۱ و ۷۲/۱٪ و میزان حذف این پارامترها در فصل تابستان به ترتیب برابر با ۹۱/۰۶ و ۷۶/۳۳۶ درصد بود [۱۲]. در مطالعه ای که فرزاد

یافته‌ها

از حذف متغیرهای بی‌معنی و اثرات متقابل آن‌ها حاصل شدند. برای هر پاسخ آماره F و پی-مقدار جهت تعیین معناداری مدل محاسبه شد. پی-مقدار برای تمامی مدل‌های ارائه‌شده برای پاسخ‌های مورد مطالعه برابر با ۰/۰۰۱ به دست آمد. لازم به ذکر است ضرایب معادلات مذکور و علائم ریاضی (+/-) آن نمایانگر میزان و جهت اثر پارامترهای مستقل بر کارایی سیستم‌های مورد بررسی است. همچنین با توجه به نتایج حاصله، مقادیر عدم برازش برای تمامی مدل‌ها معنادار نبود ($P > 0.05$). اشکال سه‌بعدی ۱ و ۲ نشان‌دهنده تأثیر متقابل فصل و ماه بر حذف پارامترهای مورد مطالعه می‌باشند. آزمایش‌ها برای تعیین شرایط بهینه با استفاده از طراحی ترکیب مرکزی در روش سطح-پاسخ انجام شد. بر مبنای پاسخ‌های کسب‌شده از آزمایش‌ها ناحیه بهینه بر اساس راندمان حذف COD، BOD و TSS به ترتیب در وتلند برابر ۸۰٪، ۹۰٪ و ۸۰٪ و در هوادهی گسترده متداول برابر ۸۵٪، ۸۵٪ و ۷۵٪ تعیین شد. نواحی زردرنگ بیانگر مناطقی است که بهینه‌سازی در محدوده آن انجام شده است. در حالی که نواحی که تیره‌رنگ هستند معیارهای طراحی را برآورده نکرده‌اند. جهت مایید صحت مدل‌های مورد بررسی و بر اساس اصل نمونه‌برداری تصادفی یک نقطه بین منطقه بهینه که توسط پرچم نشان داده شده است انتخاب شد و پاسخ‌های واقعی با مقادیر پیش‌بینی‌شده مدل مورد مقایسه قرار گرفتند. جدول ۵ نتایج این آزمایش هدایت‌شده را بین منطقه بهینه نشان می‌دهد. دقت شرایط بهینه مورد آزمون برای هر پاسخ توسط انحراف استاندارد آزمون شد.

نتایج مطالعه نشان داد بیشترین کارایی سیستم در فصل تابستان و ماه تیر قابل‌دستیابی است. کارایی سیستم هوادهی گسترده در حذف COD، BOD و TSS به ترتیب در محدوده ۹۷٪-۷۵/۳٪، ۹۵/۱٪-۷۱/۵٪ و ۸۰/۲٪-۷۸/۵۲٪ به دست آمد. این مقادیر برای نیزار مصنوعی به ترتیب ۹۵/۶۷٪-۶۶/۸٪، ۹۳/۴٪-۶۷/۱٪ و ۸۷/۴۱٪-۴۶/۳٪ حاصل شد. راندمان هوادهی گسترده بیش از نیزار مصنوعی به دست آمد. مطابق نتایج حاصله با کاهش دمای هوا کارایی دستگاه‌های تصفیه نیز کاهش یافت به‌گونه‌ای که کمترین کارایی در اسفند مشاهده شد و در تیرماه شاهد حداکثر کارایی سیستم‌های تصفیه بودیم. همچنین راندمان حذف کل جامدات معلق نسبت به سایر پارامترها در حداقل قرار داشت. در این مطالعه جهت تعیین مدل حاکم بر سیستم از طراحی ترکیب مرکزی جهت یافتن ارتباط بین پاسخ‌های فرایند و متغیرها استفاده شد. نتایج آزمایشگاهی به‌دست‌آمده برای ۳ پاسخ (Y1-Y3) در جداول ۲ و ۳ آمده است. بر اساس طراحی آزمایش‌ها مدل سطح پاسخ که نشان‌دهنده ارتباط کارایی نیزار مصنوعی و لجن فعال با متغیرهای وابسته بود، به‌خوبی با نتایج آزمایشگاهی هماهنگ بود. جدول ۴ مدل‌های اصلاح‌شده برگ خریدهای کدگذاری شده همراه با معناداری مدل و نتایج آنالیز واریانس را برای پاسخ‌ها ارائه داده است. پاسخ‌های فرایند در هر چهار سیستم با مدل خطی تناسب داشتند. اصطلاحات موجود در مدل‌های ارائه‌شده پس

