

بسمه تعالی

## تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای سید یاشار یثربی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **پالایش خاک های آلوده**

به شیرابه با استفاده از ازن در تاریخ ۱۳۹۰/۸/۱۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر نادر مختارانی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر حسین گنجی دوست	استاد	
استاد ناظر	دکتر بیتا آیتی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر سیدمحمدرضا علوی مقدم	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر بیتا آیتی	دانشیار	

## آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب، سید علی حسینی، دانشجوی رشته مهندسی عمران، ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۸، مقطع کارشناسی ارشد، دانشکده عمران و معماری متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا: 

تاریخ: ۱۳۹۰/۸/۲۵

## آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی عمران - محیط زیست است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر نادر مختارانی، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر حسین گنجی دوست از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.


ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

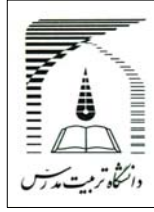
ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶: اینجانب سید یاشار یثربی دانشجوی رشته مهندسی عمران - محیط زیست مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سید یاشار یثربی

تاریخ و امضا: ۱۳۹۰/۸/۲۵





دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست  
گروه مهندسی محیط زیست

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست

## پالایش خاک های آلوده به شیرابه با استفاده از ازن

دانشجو  
سید یاشار یثربی

استاد راهنما  
دکتر نادر مختارانی

استاد مشاور  
دکتر حسین گنجی دوست

آبان ۱۳۹۰

تقدیم به مادر و پدر مهربانم

عزیزانی که شمع وجودشان را چراغ راهم،

دعایشان را تکیه گاه تلاش هایم

و راهنمایی هایشان را روشی بخش زندگی ام قرار دادند؛

و تقدیم به تنها برادر مهربان و یار عزیزتر از جانم

## سپاس‌گزاری

پس از حمد و سپاس پروردگار که توفیق تحصیل و تحقیق را نصیبم کرد بر خود واجب می‌دانم از زحمات دلسوزانه استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر نادر مختارانی که در طول تحصیل از کلاسهای درس عالمانه ایشان همیشه بهره برده‌ام و از راهنمایی‌ها و کمک‌های بی دریغ و ارزشمندشان در گردآوری این تحقیق سود جسته‌ام کمال تشکر را بجای آورم. از استاد ارجمند، جناب آقای دکتر حسین گنجی دوست که مشاوره این پایان نامه را عهده دار بوده اند، نیز تشکر و قدردانی می‌نمایم. از آقای دکتر سید شهاب الدین یثربی و آقای مهندس احسان مرادآبادی که تجربیات و اطلاعات فنی خود را در اختیار من قرار داده اند و با کمکهای فکری و علمی دوستانه خود مرا در این راه تنها نگذاشته اند، ممنون و سپاسگزارم. همچنین از زحمات دیگر اساتید گرانقدر گروه مهندسی محیط زیست: خانم دکتر بیبا آیتی و آقای دکتر حمید طاهری قدردانی می‌نمایم.

