

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم-گروه زمین‌شناسی

پایان‌نامه جهت دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
گرایش زمین‌شناسی زیست‌محیطی

بررسی امکان حذف فلزات سمی کروم و سرب از آب‌های آلوده توسط ترکیبات اکسید آهن‌دار

اساتید راهنما

دکتر محمدحسین محمودی قرایی

دکتر سید احمد مظاہری

استاد مشاور

دکتر علی احمدپور

نگارنده

سیده منیرہ حسینی

بہمن ۱۳۹۲

اظهارنامه

اینجانب **سید مرتضی حسینی** دانشجوی دکتری کارشناسی ارشد رشته **فلسفه** دانشکده **فلسفه** دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده رساله پایان نامه مروری بر **اساس فلسفه تحت راهنمایی** **دکتر سید مرتضی حسینی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این رساله، پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در رساله پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه فردوسی مشهد » و یا « Ferdowsi University of Mashhad » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی رساله/پایان نامه تأثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله/پایان نامه رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله/پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله/پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی پژوهشی رعایت شده است.

تاریخ و امضای دانشجو
۹۲، ۱۲، ۱۸

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در رساله/پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

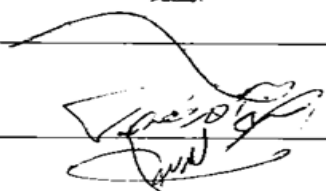
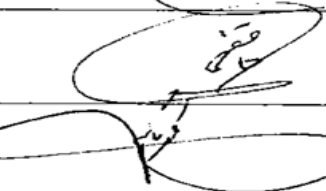
** فرم ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد**

تاریخ:

شماره:

نام خانوادگی دانشجو: سیده منیره حسینی تاریخ شروع تحصیل: ۱۳۹۰/۷/۱ شماره دانشجویی: ۹۰۱۳۳۶۱۰۷۵ رشته: زمین شناسی
 پش: زیست محیطی تاریخ دفاع: ۹۲/۱۱/۱۰ نام و نام خانوادگی اساتید راهنما: آقایان دکتر محمدحسین محمودی قرایی و دکتر سید احمد
 هری عنوان پایان نامه: بررسی امکان حذف فلزات سمی کروم و سرب از آب های آلوده توسط ترکیبات اکسید آهن دار

معیارهای ارزشیابی		حداکثر نمره	نمره کسب شده	ملاحظات
کیفیت نگارش	انسجام در تنظیم و تدوین مطالب ، حسن نگارش و رعایت دستورالعمل	۳	۳	
	کیفیت تصاویر ، اشکال و منحنی های استفاده شده			
کیفیت علمی	بررسی تاریخچه موضوع بیان پژوهش در موضوع	۱۱	۱۰/۸	
	ابتکار و نو آوری			
	ارزش علمی و یا کاربردی			
	استفاده از منابع و مواخذ به لحاظ کمی و کیفی (به روز بودن)			
	کیفیت نظرات و پیشنهادات برای ادامه تحقیق			
کیفیت ارائه	تسلط به موضوع و توانایی در پاسخگویی به سوالات در جلسه دفاع نحوه ارائه (رعایت زمان - تفهیم موضوع ، کیفیت ترائس پرسنی و ...)	۳	۳	
مقاله	مقاله مستخرج از پایان نامه بر اساس آئین نامه آموزشی دانشگاه و دستور العمل شورای تحصیلات تکمیلی گروه	۲	۲	
اتمام به موقع	اتمام به موقع دوره و تحویل گزارشات	۱	۱	
نمره پایان نامه		۲۰	۱۹/۸۰	

اعضاء هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	نام دانشگاه	امضاء
اساتید راهنما	دکتر محمدحسین محمودی قرایی	استادیار	فردوسی مشهد	
	دکتر سید احمد مظاهری	دانشیار	فردوسی مشهد	
نستاد مشاور	دکتر علی احمد پور	استاد	فردوسی مشهد	
عضو دفاع (استاد مدعو)	دکتر ناصر حافظی مقدس	دانشیار	فردوسی مشهد	
عضو دفاع و نماینده تحصیلات تکمیلی گروه	دکتر غلامرضا لشکری پور	استاد	فردوسی مشهد	

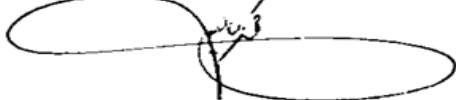
لسه دفاع با حضور هیئت داوران تشکیل و پایان نامه با اخذ نمره به عدد ۱۹/۸۰ حروف نوزده و هشتاد و نه با درجه عالی بدون اصلاحات پذیرفته شد.

با اصلاحات پذیرفته شد (دانشجو موظف است تا تاریخ ۹۲/۱۲/۱۰ پایان نامه اصلاح شده خود را که به تایید نماینده تحصیلات تکمیلی گروه رسیده است به گروه آموزشی موبل دهد).

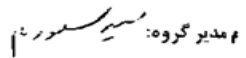
مردود شناخته شد.

ارش نماینده تحصیلات تکمیلی:

نام و امضای نماینده تحصیلات تکمیلی:



امضا و تاریخ: ۹۲/۱۲/۲۳

مدیر گروه: 

☺☺ به توضیحات مندرج در پشت برگه توجه فرمائید . ☺☺





تقدیم به پدرم

کوہی استوار و حامی من در طول تمام زندگی،

تقدیم به مادرم

سنگ صوری کہ فضای زندگی به من آموخت،

و تقدیم به همسرم

کہ با بیماری و جہلی او بہ این منظور نائل شدم.



شکر و قدردانی

سپاس مخصوص پروردگار یکاست که هستی مان بخشد و به طریق علم و دانش را بنمونان شود به بهشتی رحروان علم و دانش مستقرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزی مان ساخت. خداوند را شکر کنم که چون همیشه لطفش شامل حالم شود به من توانایی و ادات قدسی هر چند کوچک در راه پیشرفت کشورم بر دارم و این دوره را هم با موفقیت پشت سر گذارم. بعد از شکر خداوند، بر خود لازم می دانم که از زحمات **پدر و مادر و سوز و مهربانم** پاسگزاری کنم، چرا که اگر به پشتوانی ایشان نبودم حرکت بر این درجه نائل نمی شدم. همچنین از **همسر عزیزم** که در این راه یار و مشوق من بوده و هست شکر می کنم.