جدول ۱: سطح متغیرهای مورد بررسی

تغییر	سطح		
	-۱	۰	+۱
فصل	(تابستان) ۱	(پاییز) ۲	(زمستان) ۳
ماه	۱	۲	۳

جدول ۱: سطح متغیرهای مورد بررسی

Run	A: فصل	B: ماه	Responses, %		
			COD	BOD	TSS
۱	تابستان	تیر	۹۵/۶۷	۹۳/۴	۸۷/۴۱
۲		مرداد	۹۲/۱	۹۰/۲	۸۱/۳۴
۳		شهریور	۸۹/۷	۸۶/۹	۷۸/۱۲
۴	پاییز	مهر	۸۵/۲۲	۸۲/۱	۷۳/۱
۵		آبان	۸۱/۳	۸۰/۲	۷۰/۲
۶		آذر	۷۸/۲	۷۷/۱	۶۴/۳
۷	زمستان	دی	۷۴/۱	۷۳	۵۵/۳
۸		بهمن	۷۰/۷	۷۰	۵۱/۳۶
۹		اسفند	۶۶/۸	۶۷/۱	۴۶/۳

جدول ۲: میانگین راندمان نیزار مصنوعی در حذف ترکیبات مورد بررسی

جدول ۳: میانگین راندمان سیستم هوادهی گسترده در حذف ترکیبات مورد بررسی

Run	A: فصل	B: ماه	Responses, %		
			COD	BOD	TSS
۱	تابستان	تیر	۹۷	۹۵/۱	۸۰/۲
۲		مرداد	۹۴/۲	۹۲/۱۳	۷۸/۲
۳		شهریور	۹۱/۵	۹۰/۲۱	۷۵/۶۴
۴	پاییز	مهر	۸۸/۳۴	۸۷/۴۴	۷۱/۵۲
۵		آبان	۸۵/۱۲	۸۳/۵۶	۶۷/۱۲
۶		آذر	۸۱/۱۶	۸۰/۱۲	۶۳/۲۱
۷	زمستان	دی	۷۸/۲۵	۷۷/۲۳	۶۰/۱۱
۸		بهمن	۷۵/۳	۷۴/۱۱	۵۶/۸
۹		اسفند	۷۲/۳۱	۷۱/۵	۵۲/۷۸

Run	A: فصل	B: ماه	Responses, %		
			COD	BOD	TSS
۱	تابستان	تیر	۹۵/۶۷	۹۳/۴	۸۷/۴۱
۲		مرداد	۹۲/۱	۹۰/۲	۸۱/۳۴
۳		شهریور	۸۹/۷	۸۶/۹	۷۸/۱۲
۴	پاییز	مهر	۸۵/۲۲	۸۲/۱	۷۳/۱
۵		آبان	۸۱/۳	۸۰/۲	۷۰/۲
۶		آذر	۷۸/۲	۷۷/۱	۶۴/۳
۷	زمستان	دی	۷۴/۱	۷۳	۵۵/۳
۸		بهمن	۷۰/۷	۷۰	۵۱/۳۶
۹		اسفند	۶۶/۸	۶۷/۱	۴۶/۳

