

چشم‌ها و چشم‌ها
چشم‌ها و چشم‌ها
کرمین ترا نیش به مگذرد



دانشگاه تهران
دانشکده فنی



۱۳۸۰ / ۷ / ۲

پایان نامه کارشناسی ارشد سازه‌های دریایی

ارزادگان دانشکده فنی
تیمپ استادی

**مدل سازی، تحلیل و طراحی سه بعدی و
تعیین حالت‌های بحرانی بارگذاری جکتهای فلزی شابلونی**

نگارش:

روزبه گنج‌ور

استاد راهنما:

دکتر رضا غیائی

بهار ۱۳۸۰

۲۹۵۵۲

موضوع:

مدل سازی، تحلیل و طراحی سه بعدی و

تعیین حالت‌های بحرانی بارگذاری جکتهای فلزی شابلونی

توسط:

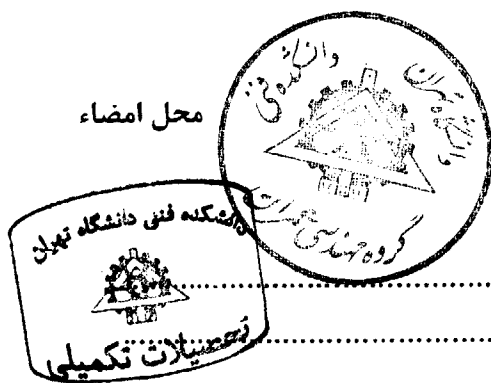
روزبه گنج‌ور

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته عمران - گرایش سازه‌های دریایی

از این پایان‌نامه در تاریخ ۱۳۸۰/۵/۸ در مقابل هیئت داوران
دفاع بعمل آمده و مورد تصویب قرار گرفت.

محل امضاء



سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده :

مدیر گروه آموزشی :

نماینده تحصیلات تکمیلی گروه: :

استاد راهنما :

دکتر غیاثی

عضو هیئت داوران :

دکتر عطارنژاد

عضو هیئت داوران :

دکتر دولتشاهی

013401

باسپاس فراوان از استاد گران قدر آقای دکتر غیاثی

تقدیم به:

پدر و مادرم

و همسر شکیبایم

چکیده

بخش مهمی از منابع نفتی ایران در دل خلیج فارس و دریای مازندران جای گرفته است و اکتشاف و استخراج آنها نیاز به سکوهایی خاص دریایی دارد. در ایران، از حدود چهل سال پیش، ساخت و نصب این چنین سکوهایی در خلیج فارس آغاز شده است؛ اما فقط مدت کوتاهی است که ایرانیان خود مسولیت بخش‌های مختلف طراحی، ساخت، انتقال و نصب را به عهده گرفته‌اند. انجام چنین کاری نیاز به نیروی متخصص، سرمایه، تجهیزات و سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مناسب دارد. یکی از این نرم‌افزارها، نرم‌افزار تحلیل و طراحی سازه‌ای سکوها است.

پایان نامه حاضر با توجه به موضوع بالا تدوین شده است. هدف این پایان‌نامه تهیه برنامه‌ای کامپیوتری برای تحلیل و طراحی اقتصادی یک سکوی استخراج نفت و تعیین حالت‌های بحرانی بارگذاری می‌باشد. از آنجایی که همه سکوهایی خلیج فارس از نوع شابلونی می‌باشند، این تحقیق نیز به این نوع سازه اختصاص یافته است. برنامه تهیه شده می‌تواند مدل هندسی جکت و شمع‌های آن را به صورت یکپارچه تهیه کند؛ مشخصات هندسی و مکانیکی اعضا را محاسبه کند؛ با توجه به مشخصات خاک، اندرکنش خاک - سازه را با استفاده از فنرهای خطی مدل کند؛ بارهای وارد بر سازه شامل وزن سازه، بارهای مرده، بارهای زنده، بار باد، بار جریان، بار موج، بار زمین‌لرزه و ترکیب‌های آنها را محاسبه کند؛ مشخصات طراحی اعضای فلزی جکت را تعیین کند؛ موارد بالا را ترکیب کرده، فایل ورودی برنامه محاسباتی را بسازد؛ نتایج خروجی برنامه محاسباتی را گرفته با کنترل نتایج و ایجاد تغییراتی در مشخصات هندسی یا مکانیکی و تکرار مراحل بالا نتایج را بهینه کند؛ و در نهایت با استفاده از نتایج به دست آمده می‌توان حالت‌های بحرانی بارگذاری را برای هر عضو و در هر حالت بارگذاری تعیین نمود.

