



دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده علوم پایه

گروه زمین شناسی

پایان نامه جهت دریافت دکتری زمین شناسی

گرایش رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی

## **رسوب شناسی و ژئوشیمی رسوبات هولوسن خلیج گرگان در جنوب شرق خزر**

**اساتید راهنما**

**دکتر رضا موسوی حرمی**

**دکتر حمید لاهیجانی**

**استاد مشاور**

**دکتر اسد ا... محبوبی**

**نگارش**

**آرش امینی**

تیر ماه 1391

## تعهد نامه

### عنوان رساله : رسوب شناسی و ژئوشیمی رسوبات هولوسن خلیج گرگان در جنوب شرق خزر

اینجانب آرش امینی دانشجوی دوره دکتری رشته رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی به شماره دانشجویی 8616334024 دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده رساله دکتری تخصصی (PHD) تحت راهنمایی آقایان دکتر رضا موسوی حرمی و دکتر حمید لاهیجانی متعهد می شوم :

- تحقیقات در این رساله توسط اینجانب انجام شده 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 این رساله تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی به جایی ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد است و مقالات استخراج شده از آن با نام « دانشگاه فردوسی مشهد » و یا « Ferdowsi University of Mashhad (FUM) » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی رساله تاثیرگذار بوده اند در مقالات استخراج شده از آن رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آنها) استفاده شده، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

#### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات استخراج شده، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد است. این مطالب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این رساله بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

## چکیده

خلیج گرگان با مساحت حدود 450 کیلومتر مربع در تراز ارتفاعی 26/5- متر از سطح دریا، در جنوب شرقی دریای خزر قرار دارد و با توسعه سیستم سدی ساحلی میانکاله در ابتدای هولوسن تشکیل شده است. مطالعات رسوب شناسی در منطقه مورد مطالعه توسط بررسی 422 نمونه از رسوبات سطحی و زیر سطحی ( مغزه و ترانشه) انجام شده است. هدف اصلی از این مطالعه بررسی فرایندهای رسوبگذاری در رسوبات هولوسن خلیج گرگان و مکانیسم شکل گیری سیستم سدی ساحلی میانکاله بوده است. معیار اصلی برای انتخاب محل مغزه ها و ترانشه ها بر اساس نتایج به دست آمده از پیمایش 8 نیمرخ رادار نفوذکننده زمین (GPR) در حاشیه جنوبی و شرقی خلیج گرگان و 12 نیمرخ رادار نفوذ کننده زمین در میانکاله به طول کل 4088/5 متر و در راستای موازی و عمود بر خط ساحلی است. آزمایش های دانه سنجی بر روی 122 نمونه ماسه ای و 300 نمونه گلی به وسیله Lazer Particle Sizer انجام گردید. کلسی متری و اندازه گیری مقدار کربن آلی کل (TOC) برای تمام نمونه ها انجام شده در حالیکه آزمایش های ژئوشیمی رسوبی با استفاده از روش XRF و XRD و شناسایی فرم و نحوه ارتباط و جنس دانه ها به وسیله SEM مجهز به EDX در نمونه های منتخب انجام گردید. ماکروفسیل های اصلی منطقه در قالب 5 گونه گاستروپود و 4 گونه دوکفه ای شناسایی شد و سن مطلق توسط 6 عدد نمونه به روش کربن 14 تعیین شد.

نتایج به دست آمده از بررسی تپه های ماسه ای ساحلی میانکاله نشان می دهد تپه های ماسه ای سهمی شکل بیشترین فراوانی را داشته و از زیرگروه های این نوع تپه های ماسه ای از نظر شکل به ترتیب تپه های ماسه ای هلالی 45٪، تپه های ماسه ای نیم دایره ای 30٪، تپه های ماسه ای شن کش مانند 15٪ و هر کدام از تپه های ماسه ای آشیانه ای و تپه های ماسه ای مدل سنجاق مو با 5٪ فراوانی گسترش دارند. آنالیز دانه سنجی رسوبات تپه های ماسه ای ساحلی در یال های خلاف جهت باد و جهت باد در مناطق مختلف میانکاله نشان می دهد آنها از جور شدگی بسیار خوب، کج شدگی مثبت و کشیدگی لپتوکورتیک برخوردار می باشند. معدل شاخص آلتراسیون شیمیایی (CIA) در تپه های ماسه ای ساحلی میانکاله 63/95 است که نسبت به سایر تپه های ماسه ای ساحلی در دنیا بالاتر است که این مورد را می توان به اقلیم گرم و مرطوب و محتوای کانی شناسی منطقه مرتبط دانست. درصد  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و  $\text{MgO}$  در نمونه های تپه های ماسه ای سیستم سدی ساحلی میانکاله از غرب به شرق کاهش می یابد که تاییدی بر تاثیر جریان های به موازات ساحل از غرب به شرق و رسوب کانی های سنگین تر در نزدیکی منشاء می باشد.

31 نیکا در 4 ناحیه واقع در سیستم سدی ساحلی میانکاله بر مبنای تمرکز نیکا در واحد سطح، درصد پایداری و استقرار نیکا، ارتفاع نیکا و پوشش گیاهی غالب در آنها طبقه بندی شده است. اندازه گیری پارامترهای بافتی مانند میانگین، جورشدگی، کج شدگی و کشیدگی نیکاهای مورد مطالعه دلالت بر شباهت آنها با تپه های ماسه ای سهمی شکل منطقه دارد. بررسی مورفومتری نیکاهای مورد مطالعه نشان می دهد که همبستگی بین طول محورهای کوتاه و بلند قابل توجه است ( $R= 0/78$ ). همچنین همبستگی قابل قبولی بین ارتفاع و محور بلند در نیکاهای اندازه گیری شده منطقه وجود دارد ( $0/63$ ) ( $R=$

نیمرخ رادار نفوذ کننده زمین (GPR) شماره های 18 و 19 به طول 370 متر در حاشیه جنوبی و شرقی خلیج گرگان و نیمرخ های شماره 12، 13، 14، 15، 17، 26، 29 و 30 به طول 2361 متر در سیستم سدی میانکاله مناسب ترین نیمرخ ها برای تعبیر و تفسیر زمین شناسی و تعیین رخساره های رادار در منطقه هستند. این در حالی است که ریز بودن رسوبات،