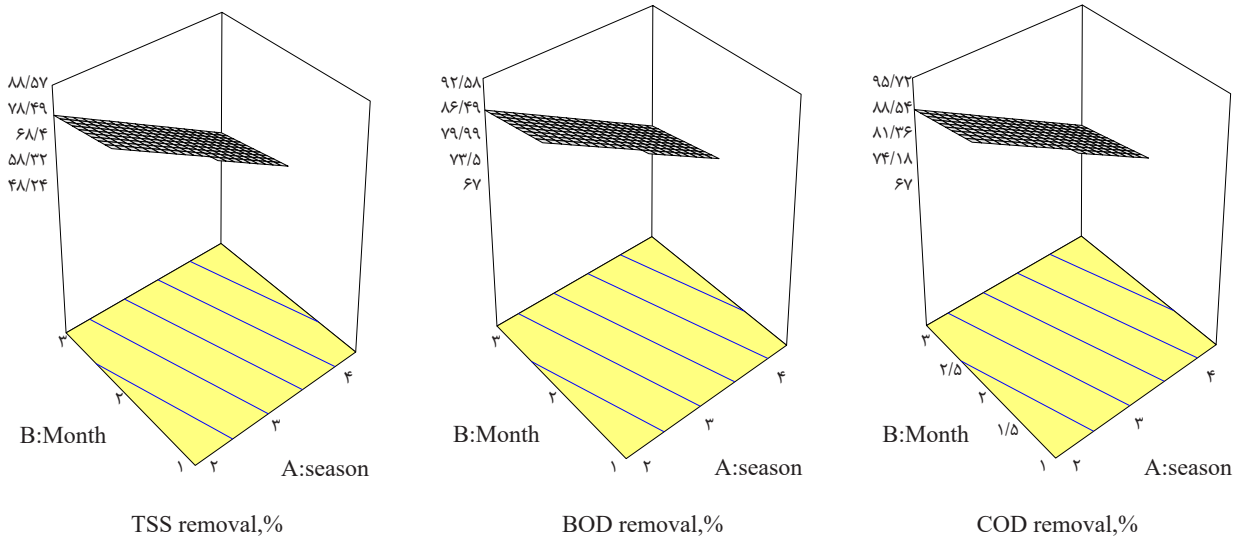
جدول ۴: نتایج آزمون آنالیز واریانس برای حذف ترکیبات مورد بررسی

treatment system	Response, %	Equation	Model	Mean	Sum of Squares	F-Value	S.D	R ²	Adj- R ²	Pred-R ²	Adeq Precision
نیزار مصنوعی	COD	$Y_1 = +81/36 - 10/988A - 3/38B$	Linear	۸۱/۳۶	۷۹۱/۷۶	۲۲/۲۸	۴/۲۲	۰/۸۱۶	۰/۸۰۲	۰/۸۱۲	۱۴/۱۸
	BOD	$Y_2 = +80/02 - 10/078A - 2/9B$	Linear	۸۰/۰۲	۶۵۸/۴۹	۱۸/۰۷	۴/۲۷	۰/۸۰۱	۰/۷۸	۰/۷۸۱	۱۲/۶۴
	TSS	$Y_3 = +68/4 - 15/658A - 4/52B$	Linear	۶۸/۴	۱۵۹۲/۱۶	۳۲/۲۸	۴/۷۵	۰/۸۷۵	۰/۸۵۱	۰/۸۴۱	۱۷/۶۵
هوادهی گسترده	COD	$Y_1 = +84/96 - 9/488A - 3/11B$	Linear	۸۴/۹۶	۵۹۶/۵	۴۰/۸۲	۲/۷	۰/۸۹	۰/۸۶۹	۰/۸۷	۱۹/۳۷
	BOD	$Y_2 = +83/45 - 9/088A - 2/97B$	Linear	۸۳/۴۵	۵۴۸/۰۹	۱۷/۸۹	۳/۱۳	۰/۸۴۸	۰/۸۱۷	۰/۸۱۸	۱۶/۰۱
	TSS	$Y_3 = +67/24 - 10/69A - 3/33B$	Linear	۶۷/۲۴	۷۵۲/۵۴	۳۱/۵۱	۳/۴۶	۰/۸۶۳	۰/۸۳۵	۰/۸۳۲	۱۶/۸۹