بدین ترتیب این نرم‌افزار می‌تواند پاسخ‌گوی بخشی از نیازهای جامعه مهندسی کشور در زمینه تحلیل، طراحی و پژوهش‌های مربوط به سکوهایی دریایی باشد.

فهرست

۱	.....	۱ کلیات
۱	.....	۱-۱ پیش‌گفتار
۱	.....	۲-۱ منابع دریایی
۳	.....	۳-۱ نفت و گاز دریایی
۶	.....	۴-۱ نفت و گاز در ایران
۷	.....	۵-۱ ساختار این تحقیق
۱۰	.....	۲ آشنایی با سازه‌های دریایی
۱۰	.....	۱-۲ پیش‌گفتار
۱۰	.....	۲-۲ تاریخچه
۱۲	.....	۳-۲ انواع سازه‌های دریایی بر حسب کاربرد
۱۴	.....	۴-۲ انواع سکوها از نظر سازه‌ای
۲۲	.....	۵-۲ مفروضات طراحی سازه‌های فراساحلی
۲۳	.....	۶-۲ مفروضات طراحی پی‌های سازه‌های دریایی
۲۵	.....	۷-۲ سکوی مناسب برای استخراج نفت در خلیج فارس
۲۷	.....	۳ برنامه‌ریزی سکوه‌ای ثابت جک‌تی
۲۷	.....	۱-۳ پیش‌گفتار
۲۷	.....	۲-۳ کلیات
۲۸	.....	۳-۳ شرایط کاربردی
۲۹	.....	۴-۳ شرایط محیطی

۳۵	.....	بارگذاری سکوه‌های ثابت جک‌تی	۴
۳۵	.....	پیش‌گفتار	۱-۴
۳۵	.....	انواع بارها	۲-۴
۳۶	.....	حالت‌های بارگذاری	۳-۴
۳۸	.....	موج	۴-۴
۴۸	.....	باد	۵-۴
۴۹	.....	زمین‌لرزه	۶-۴
۵۲	.....	طراحی اعضای فولادی	۵
۵۲	.....	پیش‌گفتار	۱-۵
۵۲	.....	تنش‌های مجاز	۲-۵
۵۲	.....	تنش‌های مجاز اعضای استوانه‌ای	۳-۵
۵۴	.....	خمش	۴-۵
۵۵	.....	برش	۵-۵
۵۶	.....	فشار هیدروستاتیک	۶-۵
۵۸	.....	تنش‌های ترکیبی در اعضای لوله‌ای	۷-۵
۶۳	.....	طراحی پی‌های شمع‌ی	۶
۶۳	.....	پیش‌گفتار	۱-۶
۶۴	.....	بارهای وارد بر شمع‌ها در سازه‌های دریایی	۲-۶
۶۵	.....	ویژگی‌های پی‌های فراساحلی	۳-۶
۶۵	.....	تئوری طراحی	۴-۶
۶۵	.....	ضرایب اطمینان	۵-۶
۶۶	.....	روش‌های مرسوم طراحی استاتیک	۶-۶
۶۸	.....	ظرفیت باربری شمع‌ها زیر بارهای جانبی	۷-۶
۶۸	.....	گروه شمع‌ها	۸-۶
۶۹	.....	روش بکار رفته در این پایان‌نامه	۹-۶
۷۱	.....	برنامه‌های کامپیوتری برای تحلیل و طراحی سکوه‌های جک‌تی	۷
۷۱	.....	پیش‌گفتار	۱-۷