فراوانی رس و همچنین بالا بودن سطح آب زیر زمینی باعث شده که استفاده مطلوب از برخی نیمرخ ها امکان پذیر نباشد. بررسی طولانی ترین نیمرخ رادار نفوذ کننده زمین در کل محدوده مطالعه ( نیمرخ خادملو) به طول 1480 متر از دریای خزر تا خلیج گرگان و حفاری 6 مغزه کوتاه و 3 ترانشه بر روی آن منجر به شناسایی 8 رخساره و 6 زیر رخساره راداری در منطقه شده است. شیب به سمت ساحل بازتاب ها در بیشتر رخساره های رادار و مشاهده توالی های درشت شونده به طرف بالا در 7 مغزه و ترانشه مورد مطالعه نشانه وجود پیشروی سیستم سدی ساحلی به سمت دریا ( سدهای پیشرونده) دارد. وجود رخساره رادار کننده شدگی و پرشدگی ( Cut and fill) به همراه رخساره رادار Swash Bar در مقطع غرب آشوراده و نیمرخ شماره 29 و مشاهده الگوی کلی بازتاب ها به سمت خشکی رخساره راداری و تفاوت آن با الگوی کلی رخساره های رادار در سایر بخش های میانکاله احتمالاً به این دلیل است که این بخش در گذشته به صورت یک جزیره منفصل از میانکاله با رژیم هیدرودینامیکی متفاوت و تحت تاثیر شدید امواج بوده است که شکل گیری این جزیره با بررسی نقشه های جغرافیایی دیرینه منطقه تایید می شود.

نتایج به دست آمده از تغییرات رخساره ای ( بافت ، ساختمان، رنگ و محتوای فسیلی) رسوبات هولوسن خلیج گرگان در قالب سه مغزه بلند نشانه تناوبی از رسوبگذاری رسوبات دریایی کم عمق، رودخانه ای، دریاچه ای، مردابی و سیستم سدی ساحلی در منطقه است. این در حالی است که مغزه های قره سو و شاه کیله کاملاً با یکدیگر قابل انطباق هستند ولی در مغزه جنوب نیروگاه نکا، الگوی رسوبگذاری متفاوت بوده و تعیین سن انجام شده در انتهای مغزه در فاصله 19/17 متر از سطح زمین 2225 سال را نشان می دهد که تنها هولوسن فوقانی را در بر می گیرد و با دو مغزه دیگر قابل انطباق نیست. سیستم سدی ساحلی میانکاله با توجه به ویژگی های زمین شناسی مانند مشاهده توالی های درشت شونده به طرف بالا، فراوانی ماسه های دانه ریز، وضعیت ژئومورفولوژی و خصوصاً رخساره های رادار شناسایی شده براساس طبقه بندی های مختلف جزو گروه سدهای پیشرونده (Progradational barriers)، پشته های ساحلی پیچیده (Beach ridge complex) و دماغه سدی پیچیده (Barrier spit complex) قابل طبقه بندی هستند. شواهد ژئومورفولوژیکی و زمین شناسی وجود 8 فاز رشد را از ابتدای هولوسن تا به حال برای تکامل سیستم سدی ساحلی میانکاله تایید می نماید که با فرض ثابت بودن رسوب انتقالی توسط جریان های به موازات ساحل در طول هولوسن ( 58000 متر مکعب در سال)، این سیستم در طی 13071 سال معادل 790944660 مترمکعب رسوب را در خود ذخیره نموده است.

از دیدگاه زمین شناسی، بسته شدن خلیج گرگان و تغییرات سریع سطح دریای خزر دو سناریویی است که به شدت آینده خلیج گرگان را تهدید می نماید. همچنین احداث بندر امیر آباد و توسعه موج شکن ها و تاسیسات بندری آن در دهه گذشته باعث فرسایش پذیری و تغییر مکان خط ساحلی شده که نتیجه آن به از بین رفتن بخشی از تپه های ماسه ای ساحلی شرق بندر امیر آباد منجر شده است که پیشنهاد می شود با ارایه الگوهای مدیریتی به سرعت از گسترش تخریب در مناطق مجاور جلوگیری شود.

**کلمات کلیدی:** خلیج گرگان ، میانکاله ، رسوب شناسی، نرخ رسوبگذاری، تپه های ماسه ای ساحلی ، نیکا ، نیمرخ رادار نفوذ کننده زمین، رخساره رادار، طبقه بندی سیستم سدی ساحلی، تکامل سیستم سدی ساحلی

## فهرست مطالب

### فصل اول : کلیات

- 1-1 مقدمه ..... 2
- 1-2 موقعیت جغرافیایی ..... 3
- 1-3 آب و هوا ..... 6
- 1-3-1 تاثیر عملکرد باد در منطقه ..... 8
- 1-3-1-1 بادهای دریا به خشکی ..... 9
- 1-3-1-2 جریانهای هوای سرد قطبی ..... 9
- 1-3-1-3 جریانهای ناشی از سیستمهای کم فشار ..... 9
- 1-3-2 تاثیر عملکرد امواج در منطقه ..... 13
- 1-3-3 هیدرودینامیک منطقه ..... 16
- 1-4 فیزیوگرافی ..... 16
- 1-5 هیدرولوژی و بیلان آب و رسوب ..... 19
- 1-5-1 زیر حوضه های خلیج گرگان و نکارود ..... 20
- 1-5-2 زیر حوضه میانکاله ..... 21
- 1-5-3 مجموعه آبی خلیج گرگان ..... 22
- 1-6 زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه ..... 23
- 1-7 وضعیت ساختاری و تحلیل حوضه رسوبی ..... 33
- 1-7-1 گسله ها و چین ها ..... 33
- 1-7-2 لرزه خیزی ..... 34
- 1-7-3 تحلیل حوضه رسوبی خزر جنوبی در محدوده مورد مطالعه ..... 35
- 1-8 ضرورت و اهداف پژوهش ..... 39
- 1-8-1 فرضیات ..... 39
- 1-8-2 اهداف ..... 40
- 1-9 روش پژوهش ..... 40
- 1-9-1 آزمایش رسوبات سطحی ..... 40
- 1-9-2 استفاده از رادارهای نفوذکننده زمین ..... 41