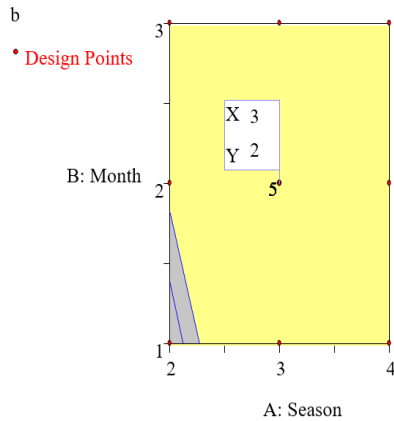
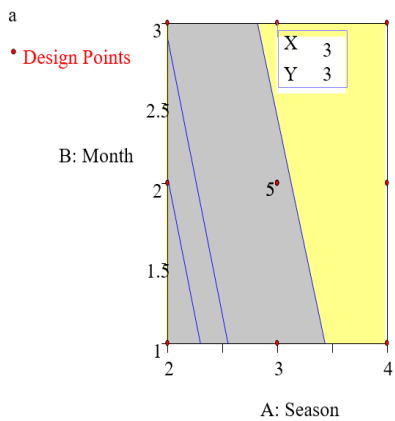
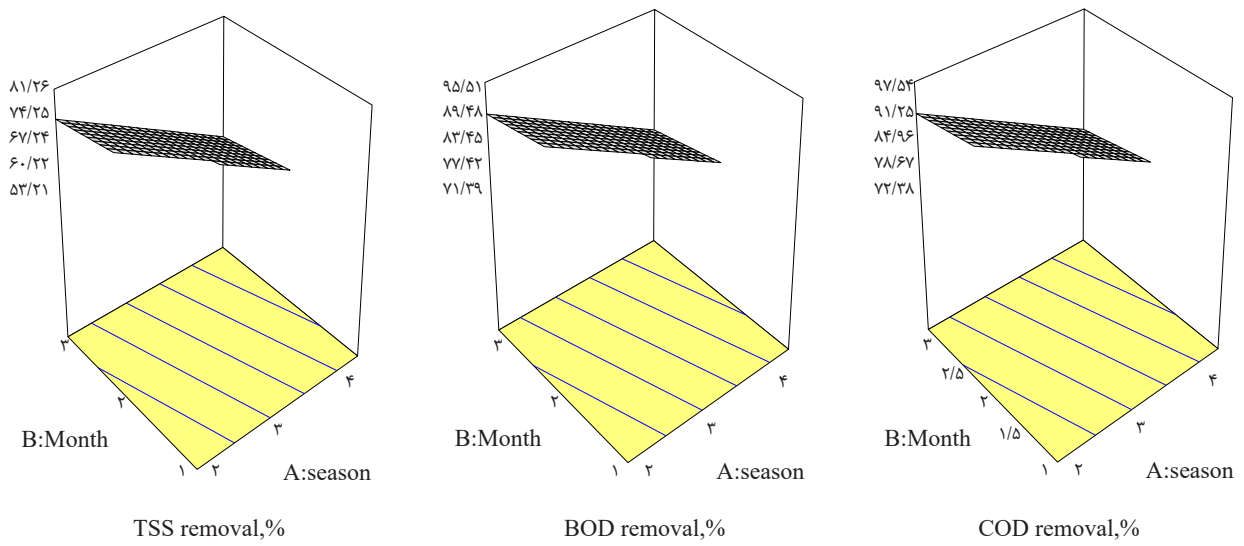
جدول ۵: آزمایش ها در شرایط بهینه

Treatment system	Conditions	Responses, %		
		COD removal	BOD5 removal	TSS Removal
نیزار مصنوعی	Experimental values	۶۶/۸	۶۷/۱	۴۶/۳
	Model response with CI 95% Error	۷۷/۹۷	۷۷/۱۱	۶۳/۸۸
	Standard deviation	۴/۷	۴/۷۶	۵/۳
هوادهی گسترده	Experimental values	۷۵/۳	۷۴/۱۱	۵۶/۸
	Model response with CI 95% Error	۸۴/۹۶	۸۳/۴۵	۶۷/۲۴
	Standard deviation	۲/۸۱	۳/۲۵	۳/۵۹

شکل ۱: کارایی سیستم نيزار مصنوعي در حذف



شکل ۲: کارایی سیستم هوادهي گسترده در حذف



شکل ۳: شرایط بهينه بر اساس ۳ پاسخ فرايند برای نيزار مصنوعي (a) هوادهي گسترده (b)

بحث:

معنادار نبودن عدم برآزش نشان دهنده قابلیت پیش بینی خوب مدل است. همچنین تناسب مدل های حاصله توسط ضرایب تعیین کلی، اصلاح شده و پیش بینی شده بین مقادیر آزمایشگاهی و پیش بینی شده مدل تأیید شد. به طوری که ضرایب تعیین کلی، اصلاح شده و پیش بینی شده نزدیک به یکدیگر به دست آمد. ضریب تعیین کلی به عنوان نسبت متغیر شرح داده شده به تمامی متغیرها و سنجش درجه تناسب مدل تعریف شده است که در تمامی مدل ها به طور منطقی بالا بود. ضریب تعیین قدرت و جهت ارتباط خطی متغیرها را بررسی می کند که بر اساس نتایج حاصله قدرت بالای ارتباط خطی متغیرهای مطالعه را نشان می دهد. در روش سطح - پاسخ سنجش میزان صحت و دقت تعیین کننده میزان خطا در آزمایش ها است. در صورتی که این مقدار بیش از ۴ باشد دقت و صحت مدل ها مطلوب گزارش می شود [۲۷]. این نسبت در تمامی پاسخ های مورد مطالعه در هر سیستم های مورد مطالعه بیش از ۴ به دست آمد. علاوه بر این مقادیر پایین انحراف استاندارد نشان دهنده صحت قابل ملاحظه و قابلیت اعتماد بالای نتایج حاصله است [۲۸]. نتایج نشان داد یافته ها با پیش بینی مدل در یک راستا قرار دارند و با یکدیگر هم خوانی دارند. همچنان که از نتایج برمی آید میانگین حذف مواد آلی در سیستم های مورد مطالعه تابع مدل خطی است.

نتیجه گیری:

قبل از طراحی و به کارگیری سیستم های مکانیکی، آنالیز اولیه فاضلاب و تعیین میزان آلاینده های ورودی می تواند کمک شایانی در به کارگیری سیستم مناسب تصفیه ایفا نماید. نتایج مطالعه نشان داد روش طراحی سطح پاسخ به خوبی از عهده تفسیر کارایی سیستم های مختلف تصفیه و مقایسه کارایی آن ها با یکدیگر برمی آید. کارایی سیستم هوادهی گسترده بیشتر از نيزار مصنوعي بود. در مجموع میزان حذف BOD برای سیستم نيزار مصنوعي در مقایسه با بسیاری از سیستم های مکانیکی پرهزینه، با مصرف انرژی بالا و بهره برداری مشکل، از وضعیت خوب و قابل قبولی برخوردار بود.

تشکر و قدردانی:

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با کد طرح ۹۵۱۱۱۲۶۷۵۲ مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان است که بدین وسیله از معاونت تحقیقات و فن آوری دانشگاه در تأمین هزینه های آن تشکر و قدردانی می گردد.

تضاد منافع:

این مطالعه برای نویسنده هیچ گونه تضاد منافی نداشته است.