۷۱	برنامه‌های تحلیل و طراحی	۲-۷
۷۲	آشنایی با برنامه STAAD-III	۳-۷
۷۳	برنامه مدل سازی، تحلیل و طراحی سکو	۴-۷
۷۳	برنامه Jacket8	۵-۷
۷۵	برنامه PROP	۶-۷
۷۵	برنامه DLWLOAD	۷-۷
۷۸	برنامه CRNFORC	۸-۷
۷۹	برنامه WAVEFORC	۹-۷
۷۹	برنامه EQFORC	۱۰-۷
۸۰	برنامه LOADCOMB	۱۱-۷
۸۰	برنامه ANLDES	۱۲-۷
۸۱	برنامه OPTIM	۱۳-۷
۸۲	مطالعه موردی و تعیین حالت‌های بحرانی بارگذاری	۸
۸۲	پیش‌گفتار	۱-۸
۸۲	مثال ۱	۲-۸
۸۴	مثال ۲	۳-۸
۸۷	تعیین حالت‌های بحرانی بارگذاری	۴-۸
۹۰	نتیجه‌گیری و پیشنهادهای	۹
۹۲	مراجع	
۹۴	پیوست ۱	
۱۱۸	پیوست ۲	

کلیات

۱-۱ پیش‌گفتار

دریاها منابع حیاتی بسیاری از جمله نفت و گاز را در درون خود جای داده‌اند. در این فصل کلیاتی درباره منابع دریایی، نفت و گاز در دریا، وضعیت ایران در جهان نفت و گاز به صورت خلاصه ارائه می‌گردد. در انتهای فصل نیز ساختار این پایان‌نامه و مطالب آن مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۲-۱ منابع دریایی^۱

کشودن رازهای دریاها و اقیانوس‌ها همیشه توجه انسان را جلب کرده است. در چند دهه گذشته این توجه بسیار شدت یافته و امروزه به سبب کاهش منابع خشکی و افزایش تقاضا برای منابع مورد نیاز انسان‌ها، دستیابی به منابع دریایی در زمره اهداف اصلی کشورهای پیشرفته قرار گرفته است.

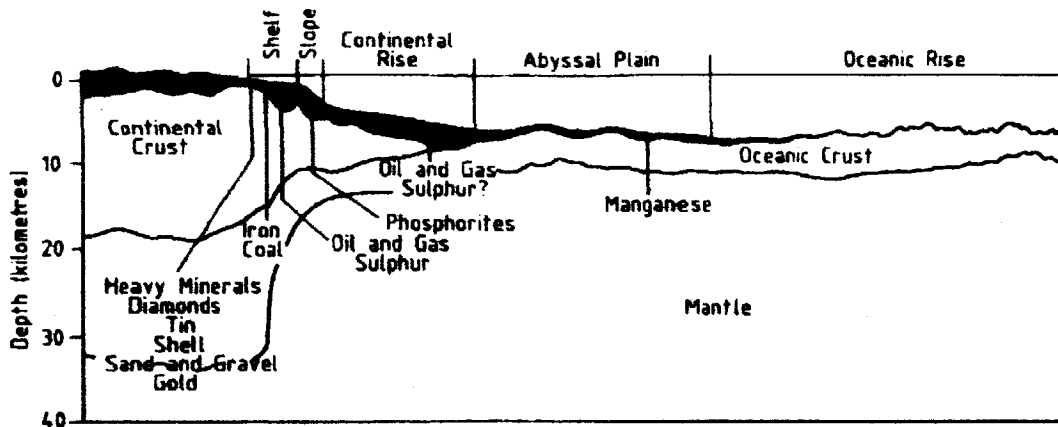
اقیانوس‌ها حدود ۷۰٪ از سطح زمین را می‌پوشانند و منابع قابل ملاحظه‌ای از انرژی و مواد معدنی را که برای زندگی انسان امروزی الزامی است، در خود جای داده‌اند. برخی از این منابع که تا کنون انسان‌ها از آن سود جسته‌اند عبارتند از:

- نفت و گاز
- مواد معدنی
- نهشته‌های^۲ کف دریا
- منابع خوراکی و پروتئینی
- انرژی سینماتیک و گرمایی

¹ Ocean Resources

² Deposits

شکل ۱-۱ برخی از منابع کف دریا را که از فلات قاره تا فلات دریا گسترده اند، نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱ شمایی از منابع کف اقیانوس‌ها