در این جاب خود لازم می دانم از زحمات بی سائبه و راهبانی های **مستر استاد خوجم جناب دکتر محمد حسین محمودی قرایی** در طی این دوره ی تحصیلی و به خصوص در طی مراحل انجام و تدوین پایان نامه، شکر و قدردانی کنم. همچنین از جناب **دکتر سید احمد مطهری** استاد راهبانی دومم که به خصوص در تدوین و پذیرش مقالات زحمت بسیاری تحمل شده اند، صمیمانه شکر می کنم. از جناب **دکتر علی احمد پور**، استاد مشاور خوب و وقت شناسم به خاطر فرصتی که در اختیار من قرار داده اند تا من از دانش و تجربه ارزمندشان استفاده کنم، بسیار شکر کنم. از خداوند متعال برای همه ی ایشان توفیق روز افزون را خواستارم و امیدوارم که بتوانم گوشه ای از زحماتشان را جبران کنم. از تمامی اساتید کراتقدر و اسکنده های علوم دانشگاه فردوسی مشهد به خصوص جناب **دکتر رحیمی**، **دکتر رزم آرا**، **دکتر محمد زاده**، **دکتر خاغبابا**، **دکتر حافظی**، **دکتر کلگری پور** و **دکتر شیرینی** که چه در طول دوره ی کارشناسی و چه کارشناسی ارشد از محضر ایشان بهره ی بسیار برده ام، پاسگزارم.

در پایان از خواهران **مهربانم و پدر و مادر** بمرسم که در به سرانجام رسیدن پایان نامه و درسم همراه و همدل من بوده اند بسیار شکر و ممنونم. همچنین دوستان **خوجم خانم** بار بانی تحت جان، **سعادتی**، **خلیلی**، **سندیان**، **طاحری**، **نمر**، **خوشنوی**، **صدری** و **بهروش** در گروه زمین شناسی و اسکنده علوم دانشگاه فردوسی مشهد که در طی تحصیل و پایان نامه یار یکدم بوده اند و نیز از کاکلان و اسکنده خانم موقر و آقایان **دودی**، **سالار** و **فردوسی** صمیمانه شکر کنم.

چکیده

امروزه آلودگی آب و تصفیه‌ی آن و در نتیجه تامین آب سالم از مشکلات اساسی جوامع انسانی محسوب می‌شود. از جمله‌ی این آلاینده‌ها می‌توان به فلزات سنگین و بالقوه سمی مثل کروم و سرب اشاره کرد. این عناصر تأثیرات سوئی بر روی سلامت انسان و سایر موجودات زنده دارند. در این مطالعه سعی شده که قابلیت چند ترکیب اکسید آهن طبیعی و مصنوعی شامل گوتیت، گل قرمز اصلاح شده (نیمه هضم شده)، گل آخرای جزیره‌ی هرمز و نانوذره‌ی گوتیت ساخته شده به روش بوهم (۱۹۲۵)، برای حذف فلزات سمی کروم و سرب محلول در آب به روش جذب سطحی به عنوان یک روش مؤثر و باصرفه مطالعه شود. همچنین عوامل مؤثر بر فرآیند جذب از جمله pH، زمان تماس، غلظت اولیه‌ی عنصر، دوز جاذب، الکترولیت محلول و اندازه‌ی ذرات جاذب مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت مقدار بهینه‌ی همه‌ی پارامترها برای جذب هر عنصر توسط هر جاذب استخراج شود. جاذب‌ها قبل از انجام آزمایشات جذب برای شناسایی بیش‌تر جهت آنالیزهای XRD، XRF، FTIR، اندازه‌ی ذرات، پتانسیل زتا و SEM به آزمایشگاه فرستاده شدند. همه‌ی آزمایشات به صورت ناپیوسته (Batch) در دمای محیط و در آزمایشگاه انجام شد. پس از اتمام هر تست محلول‌ها جهت آنالیز جذب اتمی ارسال گردید. در هر مرحله درصد جذب و ظرفیت جذب جاذب‌ها محاسبه شد. پس از انجام تست‌های بهینه هم جاذب‌ها جهت آنالیز EDS و گرفتن تصاویر SEM به آزمایشگاه ارسال گردید. در نهایت مقادیر بهینه‌ی پارامترها برای جذب سطحی سرب توسط گوتیت طبیعی در pH=۵، زمان تماس ۶۰ دقیقه، دوز جاذب ۸ g/L، اندازه‌ی ذرات کوچکتر از ۲۳۰ مش (۶۲ میکرون)، با غلظت ۱۲۰ mg/L از سرب، در نبود یا مقدار ۰/۰۱ مولار از NaNO_3 و در دمای حدود $25-24^\circ\text{C}$ می‌باشد. در این شرایط حداکثر درصد جذب سرب و ظرفیت جذب جاذب به ترتیب برابر ۹۹/۰۶٪ و $14/86 \text{ mg/g}$ می‌باشد. مقادیر بهینه‌ی پارامترها برای جذب سطحی کروم توسط گوتیت طبیعی در شرایط دوز جاذب ۸ g/L، غلظت اولیه‌ی کروم 1 mg/L ، pH=۲/۵، زمان تماس ۸۰ دقیقه، با اندازه‌ی ذرات گوتیت کوچکتر از ۲۳۰ مش (۶۲ میکرون)، با الکترولیت محلول بین صفر تا ۰/۰۱ مولار NaNO_3 و در دمای محیط (حدود 24°C) به دست آمد که در این شرایط ۹۰/۴۰٪ کروم محلول را جذب می‌شود و مقدار ظرفیت جذب کروم توسط گوتیت برابر ۰/۱۱۳ می‌باشد. شرایط بهینه‌ی پارامترها برای جذب سطحی سرب روی گل قرمز نیمه هضم شده (SDRM) در دوز جاذب ۴ g/L، غلظت اولیه‌ی سرب 150 mg/L ، pH=۵/۵، زمان تماس ۵ دقیقه، دمای 25°C و مولاریته‌ی NaNO_3 صفر می‌باشد که در این شرایط مقدار درصد جذب سرب و ظرفیت جذب جاذب به ترتیب برابر ۹۸/۳۱٪ و $24/58 \text{ mg/g}$ است. شرایط بهینه‌ی پارامترها برای جذب سطحی کروم روی گل قرمز نیمه هضم شده در دوز جاذب 10 g/L ، غلظت اولیه‌ی کروم 1 mg/L ، pH=۷/۵، زمان تماس ۸۰ دقیقه، دمای $23/5^\circ\text{C}$ و در حضور یا عدم حضور NaNO_3 در غلظت‌های تست شده می‌باشد. در شرایط ذکر شده حداکثر میزان جذب کروم ۴۹/۶۰٪ و ظرفیت جذب جاذب برای کروم هم برابر $0/49 \text{ mg/g}$ است. مقادیر بهینه‌ی هر پارامتر برای جذب سطحی سرب توسط گل آخرای هرمز هم در دوز جاذب 6 g/L ، غلظت اولیه‌ی سرب 150 mg/L ، pH=۵/۵، زمان تماس ۵ دقیقه، اندازه‌ی ذرات بین ۸۰-۱۲۰ مش (۱۲۵ تا ۱۷۷ میکرون)، مولاریته‌ی NaNO_3 صفر و دمای 25°C می‌باشد که در این شرایط ۹۵/۳۳٪ از سرب را جذب می‌کند و مقدار میلی گرم سرب جذب شده روی هر گرم از گل آخرا یا ظرفیت جذب جاذب برابر $23/83 \text{ mg/g}$ می‌باشد. برای نانوذره‌ی گوتیت (با قطر ۷۱ نانومتر)، مقادیر بهینه‌ی پارامترها برای عنصر سرب در دوز جاذب 6 g/L ، غلظت اولیه 120 mg/L ، pH=۵، زمان تماس ۶۰ دقیقه و دمای محیط ($23-25^\circ\text{C}$) و برای عنصر کروم در دوز جاذب 8 g/L ، غلظت اولیه‌ی 5 mg/L ، pH=۲، زمان تماس ۸۰ دقیقه و در