سید یاشار یثربی

پاییز ۱۳۹۰

## چکیده

با گسترش شیوه زندگی مصرفی و توسعه روزافزون صنعت و تجارت در بسیاری از کشورهای جهان شاهد رشد سریع در تولید مواد زائد جامد شهری می باشیم. اندکی پس از تولید مواد زائد، تولید شیرابه آغاز می گردد که از منابع آلاینده خاک و آبهای زیر زمینی به شمار می رود. امروزه فرآیند ازن زنی بعنوان یک روش پرکاربرد در تصفیه خاک مورد توجه قرار گرفته است. ازن با پتانسیل اکسیداسیون  $2/07$  ولت، بعنوان یک اکسید کننده قدرتمند قادر است تا بدون آنکه پسماندی سمی از خود برجای بگذارد، در یک بازه زمانی نسبتاً کوتاه، اجزای آلی موجود در خاک آلوده به شیرابه را تجزیه نماید. در این مطالعه کاربرد فرایند ازن زنی بعنوان یک روش شیمیایی خارج از محل جهت پالایش خاک آلوده به شیرابه حاصل از فرایند کمپوست زباله در مقیاس آزمایشگاهی و در یک راکتور Batch مورد بررسی قرار گرفته است. از نتایج این تحقیق چنین بر می آید که pH محیط خاک، درصد رطوبت خاک و آلودگی اولیه آن بیشترین تاثیر را بر فرآیند ازن زنی دارند. در این مطالعه حداکثر راندمان حذف بار آلی با ازن زنی به میزان  $200$  میلی لیتر بر دقیقه در خاک کاملاً خشک و در pH حدود  $9$  و پس از  $120$  دقیقه حاصل شد. در این تحقیق اعمال فرآیند گاز شویی توسط اسید باعث افزایش قابل توجه راندمان حذف بار آلی گردید. همچنین با افزایش آلودگی اولیه خاک، راندمان حذف بار آلی افزایش یافت. براساس آزمایشات انجام شده، میزان ازن مورد نیاز جهت پالایش خاک آلوده به شیرابه حدود  $3/1$  گرم ازن به ازای هر گرم آلاینده برآورد گردید. این میزان ازن پس از عبور از مجاورت اسید توانسته است در pH بهینه برابر  $9$ ، بار آلی خاک مورد مطالعه را به میزان  $21/2$  درصد کاهش دهد. همچنین در این حالت پس از  $180$  دقیقه ازن زنی راندمان حذف تا  $28/5$  درصد افزایش یافته است. همچنین نشان داده شده است که حضور اکسید فلزات در محیط خاک آلوده توانسته است راندمان حذف را تا حدودی افزایش دهد. طبق طراحی آزمایش انجام گرفته، pH برابر با  $9/1$ ، درصد رطوبت برابر با  $1/5\%$  و آلودگی اولیه  $11000$  ppm، نقطه بهینه این فرآیند تعیین شد که تحت این شرایط، پس از  $120$  دقیقه ازن زنی درصد حذف حاصل شده برابر با  $23/11\%$  می باشد.

**کلمات کلیدی:** ازن، خاک آلوده، شیرابه کمپوست، اکسیداسیون



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	پیشگفتار
	<b>فصل اول: خاک و آلاینده های آن</b>
۵-۱-۱	خاک.....
۲-۱	حفاظت از محیط زیست در اندیشه ایران باستان.....
۳-۱	حفاظت از محیط زیست از دیدگاه قرآن کریم.....
۴-۱	محیط خاک.....
۵-۱	اجزاء تشکیل دهنده خاک.....
۶-۱	آلاینده های خاک.....
۱-۶-۱	عناصر کمیاب.....
۲-۶-۱	دیگر آلاینده های غیر آلی (معدنی).....
۳-۶-۱	راديو نوکلئید ها.....
۴-۶-۱	آلاینده های آلی.....
۷-۱	تقسیم بندی آلودگی های زیر زمینی از لحاظ موقعیت قرارگیری منبع آلاینده.....
۱-۷-۱	آلاینده های دارای منشا آلودگی بر روی سطح زمین.....
۲-۷-۱	آلاینده های دارای منشا آلودگی در بالای سطح آب زیرزمینی.....
۳-۷-۱	آلاینده های دارای منشا آلودگی در زیر سطح آب زیر زمینی.....
	<b>فصل دوم: ازن و محیط زیست</b>
۱-۲	تاریخچه.....
۲-۲	مشخصات فیزیکی.....
۳-۲	ساختار.....