امروزه در اکثر نقاط دنیا از مناطق گرم و معتدل گرفته تا سردسیر، از وتلند برای تصفیه و کنترل انواع آلودگی ها استفاده شده است. عملکرد وتلند وابسته به مکانیسم های مختلفی هم چون فیزیکی (فیلتراسیون، ته نشینی، تجمع بیولوژیکی و اشعه ماورای بنفش)، اکسیداسیون شیمیایی و بیولوژیکی، جذب سطحی و تماس با سموم منتشره توسط میکروارگانیسم ها و گیاهان است [۱۷]. در مطالعه فرزاد کیا و همکاران (۱۳۹۲) متوسط راندمان حذف BOD و COD در نيزار مصنوعي برابر با ۶۶/۷۸٪ و ۷۱/۷۷٪ به دست آمد. همچنین بهترین راندمان حذف در فصل گرم و پایین ترین کارایی سیستم در فصل سرد مشاهده شد که در راستای نتایج حاصل از مطالعه کنونی است [۱۸]. مطالعه الماسی و همکاران بر روی دستگاه های وتلند در دو واحد جداگانه نشان داد میانگین راندمان حذف COD و BOD در اولین واحد تصفیه ۲۹/۴۹٪ و ۴۲/۶۳٪ و در دومین واحد تصفیه ۲۹/۸۵٪ و ۶۶/۴۲٪ به دست آمد [۱۹] که مغایر با نتایج مطالعه حاضر است. مطالعه هاموری و همکاران در سال ۲۰۰۷ نشان داد میزان حذف COD در نيزار زیرسطحی جهت تصفیه فاضلاب سپتیک تانک ۶۵/۸٪ است [۲۰]. تفاوت در نتایج مطالعات وتلند به اختلاف در نوع فاضلاب مورد استفاده، شرایط آب و هوایی، اختلاف درجه حرارت، شدت نور خورشید، اختلاف در وضعیت فیزیکی سطح آب، عمق آب و نوع گیاه است [۱۹]. فرایند لجن فعال با وجود نیاز به تجهیزات مکانیکی و الکتریکی و صرف انرژی یکی از بهترین و کارآمدترین فرایندها در تصفیه فاضلاب است. در مطالعه باقری اردبیلیان و همکاران در سال ۲۰۱۰ کارایی تصفیه خانه شهر زنجان که به صورت لجن فعال راهبری می شود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که راندمان حذف BOD، COD و TSS به ترتیب برابر با ۸۷/۲۹٪، ۸۷/۲۵٪ و ۷۷/۹۱٪ است. که نشان دهنده کارآمد بودن سیستم تصفیه است [۲۱]. در مطالعه و همکاران (۲۰۱۵) در خصوص ارزیابی حذف مواد آلی با استفاده از لجن فعال مشخص گردید سیستم مذکور قابلیت حذف COD و BOD را به ترتیب در محدوده برابر با ۸۹/۷٪-۸۷/۳٪ و ۷۹/۸۹٪-۸۶/۹۸٪ را در فاضلاب شهری دارا است [۲۲] که در راستای نتایج مطالعه کنونی است. پژوهش ززولی و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که در حذف مواد آلی از لجن فعال متداول در تصفیه فاضلاب شهر گلستان میانگین راندمان حذف BOD، COD و TSS به ترتیب ۹۶/۶۶٪، ۹۸/۲٪ و ۹۷/۶٪ است [۷]. نتایج مطالعه نزولی با نتایج مطالعه حاضر تطابق دارد. مطالعه Fan بر روی تأثیر انواع نيزار در حذف آلاینده ها نشان داد که درصد حذف BOD ۸۹/۹٪ درصد بوده است [۲۳] که با نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر مطابقت دارد. اختلاف در کارایی سیستم های لجن فعال در مطالعات مختلف به دلیل اختلاف راکتور لجن فعال، سیستم هوادهی، فاضلاب مورد استفاده، شرایط راهبری و... دارد [۲۴-۲۶]. در روش طراحی سطح پاسخ مقادیر به دست آمده از آنالیز واریانس درجه معناداری مدل ها را تعیین نمود. مطابق مطالعات صورت گرفته معناداری مدل های تعیین شده با مقادیر بالای آماره F و پایین پی - مقدار تعریف می شوند [۱۵]. پی - مقدار کوچکتر از ۰/۰۰۱ در تمامی مدل های اصلاح شده فرایند در دو سیستم بر معناداری بالای مدل ها دلالت می کند. به عبارتی تنها ۰/۱۰ درصد احتمال دارد که معناداری مدل ها در اثر خطا رخ داده باشد. همچنین پی - مقدار کوچکتر از ۰/۰۵ نشان می دهد که اصطلاحات مدل های حاصل معنادار هستند. در این مورد تمامی فاکتورهای مورد آزمون از معناداری بالایی برخوردار بودند زیرا پی - مقدار کوچکتر از ۰/۰۵ به دست آمد.

REFERENCES :