دمای محیط به دست آمد. در این شرایط درصد جذب و ظرفیت جذب برای عنصر سرب به ترتیب برابر ۹۹/۴۹٪ و mg/g و ۱۹/۹۰ و برای عنصر کروم به ترتیب برابر ۹۷/۱۰٪ و mg/g ۰/۶۱ می باشد. جهت مطالعه‌ی مکانسیم جذب، ایزوترم‌های جذب لانگمویر و فروندلیچ هم برای هر جاذب و عنصر به طور جداگانه رسم شد. بررسی‌ها نشان داد که جذب سطحی سرب و کروم روی گوتیت طبیعی از ایزوترم لانگمویر پیروی کرده و بنابراین جذب سطحی آن‌ها به صورت تک لایه و یکنواخت است. جذب سطحی سرب توسط SDRM از ایزوترم فروندلیچ پیروی کرده و بر این اساس جذب سرب روی آن چند لایه و به صورت ناهمگن و نامحدود است ولی جذب سطحی کروم توسط آن به وسیله‌ی ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ قابل تفسیر نیست. بررسی ایزوترم‌های لانگمویر و فروندلیچ گل آخراً هم نشان می‌دهد که مکانسیم جذب سرب روی آن ترکیبی از هر دو مدل می‌باشد و این فرآیند تقریباً از هر دو مدل پیروی می‌کند. آزمایشات انجام شده نشان داده که تمامی جاذب‌های استفاده شده قابلیت بالایی برای جذب سرب از محلول‌های آبی دارند ولی قابلیت گل قرمز نیمه هضم شده بیش‌تر از سایر جاذب‌ها است. به جز گل آخرای هرمز که قادر به جذب کروم از آب نیست، جاذب‌های دیگر می‌توانند اکسی‌آنیون‌های کروم را از آب در غلظت‌های کم جذب و حذف کنند. اما در بین همه‌ی آن‌ها نانوذره‌ی گوتیت کارآیی بهتری دارد.

کلمات کلیدی: اکسید آهن، جذب سطحی، سرب، کروم.

فهرست مطالب

۱- فصل اول - کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- بیان مسئله و تبیین موضوع.....	۳
۱-۲-۱- تعریف جذب سطحی.....	۳
۱-۲-۲- پارامترهای مؤثر در جذب.....	۴
۱-۲-۳- انواع کمپلکس‌ها در جذب سطحی.....	۴
۱-۲-۴- ایزوترم‌های جذب.....	۷
۱-۲-۴-۱- مدل لانگمویر.....	۸
۱-۲-۴-۲- مدل فروندلیچ.....	۸
۱-۲-۵- ژئوشیمی عنصر کروم.....	۹
۱-۲-۵-۱- شیمی محیط‌زیست کروم شش ظرفیتی (Cr^{6+}).....	۱۰
۱-۲-۵-۲- آثار منفی کروم شش ظرفیتی.....	۱۲
۱-۲-۵-۳- منابع کروم.....	۱۳
۱-۲-۶- ژئوشیمی عنصر سرب.....	۱۳
۱-۲-۶-۱- شیمی معدنی سرب در آب.....	۱۴
۱-۲-۶-۲- اثرات منفی سرب.....	۱۶
۱-۲-۷- اکسیدهای آهن.....	۱۶
۳- اهداف تحقیق.....	۱۷
۴- ضرورت انجام تحقیق.....	۱۸
۵- پیشینه‌ی تحقیق.....	۱۸
۶- مراحل انجام تحقیق.....	۲۱
۷- سازمان‌بندی پایان‌نامه.....	۲۲
۲- فصل دوم- کانی‌شناسی اکسیدهای آهن و خصوصیات جاذب‌ها.....	۲۴