- ۲۷-۴-۲ واکنش ها ..... ۲۷
- ۲۷-۴-۲-۱ واکنش با فلزات ..... ۲۷
- ۲۸-۴-۲ واکنش با نیتروژن و ترکیبات کربن ..... ۲۸
- ۲۸-۴-۳ واکنش ازن با ترکیبات گوگرد ..... ۲۸
- ۲۹-۴-۴ واکنش ازن با دیگر مواد ..... ۲۹
- ۲۹-۵-۲ احتراق ..... ۲۹
- ۳۰-۶-۲ کاربرد ..... ۳۰
- ۳۱-۷-۲ اثرات سلامتی ..... ۳۱
- ۳۲-۸-۲ تولید ..... ۳۲
- ۳۳-۹-۲ کاربرد در صنعت ..... ۳۳
- ۳۳-۱۰-۲ استفاده از ازن در مهندسی محیط زیست ..... ۳۳
- ۳۴-۱۰-۲-۱ تاریخچه استفاده از ازن در مهندسی محیط زیست ..... ۳۴
- ۳۵-۱۰-۲-۲ واکنش ازن با الفین ها ..... ۳۵
- ۳۵-۱۰-۳-۲ واکنش ازن با مواد آروماتیک ساده ..... ۳۵
- ۳۶-۱۰-۴-۲ واکنش های ازن با ترکیبات لیگنینی ..... ۳۶
- ۳۸-۱۱-۲-۱۱ نیاز به پالایش خاک ..... ۳۸
- ۳۸-۱۲-۲-۱۲ تعریف انواع روشهای پالایش ..... ۳۸
- ۴۱-۱۳-۲-۱۳ بررسی روش ازن زنی و نحوه عملکرد آن در خاک ..... ۴۱
- ۴۴-۱۴-۲-۱۴ پارامترهای مهم در طراحی فرآیند اکسیداسیون شیمیایی توسط ازن ..... ۴۴

### فصل سوم: استفاده از ازن در پالایش خاکهای آلوده

- ۴۶-۱-۳-۱ موارد استفاده شده از ازن در تصفیه خاکهای آلوده ..... ۴۶
- ۴۶-۱-۳-۱-۱ تصفیه خاک های آلوده به هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای ..... ۴۶

- ۴۷-۲-۱-۳- تصفیه خاک های آلوده به فنانتترین.....
- ۴۹-۳-۱-۳- ازن زنی رسوبات آلوده به هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در فشار بالا.....
- ۵۰-۴-۱-۳- تصفیه خاک های آلوده به PAH های با وزن مولکولی متفاوت.....
- ۵۲-۵-۱-۳- تصفیه خاک های آلوده به پیرن.....
- ۵۴-۶-۱-۳- تصفیه خاک های آلوده به دیگر هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای.....
- ۵۶-۷-۱-۳- تصفیه خاک های آلوده به RDX.....
- ۵۷-۸-۱-۳- تصفیه خاکهای آلوده به آنیلین و تریفلورالین.....
- ۵۸-۹-۱-۳- تصفیه خاک های آلوده به فلزات سرب و روی.....
- ۵۹-۱۰-۱-۳- تصفیه خاک های آلوده به سوخت دیزل.....
- ۶۰-۱۱-۱-۳- تصفیه خاک های آلوده به هیدروکربن های نفتی.....
- ۶۱-۲-۳- هدف از انجام تحقیق.....

#### فصل چهارم: مواد و روش ها

- ۶۴-۱-۴- مراحل انجام کار.....
- ۶۵-۲-۴- مواد و ترکیبات شیمیایی مورد استفاده.....
- ۶۶-۳-۴- مشخصات ماسه مورد استفاده.....
- ۶۶-۴-۴- مشخصات شیرابه.....
- ۶۷-۵-۴- مشخصات گاز ازن.....
- ۶۷-۱-۵-۴- ژنراتور تولید ازن.....
- ۶۹-۲-۵-۴- راکتور مورد استفاده.....
- ۷۰-۳-۵-۴- روش تعیین غلظت ازن.....
- ۷۱-۶-۴- روش تعیین بار آلی خاک.....
- ۷۱-۱-۶-۴- روش کوره.....
- ۷۱-۲-۶-۴- روش اکسیداسیون مرطوب.....

- ۷۲-۴-۷- کربن آلی قابل استخراج توسط آب.....
- ۷۲-۴-۸- روش ایجاد آلودگی اولیه.....
- ۷۳-۴-۹- روش ایجاد رطوبت مطلوب.....
- ۷۴-۴-۱۰- روش تغییر pH خاک.....
- ۷۴-۴-۱۱- آزمایش های ژئوتکنیکی.....
- ۷۴-۴-۱۱-۱- توده‌ی ویژه (چگالی).....
- ۷۵-۴-۱۱-۲- آزمایش تراکم.....
- ۷۷-۴-۱۱-۳- آزمایش برش مستقیم.....
- ۸۰-۴-۱۱-۴- روش طراحی آزمایش صفحه پاسخ.....

#### فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

- ۸۴-۵-۱- آزمایش های ازن زنی شیرابه.....
- ۸۴-۵-۱-۱- تعیین pH بهینه ازن زنی شیرابه.....
- ۸۷-۵-۱-۲- بررسی تاثیر پیش تصفیه ازن بر فرآیند ازن زنی شیرابه.....
- ۸۸-۵-۱-۳- بررسی روند حذف بار آلی طی جریان سازی توسط اکسیژن.....
- ۸۸-۵-۲- آزمایش های ازن زنی خاک آلوده به شیرابه.....
- ۸۹-۵-۲-۱- تعیین زمان رسیدن به حالت پایدار.....
- ۹۰-۵-۲-۲- تعیین pH بهینه در فرایند ازن زنی.....
- ۹۴-۵-۲-۳- تاثیر پیش تصفیه گاز ازن در نرخ حذف.....
- ۹۷-۵-۲-۴- پیش تصفیه توسط کربن فعال.....
- ۹۸-۵-۲-۵- تفکیک تاثیر جریان سازی توسط اکسیژن.....
- ۱۰۰-۵-۲-۶- تاثیر درصد رطوبت در نرخ حذف.....
- ۱۰۱-۵-۲-۷- بررسی تاثیر تغییر جهت تزریق ازن (از بالا به پایین).....
- ۱۰۲-۵-۲-۸- تاثیر فشار ورودی گاز ازن و گرادیان فشار بر روند حذف.....

- ۱۰۲-۹-۲-۵- تاثیر آلودگی اولیه در راندمان حذف .....
- ۱۰۴-۱۰-۲-۵- تاثیر حضور اکسید فلزات در نرخ حذف.....
- ۱۰۷-۱۱-۲-۵- بررسی تاثیر ازن زنی بر کربن آلی قابل استخراج توسط آب از خاک.....
- ۱۰۹-۳-۵- تعیین مقدار وزنی کل و نرخ مصرف ازن.....
- ۱۱۰-۴-۵- تاثیر ازن زنی بر پارامترهای مقاومت برشی خاک.....
- ۱۱۲-۵-۵- طراحی آزمایش.....
- ۱۱۲-۱-۵-۵- مدلسازی معادله صفحه پاسخ.....
- ۱۱۳-۲-۵-۵- سنجش اعتبار مدل.....
- ۱۱۵-۳-۵-۵- تحلیل های بهینه سازی.....

#### فصل ششم: نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات

- ۱۲۱-۱-۶- جمع بندی.....
- ۱۲۲-۲-۶- پیشنهادات.....
- ۱۲۴-منابع.....

## فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ تغییرات غلظت پارامترها در شیرابه در طول زمان	۱۷
شکل ۲-۱ غلظت سولفات ها و کلریدها در شیرابه به صورت تابعی از زمان	۱۹
شکل ۳-۱ منابع مختلف آلاینده های خاک و آب های زیر زمینی	۲۱
شکل ۱-۲ ساختار مولکول ازن	۲۷
شکل ۲-۲ واکنش ازن با الفین ها	۳۶
شکل ۳-۲ واکنش ازن با مواد آروماتیک ساده	۳۷
شکل ۴-۲ واکنش های ازن با ترکیبات لیگنینی	۳۷
شکل ۵-۲ نمودار شماتیک نحوه ازن زنی خاک در	۴۱
نمودار ۱-۳ تاثیر غلظت ازن و مدت زمان ازن زنی در حذف فنانتین	۴۸
نمودار ۲-۳ تاثیر تخریب PAHs در مقابل غلظت اولیه آنها	۵۲
نمودار ۳-۳ منحنی شکست گاز ازن در pH های مختلف	۵۳
نمودار ۱-۴ طرح کلی انجام تحقیق	۶۴
شکل ۲-۴ طرح شماتیک پایلوت آزمایشگاهی	۶۹
شکل ۳-۴ قالب و چکش استاندارد استفاده شده جهت آزمایش تراکم	۷۶
نمودار ۴-۴ نمودار تراکم	۷۶
شکل ۵-۴ شمای کلی دستگاه برش مستقیم استفاده شده	۷۸
شکل ۶-۴ طرح شماتیک انتخاب نقاط آزمایش	۸۱
نمودار ۱-۵ نرخ حذف COD شیرابه طی ازن زنی در pH های مختلف	۸۵
نمودار ۲-۵ بررسی روند تغییرات COD شیرابه در pH های مختلف پس از ۱۲۰ دقیقه ازن زنی	۸۶
نمودار ۳-۵ بررسی تاثیر پیش تصفیه گاز ازن در روند حذف COD شیرابه	۸۷
نمودار ۴-۵ بررسی تاثیر جریان سازی توسط اکسیژن در روند حذف COD شیرابه	۸۸
نمودار ۵-۵ بررسی نرخ حذف بار آلی خاک طی ازن زنی در دبی های مختلف	۸۹