احتمالاً اولین منبع دریایی شناخته شده منگنز است که بر کف اقیانوس‌ها قرار گرفته و از سال ۱۸۷۰ میلادی وجود آن گزارش شده است. علاوه بر آن منابع غنی آهن، نیکل، مس و کبالت نیز در اقیانوس‌ها موجودند، ولی در حال حاضر استخراج آنها هنوز اقتصادی نیست. علاوه بر منابع زیر سطحی، نهشته‌های سطحی کف دریاها نیز غنی از منابع کانی است. در آخرین دوره یخبندان (۲۰ تا ۴۰ هزار سال پیش) سطح دریا ۱۰۰ متر پایین تر بوده است. بخش عمده ای از فلات قاره امروزی خشک بوده و فرآیند تکرار شونده فرسایش و نهشت و بیش و پس شدن خط ساحلی، ته نشینی دانه‌های با چگالی متفاوت در لایه‌های متفاوت را امکان پذیر ساخته است. بنابراین در محدوده فلات قاره، کانی‌های سنگین‌تر مانند طلا، نقره، زیرکونیوم، الماس و غیره در لایه‌های پایین تر؛ و کانی‌های سبک تر مانند کوارتز و فلدسپات‌ها در لایه‌های بالاتر جمع شدند. افزون بر آن چه در بالا گفتیم خود آب دریا نیز منبع مهمی از کانی‌هاست. جدول ۱-۱ مقدار تقریبی کانی‌های موجود در یک کیلومتر مکعب از آب دریا را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱ مقدار تقریبی کانی‌های موجود در یک کیلومتر مکعب آب دریا

جرم (تن)	کانی	جرم (تن)	کانی
۱۳۰۰	فلورین	۲۷۰۰۰۰۰۰	کلرید سدیم
۱۲۰	رویدیم	۳۸۰۰۰۰۰	کلرید منیزیم
۶۰	یدین	۱۷۰۰۰۰۰	سولفات منیزیم
۳۰	باریم	۱۲۵۰۰۰۰	سولفات کلسیم
۳	اورانیم	۸۵۰۰۰۰	سولفات پتاسیم
۳	آرسنیک	۱۲۴۰۰۰	کربنات کلسیم
۲-۱۰	مس، منیزیم، روی	۷۵۰۰۰	برمید منیزیم
۰.۲	نقره	۶۴۰۰۰	برمین
۰.۰۰۴	طلا	۸۰۰۰	استرئیسیم
		۴۵۰۰	برن

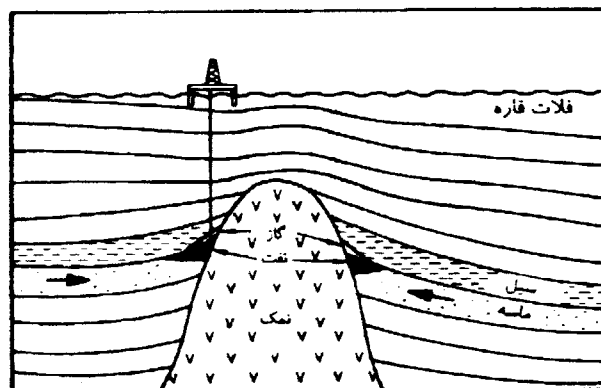
اهمیت خوراک های دریایی در زندگی امروزه بر کسی پوشیده نیست اهمیت این منابع روز به روز بیشتر شده و برنامه های بسیاری برای افزایش تولید خوراکی های دریایی (با احداث مزارع دریایی) برای تامین جمعیت روز افزون این کره خاکی تدوین شده است.

۳-۱ نفت و گاز دریایی

در میان منابع دریایی، مهمترین منبع در طی ۴۰ سال گذشته، نفت و گاز بوده است. استخراج نفت و گاز از منابع دریایی در دهه ۸۰ میلادی حدود ۹۰٪ از فعالیت های استخراج دریایی را تشکیل می داده است [1]. از ۱۸۵۹ که نخستین چاه نفت امروزی به نفت رسید تاکنون، نفت به عنوان اصلی ترین منبع انرژی شناخته شده است. دستیابی به این ماده که به حق طلای سیاه نام گرفته است خواسته تمام ملت های دنیا می باشد. بدین ترتیب در این زمان که منابع نفتی خشکی در سراسر جهان رو به کاهش دارند، انسان ها چشم به منابع دریایی دوخته اند. نفت خام ترکیب پیچیده ای از هیدروکربن ها و دیگر مواد آلی است که منشأ آنها عمدتاً موجودات ریز دریایی، پلانکتون ها^۲، می باشد. بنابراین منابع نفت غالباً در محل دریا های خشک شده قدیمی یا دریا های امروزی قرار دارد. شرایط پدید آمدن منابع نفتی از قرار زیر است:

- قرار گرفتن مواد آلی درون یک لایه نهشتی با پوششی از نهشته هایی با ضخامت حدود ۱۰۰۰ متر و دمایی در حدود ۱۵۰-۵۰ درجه سانتیگراد. اگر دما بالاتر رود نفت به گاز تبدیل می شود. معمولاً نفت کمتر در عمق های بیشتر از ۴ کیلومتر پیدا می شود.
- نفت از لایه های نهشتی سنگ - منشا به لایه های سنگی مخزنی متخلخل، مانند ماسه سنگ ها یا سنگ آهک متخلخل، حرکت می کند.
- نفت خام در این لایه های متخلخل در بین سنگ های ناتراوا مانند لایه های شیل به دام می افتد.

شکل ۱-۲ یک نمونه را نشان می دهد که در آن نفت و گاز در بین لایه های نهشته به دام افتاده و یک گنبد نمکی به

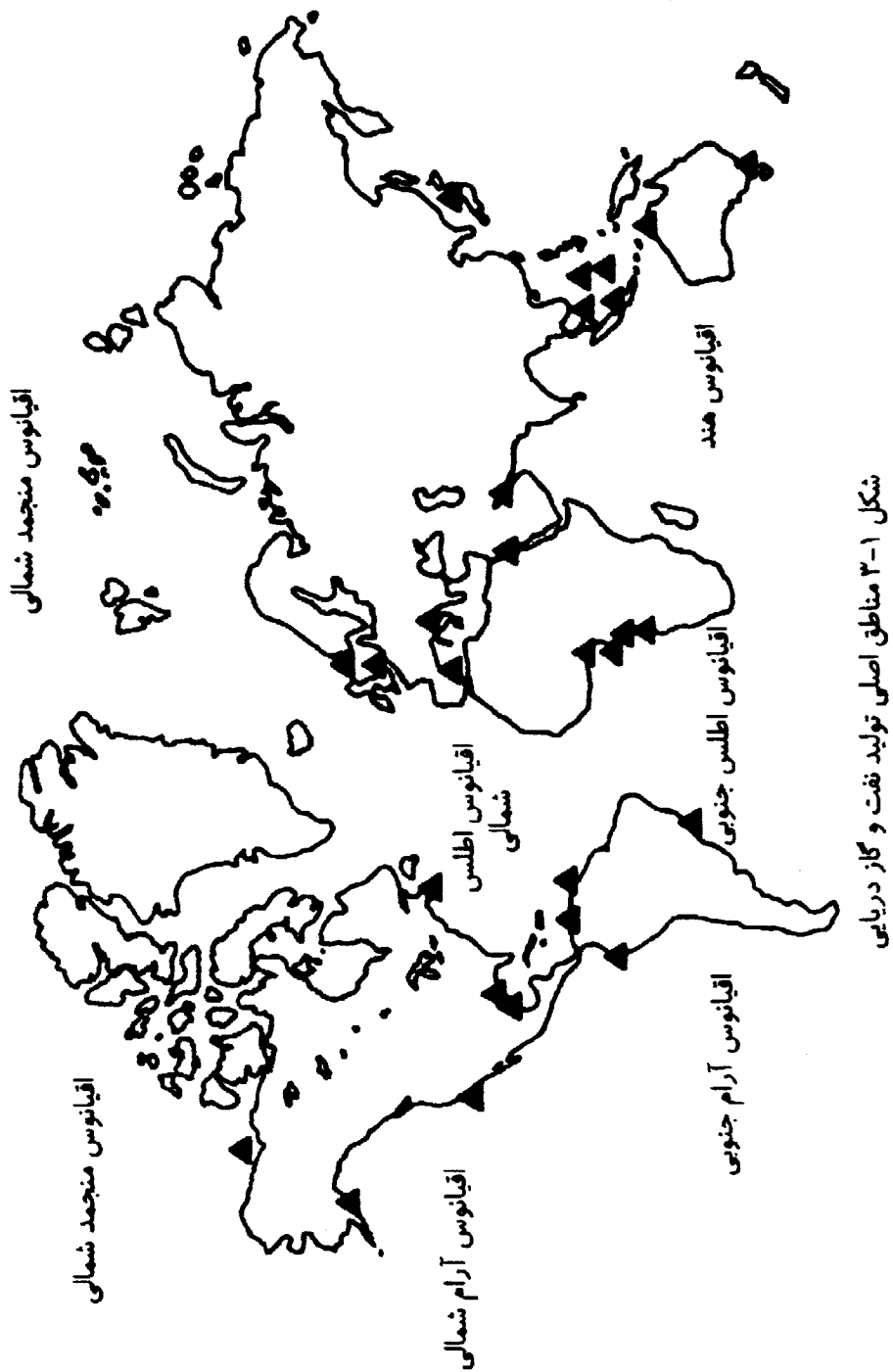


شکل ۱-۲ شمایی از منابع نفت کف اقیانوس ها

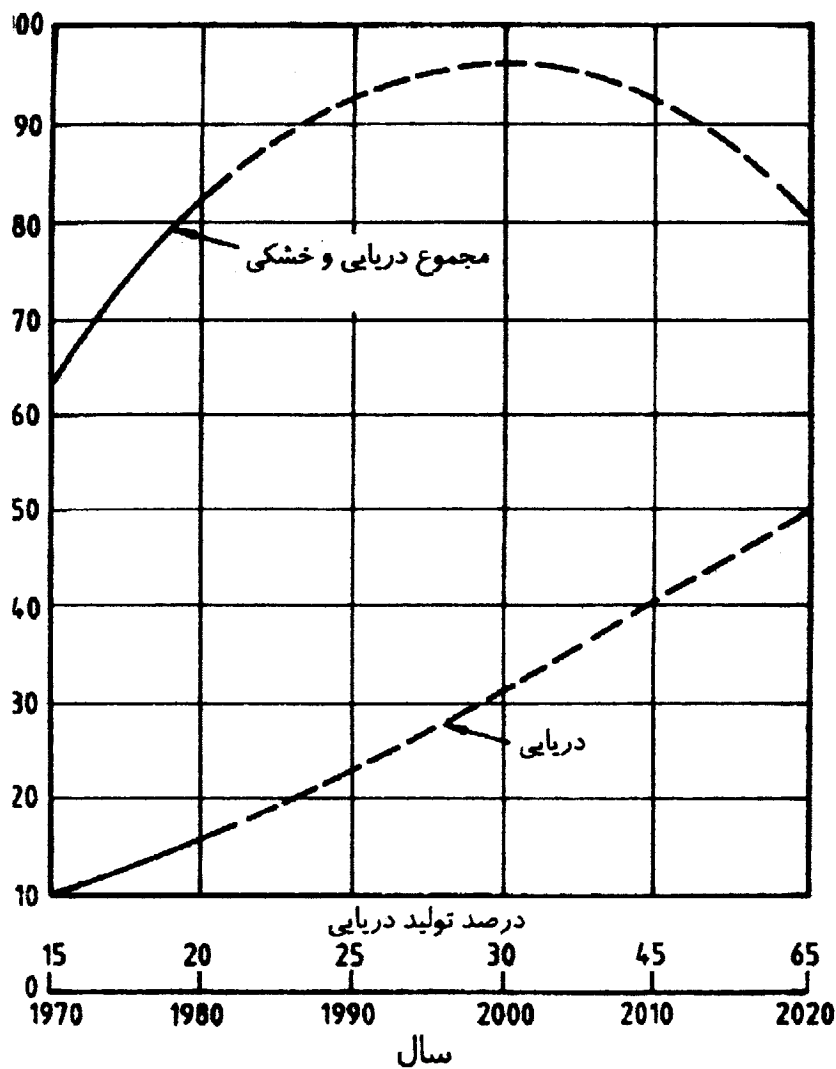
مزارع اطلاعات مازان علی ابن
توسعه آرازان

درون آن نفوذ کرده و لایه‌ها را به بالا رانده است.