۲۵	۱-۲- مقدمه
۲۸	۲-۲- خصوصیات عمومی اکسیدهای آهن
۲۸	۱-۲-۲- گوتیت (Goethite)
۲۹	۲-۲-۲- لپیدوکروزیت (Lepidocrocite)
۲۹	۳-۲-۲- آکاگانیت (Akaganeite)
۳۰	۴-۲-۲- شرتمانیت (Schwertmannite)
۳۰	۵-۲-۲- فروکسیهیت (Froxyhyte)
۳۱	۶-۲-۲- فریهیدریت (Ffrihydrite)
۳۱	۷-۲-۲- هماتیت (Hematite)
۳۱	۸-۲-۲- مگنتیت (Magnetite)
۳۲	۹-۲-۲- مگهمیت (Magnetite)
۳۴	۱۰-۲-۲- سایر اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن
۳۷	۳-۲- تشکیل اکسیدهای آهن
۳۷	۱-۳-۲- گوتیت
۳۷	۲-۳-۲- هماتیت
۳۸	۳-۳-۲- روش‌های مصنوعی تشکیل اکسیدهای آهن
۳۸	۴-۲- تغییر شکل (Transformation) اکسیدهای آهن
۴۱	۵-۲- جذب یون‌ها و مولکول‌ها بر روی اکسیدهای آهن
۴۲	۱-۵-۲- جذب سطحی آنیون‌ها روی اکسیدهای آهن
۴۵	۲-۵-۲- روش‌های هم‌آرایی روی اکسیدهای آهن
۴۷	۱-۲-۵-۲- جذب سطحی کرومات (Cr^{6+}) روی اکسیدهای آهن
۴۸	۳-۵-۲- جذب کاتیون‌ها روی اکسیدهای آهن
۵۰	۶-۲- مقایسه‌ی مزایا و معایب جاذب‌ها و رزین‌های تبادل یونی رایج در بازار

۵۱	۳- فصل سوم- مواد و روش ها
۵۲	۳-۱- مقدمه
۵۲	۳-۱-۱- روش های مورد استفاده برای شناخت جاذب ها
۵۲	۳-۱-۱-۱- روش پراش پرتوی ایکس یا XRD
۵۲	۳-۱-۱-۲- روش طیف نگاری فلئورسانس اشعه ی ایکس یا XRF
۵۳	۳-۱-۱-۳- روش طیف سنجی فوریه ی مادون قرمز یا FTIR
۵۴	۳-۱-۱-۴- آنالیز اندازه ی ذرات و اندازه گیری پتانسیل زتا با استفاده از دستگاه DLS
۵۸	۳-۱-۱-۵- میکروسکوپ الکترونی روبشی یا SEM
۵۸	۳-۱-۲- روش های مورد استفاده جهت تعیین مقدار عناصر در محلول ها
۵۸	۳-۱-۲-۱- جذب اتمی یا AAS
۵۹	۳-۲- آزمایشات جذب
۵۹	۳-۲-۱- تهیه ی جاذب ها
۵۹	۳-۱-۱-۲- جاذب های طبیعی
۶۰	۳-۲-۱-۲- جاذب های سنتزی
۶۴	۳-۲-۲- محلول سازی
۶۴	۳-۲-۲-۱- محلول سازی کروم شش ظرفیتی (Cr^{6+})
۶۵	۳-۲-۲-۲- محلول سازی سرب (Pb^{2+})
۶۵	۳-۲-۲-۳- محلول های تنظیم pH
۶۵	۳-۲-۳- آزمایشات جذب سطحی
۶۵	۳-۲-۳-۱- روش آزمایش
۷۰	۳-۲-۳-۲- وسایل و مواد استفاده شده در آزمایشات انجام شده
۷۲	۴- فصل چهارم- نتایج آنالیز جاذب ها و آزمایشات جذب
۷۳	۴-۱- مقدمه
۷۳	۴-۲- بررسی جاذب های مورد مطالعه
۷۳	۴-۲-۱- کانی گوتیت طبیعی
۷۳	۴-۲-۱-۱- آنالیز XRD نمونه ی گوتیت

۷۴	..... ۲-۱-۲-۴ آنالیز XRF نمونه‌ی گوتیت
۷۵	..... ۳-۱-۲-۴ آنالیز FTIR نمونه‌ی گوتیت
۷۶	..... ۴-۱-۲-۴ تصاویر SEM از نمونه‌ی گوتیت
۷۷	..... ۵-۱-۲-۴ آنالیز پتانسیل زتای نمونه‌ی گوتیت
۷۸	..... ۶-۱-۲-۴ آنالیز اندازه‌ی ذرات نمونه‌ی گوتیت
۷۹	..... ۲-۲-۴ گل قرمز نیمه هضم شده (SDRM)
۷۹	..... ۱-۲-۲-۴ مقدمه‌ای درباره‌ی گل قرمز
۸۰	..... ۲-۲-۲-۴ آنالیز XRD گل قرمز خام و نیمه هضم شده
۸۱	..... ۳-۲-۲-۴ آنالیز XRF گل قرمز خام و نیمه هضم شده
۸۲	..... ۴-۲-۲-۴ آنالیز FTIR گل قرمز خام و نیمه هضم شده
۸۳	..... ۵-۲-۲-۴ تصاویر SEM گل قرمز خام و نیمه هضم شده
۸۵	..... ۶-۲-۲-۴ آنالیز پتانسیل زتای گل قرمز خام و نیمه هضم شده
۸۶	..... ۷-۲-۲-۴ آنالیز اندازه‌ی ذرات گل قرمز نیمه هضم شده
۸۷	..... ۳-۲-۴ گل آخرای جزیره‌ی هرمز
۸۷	..... ۱-۳-۲-۴ آنالیز XRD نمونه‌ی گل آخرای جزیره‌ی هرمز
۸۸	..... ۲-۳-۲-۴ آنالیز XRF نمونه‌ی گل آخرای جزیره‌ی هرمز
۸۹	..... ۳-۳-۲-۴ آنالیز FTIR گل آخرای جزیره‌ی هرمز
۹۰	..... ۴-۳-۲-۴ تصاویر SEM نمونه‌ی گل آخرای جزیره‌ی هرمز
۹۱	..... ۵-۳-۲-۴ آنالیز پتانسیل زتای گل آخرای جزیره‌ی هرمز
۹۱	..... ۶-۳-۲-۴ آنالیز اندازه‌ی ذرات گل آخرای جزیره‌ی هرمز
۹۲	..... ۴-۲-۴ نانوذره‌ی گوتیت سنتزی
۹۲	..... ۱-۴-۲-۴ آنالیز XRD نانوذره‌ی گوتیت
۹۳	..... ۲-۴-۲-۴ آنالیز FTIR نانوذره‌ی گوتیت
۹۴	..... ۳-۴-۲-۴ تصاویر SEM نانوذره‌ی گوتیت
۹۵	..... ۴-۴-۲-۴ آنالیز پتانسیل زتای نانوذره‌ی گوتیت
۹۶	..... ۵-۴-۲-۴ آنالیز اندازه‌ی ذرات نانوذره‌ی گوتیت
۹۷	..... ۳-۴ آزمایشات جذب