- 41..... 1-9-3 آزمایش رسوبات مغزه ها و ترانسه ها
- 42..... 1-9-4 تجزیه و تحلیل ، نتیجه گیری و پیشنهادات
- 45..... 1-10-10 مطالعه پیشین
- 45..... 1-10-1 مطالعات منطقه ای
- 46..... 1-10-2 مطالعات ناحیه ای - خزر جنوبی
- 47..... 1-10-3 مطالعات خزر میانی و شمالی
- 47..... 1-10-4 مطالعات با مقیاس جهانی

### فصل دوم : رسوبات بادی و تپه های ماسه ای هولوسن خلیج گرگان

- 50..... 2-1 مقدمه
- 53..... 2-2 رسوب شناسی تپه های ماسه ای سهمی شکل
- 57..... 2-3 ژئومورفولوژی تپه های ماسه ای سهمی شکل
- 60..... 2-4-1 کانی شناسی و ژئوشیمی
- 60..... 2-4-1-1 آنالیز مدال و کانی شناسی
- 62..... 2-4-2 آنالیز عناصر اصلی
- 63..... 2-4-3 آنالیز عناصر کمیاب
- 64..... 2-4-4 بحث
- 64..... 2-4-4-1 عناصر اصلی و شاخص آلتراسیون شیمیایی
- 66..... 2-4-4-2 کانی های سنگین
- 68..... 2-4-4-3 عناصر کمیاب
- 69..... 2-5-1 نیکاهها
- 70..... 2-5-1-1 طبقه بندی و رسوب شناسی نیکاهها
- 73..... 2-5-2 مورفومتری نیکاهها
- 77..... 2-6 نتیجه گیری

### فصل سوم : رادارهای نفوذکننده زمین (GPR)

- 79..... 3-1 مقدمه

79.....	3-2	روش کار
82.....	3-3	رادارهای نفوذکننده زمین و کاربرد آن در رسوبات ساحلی و بادی
83.....	3-3-1	نگاشت یا ثبت سواحل پیشرونده
84.....	3-3-2	آثار فرسایش در اراضی ساحلی
85.....	3-3-3	تپه های ماسه ای ساحلی
85.....	3-4	مشخصات رادار نفوذکننده زمین در این مطالعه
87.....	3-5	رخساره های رادار و الگوهای منتخب
88.....	3-5-1	رخساره های رادار در سیستم سدهای ساحلی
91.....	3-6	بررسی نیمرخ های رادارهای نفوذکننده به زمین در منطقه مطالعه
93.....	3-6-1	برش قره سو
96.....	3-6-2	برش نوکنده
98.....	3-6-3	برش شاه کیله
100.....	3-6-4	برش هواشناسی امیر آباد
101.....	3-6-5	برش خادملو
104.....	3-6-5-1	رخساره های رادار برش خادملو
108.....	3-6-5-2	رسوب شناسی ترانشه و مغزه ها
127.....	3-6-6	برش غرب آشوراده
129.....	3-7	نتیجه گیری
129.....	3-7-1	تحلیل رخساره های رادار
129.....	3-7-2	تحلیل شرایط رسوب گذاری

#### فصل چهارم : رسوب شناسی رسوبات هولوسن خلیج گرگان

132.....	4-1	مقدمه
135.....	4-2	مغزه قره سو
137.....	4-2-1	توصیف واحد های رسوبی مغزه قره سو
153.....	4-2-2	بحث
156.....	4-3	مغزه شاه کیله
156.....	4-3-1	توصیف واحد های رسوبی مغزه شاه کیله
174.....	4-3-2	بحث

177	4 - 4 مغزه جنوب نیروگاه نکا
177	1 - 4 - 4 توصیف واحد های رسوبی مغزه جنوب نیروگاه نکا
200	2 - 4 - 4 بحث
203	5 - 4 مقایسه رسوب شناسی و محیط رسوبی مغزه های قره سو ، شاه کیله و جنوب نیروگاه نکا
206	6 - 4 تجزیه و تحلیل آماری
206	1 - 6 - 4 روش تجزیه و تحلیل آماری
207	2 - 6 - 4 آنالیزهای آمار توصیفی
210	3 - 6 - 4 ارزیابی مدل
211	4 - 6 - 4 تجزیه و تحلیل روش های آماری
214	7 - 4 نرخ رسوبگذاری در خلیج گرگان و مناطق همجوار
216	1 - 7 - 4 برآورد میزان نرخ رسوبگذاری
218	2 - 7 - 4 مقایسه نرخ رسوبگذاری
220	8 - 4 بررسی نوسانات سطح آب دریا در هولوسن خلیج گرگان
224	9 - 4 نتیجه گیری

#### فصل پنجم : مکانیسم تشکیل سیستم سدی ساحلی میانکاله

226	1 - 5 مقدمه
226	2 - 5 طبقه بندی سیستم های سدی ساحلی
231	3 - 5 مدل تفسیری تکامل سیستم سدی ساحلی میانکاله
234	4 - 5 جایگاه سیستم سدی ساحلی میانکاله
236	5 - 5 طبقه بندی پشته های ساحلی (Beach ridges) میانکاله
237	6 - 5 محاسبه نرخ انتقال رسوبات به موازات ساحل در میانکاله
239	7 - 5 فازهای رشد در سیستم سدی ساحلی میانکاله
241	1 - 7 - 5 فاز اول
241	2 - 7 - 5 فاز دوم
242	3 - 7 - 5 فاز سوم
243	4 - 7 - 5 فاز چهارم
244	5 - 7 - 5 فاز پنجم



245.....	5-7-6 فاز ششم
245.....	5-7-7 فاز هفتم
246.....	5-7-8 فاز هشتم
249.....	5-8-8 تلفیق STA (Sediment Trend Analysis) و شوری قدیمی در شکل گیری رسوبات هولوسن منطقه
253.....	5-8-1 برقراری ارتباط دریای خزر با دریای سیاه و تغییرات هولوسن منطقه با در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی، منطقه ای و جهانی
254.....	5-9-9 سناریوهای آینده خلیج گرگان
254.....	5-9-1 تغییرات تراز سطح دریا
257.....	5-9-2 بسته شدن خلیج گرگان

#### فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

260.....	6-1 خلاصه و نتیجه گیری
263.....	6-2 پیشنهادات
263.....	6-2-1 پیشنهادات تحقیقاتی بنیادی
263.....	6-2-2 پیشنهادات تحقیقاتی کاربردی