- نمودار ۵-۶ بررسی نرخ حذف بار آلی توسط ازن زنی در pH های مختلف (تغییر pH خاک)..... ۹۰
- نمودار ۵-۷ نرخ حذف بار آلی توسط ازن زنی در pH های مختلف پس از ۱۲۰ دقیقه..... ۹۱
- نمودار ۵-۸ بررسی نرخ حذف بار آلی توسط ازن زنی در pH های مختلف (تغییر pH شیرابه)..... ۹۱
- نمودار ۵-۹ نرخ تغییر pH توسط ازن زنی در pH های مختلف..... ۹۴
- نمودار ۵-۱۰ نرخ حذف بار آلی خاک توسط ازن زنی پس از پیش تصفیه گاز ازن با  $\text{HNO}_3$ ..... ۹۵
- نمودار ۵-۱۱ نرخ حذف بار آلی خاک توسط ازن زنی پس از پیش تصفیه گاز ازن با  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ..... ۹۷
- نمودار ۵-۱۲ نرخ حذف بار آلی خاک توسط ازن زنی پس از پیش تصفیه گاز ازن با کربن فعال..... ۹۸
- نمودار ۵-۱۳ نرخ حذف بار آلی خاک توسط جریان سازی توسط اکسیژن..... ۹۹
- نمودار ۵-۱۴ نرخ حذف بار آلی خاک توسط ازن زنی در درصد رطوبت های مختلف..... ۱۰۰
- نمودار ۵-۱۵ نرخ حذف بار آلی خاک توسط ازن زنی در جهت های مختلف..... ۱۰۱
- نمودار ۵-۱۶ نرخ حذف بار آلی خاک طی ازن زنی با آلودگی اولیه متفاوت خاک..... ۱۰۳
- نمودار ۵-۱۷ تاثیر حضور  $\text{SiO}_2$  در نرخ حذف بار آلی طی ازن زنی در نسبت های مختلف..... ۱۰۵
- نمودار ۵-۱۸ تاثیر حضور  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در نرخ حذف بار آلی طی ازن زنی در نسبت های مختلف..... ۱۰۶
- نمودار ۵-۱۹ تاثیر حضور  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  در نرخ حذف بار آلی طی ازن زنی در نسبت های مختلف..... ۱۰۶
- نمودار ۵-۲۰ بررسی نرخ حذف COD طی ازن زنی در pH های مختلف..... ۱۰۷
- نمودار ۵-۲۱ بررسی نرخ افزایش کربن آلی قابل استخراج توسط آب طی آلوده سازی خاک..... ۱۰۸
- نمودار ۵-۲۲ بررسی نرخ حذف WEOC توسط ازن زنی..... ۱۰۸
- نمودار ۵-۲۳ بررسی نرخ مصرف ازن طی ازن زنی در pH های مختلف..... ۱۱۰
- نمودار ۵-۲۴ نمودار احتمالات نرمال جهت تطبیق مدل حاصل شده با داده های آزمایشگاهی..... ۱۱۴
- نمودار ۵-۲۵ نمودار ۲ بعدی حدفاصل (pH در مقابل درصد رطوبت)..... ۱۱۶
- نمودار ۵-۲۶ نمودار ۲ بعدی حدفاصل (pH در مقابل آلودگی اولیه)..... ۱۱۷
- نمودار ۵-۲۷ نمودار ۲ بعدی حدفاصل (درصد رطوبت در مقابل آلودگی اولیه)..... ۱۱۷
- نمودار ۵-۲۸ نمودار ۳ بعدی حدفاصل (درصد رطوبت در مقابل آلودگی اولیه)..... ۱۱۸
- نمودار ۵-۲۹ نمودار ۳ بعدی حدفاصل (pH در مقابل درصد رطوبت)..... ۱۱۸
- نمودار ۵-۳۰ نمودار ۳ بعدی حدفاصل (pH در مقابل آلودگی اولیه)..... ۱۱۹

## فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱ مشخصات انواع مختلف دانه بندی خاک.....	۵
جدول ۲-۱ محدوده های غلظت برای پارامترهای اصلی شیرابه محل دفن.....	۱۴
جدول ۱-۳ مزایا و معایب روشهای تصفیه شیمیایی خاک.....	۳۹
جدول ۱-۴ فهرست مواد شیمیایی مورد استفاده در تحقیق.....	۶۸
جدول ۲-۴ فهرست تجهیزات مورد استفاده در تحقیق.....	۶۸
جدول ۳-۴ نتایج حاصل از کالیبراسیون روتامتر و غلظت ازن تولیدی.....	۶۹
جدول ۴-۴ نتایج حاصل از کالیبراسیون روتامتر و غلظت ازن تولیدی.....	۷۰
جدول ۵-۴ مشخصات ژنراتور مورد استفاده.....	۷۱
جدول ۶-۴ میزان آلودگی ایجاد شده در خاک در زمان های مختلف تماس با شیرابه.....	۷۵
جدول ۷-۴ دامنه‌ی تغییرات $G_s$ برای چند نوع خاک.....	۷۷
جدول ۸-۴ تعیین توده‌ی ویژه‌ی خاک مورد مطالعه.....	۷۷
جدول ۹-۴ متغیرهای مستقل و مقادیر آن.....	۸۴
جدول ۱۰-۴ رابطه میان مقادیر واقعی پارامترها و مقادیر کدگذاری شده پارامتر.....	۸۴
جدول ۱-۵ آنالیز نسبت اکسید فلزات در خاک مورد آزمایش.....	۱۰۹
جدول ۲-۵ نتایج آزمایش های برش مستقیم.....	۱۱۶
جدول ۳-۵ مقادیر $R^2$ و $R^2_{adj}$ برای مدل ارائه شده.....	۱۱۹
جدول ۴-۵ مقدار پارامتر p-value برای هر فاکتور و هم کنشی میان پارامترها.....	۱۲۱



پایپس خان های آلوده به شیدر اجه با استفاده از ازن

پیشگفتار

## پیشگفتار

امروزه خاک به مدفن مواد زیان‌بخش و دریافت‌کننده مواد زیان‌آور تبدیل شده و بیشتر از آب و هوا بر بار آلودگی آن افزوده می‌شود. توان خود پالائی خاک به علت کم بودن مبادله‌ی آن کمتر از توان خود پالایی هوا و آب است و از طرفی به طور روز افزون بر اثر ایجاد ساختمان، راه و تاسیسات شهری و صنعتی مقدار زیادی از خاک از گردش طبیعی و نیز از حوزه زراعتی خارج گردیده و به خاک مرده تبدیل می‌شود.

انتشار آلودگی و تخریب منابع طبیعی و محیط زیست، کاهش سطح بهداشت عمومی و مشکلات اقتصادی - اجتماعی ناشی از دفن بی رویه و غیر بهداشتی پسماندها یکی از مشکلات فراروی مسئولین شهرداری‌ها به شمار می‌رود. در حال حاضر دفن پسماندها عمده‌ترین روش دفع در بسیاری از کشورها و نیز ایران است. کاربرد این روش، بویژه در اشکال تلمبار در مقایسه با دیگر گزینه‌ها، به دلیل ارزان بودن و ساده‌ترین نحوه مدیریت موجب گردیده که بدون برنامه ریزیهای اصولی، دفع پسماندها اغلب در مکان‌های غیر آماده و کنترل نشده صورت گیرد. هر چند، توسعه و افزایش محل‌های دفن بهداشتی بسیاری از کشورهای توسعه یافته در سه دهه اخیر نشان دهنده توجه مسئولین شهرداری‌ها می‌باشد اما این روند در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران، در مراحل ابتدایی بوده و نیاز به اعمال قوانین و مقررات ویژه‌ای دارد.