- ۹۷-۳-۴-۱- مقادیر مختلف پارامترها برای آزمایشات جذب سطحی سرب و کروم.....
- ۹۸-۳-۴-۲- آزمایشات جذب سطحی سرب و کروم توسط جاذب گوتیت طبیعی.....
- ۹۸-۳-۴-۱- تأثیر دوز جاذب بر جذب سطحی سرب توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۰۰-۳-۴-۲- تأثیر دوز جاذب بر جذب سطحی کروم توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۰۱-۳-۴-۳- تأثیر غلظت اولیه بر جذب سطحی سرب توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۰۲-۳-۴-۴- تأثیر غلظت اولیه بر جذب سطحی کروم توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۰۳-۳-۴-۵- تأثیر pH بر جذب سطحی سرب توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۰۴-۳-۴-۶- تأثیر pH بر جذب سطحی کروم توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۰۶-۳-۴-۷- تأثیر زمان واکنش بر جذب سطحی سرب توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۰۷-۳-۴-۸- تأثیر زمان واکنش بر جذب سطحی کروم توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۰۸-۳-۴-۹- تأثیر اندازه‌ی ذرات جاذب بر جذب سطحی سرب توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۰۹-۳-۴-۱۰- تأثیر اندازه‌ی ذرات جاذب بر جذب سطحی کروم توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۱۰-۳-۴-۱۱- تأثیر الکترولیت محلول بر جذب سطحی سرب توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۱۲-۳-۴-۱۲- تأثیر الکترولیت محلول بر جذب سطحی کروم توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۱۳-۳-۴-۱۳- ایزوترم‌های جذب سرب توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۱۵-۳-۴-۱۴- ایزوترم‌های جذب کروم توسط گوتیت طبیعی.....
- ۱۱۵-۳-۴-۱۵- تصاویر SEM گوتیت پس از جذب سرب.....
- ۱۱۷-۳-۴-۱۶- تصاویر SEM از گوتیت پس از جذب کروم.....
- ۱۱۹-۳-۴-۳- آزمایشات جذب سطحی سرب و کروم توسط جاذب گل قرمز نیمه هضم شده (SDRM).....
- ۱۱۹-۳-۴-۱- تأثیر دوز جاذب بر جذب سطحی سرب توسط SDRM.....
- ۱۲۰-۳-۴-۲- تأثیر دوز جاذب بر جذب سطحی کروم توسط SDRM.....
- ۱۲۱-۳-۴-۳- تأثیر غلظت اولیه روی جذب سطحی سرب توسط SDRM.....
- ۱۲۲-۳-۴-۴- تأثیر غلظت اولیه روی جذب سطحی کروم توسط SDRM.....
- ۱۲۳-۳-۴-۵- تأثیر pH بر جذب سطحی سرب توسط SDRM.....
- ۱۲۳-۳-۴-۶- تأثیر pH بر جذب سطحی کروم توسط SDRM.....
- ۱۲۴-۳-۴-۷- تأثیر زمان واکنش بر جذب سطحی سرب توسط SDRM.....
- ۱۲۵-۳-۴-۸- تأثیر زمان واکنش روی جذب سطحی کروم توسط SDRM.....
- ۱۲۶-۳-۴-۹- تأثیر الکترولیت محلول بر جذب سطحی سرب توسط SDRM.....

۱۲۷.....	۱۰-۳-۳-۴- تأثیر الکترولیت محلول بر جذب سطحی کروم توسط SDRM
۱۲۹.....	۱۱-۳-۳-۴- ایزوترم‌های جذب سرب توسط SDRM
۱۳۰.....	۱۲-۳-۳-۴- ایزوترم‌های جذب کروم توسط SDRM
۱۳۱.....	۱۳-۳-۳-۴- تصاویر SEM گل قرمز نیمه هضم شده (SDRM) پس از جذب سرب
۱۳۳.....	۱۴-۳-۳-۴- تصاویر SEM گل قرمز نیمه هضم شده (SDRM) پس از جذب کروم
۱۳۵.....	۴-۳-۴- آزمایشات جذب سطحی سرب توسط جاذب گل آخرای هرمز
۱۳۵.....	۱-۴-۳-۴- تأثیر دوز جاذب بر جذب سطحی سرب توسط گل آخرا
۱۳۶.....	۲-۴-۳-۴- تأثیر غلظت اولیه بر جذب سطحی سرب توسط گل آخرا
۱۳۷.....	۳-۴-۳-۴- تأثیر pH بر جذب سطحی سرب توسط گل آخرا
۱۳۸.....	۴-۴-۳-۴- تأثیر زمان واکنش بر جذب سطحی سرب توسط گل آخرا
۱۳۸.....	۵-۴-۳-۴- تأثیر اندازه‌ی ذرات جاذب بر جذب سطحی سرب توسط گل آخرا
۱۳۹.....	۶-۴-۳-۴- تأثیر الکترولیت محلول بر جذب سطحی سرب توسط گل آخرا
۱۴۱.....	۷-۴-۳-۴- ایزوترم‌های جذب سرب توسط گل آخرا
۱۴۲.....	۸-۴-۳-۴- تصاویر SEM گل آخرای هرمز پس از جذب سرب
۱۴۳.....	۵-۳-۴- جذب سرب و کروم توسط نانوذره‌ی گوتیت
۱۴۴.....	۱-۵-۳-۴- تصاویر SEM نانوذره‌ی گوتیت پس از جذب سرب
۱۴۶.....	۲-۵-۳-۴- تصاویر SEM نمونه‌ی نانوذره‌ی گوتیت پس از جذب کروم
۱۴۹.....	۵- فصل پنجم- تجزیه و تحلیل داده‌ها
۱۵۰.....	۱-۵- مقدمه
۱۵۰.....	۲-۵- جذب سطحی سرب توسط گوتیت طبیعی
۱۵۳.....	۳-۵- جذب سطحی کروم شش ظرفیتی توسط گوتیت طبیعی
۱۵۶.....	۴-۵- جذب سطحی سرب توسط گل قرمز نیمه هضم شده (SDRM)
۱۵۸.....	۵-۵- جذب سطحی کروم توسط گل قرمز نیمه هضم شده (SDRM)
۱۶۰.....	۶-۵- جذب سطحی سرب توسط گل آخرای جزیره‌ی هرمز
۱۶۲.....	۷-۵- جذب سرب و کروم توسط نانوذره‌ی گوتیت
۱۶۳.....	۸-۵- مقایسه‌ی جاذب‌ها

۱۶۵.....	۶- فصل ششم - نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۱۶۶.....	۶-۱- نتیجه‌گیری.....
۱۶۹.....	۶-۲- پیشنهادات.....
۱۷۰.....	۷- منابع.....