شکل ۳-۱ مناطق اصلی تولید نفت و گاز دریایی را نشان می‌دهد. تولید نفت در دریا از خلیج مکزیکو شروع شد که مشخصات زمین شناختی آن شبیه شکل ۲-۱ است. دیگر مناطق مهم تولید نفت و گاز عبارتند از خلیج کالیفرنیا، دریای شمال، خاورمیانه و به ویژه خلیج فارس، سواحل اندونزی، دریای چین جنوبی و سواحل قطبی آلاسکا. در سال ۱۹۸۲، ۳۷



کشور به استخراج نفت از مناطق دریایی مشغول بودند، در ۵۶ کشور عملیات حفاری انجام می‌شد و عملیات اکتشاف در ۸۰ کشور جریان داشت. در دهه هشتاد پیش بینی می‌کردند که ۳۰٪ از منابع نفتی دنیا در زیر دریاها قرار دارند. امروزه پیش بینی‌ها بیش از این مقدار است [۱] و نسبت تولید نفت از مناطق دریایی به مناطق خشکی روز به روز افزایش می‌یابد. شکل ۴-۱ نشان می‌دهد که این نسبت در گذشته چه بوده و در آینده چه خواهد شد. پیش بینی می‌شود که در سال ۲۰۲۵ تولید دریایی ۶۵٪ تولید کل نفت را به خود اختصاص دهد.



۱ بشکه نفت = ۱۵۹ مترمکعب گاز *

شکل ۴-۱ اهمیت نفت دریایی

به سبب اهمیت تجارت جهانی نفت، بخش اعظم توسعه در مهندسی و تکنولوژی دریا بر اکتشاف و استخراج این منابع متمرکز شده است. آنچه در این نوشتار می‌آید نیز بطور عمده به سازه‌هایی اختصاص می‌یابد که در تولید نفت کاربرد دارند.

۴-۱ نفت و گاز در ایران

نفت مهمترین منبع درآمد ایران است و کشور ما دارای منابع نفت و گاز غنی می‌باشد و قسمت عمده درآمد ارزی ما (متاسفانه!) از صدور نفت به دست می‌آید. بنابراین دستیابی به منبع جدید و جایگزین کردن چاه‌های تهی شده خشکی از هدف‌های مهم کشور است.

از حدود ۹۲ سال پیش که نخستین چاه ایران در مسجد سلیمان به نفت رسید تا امروز، نفت و گاز نقش مهمی در اقتصاد و حتی سیاست و فرهنگ این کشور بازی کرده است. در حال حاضر ایران در بین دارندگان ذخایر نفت جهان در جای چهارم از نظر تولید در مقام چهارم و از نظر صدور در مقام دوم قرار دارد. جدول ۱-۲ میزان تولید، صدور و واردات نفت در جهان را نشان می‌دهد [5].

جدول ۱-۲ تولیدکنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان نفت

ردیف	تولیدکنندگان	میلیون تن	% از کل جهان	صادرکنندگان	میلیون تن	واردکنندگان	میلیون تن
۱	عربستان سعودی	۴۳۱	۱۲.۷	عربستان سعودی	۳۳۷	امریکا	۴۱۰
۲	امریکا	۳۸۸	۱۱.۴	ایران	۱۳۰	ژاپن	۲۲۸
۳	روسیه	۳۰۱	۸.۹	نروژ	۱۲۶	آلمان	۱۰۱
۴	ایران	۱۸	۵.۴	روسیه	۱۲۲	کره	۸۵
۵	ونزوئلا	۱۶۹	۵.۰	ونزوئلا	۹۹	ایتالیا	۸۲
۶	مکزیک	۱۶۷	۴.۹	امارات عربی متحده	۹۴	فرانسه	۷۹
۷	نروژ	۱۵۷	۴.۶	بریتانیا	۸۵	هلند	۶۰
۸	چین	۱۵۵	۴.۶	نیجریه	۸۳	اسپانیا	۵۶
۹	بریتانیا	۱۳۲	۳.۹	مکزیک	۷۱	سنگاپور	۵۲
۱۰	امارات عربی متحده	۱۱۸	۳.۵	کویت	۶۰	بریتانیا	۵۰
۱۱	بقیه دنیا	۱۱۸۷	۳۵.۰	بقیه دنیا	۴۶۲	بقیه دنیا	۴۹۷
۱۲	مجموع	۳۳۸۹	۱۰۰.۰	مجموع	۱۶۶۹	مجموع	۱۷۰۰