طبق شواهد موجود، علت اصلی توجه به این امر، اشاعه بیماری، هجوم حیوانات وحشی به اماکن مسکونی و تعفن حاصل از تلمبار شدن زباله در محیط زندگی بوده است. ترکیب بسیاری از مواد زائد شیمیایی و خطرناک که به شکل‌های گوناگون از صنایع و حتی منازل مسکونی دفع می‌گردد، با زباله‌های شهری، موجب گردیده که مشکلات جمع‌آوری و دفع زباله دو چندان شود. وجود بیش از ۴۸۰۰۰ نوع مواد زائد شیمیایی در زباله‌های شهری و تأیید سرطانزایی حدود ۳۰۰ نوع از این مواد، بر این مدعا صحت می‌گذارد که تنوع مواد متشکله زباله، خود مشکلات زیست محیطی خاصی را در بر دارد. خطر و تهدید اصلی شیرابه حاصل از مراکز دفن، نفوذ این مایع آلوده به آبهای زیرزمینی، خاک و چاههای اطراف می‌باشد.

ازن زنی به عنوان یکی از روشهای پر اهمیت گروه واکنش‌های اکسایش و احیا به حساب می‌آید. انتخاب ازن به عنوان روش پالایش خاک از این نظر که این تکنولوژی قابل کاربرد در هر ۳ فرم درمحل، خارج از محل و on site است، انتخاب جذابی می‌باشد. به علاوه ازن زنی در محل را می‌توان هم با تزریق ازن گازی و هم تزریق ازن محلول

به کار گرفت. چاههای افقی و عمودی را می توان برای این منظور به کار بست. به خاطر ضریب پخش بالای ازن، این ماده از لحاظ تئوریک می تواند به تمام آلاینده ها در خاک دسترسی داشته باشد.

هدف از انجام این تحقیق بررسی پارامترهای موثر بر فرآیند ازن زنی و امکان سنجی استفاده از این فرآیند شیمیایی در پالایش خاک های آلوده به شیرابه بوده است

مطالعات پیشین اکثرا خاک های آلوده به آلاینده های خاص را مورد بررسی قرار داده اند، در صورتی که در این تحقیق سعی بر آن بوده است که امکان استفاده از ازن به عنوان روش پالایش خاک های آلوده به مجموعه ای از آلاینده ها سنجیده شود. همانطور که پیش تر نیز ذکر شد، شیرابه حاوی ترکیبات متفاوتی بوده و می تواند بار آلی بسیار بالایی در محیط ایجاد نماید.

مطالب این پایان نامه در شش فصل تنظیم شده است. در فصل اول این پایان نامه کلیاتی در ارتباط با خاک، آلودگی های مختلف به وجود آمده در آن و شیرابه اشاره شده است و در فصل دوم به معرفی ازن و نحوه عملکرد کلی آن و رفتار آن طی پالایش خاک مطالبی آورده شده است. فصل سوم پایان نامه به مرور مطالعات انجام شده در ارتباط با ازن زنی خاک های آلوده به مواد مختلف و نتایج حاصل از این تحقیقات اختصاص داده شده است. مواد و تجهیزات استفاده شده و روش تحقیق مورد استفاده جهت این پژوهش در فصل چهارم گنجانده شده است. فصل پنجم به بررسی و تحلیل نتایج حاصل از پژوهش اختصاص یافته و سعی شده تا با توجه به فرضیات مناسب، اهداف تحقیق به اثبات برسد و در نهایت در فصل ششم به خلاصه نتایج و پیشنهادات پرداخته شده است.



پایین خاک های آلوده به پتیرا به با استفاده از آن

# فصل اول

## خاک و آلاینده های آن