#### پیوست ها

پیوست 1- منحنی های دانه بندی رسوبات واحدهای رسوبی مغزه های قره سو، شاه کیله و جنوب نیروگاه نکا

پیوست 2- مقالات و دستاوردهای علمی منتشر شده از پایان نامه

پیوست 3- نقشه GPR و رخساره های رادارد برش خادملو ( میانکاله )

## فهرست جداول

- جدول 1-1 پارامترهای مختلف مربوط به امواج در آب های کم عمق و عمیق بندر امیرآباد در یک دوره آماری دوازده ساله ..... 13
- جدول 1-2 مساحت و محیط حوضه های چهار گانه در محدوده مورد مطالعه ..... 17
- جدول 1-3 توزیع دشت و کوهستان در زیر حوضه های مورد مطالعه ..... 17
- جدول 1-4 حداقل ، حداکثر و میانگین ارتفاع در زیر حوضه های مورد مطالعه ..... 18
- جدول 1-5 آمار دبی خروجی و رسوب خروجی سالیانه در رودخانه های محدوده مورد مطالعه و مناطق همجوار ..... 20
- جدول 1-6 بیلان عمومی آب در محدوده آبخوان آبرفتی بندر گز تا بهشهر ..... 21
- جدول 1-7 بیلان آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی بندر گز تا بهشهر ..... 21
- جدول 1-8 بیلان آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی بخش جنوبی شبه جزیره میانکاله در سال آبی 84-85 ..... 21
- جدول 1-9 مقایسه تغییرات شیمیایی آب بخش های مختلف خلیج گرگان ..... 23
- جدول 1-10 واحد های چینه سنگی حوضه نکارود ..... 26
- جدول 1-11 واحد های چینه سنگی حوضه خلیج گرگان ..... 27
- جدول 1-12 واحد های چینه سنگی حوضه قره سو ..... 29
- جدول 1-13 مقایسه ضخامت زیرسیستم های مختلف کواترنری خزری در محدوده مورد مطالعه ..... 30
- جدول 1-14 ویژگی های اصلی گسل های چهار گانه واقع در منطقه مورد مطالعه ..... 33
- جدول 1-15 مدل مفهومی ناحیه ای و مدل انقباضی برای تحلیل حوضه خزر جنوبی از الیگوسن تا کواترنری ..... 37
- جدول 2-1 طبقه بندی تپه های ماسه ای بر اساس عوامل مختلف ..... 53
- جدول 2-2 خصوصیات بافتی تپه های ماسه ای پارابولیک (سهمی شکل) در منطقه مورد مطالعه ..... 54
- جدول 2-3 درصد فراوانی اجزاء تشکیل دهنده نمونه های تپه های ماسه ای ساحلی در سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 61
- جدول 2-4 درصد اکسیدهای اصلی نمونه های تپه های ماسه ای از سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 63
- جدول 2-5 میزان عناصر کمیاب در نمونه های بیست گانه تپه های ماسه ای میانکاله ..... 64
- جدول 2-6 مقایسه اثرات عناصر اصلی و تغییرات آب و هوایی در میزان شاخص آلتراسیون شیمیایی برخی تپه های ماسه ای ساحلی دنیا ..... 65
- جدول 2-7 طبقه بندی نیکا در ناحیه مورد مطالعه ..... 70
- جدول 2-8 خصوصیات مورفومتری نیکاهای در محدوده مورد مطالعه ..... 75

- جدول 3 - 1 نمایش وضعیت رخساره های اصلی رادار زبانه ماسه ای سواحل سالیزبوری در ایالت ماساچوست آمریکا..... 89
- جدول 3 - 2 وضعیت نیمرخ های رادارهای نفوذکننده زمین در منطقه ..... 91
- جدول 3 - 3 نمایش وضعیت رخساره های اصلی رادار درسیستم سدی میانکاله..... 104
- جدول 4 - 1 انطباق واحدهای رسوبی مغزه های قره سو و شاهکیله در خلیج گرگان ..... 204
- جدول 4 - 2 همبستگی پیرسون حاصل ضرب زمانی بین جورشدگی با کشیدگی، میانگین هندسی، کج شدگی و درصد کربنات کلسیم در کل داده های قرار گرفته در سه محدوده مورد مطالعه ..... 209
- جدول 4 - 3 مدل لگاریتمی رگرسیون چند گانه تاثیر جورشدگی بر روی کشیدگی، کج شدگی، میانگین هندسی و درصد کربنات کلسیم ..... 211
- جدول 4 - 4 نرخ رسوبگذاری در نئوکاسپین فوقانی و تحتانی خلیج گرگان و مناطق مجاور آن ... 216
- جدول 4-5 مقایسه روش ها و مدل های مختلف تغییرات آب دریای خزر ..... 221
- جدول 5 - 1 نظریه ها و تئوری های قدیمی در شکل گیری سیستم سدهای ساحلی..... 227
- جدول 5 - 2 نظریه های جدید در تشکیل سیستم سدهای ساحلی ..... 228
- جدول 5 - 3 انواع طبقه بندی موجود برای توسعه سیستم های سدی ساحلی و انطباق آن با میانکاله ..... 234
- جدول 5 - 4 فرهنگ لغات فنی اصطلاحات به کار رفته در ارتباط با شکل زمین در سیستم های سدی ساحلی و مطابقت آن با میانکاله ..... 235
- جدول 5 - 5 دبی انتقال رسوب سالیانه توسط باد ، امواج و ترکیب باد و امواج در سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 237
- جدول 5 - 6 پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه رسوبات انتقال یافته به موازات ساحل توسط فرمول تجربی CERC (USACE,1984) و بر اساس فرمول (Kamphuis (2002) ..... 239
- جدول 5 - 7 پارامترهای بافتی و شوری در واحدهای رسوبی مغزه شاه کیله ..... 252
- جدول 5 - 8 معادل سازی پسروری ها و پیشروی های اصلی در خلیج گرگان با استفاده از واحدهای رسوبی مغزه های قره سو و شاهکیله..... 253
- جدول 6 - 1 مقایسه الگو ها و مدل های مدیریت و حفاظت تپه های ماسه ای ساحلی برای بومی سازی در تپه های ماسه ای سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 266