- Haghshenas-Adarmanabadi A, Heidarpour M, Tarke-sh-Esfahani S. Study of the Efficiency of Hybrid Sub-surface Constructed Wetlands in Reducing the Organic Loading of Municipal Wastewater Treatment Plants Using Various Aquatic Plants. *JWSS*. 2016;20(77):111-26
- Misiti T, Tezel U, Pavlostathis SG. Fate and effect of naphthenic acids on oil refinery activated sludge wastewater treatment systems. *Water research*. 2013;47(1):449-60. DOI: 10.1016/j.watres.2012.10.036
- Hu M, Wang X, Wen X, Xia Y. Microbial community structures in different wastewater treatment plants as revealed by 454-pyrosequencing analysis. *Bioresource Technology*. 2012;117:72-9. DOI.org/10.1016/j.biortech.2012.04.061
- Cirja M, Ivashechkin P, Schäffer A, Corvini PF. Factors affecting the removal of organic micropollutants from wastewater in conventional treatment plants (CTP) and membrane bioreactors (MBR). *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2008;7(1):61-78. DOI: 10.1007/s11157-007-9121-8
- Melidis P, Vaiopoulou E, Aivasidis A. Development and implementation of microbial sensors for efficient process control in wastewater treatment plants. *Bioprocess and biosystems engineering*. 2008;31(3):277-82. DOI: 10.1007/s00449-007-0192-2
- Massoud MA, Tarhini A, Nasr JA. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of environmental management*. 2009;90(1):652-9. DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.07.001
- Zazouli M, Ghahramani E, Ghorbanian AlahAbad M, Nikouie A, Hashemi M. Survey of Activated Sludge Process Performance in Treatment of Agghala Industrial Town Wastewater in Golestan Province in 2007. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2010;3(1):59-66
- Luo Y, Guo W, Ngo HH, Nghiem LD, Hai FI, Zhang J, et al. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Science of the Total Environment*. 2014;473-474:619-41. DOI.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.065
- Kadlec RH, Wallace S. *Treatment wetlands*: CRC press; 2008
- Vymazal J. Constructed wetlands for wastewater treatment: five decades of experience. *Environmental science & technology*. 2010;45(1):61-9. DOI: 10.1021/es101403q
- Alahmady KK, Stevens K, Atkinson S. Effects of hydraulic detention time, water depth, and duration of operation on nitrogen and phosphorus removal in a flow-through duckweed bioremediation system. *Journal of Environmental Engineering*. 2012;139(2):160-6. DOI: http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000627
- Pirsaheb M, Khamutian R, Dargahi A. Efficiency of Activated Sludge Process (Extended Aeration) in Removal of Linear Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) from Municipal Wastewater-Case Study: Wastewater Treatment of Paveh City. *Journal of Health*. 2013;4(3):249-
- Farzadkia M EM, Kermani M, Nadafi K, Abouee Mehrizi E. Investigation the Efficiency of Organic Matter Removal in the Subsurface Artificial Wetland: the Kinetic's Coefficients. *Tool-e-Behdasht*. (2013;12(2):136-46. (Persian
- Ghasemi E, Sillanpää M. Optimization of headspace solid phase microextraction based on nano-structured ZnO combined with gas chromatography-mass spectrometry for preconcentration and determination of ultra-traces of chlorobenzenes in environmental samples. *Talanta*. 2014;130:322-7. DOI.org/10.1016/j.talanta.2014.06.030
- Pirsaheb M, Mohamadi M, Mansouri AM, Zinatizadeh AAL, Sumathi S, Sharafi K. Process modeling and optimization of biological removal of carbon, nitrogen and phosphorus from hospital wastewater in a continuous feeding & intermittent discharge (CFID) bioreactor. *Korean Journal of Chemical Engineering*. 2015;32(7):1340-53. DOI: 10.1007/s11814-014-0365-z
- Association APH, Association AWW, Federation WPC, Federation WE. *Standard methods for the examination of water and wastewater: American Public Health Association.*; 1915
- Ayaz S. Post-treatment and reuse of tertiary treated wastewater by constructed wetlands. *Desalination*. 2008;226(1-3):249-55. DOI.org/10.1016/j.desal.2007.02.110
- Farzadkia M, Ehrampoush M, Kermani M, Nadafi K, Aouei ME. Investigation the efficiency of organic matter removal in the subsurface artificial wetland: The kinetics coefficients. 2013. *Toloo-e- Behdasht*. (2013;12(39):136-146. (Persian
- Almasi A, Dargahi A, Hoseini MM, Janjani H, Mohammadi M, Tabandeh L. Efficiency of a constructed wetland in controlling organic pollutants, nitrogen, and heavy metals from sewage. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences* 2016;9(4):2924-8
- Hamouri EB, Nazih J, Lahjouj J. Subsurface-horizontal flow constructed wetland for sewage treatment under Moroccan climate conditions. *Desalination*. 2007;215(1):153-8. DOI.org/10.1016/j.desal.2006.11.018
- Bagheri Ardebilian P, Sadeghi H, Nabaii A, Bagheri Ardebilian M. Assessment of Wastewater Treatment Plant Efficiency: a Case Study in Zanjan. *Journal of Health*. 2010;1(3):67-75. (Persian
- Shahmoradi MG, Mahae M, Abouee Mehrizi E, Ghorbanpoor R. Investigation into organic matter and nutrient removal in an activated sludge wastewater treatment system: case study of Bojnurd. *Journal*