فهرست شکل‌ها

۵.....	شکل ۱-۱- کمپلکس‌های درون و برون کره‌ای یون مس روی سطح گوتیت (www.agronomy.org).....
--------	---

- شکل ۱-۲- نمای شماتیک ساختمان دولایه بر اساس مدل اشترن توسعه یافته (داوودی و همکاران، ۱۳۹۰)..... ۶
- شکل ۱-۳- نمای شماتیکی از ساختارهای سطحی کروم و آرسنیک بر روی کانی گوتیت (Fendorf *et al.*, 1997)..... ۷
- شکل ۱-۴- دیاگرام Eh-pH عنصر کروم (Vasilatos *et al.*, 2008)..... ۱۱
- شکل ۱-۵- دیاگرام Eh-pH سرب در سیستم Pb-O-H در دمای ۲۵°C و فشار ۱atm (Lovering, 1976)..... ۱۵
- شکل ۱-۶- پایداری و قابلیت انحلال ترکیبات جامد سرب در سیستم Pb-CO₂-S-H₂O در دمای ۲۵°C، فشار ۱atm و قدرت یونی ۰/۰۵ مولار (Lovering, 1976)..... ۵
- شکل ۱-۲- پراکندگی اکسیدهای آهن در سیستم جهانی (Cornell and Schwertmann, 2003)..... ۲۵
- شکل ۲-۲- کاربرد اکسیدهای آهن در علوم مختلف (Cornell and Schwertmann, 2003)..... ۲۶
- شکل ۲-۳- رنگ‌های انواع اکسید و هیدروکسیدهای آهن (برگرفته از Schwertmann و Cornell, ۲۰۰۰)..... ۳۳
- شکل ۲-۴- ساختار چند اکسید و هیدروکسید آهن (برگرفته از Schwertmann و Cornell, ۲۰۰۰)..... ۳۴
- شکل ۲-۵- نمایی شماتیک از نحوه‌ی تشکیل و تبدیل اکسیدهای آهن (Cornell & Schwertmann, 2003)..... ۴۰
- شکل ۲-۶- تأثیر pH روی جذب سطحی انواعی از آنیون‌ها روی گوتیت به همراه یک نمودار مقادیر جذب شده در برابر مقادیر pK_n اسیدهای نسبی (Hingston *et al.*, 1968)، برگرفته از Schwertmann و Cornell (۲۰۰۳)..... ۴۴
- شکل ۲-۷- روش‌های هم‌آرایی لیگاندها بر روی سطح اکسیدهای آهن و روش هم‌آرایی گروه‌های COOH (Cornell & Schwertmann, 2003)..... ۴۶
- شکل ۲-۸- کمپلکس سطحی مربوط به جذب کادمیم روی (a) گوتیت و (b) لپیدوکروزیت. (Manceau *et al.*, 2000)..... ۴۷
- شکل ۲-۹- مقدار جذب کاتیون‌های مختلف بر روی گوتیت و هماتیت در مقابل تغییرات pH (برگرفته از Cornell و Schwertmann, ۲۰۰۳)..... ۵۰
- شکل ۳-۱- نمای شماتیک لایه‌ی بیرونی و درونی (Malvern Instruments, 2008)..... ۵۶
- شکل ۳-۲- نمودار تغییرات پتانسیل زتا بر حسب میلی‌ولت در برابر pH (Malvern Instruments, 2008)..... ۵۷
- شکل ۳-۳- تصاویری از سد باطله کارخانه‌ی آلومینا و موقعیت آن نسبت به شهر جاجرم..... ۶۱
- شکل ۳-۴- تصاویری از مراحل ساخت نانوذره‌ی گوتیت..... ۶۴
- شکل ۳-۵- تصاویری از مراحل آزمایش جذب سطحی..... ۶۹
- شکل ۴-۱- آنالیز XRD نمونه‌ی گوتیت طبیعی..... ۷۴
- شکل ۴-۲- آنالیز FTIR نمونه‌ی گوتیت طبیعی..... ۷۶

- شکل ۳-۴- تصاویر SEM از ذرات نمونه‌ی گوتیت در بزرگنمایی (a) ۱۰۰۰، (b) ۵۰۰۰، (c) ۱۰۰۰۰ و (d) ۵۰۰۰۰ برابر ۷۷.....
- شکل ۴-۴- درصد فراوانی پتانسیل زتای ذرات گوتیت..... ۷۸.....
- شکل ۵-۴- درصد فراوانی اندازه‌ی ذرات جاذب گوتیت..... ۷۹.....
- شکل ۶-۴- آنالیز XRD گل قرمز خام..... ۸۰.....
- شکل ۷-۴- آنالیز XRD گل قرمز نیمه هضم شده (SDRM)..... ۸۱.....
- شکل ۸-۴- نتایج آنالیز FTIR دو نمونه‌ی گل قرمز خام و نیمه هضم شده..... ۸۳.....
- شکل ۹-۴- تصاویر SEM نمونه‌ی گل قرمز خام در بزرگنمایی‌های (a) ۱۰۰۰، (b) ۵۰۰۰، (c) ۱۰۰۰۰ و (d) ۲۰۰،۰۰۰ ۸۴.....
- شکل ۱۰-۴- تصاویر SEM نمونه‌ی گل قرمز نیمه هضم شده در بزرگنمایی‌های (a) ۱۰۰۰، (b) ۵۰۰۰، (c) ۱۰۰۰۰ و (d) ۲۰،۰۰۰..... ۸۵.....
- شکل ۱۱-۴- درصد فراوانی مقادیر پتانسیل زتای (a) گل قرمز خام و (b) گل قرمز نیمه هضم شده..... ۸۶.....
- شکل ۱۲-۴- توزیع اندازه‌ی ذرات جاذب گل قرمز نیمه هضم شده (SDRM)..... ۸۷.....
- شکل ۱۳-۴- آنالیز XRD نمونه‌ی گل آخرای جزیره‌ی هرمز..... ۸۸.....
- شکل ۱۴-۴- آنالیز FTIR نمونه‌ی گل آخرای جزیره‌ی هرمز..... ۸۹.....
- شکل ۱۵-۴- تصاویر SEM ذرات گل آخرا در بزرگنمایی‌های (a) ۱۰۰۰، (b) ۱۰،۰۰۰، (c) ۲۰،۰۰۰ و (d) ۵۰،۰۰۰ برابر ۹۰.....
- شکل ۱۶-۴- توزیع فراوانی پتانسیل زتای ذرات گل آخرا..... ۹۱.....
- شکل ۱۷-۴- توزیع فراوانی اندازه‌ی ذرات جاذب گل آخرای جزیره‌ی هرمز..... ۹۲.....
- شکل ۱۸-۴- آنالیز XRD نمونه‌ی نانوذره‌ی گوتیت..... ۹۳.....
- شکل ۱۹-۴- آنالیز FTIR نمونه‌ی نانوذره‌ی گوتیت..... ۹۴.....
- شکل ۲۰-۴- تصاویر SEM نانوذره‌ی گوتیت در بزرگنمایی‌های (a) ۱۰۰۰، (b) ۵۰۰۰، (c) ۱۰،۰۰۰، (d) ۲۰،۰۰۰ و (e) ۳۰،۰۰۰ و (f) ۵۰،۰۰۰..... ۹۵.....
- شکل ۲۱-۴- توزیع فراوانی پتانسیل زتای ذرات نانوذره‌ی گوتیت..... ۹۶.....
- شکل ۲۲-۴- توزیع فراوانی اندازه‌ی ذرات نانوذره‌ی گوتیت..... ۹۷.....
- شکل ۲۳-۴- (a) تأثیر دوز جاذب گوتیت بر درصد جذب سرب و (b) تأثیر دوز جاذب بر ظرفیت جذب گوتیت..... ۹۹.....