## فهرست اشکال

- شکل 1-1 خلیج گرگان و سیستم سدی ساحلی میانکاله با استفاده از تصاویر ماهواره ای Aster Dem (دید به سمت جنوبشرقی) ..... 3
- شکل 1-2 موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و زیر حوضه های آن ..... 4
- شکل 1-3 (الف) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه بر اساس فتوموزاییک عکس های هوایی سال 1346 (ب) تصاویر ماهواره روسی KVR-1000 سال 1370 ..... 5
- شکل 1-4 نقشه هم باران سالیانه محدوده مورد مطالعه ..... 6
- شکل 1-5 نقشه هم دمای سالیانه محدوده مورد مطالعه ..... 7
- شکل 1-6 نقشه میانگین سالیانه دمای سطح آب دریای خزر در دوره 1995 - 2007 استخراج از داده های ماهواره ای NOAA در سال های 1995 تا 2007 ..... 7
- شکل 1-7 نقشه هم تبخیر سالیانه محدوده مورد مطالعه ..... 8
- شکل 1-8 گلباد ماهیانه ایستگاه هواشناسی امیرآباد که جهت و سرعت باد را نشان می دهد ..... 11
- شکل 1-9 مقایسه گلباد سالیانه بنادر امیر آباد ، بندر ترکمن و گرگان ..... 12
- شکل 1-10 موقعیت جغرافیایی نقاط هفت گانه مدل سازی شده شمال میانکاله برای مشخصات امواج ..... 14
- شکل 1-11 گلموج های هفتگانه شمال میانکاله از خروجی نکارود تا شمال شیلات آشوراده ..... 15
- شکل 1-12 نقشه درصد شیب در محدوده مورد مطالعه ..... 18
- شکل 1-13 نقشه طبقات ارتفاعی در محدوده مورد مطالعه ..... 19
- شکل 1-14 نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه ..... 26
- شکل 1-15 بازسازی تاثیر خساره های پالئوآمودریا در شکل گیری بخش شرقی خزر جنوبی در ترکمنستان و ایران ..... 31
- شکل 1-16 پسروری و پیشروی و بررسی دوره های سرد و گرم در هولوسن خزر ..... 32
- شکل 1-17 نقشه بزرگی زلزله های دستگاهی ثبت شده در محدوده مورد مطالعه ..... 34
- شکل 1-18 نقشه عمق زلزله های دستگاهی ثبت شده در محدوده مورد مطالعه ..... 35
- شکل 1-19 منابع عمده تامین رسوبات در خزر جنوبی ..... 36
- شکل 1-20 نقشه مدل ثقل سنجی ساده از خزر جنوبی و نقشه ساده شده از آنومالی گراویته بوگه و ترسیم مقطع عرضی بر اساس داده های ثقل سنجی و در بخش پایین نقشه پی سنگ و محل چاه های عمیق و برش ساختاری بر مبنای ضخامت و سن رسوبات ..... 38
- شکل 1-21 طراحی دیاگرام روش پژوهش و مراحل اجرای آن ..... 43
- شکل 1-22 محل نیمرخ های رادارهای نفوذکننده زمین ، زون نمونه برداری تپه های ماسه ای، زون نمونه برداری نیکاه و محل برداشت مغزه های عمیق ..... 44

- شکل 2-1 موقعیت سیستم سدی ساحلی میانکاله و محل نمونه برداری زون های تپه های ماسه ای ساحلی و نیکاها ..... 51
- شکل 2-2 مدل های چهار گانه تشکیل تپه های ماسه ای ساحلی (Pye and Tosar, 2009). 52
- شکل 2-3 نمودار پراکندگی میانگین اندازه دانه ها در تپه های ماسه ای مورد مطالعه (a) جورشدگی، (b) کج شدگی و (c) کشیدگی ..... 56
- شکل 2-4 وضعیت و موقعیت قرار گیری تپه های ماسه ای سهمی شکل در سیستم ساحلی سدی میانکاله ..... 57
- شکل 2-5 اشکال هفتگانه تپه های ماسه ای سهمی شکل و فراوانی آنها در سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 58
- شکل 2-6 موقعیت برخی اشکال منتخب تپه های ماسه ای سهمی شکل در میانکاله با استفاده از تصاویر ماهواره ای ..... 59
- شکل 2-7 دیاگرام سه گانه خرده سنگ ها در تپه های ماسه ای ساحلی میانکاله ..... 62
- شکل 2-8 مقایسه جایگاه میانکاله در دیاگرام مثلثی اکسیدهای اصلی با سایر تپه های ماسه ای ساحلی در دنیا ..... 66
- شکل 2-9 روند تغییرات  $Fe_2O_3 + TiO_2 + MgO$  در 5 زون نمونه برداری شده از غرب به شرق در منطقه مورد مطالعه ..... 67
- شکل 2-10 نمودار پراکندگی اکسیدها  $TiO_2, Fe_2O_3, MgO$  و عناصر مختلف  $Zr, V$  در تپه های ماسه ای سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 68
- شکل 2-11 معدل سه عنصر کمیاب و شاخص التراسیون شیمیایی (CIA) در زون های پنجگانه تپه های ماسه ای مورد مطالعه ..... 69
- شکل 2-12 موقعیت چهار ناحیه نمونه برداری نیکاها که با علامت مثلث در محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است ..... 70
- شکل 2-13 منحنی تجمعی با مقیاس عددی رسوبات نیکاها در ایستگاه های اندازه گیری منتخب در نواحی مورد مطالعه ..... 72
- شکل 2-14 مقایسه معدل پارامترهای بافتی رسوبات شامل میانگین، جورشدگی، کج شدگی و کشیدگی در نواحی چهارگانه نیکاها مورد مطالعه با یال های هم جهت باد و خلاف جهت باد تپه های ماسه ای منطقه ..... 73
- شکل 2-15 نیکاها و تپه های ماسه ای سهمی شکل در سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 74
- شکل 2-16 (a) ارتباط بین محور کوتاه و بلند و (b) ارتفاع و محور بلند در نیکاهای سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 76
- شکل 3-1 بخش های مختلف رادار نفوذ کننده زمین مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه ..... 80
- شکل 3-2 نمایش مکانیسم عملکرد آنتن های فرکانس پایین با عمق نفوذ بالا و آنتن های فرکانس