- of North Khorasan University of Medical Sciences. (2014;5(5):927-933. (Persian
23. Fan C, Chang F-C, Ko C-H, Sheu Y-S, Teng C-J, Chang T-C. Urban pollutant removal by a constructed riparian wetland before typhoon damage and after reconstruction. *Ecological Engineering*. 2009;35(3):424-35. DOI.org/10.1016/j.ecoleng.2008.10.013
 24. Cornelissen E, Harmsen D, De Korte K, Ruiken C, Qin J-J, Oo H, et al. Membrane fouling and process performance of forward osmosis membranes on activated sludge. *Journal of Membrane Science*. 2008;319(1):158-68. DOI.org/10.1016/j.memsci.2008.03.048
 25. Appels L, Baeyens J, Degreè J, Dewil R. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in energy and combustion science*. 2008;34(6):755-81. DOI.org/10.1016/j.pecs.2008.06.002
 26. Hashimoto T, Onda K, Nakamura Y, Tada K, Miya A, Murakami T. Comparison of natural estrogen removal efficiency in the conventional activated sludge process and the oxidation ditch process. *Water Research*. 2007;41(10):2117-26. DOI.org/10.1016/j.watres.2007.02.029
 27. Almasi A, Dargahi A, Mohamadi M, Biglari H, Amirian F, Raei M. Removal of Penicillin G by combination of sonolysis and Photocatalytic (sonophotocatalytic) process from aqueous solution: process optimization using RSM (Response Surface Methodology). *Electronic physician*. 2016;8(9):2878. DOI: 10.19082/2878
 28. Almasi A, Dargahi A, Mohammadi M, Azizi A, Karami A, Baniamerian F, Saeidimoghadam Z. Application of response methodology on cefixime removal from aqueous solution by ultrasonic/ photooxidation. *International Journal of Pharmacy & Technology* 2016;8(3):16728-36

Application of response surface method to compare the performance of Wetland and extended aeration system for the removal of organic matter from sanitary wastewater

Reza Shokoohi¹, Abdollah Dargahi^{2*}, Amir Karami², Mitra Mohammadi³

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2. Student Research Committee, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

Art. details

Received: 6 Jun. 2017

Accepted: 14 Feb. 2017

keywords

Wetland,
Extended aeration,
Sanitary wastewater,
Organic compound,
Response surface methodology

Citation

Shokoohi R, Dargahi A, Karami A, Mohammadi M. [Application of response surface method to compare the performance of Wetland and extended aeration system for the removal of organic matter from sanitary wastewater]. Pajouhan Scientific Journal. 2017; 15(3): 1-9

Abstract

Introduction: Organic compounds are one of the most important quality characteristics in wastewater treatment. The aim of this study is to make comparison of the efficiency of wetland and extended aeration activated sludge in the removal of organic compounds from sanitary wastewater based on response surface methodology.

Methods: In this experimental study 100 mixed samples were taken from wetland and extended aeration reactors. According to type of wastewater treatment and operating time, COD, BOD5 and TSS were measured. Sampling, transportation, storage and measurement performed according to standard methods. Experiment setting, modeling, removal equation of organic compounds and optimal condition was obtained by response surface methodology.

Results: Maximum removal of COD, BOD5 and TSS (in summer) in wetland were 95.67, 93.4 and 87.41%; in extended aeration was 97, 65.1 and 80.2%, respectively. Efficiency of extended aeration was better than wetland in all seasons and all parameters. R²: 0.8- 0.89 confirms the effect of operating time on wastewater treatment efficiency. Validity and accuracy in wetland and extended aeration were 12.64-17.65 and 16.01-19.37, respectively. Removal model in both wetland and extended aeration was linear.

Conclusion: Efficiency of extended aeration is more than wetland. Response surface methodology properly describes organic compound removal efficacy by extended aeration and wetland.