- شکل ۴-۲۴- (a) تأثیر دوز جاذب بر درصد جذب کروم توسط گوتیت طبیعی، (b) تأثیر دوز جاذب بر ظرفیت جذب کروم توسط گوتیت طبیعی..... ۱۰۱
- شکل ۴-۲۵- (a) تأثیر غلظت اولیه‌ی سرب بر میزان درصد جذب، (b) تأثیر غلظت اولیه‌ی سرب بر میزان ظرفیت جذب سرب توسط گوتیت طبیعی..... ۱۰۲
- شکل ۴-۲۶- (a) تأثیر غلظت اولیه‌ی کروم بر درصد جذب آن توسط گوتیت طبیعی، (b) تأثیر غلظت اولیه‌ی کروم بر ظرفیت جذب آن توسط گوتیت طبیعی..... ۱۰۳
- شکل ۴-۲۷- (a) تأثیر pH محلول بر درصد جذب سرب و (b) تأثیر pH محلول بر کیفیت جذب سرب روی گوتیت طبیعی..... ۱۰۴
- شکل ۴-۲۸- (a) تأثیر pH محلول روی درصد جذب کروم توسط گوتیت طبیعی، (b) تأثیر pH محلول روی ظرفیت جذب کروم توسط گوتیت طبیعی..... ۱۰۵
- شکل ۴-۲۹- (a) تأثیر زمان تماس بر جذب سرب توسط گوتیت، (b) تأثیر زمان تماس بر ظرفیت جذب سرب توسط گوتیت طبیعی..... ۱۰۷
- شکل ۴-۳۰- (a) تأثیر زمان واکنش بر درصد جذب کروم توسط گوتیت طبیعی، (b) تأثیر زمان واکنش بر ظرفیت جذب کروم توسط گوتیت طبیعی..... ۱۰۸
- شکل ۴-۳۱- (a) تأثیر اندازه‌ی ذرات گوتیت بر درصد جذب سرب، (b) تأثیر اندازه‌ی ذرات گوتیت بر ظرفیت جذب سرب توسط گوتیت..... ۱۰۹
- شکل ۴-۳۲- (a) تأثیر اندازه‌ی ذرات جاذب بر جذب کروم توسط گوتیت طبیعی، (b) تأثیر اندازه‌ی ذرات جاذب بر ظرفیت جذب کروم توسط گوتیت طبیعی..... ۱۱۰
- شکل ۴-۳۳- (a) تأثیر الکترولیت محلول بر درصد جذب سرب توسط گوتیت، (b) تأثیر الکترولیت محلول بر ظرفیت جذب سرب توسط گوتیت طبیعی..... ۱۱۱
- شکل ۴-۳۴- (a) تأثیر الکترولیت محلول بر هدایت الکتریکی (EC) محلول، (b) تأثیر هدایت الکتریکی محلول بر درصد جذب سرب توسط گوتیت طبیعی..... ۱۱۱
- شکل ۴-۳۵- (a) افزایش EC محلول با افزایش مولاریته‌ی NaNO_3 در محلول، (b) تأثیر EC محلول بر درصد جذب کروم توسط گوتیت طبیعی..... ۱۱۳
- شکل ۴-۳۶- (a) تأثیر مولاریته‌ی NaNO_3 بر درصد جذب سطحی کروم توسط گوتیت طبیعی، (b) تأثیر مولاریته‌ی NaNO_3 بر ظرفیت جذب کروم توسط گوتیت طبیعی..... ۱۱۳
- شکل ۴-۳۷- (a) ایزوترم لانگمویر برای جذب سرب روی گوتیت طبیعی، (b) ایزوترم فروندلیچ برای جذب سرب روی گوتیت طبیعی..... ۱۱۴