- 81.....بالا با عمق نفوذ پایین در یک سیستم فرضی رادار نفوذکننده زمین
- شکل 3-3 طبقه بندی آنتن های مورد استفاده در رادارهای نفوذ کننده زمین ..... 81
- شکل 3-4 تاریخچه استفاده از رادارهای نفوذ کننده زمین (GPR) در محیط های ساحلی در
- 83.....مقالات علمی
- شکل 3-5 بررسی تطبیقی زمینه هایی که محققان بر روی رکورد های سواحل پیشرونده با
- 84.....استفاده از رادارهای نفوذ کننده زمین داشته اند
- شکل 3-6 نمایش همزمان سیگنالهای رادار نفوذکننده زمین (سمت راست تصویر) به هنگام پیمایش
- در انتخاب بهترین مسیر برای برداشت نیمرخ ها و تصحیح احتمالی مسیرها کمک می نماید..... 86
- شکل 3-7 موقعیت دقت نیمرخ رادارهای نفوذکننده زمین نسبت به اطلاعات لرزه ای و اطلاعات
- 87..... مغزه ها
- شکل 3-8 رخساره های رادار در سواحل نورفولک انگلستان..... 88
- شکل 3-9 نمایش وضعیت رخساره های چهارگانه اصلی رادار در سدهای پیشرونده..... 89
- شکل 3-10 رخساره های رادار در سدهای ماسه ای هولوسن شمال آلمان..... 90
- شکل 3-11 موقعیت نیمرخ های مورد مطالعه در حاشیه خلیج گرگان..... 91
- شکل 3-12 آرایش نیمرخ های ساده و مرکب در منطقه مورد مطالعه..... 92
- شکل 3-13 موقعیت نیمرخ قره سو در مجاورت روستای قره سو و رودخانه قره سو..... 93
- شکل 3-14 وضعیت نیمرخ شماره 22 در مقطع قره سو..... 94
- شکل 3-15 وضعیت نیمرخ های شماره 23، 24 و 25 در نیمرخ مرکب قره سو..... 95
- شکل 3-16 الف) لایه های هم ضخامت رسوبات دریایی در مقطع نوکنده و ب) استفاده از اوگر
- دستی برای نمونه برداری در انتهای نیمرخ شماره 20..... 96
- شکل 3-17 وضعیت نیمرخ شماره 20 در مقطع نوکنده..... 96
- شکل 3-18 وضعیت نیمرخ شماره 21 در مقطع نوکنده..... 97
- شکل 3-19 وضعیت نیمرخ شماره 18 در مقطع شاه کیله..... 98
- شکل 3-20 وضعیت نیمرخ شماره 19 در مقطع شاه کیله در دو حالت الف) طبیعی و ب) گرافیکی
- با ترسیم خطوط سیگنال های اصلی..... 99
- شکل 3-21 الف) موقعیت نیمرخ شماره 15 و ب) نیمرخ شماره 17 در ایستگاه هواشناسی امیر آباد..... 100
- شکل 3-22 موقعیت مقطع خادملو در سیستم سدی ساحلی میانکاله..... 102
- شکل 3-23 الف) موقعیت 6 قسمت برش خادملو در عکس ماهواره ای و ب) تغییرات شیب در
- برش خادملو..... 103
- شکل 3-24 زیر رخساره های رادار در رسوبات بادی در محدوده 390 تا 440 متری از ابتدای نیمرخ خادملو
- 106.....
- شکل 3-25 موقعیت زیر رخساره های رادار رخساره رسوبات بادی در نیمرخ خادملو در محدوده
- 440 تا 480 متری از ابتدای نیمرخ..... 107

- شکل 3-26 فتومیکروگراف SEM و آنالیز نیمه کیفی EDX (الف تا د) در نمونه عمق 15 سانتیمتری ترانسه KH-825 ..... 110
- شکل 3-27 دوکفه ای های *Dreissena Polymorpha* در بالا و همچنین *Cerastoderma glaucum* در پایین که در عمق 15 تا 20 سانتیمتری ترانسه KH-825 قرار گرفته است ..... 111
- شکل 3 - 28 دو کفه ای های *Didacna Pyramidata* در عمق 25 سانتیمتری ، 60 سانتیمتری و 100 سانتیمتری ترانسه KH-825 ..... 111
- شکل 3 - 29 انطباق بین مغزه های KH- 986 و KH-970 برای نشان دادن رابطه بین لایه گلی در آنها ..... 112
- شکل 3-30 درشت بودن دوکفه ای *Cerastoderma glaucum* در بخش فوقانی لایه گلی ترانسه KH- 790 ..... 113
- شکل 3-31 فتومیکروگراف SEM و آنالیز نیمه کیفی EDX در نمونه عمق 52 سانتیمتری ترانسه KH-970 ..... 114
- شکل 3-32 فتومیکروگراف SEM و آنالیز نیمه کیفی EDX در نمونه عمق 38 سانتیمتری مغزه KH- 1480 ..... 116
- شکل 3-33 فتومیکروگراف SEM و آنالیز نیمه کیفی EDX در نمونه عمق 38 سانتیمتری مغزه KH- 1480 ( ادامه ... ) ..... 117
- شکل 3 - 34 خصوصیات بافتی رسوبات ، بخشی از نیمرخ رادار نفوذکننده زمین و بخشی از تصویر مغزه KH-107 ..... 118
- شکل 3-35 خصوصیات بافتی رسوبات، بخشی از نیمرخ رادار نفوذکننده زمین و بخشی از تصویر مغزه KH-327 ..... 119
- شکل 3 - 36 خصوصیات بافتی رسوبات، بخشی از نیمرخ رادار نفوذکننده زمین و بخشی از تصویر مغزه KH-600 ..... 120
- شکل 3 - 37 خصوصیات بافتی رسوبات ، بخشی از نیمرخ رادار نفوذکننده زمین و بخشی از تصویر مغزه KH694 ..... 121
- شکل 3-38 خصوصیات بافتی رسوبات ، بخشی از نیمرخ رادار نفوذکننده زمین و بخشی از تصویر ترانسه KH-825 ..... 122
- شکل 3 - 39 خصوصیات بافتی رسوبات ، بخشی از نیمرخ رادار نفوذکننده زمین و بخشی از تصویر ترانسه KH-970 ..... 123
- شکل 3 - 40 خصوصیات بافتی رسوبات، بخشی از نیمرخ رادار نفوذکننده زمین و بخشی از تصویر مغزه KH-986 ..... 124
- شکل 3 - 41 خصوصیات بافتی رسوبات، بخشی از نیمرخ رادار نفوذکننده زمین و بخشی از تصویر ترانسه KH-1302 ..... 125
- شکل 3 - 42 خصوصیات بافتی رسوبات، بخشی از نیمرخ رادار نفوذکننده زمین و بخشی از تصویر