کشور ما از نظر داشتن منابع اثبات شده گاز نیز با ۲۴/۲۰۰ میلیارد متر مکعب پس از روسیه مقام دوم را دارد، ولی متاسفانه در بین کشورهای پیشرو در تولید و صدور گاز نمی‌باشد. جدول ۱-۳ آمار مربوط به تولید و صدور گاز در جهان را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۳ تولید کنندگان، صادر کنندگان و وارد کنندگان گاز

ردیف	تولید کنندگان	میلیون مترمکعب	% از کل جهان	صادر کنندگان	میلیون مترمکعب	وارد کنندگان	میلیون مترمکعب
۱	روسیه	۵۸۷۶۵۷	۲۵.۴	روسیه	۱۹۱۵۷۱	امریکا	۸۰۴۵۰
۲	امریکا	۵۴۲۲۱۱	۲۳.۵	کانادا	۷۹۱۱۴	آلمان	۷۷۲۰۲
۳	کانادا	۱۶۴۹۷۷	۷.۱	هلند	۴۰۶۷۲	اوکراین	۶۳۴۸۶
۴	هلند	۹۵۴۳۲	۴.۱	الجزایر	۳۷۸۸۱	ژاپن	۵۹۸۶۱
۵	بریتانیا	۸۹۸۴۰	۳.۹	اندونزی	۳۲۸۰۰	ایتالیا	۳۴۳۱۴
۶	اندونزی	۷۵۱۹۵	۳.۳	نروژ	۲۷۵۹۸	فرانسه	۳۲۴۶۹
۷	الجزایر	۵۹۸۰۰	۲.۶	ترکمنستان	۲۲۰۵۴	بلاروس	۱۳۸۶۲
۸	ازبکستان	۴۹۳۹۰	۲.۱	مالزی	۱۴۵۳۹	بلژیک	۱۲۲۱۲
۹	عربستان سعودی	۴۳۹۱۰	۱.۹	استرالیا	۹۱۶۴	قزاقستان	۹۱۹۹
۱۰	نروژ	۴۱۲۸۷	۱.۸	برونئی	۸۳۸۶	کره	۸۷۴۰
۱۱	بقیه دنیا	۵۶۰۷۳۴	۲۴.۳	بقیه دنیا	۲۹۳۶۱	بقیه دنیا	۱۰۴۳۸۳
۱۲	مجموع	۲۳۱۰۴۳۳	۱۰۰.۰	مجموع	۴۹۳۱۴۰	مجموع	۴۹۶۱۴۸

۵-۱ ساختار این تحقیق

اگر چه حفظ منابع نفت و گاز برای آیندگان اصلی انکار ناپذیر است، استفاده بهینه از منابع نیز وظیفه امروزیان می باشد. برای استفاده درست از منابع به انجام مراحل زیر نیاز است:

۱. اکتشاف^۴

۲. استخراج^۵

۳. پالایش^۶

۴. انتقال^۷ به محل مصرف یا صدور

مهندسان عمران در تمام مراحل بالا بجز مرحله اول نقش مهمی دارند. در مراحل سوم و چهارم در ساخت پالایشگاه و تاسیسات انتقال، مهندسان عمران تاثیر گذارند. شاید به نظر آید که در مرحله استخراج نقش مهندسان ساختمان کوچک باشد، زیرا تنها برخی چاهها نیاز به برج سرچاهی دارند و بقیه تاسیسات در حیطه کار مهندسان مکانیک و فرآیند قرار می گیرد. باید اعتراف کنیم که نه تنها در مرحله دوم بلکه در مراحل سوم و چهارم نیز نقش مهندسان ساختمان

4 Exploration

5 Excavation

6 Refinement

7 Transportation