- شکل ۴-۳۸- (a) ایزوترم لانگمویر جذب کروم توسط جاذب گوتیت طبیعی، (b) ایزوترم فروندلیچ جذب کروم توسط جاذب گوتیت طبیعی..... ۱۱۵
- شکل ۴-۳۹- تصاویر SEM نمونه‌ی گوتیت طبیعی پس از جذب سرب در بزرگنمایی‌های (a) ۱۰۰۰، (b) ۵۰۰۰، (c) ۱۰,۰۰۰ و (d) ۲۰,۰۰۰..... ۱۱۶
- شکل ۴-۴۰- آنالیز EDS نمونه‌ی گوتیت در دو نقطه‌ی متفاوت..... ۱۱۷
- شکل ۴-۴۱- تصاویر SEM گرفته شده از نمونه‌ی گوتیت پس از جذب کروم در بزرگنمایی‌های (a) ۱۰۰۰، (b) ۵۰۰۰، (c) ۱۰۰۰۰ و (d) ۲۰۰۰۰ برابر..... ۱۱۸
- شکل ۴-۴۲- آنالیز EDS انجام شده روی نمونه‌ی گوتیت پس از جذب کروم..... ۱۱۸
- شکل ۴-۴۳- (a) تأثیر دوز جاذب بر درصد جذب سرب توسط گل قرمز نیمه هضم شده، (b) تأثیر دوز جاذب بر ظرفیت جذب سرب توسط گل قرمز نیمه هضم شده..... ۱۱۹
- شکل ۴-۴۴- (a) تأثیر دوز جاذب بر درصد جذب کروم توسط SDRM، (b) تأثیر دوز جاذب بر ظرفیت جذب کروم توسط SDRM..... ۱۲۰
- شکل ۴-۴۵- (a) تأثیر غلظت اولیه‌ی سرب بر درصد جذب سرب توسط گل قرمز نیمه هضم شده، (b) تأثیر غلظت اولیه‌ی سرب بر ظرفیت جذب سرب توسط گل قرمز نیمه هضم شده..... ۱۲۱
- شکل ۴-۴۶- (a) تأثیر غلظت اولیه‌ی کروم بر درصد جذب کروم توسط SDRM، (b) تأثیر غلظت اولیه‌ی کروم بر ظرفیت جذب کروم توسط SDRM..... ۱۲۲
- شکل ۴-۴۷- (a) تأثیر pH محلول بر درصد جذب سرب توسط SDRM، (b) تأثیر pH بر ظرفیت جذب سرب توسط SDRM..... ۱۲۳
- شکل ۴-۴۸- (a) تأثیر pH بر درصد جذب کروم روی SDRM، (b) تأثیر pH بر ظرفیت جذب کروم توسط SDRM..... ۱۲۴
- شکل ۴-۴۹- (a) تأثیر زمان واکنش بر درصد جذب سرب توسط SDRM، (b) تأثیر زمان بر ظرفیت جذب سرب توسط SDRM..... ۱۲۵
- شکل ۴-۵۰- (a) تأثیر زمان بر درصد جذب کروم توسط SDRM، (b) تأثیر زمان بر ظرفیت جذب کروم توسط SDRM..... ۱۲۶
- شکل ۴-۵۱- (a) تأثیر الکترولیت محلول بر درصد جذب سرب توسط SDRM، (b) تأثیر الکترولیت محلول بر ظرفیت جذب سرب توسط SDRM..... ۱۲۷
- شکل ۴-۵۲- (a) تأثیر مولاریته‌ی NaNO_3 بر هدایت الکتریکی (EC) محلول، (b) تأثیر هدایت الکتریکی محلول بر درصد جذب سرب توسط SDRM..... ۱۲۷

- شکل ۴-۵۳- (a) تأثیر مولاریته‌ی NaNO_3 روی EC محلول، (b) تأثیر EC محلول روی درصد جذب کروم توسط SDRM.....۱۲۸
- شکل ۴-۵۴- (a) تأثیر مولاریته‌ی NaNO_3 بر درصد جذب کروم توسط SDRM، (b) تأثیر مولاریته‌ی NaNO_3 بر ظرفیت جذب کروم توسط SDRM.....۱۲۸
- شکل ۴-۵۵- (a) ایزوترم لانگمویر جذب سرب توسط جاذب SDRM، (b) ایزوترم فروندلیچ جذب سرب توسط جاذب SDRM.....۱۲۹
- شکل ۴-۵۶- (a) ایزوترم لانگمویر جذب کروم بر روی SDRM، (b) ایزوترم فروندلیچ جذب کروم بر روی SDRM.....۱۳۰
- شکل ۴-۵۷- تصاویر SEM گرفته شده از جاذب SDRM پس از تست جذب در بزرگنمایی‌های (a) ۱۰۰۰، (b) ۵۰۰۰، (c) ۱۰۰۰۰ و (d) ۲۰۰۰۰.....۱۳۱
- شکل ۴-۵۸- تصاویر SEM و آنالیز EDS انجام شده روی نمونه‌ی گل قرمز نیمه هضم شده (SDRM).....۱۳۲
- شکل ۴-۵۹- تصاویر SEM گل قرمز نیمه هضم شده در بزرگنمایی‌های (a) ۱۰۰۰، (b) ۵۰۰۰، (c) ۱۰۰۰۰ و (d) ۲۰۰۰۰.....۱۳۳
- شکل ۴-۶۱- (a) تأثیر دوز جاذب بر درصد جذب سرب، (b) تأثیر دوز جاذب بر ظرفیت جذب سرب توسط گل آخرای هرمز.....۱۳۵
- شکل ۴-۶۲- (a) تأثیر غلظت اولیه‌ی سرب بر درصد جذب سرب توسط گل آخرا، (b) تأثیر غلظت اولیه‌ی سرب بر ظرفیت جذب سرب توسط گل آخرا.....۱۳۶
- شکل ۴-۶۳- (a) تأثیر pH بر درصد جذب سرب توسط گل آخرا، (b) تأثیر pH بر ظرفیت جذب سرب توسط جاذب گل آخرا.....۱۳۷
- شکل ۴-۶۴- (a) تأثیر زمان بر درصد جذب سرب توسط گل آخرا، (b) تأثیر زمان بر ظرفیت جذب سرب توسط گل آخرا.....۱۳۸
- شکل ۴-۶۵- (a) تأثیر اندازه‌ی ذرات جاذب بر درصد جذب سرب، (b) تأثیر اندازه‌ی ذرات جاذب بر ظرفیت جذب جاذب گل آخرا.....۱۳۹
- شکل ۴-۶۶- (a) تأثیر مولاریته‌ی NaNO_3 بر EC محلول، (b) تأثیر EC محلول بر درصد جذب سرب توسط گل آخرای هرمز.....۱۴۰
- شکل ۴-۶۷- (a) تأثیر مولاریته‌ی NaNO_3 بر درصد جذب سرب، (b) تأثیر مولاریته‌ی NaNO_3 بر ظرفیت جذب جاذب گل آخرا.....۱۴۰
- شکل ۴-۶۸- (a) ایزوترم لانگمویر جذب سرب توسط جاذب گل آخرا، (b) ایزوترم فروندلیچ جذب سرب توسط جاذب گل آخرا.....۱۴۱