- مغزه KH-1480..... 126
- شکل 3 - 43 الف) موقعیت نیمرخ 29 و 30 در شرق آشوراده نسبت به کانال خوزینی در غرب وتاسیسات بندری آشوراده در شرق ب) نقشه ارایه شده منطقه در سال 1890 میلادی ..... 127
- شکل 3-44 وضعیت نیمرخ های GPR مرکب عمود برهم 29(شمال - جنوبی) و 30(شرقی - غربی) در غرب آشوراده ..... 128
- شکل 4 - 1 دستگاه حفاری مورد استفاده در حال انتقال با جرثقیل در منطقه قره سو الف) و پس از نصب در منطقه شاه کیله ب) ..... 133
- شکل 4 - 2 مغزه های رسوبات در دو نوع محافظ مغزه واقع در پوشش پلاستیکی (وسط تصویر) و لوله پولیکا اطراف تصویر) ..... 133
- شکل 4 - 3 قرار دادن جدار محافظ در هنگام حفاری با دستگاه K-750 در منطقه خلیج گرگان.. 134
- شکل 4 - 4 الف) نمایش علایم و نام ماکروفسیل های اصلی موجود در مغزه های مورد استفاده ب) وضعیت ساختمان های اصلی (لایه ها و لامینه ها) درون رسوبات ج) محیط عمومی نرم افزار Sedplot.... 135
- شکل 4 - 5 نمودار توصیف مغزه قره سو ..... 136
- شکل 4 - 6 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Gu1 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 138
- شکل 4 - 7 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Gu2 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 140
- شکل 4-8 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Gu3 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 142
- شکل 4 - 9 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Gu4 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 144
- شکل 4-10 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Gu5 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 145
- شکل 4-11 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Gu6 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 146
- شکل 4 - 12 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Gu7 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 148
- شکل 4 - 13 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Gu8 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 149
- شکل 4 - 14 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Gu9 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 151
- شکل 4-15 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Gu10 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 152



- شکل 4 - 16 فتومیکروگراف SEM ( $a_1 - b_1 - c_1$ ) و آنالیز نیمه کیفی EDX ( $a_2 - b_2 - c_2$ ) نمونه رسوبی در محدوده 1497 سانتیمتری واحد رسوبی Gu1 ..... 154
- شکل 4 - 17 الف) منحنی دانه بندی لیزری نمونه G7-267 و نمونه G35-1452 ..... 155
- شکل 4 - 18 نمودار توصیف مغزه شاه کیله ..... 157
- شکل 4 - 19 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su1 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 158
- شکل 4 - 20 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su2 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 159
- شکل 4 - 21 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su3 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 160
- شکل 4 - 22 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su4 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 161
- شکل 4 - 23 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su5 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 162
- شکل 4 - 24 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su6 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 164
- شکل 4 - 25 نمایش بخش هایی از مغزه موجود در واحد رسوبی Su7 ..... 165
- شکل 4 - 26 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su8 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 166
- شکل 4 - 27 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su9 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 167
- شکل 4 - 28 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su10 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 168
- شکل 4 - 29 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su11 ..... 170
- شکل 4 - 30 ادامه نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Su12 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 172
- شکل 4 - 31 فتومیکروگراف SEM ( $a_1 - b_1 - c_1$ ) و آنالیز نیمه کیفی EDX ( $a_2 - b_2 - c_2$ ) رخساره گلی S4-175 ..... 175
- شکل 4 - 32 منحنی دانه بندی لیزری نمونه S8-342 و S34-1502 ..... 176
- شکل 4 - 33 نمودار توصیف مغزه جنوب نیروگاه نکا ..... 178
- شکل 4 - 34 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu1 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980) ..... 179
- شکل 4 - 35 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu3 به همراه جایگاه رسوبات

- 180..... بروی نمودار مثلثی فولک (1980)
- شکل 4 - 36 جایگاه رسوبات واحد رسوبی Nu2 تا Nu8 بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 181
- شکل 4 - 37 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu6 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 182
- شکل 4 - 38 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu7..... 183
- شکل 4 - 39 جایگاه رسوبات واحد رسوبی Nu9 بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 184
- شکل 4 - 40 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu11 به همراه جایگاه رسوبات واحد رسوبی Nu10 تا Nu13 بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 185
- شکل 4 - 41 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu13 به همراه جایگاه رسوبات بروی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 186
- شکل 4 - 42 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu14 به همراه جایگاه رسوبات واحد رسوبی بر اساس نمودار مثلثی رسوبات ریزدانه فولک (1980)..... 187
- شکل 4 - 43 جایگاه رسوبات واحد رسوبی Nu15 بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 188
- شکل 4 - 44 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu16 به همراه جایگاه رسوبات بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 189
- شکل 4 - 45 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu18 به همراه جایگاه رسوبات واحد رسوبی Nu17 تا Nu20 بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 190
- شکل 4 - 46 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu19 و Nu20..... 191
- شکل 4 - 47 نمایش بخش هایی از مغزه Nu20 موجود در واحد رسوبی ..... 192
- شکل 4 - 48 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu21 و Nu20 به همراه جایگاه رسوبات بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 193
- شکل 4 - 49 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu22 به همراه جایگاه رسوبات بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 194
- شکل 4 - 50 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu23 به همراه جایگاه رسوبات واحد رسوبی Nu22 تا Nu24 بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 195
- شکل 4 - 51 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu25 به همراه جایگاه رسوبات بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 196
- شکل 4 - 52 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu26 به همراه جایگاه رسوبات بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 197
- شکل 4 - 53 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu27 به همراه جایگاه رسوبات بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 198
- شکل 4 - 54 نمایش بخش هایی از مغزه های موجود در واحد رسوبی Nu28 به همراه جایگاه رسوبات بر روی نمودار مثلثی فولک (1980)..... 199

- شکل 4 - 55 پیک های اشعه ایکس XRD برای نمونه N10-958 واقع در رخساره رسی  
 948 تا 960 سانتیمتری ..... 201
- شکل 4 - 56 منحنی دانه بندی لیزری نمونه N4-374 و نمونه N10-958 ..... 202
- شکل 4 - 57 انطباق و مقایسه مغزه قره سو و شاه کیله ..... 205
- شکل 4 - 58 گروه های اصلی پارامترهای رسوب شناسی در نمونه های مغزه های رسوبی ..... 207
- شکل 4 - 59 مقدار همبستگی بین جورشدگی ، پارامترهای بافتی و شیمیایی در نمونه های  
 مغزه های طویل در قره سو (G)، شاه کیله (S) و جنوب نیروگاه نکا (N) ..... 208
- شکل 4 - 60 مقدار همبستگی بین جورشدگی و کج شدگی ، میانگین هندسی و درصد کربنات  
 کلسیم ..... 208
- شکل 4 - 61 آزمون نرمال بودن داده ها که از لگاریتم جورشدگی بر اساس آزمون ناپارامتری  
 کلموگراف - اسمیرنوف حاصل شده است ..... 209
- شکل 4 - 62 پلات جعبه ای ارزش جورشدگی در سه ناحیه قره سو (G)، شاه کیله (S) و  
 جنوب نیروگاه نکا (N) ..... 210
- شکل 4 - 63 مقایسه سه پروفیل طولی از رشته کوه های البرز در جنوب تا مجاور خلیج گرگان  
 در محل حفاری مغزه ها ..... 212
- شکل 4 - 64 رابطه بین جورشدگی و کشیدگی در نمونه های سه مغزه قره سو (G)، شاه کیله (S)  
 و جنوب نیروگاه نکا (N) ..... 212
- شکل 4 - 65 رابطه بین جورشدگی و کج شدگی در نمونه های سه مغزه قره سو (G)، شاه کیله (S) و جنوب  
 نیروگاه نکا (N) ..... 213
- شکل 4 - 66 رابطه بین جورشدگی و میانگین هندسی در نمونه های سه مغزه قره سو (G)، شاه کیله  
 (S) و جنوب نیروگاه نکا (N) ..... 213
- شکل 4 - 67 رابطه بین جورشدگی و درصد کربنات کلسیم در نمونه های سه مغزه قره سو (G)  
 شاه کیله (S) و جنوب نیروگاه نکا (N) ..... 214
- شکل 4 - 68 محل نمونه های تعیین سن شده در خلیج گرگان و مناطق مجاور آن ..... 215
- شکل 4 - 69 نقشه نرخ رسوبگذاری در نئوکاسپین تحتانی (هولوسن پیشین) خلیج گرگان ..... 217
- شکل 4 - 70 نقشه نرخ رسوبگذاری در نئوکاسپین فوقانی (هولوسن پسین) خلیج گرگان ..... 217
- شکل 4 - 71 مقایسه توزیع روند نرخ رسوبگذاری در خلیج گرگان با مرداب های ساحلی بخش ایرانی  
 دریای خزر، خزر میانی و جنوبی، دریای آرال - آرزوف و سیاه ..... 219
- شکل 4 - 72 منحنی تغییرات و نوسانات سطح دریای خزر در هولوسن ..... 221
- شکل 4 - 73 تغییرات سطح آب دریای خزر بر اساس تلفیق داده های خلیج گرگان، کورا، داغستان  
 و ولگا ..... 222
- شکل 4 - 74 حداکثر تغییرات خطوط ساحلی قدیمی در خلیج گرگان در طی زمان هولوسن ..... 223
- شکل 4 - 75 تغییرات تراز دریا و آرایش خطوط ساحلی قدیمی در طول هولوسن خلیج گرگان ..... 223

- شکل 5 - 1 برش چینه شناسی شماتیک انواع سدهای ساحلی در سواحل ریوگرانده برزیل ..... 229
- شکل 5 - 2 مدل های ساده شده از انواع اصلی سیستم های سدی ساحلی ..... 230
- شکل 5 - 3 مدل تفسیری تکامل سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 233
- شکل 5 - 4 جایگاه میانکاله در بین پشته های ساحلی خزر با توجه به شیب ساحل در بخش دریا... 236
- شکل 5 - 5 نمودار فازهای هشتگانه توسعه سیستم سدی ساحلی میانکاله به همراه میزان رسوبگذاری و محدوده انتهایی هر فاز، فازهای رشد از جنوب به شمال و از غرب به شرق توسعه می یابد..... 240
- شکل 5 - 6 فاز اول رشد سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 241
- شکل 5 - 7 فاز دوم رشد سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 242
- شکل 5 - 8 فاز سوم رشد سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 243
- شکل 5 - 9 فاز چهارم رشد سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 244
- شکل 5 - 10 فاز پنجم رشد سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 244
- شکل 5 - 11 فاز ششم رشد سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 245
- شکل 5 - 12 فاز هفتم رشد سیستم سدی ساحلی میانکاله ..... 246
- شکل 5 - 13 الف) نمای کلی زبانه ماسه ای دور از ساحل در شمال میانکاله ب) نمای جزئی و بخش ها و قطعات مختلف زبانه ماسه ای دور از ساحل در شمال میانکاله ..... 248
- شکل 5 - 14 دیاگرام تلفیق STA و شوری قدیمی در مغزه های عمیق منطقه مورد مطالعه..... 250
- شکل 5 - 15 تغییرات پارامترهای بافتی و شوری در واحدهای رسوبی مغزه قره سو..... 251
- شکل 5 - 16 الف) نوسانات تاریخی دریای خزر از 2200 سال قبل ب) نوسانات تراز آب دریای خزر در دوره ثبت ابزازی (سال 1837 تا 2000 میلادی) ..... 255
- شکل 5 - 17 تاثیر تغییرات تراز خزر برروی خلیج گرگان ومیانکاله ..... 256
- شکل 5 - 18 تصویر ماهواره ای سال 1975 خلیج گرگان و میانکاله ..... 257
- شکل 6 - 1 منطقه بحرانی و نیمه بحرانی (خط ساحلی قدیمی) که با نقطه چین از خط ساحلی فعلی مجزا شده است ..... 264
- شکل 6 - 2 وضعیت زون بحرانی در سواحل شرقی بندر امیرآباد ..... 265